



Construir em madeira. Uma proposta de habitação

Luis Miguel da Silva Marques

(Licenciado em Estudos Arquitetónicos)

Dissertação de Natureza Científica elaborada para a obtenção do Grau de Mestre em
Arquitetura

Orientação científica:

Professor Doutor Paulo Manuel Dos Santos Pereira de Almeida

Júri:

Presidente Doutor Pedro Jorge Dias Pimenta Rodrigues

Vogal Doutor Mário Say Ming Kong

Vogal Doutor Paulo Manuel Dos Santos Pereira de Almeida

Documento Definitivo

Lisboa, FA ULisboa, Dezembro, 2017

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Paulo Manuel Dos Santos Pereira de Almeida, pela sua orientação e conhecimento transmitido na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos de sempre e padrinhos Tiago e Raul, pela amizade, companhia e por estarem sempre lá.

À minha família, pela confiança e incentivo, em especial à minha avó Iria e às minhas irmãs Ana Isabel e Inês.

Aos meus Pais pela força e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

À Paula, minha esposa, por tudo.

A todos agradeço com um Muito Obrigado.

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo principal a apresentação de uma proposta de habitação em madeira, desenvolvida no momento presente para o território de Portugal.

A proposta de edifício de baixa densidade, eventualmente desenvolvida com recurso a matéria-prima autóctone, tem na sua génese a implementação de um sistema construtivo aligeirado. Trata-se também de uma solução de habitação para uso temporário, para executar em lugares afastados do contexto urbano caracterizados sobretudo pelos difíceis acessos.

A seleção deste material, num contexto tão particular como é o português, apresenta-se porventura, como um eventual contributo para a alteração dos padrões instituídos no setor da construção, bem como um fator de promoção de uma fileira florestal mais integrada e uma possibilidade para a reativação de um conceito de autoconstrução em Portugal.

A madeira, enquanto material utilizado na arquitetura, é o elemento central do desenvolvimento desta investigação sendo, neste âmbito, analisada enquanto matéria-prima e sistema construtivo.

Por outro lado, são focados não só os casos de arquitetura vernacular que possam estar na origem do tipo de solução de habitação proposta, considerando as condicionantes determinadas, assim como, alguns casos de habitação de baixa densidade executada em madeira disponíveis no mercado português.

ABSTRACT

The present dissertation has as main objective, the presentation of a proposal of housing in wood, developed at the present moment for the territory of Portugal.

The proposal of a low-density building, eventually developed using local autochthonous raw materials, has in its genesis the implementation of a lightened construction system. It is also a housing solution for temporary use, to run in places away from the urban context characterized mainly by difficult access.

The selection of this material, in a particular context such as Portuguese, is perhaps a possible contribution to changing the standards established in the construction sector, as well as a factor promoting a more integrated forest area and a possibility for the reactivation of a concept of self-construction in Portugal.

Wood, as a material used in architecture, is the central element of the development of this research being, in this scope, analyzed as raw material and constructive system.

On the other hand, the cases of vernacular architecture that may be the origin of the type of proposed housing solution are considered, considering the determinants determined, as well as some cases of low density housing made of wood available in the Portuguese mark.

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice	iv
<u>Introdução</u>	
Contextualização do tema	1
Enquadramento teórico	4
Questões de trabalho e objetivos	12
Metodologia	15
<u>A madeira enquanto matéria-prima</u>	
O processo de alteração e transformação da floresta portuguesa	16
Caracterização das espécies de árvores existentes em Portugal	25
O processo de produção de madeira para construção	37
O papel da madeira para uma construção sustentável	48
<u>Sistemas construtivos em madeira</u>	
Enquadramento histórico	64
Sistema maciço	70
Sistema pilar e viga	77
Sistema aligeirado	80
<u>Uma proposta de habitação</u>	
Construir em madeira	88

O Programa	115
A Execução	120
Tabelas de volume e peso dos elementos utilizados	129
Diagramas de volume, peso e transporte dos elementos utilizados	146
Desenhos da proposta	156
<u>Conclusão</u>	186
Glossário	188
Bibliografia	189
Lista de imagens	193
Lista de abreviaturas	198

INTRODUÇÃO

Contextualização do tema

No momento presente, a utilização de madeira como material de construção no nosso país é praticamente residual. Contrariamente ao que aconteceu noutros países, em Portugal o interesse pela utilização deste material, na arquitetura e na construção, perdeu-se quase na totalidade no decorrer do século passado. Apesar disso, tem-se assistido mais recentemente a um ressurgimento do interesse pela utilização da madeira, quer enquanto material quer como sistema construtivo.

Segundo dados publicados num estudo efetuado em 2010 pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, no qual é apresentada a caracterização da oferta de casas em madeira no nosso país, apenas 5% da construção feita em Portugal utiliza a madeira como material primordial. Nesse estudo é também referida a meta de crescimento traçada pelas empresas vocacionadas para este tipo solução arquitetónica, que é de apenas 15% do total de construção a médio prazo. Este número ganha ainda mais expressão quando comparado com os 80% a 85% de construção em madeira nos países do norte da Europa [01]. Esta disparidade nos números poderá ter na sua génese fatores culturais ou de tradição, decisões políticas e educativas e, no caso português, também uma conotação deste sistema construtivo como algo que sugere fragilidade, entre outros estigmas.

Por outro lado, as questões relacionadas com o ambiente, catástrofes ambientais ou recursos naturais em conjunto com os conceitos ligados ao tema da energia, vão tendo maior peso e influência na arquitetura e na tomada de decisão do arquiteto no processo de desenvolvimento de um projeto. O sector da construção é,

atualmente, responsável por uma fatia muito considerável da produção de resíduos. Ao mesmo tempo, é já unanimemente reconhecida pela sociedade em geral a necessidade em encontrar alternativas eficazes que contribuam para minimizar o impacto do ato de construir. Por conseguinte, perante um contexto de permanente transformação e enorme progresso, como o que se tem assistido no domínio da arquitetura e da construção, é ao arquiteto exigida cada vez maior responsabilidade e ponderação. O conhecimento e a experiência do arquiteto, acerca da solução mais apta a adotar numa determinada situação, tem de ser cada vez mais abrangente. O progresso no âmbito dos materiais de construção e suas características, a forma como estes são produzidos, transportados e aplicados, o comportamento destes ao longo da vida útil do edifício, ou os sistemas construtivos designados, exemplificam o alcance do conhecimento necessário.

Deste modo, importa fazer referência ao tema da sustentabilidade na arquitetura e na construção, bem como o papel que a madeira enquanto material utilizado nestes domínios pode desempenhar. De facto, este material apresenta características únicas e muito particulares. Para além disso, a sua versatilidade, o seu carácter renovável, o baixo custo de produção, nomeadamente quando agregado a métodos de pré-fabricação e a gestão racional das florestas e processos de produção, podem também contribuir para a obtenção de uma construção mais sustentável [02]. Neste campo, destaca-se a dimensão social e económica que a utilização deste material acarreta. A indústria florestal está normalmente associada a zonas rurais, pouco industrializadas e com pouca capacidade de fixação de populações. Assim, a dinamização do setor da produção de madeira promove, por exemplo, a fixação dessas populações e o desenvolvimento das economias locais.

Em Portugal, grande parte da indústria florestal atual está vocacionada para a produção de pasta de papel. A pressão exercida a partir da década de 60 do século

passado pela indústria deste setor resultou na introdução do eucalipto na nossa floresta. Desde então, a taxa de ocupação de solo por esta espécie tem vindo a aumentar progressivamente, ocupando atualmente cerca 26% do total de coberto florestal nacional [03].

No que respeita ao panorama nacional das empresas do setor da construção de edifícios em madeira, importa referir que, segundo o estudo anteriormente citado, realizado pelo LNEC, no qual foram também questionadas as empresas do setor, mais de um terço destas afirmaram utilizar madeira de origem nacional na construção. As restantes empresas dispersaram as suas respostas para as opções disponíveis como a ausência de processos de classificação e a seleção dos produtos (50%), a falta de qualidade das espécies dominantes em Portugal (38%), a ligação da floresta às celuloses e indústrias de produtos aglomerados, (25%) entre outros motivos (31%).

O mesmo estudo apresenta ainda dados referentes à análise efetuada aos clientes destas empresas, dados esses que importa também referir. Assim, para a grande maioria das empresas, cerca de 88%, o cliente-tipo que promove a construção de casas de madeira é o futuro morador e, segundo as mesmas, cerca de metade das habitações construídas destinam-se a constituir a residência principal do agregado familiar. O uso das habitações como segunda residência ronda os 30% e as restantes agruparam-se em outros usos como habitação turística, anexos de habitação ou uso não residencial. Em termos etários, o cliente com idade até 54 anos representa cerca de 80% do total de clientes. Este dado demonstra que os compradores seniores são pouco representativos, tendo o intervalo dos 55 até aos 64 anos sido indicado para 12% dos clientes [01].

Enquadramento teórico

A referência à arquitetura e construção com recurso à utilização de madeira é geralmente feita aludindo a algo que deve ser observado num determinado contexto histórico encerrado, ou seja, algo que já não faz parte da nossa identidade. Atualmente, a arquitetura e a construção em madeira são, na maioria das vezes, apresentadas como uma solução sem argumentos. Em Portugal, no decorrer do século passado, os sistemas construtivos em madeira foram muito rapidamente ultrapassados pelos sistemas construtivos em betão ou em metal. No entanto, a madeira enquanto material complementar nunca deixou de ser considerada. A utilização deste material em pavimentos, portas, rodapés ou revestimentos dos mais diversos tipos de edifícios jamais deixou de acontecer. É, assim, importante sublinhar algo que já foi referido e que diz respeito à longa ligação que este material tem com o homem, nomeadamente no contexto da arquitetura e da construção. Esta forte ligação representa, sobretudo, o reconhecimento atribuído pelo homem a um material que apresenta qualidades ímpares para a sua utilização em diferentes contextos.

Ao longo da história, a maioria da construção em madeira privilegiou a proximidade geográfica das florestas. Simultaneamente, em lugares onde este material escasseava, era frequente recorrer-se à utilização de outras espécies vegetais. O bambu, o junco ou a palha eram habitualmente utilizados e, apesar de permitirem a implementação de princípios construtivos análogos, os edifícios construídos com recurso a estes materiais apresentavam-se muitas vezes com formas e processos construtivos bastante distintos entre si. Existem registos deste tipo de construções em localizações tão diferentes como África, Ásia ou região do Médio Oriente. Devido à fraca resistência mecânica que cada elemento vegetal apresentava isoladamente, era comum a todas as construções deste tipo o recurso ao entrelaçamento desses

elementos como forma de alcançar o desempenho estrutural pretendido. Dada a natureza frágil destes materiais, a maioria das construções apresentavam uma durabilidade relativamente curta [14].

Contrariamente ao junco ou à palha, a utilização de bambu na construção não se deveu à escassez de madeira. A sua utilização decorreu principalmente da sua abundância em regiões caracterizadas pelo clima temperado, sobretudo com altitudes entre o nível do mar e os 4000 metros. A construção em bambu é originária de lugares tão díspares como a região subsariana do continente Africano, América Central e do Sul, Índia, Sudeste Asiático, China e Japão. Tal como a madeira, o bambu é um material que se caracteriza pela sua estrutura constituída por fibras, apresentado este bastante mais elasticidade. Esta característica está diretamente ligada às diferentes formas assumidas pela construção com recurso à utilização deste material. A construção em bambu partia geralmente da conceção de malhas ortogonais formadas por varas de bambu que, depois de atadas entre si, se constituíam em paredes, pavimentos e coberturas dos edifícios. Dependendo da região onde estavam implantados, estes edifícios apresentavam diferenças, por exemplo, ao nível do preenchimento das paredes. Na Europa e na América do Norte, nenhum destes métodos construtivos teve qualquer tipo de expressão e, apesar destes recorrerem à utilização de espécies vegetais, não são considerados como sistemas construtivos em madeira.

A construção em madeira enquanto sistema acontece sob a forma de construção de estacas, da construção de toros e da construção de pilar e viga. Ao longo da história, estes sistemas contribuíram decisivamente para que a construção em madeira seja fosse a mais utilizada em todo o mundo. Estes três sistemas construtivos têm naturalmente vindo a evoluir e são ainda utilizados na atualidade. A importância destes sistemas construtivos, as suas características, a influência que tiveram nos

domínios da arquitetura e da construção, assim como o papel de destaque que alcançaram, são questões abordadas mais à frente no âmbito presente dissertação.

Porém, importa desde já referir que estes sistemas construtivos coexistiram durante centenas de anos nas mais diversas partes do mundo e que, para a sua execução, tanto se recorria a matéria-prima proveniente de espécies resinosas como de folhosas. Para além disso, constata-se que a construção em madeira serviu como modelo para outras técnicas construtivas. *Vitrúvio* (80 a.C. - 15 a.C.), descreveu mesmo o surgimento da arquitetura clássica na Grécia como o resultado da replicação das técnicas de construção de pilar e viga, tão características dos edifícios em madeira. Outro exemplo, reside na construção em alvenaria. Na arquitetura Budista, Hindu e Islâmica indiana, ainda é possível encontrar exemplos de construção onde a madeira deu lugar à construção em alvenaria de tijolo e posteriormente à pedra.

A história da utilização da madeira na arquitetura e na construção, quer como sistema quer como elemento construtivo, é longa e bem demonstrativa do reconhecimento dos atributos associados a este material. A Islândia, país localizado a norte das florestas boreais, aquando da sua ocupação pelos povos nórdicos durante o século IX, não tinha praticamente nenhuma madeira disponível passível de utilizar na construção. Este facto não impediu que os novos habitantes daquela ilha utilizassem madeira para a construção, inclusive para fins estruturais. Apesar da escassez de madeira no território, o evidente reconhecimento das qualidades deste material, originou o aproveitamento da madeira que chegava a flutuar às costas da ilha proveniente dos rios norte-americanos ou da Sibéria, à qual se juntava a dispendiosa madeira importada dos territórios que atualmente correspondem à Noruega.

Por outro lado, o reconhecimento das excelentes características associadas à madeira enquanto material de construção está também presente na evolução dos sistemas construtivos já referidos. A já anteriormente referida coexistência entre os diferentes sistemas construtivos em madeira tem também bastante significado. Na Noruega, era muito frequente construir edifícios utilizando em simultâneo os sistemas de construção de toros e de pilar e viga. Neste país existem também registos de sistemas construtivos alternativos caracterizados pela coexistência de uma estrutura de pilar e viga em madeira complementada com paredes exteriores não estruturais em alvenaria de pedra. Sabe-se que esta solução construtiva foi posteriormente exportada para a Islândia, com a particularidade de as paredes exteriores e a cobertura serem, neste caso, constituídas por turfa. É também possível encontrar registos de construções em madeira semelhantes a estas nas terras altas da Escócia. Neste caso, a turfa mantinha-se como elemento constituinte das paredes periféricas, sendo este substituído pelo colmo nas coberturas.

Outro exemplo de utilização de madeira para construção bem demonstrativo das qualidades deste material, vem dos povos que habitavam os territórios a norte do círculo polar na orla das florestas de tundra, designadamente as regiões que atualmente correspondem às Lapónias Norueguesas, Suecas, Finlandesas e Russa. Estes povos, designados de Lapões, dada a sua natureza nómada, desenvolveram uma forma de habitação transportável, de peso reduzido e de rápida montagem e desmontagem. Tratava-se de um abrigo simples, mas completo, que surge em circunstâncias de escassez de madeira e que exponencia de facto algumas das qualidades deste material.

A escassez de madeira não foi apenas notada nas localizações anteriormente referidas. Durante a ocupação muçulmana nos séculos XII e XIII, no sul da Península Ibérica, a carência de madeira e as necessidades culturais desses povos resultaram,

por exemplo, na determinação em replicar elementos arquitetônicos, como os tetos abobadados, utilizados em edifícios nas suas terras de origem, dando origem a uma admirável e complexa técnica construtiva. A utilização de madeira nesta região ficou maioritariamente ligada à execução de elementos horizontais dos edifícios, como pavimentos ou coberturas. Deste modo, a utilização de madeira neste contexto não deve ser observada como um sistema isolado, mas sim como parte de um sistema.

Noutro caso, os emigrantes oriundos da Alemanha que habitaram a região das montanhas de Ore durante a Idade Média, ao contrário dos povos que ocuparam a Islândia no decorrer do século IX, foram incorporando o sistema construtivo tradicional desta região no sistema que estavam habituados a utilizar nas suas terras de origem. Esta circunstância fez deste povo o responsável pelo surgimento do sistema construtivo designado de "*Umgebinde*", um sistema que demonstra de forma inequívoca a coexistência já referida, entre os sistemas de construção de toros e de pilar e viga. Sinteticamente, este sistema consiste num género de fusão entre as duas técnicas construtivas, em que a estrutura portante é a armação de pilar e viga e as paredes executadas em toros maciços não têm qualquer tipo de contribuição para a transferência de cargas verticais.

Entretanto, no período contido entre o século XI e o século XVII, devido sobretudo ao processo de cristianização ocorrido na Suécia e na Noruega, enquanto eram construídos milhares de igrejas em madeira, apenas algumas centenas eram executadas em alvenaria. A abundância deste material esteve com certeza na origem dessa opção. O sistema utilizado era algo complexo e a sua execução só era possível em lugares densamente florestados e onde existisse tecnologia ligada à produção e transformação de madeira. Este sistema construtivo, designado de "*Stave*", utilizado em edifícios religiosos, era genericamente uma das inúmeras variações da técnica de pilar e viga.

Outra variante que importa referir no enquadramento teórico do tema da presente dissertação é o sistema construtivo em madeira designado de “*Wattlework*”. Trata-se de um sistema algo semelhante aos sistemas de construção em bambu ou junco utilizados noutras partes mundo, mas numa versão europeia. As construções executadas neste sistema foram talvez as únicas concebidas sem o auxílio de ferramentas e baseavam-se na utilização de ramos, varas ou arbustos cuja a elasticidade permitisse cruzar e entrelaçar estes elementos. Apesar das limitações, a sua utilização persistiu em países onde a madeira de grandes dimensões era muito escassa ou não existia, como era o caso da Roménia e da Moldávia. Atualmente, esta técnica ainda é utilizada na construção tradicional japonesa. O âmbito da sua aplicação era variado. Muitos edifícios rurais, de habitação e religiosos foram executados tendo o “*Wattlework*” como sistema construtivo. Outros edifícios integravam esta técnica na conceção de alguns dos seus elementos constituintes como paredes ou pavimentos. Para a execução de paredes era frequente revestir o entrelaçado de elementos vegetais com terra e esta serviria simultaneamente de revestimento interior e exterior do edifício. Em edifícios rurais sem ocupação humana permanente como é o caso dos celeiros, o “*Wattlework*” não era revestido.

A história da arquitetura e da construção em madeira está muito marcada pela existência ou não desta matéria-prima. Os edifícios construídos em épocas e lugares caracterizados pela abundância desta matéria-prima, geralmente espelhavam esse facto. O custo da madeira era por vezes tão insignificante face, por exemplo, ao custo da mão-de-obra que, em algumas circunstâncias, levou a um uso abusivo de recursos. Em regiões remotas do norte e centro do continente europeu, a construção com recurso a enormes quantidades perdurou no tempo. No entanto, a abundância nem sempre significou o acesso a este material a todas classes sociais. As classes mais desfavorecidas que no século XIX habitavam as regiões do sopé das montanhas de *Rieses* e *Adler* construíam as suas habitações, designadas de

“*Scheitholzhauser*”, com recurso a curtos segmentos de toros de madeira de pequeno diâmetro e argamassa.

A excessiva utilização de madeira, geralmente resultante do pouco critério no uso deste material na construção, esteve na origem da diminuição das áreas ocupadas por florestas em praticamente todas as regiões do mundo. Como já foi referido, na Europa, o acentuado número de edifícios construídos durante toda a Idade Média teve um grande impacto na disponibilidade deste recurso natural. Numa análise histórica constata-se, também, que a passagem para o período Gótico não mitigou a procura por este material. Apesar de este período ser muito associado à construção de edifícios religiosos de grande porte, estes foram concebidos em número reduzido e com pouco recurso à madeira pelo que, a procura por este material permaneceu muito elevada atendendo ao volume total da construção. O crescimento demográfico notado neste período da história, originou o aumento das cidades e vilas e a necessidade em albergar progressivamente mais população pressionou cada vez mais a disponibilidade dos recursos florestais. É assim que começam a aparecer edifícios constituídos de elementos com dimensões menores e novos tipos de soluções construtivas, nomeadamente ao nível das ligações entre elementos. Uma das soluções surgida no decorrer do século XIV e que deve ser realçada são as “*hammer beams*”, que não são mais que vigas convertidas em asnas.

Em suma, a arquitetura e a construção em madeira apresentaram características muito diversas de cultura para cultura. Em Portugal, à semelhança de outras partes do mundo, a madeira teve um papel muito importante, nomeadamente enquanto elemento construtivo estrutural. No período pombalino, arquitetura e construção com recurso a este material desempenhou um papel muito importante, designadamente na reconstrução da cidade de Lisboa logo após o grande terramoto de 1755. A preocupação em evitar a repetição do elevado grau de destruição

provocado por esta catástrofe natural levou a que um conjunto de engenheiros militares, entre eles Manuel da Maia (1667 - 1768), Eugénio dos Santos (1711 - 1760) e Carlos Mardel (1695 - 1763), concebessem um sistema construtivo caracterizado pela resistência aos sismos, recorrendo a uma estrutura de madeira designada de gaiola. Esta solução construtiva foi implementada na Baixa Pombalina de Lisboa e na reconstrução de Vila Real de Santo António. Apesar das alterações sofridas, este sistema tem como último momento de utilização os edifícios gaioleiros de Lisboa de 1930. Estes edifícios foram também os últimos a recorrer à madeira enquanto elemento estrutural, sendo este material substituído pelo betão a partir daqui.

Questões de trabalho e objetivos

O desenvolvimento de uma proposta de habitação unifamiliar de baixa densidade, eventualmente edificada com matéria-prima autóctone e através da implementação de um sistema construtivo aligeirado, teve como fundamento as seguintes questões de trabalho:

- Que sistemas construtivos em madeira existem?
- Que tipos de madeira existem em Portugal?
- Quais as espécies de madeira que são utilizadas na arquitetura e construção?
- Quais as vantagens e desvantagens que advêm do uso deste material na arquitetura e construção, enquanto alternativa aos modelos habitualmente utilizados em Portugal?
- Qual o papel da madeira para uma construção mais sustentável?
- Em que contextos é que uma habitação unifamiliar de pequena escala pode, porventura, surgir como a solução mais apta e, desse modo, contribuir para a resolução de um problema ou de uma eventual lacuna?

O estímulo provocado por estas questões, desencadeou uma investigação que procurou expor o conhecimento científico relacionado com a utilização deste material no atual panorama da arquitetura e da construção. O progresso da

investigação fez naturalmente emergir novas questões, tornando necessário limitar o âmbito da presente dissertação. Deste modo, o documento está basicamente dividido em três capítulos.

No primeiro capítulo – A madeira enquanto matéria-prima – são referidos os atributos desta matéria-prima, as suas características e limitações e o seu potencial enquanto material de construção. Este ponto procura focar-se nos tipos de madeira que atualmente existem em Portugal com potencial de utilização no setor da construção e no seu processo produtivo. É também descrito, neste primeiro capítulo, o processo de alteração e transformação da floresta portuguesa, desde a fundação do nosso país até à atualidade. Por fim, é analisado o papel que este material pode desempenhar num contexto da procura por uma arquitetura e uma construção mais sustentável.

No segundo capítulo – Sistemas construtivos em madeira – é efetuado o enquadramento histórico genérico dos sistemas construtivos que utilizam a madeira como elemento principal, a sua evolução no contexto global desde o aparecimento dos primeiros abrigos construídos pelo homem, até às construções contemporâneas. Seguidamente, são caracterizados aqueles que são considerados como os sistemas construtivos em madeira mais significativos.

No terceiro capítulo – Uma proposta de habitação – é materializado um dos principais objetivos da presente dissertação por meio da apresentação da proposta de habitação de baixa densidade. Neste capítulo é mencionado um conjunto de temas que se revestem de grande importância e cuja relação com o tema da construção em madeira é inequívoca. São ainda identificadas as eventuais necessidades ou lacunas que a proposta de habitação desenvolvida poderá porventura ajudar a suprir e, logo depois, são caracterizados o programa funcional

relativo à proposta de habitação bem como os aspetos respeitantes à sua execução. Acerca o ponto relativo à execução da construção, importa referir a apresentação da estimativa relativa ao volume aprisionado e peso do material necessário à conceção da habitação. Por último, são expostos os desenhos da habitação, em várias escalas e fazendo realce aos pontos mais importantes e o trabalho encerra-se com a conclusão.

Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da presente dissertação dividiu-se, naturalmente, em diferentes etapas. Assim, este processo teve início com a recolha de referências bibliográficas designadamente literatura, estudos, dissertações ou artigos que permitiram efetuar uma primeira abordagem ao tema da construção em madeira. Todos estes documentos foram obtidos através de diferentes fontes junto de bibliotecas, livrarias, portais de internet públicos e privados, governamentais e institucionais, blogues, entre outras.

Posteriormente foi dado privilégio ao trabalho de campo, do qual se destaca a recolha de informação junto do Professor Doutor Paulo Pereira de Almeida, docente da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa e orientador da presente dissertação. As reuniões inicialmente realizadas permitiram, desde logo, a definição de objetivos e mostraram-se essenciais no decorrer deste processo.

No seguimento, procedeu-se à análise de toda a informação recolhida tendo já em consideração o perímetro definido para o desenvolvimento do trabalho, os temas e a sua organização. Foi fundamental entender a pertinência da informação obtida, assim como, a melhor forma de a integrar no espaço da dissertação. Esta fase, constituída de progressos e de retrocessos, possibilitou o gradual aumento no grau de objetividade resultando numa reflexão mais cuidada e orientada sobre toda a informação recolhida.

Na fase de execução da proposta de habitação, foi aplicado o conhecimento adquirido, confrontando a informação recolhida com os objetivos estipulados para o trabalho. Nesta foram absolutamente essenciais os diálogos mantidos nas reuniões realizadas com o orientador.

A MADEIRA ENQUANTO MATÉRIA-PRIMA

O processo de alteração e transformação da floresta portuguesa

Desde o início do século XII, altura em que Portugal se constituiu como país independente, inúmeros foram os fatores que contribuíram para o atual estado do coberto florestal nacional. No continente Europeu, cedo se desenvolveu o fenómeno da desflorestação. Em Portugal o efeito da desflorestação acentuou-se bastante no período compreendido entre os séculos XIV e XVIII, nomeadamente com o crescimento da indústria da construção naval decorrente da implementação de uma política de expansão marítima.

Se durante a Idade Média, a floresta portuguesa possibilitava a recolha de madeira em quantidade suficiente para satisfazer o consumo interno, o mesmo não se pode afirmar acerca do período da Época Moderna devido ao aumento substancial desse mesmo consumo interno e resultante escassez. Por conseguinte, neste período passou a ser necessário importar madeira do Norte da Europa e de outros territórios entretanto descobertos, como os Açores, a Madeira ou o Brasil.

Foi no decorrer do século XVIII que se atingiu o ponto crítico de desarborização. Por esta altura, o coberto florestal nacional chegou a ocupar apenas 7,0% do território nacional e as importações de madeira eram neste período 4 a 6 vezes superiores às exportações deste material. A construção naval resultante da anteriormente referida política de expansão marítima, foi determinante para a destruição de floresta no nosso país. No entanto, é importante referir que fatores como as atividades industriais ligadas à produção de vidro ou metalurgia em conjunto com o

enorme aumento da população verificado neste período, contribuíram também para o aumento no consumo interno de madeira e conseqüente degradação da paisagem portuguesa. Importa ainda mencionar que, durante todo este período, foi criada legislação que visava a proteção da floresta. Esta legislação nunca produziu a eficácia desejada devido aos variados despachos que estimulavam o desenvolvimento de setores com grande propensão para o consumo de madeira, sobretudo o já referido setor da construção naval [04].

É já no decorrer do século passado que finalmente se reverte o efeito da deflorestação, nomeadamente, com a introdução do designado Regime Florestal e com a aplicação do Plano de Povoamento Florestal de 1938. De acordo com dados divulgados no 6º Inventário Nacional Florestal de fevereiro de 2013, o coberto florestal ocupava uma área de 35,4% em 2010 [03].

Assim, a floresta portuguesa, outrora rica na pluralidade de espécies e na qualidade de madeira oferecida, apresenta atualmente um quadro bastante diferente. Como já foi referenciado, até ao século XII foram inúmeros os acontecimentos que moldaram a evolução da flora em Portugal, mas também no continente europeu. Até o clima mediterrânico se fixar na região sul da europa e, com isso alterar o cenário climatológico para algo semelhante ao que atualmente conhecemos, ocorreram diversas glaciações e grandes oscilações nos níveis da temperatura e da humidade.

Neste período, a paisagem continental portuguesa caracterizava-se pelo grande predomínio de plantas da família das *Fagaceae* e por uma presença, ainda que mais moderada, de plantas da família das *Pinaceae*. As plantas da família das *Lauraceae* prevaleciam na paisagem da Ilha da Madeira. No caso de Portugal continental, servem de exemplo algumas espécies do género *Quercus spp.* como o sobreiro, o

carvalho e a azinheira ou o castanheiro, como representantes do género *Castaneae spp.* As plantas pertencentes à família das *Pinaceae* estavam representadas por espécies do género *Pinus spp.*, habitualmente reconhecida como pinheiro. As florestas da Ilha da Madeira eram dominadas pela presença de plantas da família das *Lauraceae*, facto que não se alterou significativamente, tendo estas sido classificadas em 1999 pela UNESCO, como Património Mundial Natural (World Natural Heritage).

Portugal, desde a sua fundação, teve como principal impulsionador económico as atividades ligadas ao mar, sobretudo o comércio marítimo e as pescas. Apesar disso, durante os séculos XII e XIII, em plena Idade Média, a pressão sobre os recursos florestais fez-se sentir de forma moderada, em parte devido também à economia de subsistência praticada no nosso país.

Por esta altura, a riqueza limitava-se ao clero e à nobreza e era avaliada pela dimensão das terras disponíveis para cultivo. O alargamento do território nacional para sul foi concretizado com o auxílio da marinha, através, por exemplo, da tomada de portos importantes como os de Alcácer do Sal, Silves ou Faro. Nesta fase da história de Portugal foram sucessivamente criadas, nos diferentes reinados, forças de índole naval com diferentes desígnios. O consumo interno de recursos florestais centrava-se fundamentalmente na indústria de construção naval, sendo que neste período subsistia um equilíbrio entre a oferta e a procura desta matéria prima com origem nacional. A madeira utilizada na construção de embarcações provinha preferencialmente de algumas espécies de carvalho e de pinheiro manso, enquanto que a utilização do pinheiro bravo se restringia à conceção de mastros e vergas.

Com a entrada no século XIV, Portugal deu início à expansão marítima. Neste período, o alargamento do território português efetuou-se basicamente com

recurso à frota naval. Consequentemente, a pressão sobre os recursos florestais nacionais acentuou-se significativamente, o que provocou um impacto muito negativo na regeneração da floresta portuguesa. Com o aumento da procura por embarcações novas, a indústria naval, cuja responsabilidade na destruição de coberto florestal nacional já era até então considerável, expandiu-se ao longo do território litoral português e com a entrada na Idade Moderna a partir do século XV, passou a contribuir decisivamente para o desequilíbrio entre a procura e a oferta de madeira com origem nacional.

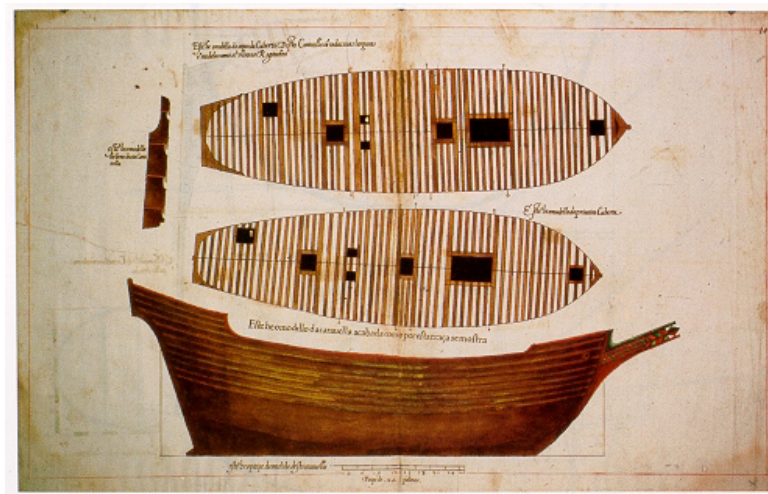


Figura 01 Caravela de onze prumos (1616), *Livro de Traças de Carpintaria*

A conquista de cidades efetuada pelos portugueses em territórios marroquinos da costa atlântica africana, demonstram o quão numerosa e poderosa era a nossa frota naval que, a título de exemplo, recorreu à utilização de 212 embarcações para, em 1415, conquistar Ceuta. Esta fase, na transição entre a Idade Média e a Idade Moderna, ficou também conhecida como a época dos descobrimentos. Devido ao custo associado ao aumento das distâncias percorridas, as embarcações utilizadas nas rotas do comércio marítimo sofreram um alargamento da sua capacidade

através, naturalmente, do aumento das suas dimensões. Assim, as caravelas, embarcações determinantes nas descobertas marítimas portuguesas do século XV, atingiram dimensões colossais para a época. Depressa a escassez de madeira com origem nacional se fez sentir. Portugal começou então a ter a necessidade de importar madeira do norte da europa e de outros territórios entretanto conquistados como os Açores, a Madeira, ou o Brasil. A título de exemplo, a escassez de pinheiro bravo nacional atingiu um grau tão elevado que teve de ser substituída pelo pinheiro nórdico importado como material para a conceção dos mastros de peça única, já que eram raros os espécimes com as dimensões adequadas para a sua conceção.

A necessidade de poupar a floresta era premente e foi a partir desta altura, final do século XV, que começaram a ser legisladas as principais medidas de proteção da floresta. Importa, no entanto, referir que a intenção de proteger a floresta nacional expressa em muita legislação criada, foi sendo contrariada pela produção de despachos que estimulavam o consumo de madeira pelos diferentes agentes económicos.

Com a consolidação das rotas comerciais a partir do século XVI, o consumo de madeira por parte de algumas indústrias aumentou ainda mais. Esse incremento gerou preocupação e levou, por exemplo, à criação de legislação cujo objetivo era proibir a construção de unidades de produção de vidro e de refinação de açúcar junto a importantes áreas florestais.

No século XVIII, o efeito de desflorestação continuou a exponenciar-se e um dos acontecimentos que pode ter contribuído para esse grande aumento, foi a ocorrência do grande terramoto de 1755 que obrigou à reconstrução de Lisboa. Contudo, os problemas para o coberto florestal nacional não estavam circunscritos

à construção naval ou à reconstrução de Lisboa. O aumento demográfico e o início da revolução industrial foram, a partir daqui determinantes e tiveram grande responsabilidade na destruição quase total do coberto florestal nacional. Estes fatores impulsionaram o aumento da área para cultivo, nomeadamente para vinha e para cereais e pastagem, o incremento da atividade pesqueira e o desenvolvimento de novas indústrias. Por esta altura, a área coberta por floresta chega a atingir uns incríveis 7% de área total do território português.

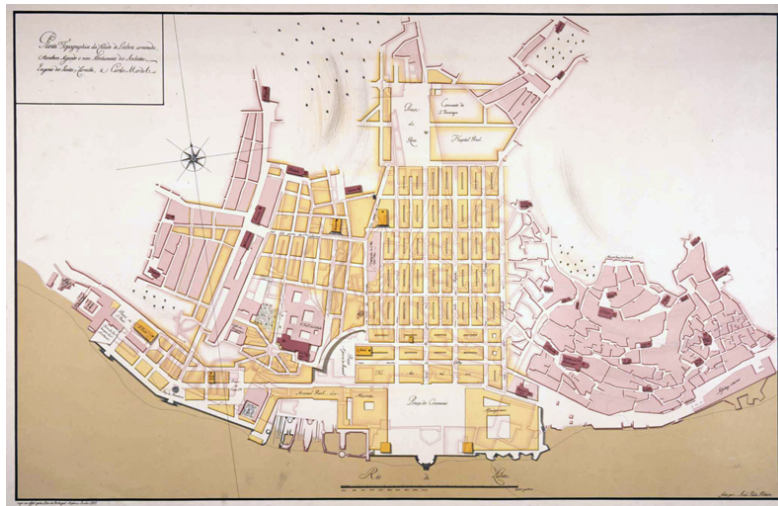


Figura 02 Projeto escolhido para a reconstrução de Lisboa após o Terramoto de 1755

Aos acontecimentos referidos no parágrafo anterior juntou-se, já em meados do século XIX, o início da construção da ferrovia nacional. A obtenção de madeira para as travessas necessárias à sua conceção promoveu, sem dúvida, um derradeiro golpe no coberto florestal nacional, dada a enorme quantidade de matéria prima que foi utilizada. Suspeita-se que inicialmente a madeira proveniente do carvalho era a preferida para a conceção dessas travessas e que esse facto estimulou a destruição total desta espécie no nosso país. Para reforçar esta tese, verificou-se que a madeira com origem no pinheiro bravo substituiu o carvalho e passou, de facto, a ser a mais

utilizada na construção destas estruturas. Ainda no decorrer do século XIX, em consequência da constatação dos efeitos nefastos provocados pela exploração selvática da floresta, foram criadas entidades como a Administração Geral das Matas ou os Serviços Florestais. Estas entidades foram responsáveis pela preparação e implementação de medidas cujo objetivo primordial passava pela reflorestação do nosso território e pela gestão racional da área florestal nacional. Os resultados obtidos com a implementação dessas medidas estão documentados e podem ser considerados como um grande sucesso. No período compreendido entre 1867 e 1902 houve um aumento expressivo na área total território ocupado por floresta.



Figura 03 Construção da Estação do Rossio em Lisboa (1886)

No início do século XX, um novo instrumento jurídico de grande importância foi constituído, permitindo ao Estado Português intervir na gestão florestal de áreas públicas e privadas incrementando dessa forma a reflorestação de inúmeras áreas não cultivadas. Segundo os dados estatísticos, o coberto florestal continental terá aumentado 1 800 000 ha entre os anos de 1875 e 1938. As principais plantas utilizadas para fomentar esse aumento foram, no norte e centro do país, as espécies

do género *Pinus*, designadamente o *Pinus pinaster* ou pinheiro bravo, enquanto que a sul as espécies utilizadas foram o *Quercus suber* ou sobreiro e o *Quercus rotundifolia* ou vulgarmente designado por azinheira.

Em 1938, o regime do Estado Novo criou o designado Plano de Povoamento Florestal. Este plano estratégico dava continuidade às políticas de reflorestação que vinham sendo implementadas e integrava também o alargamento das áreas com outros tipos de ocupação e uso do solo, assim como construção de numerosas infraestruturas. Até 1974 os Serviços Florestais reflorestaram uma área total de 287 000 ha dos quais 272 000 ha resultaram diretamente da execução da estratégia presente no Plano de Povoamento Florestal. Estes esforços demonstram que a reflorestação foi encarada pelo regime do Estado Novo como uma das principais prioridades. Os resultados obtidos comprovam-no. A área total ocupada por floresta aumentou de cerca de 20% para perto de 35% em 1974 [04].

Em termos globais, a floresta portuguesa é recente, sendo Portugal considerado o país europeu em que a reflorestação se efetuou de forma mais rápida. Entre 1875 e 2010 a área de uso florestal em Portugal aumentou de cerca de 7% para uns expressivos 35,4%. Este número coloca Portugal ligeiramente abaixo da média dos países da União Europeia, que segundo os dados mais recentes, é de 37,6%. Apesar destes resultados é importante referir que este incremento na área coberta por floresta nem sempre correspondeu à implementação de uma gestão sustentável ou às escolhas mais adequadas.

A introdução do eucalipto na floresta portuguesa, durante a segunda metade do século passado, estimulada sobretudo pela indústria do papel, gerou problemas de sustentabilidade, quer a médio ou longo prazo. Esta espécie, oriunda da Oceânia, caracteriza-se pelo seu rápido crescimento e tem a particularidade de conseguir

absorver enormes quantidades de água e nutrientes, facto que altera as características do solo a longo prazo e que simultaneamente, coloca em risco todas as outras espécies vegetais que se encontram nas zonas próximas desta.

Outros eventos não previstos aquando do desenvolvimento das políticas de reflorestação e gestão das florestas, nomeadamente, a inovação tecnológica, a alteração nos padrões de produção agrícola, desertificação do interior do país ou a excessiva fragmentação das propriedades florestais, originaram também problemas na gestão equilibrada e sustentada das florestas. Deu-se, por exemplo, o abandono de grandes extensões de terra e com isso, determinados instrumentos que anteriormente permitiam essa gestão dos recursos florestais, deixaram simplesmente de ocorrer. Evidentemente que, na elaboração de uma análise ao processo de alteração e transformação da floresta portuguesa, não se pode deixar de referir a problemática dos incêndios. Grande parte da responsabilidade da deterioração do panorama florestal nos anos mais recentes está associada à ocorrência de incêndios e Portugal, é um dos países europeus que perdeu mais área de floresta em consequência deste fenómeno nos últimos 25 anos.

Em 2010, segundo o 6º Inventário Nacional Florestal, o uso florestal do solo representava o uso dominante em Portugal continental, apesar da diminuição que tem vindo a sofrer desde 1995, sobretudo para conversão em uso para matos e pastagens e uso urbano. Ainda de acordo com esse documento, a área de uso florestal ocupava sensivelmente 35% do território nacional, dividindo-se esta por florestas de castanheiro e carvalho que ocupam cerca de 1% e 2% respetivamente, florestas de azinheira e sobreiro que representam cerca de 11% e 23%, florestas de eucaliptos com cerca de 26% de taxa de ocupação e floresta de pinheiros com cerca de 29% de ocupação [03].

Caracterização das espécies de árvores existentes em Portugal

No atual contexto da União Europeia, Portugal é considerado um país tipicamente arborizado. Apesar dos inúmeros fatores que promoveram a degradação gradual do coberto florestal nacional ao longo da história, constata-se que o uso dominante do solo no território português é o uso florestal com uma taxa de ocupação de cerca de 35%, encontrando-se deste modo dentro da média dos países que compõem a União Europeia [03]. Se, numa análise à multiplicidade de espécies que constituem este número, forem adicionadas as taxas correspondentes a usos de solos de caráter semelhante, Portugal revela-se, ainda assim, como um país detentor de uma significativa biodiversidade.

Segundo dados recolhidos pela Agência Europeia do Ambiente no ano de 2015, a taxa de ocupação do solo por coberto florestal na Europa aumentou 10% nos últimos 25 anos. Esta expansão deve-se, sobretudo, ao aumento da área ocupada por floresta natural e ao aumento da área arborizada em terras não florestais. Outro aspeto que importa referir é a circunstância de quase 70% dessa mesma área florestal pertencer, ou estar dentro, da fronteira de apenas 6 países (Suécia, Finlândia, Espanha, França, Noruega e Turquia). Ainda segundo o mesmo estudo, países como a Finlândia, Suécia, Eslovénia ou Montenegro apresentam taxas acima dos 60% de ocupação florestal, enquanto países como a Islândia e Malta apresentam taxas perto dos 5% do total do seu território [05].

Como já foi referido, a mancha florestal portuguesa tem, de facto, sofrido alterações bastante significativas, nomeadamente no período que envolve os últimos 150 anos. Mas, uma observação mais atenta aos últimos 20 anos permite vislumbrar que as principais tendências de evolução do coberto florestal nacional se centram numa progressiva diminuição da área ocupada pela espécie de pinheiro-bravo, na

estabilização da área ocupada por espécies de montado e num significativo aumento da área de eucalipto, fazendo desta espécie a de maior representatividade a nível nacional.

Ocupação florestal	1995	2005	2010
Pinheiro bravo	978	795	714
Pinheiro manso	120	173	176
Outras resinosas	61	73	73
Eucalipto	717	786	812
Sobreiro	746	731	737
Azinhreira	367	335	331
Carvalho	92	66	67
Castanheiro	33	38	41
Acácias	12	12	12
Outras folhosas	158	181	188
TOTAL	3 284	3 525	3 151

Tabela 01 Evolução da ocupação florestal em Portugal continental (áreas totais em 10³ha)

No que respeita ao setor empresarial, segundo dados recolhidos, apenas um terço das empresas do setor da construção em Portugal utilizam madeira de origem nacional. As restantes, justificam o não recurso à utilização de matéria-prima autóctone com fatores como a ausência de processos de classificação e seleção dos produtos, a falta de qualidade das espécies dominantes em Portugal, o modelo de ligação da floresta às celuloses e indústrias de produtos aglomerados, entre outros motivos. Assim, apesar da multiplicidade de espécies, são apenas três as espécies de árvores existentes nas florestas nacionais que podem permitir a sua utilização regular no setor da construção. As restantes espécies ou não apresentam as características necessárias à sua utilização, ou não são produzidas em volume suficiente para abastecer este setor. Consequentemente, as empresas do setor da arquitetura e da construção em madeira, cuja opção seja o recurso à utilização de matéria-prima autóctone, estão limitadas à utilização de madeira proveniente de

espécies como o pinheiro bravo, o carvalho e o castanheiro [03]. Posto isto, importa agora referenciar as principais propriedades que, de uma forma geral, estão associadas a este material.

A madeira é um material bastante complexo, constituído por uma matéria heterogénea gerada por um organismo vivo designado de árvore. A sua estrutura resulta essencialmente das suas necessidades enquanto ser vivo, nomeadamente daquelas que se relacionam com suporte, alimentação e proteção. Do mesmo modo, as propriedades deste material estão profundamente relacionadas com a sua estrutura celular, resultando esta do processo de crescimento da árvore de onde é retirada. A heterogeneidade que caracteriza este material é enorme, variando as propriedades entre as diferentes espécies, entre espécimes de uma mesma espécie ou até mesmo, dentro do mesmo tronco de uma determinada árvore. Assim, o conhecimento das características biofísicas deste material é fundamental para que se possam compreender as suas propriedades [11].

Sinteticamente, uma árvore é basicamente composta por três zonas distintas com características e funções bem diferentes denominadas de raiz, tronco e copa. A raiz é o elemento que agarra a árvore ao solo e que simultaneamente permite a captação da água e dos sais minerais presentes na terra. O tronco, para além de servir de suporte e de elemento condutor da água e dos sais minerais da raiz até à copa, é a zona onde se desenvolve a maior parte da madeira ou lenho. Logo, no âmbito do tema em análise, é necessariamente o elemento que interessa conhecer melhor. Por fim, a copa é constituída por ramos, folhas e, em alguns casos, por frutos e tem como principal função a obtenção de oxigénio e hidratos de carbono, tão necessários à subsistência deste ser vivo nomeadamente através do processo de fotossíntese [11].

Conforme referido no parágrafo anterior, a zona do tronco é responsável pelo

desenvolvimento da maior parte da madeira ou material lenhoso da árvore. Este material apresenta à partida, diferenças substanciais consoante a classificação botânica do espécime de onde é proveniente. Segundo a metodologia utilizada para classificar as espécies do reino vegetal, a proveniência do material lenhoso pode ter apenas duas origens: a divisão das Gimnospérmicas e das Angiospérmicas. A madeira proveniente das espécies resinosas ou coníferas (classe mais importante das gimnospérmicas), também designada de madeira branda devido à sua abundância, é mais predominantemente utilizada em estruturas. A madeira proveniente das espécies folhosas ou dicotiledóneas (classe mais importante das angiospérmicas), também designada de madeira dura devido ao valor económico superior, é geralmente mais utilizada em funções não estruturais ou decorativas [11]. Segundo os dados já mencionados, a espécie conífera mais representada no coberto florestal nacional é o pinheiro-bravo com cerca de 23% de taxa de ocupação do solo florestal. O eucalipto e o sobreiro, com respetivamente 26% e 23% de taxa de ocupação do solo florestal, são as árvores mais representativas das espécies folhosa [03].

Relativamente à anatomia da madeira, importa compreender o tipo de análise ou estudo que pode ser efetuado e quais as leituras que daí advêm. Deste modo, a madeira enquanto material pode ser observada em três níveis de organização. O primeiro, o nível macroscópico, consiste na observação a olho nu e permite perceber, por exemplo, a variabilidade da resistência mecânica de uma determinada peça de madeira devido aos defeitos que esta possa apresentar, como os nós. O segundo nível, o microscópico, requer a utilização de instrumentos de observação microscópica e permite compreender a diferença de rigidez transversal e longitudinal. Por fim, o nível submicroscópico permite compreender, por exemplo, o comportamento de retração e dilatação da madeira [11].

Considerando que o crescimento do fuste da árvore se dá segundo três direções, a axial, a radial e a tangencial, o recurso à observação a olho nu de um corte transversal efetuado ao tronco de qualquer árvore, possibilita desde logo identificar as diferentes zonas que o constituem. Neste plano, o macroscópico, é então possível observar duas partes bem diferenciadas entre si designadas de casca e lenho.

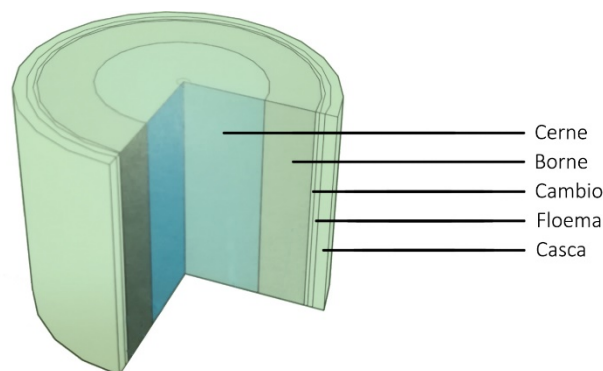


Figura 04 Constituição do tronco de uma árvore

A casca é a camada exterior do tronco. Esta camada promove a proteção do lenho e, salvo raras exceções, não tem qualquer forma de utilização associada sendo geralmente removida e enjeitada na fase de preparação do lenho para produção de madeira. Importa, no entanto, mencionar o caso particular de algumas espécies, nomeadamente o caso do sobreiro. Nesta espécie, a casca pode alcançar espessuras que permitem a sua retirada para posterior utilização na produção de cortiça. A cortiça é um material muito valorizado e utilizado na construção, nomeadamente como parte integrante de sistemas de isolamento térmico e acústico, apresentando boas qualidades comportamentais nestes domínios.

O lenho é a camada interior do tronco. É desta parte do tronco que são extraídas as peças de madeira de grande dimensão e, do ponto de vista comercial, é apenas

retirada de fustes com altura igual ou superior a 5 metros. O lenho é constituído por duas zonas, o cerne e o borne. Geralmente, as duas zonas apresentam características algo distintas que facilitam a sua identificação. Contudo, em algumas espécies, pode ser bastante difícil identifica-las a olho nu.

O cerne é a zona que envolve a medula e é formado por células antigas mortas, impregnadas de sais minerais que lhe conferem maior resistência mecânica e durabilidade. O cerne tem como principal função a sustentação do tronco e na maioria das espécies, começa a formar-se entre os 5 e os 30 anos de idade. Geralmente a madeira proveniente desta zona apresenta as melhores características para a sua utilização na construção. O borne é a zona que está entre o cerne e a casca e ao contrário do cerne, é constituído por células vivas. Esta zona apresenta uma área mais ou menos constante ao longo do tronco e geralmente caracteriza-se por apresentar uma cor mais clara em relação ao cerne.

Ainda no contexto da observação de um corte transversal, o lenho caracteriza-se também pela presença dos designados anéis de crescimento. Estes elementos concêntricos de cor alternada, para além de permitirem descobrir a idade de uma árvore, refletem ainda as circunstâncias de desenvolvimento da mesma. Interrupções de crescimento, períodos ou fases de seca e ataques de agentes biológicos, entre outros, podem provocar o aparecimento de falsos anéis de crescimento ou deslocamento dos mesmos, originando anomalias comportamentais do material lenhoso.

Ainda ao nível macroscópico, a observação de um corte radial e/ou tangencial ao tronco de qualquer árvore, possibilita igualmente a identificação de algumas características importantes como a textura, o fio e o veio da madeira. Neste caso, os anéis de crescimento conferem uma determinada textura à madeira e o seu ritmo

de crescimento fica perceptível na transição, mais brusca ou mais suave, entre os diferentes tons dos anéis de primavera e verão e a proporção existente entre estes. Já o designado fio da madeira está intimamente ligado ao comportamento da madeira desde a sua resistência mecânica até ao seu comportamento higrométrico. O alinhamento longitudinal ou grau de inclinação dos elementos fibrosos, fundamentais na constituição do lenho em relação ao eixo do tronco, condicionam de facto o desempenho de uma determinada peça de madeira. Quanto ao designado de veio da madeira, trata-se do conjunto de todos os efeitos observáveis nas faces das mais diferentes peças de madeira. O veio da madeira contempla características como a heterogeneidade aparente ou a intensidade da textura [11].

Relativamente às propriedades gerais da madeira, enquanto material com potencial de utilização na arquitetura e na construção, importa desde logo mencionar que o comportamento deste material está profundamente dependente da relação que este estabelece com a água. Esta propriedade física da madeira, designada de higroscopia, está na génese das variações comportamentais desencadeadas pela sua presença afetando, entre outras, as propriedades mecânicas deste material. Outro aspeto comum a todos os tipos de madeira e que merece ser já destacado é o carácter anisotrópico deste material. Ao nível da formação da estrutura celular, este material, apresenta diferenças muito acentuadas nas suas propriedades entre a direção longitudinal e transversal. Deste modo, a mesma peça de madeira apresenta um comportamento muito díspar quando é sujeita a diferentes tipos de esforços. Estes dois aspetos, a higroscopicidade e a anisotropia, estão desta forma presentes em quase todas as características associadas à madeira [11].

A madeira enquanto material pode ser aplicada de diversas formas na arquitetura e na construção. Como foi referido no enquadramento teórico do tema da presente dissertação, a madeira pode ser utilizada nos revestimentos de fachadas,

pavimentos, paredes, guardas, caixilharias de janela e porta e até como elemento estrutural. Deste modo, para além das propriedades já referidas, é indispensável considerar outras propriedades do material que podem também condicionar positiva e negativamente a sua utilização nos diferentes contextos.

Relativamente às propriedades físicas da madeira, a já referida higroscopicidade da madeira caracteriza-se não apenas pela capacidade apresentada por este material em absorver água, mas também pela sua capacidade em perder água, dependendo das condições. A percentagem do teor de água ou humidade presente na madeira pode significar variações consideráveis na maioria das suas propriedades físicas e mecânicas, nomeadamente pode originar a retração ou a dilatação e consequentes distorções e empanamentos deste material. Estas variações de dimensão da madeira apenas ocorrem se o teor de água presente na madeira estiver abaixo do valor designado de ponto de saturação das fibras, que para a maioria das espécies é de 28%. Se a madeira apresentar valores acima deste, as suas propriedades mantêm-se praticamente intactas. As variações de dimensão da madeira estão na base de inúmeras patologias e devem, portanto, ser alvo de especial atenção, quer no decorrer do processo de secagem, quer durante a execução do projeto e obras.

Ainda no contexto das propriedades físicas, este material apresenta algumas particularidades que estão na origem da sua utilização como material de isolamento e corta-fogo. A madeira, à imagem de todos os materiais celulósicos, é um mau condutor térmico fazendo desta um bom isolante de temperatura e permitindo a interrupção de pontes térmicas. No entanto, a já referida propriedade anisotrópica da madeira faz com que a condutibilidade térmica seja diferente consoante a direção das fibras. Quando comparada, a madeira apresenta valores de condutibilidade térmica muito abaixo dos valores apresentados por materiais como o betão, o aço ou o alumínio. Este material apresenta ainda diferenças substanciais

em relação à sua capacidade de aquecimento. A madeira, quando exposta a uma determinada quantidade de calor, aquece muito menos do que os materiais já referidos. Para além disso, este material aquece substancialmente mais devagar do que os outros materiais.

No que respeita à capacidade de isolamento acústico, apesar de não apresentar as melhores qualidades neste domínio, a madeira está muitas vezes na base de produtos de insonorização. Em geral, os edifícios construídos em madeira não apresentam os problemas de transmissão de ruído muito comuns por exemplo às estruturas de betão.

Relativamente às propriedades mecânicas da madeira, é importante voltar a mencionar o carácter anisotrópico e a diferença comportamental que esta circunstância promove neste material quando comparado com materiais como o aço ou o betão. Contudo, a madeira apresenta de uma forma geral boas características mecânicas, mesmo para utilização ao nível estrutural. De forma sintética, as principais características mecânicas da madeira são a elevada resistência à flexão, a boa capacidade de resistência à tração e à compressão se aplicadas de forma paralela às fibras, muito fraca resistência à tração e compressão perpendicular às fibras e a fraca resistência ao corte e baixo módulo de elasticidade tendo como inconveniente, a ocorrência de deformações e curvatura.

Para além dos aspetos mencionados, as propriedades mecânicas da madeira estão profundamente ligadas à sua enorme variabilidade. Como matéria-prima natural, a madeira apresenta inúmeras variações, desde logo associadas às condições particulares de cada região, designadamente às condições de luminosidade e à presença, ou não, de água ao nível do solo. A variabilidade está também intrinsecamente relacionada com a já referida heterogeneidade que caracteriza a

madeira enquanto material. Outro fator que também afeta fortemente as propriedades mecânicas da madeira é o grau de processamento tecnológico a que este material foi sujeito. Genericamente, quanto maior for o grau de processamento deste material, menor será o seu grau de variabilidade, logo, mais facilmente se determina o comportamento mecânico das peças produzidas desta forma. Efetivamente, o termo madeira enquanto material utilizado da arquitetura e construção é bastante amplo. Existe atualmente uma gama enorme de produtos derivados da madeira que resultam precisamente da desmontagem e posterior reconstituição, quer por colagem ou por prensagem.

O comportamento da madeira, após a sua aplicação em obra, é sobretudo condicionado por fatores relacionados com a qualidade da madeira, as condições ambientais, o tempo e intensidade das possíveis cargas aplicadas e a dimensão absoluta dos elementos. A sua durabilidade depende muito das condições de aplicação deste material. Tendo a capacidade para durar centenas de anos, em condições desfavoráveis pode degradar-se muito aceleradamente. Na verdade, a degradação é uma das principais desvantagens da utilização deste material.

A degradação da madeira pode ocorrer principalmente por mecanismos de biodegradação ou por ação dos agentes atmosféricos. A biodegradação, ou degradação natural, ocorre sobretudo devido à ação de três tipos de agentes biológicos designados de fungos, insetos ou xilófilos marinhos. Em suma, a madeira serve de alimento a organismos vivos que necessitam dela para se desenvolverem, acabando a médio prazo por enfraquecer e apodrecer o elemento contaminado. No que respeita à degradação por ação dos agentes atmosféricos, esta é comprovadamente lenta e ocorre basicamente por intermédio da chuva ou da radiação solar. A ação da água é um dos fatores principais de deterioração da superfície dos elementos em madeira. Quando estes elementos não se encontram

devidamente protegidos, pode ocorrer o empenamento dos mesmos assim como o aparecimento de fissuras nas suas superfícies. Relativamente à degradação resultante da ação da radiação solar nos elementos de madeira, esta dá-se sobretudo pela incidência da luz e pelo aquecimento na superfície dos elementos. Estes efeitos resultam em alterações cromáticas e fissuração dos elementos de madeira.

No que respeita aos defeitos deste material, são entendidos como as particularidades que caracterizam uma determinada peça de madeira, passíveis de modificar de modo significativo o seu comportamento ao longo do tempo. Estas anomalias resultam maioritariamente do natural processo de crescimento da árvore ou da ação dos já referidos mecanismos de biodegradação e agentes atmosféricos. No entanto, alguns defeitos podem ocorrer em consequência do processamento industrial da madeira, nomeadamente devido às condições de abate e de secagem da madeira. Os defeitos mais comuns da madeira designam-se de nós. Estes defeitos afetam não só o aspeto de uma determinada peça de madeira, mas também e sobretudo, diminuem a sua capacidade de resistência.

Quando a madeira resulta de um processo de produção, fabrico, utilização e manutenção corretamente executado é, de facto, um magnífico material de construção. A reduzida durabilidade deste material verificada em determinadas situações está sobretudo associada à sua utilização de forma desapropriada e não como efeito direto das suas propriedades. Como foi anteriormente referido, existem inúmeros casos de construções em madeira com vários séculos de existência que ainda hoje perduram, resistindo apenas com pequenas operações de manutenção. As patologias surgidas em construções de madeira estão geralmente relacionadas com o desenvolvimento do pormenor arquitetónico, sobretudo no caso específico das ligações entre os diferentes elementos, ou com a desajustada seleção da espécie

de madeira a utilizar e posterior ausência ou, incorreto tratamento da mesma. Excluindo aquelas que resultam de causas estruturais, a maioria das patologias deve-se à presença de humidade na madeira. As mais frequentes ocorrem nos elementos arquitetónicos que estão em contacto com o solo, nos pontos mais sensíveis de uma construção como é o caso do apoio das vigas nas paredes e nos elementos que constituem as coberturas. Estes casos exigem uma redobrada atenção no momento da escolha da solução a implementar.

É ainda importante referir que a durabilidade natural que a madeira apresenta pode não ser suficiente face à função para a qual está destinada, tornando-se nestes casos necessário recorrer à utilização de produtos preservadores deste material. Estes produtos podem ter diferentes origens e a sua eficácia depende em grande parte da técnica de aplicação utilizada [11]. Na verdade, uma peça de madeira que tenha sido sujeita a um processo de tratamento, pouco ou nenhum significado têm se esse tratamento não considerar o uso para o qual a peça está destinada.

Finalmente, outro aspeto importante está relacionado com a resistência e proteção ao fogo e a forma como o comportamento da madeira perante este elemento pode ser melhorado. A proteção da madeira através da aplicação de tratamentos ignífugos ou da interposição de barreiras protetoras, pode atrasar a combustão aumentando assim, o tempo de resistência ao fogo. À imagem dos métodos preservadores, a eficácia deste tipo de tratamento está dependente da espécie de madeira e do tipo de proteção aplicado e, da forma ou técnica como este é aplicado.

O processo de produção de madeira para construção

O processo de produção de madeira para o setor da construção é algo complexo e está, naturalmente dividido em diferentes operações e etapas. De uma forma geral, considera-se que o processo de produção de madeira é composto pelas operações de abate, toramento, falqueamento e serragem. De facto, são estas as operações que estão na base do processo de produção e de transformação de todos os produtos de madeira, independentemente do grau de complexidade que cada um deles apresente. Deste modo, no âmbito da presente dissertação é imprescindível fazer referencia a cada uma destas operações, ainda que de forma sucinta. Para além disso, importa também referir a importância de etapas comuns à produção de todos os produtos em madeira como o transporte e o armazenamento. Finalmente, são também caracterizados os principais produtos de madeira que atualmente podem ser encontrados no mercado. De forma breve, são mencionados o processo de fabrico de cada um deles, as suas vantagens e desvantagens e o seu âmbito de aplicação.

Assim, a primeira operação, o abate, consiste basicamente no corte da árvore. Esta operação é, desde há muito tempo, executada segundo a mesma técnica. Apesar de não se aplicar a todas as espécies, a operação de abate deve ser executada preferencialmente no Inverno de modo a aproveitar o período paralisação na vida vegetativa das árvores ocorrido nessa estação do ano. Esta operação não altera as propriedades mecânicas da madeira, contudo pode ter bastante importância na sua durabilidade. A madeira proveniente de árvores abatidas no Inverno seca mais lentamente e conseqüentemente apresenta menos fendas dificultando assim a ação dos agentes causadores de deterioração.

Após o abate, é executada a operação de toramento. Nesta etapa, são retirados ao tronco os ramos e a casca e este é posteriormente cortado em toros. Em seguida, os toros são falqueados, ou seja, os toros são transformados em peças esquadriadas em que a secção é aproximadamente retangular pela remoção das quatro costaneiras. Por fim, na operação de serragem, os toros falqueados são serrados e transformados em peças ainda mais pequenas com formas que vão ao encontro do objetivo de utilização. Esta operação pode ser executada de diferentes formas sendo que, as mais habitualmente utilizadas, são a serragem através da execução de cortes longitudinais paralelos, designada de serração desfiada e, a serragem através da execução de cortes perpendiculares aos anéis de crescimento designada de serração radial [19].

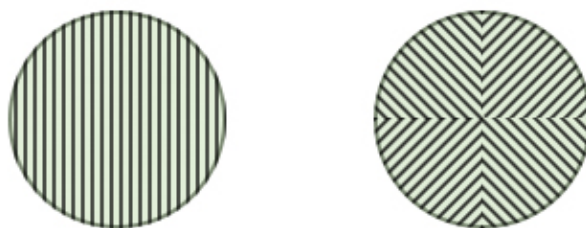


Figura 05 Método de serração desfiada e serração radial

À semelhança das operações de transformação anteriormente referidas, as etapas de transporte e armazenamento também participam no processo de produção e de transformação de todos os produtos em madeira. Ao longo da história, o transporte da generalidade dos materiais de construção sempre se constituiu como um dos maiores dilemas. No que respeita ao armazenamento da madeira, importa entender a relação entre esta etapa da produção e o processo de secagem deste material.

O armazenamento pode ser efetuado ao ar livre, apenas protegendo ou não a madeira da chuva e do sol. Este método privilegia uma secagem do material através

de um processo muito dependente das condições atmosféricas do lugar. A madeira seca obtida através desta metodologia é mais maleável e fácil de trabalhar, contudo, importa referir alguns dos inconvenientes associados, como a duração deste procedimento ou a exposição a ataques biológicos e incêndios, entre outros. Relativamente ao armazenamento artificial ou mecanizado, trata-se de um método complexo que se baseia no domínio de fatores como o aquecimento, o arrefecimento, a humedificação ou a circulação do ar num determinado ambiente circunscrito. Neste método, o objetivo primordial é reduzir o tempo de duração do processo de secagem. Devido à rapidez com que se consegue produzir madeira seca, o armazenamento artificial ou mecanizado tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais importante. A madeira seca obtida através deste método mantém intactas as suas propriedades mecânicas podendo, no entanto, em alguns casos apresentar uma ligeira variação cromática.

O processo de produção de elementos em madeira com um grau de complexidade maior incorpora necessariamente outro tipo de operações. É frequente nestes casos o recurso a operações de colagem ou de prensagem. A aplicação de madeira nos mais diversos tipos de estruturas, têm aumentado em consequência do surgimento e diversificação deste tipo de produtos. Os produtos derivados de madeira têm vindo a adquirir uma importância maior relativamente aos produtos resultantes da produção intensiva de madeira e às desvantagens que estes apresentam. Por exemplo, as peças de madeira maciça obtidas a partir de árvores que são abatidas ainda em idade jovem, apresentam naturalmente dimensões reduzidas, estando à partida muito limitadas quanto à sua utilização no setor da construção. De modo a ultrapassar essa limitação, alguns destes produtos são já produzidos segundo métodos que permitem, em teoria, o seu fabrico em dimensões ilimitadas. Na verdade, dependendo das especificidades que caracterizam cada um destes

produtos, é de facto possível minorar algumas das principais desvantagens da utilização da madeira na arquitetura e na construção.

Os produtos em madeira podem naturalmente ser agrupados ou categorizados de diferentes formas. Dependendo da área de interesse, estes produtos são frequentemente segregados segundo o uso específico para o qual foram concebidos, nomeadamente se se tratam de produtos para uso estrutural. É também frequente verificar a distinção destes produtos entre si fazendo referência ao tipo e/ou à qualidade da madeira que está na base da sua produção, à configuração do produto final obtido ou à complexidade do processo de produção de cada um deles, entre outras.

Genericamente, o produto que mais se diferencia de todos os outros é a madeira maciça. Este é também o produto que está na origem de todos os sistemas construtivos em madeira conhecidos. Trata-se basicamente da matéria-prima obtida a partir da árvore, sem recurso a qualquer tipo de operação de complexa. Quando a madeira obtida é unicamente trabalhada de modo a obter uma forma cilíndrica, classifica-se como madeira redonda. Este tipo de madeira é o que requer menor número de operações no seu processo de produção. No caso de a madeira obtida resultar de operações de serração do tronco, classifica-se de madeira serrada. As peças obtidas apresentam secção quadrada ou retangular. Existe atualmente no mercado uma grande variedade de peças de madeira serrada com as mais diferentes dimensões, podendo estas ser utilizadas em diversas funções, nomeadamente de carácter estrutural [11]. É, no entanto, importante salientar que, apenas madeira proveniente de espécies resinosas, pode ser utilizada em todas as áreas da arquitetura e construção. Por outro lado, a correta utilização da madeira maciça está muito dependente do grau de exposição à humidade a que esta virá a estar sujeita, da sua própria resistência natural e do tipo tratamento contra o ataque de fungos e

insetos xilófagos que eventualmente lhe foi aplicado. Outro aspeto que deve ainda ser realçado refere-se a oscilações dimensionais que as peças em madeira maciça podem sofrer após a sua aplicação. Assim, para garantir a estabilidade dimensional deste tipo de peças deve estar também garantido que estas têm um teor de água muito próximo do ambiente em que se encontram [14]. Resta acrescentar que para alguns dos diferentes tipos de utilização de madeira maciça existem normas obrigatórias, cujo papel é classificar e enquadrar este tipo de peças segundo a sua função.



Figura 06 Peças de madeira maciça

A madeira lamelada-colada (MLC – glued laminated timber) é um produto desenvolvido a partir da colagem de peças de reduzida espessura designadas de pranchas, que são ligadas entre si através da colagem com recurso à aplicação de uma técnica de prensagem. Este produto destaca-se dos restantes por se tratar daquele que mais se assemelha à madeira maciça. Para além disso, é um produto muito versátil e com um vasto âmbito de aplicação que pode ir desde a sua utilização para fins estruturais até ao uso enquanto material de carpintaria em geral. Este é um dos produtos derivados de madeira que apresenta, como uma das principais vantagens, a possibilidade teórica de poder ser produzido sem qualquer limitação quanto à sua dimensão máxima. A técnica de união das pranchas pelo topo, através

de juntas dentadas, dá origem a lamelas contínuas em que a dimensão máxima destas, apenas é limitada pelas contingências associadas ao transporte do local de produção até à obra. Outra vantagem associada a este produto, é a possibilidade de criação de elementos curvos [11].

A madeira lamelada-colada cruzada (CLT – cross laminated timber) consiste em painéis compostos por lamelas coladas em camadas ortogonais. Esta solução atribuí às peças produzidas, boa resistência contra ações ou forças aplicadas em diferentes direções. Por conseguinte, este é um produto muito versátil podendo ser também considerado para as mais diferentes finalidades ou funções. Os painéis de CLT são frequentemente utilizados em paredes, pavimentos, vigas, coberturas ou como único elemento estrutural em edifícios. Estes painéis apresentam boas características de resistência ao fogo, isolamento acústico e baixa condutibilidade térmica [11].



Figura 07 Peças de madeira lamelada-colada (MLC)



Figura 08 Peças de madeira lamelada-colada cruzada (CLT)

A madeira microlaminada (LVL – laminated veneer lumber) resulta de um processo de fabrico que consiste na colagem de folhas finas de madeira que são obtidas por meio do desenrolamento dos troncos. Nesta metodologia, as folhas de madeira são coladas entre si com o seu fio paralelo e com as juntas desfasadas de modo a minimizar o seu efeito na resistência das placas [11]. Esta solução é normalmente

utilizada para a conceção de vigas, de banzos de vigas (I), carpintaria e na conceção de outros elementos arquitetónicos [16]. A particularidade de este ser um material fabricado a partir de folheado, atribui-lhe um melhor desempenho relativamente à madeira maciça. De facto, a constituição deste produto limita os eventuais defeitos da madeira à espessura de cada camada do folheado, contribuindo dessa forma para uma diluição uniforme desses mesmos defeitos. Assim, a madeira microlaminada é de facto um produto bastante uniforme e apresenta alta resistência, sem prejuízo de poder ser produzido a partir da madeira proveniente de árvores muito jovens e de menor qualidade [14].



Figura 09 Peças de madeira microlaminada (LVL)

A madeira laminada (LSL – laminated strand lumber) é obtida através do recurso à utilização de plaquetas, sobretudo provenientes de madeira de toros de folhosas de rápido crescimento como por exemplo o choupo [11]. No processo de fabrico deste produto, as longas plaquetas são primeiro alinhadas no sentido original das fibras sendo posteriormente, revestidas com cola e comprimidas em prensas onde é adicionada uma injeção de vapor. A madeira laminada é utilizada para a produção de vigotas, sobretudo vigotas periféricas, utilizadas na construção de pavimentos e coberturas, designadas de “*rim joists*”.

Os aglomerados de lascas (PSL – parallel strand lumber), apesar das semelhanças com a madeira laminada (LSL – laminated strand lumber), são produzidos através de uma metodologia ligeiramente diferente. Esta circunstância confere-lhes desde logo maior resistência, maior versatilidade e conseqüentemente aumenta o potencial de utilização. Para o fabrico de elementos de aglomerados de lascas são utilizadas tiras retiradas de folhas de madeira, pertencentes às camadas exteriores dos toros. As tiras são depois agrupadas de forma paralela, revestidas com cola resistente à humidade e posteriormente comprimidas [14]. Os produtos em PSL podem ser utilizados como vigas, pilares, elementos de contraventamento ou como elementos de vigas de treliças, devido sobretudo à sua capacidade de resistência e à sua estabilidade dimensional [11].



Figura 10 Peças de madeira laminada (LSL)



Figura 11 Perfis de aglomerado de lascas (PSL)

Os contraplacados são fabricados a partir de folhas de madeira através de um processo de fabrico muito semelhante ao utilizado para a produção de painéis de madeira microlaminada (LVL – laminated veneer lumber). As folhas de madeira, sempre em número ímpar, são coladas entre si com o seu fio cruzado umas em cima das outras, geralmente de forma perpendicular. Esta técnica de laminagem cruzada atribui aos contraplacados resistência, rigidez e estabilidade dimensional. Os contraplacados para fins estruturais são constituídos pelo menos por cinco camadas e são, essencialmente, utilizados na conceção de vigas, nomeadamente de almas de

vigas. As camadas interiores dos contraplacados são, habitualmente, de qualidade inferior às camadas exteriores [14]. Estes produtos apresentam vantagens quer no plano ambiental, quer no plano económico devido à possibilidade de utilização de aparas ou outros desperdícios da madeira na sua produção, contribuindo assim para uma otimização na utilização deste material [11].



Figura 12, 13 e 14 Contraplacado folhado, fasquiado e lamelado

Os aglomerados de fibras de madeira (fiberboards) resultam, antes de mais, da utilização de desperdícios decorrentes da produção em fábrica de outros produtos de madeira. Estes painéis são produzidos com diferentes densidades e através da introdução ou não de adesivos. Nos painéis com menor densidade, as fibras consolidam-se somente através do processo de compressão e pelas próprias características da madeira utilizada enquanto que, nos painéis com maior densidade, é adicionado um adesivo. Para além disso, durante o processo de fabrico, é lhes também conferido um tratamento de forma a adequar o produto final à sua função futura. Os painéis de baixa densidade não podem ser utilizados em funções estruturais. Estes são habitualmente utilizados na composição de pavimentos, paredes e coberturas como elemento acústico. De entre os produtos aglomerados de fibras de madeira, aquele que mais se destaca é o aglomerado de média densidade, também conhecido pela sigla de MDF (medium density fiberboard). Este produto apresenta uma boa capacidade de resistência ao fogo e à humidade. É um

painel com um vasto âmbito de aplicação, podendo mesmo ser utilizado como elemento estrutural.



Figura 15 Aglomerado de fibras de média densidade (MDF)

Os aglomerados de partículas de madeira são painéis fabricados sob pressão e calor a partir de partículas de madeira como lascas, aparas, rebarbas ou outras, às quais são ligadas através de um aglomerante, que pode ser um adesivo ou um aglomerante mineral como o cimento. Estas placas resultam de um processo em que as fibras são dispostas de forma cruzada ao longo da secção do painel, gradualmente ou em camadas, e culmina com a prensagem e posterior estabilização das mesmas. Esta solução confere maior estabilidade dimensional, e garante o mesmo comportamento em ambas as direções e a prensagem atribui maior rigidez às faces dos painéis. Apesar dos painéis de aglomerado de partículas de madeira poderem receber tratamento, devido à sua composição, são habitualmente utilizados como elementos de interior.

Por outro lado, no que respeita aos painéis de partículas de madeira ligadas com cimento, devido à sua composição, apresentam grande resistência à humidade. Estes painéis são assim geralmente utilizados em aplicações de exterior ou como revestimento de interior em compartimentos com grande propensão há humidade, como as instalações sanitárias [14].



Figura 16 Aglomerado de partículas de madeira

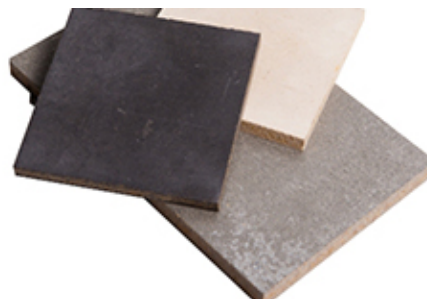


Figura 17 Aglomerado de partículas de madeira ligadas com cimento

Os aglomerados de partículas de madeira longas e orientadas, também designados pela sigla OSB (oriented strand board), são geralmente constituídos por três camadas. Estas camadas são constituídas por plaquetas com formas aproximadamente retangulares, alinhadas segundo a mesma direção e orientadas perpendicularmente umas às outras. Apesar de se caracterizar pela sua imperfeição no acabamento, este produto é muito versátil e, quando comparado com os aglomerados de partículas e fibras, apresenta uma maior resistência mecânica [11]. De facto, os painéis de OSB estão direcionados para fins estruturais e sendo o seu âmbito de aplicação idêntico ao do contraplacado, por vezes até o substitui [14].



Figura 18 Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB)

O papel da madeira na construção sustentável

O impacto negativo que o sector da construção exerce sobre o meio ambiente, nomeadamente através do consumo de energia, de recursos naturais ou da produção de resíduos é muito significativo e, conforme referido na introdução da presente dissertação, influencia cada vez mais a arquitetura e a tomada de decisão do arquiteto no processo de desenvolvimento de um projeto. No mesmo sentido, tem progressivamente vindo a verificar-se uma maior preocupação da sociedade civil com esta problemática. Apesar disso, constata-se que o nível desejado de eficiência e de qualidade de construção dos edifícios por forma a cumprir com os objetivos da sustentabilidade está cada vez mais difícil de ser atingido. O aparente reconhecimento pela generalidade dos setores da sociedade na necessidade em encontrar alternativas que contribuam para a diminuição dos impactos negativos associados ao ato de construir, não está a gerar repercussões. Atualmente, no setor da construção, verifica-se até um aumento não controlado na utilização de recursos não renováveis e de consumos energéticos de fontes não renováveis [02]. É, portanto, urgente e indispensável que o setor da construção compreenda e implemente os princípios agregados ao conceito de “*Construção Sustentável*” de modo a reduzir os impactos que advém de uma indústria tão importante. Neste contexto, é então essencial considerar a madeira enquanto material de construção, não só pelas particularidades que apresenta, mas também pelo contributo que a sua utilização pode ter para uma construção mais sustentável.

Antes de se proceder à abordagem das questões relacionadas com o papel que a madeira enquanto material de construção pode desempenhar num quadro de construção sustentável, é desde logo importante clarificar o significado dos conceitos de “*Desenvolvimento Sustentável*” e de “*Construção Sustentável*”. É também essencial compreender o contexto em que ambos os conceitos surgem e

qual a relação que se estabelece entre eles.

O século XX foi um período muito marcado por uma rápida transição ao nível económico, tecnológico e social das sociedades. Acontecimentos como as duas Grandes Guerras; as crises económicas ocorridas das quais se destaca a crise de 1929 habitualmente designada de “a grande depressão”; o repentino crescimento demográfico resultante, sobretudo, das inovações tecnológicas introduzidas na produção de alimentos e da evolução no campo da medicina que levou à descoberta da cura para inúmeras doenças; a concentração industrial e o conseqüente crescimento económico, alteraram bastante o padrão de desenvolvimento experimentado até então. Este conjunto de acontecimentos contribuiu extraordinariamente para o crescimento de uma exploração desmedida de recursos naturais, marcando profundamente o período que antecedeu a tomada de consciência da sociedade em geral para a problemática da sustentabilidade [02].

O despertar para as conseqüências negativas de circunstâncias como o aumento do consumo de recursos naturais e energia, a degradação dos ecossistemas, a diminuição da qualidade do ar ou o aumento da temperatura global, está evidenciado no crescente número de estudos que abordam esta temática publicados a partir da segunda metade do século XX. O alerta vindo da comunidade científica para os riscos que se corriam foi muito importante para alterar a mentalidade de alguns decisores políticos, que até então padeciam de uma falta de visão para a verdadeira grandeza deste problema. É assim, neste período da história que o tema *Ambiente* passa usufruir de grande destaque, passando mesmo a fazer parte da agenda política internacional.

Como foi referido anteriormente, a reflexão sobre a temática do ambiente desencadeou novos estudos, nomeadamente acerca de qual o modelo de

desenvolvimento a adotar pelas sociedades. Neste âmbito, passaram também a ser realizados eventos um pouco por todo o mundo, em que o objetivo passava por debater, alertar e consciencializar para as questões relacionadas com o tema do desenvolvimento sustentável. É nesta sequência que, em 1987, é publicado o Relatório das Nações Unidas de Brundtland com o título de “*Nosso Futuro Comum*”. Este importante relatório resulta da elaboração de uma agenda global para a mudança, baseada na formulação de estratégias para promover e assegurar o equilíbrio e sustentabilidade no desenvolvimento [06]. Apesar do conceito de “*Desenvolvimento Sustentável*” ter surgido alguns anos antes, mais precisamente em 1980, é neste relatório que se encontra aquela que é até à atualidade a sua mais consensual definição. Assim, no início do 2º capítulo, na página 54, o conceito de “*Desenvolvimento Sustentável*” aparece definido da seguinte forma [07]:

“Entende-se por desenvolvimento sustentável o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações do futuro satisfazerem as suas próprias necessidades.”

A definição implica dois conceitos-chave:

- O conceito de necessidades, em particular as necessidades básicas das populações mais pobres, às quais se deve prestar especial atenção;*
- O conceito de limitações impostas pelo atual estado de desenvolvimento tecnológico e organização social na capacidade do ambiente em satisfazer as necessidades atuais e futuras.”*

Esta definição evidencia, simultaneamente, uma responsabilidade e um compromisso entre gerações. Através da implementação deste conceito são asseguradas às gerações vindouras as condições para satisfazerem as suas necessidades. Deste modo, também elas terão as condições para implementarem este conceito com sucesso. Entretanto, talvez devido a uma cada vez maior notoriedade e mediatização, este conceito tem vindo a ser por inúmeras vezes errada e abusivamente utilizado.

Na sequência deste relatório foi também analisado e criticado o modelo de desenvolvimento que até então estava a ser adotado pelos países industrializados, sobretudo no que se refere ao excessivo uso de recursos naturais, sem sequer ser considerada a capacidade dos ecossistemas. Outro aspeto importante do relatório de Brundtland é a menção para a incompatibilidade verificada entre o desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo, apelando-se neste documento para a necessidade de uma nova relação entre as atividades humanas e o meio ambiente [06]. Em suma, foi recomendado aos governos dos diversos países a implementação de medidas que promovessem o desenvolvimento sustentável. Entre essas medidas encontram-se as seguintes [07]:

- Limitação ao crescimento populacional;
- Garantia de recursos básicos a longo prazo, tais como água, energia e alimentos;
- Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- Diminuição do consumo de energia e promoção do uso de fontes energéticas renováveis (solar, eólica e geotérmica);
- Aumento da produção industrial nos países não industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- Controle da urbanização e articulação entre cidades e zonas rurais;

- Garantia das necessidades básicas às sociedades, tais como a educação, a saúde e a habitação condigna.

Na origem desta lista de medidas está a procura por um desenvolvimento sustentável global. No entanto, pode verificar-se de imediato que a natureza destas medidas revela um conceito de “*Desenvolvimento Sustentável*” que vai muito para além da mera proteção do meio ambiente. Trata-se de um conceito abrangente, que envolve por exemplo as preocupações associadas à qualidade de vida das pessoas, à justiça entre gerações, à igualdade entre os seres humanos e proteção contra a pobreza, ou seja, é um conceito que integra diferentes dimensões, designadamente a dimensão ambiental, social e ética.

Mais tarde, em 1992, teve lugar na cidade do Rio de Janeiro no Brasil a “*Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento*” também conhecida por Eco-92. Nesta reunião, cuja realização havia sido previamente recomendada no relatório de Brundtland, foram mais uma vez abordados temas de importância global relacionados com as questões do desenvolvimento e do meio ambiente. Entre os seus objetivos encontrava-se a definição de instrumentos de financiamento que permitissem aos governos dos diferentes países fomentar a implementação das medidas relacionadas com a diminuição da emissão de gases com efeito estufa, a conservação da biodiversidade e a mitigação da desertificação e da destruição das florestas [08]. A importância desta conferência ficou expressa sobretudo no documento aí produzido e intitulado de “*Agenda 21*”, ainda hoje considerado como uma das mais sérias e abrangentes tentativas para alcançar o desenvolvimento sustentável, apresentando como ações prioritárias a sustentabilidade urbana e rural, a preservação dos recursos naturais e minerais e a ética política para o planeamento do desenvolvimento sustentável [02].

Entretanto, muitos encontros têm vindo a ser realizados e inúmeros documentos, estudos e estratégias acerca deste tema têm sido produzidos e divulgados, quer por governos, quer por investigadores ou organizações dos mais diversos tipos. Ainda assim, importa sublinhar que foi durante a década de 90 do século passado que o conceito de “*Desenvolvimento Sustentável*” evoluiu até gerar a concordância em torno da obrigatoriedade de este assentar em três pilares essenciais: o ambiente, a sociedade e a economia.

Assim, para se alcançar a verdadeira sustentabilidade, é não só necessário considerar os fatores sociais e culturais das populações, as suas necessidades de educação e lazer, entre outras, como é igualmente importante a integração destes com uma dimensão económica. À imagem dos pilares ecológico e social, um pilar económico apoiado no crescimento sustentado é vital para que uma sociedade alcance o objetivo do desenvolvimento sustentável.



Figura 19 Dimensão ambiental, social e económica do desenvolvimento sustentável

Os desafios propostos pelo ideal do desenvolvimento sustentável e a aplicação mais específica do conceito ao setor da construção, resultaram também num outro

conceito, designado de *“Construção Sustentável”*. De facto, considerando o papel de destaque desempenhado pelo sector da construção na economia, facilmente se entende a premente necessidade em encontrar um modelo sustentável para esta indústria. Trata-se de um setor que mobiliza avultados investimentos, com grande peso no produto interno bruto da generalidade dos países, capaz de gerar muitos postos de trabalho direta ou indiretamente e com capacidade para criar um efeito de arrastamento para com outros setores da economia. Para além disso, é responsável pelo consumo de enormes quantidades de água potável e energia, seja direta ou indiretamente [02].

Estima-se que a atividade da construção consuma atualmente cerca de 50% dos recursos naturais disponíveis e que seja responsável por cerca de 40% da produção de resíduos sólidos a nível global. No que respeita ao consumo energético, considerando os consumos relativos à construção e os consumos que se referem à exploração dos edifícios, atingem valores a rondar os 40% do total de energia consumida no nosso planeta. Em Portugal, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística, calcula-se que em 2015 o setor da construção tenha sido responsável pelo consumo de cerca de 20% do total de consumo dos recursos energéticos nacionais, 6,7% do total de água potável [02] e pela produção de 620 milhões de toneladas num total de 8,2 milhões de toneladas de resíduos setoriais [18]. Estes números vêm reforçar a necessidade urgente implementar alterações no paradigma da construção.

Em 1994, o Professor Charles Kibert, investigador nesta área, definiu a construção sustentável como *“a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e em princípios ecológicos”*. Esta definição foi apresentada no decorrer do *“CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction”* e é até hoje a mais aceite

internacionalmente. Contudo, é necessário referir que este conceito aparece e ganha alguma visibilidade ainda no decorrer da já referida Conferência Eco-92, no Rio de Janeiro. No entanto, a lista elaborada no âmbito da CIB, onde se apontaram os sete princípios para uma construção sustentável, teve na sua génese a definição encontrada pelo Professor Charles Kibert. Assim, os princípios para o desenvolvimento de uma construção sustentável segundo a CIB são os seguintes [09]:

1. Reduzir o consumo de recursos (reduzir);
2. Reutilizar recursos (reutilizar);
3. Utilizar recursos recicláveis (reciclar);
4. Proteger a natureza (natureza);
5. Eliminar os produtos tóxicos (resíduos tóxicos);
6. Analisar os custos de ciclo de vida (economia);
7. Assegurar a qualidade (qualidade);

De um modo geral, estes princípios são ainda hoje considerados como os pilares da “*Construção Sustentável*” e devem por isso estar intimamente ligados a todas as fases que compõem o ciclo de vida de uma construção. Desde o desenvolvimento da ideia, passando pelas fases de construção e utilização do edifício até à sua demolição, é importante saber reconhecer todos os impactos associados às opções tomadas, sobretudo quando estes impactos se relacionam com a utilização de recursos naturais. É determinante considerar os materiais utilizados, a energia e água consumidas, o lugar de implantação e o ecossistema envolvente, entre outros de modo a promover a existência de um edificado mais integrado, saudável e equilibrado.

À imagem do conceito de *“Desenvolvimento Sustentável”*, a construção deve também incorporar a satisfação das necessidades atuais, considerando sempre a possibilidade de satisfação das necessidades futuras. Desta forma, a construção sustentável pode ser observada como a resposta do setor da construção às exigências e desafios propostos no âmbito do desenvolvimento sustentável. No entanto, a notoriedade adquirida nas últimas três décadas pelo conceito de *“Construção Sustentável”* não apaga as anteriores referências à implementação de procedimentos mais sustentáveis na arquitetura e na construção ao longo da história. A título de exemplo, é possível verificar que Vitruvius, arquiteto e engenheiro romano, já na sua época elucidava para as questões relacionadas com localização, orientação e iluminação dos edifícios no seu famoso tratado de arquitetura.

Efetivamente, o setor da construção tem procurado alcançar soluções mais compatíveis com as exigências do mundo atual. A aplicação do conceito de *“Construção Sustentável”* e dos seus sete princípios ao ciclo de vida do edifício, permite a quantificação e simplificação das metas e objetivos que se pretendem alcançar. Possibilita também a recolha e observação de indicadores ou tendências e, deste modo, contribuir para uma construção cada vez mais compatível com desenvolvimento sustentável. Assim, os intervenientes neste setor podem adequar as suas decisões a determinados objetivos, estimulando dessa forma uma interação mais positiva entre o ambiente natural e o construído.

O conceito de *“Construção Sustentável”* tem, entretanto, vindo naturalmente a evoluir e, numa das suas mais recentes definições, determinar-se-ia que o ato de construir deveria, não só integrar as preocupações relacionadas com o impacto ambiental, social ou económico associados à construção de um edifício, mas também se deveria focar na melhoria do bem-estar dos seus utilizadores assim como no incremento da qualidade de vida da população em geral. Segundo os autores

desta nova diretriz, um grupo de trabalho subordinado à Comissão Europeia designado de “*CRISP - Construction and City Related Sustainable Indicators*”, pretende-se que os materiais utilizados no setor da construção, para além da necessária qualidade funcional e menor impacto ambiental associado, possuam a capacidade para estimular melhorias nos planos económico, social e cultural à escala local, regional e global. Ainda no âmbito da evolução do conceito de “*Construção Sustentável*”, em 2002 foi desenvolvido pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico um projeto intitulado de “*Sustainable Buildings*” no qual se reforça a tese anteriormente referida. Neste projeto, para se alcançar a construção sustentável, consideram-se também todos os impactos e escalas que estão associados ao ato de construir e, simultaneamente, aplica-se uma ideia que aparece designada como qualidade integral associada à prática da construção. Desta forma, um edifício sustentável é aquele que, ao integrar as dimensões económica, social e ambiental na sua conceção, mitiga os impactos adversos provocados sobre o ambiente natural e o ambiente construído às mais diversas escalas [10]. Neste sentido, foram ainda identificadas no mesmo projeto, as cinco prioridades para alcançar a meta da construção sustentável:

- Uso eficiente de recursos;
- Eficiência energética (incluindo redução de gases efeito estufa);
- Prevenção da poluição (incluindo a qualidade do ar interior e redução de ruído);
- Harmonização com o ambiente (incluindo a avaliação do impacto ambiental);
- Abordagem integrada e sistémica dos diversos aspetos da construção relacionados com o desenvolvimento sustentável.

Em suma, o conceito de “*Construção Sustentável*”, apesar de apresentar diferentes definições, na prática integra os princípios da eco-eficiência com as condicionantes económicas, a equidade social e o legado cultural [10]. Esta afirmação sintetiza de uma forma simples a evolução deste conceito ao longo do tempo, sem o encerrar e, simultaneamente, incorporando diversas linhas de pensamento. Comparativamente, na perspetiva da construção tradicional a qualidade definida em projeto é alcançada apenas através da utilização de processos construtivos que aumentem a eficiência em obra, isto é, diminuindo ao máximo a sua duração e custos de modo a recuperar rapidamente o investimento inicial. Na construção sustentável, a base do projeto deixa de ser apenas o tempo despendido e os custos associados e passa a equacionar-se fatores como o consumo de recursos, o impacto ambiental, a qualidade do ambiente construído ou as condicionantes económicas e socioculturais do projeto [02].

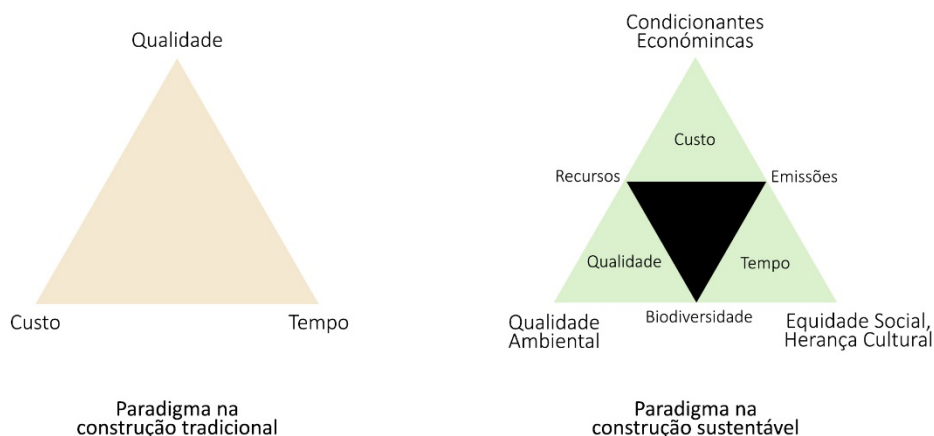


Figura 20 Comparativo esquemático das preocupações na construção

Efetivamente, num passado não muito longínquo, as preocupações relacionadas com a construção sustentável estavam basicamente focadas no desenvolvimento de soluções mais eficazes do ponto de vista da eficiência energética, sobretudo na

implementação de soluções ao nível do isolamento térmico. Atualmente, em resultado de enormes avanços na investigação, essas preocupações são muito mais abrangentes e, como foi anteriormente referido, englobam muitos outros fatores. Em 2006, os investigadores Ricardo Mateus e Luis Bragança apresentaram uma lista de prioridades a considerar para o desenvolvimento de uma construção sustentável. Essa lista visava a concretização de objetivos como o aumento do ciclo de vida dos edifícios, a redução do consumo de recursos, a reutilização dos recursos sempre que possível, a aplicação de estratégias de reciclagem dos materiais em fim de vida do edifício, a utilização de recursos recicláveis, a proteção dos ecossistemas ou a eliminação de materiais tóxicos e dos subprodutos. A observação mais atenta destes objetivos permite mais uma vez entender o quão abrangente é o âmbito do conceito de *“Construção Sustentável”*.

Porém, retomando a lista de prioridades elaborada pelos investigadores referidos, verifica-se que a madeira, enquanto material de construção, se enquadra particularmente bem na maioria dos pontos que a constituem. De facto, a utilização da madeira na arquitetura e na construção encaixa-se perfeitamente em desígnios como a promoção da poupança de energia e água, a salubridade e maximização a durabilidade dos edifícios, a utilização de materiais eco eficientes na construção, a contribuição para a propagação de um edificado caracterizado pelos baixos índices massa de construção ou a minimização na produção de resíduos, entre outros [13].

Na verdade, a modificação deste material desde a sua extração até à sua comercialização, fica muitas vezes reduzida apenas às fases de corte (abater, torar, falquejar e serrar) e posterior armazenamento em local com condições adequadas. Quando comparado, este processo é comprovadamente mais eficiente no que respeita ao consumo de energia, água e emissões de CO₂ para a atmosfera, do que o processo de modificação e comercialização de outros materiais de construção.

Relativamente a garantia de salubridade, utilização de madeira pode também ser um elemento determinante, por exemplo, para a manutenção da qualidade do ar interior dos edifícios. A madeira, enquanto material higroscópico, pode contribuir para o equilíbrio do nível de humidade presente no ar interior dos edifícios, sendo assim um fator que concorre para assegurar as condições de conforto ambiental no interior do edifício.

Outro aspeto alusivo à lista de prioridades é a maximização da durabilidade dos edifícios. A madeira está presente como material de construção primordial em inúmeros edifícios antigos. Este facto atesta desde logo a sua fiabilidade e longevidade. Existem inúmeros exemplos, em Portugal e no mundo, de edifícios construídos com recurso a este material que mantêm boas condições e cuja longevidade está comprovada na idade que os mesmos apresentam, apesar da madeira utilizada nunca ter sido objeto de qualquer tipo de tratamento. A título de exemplo, perduram ainda hoje no Japão, edifícios de carácter religioso com mais de mil anos. Em Portugal é possível observar os edifícios localizados na baixa pombalina da cidade de Lisboa, com estrutura de madeira e que foram construídos logo após o terramoto de 1755 [11]. Todavia, o desenvolvimento de uma arquitetura em madeira devidamente planeada, que integre as ações necessárias para a manutenção do edifício ao longo da sua vida, é muito importante para aumentar a durabilidade de uma construção com deste tipo. É, por exemplo, muito importante antecipar em projeto as soluções construtivas que permitam a troca de um determinado elemento que já não apresente as condições adequadas à sua função, ou seja, sempre que possível deve recorrer-se à utilização de elementos independentes facilmente substituíveis. O prolongamento da fase de utilização e exploração de um edifício está profundamente ligado a este tipo de ações de conservação. Por outro lado, um projeto que estimule a implementação de estratégias passivas como por exemplo uma boa ventilação natural, pode contribuir

para a preservação dos elementos em madeira e assim assegurar a durabilidade do edifício. No fundo, a durabilidade da madeira depende de um projeto adequado, que considere a durabilidade natural deste material, as suas possibilidades de preservação e um bom desempenho ao nível dos pormenores construtivos.

Em relação à orientação para a utilização de materiais eco eficientes na construção presente na lista, o recurso a utilização de madeira deve à partida estar associado a uma política de exploração florestal racional e equilibrada de forma a minimizar o impacto ambiental. Quer isto dizer que a utilização deste recurso não deve ser fator de alteração ou perturbação dos ecossistemas locais e deve sempre assegurar o equilíbrio entre o desenvolvimento e capacidade de regeneração deste recurso. A floresta, quando explorada de forma sustentável, tem a capacidade de manter os seus mecanismos e interações capazes de assegurar a captação e retenção de CO₂. Para além disso, a disponibilidade deste material nas proximidades dos locais de construção permite reduzir os custos financeiros e ambientais agregados ao fator transporte. Para além disso e de um modo sumário, pode classificar-se a madeira como um material eco eficiente por integrar no seu processo de produção valores reduzidos de energia incorporada, por ser durável, mas também por se tratar de um material com capacidade de reutilização e reciclagem [02]. A madeira tem também um elevado potencial de reciclagem, nomeadamente quando não é objeto de tratamento com recurso a produtos químicos e a maioria dos derivados de madeira já incorporam no seu fabrico elevados índices de material reciclado.

Quanto ao índice de massa de construção, quanto menor for a massa total do edifício menor é a quantidade de recursos incorporados [02]. Em 2005, o investigador John Perez-Garcia apresentou, em conjunto com outros investigadores, um caso de estudo em que se demonstra uma redução de até 75% na massa de

construção de um edifício se a estrutura em betão armado que o compõe fosse substituída por uma estrutura em madeira [12].

No que respeita à produção de resíduos, geralmente aqueles que são gerados pela indústria da madeira são posteriormente reutilizados pela própria indústria para a produção de produtos derivados, tais como placas de aglomerados. Por outro lado, a generalidade dos produtos de madeira utilizados na construção, sejam estruturais, ou não estruturais são pré-fabricados, não gerando praticamente resíduos em obra. Existe ainda a possibilidade de reaproveitamento da madeira de edifícios demolidos através da sua transformação quer por processos de compostagem, quer para o fabrico de produtos derivados ou para a sua transformação em elementos de construção e mobiliário [02].

Considerando os aspetos enumerados, pode então afirmar-se que a madeira enquanto material apresenta vantagens e características essenciais que contribuem para uma diminuição efetiva dos efeitos negativos do ato de construir, sobretudo no que respeita ao impacto ambiental associado a este sector. Mas se estes aspetos são importantes, não menos importante é o seu enquadramento no paradigma da construção sustentável e quais os impactos que estão associados às dimensões do desenvolvimento sustentável. Como já foi referido, um edifício só é sustentável se as dimensões ambiental, social e económica forem consideradas no seu ciclo global da construção, desde a extração das matérias-primas até à sua demolição e destino final dos resíduos das resultantes [02].

Sintetizando, a madeira enquanto material apresenta algumas particularidades que a distinguem da grande maioria dos materiais utilizados na construção e que, num contexto de construção sustentável, importa considerar. Algumas das suas características devem e podem ser potencializadas. A madeira é um material natural,

renovável, reciclável e reutilizável e a sua produção não requer elevados consumos de energia, logo não é responsável pela emissão de grandes quantidades de CO₂. Dado o seu carácter natural, a madeira é à partida um material isento de toxicidade, durável e que não prejudica o meio ambiente. Relativamente ao ciclo de vida, este material apresenta um melhor desempenho que outros materiais tradicionalmente utilizados no setor da construção do nosso país, tais como o betão ou o aço. A madeira apresenta melhores índices no que respeita à energia incorporada, emissão e libertação de gases poluentes para a atmosfera, poluição dos recursos hídricos e produção de resíduos sólidos. É também importante mencionar que a madeira utilizada na construção não perde a sua capacidade de retenção de CO₂, apesar desta outrora pertencer, evidentemente a uma árvore que já foi alvo de abate e posterior transformação em elementos para utilizar na construção. A verdade é que a estrutura constituinte da madeira mantém intacta a capacidade de retenção do CO₂ capturado durante a fase de vida da árvore, assim o CO₂ retido na madeira, só é de facto libertado quando esta é consumida pelo fogo ou se degrada naturalmente [02].

SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM MADEIRA

Enquadramento histórico

A ligação do homem à madeira, enquanto material de construção, é muito longa e teve início quando o homem abandonou aquele que era até então o seu abrigo, a gruta. A partir daí, o homem começou a desenvolver estruturas simples e de pequenas dimensões que, com o evoluir da história, naturalmente se foram transformando em algo mais complexo, de maiores dimensões e que pode ser constatado ainda hoje nos inúmeros registos da utilização de madeira na arquitetura e na construção existentes um pouco por todo o mundo. Nesses registos, ficam facilmente comprovadas a versatilidade e a durabilidade que a madeira apresenta enquanto material de construção. De facto, são muitas e variadas as soluções construtivas com as mais diversas dimensões e funções que ainda hoje e apesar de ocorrências como as catástrofes naturais, guerras ou incêndios, ainda persistem. É então desta forma que a madeira surge como um dos primeiros materiais utilizados pelo homem e, em conjunto com a pedra e o barro, é também um dos materiais mais utilizados ao longo da história nos domínios da arquitetura e da construção, quer como elemento, quer como sistema construtivo.

Onde existissem materiais de índole orgânica, existiam construções executadas pelo homem com recurso a esses mesmos materiais. As primeiras estruturas desenvolvidas pelo homem com recurso a este material apresentavam naturalmente algumas diferenças, pois a sua execução era bastante influenciada tanto pelo grau de sofisticação das ferramentas e espécie de madeira utilizadas, como pelo tipo de clima do lugar onde era executada a construção. Apesar disso,

muitas dessas estruturas mostraram-se tão capazes que ainda hoje os seus princípios estão na base de inúmeras construções executadas atualmente, não obstante da evolução a que se tem vindo a assistir nos domínios da arquitetura e construção. Assim, importa desde já referir novamente que a construção em madeira, independentemente do tipo de madeira utilizada ou das suas características, aparece sob a forma da construção de estacas, da construção de toros e da construção de pilar e viga, não obstante de outras formas de construir e outras formas de construir com recurso a outras espécies vegetais [14].



Figura 21 Construção subterrânea - Pithouse, Estados Unidos da América

Nos tempos mais remotos, a madeira começou por ser utilizada em abrigos subterrâneos. Estas construções eram, em parte, escavadas no terreno e a sua cobertura estava assente numa estrutura de troncos de madeira. Outro exemplo de utilização de madeira em estruturas primitivas são os primeiros abrigos indígenas constituídos apenas por uma armação coberta por folhas, ramos e ervas. Com o desenvolvimento da capacidade de o homem em moldar e cortar a madeira, a maioria dos tipos de estruturas primitivas foram também evoluindo e procurando responder às exigências que iam surgindo como por exemplo, a busca por maior resistência e durabilidade das construções ou a procura por uma melhor aparência estética. Evidentemente que a evolução não pode ser dissociada do enquadramento cultural, geográfico e político em cada momento da história [].

Como já foi referido, a construção de estacas é atualmente considerada como um dos três sistemas que está na base da construção em madeira. O recurso a esta técnica construtiva pode ser encontrado um pouco por todo o mundo, em locais tão distintos como o sudeste da Ásia, América Central ou Europa. Os edifícios construídos com base nesta técnica, apresentam configurações bastante diversas conforme o contexto onde estão inseridos. A principal característica deste tipo de construções é a sua execução de forma sobrelevada relativamente ao nível do solo. Tal como as primeiras habitações construídas em árvores, também estas promovem a proteção contra os animais e as inundações através da elevação do pavimento térreo, encontrando-se este assente sobre as estacas. De facto, a proteção contra estes elementos poderá ter determinado o surgimento deste tipo de técnica construtiva [14].

Em lugares caracterizados pelo clima de índole tropical, a possibilidade da rápida ocorrência de inundações ou alagamentos é significativa e poderá ter contribuído decisivamente para a disseminação desta técnica construtiva. Dos inúmeros exemplos de construção de estacas que poderiam ser referidos no âmbito da presente dissertação, destaca-se a palafita. Estas construções, usualmente implantadas dentro de água junto à margem dos rios, são executadas com recurso a esta técnica construtiva de modo a evitar que estas sejam arrastadas pelas correntes geralmente resultantes de forte precipitação.

Mais recentemente, a construção de estacas é mais comum em países asiáticos como na Indonésia, onde podem ser encontradas as designadas de Casas Batak ou na Malásia, onde se conseguem observar diversos exemplos de arquitetura tradicional de casas de estacas. No entanto, não é excessivo sublinhar a já referida universalidade desta técnica construtiva.

Genericamente, as estacas utilizadas neste tipo de construção consistem em toros descascados de secção transversal circular. Os restantes elementos que constituem este tipo de estrutura como os pilares, vigas, varas e frechais podem ser executados por samblagem ou em alternativa ser atados entre si com casca de árvore ou outra fibra vegetal. Em algumas variações desta técnica construtiva, a estrutura distribui-se numa retícula ortogonal na qual as estacas, os elementos de suporte vertical, são cravadas no solo e estendem-se até à cobertura ininterruptamente. A retícula estrutural era aqui preenchida por elementos de menor secção transversal como réguas ou através do entrelaçamento de fibras. Uma outra variação desta técnica, apenas utilizada de modo esporádico na Europa, consistia na colocação vertical de troncos uns ao lado dos outros como sistema de fortificação. Como já foi referido, este tipo de construção apresentou ainda outras variações construtivas, mas acabaria mais tarde por ser substituído pelo sistema pilar e viga assente em pequenas estacas de madeira [14].



Figura 22 Casa Batak, Indonésia

No que respeita à construção de toros, enquanto uma das técnicas precursora da arquitetura e construção em madeira, torna-se imprescindível referi-la neste capítulo da presente dissertação. Assim, a técnica de construção maciça, genericamente baseada na utilização toros para a construção de casas, tornou-se recorrente no período Neolítico e ainda hoje é frequentemente utilizada. É também

uma técnica que tem sido mais predominantemente utilizada nos países com densas florestas de coníferas de fuste regular e direito devido à configuração dos toros que essas espécies arbóreas permitem extrair. A utilização desta técnica construtiva, em praticamente toda a história do homem, permite perceber a sua enorme relevância.



Figura 23 Casa de troncos - Loghouse, Estados Unidos da América

Tendo vindo a sofrer de um natural processo de evolução desde o seu surgimento, é com o aproximar do final da Idade Média, no decorrer do século XIV, que a técnica de construção de toros progrediu significativamente. A partir daquela época, com o aparecimento da técnica de serragem mecanizada, passou a existir a possibilidade de alterar a forma da secção transversal dos toros, tornando deste modo a técnica de construção de toros mais eficiente em todos os aspetos. Atualmente a construção em madeira maciça executada na sua grande maioria com toros de madeira maciça ou painéis maciços de madeira lamelada, é um dos sistemas mais utilizados em todo o mundo, nomeadamente na construção de habitações unifamiliares.

Por fim, importa referir e não menos importante, o sistema de construção de pilar e viga. Este sistema coexistiu praticamente desde sempre com o anterior e é também ele, considerado como um dos sistemas que está na base da construção em madeira. Ao longo da história, o sistema de construção de pilar e viga tem sido o mais utilizado, sendo basicamente composto por um conjunto de pórticos que formam

uma estrutura autoportante. Tal como a técnica construtiva anteriormente referida, também a construção de pilar e viga adquiriu um carácter universal e em ambas se verificou o recurso à utilização de madeira proveniente de espécies resinosas e folhosas. É, no entanto, importante referir que a utilização de troncos oriundos das espécies folhosas em ambos os sistemas obriga ao seu falquejamento devido às características apresentadas por estes, designadamente uma grande variedade de formas e reduzidas dimensões. O sistema de construção de pilar e viga pode ser considerado como aquele que está na génese dos sistemas aligeirados que, entretanto, foram surgindo e que no âmbito da presente dissertação são caracterizados nos pontos que se seguem.

Sistema maciço

O sistema maciço de construção em madeira caracteriza-se fundamentalmente por se tratar de um sistema em que as paredes assumem um papel portante. Atualmente, as construções executadas neste tipo de sistema inserem-se, na sua grande maioria, em dois tipos de soluções – o sistema de toros de madeira maciça e o sistema de painéis maciços de madeira lamelada.

Como foi referido no enquadramento histórico da presente dissertação, o sistema construtivo com recurso à utilização de toros maciços é atualmente considerado como uma das práticas mais antigas e um dos sistemas precursores da conceção de edifícios de habitação em madeira. Vulgarmente designado por “Casas de Troncos”, o sistema baseia-se na execução de paredes autoportantes através da sobreposição de toros, uns em cima dos outros até estes formarem uma parede com a altura pretendida. A estabilidade entre paredes é garantida pela samblagem entre toros de paredes perpendiculares entre si [14].

Este sistema é ainda hoje utilizado um pouco por todo o mundo e, apesar da evolução nos domínios da arquitetura e da construção, a sua implementação mantém-se praticamente inalterada. Este é um sistema construtivo com muita tradição, cujo conhecimento foi passando de geração em geração e que foi procurando adaptar-se às novas necessidades. Dadas as inúmeras particularidades agregadas a este sistema construtivo é recomendado rigor, qualificação e experiência na execução de uma obra deste tipo.

Este sistema construtivo tem, desde logo, subjacente a utilização de grandes quantidades de matéria-prima. Por conseguinte, a sua viabilidade fica seriamente dependente das condições de disponibilidade e de custo da matéria-prima, sendo

esta uma das principais razões pela qual a sua utilização é mais frequente nos países com os maiores cobertos florestais do mundo. Neste sistema construtivo, a correspondência entre a quantidade de madeira utilizada e a dimensão do espaço edificado, quando comparada com outros sistemas construtivos, fica muito aquém nos resultados alcançados. Por outro lado, esta é provavelmente a técnica de construção que mais expõe as características estéticas da madeira. De facto, este sistema pode dispensar qualquer tipo de revestimento possibilitando dessa forma que a expressividade e o carácter artesanal e rústico do uso madeira sobressaiam. Deste modo, este sistema construtivo diverge de outros porque pode criar uma dependência entre aspeto geral do edifício e a escolha do tipo de madeira utilizada ou o tratamento a esta aplicado. Esta particularidade estética, que em tempos parecia ter condenado este sistema ao seu desaparecimento, tem vindo ultimamente a ser valorizada.

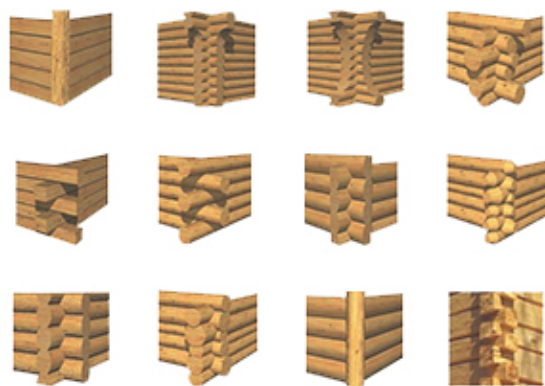


Figura 24 Exemplos de diferentes tipos de ligações dos cunhais

Este é também um sistema construtivo comprovadamente duradouro dado o número de edifícios com idade relevante que ainda hoje podemos encontrar. O recurso a esta técnica de construção em países de clima marcadamente frio como por exemplo a Rússia, a Dinamarca, a Suécia ou a Noruega, parece também indicar

que este é um sistema construtivo com bom comportamento térmico. Mas, dadas as exigências atuais, é referido por alguns investigadores que a utilização deste sistema construtivo para a construção de espaços de habitação de carácter mais permanente, em países com clima semelhante ao clima dos países acima referidos, obriga a alterações tão profundas que adulteram bastante a verdade construtiva deste sistema.

No sistema construtivo maciço, o pavimento térreo é frequentemente formado por uma laje de pedra ou mais recentemente de betão, de forma a evitar o contacto direto da madeira com o solo. Esta detalhe construtivo contribui decisivamente para o aumento significativo da durabilidade dos elementos em madeira presentes na construção.

A evolução deste sistema determinou que os toros, habitualmente de secção transversal circular, passariam a apresentar secções com uma ou mais faces planas. Esta opção permitiu aumentar substancialmente a superfície de apoio dos toros e assim conferir maior estabilidade à estrutura. Outra característica estrutural deste sistema que importa referir, está relacionada com a espessura dos elementos que constituem as paredes. Esta deve apresentar uma dimensão suficiente de modo a não permitir a rotura destes elementos, quando expostos a determinados esforços. Este é também um sistema que, do ponto de vista estrutural, se pode considerar bastante limitado no que respeita ao aproveitamento das capacidades da madeira. A capacidade de resistência da madeira é 20 a 30 vezes menor nos esforços aplicados perpendicularmente à direção das fibras que a constituem do que em esforços aplicados na direção longitudinal, como é o caso neste sistema [16]. É também importante prever uma boa distribuição do peso dos diversos elementos construtivos que compõem um edifício deste tipo. São edifícios bastante pesados devido, sobretudo, à dimensão dos elementos e ao grande número de reforços

estruturais presentes na construção. A boa distribuição do peso pode ajudar a mitigar o número e dimensão das fendas que provavelmente surgirão nos elementos de madeira, aquando do processo de retração destes. Assim, de modo a evitar que os elementos de madeira que constituem as paredes iniciem um processo de aparecimento de fendas, é recomendável, por exemplo, a utilização de uma estrutura de cobertura com peso significativo [17].

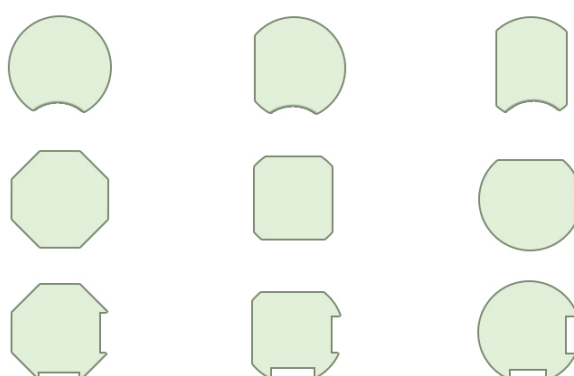


Figura 25 Exemplo de tipos de secção transversal dos toros

Relativamente às alterações das propriedades físicas e mecânicas da madeira são mais notadas numa construção deste tipo. Neste sistema construtivo, é sobretudo a estabilidade estrutural que é mais afetada por essas possíveis alterações do que em construções executadas noutros sistemas construtivos. No entanto, estes impactos têm vindo a ser bastante atenuados devido aos enormes avanços no conhecimento científico, designadamente em relação ao conhecimento das já referidas propriedades físicas e mecânicas deste material. De facto, atualmente conhecemos com muito maior detalhe o comportamento da madeira. Como já foi referido anteriormente, sabemos por exemplo quais as consequências e alterações ao comportamento geral da madeira que advêm do abate de uma árvore nas diferentes épocas do ano.

Na construção de um edifício neste sistema, os pavimentos são aplicados como na generalidade dos demais sistemas construtivos em madeira. Os vãos de porta e janela são apenas executados depois da construção da parede. Só posteriormente, são colocadas as respetivas caixilharias [17]. O tipo de cobertura que geralmente era aplicado neste sistema construtivo, constituía-se por uma solução de duas águas utilizando colmo ou terra como material de cobertura. Atualmente, as soluções utilizadas são muito mais eficazes sobretudo no que se refere aos materiais utilizados para a cobertura. Outro aspeto importante reside nos detalhes que caracterizam a forma de construir. Por exemplo, as coberturas devem perlongar-se para além das paredes de modo a oferecer maior proteção aos elementos de remate em madeira [17].



Figura 26 Casa em painéis maciços de madeira lamelada - exterior, Scottish Borders

Atualmente existe também uma outra variante na construção maciça em madeira que recorre à utilização de painéis maciços de madeira lamelada em substituição dos tradicionais toros de madeira maciça. Considerado, por unanimidade, como a evolução natural dos sistemas de construção em madeira, este caracteriza-se essencialmente pelo carácter de pré-fabricação associado a grande parte dos elementos e componentes que o constituem. Apesar de muito recente, este sistema tem vindo a evoluir no sentido de incorporar na arquitetura e na construção, conceitos que até agora poucas ligações tinham com estes domínios.

Genericamente, o sistema construtivo em painéis maciços é considerado como uma solução que revela boas características estruturais e que responde afirmativamente às exigências atuais de habitabilidade, segurança, bem-estar, entre outras. Na realidade, este sistema transporta em si todas as características físicas e mecânicas agregadas aos produtos de madeira-lamelada e já descritas no âmbito da presente dissertação. A capacidade de isolamento térmico e acústico numa construção deste tipo é bastante boa, apesar de estas capacidades estarem sempre muito dependente da quantidade e da espessura das camadas utilizadas na conceção das suas paredes. No que respeita ao fator humidade na construção, à semelhança de todos os sistemas construtivos em madeira, também neste a ventilação ganha uma importância extra. Uma boa ventilação é essencial para a diminuição da humidade absorvida quer por exposição direta à água, quer pela capacidade de retenção de humidade do ar que caracteriza este material.



Figura 27 Casa em painéis maciços de madeira lamelada - interior, Scottish Borders

De facto, o sistema de painéis maciços de madeira lamelada é uma solução muito atual na qual muitos dos elementos e componentes utilizados resultam de um processo de pré-fabricação realizado em fábrica. Esta circunstância tem inúmeras vantagens. Por exemplo, pode permitir a definição antecipada das operações a

executar no local da obra. Geralmente, as operações definidas antecipadamente e realizadas em obra são rápidas, relativamente simples e estão sobretudo relacionadas com a montagem e serragem, reduzindo significativamente a necessidade de presença de mão de obra no local. Pode também permitir o eventual desmantelamento e reconstrução de um determinado edifício em outro lugar, sem acarretar perdas significativas de elementos, componentes ou materiais. Esta especificidade faz deste um sistema construtivo altamente recomendado para a utilização em circunstâncias excepcionais, como são os casos relacionados com situações de pós-guerra e ocorrência de catástrofes naturais.

Sistema pilar e viga

Ao longo da história da arquitetura e da construção em madeira, o sistema construtivo mais utilizado e com maior aceitação é o sistema de pilar e viga. Este é também o sistema construtivo que há mais tempo é utilizado em todo o mundo. Em Portugal, a entrada em força do betão armado no setor da construção no final do século XIX quase originou o desaparecimento total dos sistemas construtivos em madeira e sobretudo, do sistema de construção de pilar e viga em madeira, tão recorrentemente utilizado até então.

Os edifícios construídos nas diversas partes do mundo com recurso ao sistema construtivo de pilar e viga em madeira, apresentam configurações bastante diversificadas. No entanto, importa salientar antes de mais que todas as configurações ou variações ao sistema em análise, recorrem basicamente aos mesmos tipos de samblagens. Assim e de um modo geral, as ligações eram realizadas através de entalhes em negativo e positivo, executados nas peças de madeira que constituíam a estrutura. Desta forma, a estabilidade na ligação entre peças era garantida apenas pelo encaixe ou através do reforço da ligação com a aplicação de buchas de madeira, pregos ou atadura. Dependendo de cada caso específico, as junções das peças de madeira podiam ser simples, como é o caso do entalhe a meia madeira, ou mais complexas, como é o caso da ligação com mecha e respiga.

Ao contrário da construção de toros, o sistema de construção de pilar e viga não recorre ao seu peso próprio para conferir a estabilidade necessária à estrutura e, a força da gravidade não tem qualquer tipo de influencia nas ligações já que estas funcionam independentemente da sua direção. Genericamente, o sistema de construção de pilar e viga decompõem-se numa rede primária de pilares e vigas à

qual se soma um sistema secundário de contraventamento nas paredes e pavimentos.

Neste sistema, os pilares e vigas são normalmente integrados nas paredes através do preenchimento dos espaços vazios deixados entre estes elementos ou através da implementação de um revestimento exterior, designado de forro que irá cobrir tanto esses vazios como os elementos estruturais [14]. É assim, importante sublinhar que em contraste com o sistema de construção de toros, neste sistema existe de facto uma separação material entre os elementos estruturais e os revestimentos.

Um outro aspeto importante resultante da utilização deste sistema construtivo foi a desagregação do local de construção do grau de disponibilidade de matéria prima nas suas proximidades. Este facto só foi possível devido à circunstância de este ser um sistema construtivo que utiliza muito menos quantidades de madeira.



Figura 28 Sistema construtivo de pilar e viga em madeira

Atualmente, este sistema não está vocacionado para a construção de habitação sendo que, as estruturas deste tipo que têm surgido assentam na tecnologia dos lamelados colados e caracterizam-se sobretudo pelos grandes vãos. São estruturas

vocacionadas para pavilhões ou edifícios similares, das quais sobressai a sua organização em retícula ou a estrutura das coberturas. Em alguns destes casos, as paredes exteriores onde assentam as estruturas de cobertura, são executadas noutros sistemas construtivos, como em alvenaria [14].

Sistema aligeirado

Atualmente, o sistema aligeirado de construção em madeira é um dos mais utilizados na construção de edifícios de habitação em todo o mundo. O surgimento e evolução deste sistema construtivo estiveram na origem de uma enorme transformação no setor da construção em madeira, nomeadamente nas alterações ao modo de produção dos elementos e dos componentes necessários à edificação com recurso a este material. Com a propagação deste sistema, os edifícios em madeira transformaram-se rapidamente num “produto industrial”. Em determinados aspetos, até ao aparecimento deste sistema construtivo no início do século XIX, a construção em madeira estava amarrada ao contexto onde esta era executada, o que limitava seriamente a forma como a construção em madeira era replicada noutros lugares. Até aqui, a construção em madeira resultava de um processo algo pesado em todos os sentidos.

Em Portugal, a preocupação em evitar catástrofes como a vivida com o terramoto de Lisboa de 1755, levou ao desenvolvimento de um modelo de construção que, de alguma forma, pode ser considerado como aquele que esteve na base do desenvolvimento dos sistemas de construção aligeirados. O sistema desenvolvido, designado de gaiola pombalina, derivou de um outro sistema estrutural que predominou na Europa durante a época medieval e que resultara da necessidade em conceber paredes estruturais com menores consumos de matéria-prima e energia.

O sistema construtivo gaiola pombalina apresentava uma grande resistência a sismos, assentando a sua construção numa estrutura de madeira (gaiola) constituída por prumos, travessanhos e cruzetas. Posteriormente, os espaços entre os madeiramentos eram preenchidos com alvenaria de pedra e tijolo. Deste modo, em

caso de sismo, os edifícios estavam concebidos para que a alvenaria se soltasse enquanto que a estrutura de madeira continuaria a sustentar o edifício. Esta solução construtiva foi progressivamente sofrendo degenerações até à sua última expressão nos edifícios gaioleiros de Lisboa, construídos até cerca de 1930 [14].



Figura 29 Sistema construtivo gaiola pombalina

O sistema aligeirado estabeleceu de facto a passagem entre uma doutrina tradicionalista e o universalismo na construção em madeira, permitindo uma rápida disseminação desta metodologia. O cunho mais convencional daí resultante, tem vindo a tornar a construção em madeira cada vez mais económica e mais eficiente sob diversos aspetos.

Este sistema pode também ser observado como o resultado da evolução histórica do sistema de construção pilar e viga. Inicialmente, a construção aligeirada consistia na união de elementos dispostos vertical e horizontalmente através de ligações de carpintaria. Para que estes elementos não entrassem em rutura, era-lhes conferida uma determinada dimensão de modo a não cederem aos esforços e cargas a que estavam sujeitos. As primeiras habitações desenvolvidas com recurso a esta metodologia aparecem nos Estados Unidos da América e são, em todas as suas

variações, baseadas nos modelos europeus. Este subsistema de construção aligeirado em madeira de armação com contraventamento – *Braced Framing* –, utilizado inicialmente nos densos aglomerados populacionais decorrentes da colonização do continente americano, caracteriza-se pela sua estrutura portante de armação com contravento e pela utilização de madeiramento de grandes dimensões e implicava a colocação de tirantes nos cunhais e aberturas para contraventamento das paredes. Para salvaguardar a correta junção das peças, eram efetuados entalhes de ligação nos elementos.

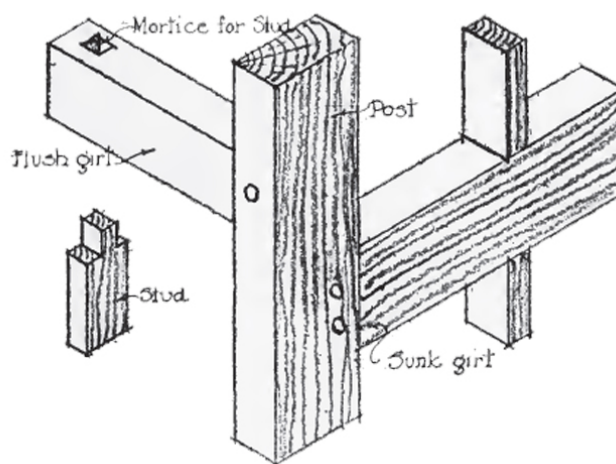
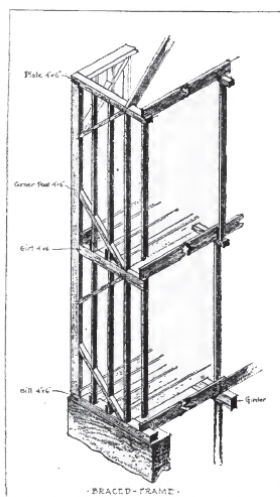


Figura 30 Sistema aligeirado Braced Framing

Figura 31 Detalhe construtivo de um cunhal no sistema Braced Framing

Em resultado da necessidade premente em construir mais rapidamente e de forma mais económica, este subsistema evoluiu dando origem ao subsistema aligeirado designado de – *Ballon Framing* – que se baseia fundamentalmente na sua armação em balão. Esquemáticamente, este tipo de estrutura é composto por uma parte

interior constituída pelo conjunto de paredes e pavimentos interiores e por uma parte exterior formada pelas estruturas de fachada de todo o edifício.

Deste modo, os pavimentos correspondentes a cada um dos pisos do edifício não cortam a continuidade vertical dos prumos que estruturam as fachadas. Construtivamente, este é uma técnica de execução relativamente simples, não obstante das grandes dimensões dos prumos verticais poderem dificultar a fase inicial da construção das estruturas. De forma sucinta, ambas as partes que constituem este subsistema, são inicialmente construídas separadamente e apenas em fase posteriormente é que a estrutura exterior de fachada é encostada e fixada à estrutura interior de paredes e pavimentos do edifício.

A evolução para este subsistema ocorreu em grande parte devido à abundância e grande dimensão dos toros disponíveis na floresta americana de que são exemplo as árvores de *Douglas Fir*, que no seu estado virgem podem apresentar dimensões entre 30 a 60 metros de altura. Esta circunstância tornou possível a edificação de paredes com prumos contínuos em todo o seu desenvolvimento vertical.

Se estabelecermos uma relação entre este subsistema e o sistema construtivo de pilar e viga, podemos considerar que os prumos verticais surgem aqui em substituição dos pilares. Este subsistema suprimiu quase na totalidade o uso de entalhes nas ligações entre elementos, privilegiando junções mais simples feitas apenas com pregos. Com o amadurecimento deste subsistema, os prumos verticais, elementos essenciais, foram vendo a dimensão da sua secção transversal reduzida e normalizada. Esta alteração obrigou naturalmente a uma diminuição de espaçamento entre elementos, possibilitando ainda o manuseamento destas peças e simultaneamente continuar a tirar partido das dimensões da madeira disponível [14].

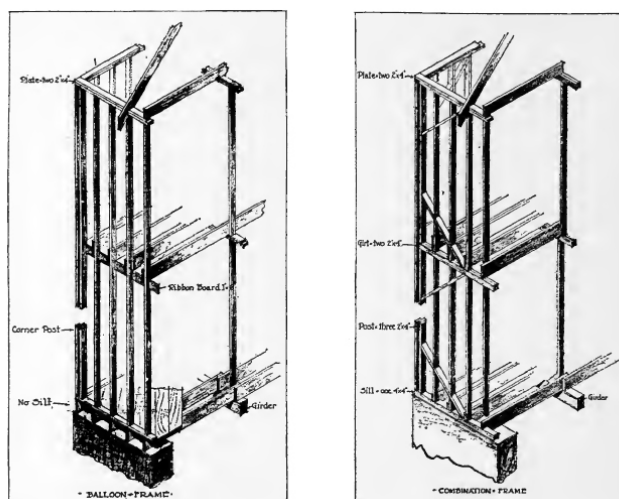
Apesar dos aspetos positivos, esta técnica de construção veio a demonstrar-se algo limitada e que apresentava algumas insuficiências. A já amplamente referida necessidade em utilizar prumos com a altura do edifício, criava desde logo uma dependência pela disponibilidade de peças de madeira com as dimensões adequadas, de preferência em área geográfica próxima do local de obra. Dependendo das circunstâncias, o transporte de peças com esta dimensão poderia torna-se bastante inconveniente. Para além disso, o facto de os prumos verticais não apresentarem interrupções e, por conseguinte, atravessarem todo espaço vertical do edifício, facilitava a transmissão do fogo entre os diferentes pisos.

No que respeita ao desempenho estrutural, designadamente em zonas de atividade sísmica, a armação em balão mostrou-se ineficiente. Para isso contribuiu o facto de, nesta técnica construtiva, as vigotas de pavimento serem suportadas por um frechal colocado na face interior dos prumos. Esta fragilidade acabaria por demonstrar que a transferência de cargas ocorrida entre os pavimentos e as paredes era inadequada.

É entre final do século XIX e princípio do século XX que se estabiliza a evolução ao subsistema de armação em balão. O novo subsistema – *Modern Braced Framing* – integrou as melhores características dos seus antecessores, isto é, do subsistema de armação em balão (*Ballon Framing*) e do subsistema de armação com contraventamento (*Braced Framing*).

Assim, nesta técnica construtiva, os prumos voltaram a ter a altura de apenas um piso, mas mantendo a normalização nas dimensões da secção transversal e o menor espaçamento entre elementos. O recurso a entalhes de salvaguarda para a correta ligação entre elementos, foi reduzido ao mínimo. Uma característica inovadora que este subsistema apresentava e que melhorou o contraventamento do forro,

consistiu na aplicação de um forro de tabuado assente na diagonal em paredes exteriores e em pavimentos.



Figuras 32 e 33 Sistemas aligeirados Balloon Framing e Modern Braced Framing

Esta técnica construtiva em madeira de estrutura aligeirada de armação com contraventamento – *Modern Braced Framing* – sofreu naturalmente progressos. A introdução de modificações neste tipo de estrutura, no que diz respeito ao melhoramento do desempenho destas a cargas horizontais, como as exercidas aquando da ocorrência de sismos, esteve na origem do aparecimento de uma nova técnica de construção aligeirada em madeira, o sistema de armação em plataforma.

Assim, o subsistema – *Platform Light Framing / Western Framing* – distingue-se desde logo seu antecessor pela interrupção verificada nos elementos verticais. Neste sistema, as paredes são interrompidas pelos elementos horizontais, ou seja, pelos pavimentos e cobertura dos edifícios. Esta inovação construtiva permitiu a utilização de ligações estruturalmente mais eficientes entre esses elementos. Para além disso, este sistema permitiu às construções apresentarem uma capacidade de

transferência de cargas horizontais mais elevada. A forma de executar uma estrutura deste tipo também se alterou substancialmente, oferecendo mais mobilidade aos carpinteiros através da circunstância da construção dos pavimentos ocorrer antes de ser levantado cada piso. Neste sistema, em substituição das régua de madeira, foi utilizado pela primeira vez o contraplacado como elemento de forro estrutural em pavimentos e paredes exteriores. Esta opção tornou o sistema mais eficaz e reforçou o funcionamento do conjunto de elementos como se de um corpo único se tratasse, desde as fundações até à cobertura do edifício.

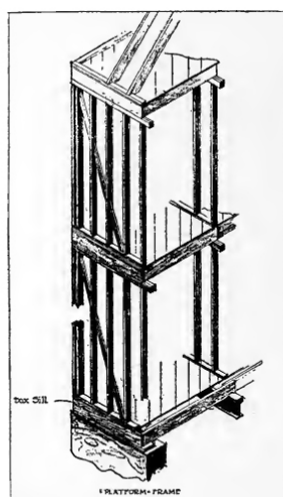


Figura 34 Sistema aligeirado Platform Framing / Western Framing

O sistema de armação em plataforma tem na sua génese a utilização de elementos construtivos de dimensões reduzidas e leves, permitindo a sua execução, quase na totalidade, apenas com recurso ao trabalho humano. De facto, somente em casos em que as vigas utilizadas são de maiores dimensões é que se torna necessário o recurso a meios de elevação mecânica. O sistema de armação em plataforma caracteriza-se também por ser aquele que permite uma execução mais rápida da

construção devido sobretudo ao tipo de ligações entre os pavimentos e as paredes [14].

Este sistema construtivo está representado em grande parte das construções em madeira executadas atualmente. Este facto deve-se sobretudo à flexibilidade demonstrada e à capacidade em absorver com grande facilidade um conjunto de inovações imprescindíveis nos dias de hoje.

UMA PROPOSTA DE HABITAÇÃO

Construir em madeira

Neste capítulo é abordado o tema da habitação construída com recurso à matéria-prima madeira. Estão aqui compreendidos, para além dos necessários conteúdos teóricos relacionados com o tema, todo o desenvolvimento da vertente prática que havia sido previamente estabelecida. Neste sentido, a estrutura em madeira foi concebida como espaço de vocação para o uso limitado no tempo e capaz de albergar diferentes modos de habitar. O desenvolvimento desta proposta de habitação procurou também integrar o conhecimento adquirido durante toda a fase de investigação. Como foi referido anteriormente, foram consideradas as particularidades decorrentes da circunstância de se tratar de um edifício construído em madeira e desenvolvido no momento presente para o território português. Simultaneamente foi também ponderado o recurso a matéria-prima autóctone, sem esquecer as exigências resultantes do programa definido.

Por outro lado, a habitação desenvolvida procurou apresentar-se como um pequeno contributo para a eventual adaptação de alguns padrões tão solidamente instituídos no setor da arquitetura e da construção em Portugal. Assim, foi estabelecida a relação entre a proposta e o modo como esta pode vir a contribuir para o aumento da sustentabilidade na construção para este tipo de ocupação. Para além disso, o recurso à matéria prima madeira poderá também ajudar à implementação de políticas e dinâmicas com potencial de promoção de uma fileira florestal nacional mais integrada e, eventualmente, contribuir para a reativação do método da autoconstrução em Portugal em edifícios de pequena escala.

No desenvolvimento deste capítulo são ainda referidos aspetos que se revestem de grande importância e que, por diferentes razões, são indispensáveis à execução de uma construção em madeira com qualidade e que responda às atuais exigências de habitabilidade, segurança e bem-estar. Nesse sentido, componentes como as ligações entre elementos em estruturas de madeira ou os materiais complementares utilizados neste tipo de solução construtiva, apesar de já anteriormente abordados, são agora mencionados de forma mais aprofundada. Em suma, foi o conjunto de todos estes fatores que influenciaram determinantemente e legitimaram as decisões que estão na base da habitação desenvolvida e que importa explicar e compreender.

A investigação efetuada ao contexto real foi, desde logo, direcionada para a verificação de casos em que, porventura, existisse a necessidade de permanência de indivíduos num contexto não urbano caracterizado pelo difícil acesso, ainda que por períodos de tempo limitados. Das hipóteses em que se verificou essa necessidade, foram selecionados os casos dos vigilantes da natureza, dos praticantes de desportos de natureza, dos silvicultores e, por último, dos voluntários das inúmeras organizações de proteção do ambiente. Esta preferência deveu-se, essencialmente, ao tipo de atividades desenvolvidas, às exigências agregadas e ao modo de habitar associado a cada uma delas. Para além disso, o desígnio em fazer do espaço construído algo de mais sustentável, de utilização mais intensiva e com capacidade de resposta aos diferentes usos, motivou a escolha não de um, mas dos quatro tipos de ocupação temporária enumerados. A análise efetuada permitiu também identificar, em cada uma das situações, algumas deficiências ou limitações na eventualidade de ser necessária a permanência desses indivíduos em lugares de difícil acesso.

De acordo com a informação disponibilizada através do portal da Associação Portuguesa de Guardas e Vigilantes da Natureza, a rede de infraestruturas de apoio aos 229 profissionais não contempla este tipo de espaços. As únicas infraestruturas existentes em contexto não urbano e que apenas permitem realizar uma pequena parte das responsabilidades associadas a esta atividade, são os postos de vigia que pertencem à Rede Nacional de Postos de Vigia. Segundo dados recolhidos no sítio do Instituto Geográfico Português, a maioria desses 238 postos estão em mau estado, muitos deles são obsoletos e, fundamentalmente, não têm condições de habitabilidade.

Os vigilantes da natureza são uma presença permanente no meio natural, protegendo as paisagens e as áreas classificadas, intervindo no domínio hídrico, no património natural e na conservação da natureza. A sua atividade é exercida através da vigia, fiscalização e monitorização de espécies selvagens e dos seus habitats. Para além disso, os vigilantes da natureza colaboram na realização de censos de espécies selvagens e identificam e inventariam fontes poluidoras. Estes profissionais são também, em muitos casos, o elo de ligação entre as populações e o património natural e cultural que lhes está mais próximo. Segundo dados recolhidos através do portal da Associação Portuguesa de Guardas e Vigilantes da Natureza, nos últimos anos a superfície total a fiscalizar por estes profissionais tem vindo a ser sucessivamente ampliada originando a necessidade em melhorar urgentemente o modo de monitorização do ambiente. Ainda segundo a mesma fonte, a relação entre o número de Vigilantes da Natureza e a dimensão do país, é manifestamente mais baixa quando comparada com países vizinhos como a Espanha e a Itália. Em média, cada Vigilante da Natureza em Espanha cobre uma superfície aproximada de 85 km². Em Itália essa mesma superfície desce para valores aproximados de 35 km², enquanto que em Portugal, cada profissional é responsável por monitorizar uma superfície média aproximada de 402 km².

Relativamente aos praticantes de desportos de natureza, foi também possível verificar existência de alguns aspetos que se podem melhorar. Considerando o exemplo de quem pratica pedestrianismo, as infraestruturas que permitem aos praticantes desta modalidade permanecer em lugares de difícil acesso com condições de habitabilidade, ainda que por períodos limitados no tempo, são virtualmente inexistentes.

Geralmente, as habitações disponibilizadas a estes praticantes encontram-se integradas em contextos turísticos como hotéis, quintas ou herdades de vocação hoteleira, entre outros, quase sempre em ambientes controlados e bastante afastados dos lugares ermos que habitualmente associamos à prática dessas modalidades. Apesar deste tipo de oferta colmatar grande parte das necessidades, considerando que os desportos de natureza se distribuem por uma panóplia tão numerosa e variada capaz de englobar atividades com características tão especiais, como o montanhismo, a escalada, o parapente, o balonismo, a bicicleta todo o terreno, a canoagem, o surf, o windsurf, o mergulho, o rafting, o rapel, entre outras, facilmente se entende o tipo de lugar que se pretende abordar.

Por outro lado, apesar dos dados disponíveis no portal do Instituto Português do Desporto e da Juventude apenas permitirem uma leitura parcial, é ainda assim possível verificar que nos últimos 20 anos, o universo de praticantes deste tipo de modalidades tem vindo a aumentar de uma forma geral. Importa sublinhar que os dados disponibilizados por aquela instituição englobam apenas, parte das modalidades de natureza e referem somente o número de praticantes federados.

Relativamente aos silvicultores, tratando-se de profissionais que atuam na área de conhecimento ligada às florestas, a sua atividade caracteriza-se em grande parte pela sua presença junto das mesmas. De forma muito resumida, a silvicultura visa o

uso racional e sustentável dos recursos florestais. Esta atividade foca-se na implementação de metodologias de regeneração e melhoria das florestas em função dos interesses ecológicos, científicos, económicos e sociais. Os principais produtos obtidos por intermédio das atividades de silvicultura são a madeira para serrar, a madeira para tritar e a cortiça. A sua importância no contexto português pode medir-se através do número de pessoas que diretamente a exercem e que, segundo dados disponibilizados pelo Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração, rondava os 12 000 trabalhadores em 2014 [22].

Neste caso, a identificação de eventuais lacunas na oferta de infraestruturas que permitissem a sua utilização por parte dos silvicultores foi menos clara e não possibilitou uma leitura mais precisa. Ainda assim, a seleção por este tipo de utilização temporária baseou-se não só na já referenciada eventual necessidade de permanecer em lugares não urbanos bastante diversificados, bem como no tipo de atividade e exigências agregadas, mas também na importância que esta atividade tem vindo a adquirir nos diferentes domínios da sociedade. Como referência, em 2015, o Valor Acrescentado Bruto (VAB) desta atividade representou 0,6% do Produto Interno Bruto (PIB) [23].

O último caso, relativo aos voluntários ligados à proteção do ambiente, integra pessoas que desempenham tarefas relacionadas com a defesa do ambiente sem qualquer tipo de retorno financeiro. Em muitos aspetos, as atividades desenvolvidas por estes voluntários são semelhantes às exercidas pelos Vigilantes da Natureza, sendo eventualmente necessária a sua permanência em lugares integrados na natureza, ainda que por períodos de tempo limitados. Este conjunto de possíveis utilizadores das habitações desenvolvidas no âmbito da presente dissertação pode divergir um pouco dos anteriores. A título de referência, pode-se destacar a faixa etária dos voluntários mencionada em inúmeros estudos, que inclui indivíduos com

idades compreendidas entre os 15 anos até mais de 65 anos e, a própria natureza da atividade de voluntariado que segundo informação disponibilizada pelo Instituto Nacional de Estatística correspondeu a apenas 4,1% do total de horas trabalhadas em 2012, ou seja, o voluntariado é uma atividade de curta duração [24]. Face a estas circunstâncias, a eventual possibilidade deste grupo poder apresentar maior grau de heterogeneidade é ligeiramente superior.

Em Portugal existem várias organizações de voluntariado vocacionado para a proteção do ambiente que desenvolvem a sua atividade quer num plano nacional quer num plano regional ou local. Muitas dessas organizações podem eventualmente, enquadrar-se no leque de possíveis utilizadores das habitações aqui propostas. De acordo com dados de 2012, o número aproximado de voluntários formais, ou seja, aqueles que exercem trabalho voluntário para ou por intermédio de uma organização, era de 17 500 indivíduos [25].

Finalmente, a investigação preliminar estendeu-se inevitavelmente às soluções construtivas que atualmente se encontram disponíveis no mercado português e que, por algumas das suas características, podem numa eventualidade ser utilizadas para esbater as necessidades identificadas. A seleção dos casos de estudo deveu-se fundamentalmente a critérios de metodologia construtiva, materialidade, escala, flexibilidade e representatividade atual no mercado. A análise efetuada procurou ainda, confrontar as soluções escolhidas com alguns dos aspetos que permitem aferir o seu grau de adequação à resolução das necessidades identificadas. De entre esses aspetos destacam-se a capacidade de adaptação da arquitetura aos diferentes modos de habitar, a facilidade de transporte e a rapidez de construção, a resistência e durabilidade, a facilidade de adaptação ao contexto, a capacidade de integração de sistemas de energia e redes de água e esgotos totalmente autónomos e mais sustentáveis, a possibilidade de reutilização e reciclagem, entre outros.

Posto isto, os casos de estudo selecionados para análise foram as soluções disponibilizadas pela empresa *Mima Architects* designadas de *Mima House* e *Mima Essential*, o denominado *Sistema de Construção Industrializada Leve* desenvolvido pela *Mesquita Madeiras S.A.* e a *Treehouse* disponibilizada pela *Jular*. Porém, antes de se efetuar a análise a estes casos, importa entendê-los num contexto mais abrangente, nomeadamente através da referência às soluções construtivas de arquitetura vernacular que poderão ter estado na origem das habitações contemporâneas deste tipo. Por conseguinte, são a seguir mencionados os casos dos *bungalows* e das *cabins*, a sua origem, a sua evolução e a relevância do papel que desempenharam nesse âmbito.

Originários da região de Bengala na Índia, os primeiros *bungalows* consistiam em habitações unifamiliares isoladas de dimensões reduzidas destinadas aos camponeses oriundos destes territórios. Também designados de “Bengali” ou “Casas de Bengala”, estas caracterizavam-se essencialmente pelo seu caráter de habitação térrea nas quais sobressaía a varanda localizada na sua periferia. O interior distribuía-se assim por um único piso e a presença da varanda, para além de ser um espaço exterior de grande interesse, mantinha uma enorme influência no equilíbrio da temperatura e da humidade no espaço interior. Por outro lado, o sistema construtivo era constituído pela cobertura em palha amarrada, assente em paredes de bambu ou barro, dependendo da proximidade e da disponibilidade do material. Desta forma, é possível referir estas construções como exemplos de arquitetura vernacular, no sentido de uma arquitetura que recorre à implementação de estratégias simples e adequadas às condições do lugar e que se refletem numa melhoria do espaço construído, por exemplo, ao nível do seu comportamento térmico.

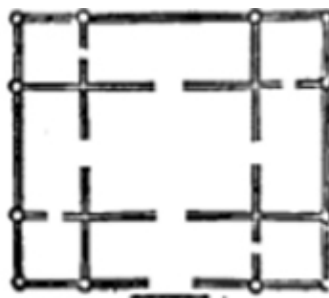


Figura 35 Planta de bungalow, Índia

A partir do século XVIII, com o gradual aumento na presença de colonos britânicos em solos indianos, também os *bungalows* foram sendo progressivamente adotados e adaptados por estes às suas necessidades. Esta opção não se deveu apenas à rápida constatação de que as casas de campo, inicialmente construídas e utilizadas pelos colonos, não eram adequadas às condições climáticas da Índia, muito marcadas pelas elevadas temperaturas. A adoção do *bungalow* deveu-se também a questões sociais, políticas e culturais. Os colonos britânicos viram na utilização dos *bungalows*, um instrumento capaz de afetar a estrutura social e institucional da Índia.

De uma forma geral, as adaptações implementadas pelos colonos neste tipo de construções, consequência do aumento no número e no tipo de compartimentos interiores, resultaram em *bungalows* de maior envergadura. Para além disso, o novo arquétipo de *bungalow*, passou a assumir uma composição do espaço interior de cariz simétrico. O acesso ao compartimento da sala, localizado no núcleo do *bungalow*, era feito a partir da varanda. A partir da sala era possível aceder aos compartimentos que estabeleciam a ligação com os quartos. Estes compartimentos funcionavam como uma antecâmara, garantindo dessa forma, a privacidade a quem ocupava os quartos. Por se localizarem nas extremidades do *bungalow*, os

compartimentos de quarto tinham aberturas para a varanda nos dois lados exteriores, como forma de estimular a circulação do ar [27].



Figura 36 Exemplo de um bungalow adaptado pelos ingleses, Índia

Ainda na Índia, o *bungalow* continuaria a evoluir e a especializar-se. Mais tarde, esta solução construtiva acabaria por ser exportada para praticamente todos os lugares do mundo adaptando-se com enorme sucesso aos diferentes cenários. Mantendo o mesmo nome e a mesma estrutura base, o *bungalow* conseguiu ultrapassar épocas tão diferenciadas como o colonialismo, a industrialização, a urbanização ou a suburbanização.

A propagação geográfica do *bungalow* teve início no decorrer da segunda metade do século XIX, com a sua exportação da Índia para Inglaterra e restantes colónias britânicas. No caso inglês, o *bungalow* distinguia-se pela sua função de casa de férias ou de lazer, localizada em ambiente rural de campo ou à beira-mar [28]. Muito procurada pelas classes mais abastadas, esta solução construtiva simples e despretensiosa era observada como algo que harmonizava os conceitos de construção e de natureza. Mais tarde, com o crescimento caótico das cidades inglesas, muitos dos *bungalows* construídos em áreas rurais adjacentes às cidades acabariam por ser absorvidos pelas suas malhas urbanas. Ainda neste contexto, o *bungalow* viria a ser uma das tipologias designadas para implementar na resolução

dos problemas de habitação, que se verificavam nas cidades britânicas. Como resultado, ainda hoje é bastante frequente a presença de *bungalows* nos subúrbios dessas mesmas cidades.



Figura 37 Bungalow como casa da colina / segunda casa dos colonos ingleses, Índia

Quando esta solução construtiva chega aos Estados Unidos da América, começa por ser identificada como construção californiana. Numa fase posterior, viria a difundir-se pelos bairros e subúrbios ajardinados tão característicos da solução habitacional típica do contexto norte americano do século XX. Neste país, o *bungalow* passou rapidamente a ser apreciado, popularizando-se não só nos meios mais abastados como também na classe média. Tal como noutras localizações, também aqui sofreu ligeiras alterações de forma a melhor se adaptar às particularidades do contexto local. Em geral, eram edifícios com um piso, construídos em madeira e com recurso a técnicas tradicionais. Os espaços interiores eram amplos e os beirais de grande dimensão protegiam o edifício do sol.

Em suma, o *bungalow* foi apresentando variações conforme a região onde era construído. Apesar disso, soube manter-se como uma solução construtiva caracterizada pela simplicidade e ao mesmo tempo, provou ser uma forma de habitação robusta e resiliente [29].

Relativamente às *cabins*, são outro exemplo de arquitetura vernacular, neste caso europeu. Contudo, esta solução arquitetónica acabou por se transformar num elemento-chave na história dos Estados Unidos da América, principalmente no período em que decorreu a expansão territorial daquele país para oeste. De facto, foram estas construções permitiram a milhares de famílias empreender a viagem em direção a oeste, com a segurança e o conhecimento que lhes permitiria construir uma casa em qualquer lugar onde houvesse floresta, sem a necessidade de transportarem mais do que umas quantas ferramentas. Os responsáveis pela introdução, transformação e expansão territorial desta solução construtiva nos territórios da América do Norte, foram os emigrantes que a partir do século XVII lá se estabeleceram, quer na costa Este, quer no Alasca.



Figura 38 Cabin, Alasca EUA

As primeiras *cabins* erguidas pelos povos escandinavos, rapidamente foram incorporando melhorias em consequência do contacto com outras técnicas construtivas, sobretudo, com as práticas utilizadas pelos emigrantes alemães, irlandeses e presbiterianos que também se haviam instalado na costa Este americana, mais precisamente na região da Pensilvânia. Ao mesmo tempo que o avanço das fronteiras ia ocorrendo a partir daqueles territórios, também os emigrantes russos que haviam entretanto ocupado os territórios do Alasca, se foram expandindo pela costa do Pacífico daquele continente. À imagem dos pioneiros de

Este, também os emigrantes russos recorreram à construção de *cabins* para realizar esse propósito e à medida que se foram estabelecendo, estes acabariam por desenvolver uma técnica mais requintada que a utilizada pelos pioneiros de Este. As duas correntes construtivas acabariam por se encontrar no decorrer do século XIX. Todas estas circunstâncias favoreceram o processo natural de aculturação originando a constituição de um modelo americano de *cabins*, formado por tipologia única e original para aquele território.



Figura 39 Cabin, Ohio EUA

A construção destes abrigos dependia sobretudo de três aspetos: o terreno onde se construía, o material com que se construía e as ferramentas que se utilizavam na sua construção. Deste modo, a orientação do volume era habitualmente determinada pelo sol e ventos dominantes sem que, no entanto, se deixassem de considerar outras circunstâncias como a proximidade de ribeiros ou de montanhas. Ainda assim, o mais importante era garantir a boa exposição solar da construção como forma de evitar o apodrecimento da madeira em caso de chuvas abundantes. A madeira era o material mais utilizado, sendo empregue em praticamente todos os elementos que compunham estas construções, desde estruturas, pavimentos, escadas, portas, janelas, entre outros. A preferência pela espécie de madeira variava em virtude do construtor, contudo, era habitual recorrerem à espécie mais próxima do local designado. Alguns construtores evitavam ainda misturar diferentes tipos de

madeira, enquanto outros recorriam somente às espécies mais resistentes. A ferramenta base e a mais utilizada para construir este tipo de solução era o machado. O machado caracterizava-se pela grande versatilidade, sendo também utilizado para cumprir algumas das tarefas diárias. Apesar disso, a disponibilidade de outro tipo de ferramentas permitia uma execução menos grosseira da construção.



Figura 40 Cabin modelo dogtrot, EUA

Ainda relativamente às *cabins*, importa referir que a sua configuração partia de uma unidade básica de planta retangular, podendo apresentar algumas variações na forma assim como nos acabamentos. Os modelos mais frequentes designavam-se por *continental*, *saddlebag* e *dogtrot*, sendo que os dois últimos foram os mais utilizados pelos já referidos pioneiros. Muito sucintamente, relativamente à sua composição, o modelo *continental* era composto por unidade básica dividida em três compartimentos que se organizavam em redor de uma zona central. O modelo designado por *saddlebag* constituía-se por duas unidades básicas contíguas com chaminé central que era partilhada por ambas e o modelo *dogtrot* resumia-se a duas unidades básicas separadas por um alpendre alongado, tudo sob a mesma cobertura.



Figura 41 Diferentes modelos de planta de Cabin

Ao longo da história dos Estados Unidos da América, as *cabins* foram gradualmente alcançando um enorme relevo sendo atualmente consideradas, uma instituição nacional americana que representa os valores do homem empreendedor, com um estilo de vida honesto, simples, próximo da natureza e capaz de lutar contra todo o tipo de adversidades. Para além disso, este tipo de construção é ainda observado como um símbolo da mobilidade física e social norte-americana, da liberdade e do individualismo dos pioneiros e da solidariedade necessária na vida da fronteira, estando muito associado a grandes eventos, personalidades ou factos históricos daquele país [30].

Importa agora caracterizar os casos de estudo selecionados, de habitações contemporâneas de pequena escala em madeira. O primeiro caso já referido, a *Mima House*, é uma habitação modular construída com recurso a produtos derivados de madeira. Esta solução caracteriza-se pelas reduzidas dimensões, pela luminosidade, pela flexibilidade espacial e pelo conforto. Na sua tipologia mais elementar, esta habitação consiste num volume de base quadrada, com cerca de 8,0 m de lado e 3,0 m de altura, rasgado por grandes vãos que, para além de intensionalmente dilatarem o espaço interior, permitem a sua iluminação com grande intensidade. A configuração do espaço interior é determinada pela colocação de painéis amovíveis, possibilitado desta forma a sua diferenciação. Em caso de necessidade ou de preferência, os painéis amovíveis podem também ser utilizados para encerrar os vãos periféricos, limitando assim, o grau de exposição do interior ao exterior da habitação. Os vãos são em vidro duplo com caixilharia em madeira e

alumínio. A estrutura é formada por elementos horizontais e verticais que se posicionam como as arestas de um cubo, encapsulados por painéis de aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas.



Figura 42 e 43 Mima House e Mima Essentials, Mima Architects

No segundo caso, a *Mima Essentials* recorre basicamente ao mesmo sistema construtivo da *Mima House*, ou seja, um sistema modular concebido com recurso a produtos derivados de madeira. Tal como a anterior, também esta solução apresenta dimensões reduzidas, boa luminosidade e conforto. Na sua tipologia mais elementar, esta habitação consiste num volume de base quadrada ligeiramente mais pequena, com cerca de 7,0 m de lado e 3,0 m de altura. Neste caso, a configuração do espaço interior é também determinada pela colocação de painéis, mas aqui, a sua posição é definida ainda em fase de projeto. O sistema construtivo é idêntico ao anterior e assim como na *Mima House*, importa sublinhar a significativa dimensão destes elementos e os constrangimentos associados, sobretudo ao nível do transporte e montagem. Tanto nesta solução como na anterior, as fundações podem ser executadas em betão ou em madeira.

Ambas são soluções totalmente produzidas em Portugal sendo que, o período necessário para a fabricação de todos os componentes fica compreendido entre as oito e as doze semanas. O transporte dos componentes pré-fabricados é efetuado

por camião para o local de implantação. A montagem da habitação requer a presença de uma equipa composta por quatro ou cinco técnicos e o tempo de execução máximo é de três semanas. O período de vida estimado pelos autores destas soluções é de quarenta anos de vida para a maioria dos componentes.

A *Mesquita Madeiras S.A.*, foi a empresa responsável pela criação, homologação e implementação de um sistema construtivo inovador em Portugal. O designado *Sistema de Construção Industrializada Leve* destinava-se à conceção de edifícios em madeira, a partir da utilização de painéis com as dimensões únicas de 2,80m por 1,25m. Esta metodologia assentava, tanto a configuração geral do edifício como a sua compartimentação do espaço interior, numa quadrícula cuja medida padrão correspondia à largura de cada painel, ou seja, 1,25m.



Figura 44 e 45 Sistema de Construção Leve Industrializada, Mesquita Madeiras S.A.

Deste modo, era dada ao cliente a possibilidade de escolha entre as configurações tipo criadas pela própria empresa ou configurações criadas pela cliente, desde que considerassem as premissas do sistema. Para além disso, o cliente podia ainda optar por diferentes tipos de solução para os revestimentos, isolamentos e mobiliário de interior. Importa salientar que este sistema construtivo apenas permitia a execução de edifícios de um piso.

No que respeita aos painéis utilizados, tratavam-se de componentes pré-fabricados em madeira de pinheiro-bravo tratada com recurso a produtos fungicidas e inseticidas. Tanto os painéis de fachada como os painéis de compartimentação de interior, eram constituídos por uma estrutura de peças de madeira, unidas através de ligadores metálicos, isolamento em lã mineral, revestidos com placas de contraplacado adequadas ao tipo de exposição a que se destinavam. Segundo a informação recolhida, para os painéis de fachada eram disponibilizadas cinco soluções diferentes – painel de parede exterior, painel com vão de janela de guilhotina, painel com vão de janela giratória, painel com vão de janela basculante, painel com vão de porta de uma folha e painel com vão de porta de duas folhas. Relativamente aos painéis de compartimentação, a possibilidade de escolha limitava-se ao painel de parede e ao painel com vão de porta. Em relação à cobertura utilizada, esta consistia no tipo de cobertura inclinada de duas ou mais águas, assente numa estrutura de asnas. O beiral estendia-se para lá do plano das paredes exteriores e, geralmente, as coberturas eram revestidas em telha cerâmica ou em placas onduladas de fibrocimento.

A *Treehouse* da *Jular* é uma habitação que resulta da combinação de módulos tridimensionais em madeira. Depois de produzidos em fábrica, estes módulos são transportados e montados no local de implantação. De acordo com os fabricantes, os módulos produzidos integram os padrões de qualidade contemporâneos e o impacto causado pela montagem da habitação no local de implantação, é mínimo. Ainda segundo os mesmos, os materiais utilizados são ecológicos e oriundos de florestas certificadas com gestão sustentada.

Relativamente à composição do espaço, a solução desenvolvida pela *Jular* permite uma panóplia muito alargada de combinações. No momento atual, existem quinze módulos disponíveis que se distribuem por dois módulos de núcleo (cozinha e

instalação sanitária), cinco módulos de quarto, um módulo de instalação sanitária, três módulos de sala, dois módulos de pátio, um módulo de garagem e um módulo de lavanderia. Todos estes módulos assentam numa planta de base retangular com uma área de 22 m² e integram isolamento térmico e acústico nos teto, paredes e pavimento. Os vãos envidraçados possuem perfis com corte térmico e vidro duplo.



Figura 46 Treehouse, Jular

A empresa propõe vinte e oito modelos de organização espacial com tipologias que vão desde o T0 ao T4, distribuídas por um ou dois pisos sendo que o cliente também pode desenvolver a sua própria combinação, desde que cumpra os parâmetros do sistema. Ao cliente é ainda permitida a escolha entre quatro soluções de revestimento interior. Segundo a informação disponibilizada pela *Jular*, o prazo máximo para entrega e montagem de uma Treehouse é de 90 dias. A montagem da habitação é efetuada sobre estacas ou pequenas fundações e a colocação dos módulos, é efetuada com recurso a uma grua.

De um modo geral e apesar de relativamente escassa informação disponibilizada pelas empresas, a caracterização das soluções construtivas anteriormente referidas, permitiu constatar quais são as principais semelhanças e as principais diferenças existentes entre elas. Por outro lado, essa caracterização possibilitou a leitura dos sistemas, focando as vantagens e desvantagens associadas a cada um deles. Por

último, foi também possível entender o grau de adequação destes sistemas construtivos na eventual resolução das necessidades identificadas, tendo sempre em consideração, os aspetos já amplamente enumerados e que vão ao encontro do objetivo global da presente dissertação.

As principais semelhanças entre todos estes sistemas, podem ser encontradas num plano mais alargado de análise. Nesse sentido, para além do uso da madeira como matéria-prima primordial, verifica-se que o recurso à pré-fabricação dos componentes volumétricos e, o seu posterior transporte e montagem no local estabelecido para a construção, caracterizam o procedimento utilizado em todas as soluções. As vantagens que advêm do recurso ao processo de pré-fabricação podem ser bastantes e geralmente estão relacionadas entre si. Por exemplo, a produção dos componentes volumétricos em fábrica pode eventualmente permitir a redução de custos totais associados a uma construção. Essa eventual redução de custos resulta sobretudo da diminuição do tempo necessário para conclusão de uma determinada construção. Como consequência desta particularidade tão associada ao método da pré-fabricação, os custos com mão-de-obra podem sofrer uma redução substancial.

Por outro lado, a produção de componentes em ambiente controlado pode trazer benefícios relacionados com as condições e segurança em ambiente de trabalho tanto para os trabalhadores como para os componentes produzidos, permitindo ainda um maior controlo de qualidade e conseqüente diminuição do risco de defeito, um maior grau de complexidade dos componentes, menos desperdício, entre outras. No que respeita às desvantagens, as principais relacionam-se sobretudo com a dimensão apresentada pelos componentes volumétricos, o seu transporte e toda a logística envolvida [31].

Ainda relativamente ao processo de pré-fabricação importa referir que os sistemas caracterizados apresentam ligeiras diferenças entre si, nomeadamente em relação ao tipo de componente que está na génese da execução de cada um deles. Neste aspeto, a proposta da *Mesquita Madeiras S.A.* afasta-se um pouco das restantes visto que não se fundamenta na repetição de um componente volumétrico tridimensional que corresponda a um compartimento da futura habitação. Como já foi referido, o componente que está na génese desse sistema construtivo é um painel e, é através da sua repetição que se dá a conformação do espaço.

Outra característica semelhante a todos os sistemas caracterizados reside na possibilidade dada ao cliente de intervir no desenvolvimento do projeto. Com maior ou menor grau de profundidade, todos os sistemas admitem a participação do cliente na definição de determinados aspetos da construção. Esta é uma circunstância muito vantajosa pois permite aproximar as características do futuro espaço construído às preferências de quem o vai habitar. Neste aspeto, as propostas da *Mesquita Madeira S.A.* e da *Jular*, diferenciam-se da solução disponibilizada pela *Mima Architects*, dado que ambas permitem, hipoteticamente, a criação de espaços infinitamente distintos. De resto, uma das desvantagens que pode eventualmente advir da participação do cliente, prende-se com a natureza das opções tomadas e o impacto associado a cada uma delas. É, no entanto, importante referir que segundo as empresas em evidência é assegurado, ou no caso da *Mesquita Madeiras S.A.*, era assegurado, o aconselhamento ao cliente por parte dos colaboradores especialistas de modo a garantir qualidade nas opções tomadas.

Relativamente às principais diferenças, aquela que porventura mais se destaca, refere-se à *Treehouse* da *Jular* e à possibilidade de construir em altura. Esta solução construtiva é a única que permite a execução de habitações com até dois pisos. Esta característica confere naturalmente alguma vantagem a este sistema, atribuindo-lhe

maior flexibilidade e maior capacidade de adaptação. No que se refere à *Mima House* proposta pela *Mima Architects*, apresenta também uma característica bastante diferenciadora das restantes e que se relaciona com o sistema de painéis amovíveis de interior. A *Mima House* é a única habitação que permite a reconfiguração parcial do seu espaço interior, na circunstância através da movimentação dos já referidos painéis amovíveis. Apesar de, aparentemente, se tratar de um procedimento algo complexo e limitado, ainda assim, é exequível.

Depois desta análise, importa agora aferir o potencial agregado a cada um destes sistemas na eventual resolução das necessidades identificadas, atendendo de forma sistemática aos aspetos que nortearam este trabalho e que de certo modo, indicam as razões que estão subjacentes a algumas das opções tomadas na execução da vertente prática.

Desta forma, interessa começar por salientar os traços principais dos lugares que se pretende ocupar com o tipo de habitação desenvolvida. A definição do lugar resultou da investigação preliminar que detetou, ainda que por períodos limitados no tempo, uma eventual necessidade em aí permanecer. Estes, são lugares que se caracterizam sobretudo pelo seu afastamento das áreas urbanas e, portanto, por serem parte da paisagem natural, são também territórios muito limitados no acesso à maior parte dos veículos motorizados, nomeadamente automóveis ou camiões. Por outro lado, esse afastamento não permite recorrer a qualquer tipo de infraestrutura ou rede de fornecimento de energia, água ou saneamento básico. Por último, dada a localização porventura inóspita, são também lugares muito marcados pela influência exercida pelos elementos naturais, fauna e flora locais.

Portanto, ao considerar as características do lugar, rapidamente se conclui que nenhum dos sistemas construtivos anteriormente caracterizados se apresenta como

uma solução viável, devido principalmente à sua dependência de meios mecânicos de grande envergadura para o transporte e montagem dos seus componentes. De facto, todos estes sistemas contêm componentes com dimensão e peso muito acima daqueles que permitiriam o seu eventual transporte e montagem sem um significativo auxílio de meios mecânicos. Por conseguinte, uma das características essenciais do sistema construtivo desenvolvido, tratando-se de um sistema aligeirado baseado na utilização de peças com dimensões e peso mais adequado às capacidades motoras do homem, reflete esta preocupação.

Por outro lado, as limitações determinadas pelo perfil do lugar, como a falta de infraestruturas ou redes de fornecimento de energia, água ou saneamento básico, impôs uma maior exigência ao sistema construtivo desenvolvido. Deste modo, o processo de desenvolvimento das habitações procurou conferir capacidade de integração de soluções autónomas que viessem suprir esta lacuna. De resto, a integração deste tipo de dispositivos na arquitetura, é considerada como um fator que pode contribuir para o aumento dos índices de sustentabilidade na construção em Portugal que, no seguimento do já referido, apresenta ainda valores muito aquém do desejável. Sob outra perspetiva, a possibilidade de integração de sistemas autónomos de fornecimento de energia, água e saneamento básico, pode também ser observada como um fator que atribui maior flexibilidade e capacidade de adaptação das habitações ao lugar onde estas vão ser construídas. Deste modo, foi considerada a integração de um sistema solar de termossifão compacto para aquecimento de água, um sistema solar fotovoltaico complementado por um micro gerador eólico para produção de energia elétrica assim como a instalação de baterias para armazenamento de energia produzida. Por outro lado, a proposta de habitação desenvolvida propõe ainda a inclusão de um sistema de armazenamento de água para consumo humano composto por um pequeno depósito exterior de água e uma bomba elétrica. Para além disso, a habitação integra sistemas

diferenciados de esgotos domésticos, um para águas cinzentas e outro para águas negras. Deste modo, as águas provenientes de processos domésticos como tomar banho, lavar a roupa ou a loiça é direcionada para o exterior da habitação enquanto que as águas utilizadas para as necessidades fisiológicas são conduzidas para uma fossa séptica instalada no local mais adequado.

Ainda relativamente a esta possibilidade importa assinalar que no caso do sistema proposto pela *Mima Architects*, está prevista a hipótese de instalação de painéis solares para aquecimento de água. Nos restantes, a informação disponibilizada não faz qualquer referência a essa possibilidade.

Efetivamente, construir num lugar que apresente as características já enumeradas deve consistir-se em algo muito preciso que minimize todo o tipo de impactos associados. Neste sentido, fatores como o tempo necessário de construção, a durabilidade ou a resistência, devem ser também considerados. Assim, em relação à maioria dos sistemas caracterizados, os dados recolhidos apontam para prazos mínimos que rondam os três meses para conclusão do processo de construção de uma habitação na versão mais “elementar”. Excetuando o *Sistema de Construção Industrializada Leve* que devido à falta de informação não permitiu a sua caracterização neste domínio, de uma forma geral os prazos de construção apresentados pelos sistemas incluem o tempo necessário para as fases de produção em fábrica dos componentes necessários ao projeto definido, de transporte dos componentes para o local de construção e de montagem/construção da habitação. No que respeita à proposta de habitação desenvolvida pretende-se que estes prazos sejam mais reduzidos. Para isso, o projeto procurou encurtar o tempo necessário em cada uma das diferentes fases, pela seleção de componentes construtivos com dimensões standard ou pelo recurso à pregagem como forma mais utilizada para ligar elementos, remetendo a utilização de parafusos para situações ocasionais em

que a estabilidade não ficasse garantida apenas com a aplicação de pregos. Aponta-se assim que o prazo de tempo necessário à fase de construção da habitação tipo “elementar” não ultrapasse uma semana, considerando uma equipa de quatro técnicos.

Por outro lado, no que respeita à durabilidade e resistência da habitação proposta, considerando o sistema construtivo e o material utilizados e, atendendo ao histórico dos edifícios desenvolvidos de forma semelhante, admite-se que a habitação desenvolvida se enquadre nos parâmetros desejáveis de durabilidade e resistência. Nestes aspetos importa lembrar que os sistemas aligeirados apresentam uma característica diferenciadora e que diz respeito, à troca ou substituição dos elementos de madeira que compõem estas construções. Efetivamente, as operações de manutenção nestes sistemas, podem eventualmente ser mais simples e rápidas de executar quando comparada com outros sistemas. Este dado pode contribuir para que o edifício e os elementos que o compõem, mantenham um nível que permita satisfazer os requisitos ou exigências essenciais de desempenho, de forma continuada no tempo. Neste aspeto, os sistemas anteriormente detalhados apontam para uma durabilidade idêntica à da “construção tradicional”. O caso da *Mima Architects* é o único que detalha este aspeto, referindo uma garantia de longevidade mínima para a maioria dos componentes de 40 anos. No caso da *Jular*, é referida a hipótese teórica de uma longevidade infinita desde que, sejam garantidos alguns cuidados a nível de projeto.

Finalmente, importa abordar dois aspetos muito relevantes e sem os quais não seria possível executar uma construção em madeira com qualidade e que respondesse aos atuais padrões de habitabilidade, segurança, bem-estar, durabilidade, entre outros. O primeiro aspeto refere-se às ligações entre os vários elementos que constituem uma estrutura em madeira. De modo resumido, estas ligações podem

ser entendidas como os mecanismos que asseguram a ligação e a transmissão de esforços entre todos os elementos de uma determinada estrutura. Existem diferentes tipos ligações e, dada à sua importância, devem ser alvo de especial cuidado na fase de projeto. Entre outras particularidades, destaca-se o provável aumento nas dimensões dos elementos, sobretudo quando se trata de elementos em madeira maciça.

No que respeita à construção em madeira, existem quatro tipos de ligações. As mais antigas são efetuadas através de samblagens. Neste tipo de solução, as ligações são materializadas através da criação de encaixes diretamente nos elementos de madeira que se deseja unir. Estes encaixes ou entalhes, podem adquirir as mais diversas configurações. Atualmente, o recurso a esta técnica é mais frequente na reabilitação de edifícios, sendo pouco utilizada em construções novas [14]. Apesar disso, a importância das samblagens não pode nem deve deixar de ser enumerado quando se efetua uma abordagem ao tema da construção em madeira.

Um outro tipo de ligações entre elementos de madeira é o que recorre a técnicas de colagem. Neste caso, importa referir que a aplicação de cola para ligar elementos de madeira, está profundamente associada a processos de pré-fabricação pelo que, apesar de existir a possibilidade teórica de porventura se recorrer às técnicas de colagem em obra, esta é uma situação que praticamente não ocorre. De uma forma geral, a colagem de elementos de madeira caracteriza-se sobretudo pelo seu carácter permanente e pela rigidez que é conferida à ligação. Pela sua natureza, este tipo de ligações pode apresentar alguma vulnerabilidade.

Existem ainda as ligações efetuadas com recurso a elementos como buchas, pregos, parafusos e parafusos de porca. Atualmente, este é o tipo de solução mais utilizado em todo o mundo. No entanto, importa fazer uma distinção entre os diferentes

elementos. A bucha de madeira enquanto elemento de ligação era muito recorrente até ao século XVIII. Até esse período, a bucha de madeira era frequentemente aplicada em samblagens de furo e respiga como elemento de fixação de duas peças. Com o aparecimento das soluções em metal, a bucha de madeira deixou de ser utilizada, sendo que atualmente tenha ressurgido como elemento de união de entre peças de madeira, mas agora num contexto de pré-fabricação.

Relativamente à utilização de pregos, é mais frequente a sua utilização em estruturas de madeira aligeiradas, principalmente por se tratar de uma solução mais vocacionada para a ligação de peças de dimensões mais reduzidas como aliás é o caso da habitação proposta na presente dissertação. A simplicidade e velocidade de aplicação conjuntamente com o baixo custo associado a esta tecnologia, contribuíram de facto para a propagação desta solução. Nas estruturas aligeiradas, os pregos são utilizados para ligar praticamente todos os elementos que as constituem. No que respeita à utilização de parafusos e parafusos de porca, estes implicam à partida a furação antecipada dos elementos de madeira. Esta circunstância torna todo o processo mais lento e, portanto, o seu âmbito de aplicação fica desde logo mais reduzido. O recurso à utilização de parafusos e parafusos de porcas está mais associado à ligação de elementos de grandes dimensões.

Finalmente, os ligadores metálicos para estruturas de madeira são componentes que na sua maioria, são fabricados em chapa de aço quinada e galvanizada ou em inox. Em ligações de maior envergadura, a espessura dos ligadores aumenta e a sua constituição pode envolver a união de várias por meio de soldadura.

Estes componentes caracterizam-se por garantir a existência de ligações mais estáveis e resistentes e a sua utilização está atualmente disseminada. Os ligadores

metálicos existem em inúmeras configurações, respondendo assim a praticamente todo o tipo de solicitações. O recurso a este tipo de solução pode contribuir para uma diminuição no tempo necessário para a construção de uma estrutura em madeira. Os ligadores metálicos podem ser de aplicação exterior ou aparecerem entalhados nas peças de madeira. A fixação dos ligadores metálicos à madeira é executada com recurso a pregos ou parafusos de porca, no caso em que estes apresentem maiores dimensões.

O segundo e último aspeto diz respeito aos materiais complementares utilizados na construção em madeira. Estes materiais aparecem habitualmente associados à execução das fundações, das paredes e das coberturas deste tipo de edifícios. Como já foi referido na presente dissertação, é, por exemplo, bastante frequente, a construção ser edificada sobre um embasamento de pedra ou betão como estratégia de proteção dos elementos de madeira, sobretudo no sistema maciço de construção em madeira. Por outro lado, para melhorar os índices habitabilidade deste tipo de construções, sobretudo nos edifícios desenvolvidos em sistemas aligeirados que, de uma forma geral, apresentam um nível de conforto acústico reduzido, é vulgar o recurso a isolamentos de origem animal, mineral e sintética. Por último, a constituição das coberturas é recorrentemente executada pela aplicação de telha cerâmica, telha de cimento, telha de ardósia, folhas metálicas e telas ou telhas asfálticas [14].

O Programa

O programa definido pretendeu, assim, a execução de um projeto de habitação de reduzidas dimensões para uso temporário que satisfizesse o conjunto das necessidades quotidianas agregadas aos diferentes tipos de utilização admitidos, sem que, no entanto, restringisse significativamente o modo de vida de quem possivelmente as viesse a habitar. Simultaneamente, o projeto da habitação desenvolvido procurou responder às exigências atuais de espaço e conforto, determinando a dimensão e organização dos espaços e a sua eventual compatibilidade entre as diferentes atividades ou tarefas, considerando ainda as questões relacionadas com a salubridade ou até, refletindo porventura, aspetos de ordem simbólica.

Ficou assim determinado que o programa da habitação na sua tipologia mais “elementar” seria constituída por um quarto, um cozinha, uma sala e um espaço exterior que apresentasse algum grau de proteção, nomeadamente contra os fatores meteorológicos. Da mesma forma, foi estabelecido que o sistema construtivo adotado para a habitação “elementar” deveria também apresentar um grau de flexibilidade suficiente de modo a permitir o seu incremento de forma relativamente rápida e simples. Por outro lado, foi também decidido que projeto desenvolvido refletiria uma segregação inequívoca entre o espaço destinado ao descanso/dormir e os restantes. O espaço construído deveria ainda expressar ordem e clareza em relação ao primeiro caso e, nos restantes, seria importante existir alguma propensão para a permissividade, sugerindo os tipos de uso sem, no entanto, ter o intuito de os impor sobre quem o viesse a habitar. Este conjunto de linhas orientadoras do programa está naturalmente associado ao já amplamente referido reconhecimento das necessidades individuais ou comuns, inerentes aos diferentes tipos de utilização propostos.

De modo a responder às necessidades identificadas, foi determinado que, a habitação na sua tipologia “elementar”, deveria considerar a sua utilização por um mínimo de duas pessoas. No entanto, apesar de ter sido possível apurar que todos os tipos de atividades propostos são, em determinados casos, executados por apenas um indivíduo, o mais habitual é a sua realização em pequenos grupos. Esta circunstância foi considerada e esteve na base do desenvolvimento de um sistema construtivo flexível que eventualmente permitisse o seu incremento de forma rápida e simples, resultando na apresentação de uma tipologia de habitação alternativa composta por dois quartos, um cozinha, uma sala e um espaço exterior que apresentasse igualmente algum grau de proteção.

Por outro lado, constatou-se que era essencial que a habitação desenvolvida possibilitasse a eventual realização de tarefas relacionadas com o tipo de atividade que os utilizadores iriam desenvolver naqueles lugares. Na prática, era necessário que todo o espaço construído não destinado à função de descanso/dormir apresentasse a capacidade para acomodar diferentes tipos de funções. A título de exemplo, dependendo das circunstâncias a instalação sanitária deveria ter a capacidade de oscilar entre o carácter de zona funcional íntima e zona funcional de serviço. Na realidade, foi entendido que a habitação desenvolvida iria provavelmente ser também espaço trabalho. Estabeleceu-se assim que, o projeto da habitação deveria refletir de um modo muito objetivo a separação entre a função de descanso/dormir e a restantes funções nele integradas.

Por último, foi identificada a necessidade da presença de um espaço que permitisse colmatar uma eventual circunstância que obrigasse os utilizadores daquele espaço a permanecer no seu exterior. Considerando que o conjunto das atividades propostas englobam tarefas tão diversas como a vigia, a fiscalização e monitorização da fauna e da flora locais, a manutenção e armazenamento de equipamento

desportivo, a elaboração e implementação de projetos de arborização ou o auxílio a espécies selvagens, rapidamente se concluiu que existia um claro estímulo para a apropriação de um espaço exterior algo contido. Ficou, assim, determinado no programa da habitação a existência de um espaço exterior que, na sequência do que foi referido no parágrafo anterior, se apresentasse como espaço capaz de integrar diferentes funções. Por outro lado, em caso de necessidade esse espaço elementar deveria ser complementar a outros espaços e, naturalmente, a outras funções.

A habitação desenvolvida parte do modelo volumétrico e organizativo da *dogtrot cabin* para alcançar o seu aspeto formal. Esta opção, para além de considerar princípios associados a estas construções como a função que desempenhavam ou modo como eram construídos, demonstrou-se adequada ao programa definido.

Por conseguinte, a habitação recorre a uma volumetria constituída por dois paralelepípedos independentes colocados lado a lado, sob a mesma cobertura e, que faz do alpendre o elemento central que estabelece a ligação entre ambos. A entrada nos volumes é então efetuada a partir do alpendre, sendo que, interessa sublinhar a importância que este elemento arquitetónico adquire numa solução deste tipo. De facto, por se tratar de uma habitação que se organiza em dois volumes separados dispostos paralelamente, ao alpendre são também atribuídas outras funções, nomeadamente a função de distribuição. Para além disso, mantendo este elemento a sua natureza de espaço exterior, importa referir que nesta solução a sua configuração oferece maior abrigo, alargando porventura o seu âmbito de possíveis tipos de utilização e indo dessa forma ao encontro de uma das principais exigências do programa definido. Nesse sentido, ao respeitar aquele posicionamento e configuração, pretendeu-se que o alpendre se oferecesse como um eventual espaço complementar aos restantes usos presentes. Relativamente aos dois volumes, o acesso ao espaço interior de ambos é efetuado por intermédio do alpendre. Estes

volumes permitiram acomodar separadamente as diferentes zonas funcionais. O volume da direita integra os espaços de carácter íntimo e, é aquele que deve estar orientado a Este de modo a receber a luz matinal. No volume da esquerda, que deve estar preferencialmente orientado a Oeste de forma a beneficiar da exposição solar da tarde, estão contidos os espaços de carácter social e de serviço.

Na tipologia “elementar”, o volume da direita é composto por uma pequena antecâmara e pelos compartimentos do quarto e da casa de banho. A antecâmara, de reduzidas dimensões, é simultaneamente espaço de entrada e de acesso ao quarto e casa de banho. Nesta tipologia, este compartimento inclui um vão de janela que é substituído por um vão de porta para acesso a outro quarto nas tipologias maiores. O quarto tem cerca de 10,0 m², integra dois vãos de janela de diferentes dimensões, mobiliário para arrumação e espaço para uma cama de casal ou um beliche. O compartimento da casa de banho tem aproximadamente 2,5 m², integra um vão de janela e está dotado do equipamento necessário para a realização da higiene pessoal. O volume da esquerda compõe-se num único compartimento onde estão incorporadas a zona de confeção de refeições e o espaço mais polivalente da habitação. A zona de preparo de refeições está provida das necessárias funcionalidades e permite ainda o armazenamento de alimentos. Nesta área salienta-se a instalação de um fogão ecológico que permite cozinhar os alimentos com recurso a biomassa. Para além disso, foi prevista a localização de um vão de janela para permitir a entrada de luz natural junto da bancada e simultaneamente tornar aquela zona mais confortável. O restante espaço permite a sua utilização como zona de refeições, de estar ou de trabalho, entre outras, e integra também mobiliário para arrumação. Este espaço pode ainda estender-se ao já referido alpendre através da abertura dos vãos de porta que para ele estão orientados. Esta circunstância permite tirar partido de um espaço maior, mais ventilado e eventualmente com mais condições para o desempenho dos tipos de atividades já

referidos ou de tarefas simples do âmbito doméstico como por exemplo a secagem de roupa. Nas tipologias maiores este volume aumenta em função do número de quartos.

A execução

O sistema construtivo aligeirado que está na base do desenvolvimento da habitação proposta organizou-se a partir de uma grelha ortogonal com 400mm de espaçamento entre eixos e, todos os elementos que estruturam as diferentes partes do edifício, foram dispostos segundo estes mesmos eixos. Por outro lado, e como já foi referido, para a conceção dos componentes do edifício foi, sobretudo, considerada a utilização de elementos com dimensões standard, valorizando sempre que possível, a repetição desses elementos para obtenção de novas peças. A título de exemplo, os portões que possibilitam o encerramento do alpendre ou as vigas compostas utilizadas na conceção das armações de pavimento são elaborados no local da obra através da ligação de peças de menor dimensão.

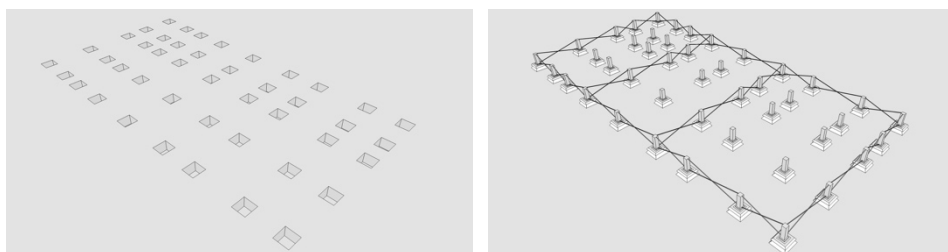


Figura 47 e 48 Execução das fundações (sapatas com contraventamento)

O sistema desenvolvido caracteriza-se também por uma particularidade relacionada com o comprimento e largura dos elementos utilizados no forro estrutural. A opção por utilizar placas de forro estrutural com 1200mm por 600mm ao invés de placas com dimensões standardizadas, deveu-se acima de tudo ao reconhecimento das limitações que advém do transporte de placas com essas dimensões. Assim, as placas que apresentam dimensões standardizadas de 2400mm por 1200mm são, antecipadamente cortadas nos tamanhos referidos sendo, depois, mais facilmente transportadas para o local da obra para posterior montagem. Ainda neste domínio,

interessa sublinhar o papel estrutural que estas placas desempenham numa construção deste tipo salientando, a relação que se estabelece entre estes e outros elementos da estrutura. Na maior parte dos casos, placas com dimensões maiores permitem a sua fixação em mais pontos de apoio e naturalmente uma diminuição do número total de juntas, conferindo dessa forma maior estabilidade a toda a estrutura. Neste caso, para garantir um mínimo de três zonas de apoio para cada placa, foi determinado o já referido espaçamento de 400mm entre eixos da grelha ortogonal. Por outro lado, a execução do forro estrutural por meio da utilização de placas com as dimensões referidas implicou a colocação de tarugos nas zonas de junta e a inclusão de *strap braces* em toda a estrutura, enquanto estratégias de reforço estrutural de todo o conjunto.

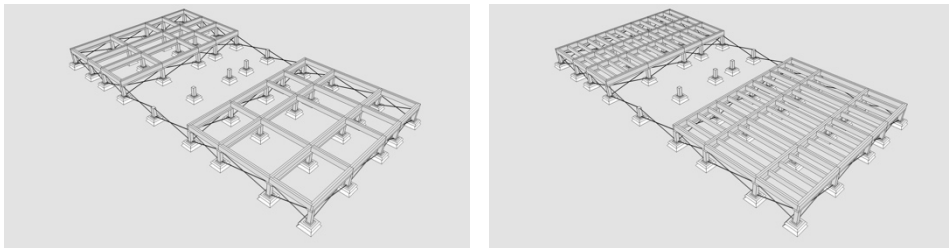


Figura 49 e 50 Execução da armação de pavimento (colocação das vigas e vigotas de pavimento)

No que respeita à estratégia de prevenção contra a possível degradação dos elementos em madeira foi determinada a utilização de madeira mais resistente ou madeira tratada em autoclave nas zonas mais expostas. De resto, toda a madeira exposta aos elementos naturais que esteja a ser utilizada numa qualquer estrutura para utilização humana, deve ser objeto de tratamento em autoclave. Importa ainda referir que toda a madeira utilizada na execução dos diferentes componentes da construção deve ser classificada de acordo com a função para a qual se vai destinar.

No que se refere ao processo de construção importa relembrar que ambas as tipologias de habitação desenvolvidas são genericamente constituídas por três partes distintas – dois volumes e um alpendre – construídas separadamente sob a mesma cobertura.

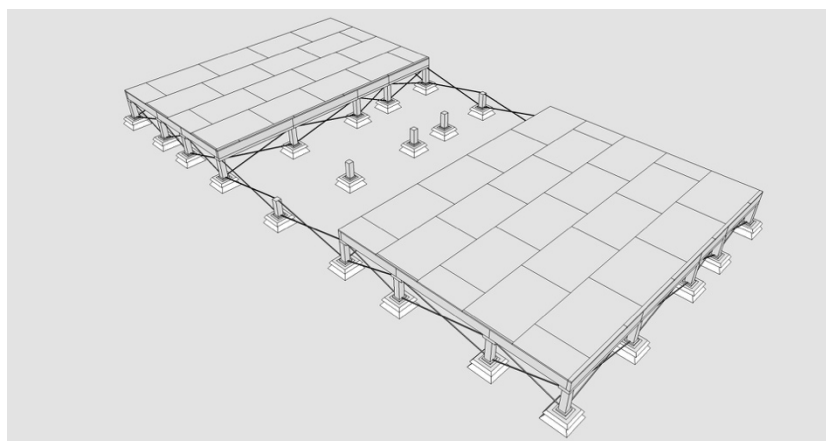


Figura 51 Execução da armação de pavimento (colocação do forro estrutural de pavimento)

Assim, o processo construtivo inicia-se com a escavação para a implantação das sapatas e execução das mesmas. Posteriormente, para a execução das armações de pavimento dos volumes, são montadas as vigas (vigas compostas) e as vigotas de pavimento. A esta fase segue-se a montagem do forro estrutural apenas na zona dos volumes.

O processo de construção da habitação prossegue com a montagem sobre o pavimento das armações de paredes de maior comprimento. Depois de concluídas, estas são erguidas manualmente e estabilizadas temporariamente na sua posição final com recurso a escoras e tirantes. Este procedimento repete-se para as restantes armações de parede. Quando todas estiverem montadas e erguidas na sua

posição final são fixadas e são removidos os elementos que temporariamente as estabilizaram.

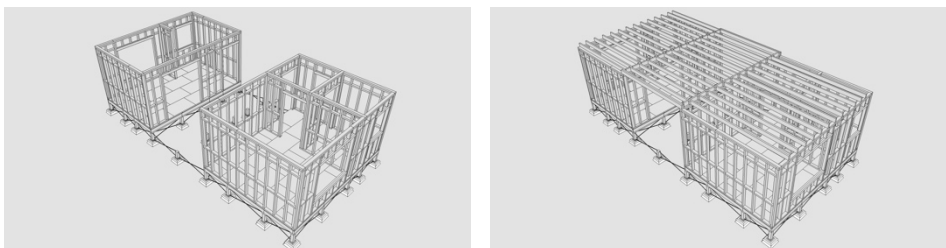


Figura 52 e 53 Execução da armação de paredes e teto

Em seguida, inicia-se a construção da cobertura com a montagem das vigotas de teto e tarugos, tanto nos volumes como na zona do alpendre. Segue-se a montagem das paredes das paredes de fecho de empena e prolongamento da armação para formação do beirado de empena. Esta fase encerra-se com colocação da testeira ao longo da zona lateral da armação de cobertura.

Na continuidade do processo construtivo é colocado o forro estrutural nas paredes e na cobertura. São logo depois montadas as vigotas de pavimento do alpendre e é aplicação o revestimento de pavimento exterior, ou seja, o pavimento do alpendre ao que se segue a execução e montagem das escadas. Logo após, é instalado o isolamento térmico nos diferentes componentes da construção – pavimentos, paredes e cobertura – e é efetuada a impermeabilização da cobertura e das paredes. Para concluir o processo de construção são montados os vãos, o revestimento exterior e, no interior das habitações, procede-se finalmente à aplicação dos elementos de revestimento de paredes tetos e pavimentos, por esta ordem.

Importa agora detalhar os diferentes componentes da construção começando pelos elementos que fazem a transição das cargas do edifício para o terreno natural

subjacente, ou seja, as fundações. Genericamente, a seleção pelo tipo de fundação mais adequado deve considerar as características do edifício e a natureza do solo.

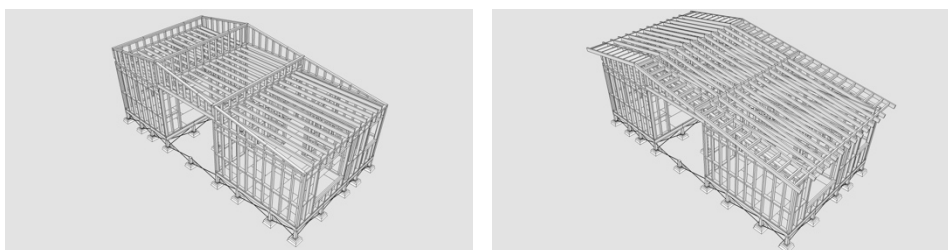


Figura 54 e 55 Execução da armação de cobertura

Na solução proposta, foi selecionado o tipo de fundação superficial em sapata isolada. O posicionamento destes elementos respeita a grelha ortogonal sendo que, o afastamento entre eles foi determinado quer pela identificação dos pontos eventualmente críticos, quer tendo em consideração a utilização de peças de dimensões reduzidas, neste caso para minimizar os efeitos da ocorrência de fluência nas vigas de pavimento. A opção pela configuração quadrada das sapatas resulta simplesmente da possibilidade de utilizar a madeira para a cofragem destes elementos.

Os elementos de fundação são compostos pela sapata em betão, uma chapa e um conetor metálicos, o calço e o poste ou pilarete. Para evitar a degradação dos elementos em madeira integrados na sua constituição, as fundações garantem um afastamento do solo superior a 200mm para a base dos pilaretes. Por outro lado, a colocação de uma chapa metálica imediatamente sobre o betão da sapata permite a existência de uma barreira física de proteção que impede um eventual ataque de térmitas subterrâneas.



Figura 56 e 57 Colocação do forro estrutural nas paredes e cobertura

Relativamente às armações de pavimento, tratam-se dos componentes que cobrem todo o espaço contido pelas paredes dos volumes e assim como o espaço destinado ao alpendre. Todas as armações são constituídas por vigas compostas de secção retangular com 150mm por 200mm e vigotas igualmente de secção retangular com 150mm por 100mm. O comprimento destes elementos varia consoante a necessidade e a sua disposição respeitam os espaçamentos definidos pela grelha ortogonal. O posicionamento das vigas de pavimento é determinado pela disposição das paredes da construção e, no caso onde não foi possível alinhar os dois componentes, procedeu-se à duplicação da vigota de pavimento como forma de reforçar a respetiva armação. Como já foi referido, as vigas compostas aqui utilizadas resultam da ligação entre peças de menor dimensão, neste caso da pregagem de dois elementos de madeira maciça de secção retangular com 150mm por 100mm. O isolamento térmico - aglomerado de lã de rocha - é aplicado nos espaços entre vigotas e fixado com recurso a rede de pesca agrafada às vigas de pavimento. O revestimento do pavimento exterior aplicado diretamente sobre a armação de pavimento do alpendre. Neste caso, não é aplicado forro estrutural sendo o revestimento de pavimento composto por régua de madeira afastadas entre si cerca de 2 mm, impedindo desta forma a acumulação de água naquela zona e permitindo uma melhor ventilação de todo aquele sistema. Para garantir uma maior

durabilidade destes elementos foi, também aqui, considerada a utilização de madeira tratada em autoclave.

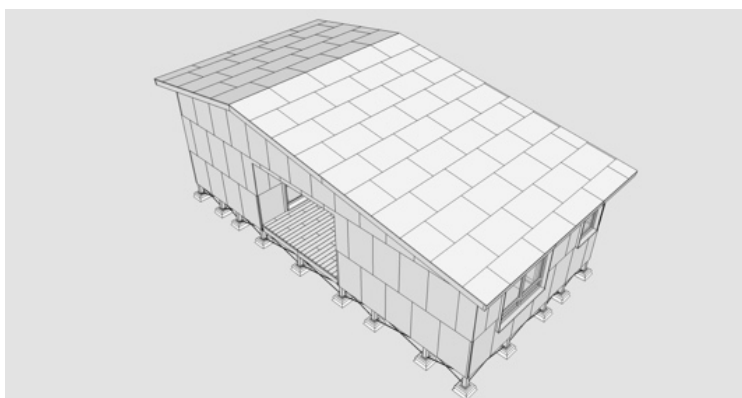


Figura 58 Colocação do pavimento exterior e caixilharias

À semelhança do pavimento, também as paredes são constituídas por uma armação, mas que neste caso é composta por travessas de pavimento, prumos e travessas de cobertura. São as armações de parede que garantem a transmissão de esforços para os elementos que a suportam. No caso da habitação desenvolvida, também o posicionamento das paredes se dá segundo a grelha ortogonal, já inúmeras vezes referida. Nas zonas onde existem vãos, a armação é reforçada através da duplicação de prumos e são-lhe adicionados elementos como vergas, travessas de peitoril e de soleira e montantes. Como já foi referido, as armações de parede são primeiramente construídas sobre o pavimento e só depois erguidas e colocadas na sua posição final.

No que respeita às reduzidas dimensões das placas de forro estrutural, também utilizadas nas paredes, obrigaram ao reforço de todo o sistema através da colocação adicional de tarugos na armação de parede, nas zonas de junta entre placas. Para além disso, foram integrados na sua conceção elementos designados por *strap braces* – faixas em aço colocadas na diagonal e fixadas nos prumos – imediatamente

antes do forro estrutural. O isolamento térmico é aqui colocado nos espaços entre prumos ao longo de toda a parede. No exterior das paredes foi ainda definida a aplicação de uma membrana para-vento permeável ao vapor sobre a qual são dispostos os sarrafos que suportam o revestimento exterior. Para evitar a degradação destes elementos de revestimento está salvaguardado o seu afastamento do solo numa distância superior a 150mm.

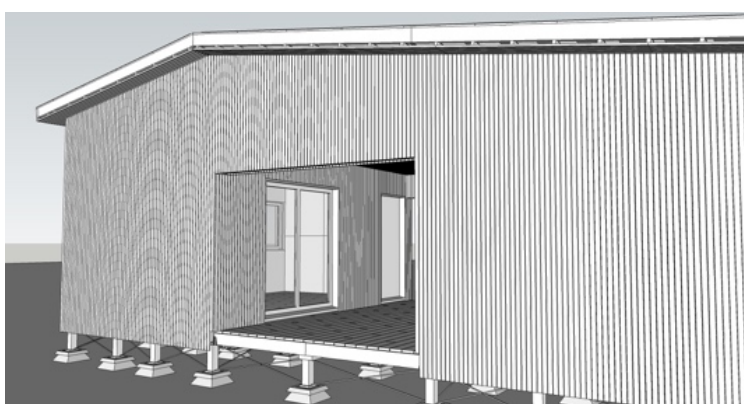


Figura 59 Colocação do revestimento exterior

Relativamente à cobertura, a seleção recaiu numa solução de cobertura de duas águas com uma pequena inclinação, com 16% de pendor. A montagem deste componente, inicia-se com o prolongamento em altura da armação das paredes transversais que vão servir de pontos de apoio à armação da cobertura. Posto isto, são montados as vigotas de cobertura e os necessários tarugos. Posteriormente, são colocadas e fixas as varas de cobertura na sua posição final, seguindo-se a montagem da armação dos beirados nas empenas. No alinhamento das paredes exteriores, são montados os tarugos e a fásia da cobertura. A seguir, são pregadas as placas de forro estrutural das paredes e da cobertura e, é diretamente sobre o forro estrutural da cobertura que são, posteriormente, aplicados a impermeabilização e o revestimento em telhas asfálticas. Dado o pendor da

cobertura, o feltro betuminoso para impermeabilização é duplicado para garantir um bom comportamento deste sistema. No que respeita à drenagem das águas pluviais, esta é efetuada livremente através do beirado.



Figura 60 Perspetiva do alçado principal



Figura 61 Perspetiva do alçado tardoz

Tabelas de volume e peso dos elementos utilizados

HABITAÇÃO COM UM QUARTO*

01	Betão	Fundações
02	Calços	Fundações
03	Pilaretes	Fundações
04	Frechais	Pavimento
05	Vigas de pavimento (compostas) / vigotas de pavimento	Pavimento
06	Forro estrutural	Pavimento
07	Isolamento térmico	Pavimento
08	Revestimento interior de pavimento	Pavimento
09	Revestimento exterior de pavimento	Pavimento
10	Elementos de escada	Pavimento
11	Travessas de pavimento	Paredes
12	Prumos	Paredes
13	Tarugos (paredes)	Paredes
14	Vergas (compostas)	Paredes
15	Travessas de peitoril (compostas)	Paredes
16	Montantes (paredes)	Paredes
17	Travessa de cobertura	Paredes
18	Forro estrutural	Paredes
19	Forro estrutural (elementos recortados)	Paredes
20	Isolamento térmico (paredes)	Paredes
21	Revestimento interior de paredes	Paredes
22	Barreira para-vento permeável ao vapor	Paredes
23	Sarrafos	Paredes
24	Revestimento exterior de paredes	Paredes
25	Isolamento térmico (teto)	Paredes
26	Revestimento interior de teto	Paredes
27	Travessas de teto	Paredes
28	Vigotas de teto	Paredes
29	Tarugos (teto)	Paredes
30	Montantes (teto)	Paredes
31	Fáscias	Cobertura

32	Tarugos	Cobertura
33	Travessas de beirado	Cobertura
34	Varas	Cobertura
35	Revestimento das fásCIAS	Cobertura
36	Forro estrutural	Cobertura
37	Telha asfáltica	Cobertura
38	Valores totais para a habitação com um quarto	---

* Peso específico dos materiais utilizados

Elementos em madeira maciça	450 Kg / m ³
Elementos em derivados de madeira	500 Kg / m ³
Elementos de isolamento térmico	40 Kg / m ³
Restantes materiais	600 Kg / m ³

Legenda:

Un	Unidades	C	Comprimento
S	Secção	P Un	Peso por unidade
V Un	Volume por unidade	P Tot	Peso total
V Tot	Volume total		

01 - Betão						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
45	300x400	400	0,048000	28,800	2,160000	1296,000
TOTAL					2,160000	1296,000

02 - Calços						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
45	140x20	140	0,000392	0,2352	0,017640	10,584
TOTAL					0,017640	10,584

03 - Pilaretes						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
40	100x100	350	0,003500	1,575	0,140000	63,000
5	100x100	300	0,003000	1,350	0,015000	6,750
TOTAL					0,155000	69,750

04 - Frechais						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
8	150x50	1600	0,012000	5,400	0,096000	43,200
4	150x50	1200	0,009000	4,050	0,036000	16,200
4	150x50	850	0,006375	2,869	0,025500	11,475
10	200x50	1600	0,016000	7,200	0,160000	72,000
5	200x50	1200	0,012000	5,400	0,060000	27,000
5	200x50	850	0,008500	3,825	0,042500	19,125
TOTAL					0,420000	189,000

05 - Vigas de pavimento (compostas) / vigotas de pavimento						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
2	150x50	1650	0,012375	5,569	0,024750	11,138
22	150x50	1600	0,012000	5,400	0,264000	118,800
2	150x50	1580	0,011850	5,333	0,023700	10,665
31	150x50	1550	0,011625	5,231	0,360375	162,169
19	150x50	1530	0,011475	5,164	0,218025	98,111

17	150x50	1500	0,011250	5,063	0,191250	86,063
4	150x50	1200	0,009000	4,050	0,036000	16,200
22	150x50	1150	0,008625	3,881	0,189750	85,388
68	150x50	1050	0,007875	3,544	0,535500	240,975
20	150x50	850	0,006375	2,869	0,127500	57,375
17	150x50	750	0,005625	2,531	0,095625	43,031
TOTAL					2,066475	929,914

06 - Forro estrutural						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
36	800x20	1200	0,019200	9,600	0,691200	345,600
5	800x20	450	0,007200	3,600	0,036000	18,000
4	800x20	425	0,006800	3,400	0,027200	13,600
4	800x20	25	0,000400	0,200	0,001600	0,800
8	50x20	1200	0,001200	0,600	0,009600	4,800
2	50x20	450	0,000450	0,225	0,000900	0,450
TOTAL					0,766500	383,250

07 - Isolamento térmico						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
5	300x150	1550	0,069750	2,790	0,348750	13,950
20	300x150	1050	0,047250	1,890	0,945000	37,800
5	300x150	750	0,033750	1,350	0,168750	6,750
8	350x150	1550	0,081375	3,255	0,651000	26,040
32	350x150	1050	0,055125	2,205	1,764000	70,560
8	350x150	750	0,039375	1,575	0,315000	12,600
TOTAL					4,192500	167,700

08 - Revestimento interior de pavimento						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
185	100x20	1200	0,002400	1,080	0,444000	199,800
9	100x20	1060	0,002120	0,954	0,019080	8,586
18	100x20	1010	0,002020	0,909	0,036360	16,362
1	100x20	910	0,001820	0,819	0,001820	0,819

26	100x20	800	0,001600	0,720	0,041600	18,720
9	100x20	660	0,001320	0,594	0,011880	5,346
16	100x20	610	0,001220	0,549	0,019520	8,784
25	100x20	400	0,000800	0,360	0,020000	9,000
10	100x20	260	0,000520	0,234	0,005200	2,340
16	100x20	210	0,000420	0,189	0,006720	3,024
TOTAL					0,606180	272,781

09 - Revestimento exterior de pavimento						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
47	145x30	1600	0,006960	3,132	0,327120	147,204
10	145x30	1200	0,005220	2,349	0,052200	23,490
10	145x30	800	0,003480	1,566	0,034800	15,660
9	145x30	400	0,001740	0,783	0,015660	7,047
6	122x30	1600	0,005856	2,635	0,035136	15,811
2	122x30	400	0,001464	0,659	0,002928	1,318
TOTAL					0,467884	210,530

10 - Elementos de escada						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
12	350x30	1550	0,016275	7,324	0,195300	87,885
8	-	-	0,014365	6,464	0,114920	51,714
TOTAL					0,310220	139,599

11 - Travessas de pavimento						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
9	100x50	2400	0,012000	5,400	0,108000	48,600
1	100x50	2100	0,010500	4,725	0,010500	4,725
1	100x50	1700	0,008500	3,825	0,008500	3,825
2	100x50	1450	0,007250	3,263	0,014500	6,525
1	100x50	1350	0,006750	3,038	0,006750	3,038
1	100x50	900	0,004500	2,025	0,004500	2,025
2	100x50	800	0,004000	1,800	0,008000	3,600
1	100x50	750	0,003750	1,688	0,003750	1,688

2	100x50	650	0,003250	1,463	0,006500	2,925
2	100x50	450	0,002250	1,013	0,004500	2,025
2	100x50	200	0,001000	0,450	0,002000	0,900
1	100x50	100	0,000500	0,225	0,000500	0,225
TOTAL					0,178000	80,100

12 - Prumos						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
108	100x50	2400	0,012000	5,400	1,296000	583,200
TOTAL					1,296000	583,200

13 - Tarugos (paredes)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
94	100x50	400	0,002000	0,900	0,188000	84,600
30	100x50	350	0,001750	0,788	0,052500	23,625
14	150x50	250	0,001250	0,563	0,017500	7,875
TOTAL					0,258000	116,100

14 - Vergas (compostas)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
6	100x50	2400	0,012000	5,400	0,072000	32,400
6	100x50	1950	0,009750	4,388	0,058500	26,325
14	100x50	1050	0,005250	2,363	0,073500	33,075
4	100x50	710	0,003550	1,598	0,014200	6,390
TOTAL					0,218200	98,190

15 - Travessas de peitoril (compostas)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
4	100x50	1950	0,009750	4,388	0,039000	17,550
6	100x50	1050	0,005250	2,363	0,031500	14,175
TOTAL					0,070500	31,725

16 - Montantes (paredes)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
10	100x50	2000	0,010000	4,500	0,100000	45,000
4	100x50	1500	0,007500	3,375	0,030000	13,500
6	100x50	1100	0,005500	2,475	0,033000	14,850
12	100x50	800	0,004000	1,800	0,048000	21,600
30	100x50	400	0,002000	0,900	0,060000	27,000
46	100x50	300	0,001500	0,675	0,069000	31,050
TOTAL					0,340000	153,000

17 - Travessas de cobertura						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
20	100x50	2400	0,012000	5,400	0,240000	108,000
1	100x50	2050	0,010250	4,613	0,010250	4,613
2	100x50	2000	0,010000	4,500	0,020000	9,000
2	100x50	1950	0,009750	4,388	0,019500	8,775
4	100x50	1850	0,009250	4,163	0,037000	16,650
1	100x50	1650	0,008250	3,713	0,008250	3,713
1	100x50	1550	0,007750	3,488	0,007750	3,488
3	100x50	1450	0,007250	3,263	0,021750	9,788
1	100x50	1100	0,005500	2,475	0,005500	2,475
3	100x50	850	0,004250	1,913	0,012750	5,738
1	100x50	750	0,003750	1,688	0,003750	1,688
3	100x50	700	0,003500	1,575	0,010500	4,725
2	100x50	650	0,003250	1,463	0,006500	2,925
4	100x50	450	0,002250	1,013	0,009000	4,050
TOTAL					0,412500	185,625

18 - Forro estrutural						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
54	800x20	1200	0,019200	9,600	1,036800	518,400
6	800x20	1030	0,016480	8,240	0,098880	49,440
2	800x20	770	0,012320	6,160	0,024640	12,320
18	800x20	370	0,005920	2,960	0,106560	53,280

CONSTRUIR EM MADEIRA | UMA PROPOSTA DE HABITAÇÃO

1	800x20	220	0,003520	1,760	0,003520	1,760
9	800x20	130	0,002080	1,040	0,018720	9,360
4	445x20	1200	0,010680	5,340	0,042720	21,360
1	445x20	1030	0,009167	4,584	0,009167	4,584
1	445x20	370	0,003293	1,647	0,003293	1,647
2	445x20	350	0,003115	1,558	0,006230	3,115
4	425x20	1200	0,010200	5,100	0,040800	20,400
4	45x20	1200	0,001080	0,540	0,004320	2,160
1	45x20	1006	0,000905	0,453	0,000905	0,453
1	45x20	370	0,000333	0,167	0,000333	0,167
12	25x20	1200	0,000600	0,300	0,007200	3,600
1	25x20	1030	0,000515	0,258	0,000515	0,258
1	25x20	1006	0,000503	0,252	0,000503	0,252
3	25x20	370	0,000185	0,093	0,000555	0,278
TOTAL					1,405158	702,579

19 - Forro estrutural (elementos recortados)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
4	800x20	1200*	0,011603	5,802	0,046412	23,206
8	800x20	1200*	0,012245	6,123	0,097960	48,980
5	800x20	1200*	0,005825	2,913	0,029125	14,563
3	800x20	1200*	0,003685	1,843	0,011055	5,528
2	800x20	1200*	0,016405	8,203	0,032810	16,405
1	800x20	1200*	0,012830	6,415	0,012830	6,415
1	800x20	1200*	0,019065	9,533	0,019065	9,533
3	800x20	1200*	0,018765	9,383	0,056295	28,148
2	800x20	1200*	0,012965	6,483	0,025930	12,965
3	800x20	1200*	0,004990	2,495	0,014970	7,485
2	800x20	1200*	0,018841	9,421	0,037682	18,841
2	800x20	1200*	0,018912	9,456	0,037824	18,912
2	800x20	1200*	0,017109	8,555	0,034218	17,109
2	800x20	1200*	0,014960	7,480	0,029920	14,960
2	800x20	1200*	0,016983	8,492	0,033966	16,983
2	800x20	1200*	0,012937	6,469	0,025874	12,937

2	800x20	1200*	0,010914	5,457	0,021828	10,914
2	800x20	1200*	0,008891	4,446	0,017782	8,891
2	800x20	1200*	0,006869	3,435	0,013738	6,869
2	800x20	1200*	0,002967	1,484	0,005934	2,967
2	800x20	1200*	0,002840	1,420	0,005680	2,840
2	800x20	1200*	0,004419	2,210	0,008838	4,419
2	445x20	1200*	0,006270	3,135	0,012540	6,270
2	913x20	114*	0,000827	0,414	0,001654	0,827
2	773x20	122*	0,000945	0,473	0,001890	0,945
TOTAL					0,635820	317,910

*Dimensão da placa antes de ser objeto de recorte

20 - Isolamento térmico (paredes)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m³)	P Un (Kg)	V Tot (m³)	P Tot (Kg)
2	400x100	1150	0,046000	1,840	0,092000	3,680
2	400x100	905	0,036200	1,448	0,072400	2,896
2	400x100	245	0,009800	0,392	0,019600	0,784
59	350x100	1150	0,040250	1,610	2,374750	94,990
59	350x100	905	0,031675	1,267	1,868825	74,753
3	350x100	800	0,028000	1,120	0,084000	3,360
6	350x100	400	0,014000	0,560	0,084000	3,360
16	350x100	300	0,010500	0,420	0,168000	6,720
59	350x100	245	0,008575	0,343	0,505925	20,237
3	300x100	800	0,024000	0,960	0,072000	2,880
4	300x100	400	0,012000	0,480	0,048000	1,920
13	300x100	300	0,009000	0,360	0,117000	4,680
8	250x100	1150	0,005750	0,230	0,046000	1,840
8	250x100	905	0,004525	0,181	0,036200	1,448
8	250x100	245	0,001225	0,049	0,009800	0,392
3	200x100	800	0,003200	0,128	0,009600	0,384
7	200x100	300	0,001200	0,048	0,008400	0,336
TOTAL					5,616500	224,660

21 - Revestimento interior de paredes						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
2	950x20	1275	0,024225	12,113	0,048450	24,225
1	950x20	1030	0,019570	9,785	0,019570	9,785
54	800x20	1275	0,020400	10,200	1,101600	550,800
2	800x20	550	0,008800	4,400	0,017600	8,800
3	800x20	500	0,008000	4,000	0,024000	12,000
4	780x20	1275	0,019890	9,945	0,079560	39,780
4	775x20	1275	0,019763	9,881	0,079050	39,525
4	770x20	1275	0,019635	9,818	0,078540	39,270
2	550x20	1275	0,014025	7,013	0,028050	14,025
2	550x20	1050	0,011550	5,775	0,023100	11,550
1	500x20	1125	0,011250	5,625	0,011250	5,625
9	500x20	1050	0,010500	5,250	0,094500	47,250
2	500x20	1030	0,010300	5,150	0,020600	10,300
4	450x20	1275	0,011475	5,738	0,045900	22,950
2	355x20	1275	0,009053	4,526	0,018105	9,053
2	325x20	1275	0,008288	4,144	0,016575	8,288
18	305x20	1275	0,007778	3,889	0,139995	69,998
1	175x20	775	0,002713	1,356	0,002713	1,356
1	175x20	1275	0,004463	2,231	0,004463	2,231
6	100x20	1275	0,002550	1,275	0,015300	7,650
2	100x20	1100	0,002200	1,100	0,004400	2,200
4	100x20	775	0,001550	0,775	0,006200	3,100
1	80x20	1275	0,002040	1,020	0,002040	1,020
1	80x20	1100	0,001760	0,880	0,001760	0,880
1	80x20	775	0,001240	0,620	0,001240	0,620
TOTAL					1,884560	942,280

22 – Barreira para-vento permeável ao vapor (100,1m ²)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
1	2x1000	100000	0,200000	120,000	0,200000	120,000
TOTAL					0,200000	120,000

23 - Sarrafos						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
124	35x35	2400	0,002940	1,323	0,364560	164,052
4	35x35	2340	0,002867	1,290	0,011466	5,160
2	35x35	2250	0,002756	1,240	0,005513	2,481
5	35x35	1741	0,002133	0,960	0,010664	4,799
10	35x35	1680	0,002058	0,926	0,020580	9,261
2	35x35	1380	0,001691	0,761	0,003381	1,521
9	35x35	1350	0,001654	0,744	0,014884	6,698
4	35x35	1200	0,001470	0,662	0,005880	2,646
11	35x35	960	0,001176	0,529	0,012936	5,821
2	35x35	925	0,001133	0,510	0,002266	1,020
16	35x35	880	0,001078	0,485	0,017248	7,762
4	35x35	830	0,001017	0,458	0,004067	1,830
4	35x35	630	0,000772	0,347	0,003087	1,389
12	35x35	530	0,000649	0,292	0,007791	3,506
16	35x35	350	0,000429	0,193	0,006860	3,087
26	35x35	300	0,000368	0,165	0,009555	4,300
56	35x35	295	0,000361	0,163	0,020237	9,107
14	35x35	260	0,000319	0,143	0,004459	2,007
10	35x35	250	0,000306	0,138	0,003063	1,378
14	35x35	10	0,000012	0,006	0,000172	0,077
2	35x35	140	0,000172	0,077	0,000343	0,154
TOTAL					0,529010	238,055

24 – Revestimento exterior de paredes						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
142	48x21	3978	0,004010	1,804	0,569395	256,228
2	48x21	3716	0,003746	1,686	0,007491	3,371
10	48x21	3625	0,003654	1,644	0,036540	16,443
10	48x21	3557	0,003585	1,613	0,035855	16,135
164	48x21	3476	0,003504	1,577	0,574625	258,581
49	48x21	3425	0,003452	1,554	0,169168	76,125
2	48x21	3234	0,003260	1,467	0,006520	2,934

CONSTRUIR EM MADEIRA | UMA PROPOSTA DE HABITAÇÃO

99	48x21	2990	0,003014	1,356	0,298378	134,270
49	48x21	2812	0,002834	1,276	0,138890	62,501
123	48x21	2555	0,002575	1,159	0,316779	142,551
16	48x21	2070	0,002087	0,939	0,033385	15,023
10	48x21	2000	0,002016	0,907	0,020160	9,072
120	48x21	1638	0,001651	0,743	0,198132	89,160
58	48x21	1242	0,001252	0,563	0,072612	32,676
56	48x21	1085	0,001094	0,492	0,061246	27,561
74	48x21	840	0,000847	0,381	0,062657	28,196
56	48x21	472	0,000476	0,214	0,026643	11,990
118	48x21	465	0,000469	0,211	0,055309	24,889
75	48x21	460	0,000464	0,209	0,034776	15,649
218	48x21	312	0,000314	0,142	0,068560	30,852
172	48x21	219	0,000221	0,099	0,037969	17,086
10	48x21	169	0,000170	0,077	0,001704	0,767
2	48x21	3467	0,004004	1,802	0,008009	3,604
2	48x21	2828	0,003266	1,470	0,006533	2,940
2	48x21	3425	0,003740	1,683	0,007480	3,366
2	48x21	2812	0,003071	1,382	0,006141	2,764
2	48x21	3625	0,001751	0,788	0,003502	1,576
2	48x21	3557	0,001718	0,773	0,003436	1,546
2	48x21	2000	0,000966	0,435	0,001932	0,869
2	48x21	2169	0,001048	0,471	0,002095	0,943
TOTAL					2,865923	1289,665

25 - Isolamento térmico (teto)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
10	350x50	3950	0,069125	2,765	0,691250	27,650
11	300x150	3150	0,141750	5,670	1,559250	62,370
1	300x50	3950	0,059250	2,370	0,059250	2,370
1	250x150	3950	0,148125	5,925	0,148125	5,925
2	250x150	3150	0,118125	4,725	0,236250	9,450
1	150x50	3950	0,029625	1,185	0,029625	1,185
TOTAL					2,723750	108,950

26 - Revestimento interior de teto						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
12	800x20	1200	0,019200	9,600	0,230400	115,200
11	800x20	1105	0,017680	8,840	0,194480	97,240
4	800x20	755	0,012080	6,040	0,048320	24,160
4	800x20	705	0,011280	5,640	0,045120	22,560
3	800x20	305	0,004880	2,440	0,014640	7,320
1	750x20	775	0,011625	5,813	0,011625	5,813
1	355x20	1200	0,008520	4,260	0,008520	4,260
7	305x20	1200	0,007320	3,660	0,051240	25,620
4	305x20	1105	0,006741	3,370	0,026962	13,481
2	305x20	755	0,004606	2,303	0,009211	4,606
1	305x20	750	0,004575	2,288	0,004575	2,288
2	305x20	305	0,001861	0,930	0,003721	1,861
1	260x20	1105	0,005746	2,873	0,005746	2,873
1	260x20	705	0,003666	1,833	0,003666	1,833
1	210x20	1105	0,004641	2,321	0,004641	2,321
1	210x20	705	0,002961	1,481	0,002961	1,481
TOTAL					0,665828	332,914

27 - Travessas de teto						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
17	100x50	2400	0,012000	5,400	0,204000	91,800
3	100x50	1600	0,008000	3,600	0,024000	10,800
3	100x50	1250	0,006250	2,813	0,018750	8,438
2	100x50	750	0,003750	1,688	0,007500	3,375
6	100x50	450	0,002250	1,013	0,013500	6,075
TOTAL					0,267750	120,488

28 - Vigotas de teto						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
12	150x50	4050	0,030375	13,669	0,364500	164,025
16	150x50	3350	0,025125	11,306	0,402000	180,900

14	150x50	3250	0,024375	10,969	0,341250	153,563
TOTAL					1,107750	498,488

29 - Tarugos (teto)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
1	150x50	350	0,002625	1,181	0,002625	1,181
21	150x50	300	0,002250	1,013	0,047250	21,263
2	150x50	250	0,001875	0,844	0,003750	1,688
2	150x50	200	0,001500	0,675	0,003000	1,350
TOTAL					0,056625	25,481

30 - Montantes (teto)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
2	100x50	1079	0,005395	2,428	0,010790	4,856
2	100x50	1032	0,005160	2,322	0,010320	4,644
2	100x50	969	0,004845	2,180	0,009690	4,361
2	100x50	906	0,004530	2,039	0,009060	4,077
2	100x50	879	0,004395	1,978	0,008790	3,956
14	100x50	850	0,004250	1,913	0,059500	26,775
2	100x50	842	0,004210	1,895	0,008420	3,789
2	100x50	824	0,004120	1,854	0,008240	3,708
2	100x50	779	0,003895	1,753	0,007790	3,506
2	100x50	761	0,003805	1,712	0,007610	3,425
2	100x50	716	0,003580	1,611	0,007160	3,222
2	100x50	698	0,003490	1,571	0,006980	3,141
2	100x50	653	0,003265	1,469	0,006530	2,939
2	100x50	634	0,003170	1,427	0,006340	2,853
2	100x50	605	0,003025	1,361	0,006050	2,723
2	100x50	571	0,002855	1,285	0,005710	2,570
2	100x50	556	0,002780	1,251	0,005560	2,502
2	100x50	518	0,002590	1,166	0,005180	2,331
2	100x50	508	0,002540	1,143	0,005080	2,286
2	100x50	455	0,002275	1,024	0,004550	2,048
2	100x50	445	0,002225	1,001	0,004450	2,003

2	100x50	392	0,001960	0,882	0,003920	1,764
2	100x50	389	0,001945	0,875	0,003890	1,751
14	100x50	360	0,001800	0,810	0,025200	11,340
14	100x50	344	0,001720	0,774	0,024080	10,836
2	100x50	329	0,001645	0,740	0,003290	1,481
2	100x50	265	0,001325	0,596	0,002650	1,193
2	100x50	202	0,001010	0,455	0,002020	0,909
2	100x50	139	0,000695	0,313	0,001390	0,626
2	100x50	75	0,000375	0,169	0,000750	0,338
TOTAL					0,270990	121,946

31 - FásCIAS						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
2	150x50	2400	0,018000	8,100	0,036000	16,200
2	150x50	2000	0,015000	6,750	0,030000	13,500
2	150x50	1600	0,012000	5,400	0,024000	10,800
TOTAL					0,090000	40,500

32 - Tarugos						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
11	100x50	775	0,003875	1,744	0,042625	19,181
39	100x50	725	0,003625	1,631	0,141375	63,619
12	100x50	675	0,003375	1,519	0,040500	18,225
22	100x50	350	0,001750	0,788	0,038500	17,325
11	100x50	300	0,001500	0,675	0,016500	7,425
TOTAL					0,279500	125,775

33 - Travessas de beirado						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
6	100x50	2400	0,012000	5,400	0,072000	32,400
2	100x50	1550	0,007750	3,488	0,015500	6,975
2	100x50	800	0,004000	1,800	0,008000	3,600
2	100x50	696	0,003480	1,566	0,006960	3,132
TOTAL					0,102460	46,107

34 - Varas						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
12	150x50	4479	0,033593	15,117	0,403110	181,400
13	150x50	3341	0,025058	11,276	0,325748	146,586
12	150x50	3618	0,027135	12,211	0,325620	146,529
TOTAL					1,054478	474,515

35 - Revestimento das fâscias						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
2	245x20	2392	0,011721	5,274	0,023442	10,549
2	245x20	1892	0,009271	4,172	0,018542	8,344
14	245x20	1600	0,007840	3,528	0,109760	49,392
2	245x20	600	0,002940	1,323	0,005880	2,646
TOTAL					0,157623	70,930

36 - Forro estrutural (tetos)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
56	800x20	1200	0,019200	9,600	1,075200	537,600
3	800x20	1150	0,018400	9,200	0,055200	27,600
4	800x20	800	0,012800	6,400	0,051200	25,600
3	800x20	775	0,012400	6,200	0,037200	18,600
2	800x20	450	0,007200	3,600	0,014400	7,200
4	800x20	40	0,000640	0,320	0,002560	1,280
1	800x20	50	0,000800	0,400	0,000800	0,400
4	569x20	1200	0,013656	6,828	0,054624	27,312
1	569x20	750	0,008535	4,268	0,008535	4,268
1	569x20	450	0,005121	2,561	0,005121	2,561
5	468x20	1200	0,011232	5,616	0,056160	28,080
TOTAL					1,361000	680,500

37 - Telha asfáltica (68,7m ²)						
Un	S (mm)	C (mm)	V Un (m ³)	P Un (Kg)	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
12	150x50	4479	0,033593	15,117	0,403110	181,400
TOTAL					1,054478	474,515



38 – VALORES TOTAIS PARA A HABITAÇÃO COM UM QUARTO**		
Componente	V Tot (m ³)	P Tot (Kg)
Fundações	2,332640	1376,334
Pavimento	8,829719	2292,774
Paredes	21,002865	6291,355
Cobertura	3,252121	1562,563
SUBTOTAL	35,417344	11523,026
Restantes elementos (10%)	3,541734	1152,303
TOTAL	38,959078	12675,329

* Estabeleceu-se adicionar a percentagem referida na tabela aos totais obtidos como forma de integrar na contabilização, elementos como as caixilharias de portas e janelas, elementos metálicos (barreiras anti-térmitas subterrâneas, cabos de contra-ventamento de fundações, de saída de fumos, elementos de wall bracing), armários e loiças.

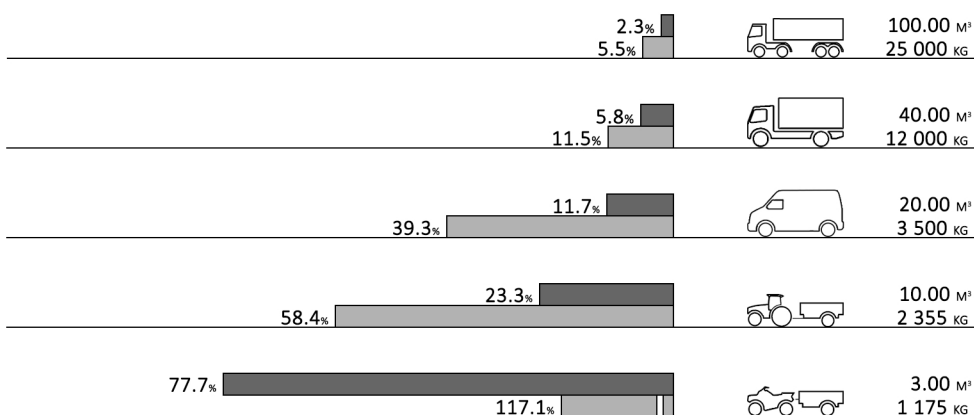
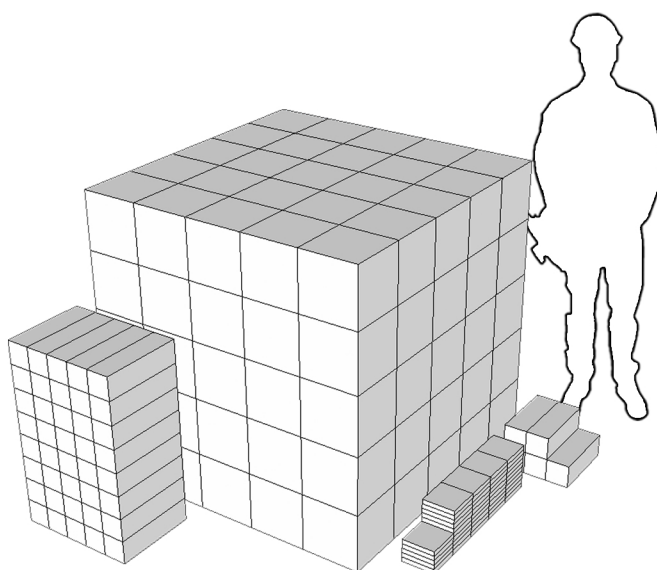
Diagramas de volume, peso e transporte dos elementos utilizados

- 01 Elementos para as fundações, habitação com um quarto
- 02 Elementos para o pavimento, habitação com um quarto
- 03 Elementos para as paredes, habitação com um quarto
- 04 Elementos para a cobertura, habitação com um quarto
- 05 Outros elementos utilizados, habitação com um quarto
- 06 Totalidade dos elementos utilizados, habitação com um quarto
- 07 Volume dos elementos / espaço encapsulado, habitação com um quarto
- 08 Exemplo da relação volume / espaço encapsulado, depósitos de água
- 09 Volume e peso dos elementos necessários, habitação com dois quartos

Legenda:

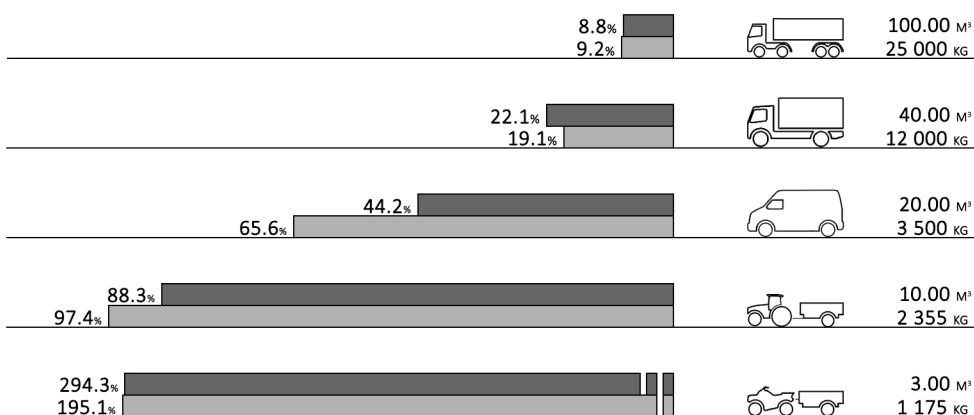
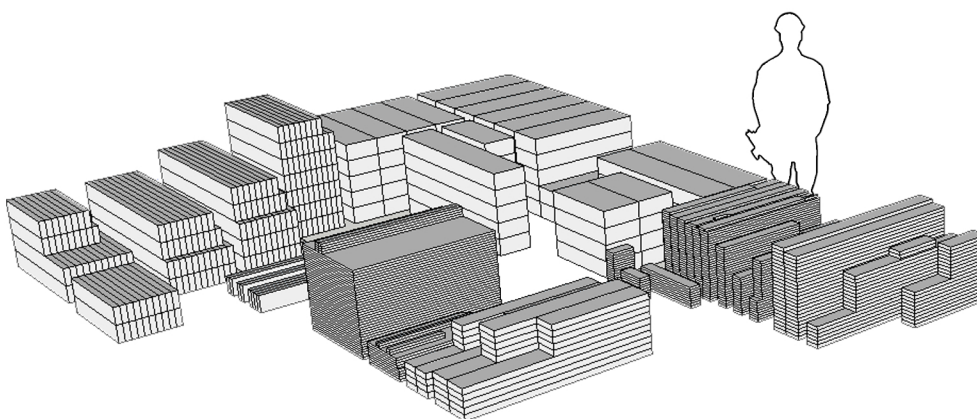
Semirreboque		Tautline Mega, Brunotir Transportes S.A.
Camião pesado		Transactor Logistica Lda.
Carrinha ligeira		Torrestir Transitários, Lda.
Trator		Jonh Deere 5E 3 4WD com reboque
Quadriciclo		Polaris Ranger 570 EPS com reboque

VOLUME TOTAL 38.95 M ³	6.0%	VOLUME FUNDAÇÕES	2.33 M ³
PESO TOTAL 12 675 KG	10.9%	PESO FUNDAÇÕES	1 376 KG



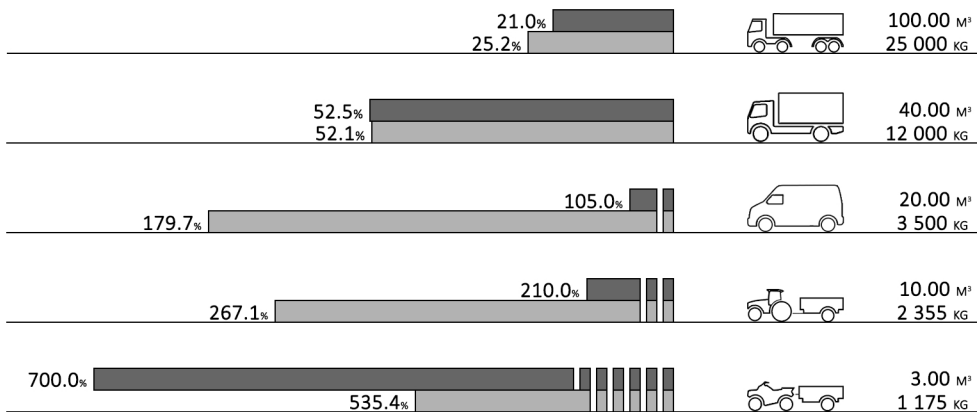
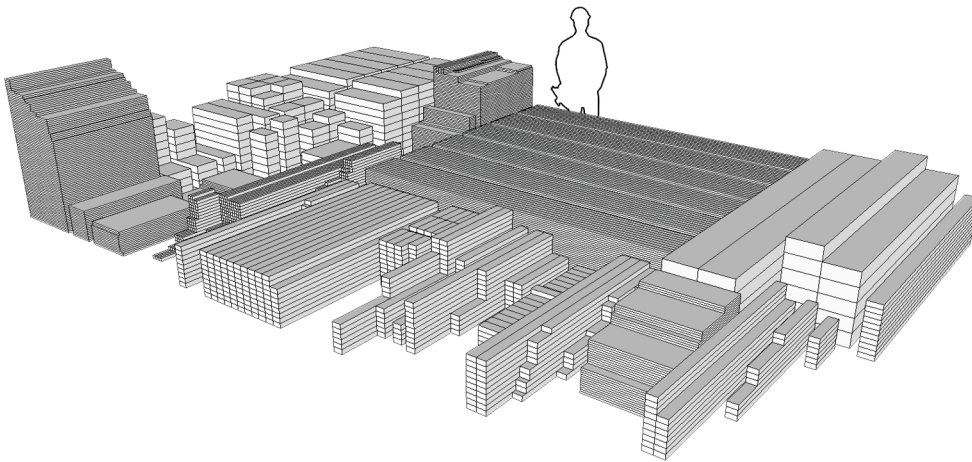
01 Elementos para as fundações, habitação com um quarto

VOLUME TOTAL 38.95 M ³	22.7%	VOLUME PAVIMENTO 8.83 M ³
PESO TOTAL 12 675 KG	18.1%	PESO PAVIMENTO 2 293 KG



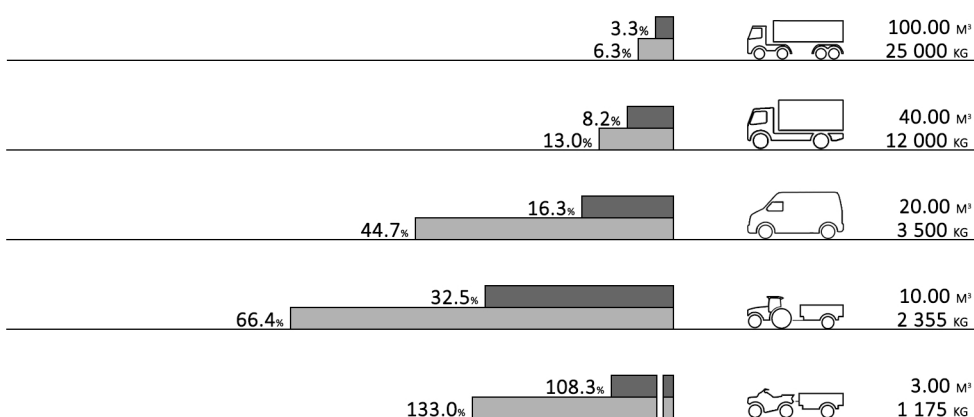
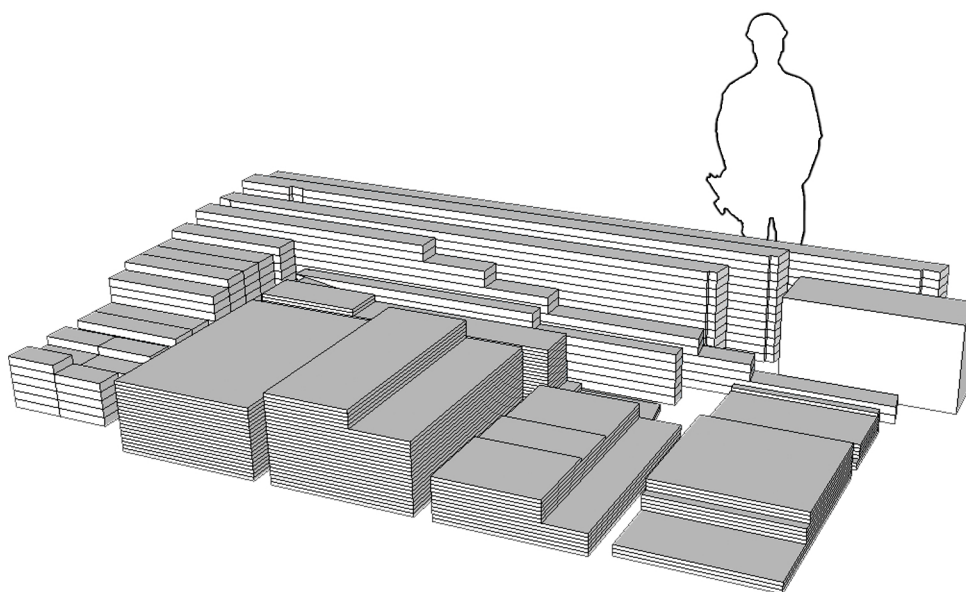
02 Elementos para o pavimento, habitação com um quarto

VOLUME TOTAL 38.95 M ³	53.9%	VOLUME PAREDES 21.00 M ³
PESO TOTAL 12 675 KG	49.6%	PESO PAREDES 6 291 KG



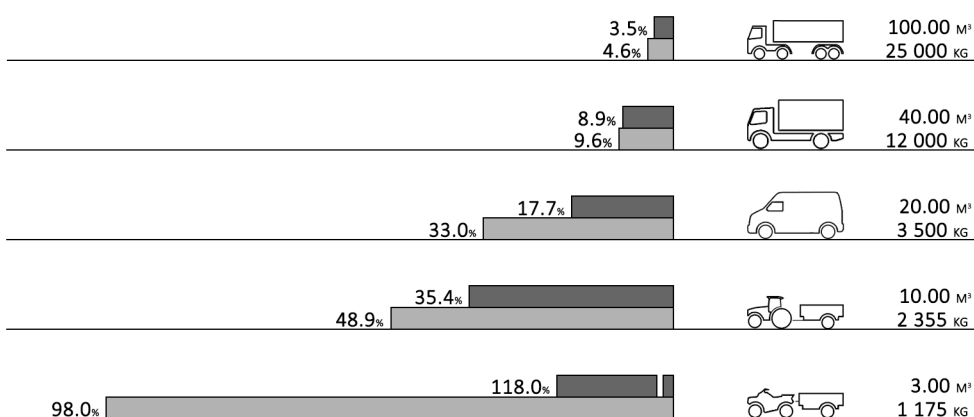
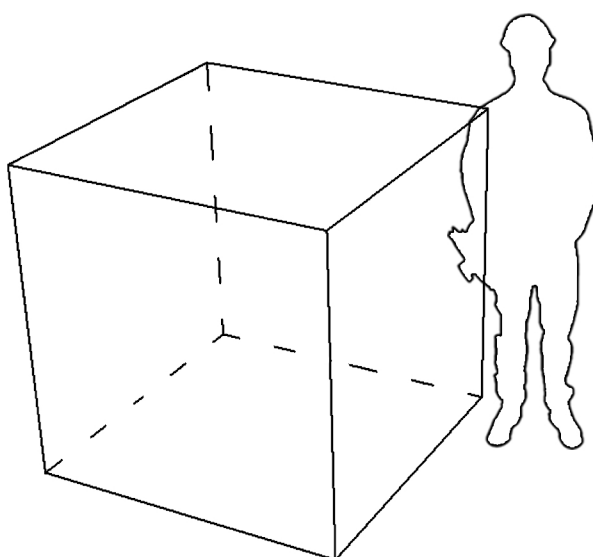
03 Elementos para as paredes, habitação com um quarto

VOLUME TOTAL 38.95 M ³	8.4%	VOLUME COBERTURA 3.25 M ³
PESO TOTAL 12 675 KG	12.3%	PESO COBERTURA 1 563 KG



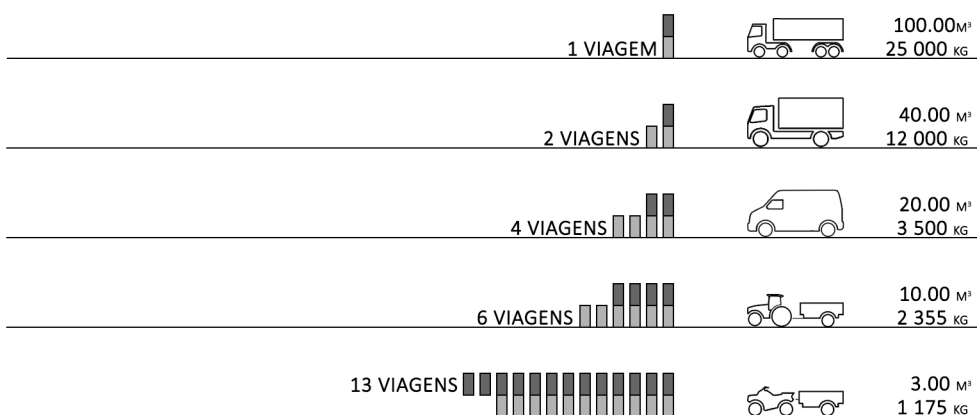
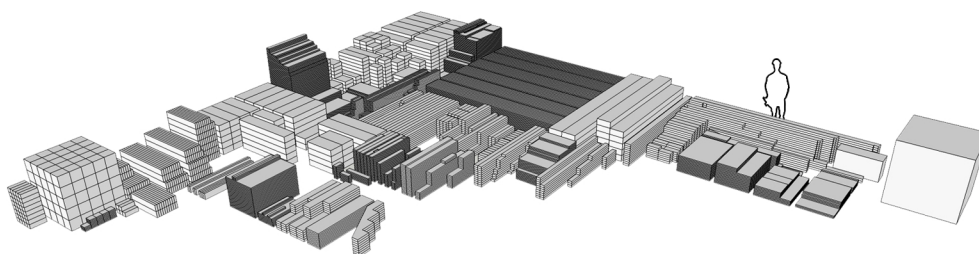
04 Elementos para a cobertura, habitação com um quarto

VOLUME TOTAL 38.95 M ³	9.1%	VOLUME OUTROS	3.54 M ³
PESO TOTAL 12 675 KG	9.1%	PESO OUTROS	1 152 KG



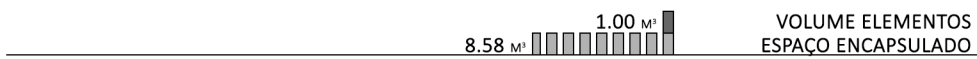
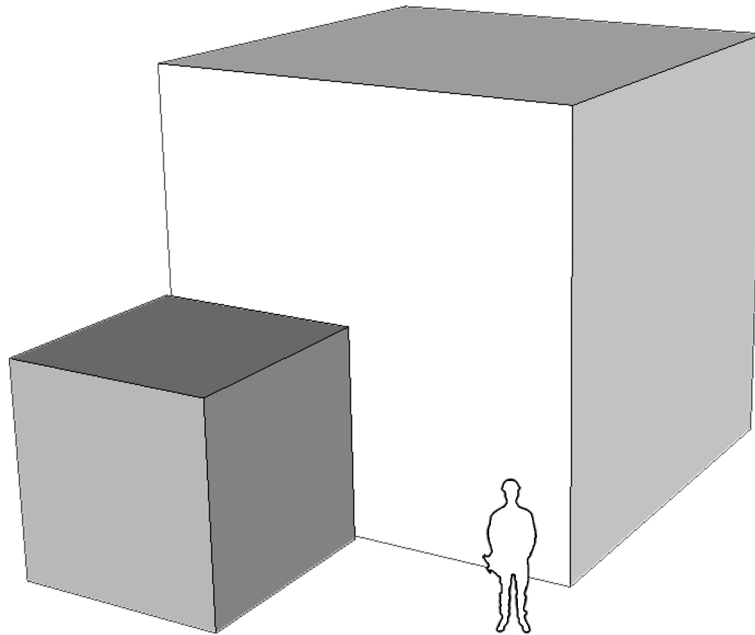
05 Outros elementos utilizados, habitação com um quarto

OUT 9.1%	COB 8.4%	PAR 53.8%	PAV 22.6%	FUN 6.0%	VOLUME TOTAL 38.95 M ³
OUT 9.1%	COB 12.3%	PAR 49.6%	PAV 18.1%	FUN 10.9%	PESO TOTAL 12 675 KG



06 Totalidade dos elementos utilizados, habitação com um quarto

	VOLUME ELEMENTOS	27.79 M ³
	ESPAÇO ENCAPSULADO	238.30 M ³



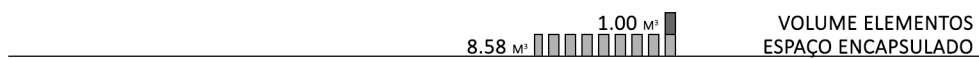
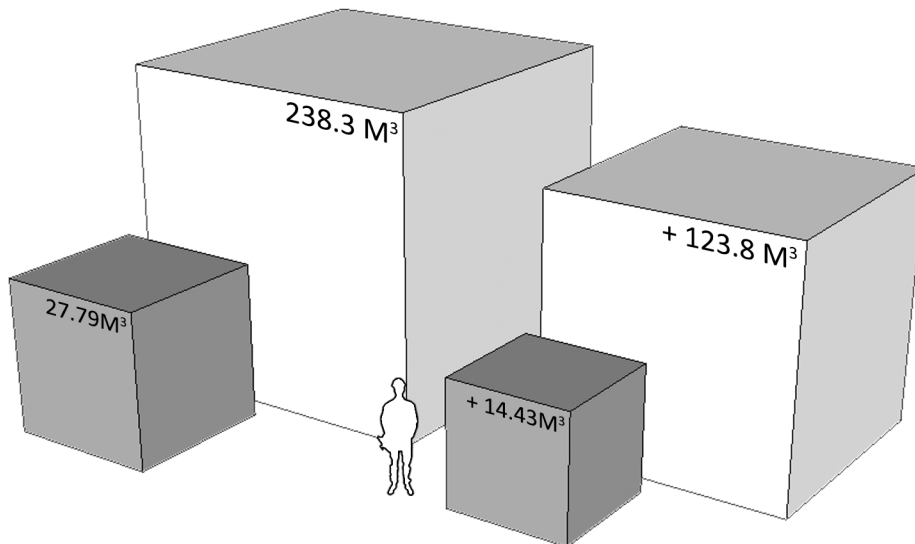
07 Volume dos elementos / espaço encapsulado, habitação com um quarto

DEPOSITO 1 000 L



08 Exemplo da relação entre o volume dos elementos e espaço encapsulado

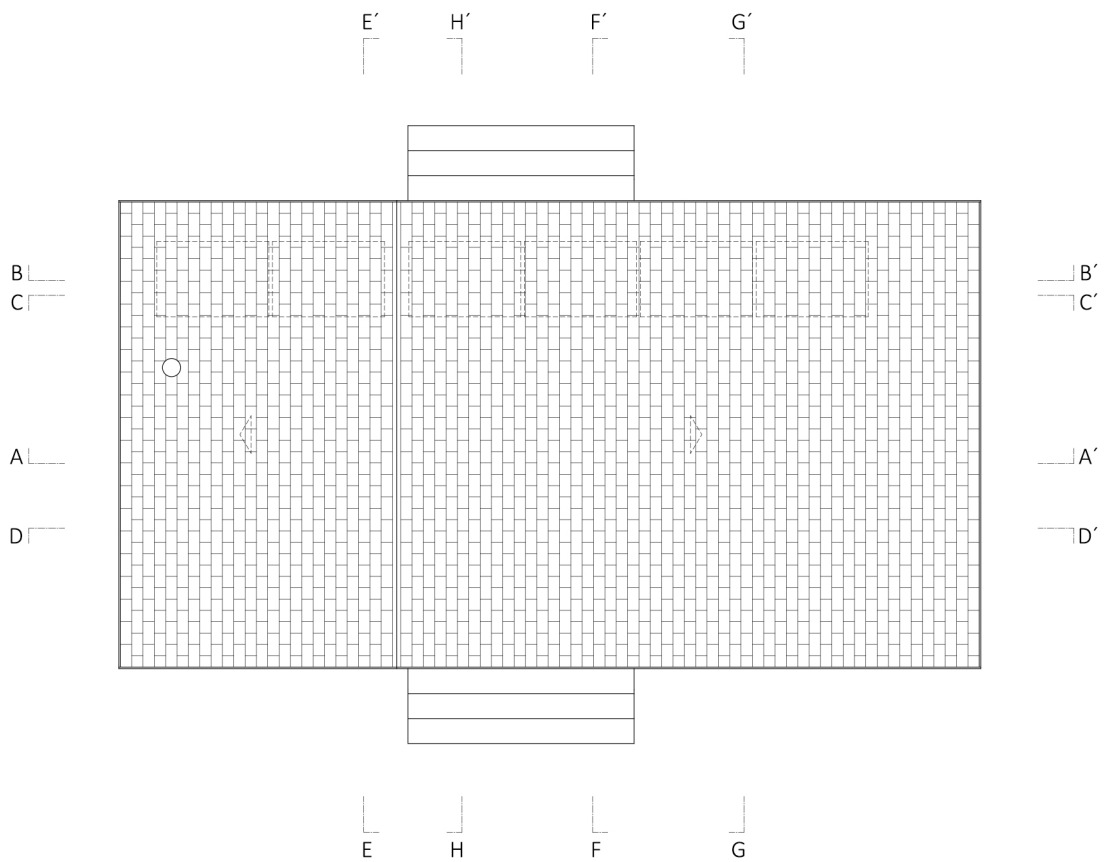
	VOLUME ELEMENTOS	42.23 M ³
	ESPAÇO ENCAPSULADO	362.10 M ³



09 Volume e peso do elementos necessários, habitação com dois quartos

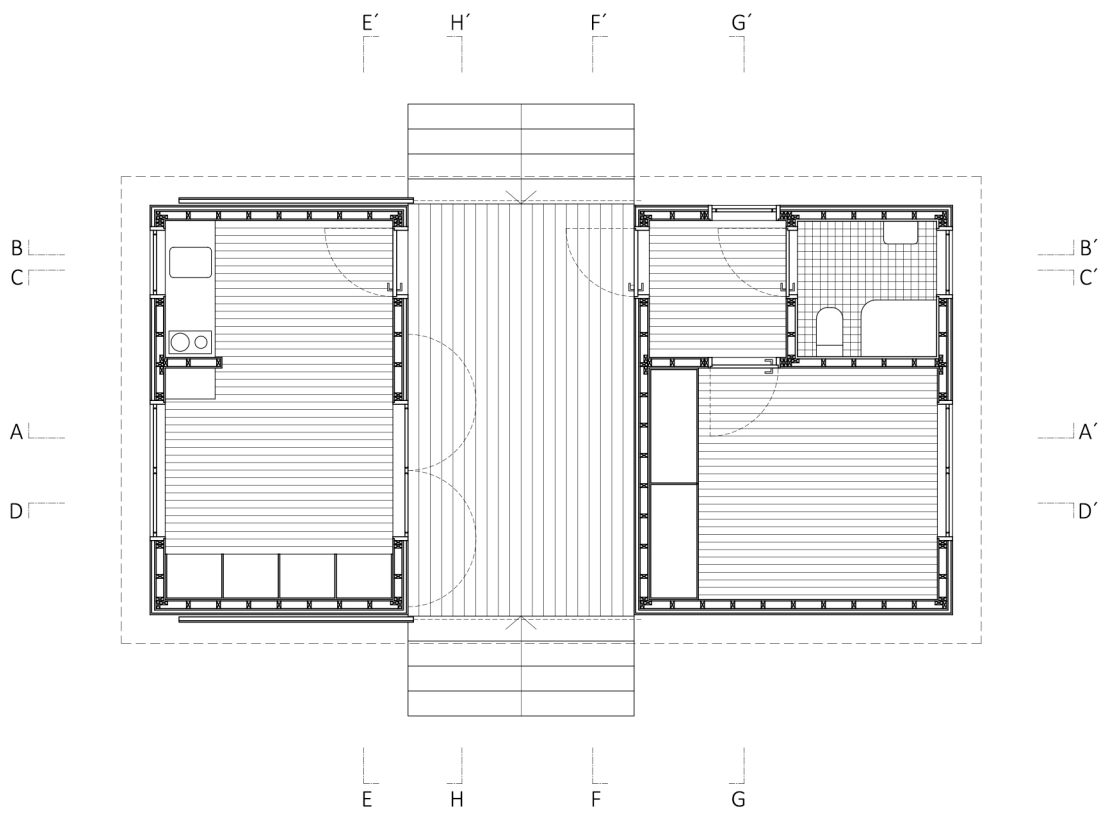
Desenhos da proposta

01	Planta de cobertura, habitação com um quarto	1:100
02	Planta de piso, habitação com um quarto	1:100
03	Planta de piso com mobiliário, habitação com um quarto	1:100
04	Alçados principal e posterior, habitação com um quarto	1:100
05	Alçados lateral direito e esquerdo, habitação com um quarto	1:100
06	Cortes AA' e BB', habitação com um quarto	1:100
07	Cortes CC' e DD', habitação com um quarto	1:100
08	Cortes EE' e FF', habitação com um quarto	1:100
09	Cortes GG' e HH', habitação com um quarto	1:100
10	Planta de cobertura, habitação com dois quartos	1:100
11	Planta de piso, habitação com dois quartos	1:100
12	Planta de piso com mobiliário, habitação com dois quartos	1:100
13	Alçados principal e posterior, habitação com dois quartos	1:100
14	Alçados lateral direito e esquerdo, habitação com dois quartos	1:100
15	Cortes AA' e BB', habitação com dois quartos	1:100
16	Cortes CC' e DD', habitação com dois quartos	1:100
17	Cortes EE' e FF', habitação com dois quartos	1:100
18	Cortes GG' e HH', habitação com dois quartos	1:100
19	Pormenor em planta, cunhal de parede exterior	1:10
20	Pormenor em planta, interceção de paredes	1:10
21	Pormenor em planta, cunhal de parede exterior	1:10
22	Pormenor em planta, interceção de paredes	1:10
23	Pormenor em corte, fundações e pavimento do alpendre	1:10
24	Pormenor em corte, interceção de pavimento e parede exterior	1:10
25	Pormenor em corte, interceção de pavimento e parede exterior	1:10
26	Pormenor em corte, interceção de pavimento e parede exterior	1:10
27	Pormenor em corte, beirado de cobertura	1:10
28	Pormenor em corte, cumeeira de cobertura	1:10
29	Pormenor em corte, parede exterior do alpendre	1:10



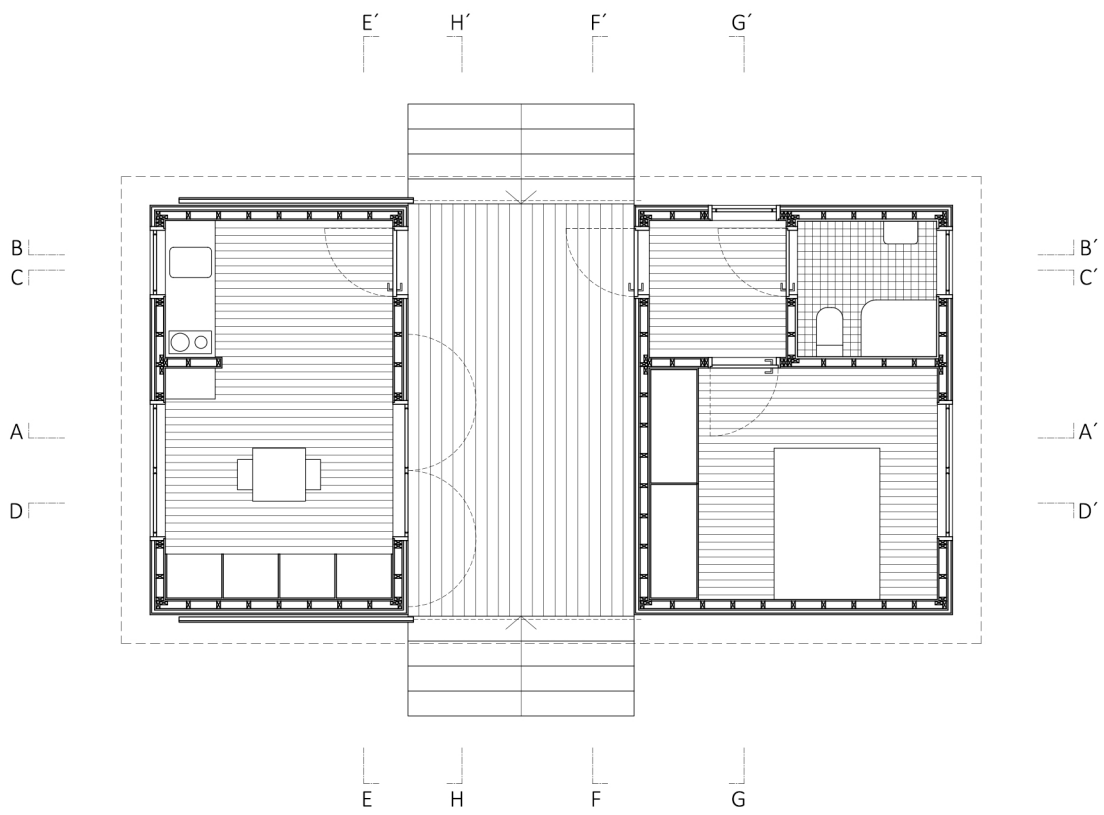
Planta de cobertura, habitação com um quarto

1:100



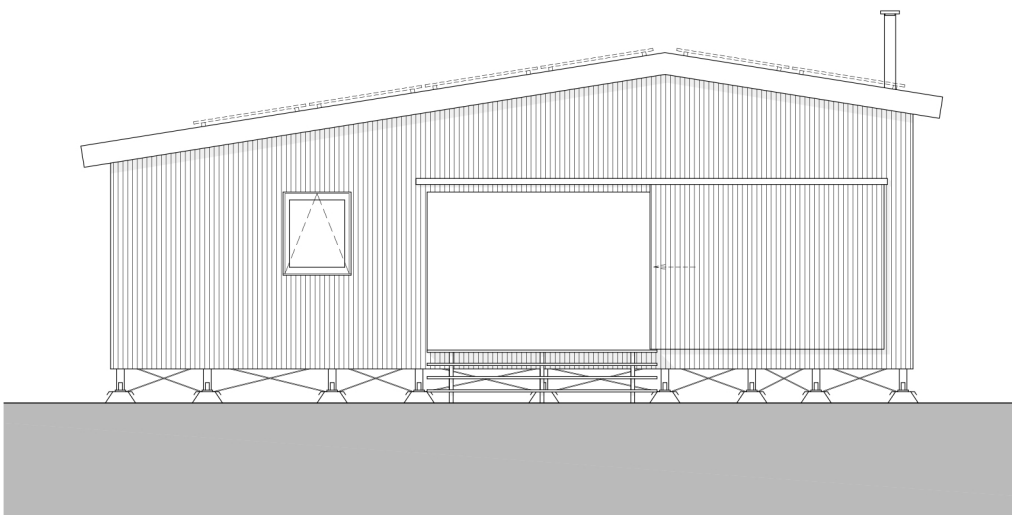
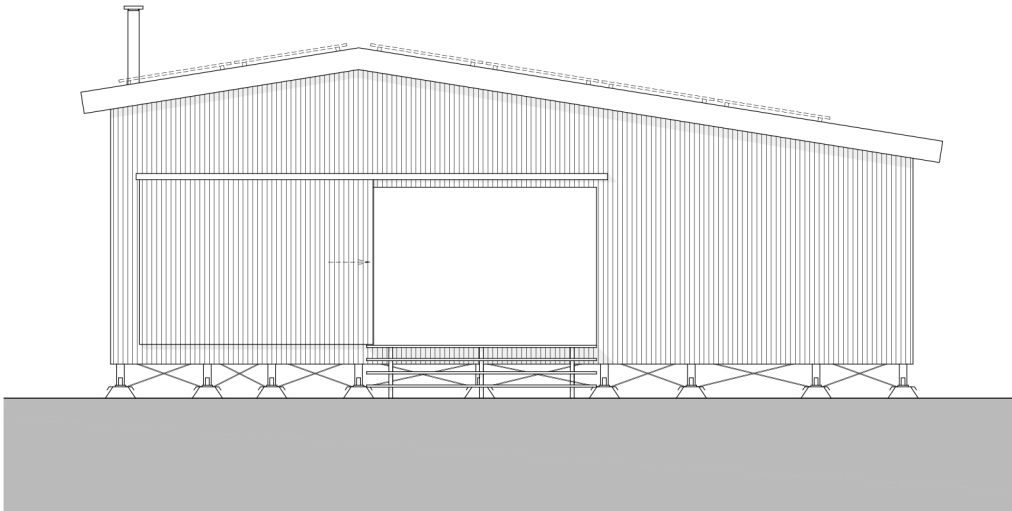
Planta de piso, habitação com um quarto

1:100



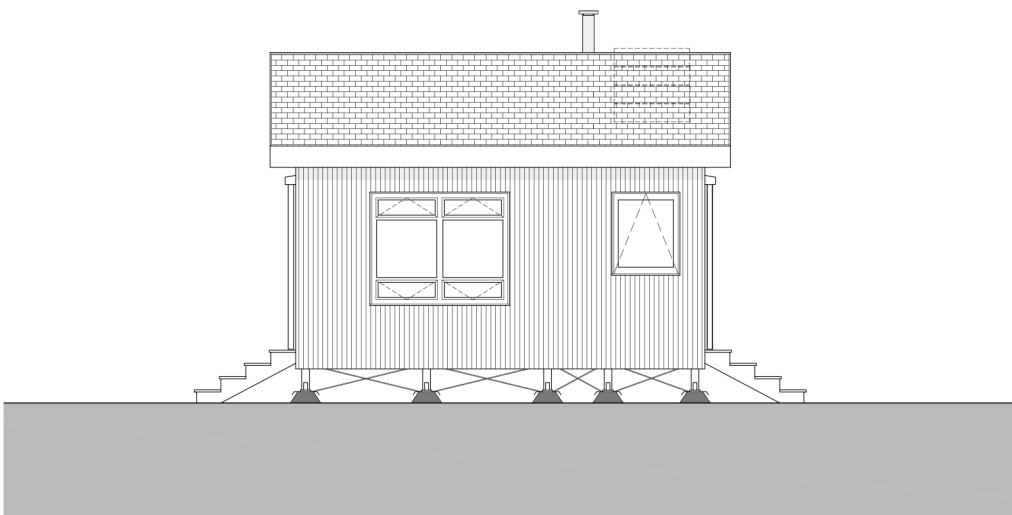
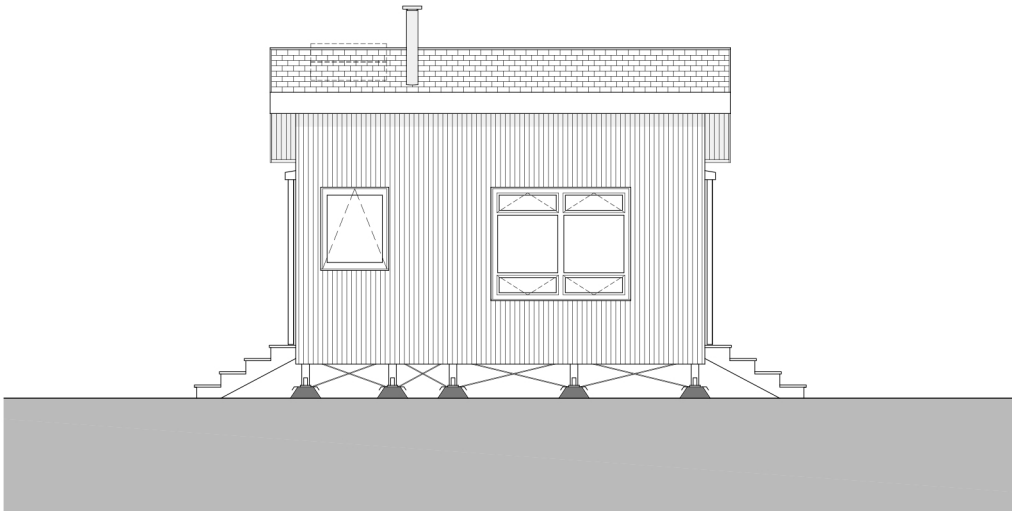
Planta de piso com mobiliário, habitação com um quarto

1:100



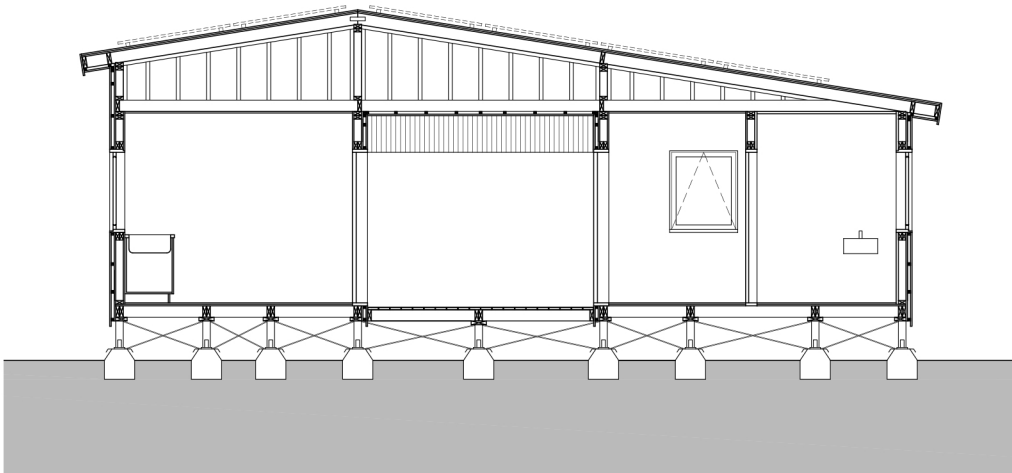
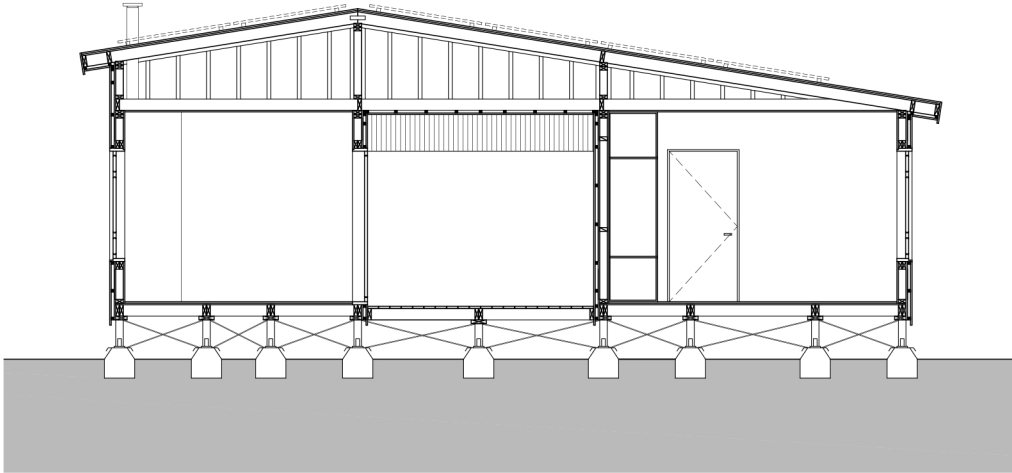
Alçados principal e posterior, habitação com um quarto

1:100



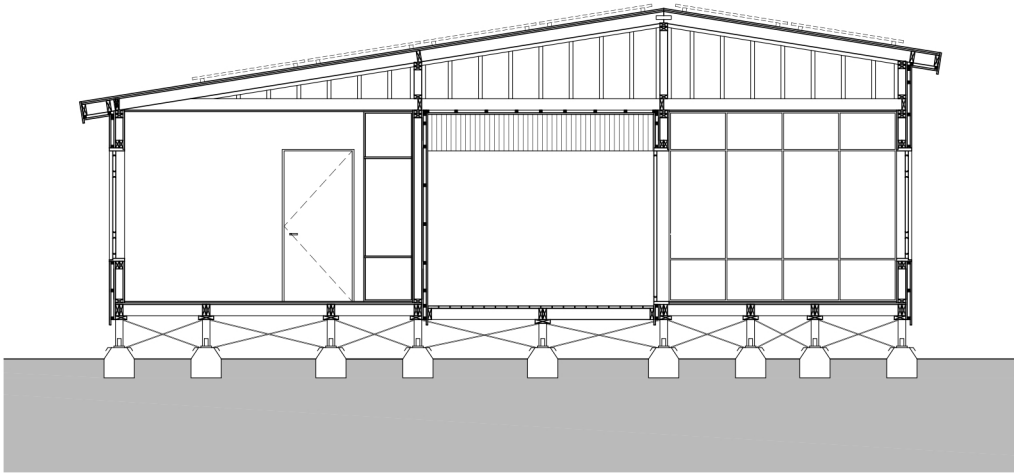
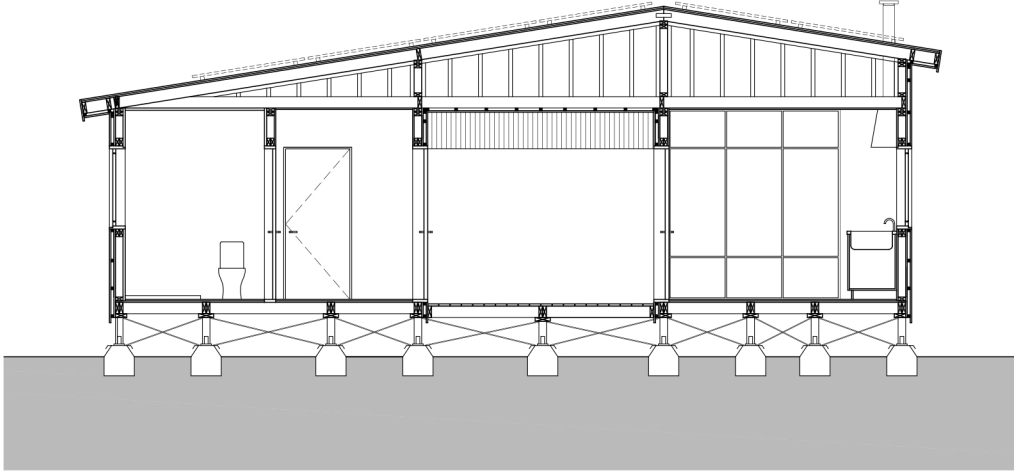
Alçados lateral direito e esquerdo, habitação com um quarto

1:100



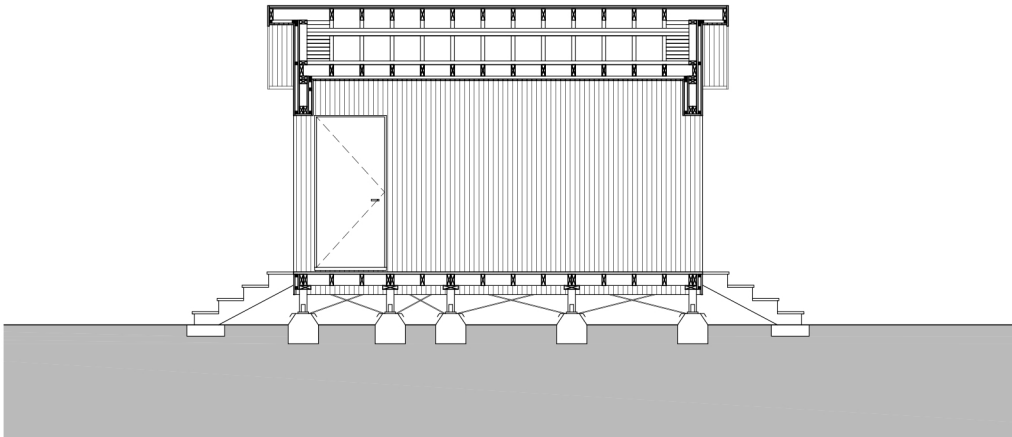
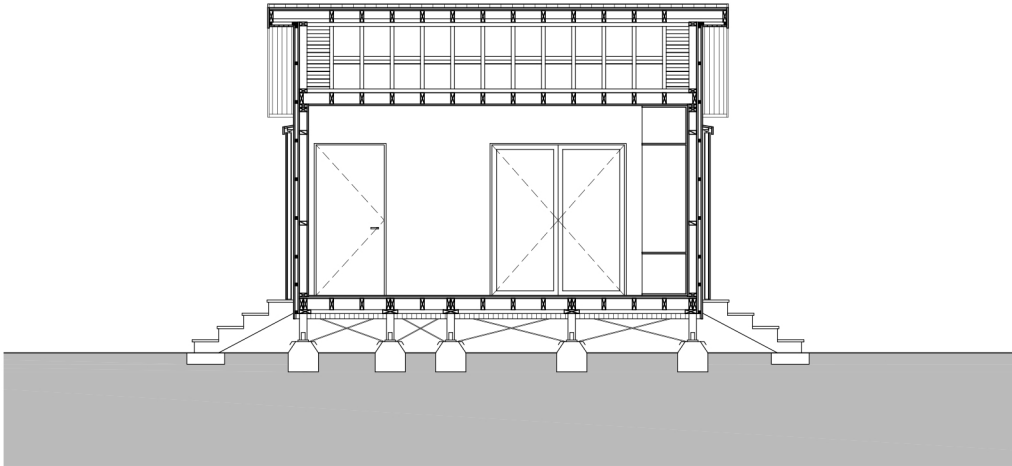
Cortes AA' e BB', habitação com um quarto

1:100



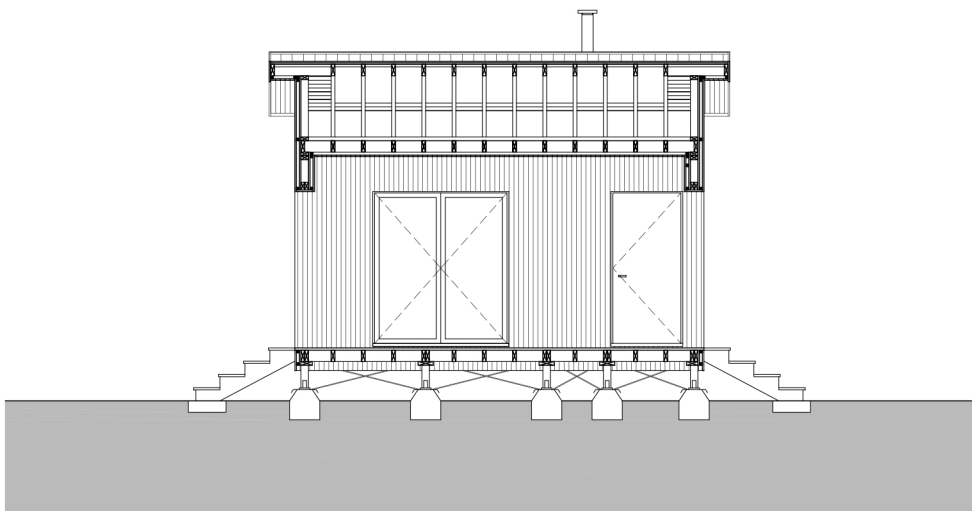
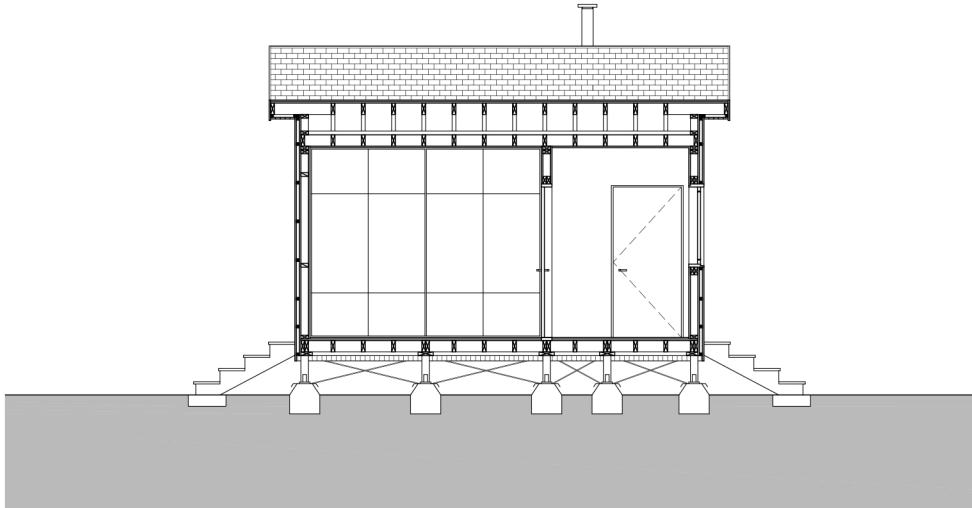
Cortes CC' e DD', habitação com um quarto

1:100



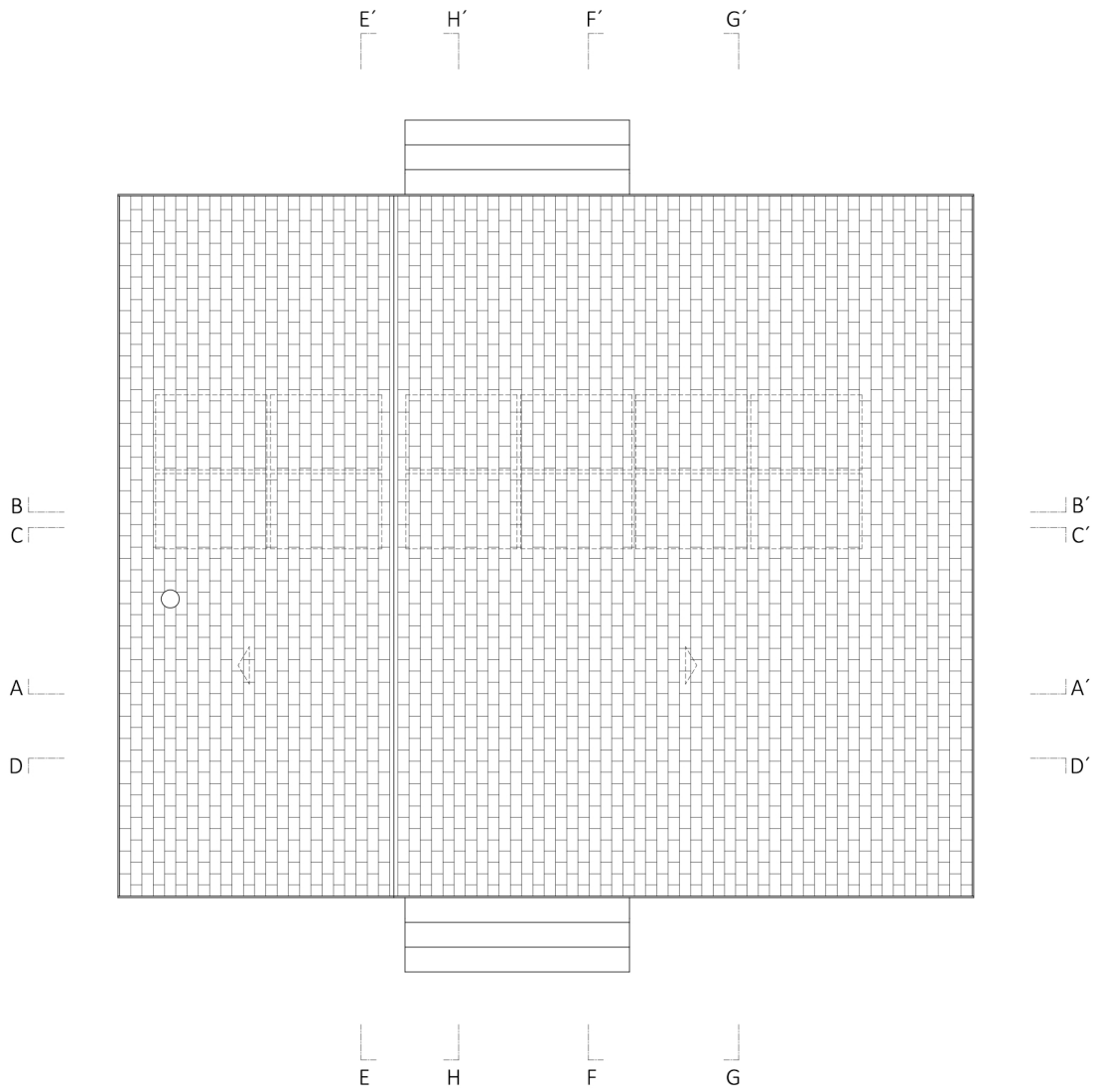
Cortes EE' e FF', habitação com um quarto

1:100



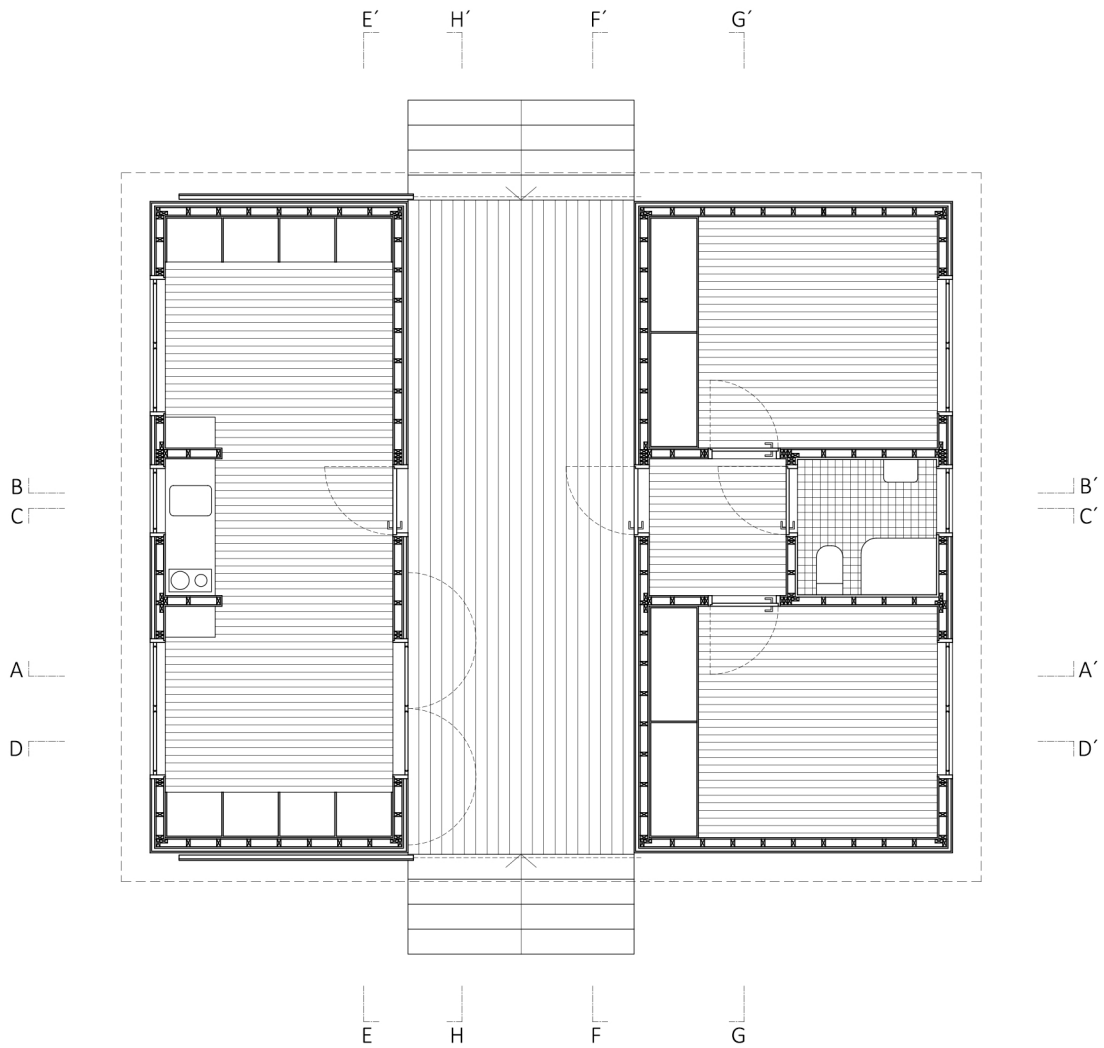
Cortes GG' e HH', habitação com um quarto

1:100



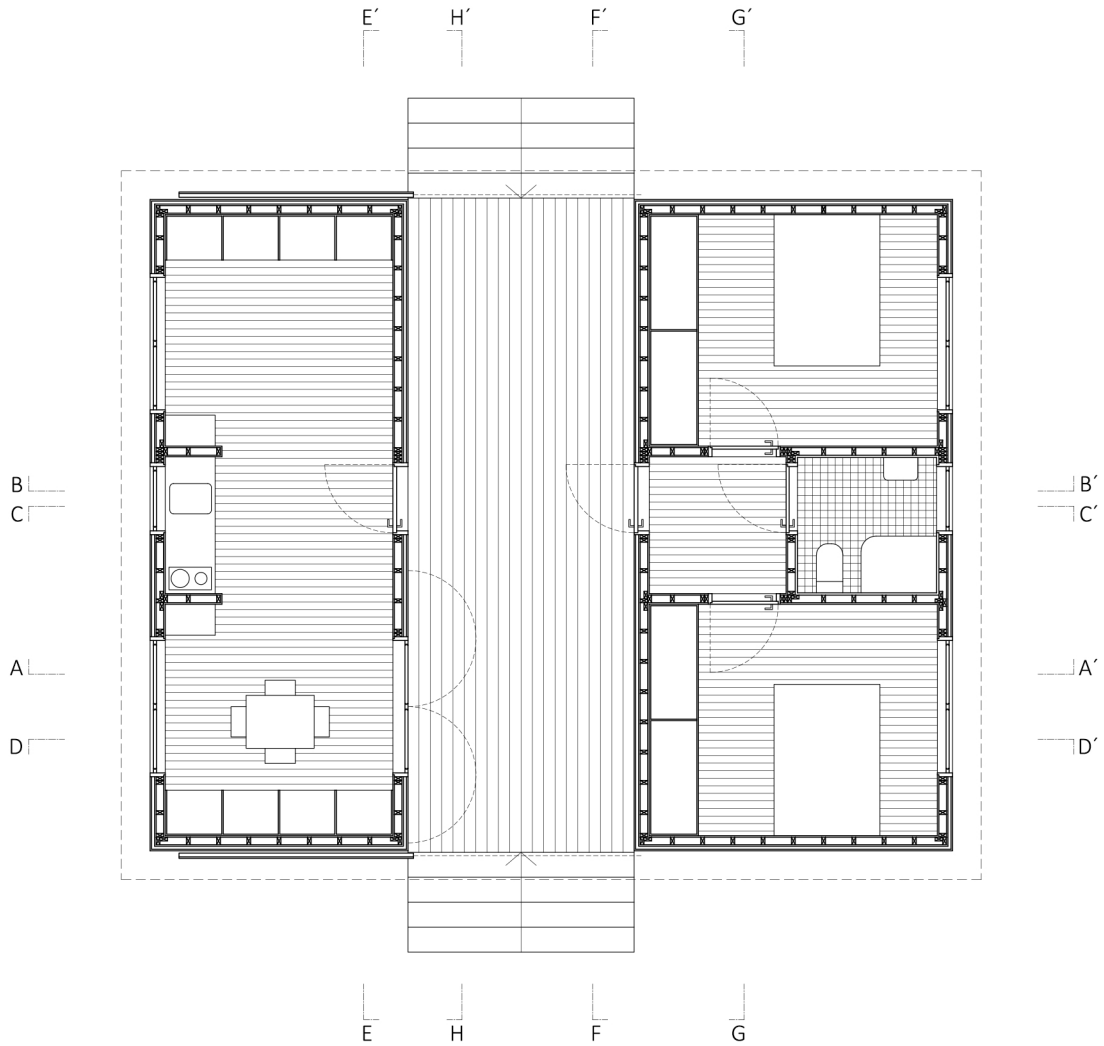
Planta de cobertura, habitação com dois quartos

1:100



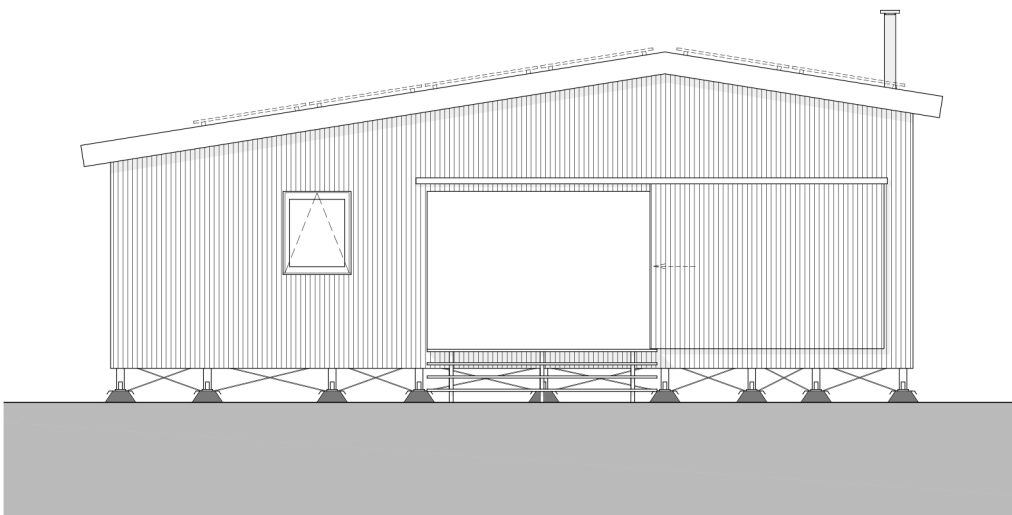
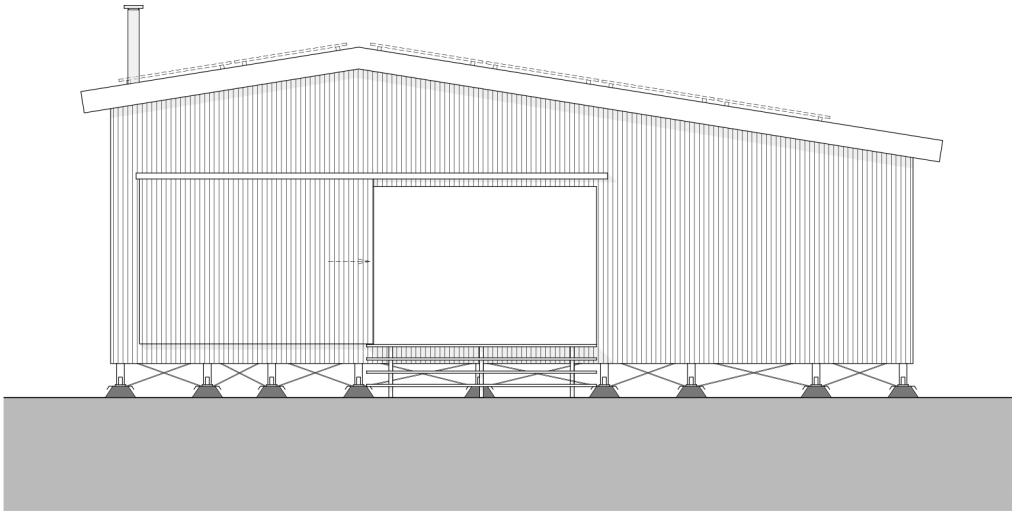
Planta de piso, habitação com dois quartos

1:100



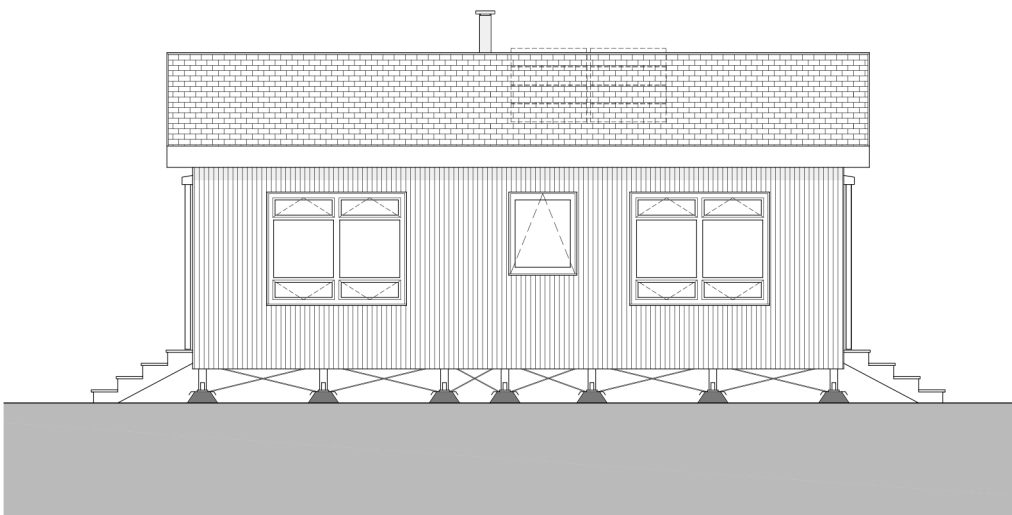
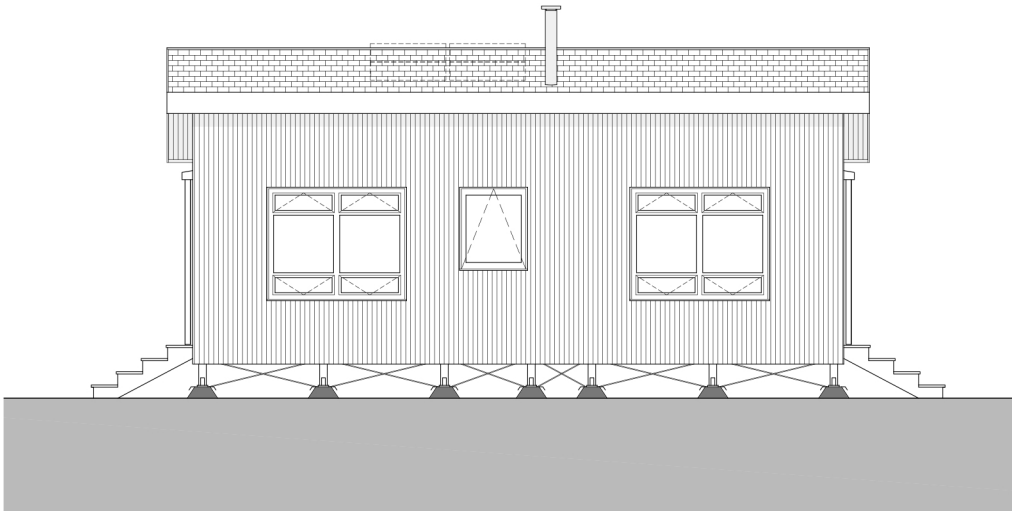
Planta de piso com mobiliário, habitação com dois quartos

1:100



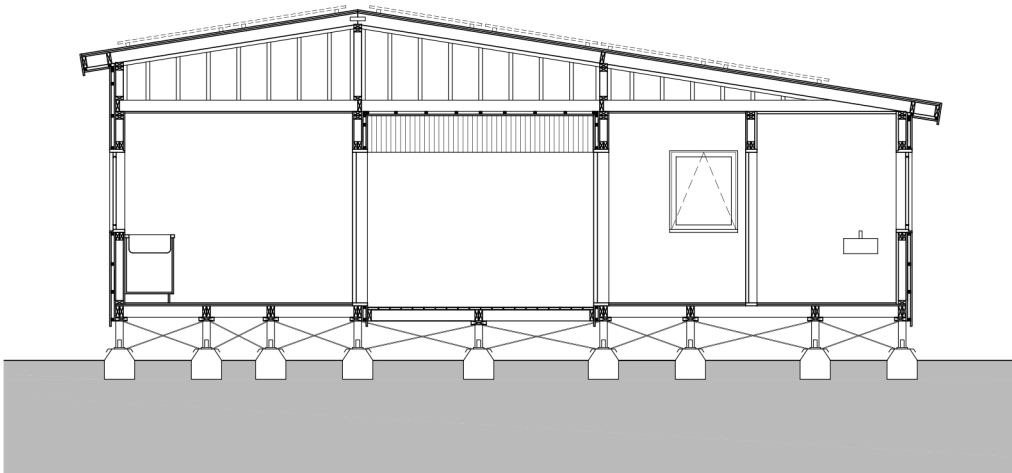
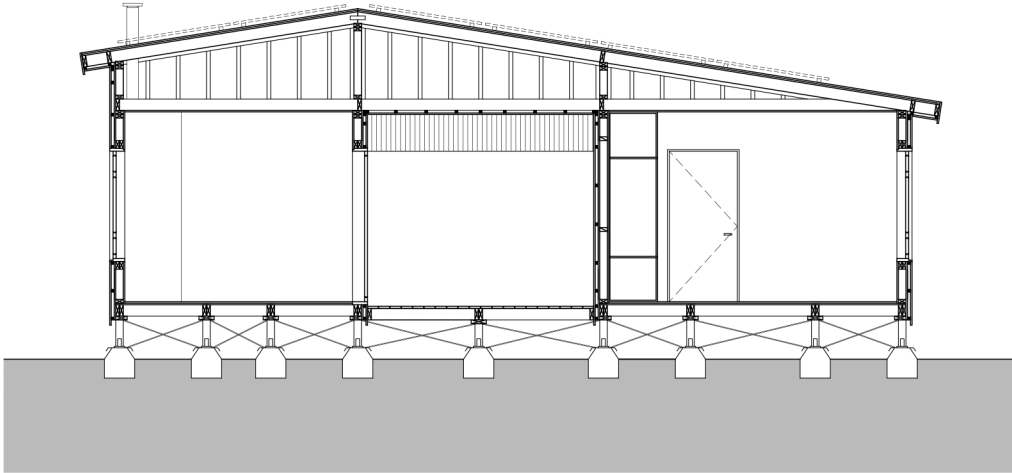
Alçados principal e posterior, habitação com dois quartos

1:100



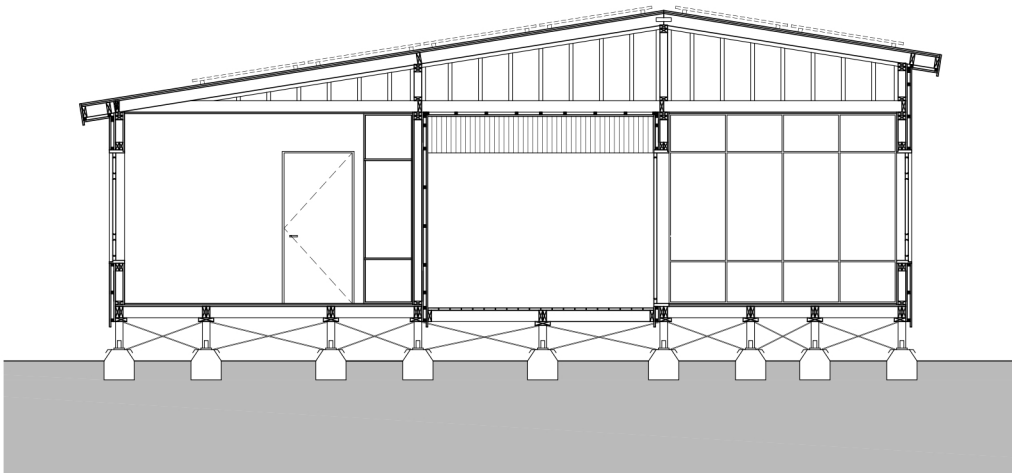
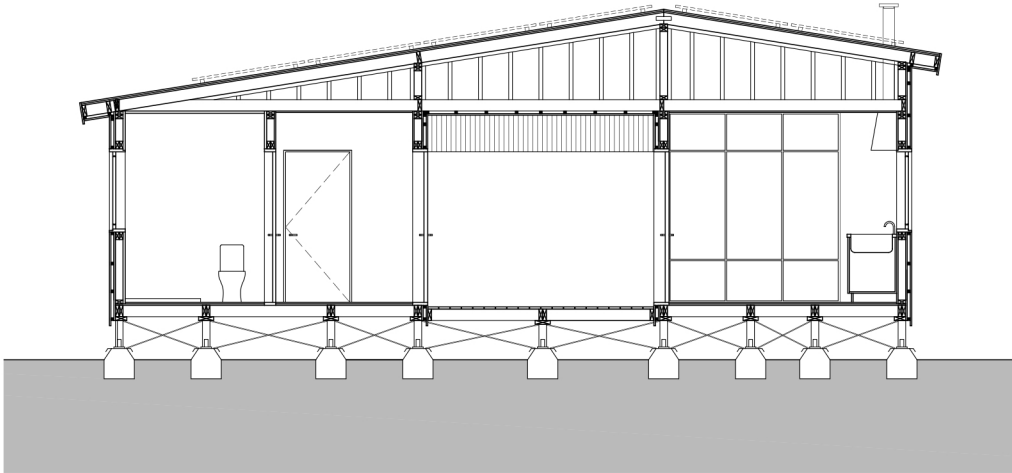
Alçados lateral direito e esquerdo, habitação com dois quartos

1:100



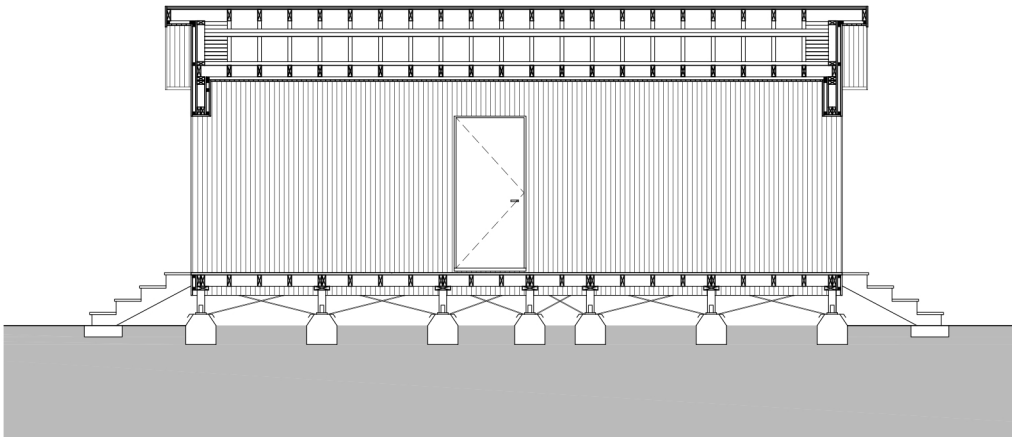
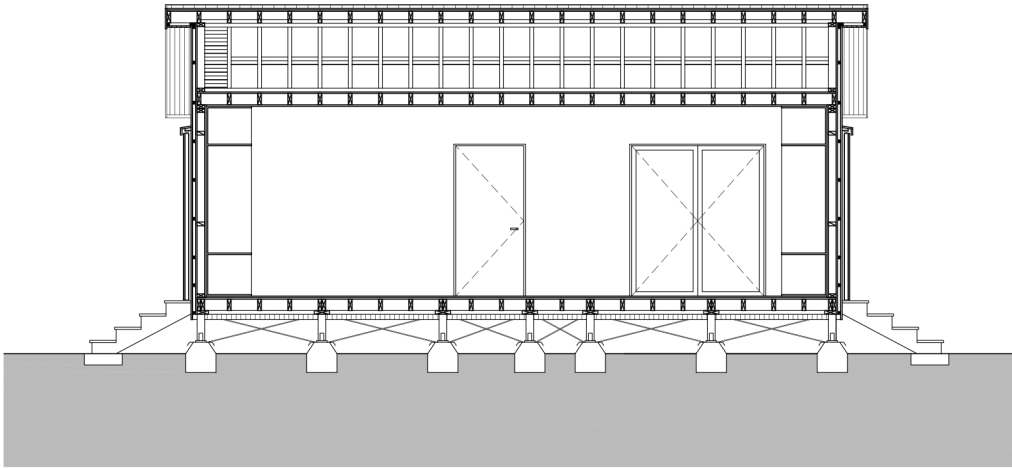
Cortes AA' e BB', habitação com dois quartos

1:100



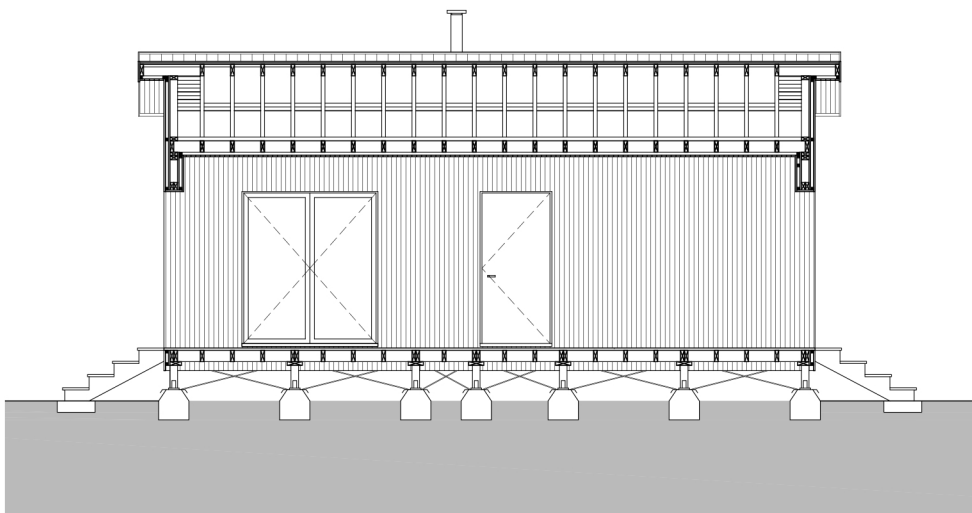
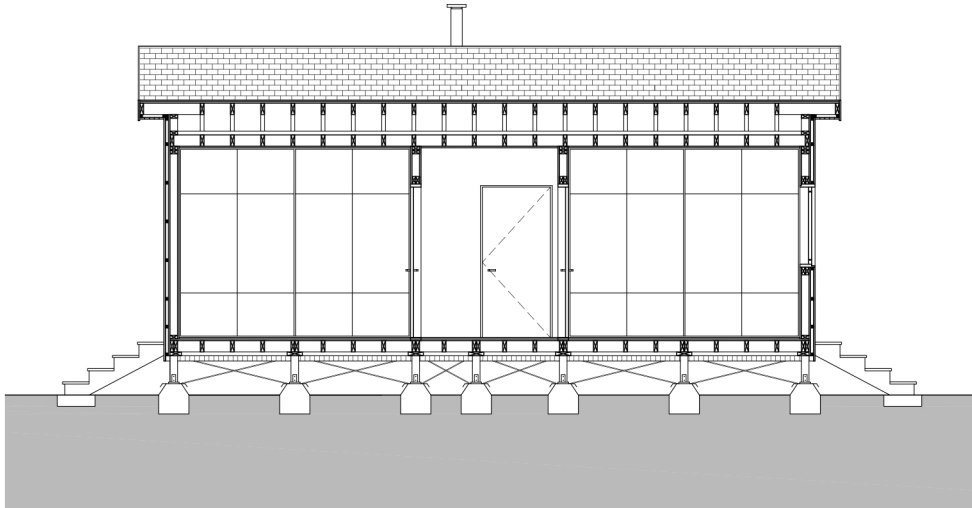
Cortes CC' e DD', habitação com dois quartos

1:100



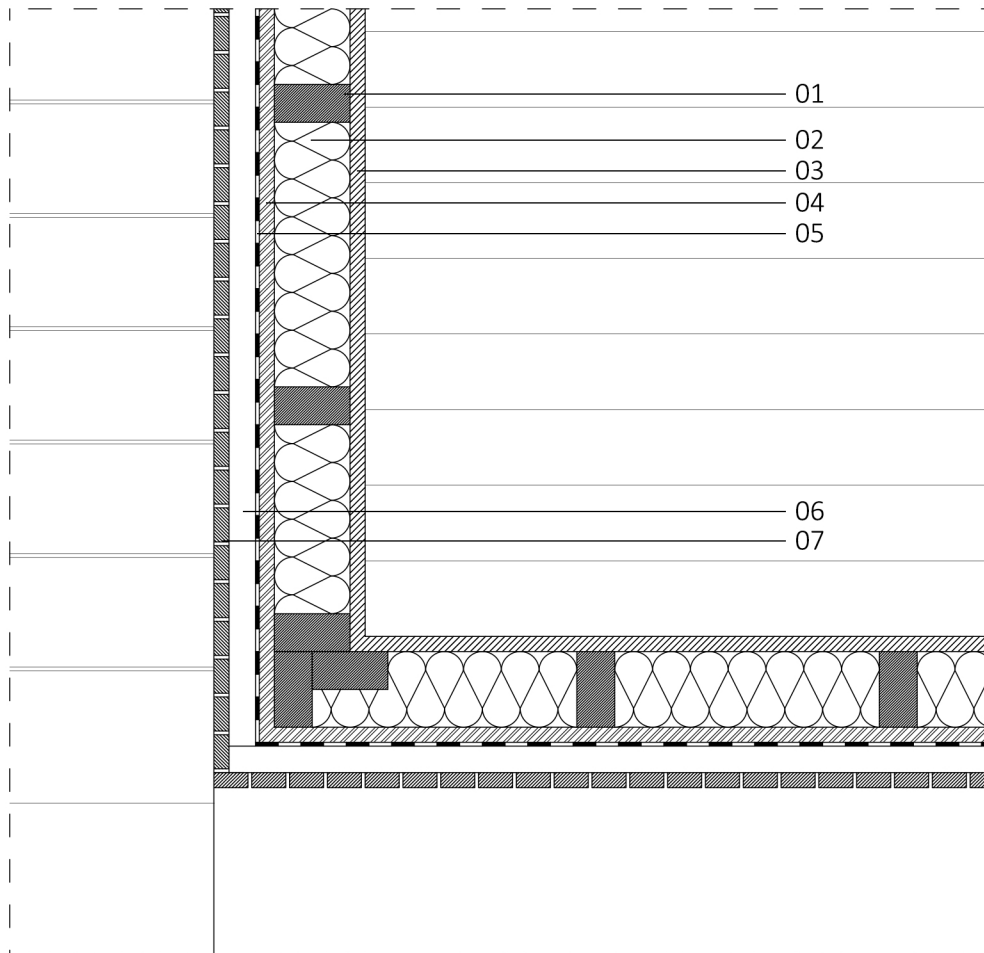
Cortes EE' e FF', habitação com dois quartos

1:100



Cortes GG' e HH', habitação com dois quartos

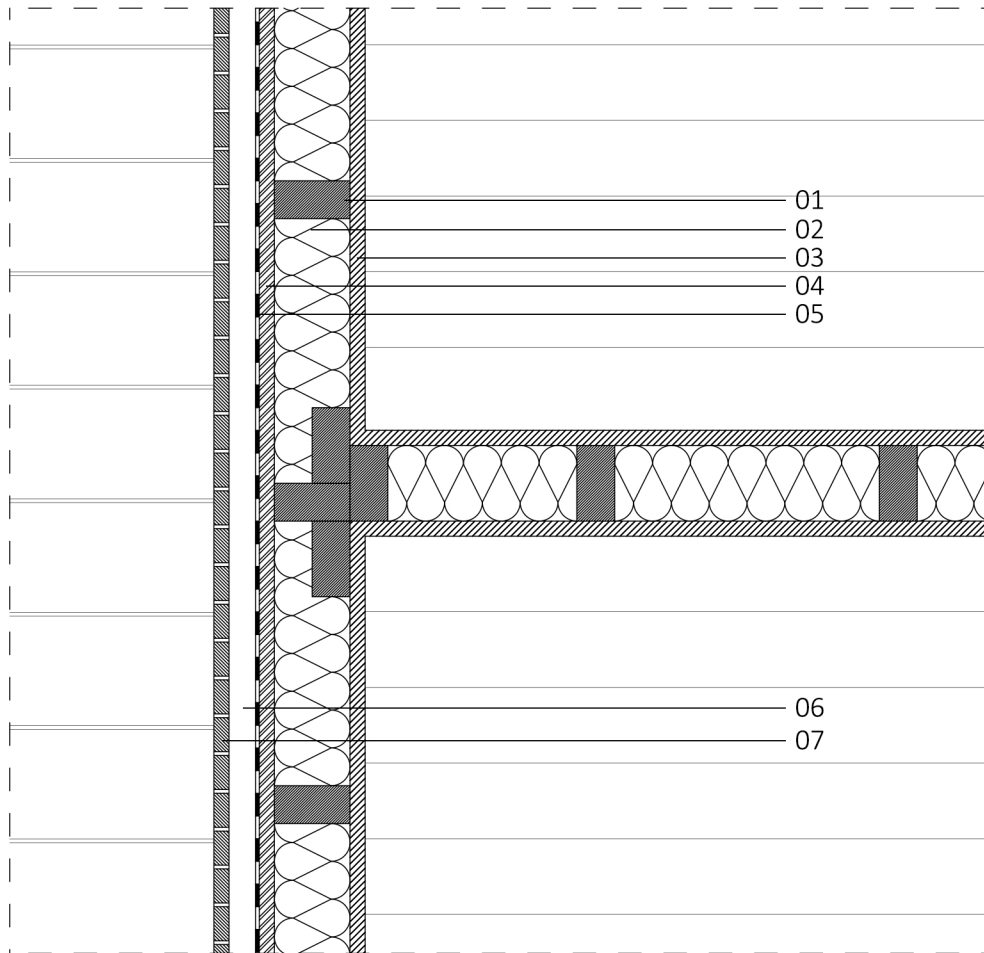
1:100



- 01 Prumos com espaçamento de 400mm
- 02 Isolamento térmico em manta de lã de rocha
- 03 Revestimento interior de parede em MDF
- 04 Forro estrutural em painéis de contraplacado
- 05 Barreira para-vento permeável ao vapor
- 06 Sarrafos de suporte ao revestimento exterior
- 07 Revestimento exterior

Pormenor em planta, cunhal de parede exterior

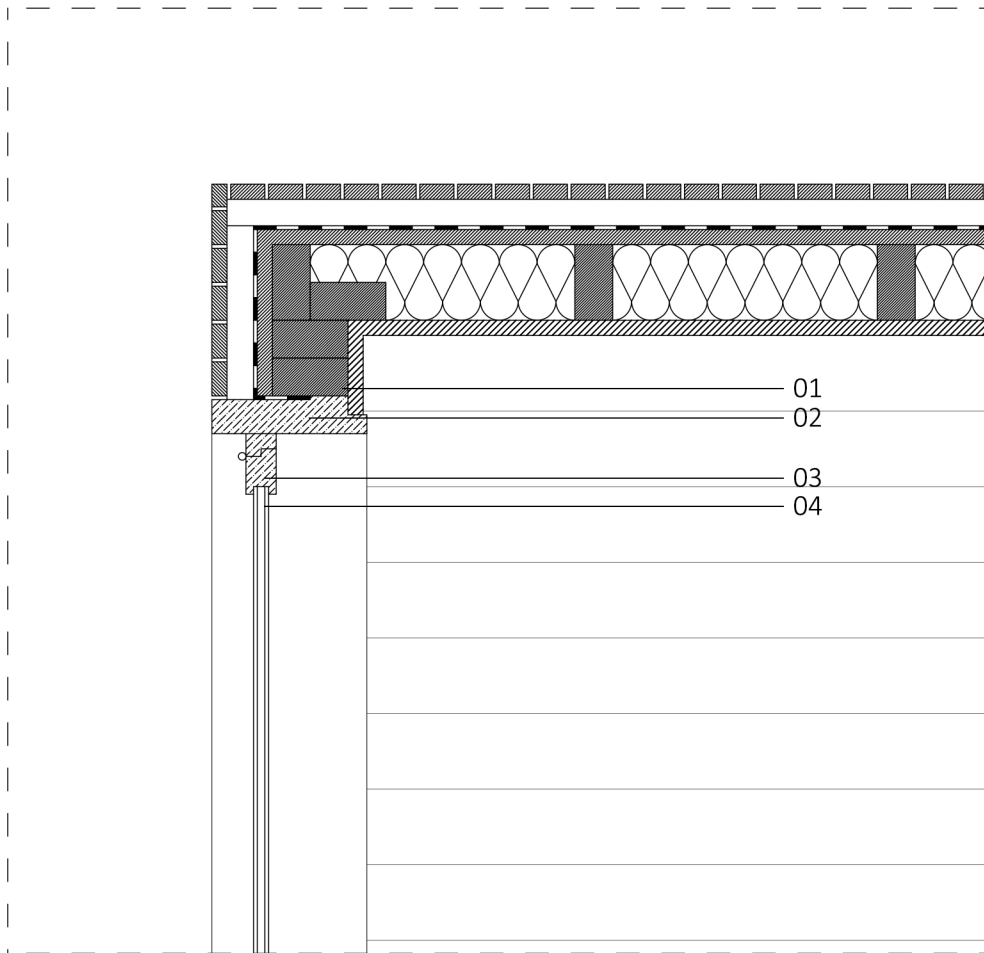
1:10



- 01 Prumos com espaçamento de 400mm
- 02 Isolamento térmico em manta de lã de rocha
- 03 Revestimento interior de parede em MDF
- 04 Forro estrutural em painéis de contraplacado
- 05 Barreira para-vento permeável ao vapor
- 06 Sarrafos de suporte ao revestimento exterior
- 07 Revestimento exterior

Pormenor em planta, interceção de paredes

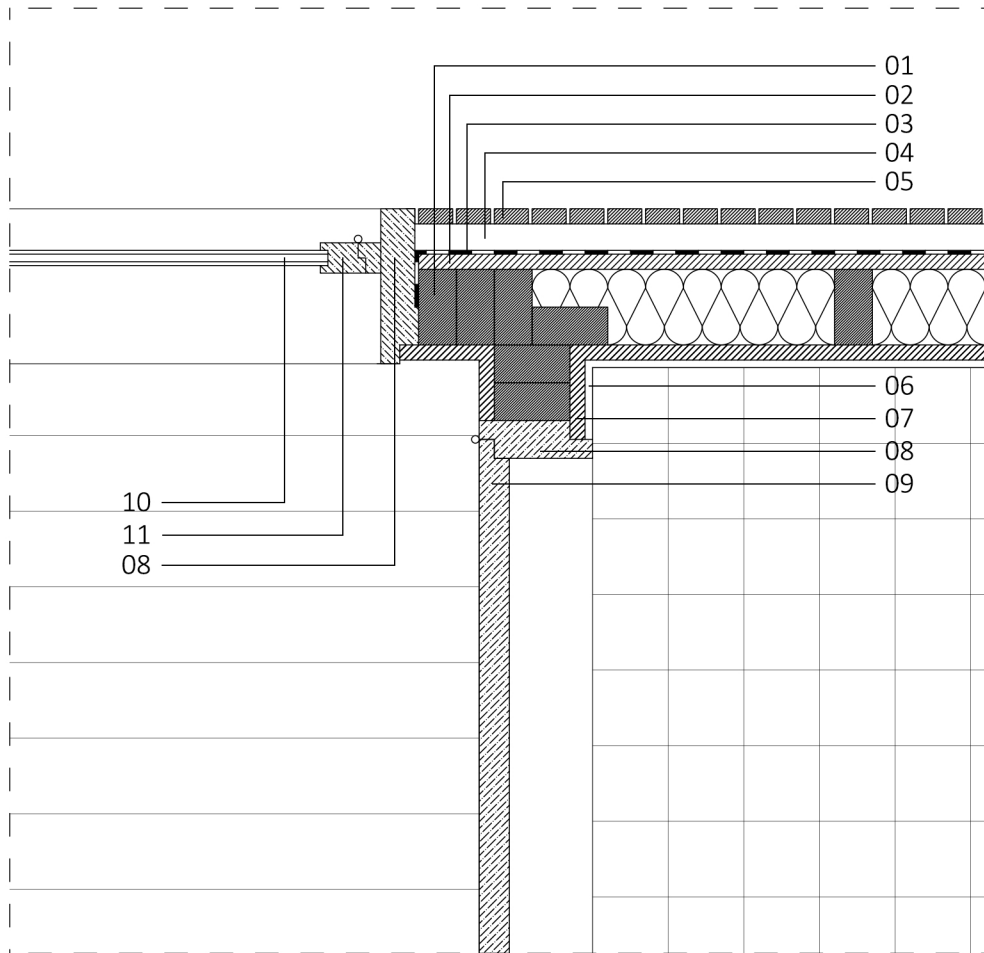
1:10



- 01 Prumos com espaçamento de 400mm
- 02 Aro de madeira
- 03 Caixilharia em madeira
- 04 Vidro duplo

Pormenor em planta, cunhal de parede exterior

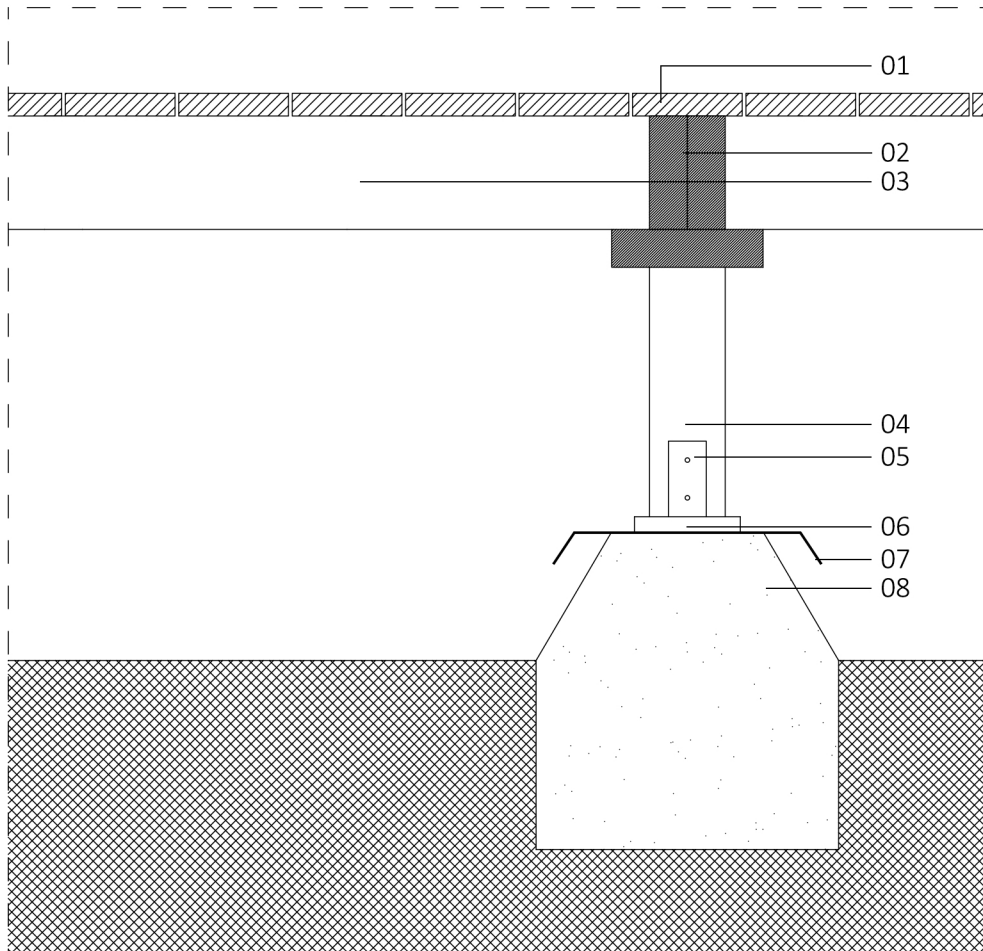
1:10



- 01 Prumos com espaçamento de 400mm
- 02 Forro estrutural em painéis de contraplacado
- 03 Barreira para-vento permeável ao vapor
- 04 Sarrafos de suporte ao revestimento exterior
- 05 Revestimento exterior
- 06 Revestimento cerâmico
- 07 Revestimento interior de parede em MDF
- 08 Aro em madeira
- 09 Porta em madeira
- 10 Caixilharia em madeira
- 11 Revestimento exterior

Pormenor em planta, interceção de paredes

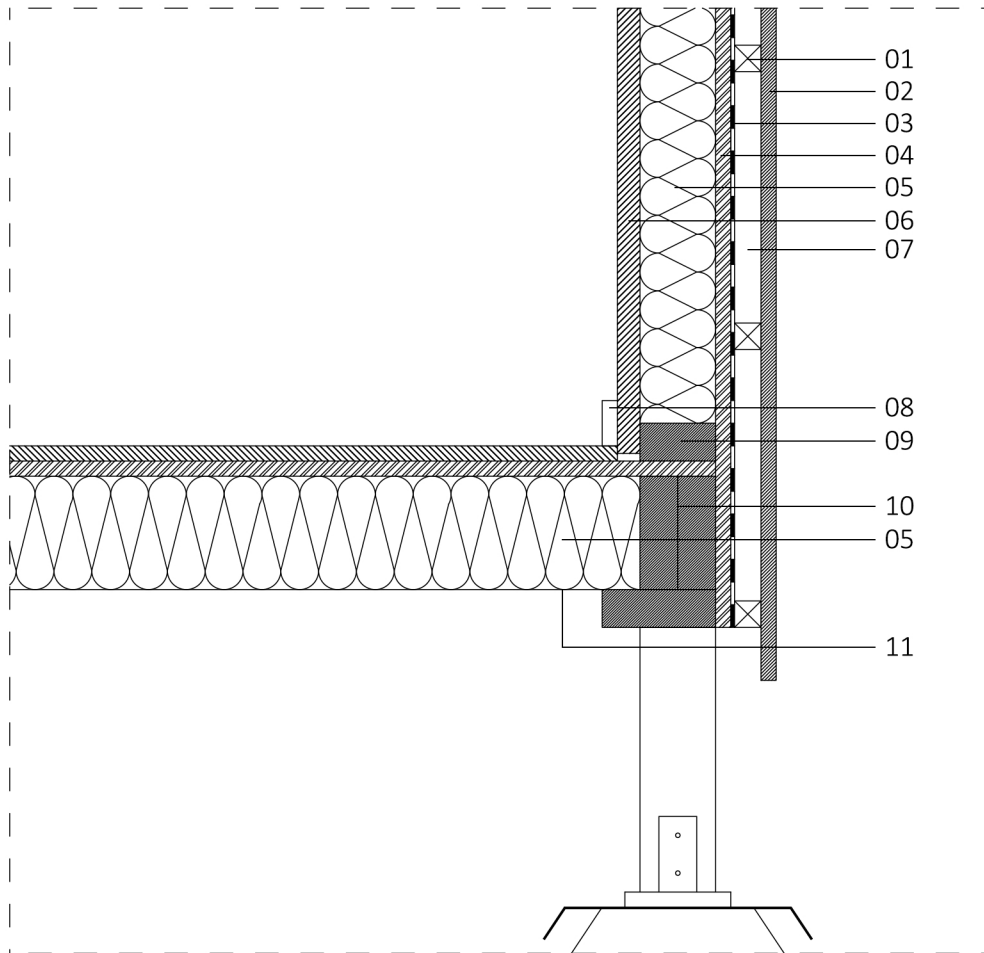
1:10



- 01 Pavimento exterior
- 02 Viga de pavimento (viga composta)
- 03 Vigotas de pavimento
- 04 Pilarete
- 05 Ligador metálico
- 06 Calço
- 07 Barreira metálica contra térmitas
- 08 Sapata em betão

Pormenor em corte, fundações e pavimento do alpendre

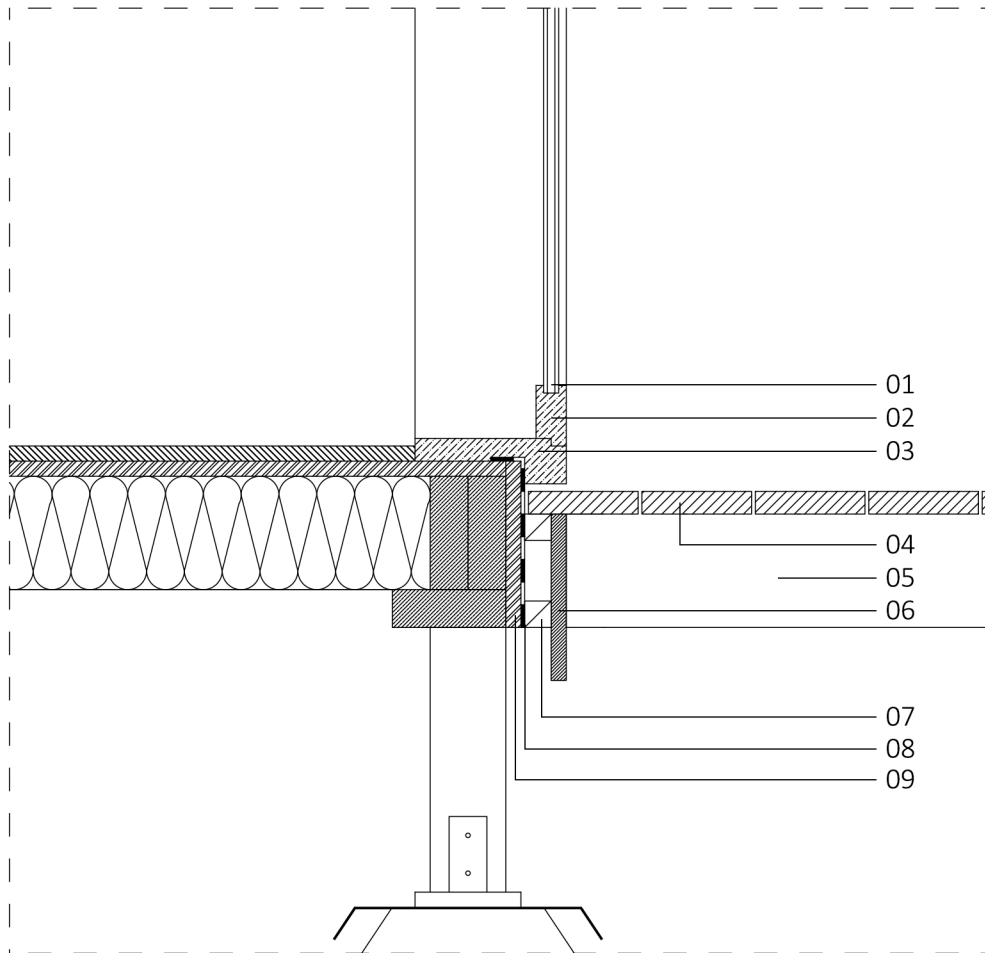
1:10



- 01 Sarrafos de suporte ao revestimento exterior
- 02 Revestimento exterior
- 03 Barreira para-vento permeável ao vapor
- 04 Forro estrutural em painéis de contraplacado
- 05 Isolamento térmico em manta de lã de rocha
- 06 Revestimento interior de parede em MDF
- 07 Caixa de ar
- 08 Rodapé
- 09 Travessa de pavimento
- 10 Viga de bordadura (viga composta)
- 11 Rede de suporte ao isolamento térmico de pavimento

Pormenor em corte, interceção de pavimento e parede exterior

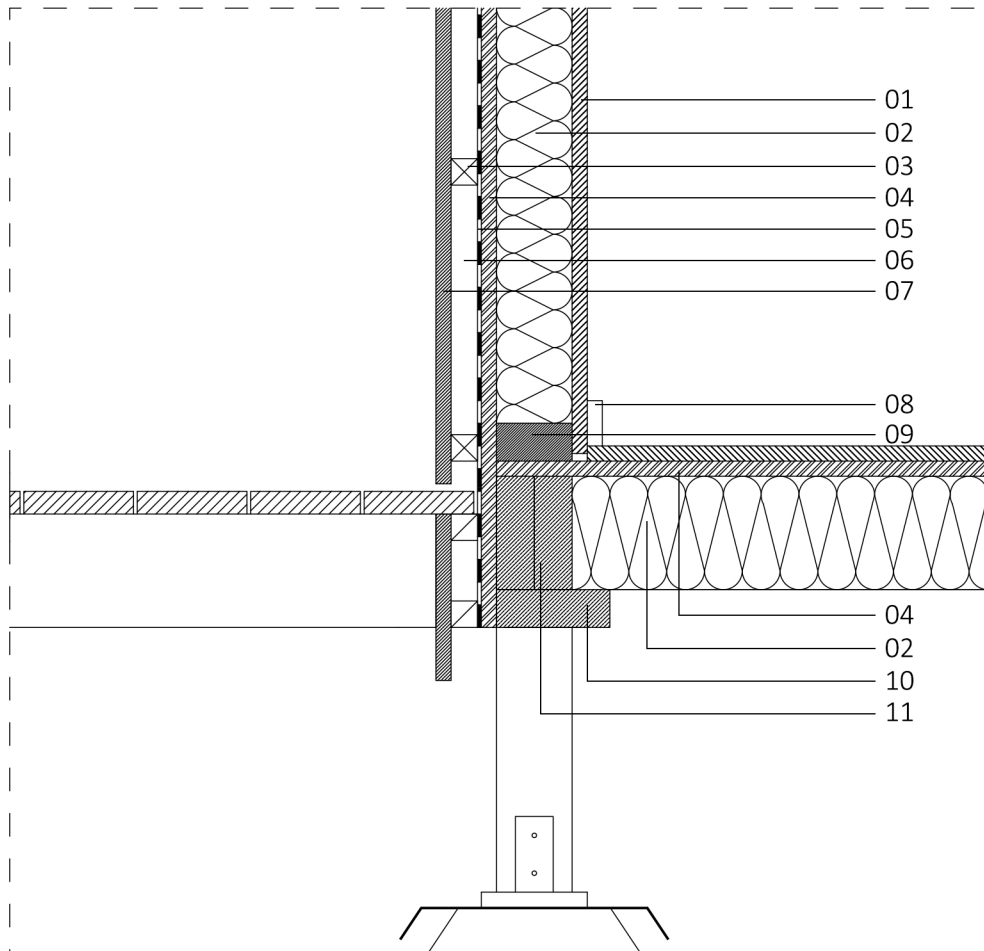
1:10



- 01 Vidro duplo
- 02 Caixilharia em madeira
- 03 Elemento de soleira
- 04 Pavimento exterior
- 05 Vigota de pavimento
- 06 Revestimento exterior
- 07 Sarrafos de suporte ao revestimento exterior
- 08 Barreira para-vento permeável ao vapor
- 09 Forro estrutural em painéis de contraplacado

Pormenor em corte, interceção de pavimento e parede exterior

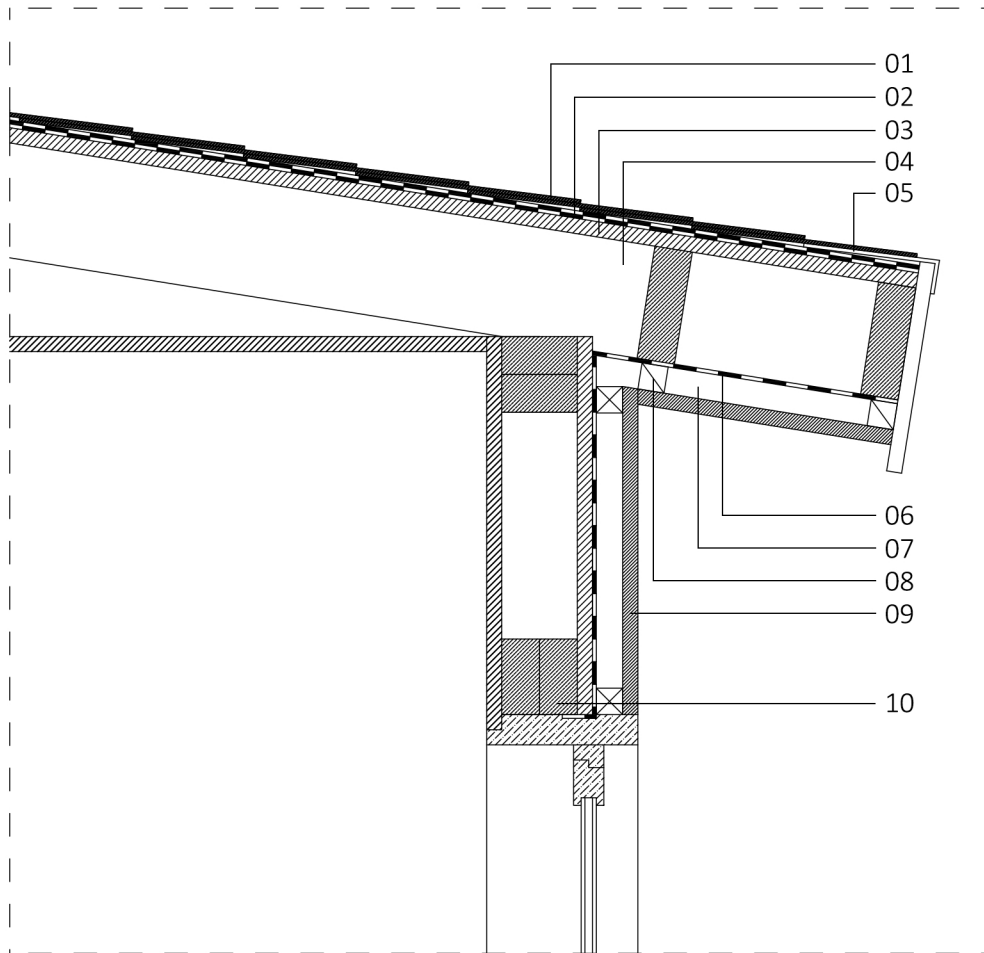
1:10



- 01 Revestimento interior de parede em MDF
- 02 Isolamento térmico em manta de lã de rocha
- 03 Sarrafos de suporte ao revestimento exterior
- 04 Forro estrutural em painéis de contraplacado
- 05 Barreira para-vento permeável ao vapor
- 06 Caixa de ar
- 07 Revestimento exterior
- 08 Rodapé
- 09 Travessa de pavimento
- 09 Frechal
- 09 Viga de pavimento (viga composta)

Pormenor em corte, interceção de pavimento e parede exterior

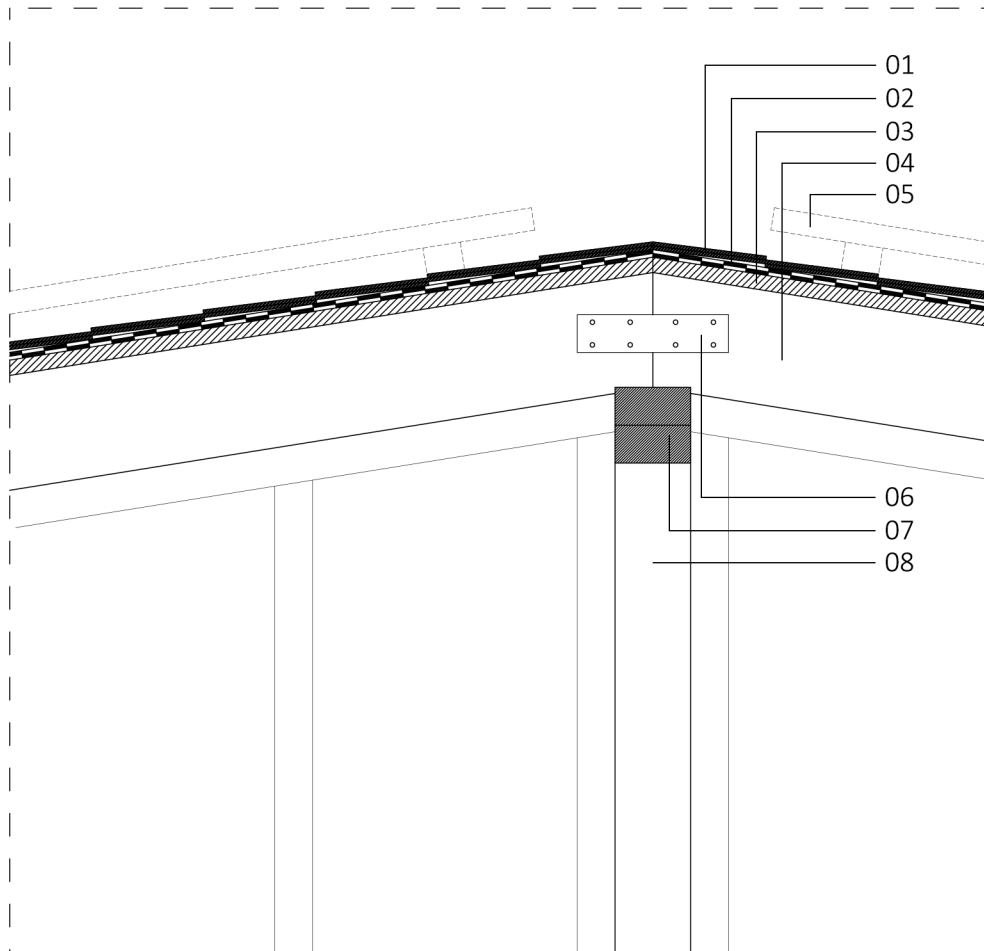
1:10



- 01 Telha asfáltica
- 02 Base dupla de feltro betuminoso
- 03 Forro estrutural em painéis de contraplacado
- 04 Vigota de cobertura (vara)
- 05 Chapa de capeamento
- 06 Barreira para-vento permeável ao vapor
- 07 Caixa de ar
- 08 Sarrafos de suporte ao revestimento exterior
- 09 Revestimento exterior
- 10 Travessas

Pormenor em corte, beirado de cobertura

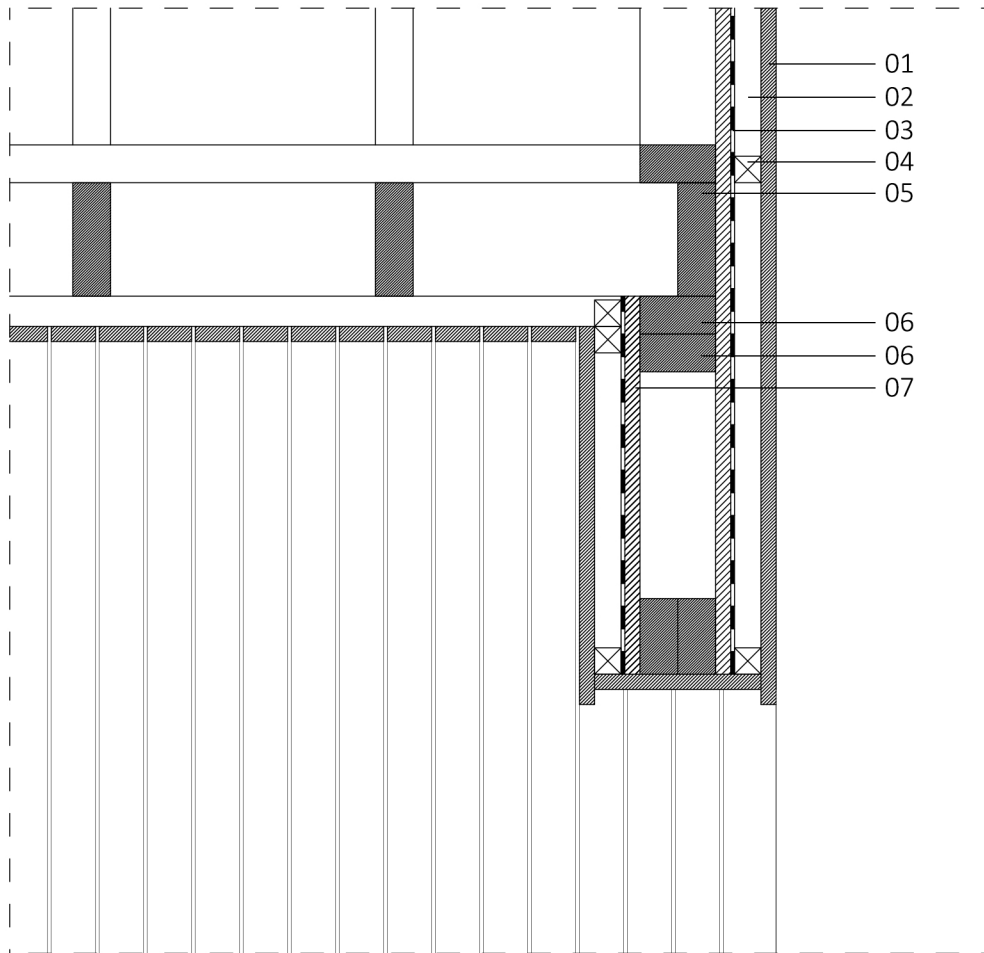
1:10



- 01 Telha asfáltica
- 02 Base dupla de feltro betuminoso
- 03 Forro estrutural em painéis de contraplacado
- 04 Vigota de cobertura (vara)
- 05 Painel solar fotovoltaico
- 06 Ligador metálico
- 07 Travessas de cobertura (dupla)
- 08 Prumo

Pormenor em corte, cumeeira da cobertura

1:10



- 01 Revestimento exterior
- 02 Caixa de ar
- 03 Barreira para-vento permeável ao vapor
- 04 Vigota de cobertura (vara)
- 05 Viga de bordadura
- 06 Travessa de cobertura (dupla)
- 07 Forro estrutural em painéis de contraplacado

Pormenor em corte, parede exterior do alpendre

1:10

CONCLUSÃO

Com a realização desta dissertação pretendeu-se criar e desenvolver uma proposta de habitação construída em madeira num sistema aligeirado, flexível e adaptável, fácil de transportar e de execução rápida. Para além disso, procurou-se desenvolver uma solução que respondesse às atuais exigências de habitabilidade, segurança e conforto considerando, em todos os momentos do seu desenvolvimento, as particularidades associadas tanto às atividades dos seus eventuais futuros utilizadores, como também as prováveis circunstâncias para a sua execução e implantação. Sendo a construção em madeira ainda bastante estigmatizada pela sociedade portuguesa em geral, a intenção em desenvolver um projeto de habitação de carácter temporário quanto à sua ocupação, ainda que permanente quanto à sua presença, procurou apresentar-se como mais um fator a concorrer para o gradual reanimar do interesse por este tipo de construção. Assim, a opção tomada em relação ao uso da madeira enquanto material primordial e sistema construtivo da habitação, pode desde logo, contribuir para o aumento dos atuais 5% de construção de habitações construídas em Portugal com recurso a este material.

Na investigação elaborada ficou ainda demonstrada, independentemente dos fatores envolvidos, a capacidade de regeneração da floresta portuguesa que ao longo da história. Percebeu-se também o papel de grande importância que a floresta teve e que ainda mantém no desenvolvimento da economia portuguesa. E é por isso que, o setor da construção é tradicionalmente um dos mais representativos na nossa economia. Acredita-se assim, que a proposta desenvolvida pode, eventualmente, contribuir para um aumento das sinergias entre ambos os setores, estimulando uma maior integração e melhor gestão da fileira florestal nacional, potenciando até o aumento das áreas de coberto florestal preenchido com espécies autóctones.

No que respeita à sustentabilidade, as duas tipologias apresentadas – habitação com um quarto e habitação com dois quartos – são executadas segundo o mesmo método e, para ambas, é referida a possibilidade de integração de sistemas autónomos quer para recolha e armazenamento de energia ou água para consumo, quer para drenagem de esgotos domésticos. Por outro lado, a simplicidade do sistema adotado permite a sua desmontagem, minimizando assim, os impactos associados a este tipo de operação. Um outro aspeto que merece referência, é a existência da possibilidade de reutilização da habitação desenvolvida. Neste domínio é ainda importante referir que, a intenção em utilizar elementos com dimensões standardizadas, para além de outro tipo de vantagens que daí possam advir, é procurar abrir o sistema desenvolvido à integração de produtos dos mais diversos fabricantes e com isso, permitir a incorporação de produtos mais evoluídos e certificados.

O sistema aligeirado desenvolvido e utilizado na construção das habitações procurou ainda centrar-se na simplicidade do método de execução assim como, na utilização de elementos de reduzidas dimensões. Se por um lado, a simplicidade procurou ser o motor de um eventual ressurgimento da autoconstrução, a reduzida dimensão dos elementos utilizados procurou, sobretudo, resolver o problema de logística habitualmente, relacionado com o transporte dos materiais para lugares de difícil acesso. Apesar da figura da autoconstrução ter desaparecido da legislação portuguesa em 1973, a verdade é que esta forma de construir e a execução de edifícios em madeira desde sempre convergiram. Atualmente em Portugal não existe quem possua o conhecimento necessário, sendo por isso, praticamente impossível retomar este tipo de prática, contudo, pretendeu-se deixar em aberto essa possibilidade com o desenvolvimento de sistema simples de executar.

GLOSSÁRIO

- Desflorestação – Ato ou efeito de desflorestar.
- Vergas – Pau preso ao mastro do navio, onde se amarra a vela.
- Quercus spp. – Fagaceae, sub-espécies do carvalho.
- Castanea spp. – Fagaceae, sub-espécies do castanheiro.
- Pinus spp. – Pinaceae, sub-espécies do pinheiro.
- Quercus robur – Fagaceae, carvalho alvarinho / roble / vermelho.
- Quercus suber – Fagaceae, sobreiro.
- Quercus faginea – Fagaceae, carvalho português.
- Quercus ilex – Fagaceae, azinheira.
- Pinus pinaster – pinaceae, pinheiro bravo.
- Fustes – Parte das árvores desde o solo até às primeiras pernadas.
- Falcas – Toro de madeira falqueado.
- Falquear – Pôr um toro de madeira em esquadria.
- Samblar – Unir através de entalhe.
- Entalhe – Corte ou incisão executado na madeira para permitir a ligação entre peças deste material.
- Ocupação do solo – A ocupação do solo corresponde à cobertura (bio)física da superfície terrestre.
- Uso do solo – Definido pela organização espacial, atividades e ações que os seres humanos efetuam em determinado(s) tipo(s) de ocupação do solo.
- Coníferas – As coníferas são as plantas gimnospermas da divisão Coniferophyta, na sua maior parte árvores, mas também arbustos escandentes, presentes nas regiões tropicais e temperadas do planeta, onde são a principal componente da flora alpina.
- Ginospermas – São árvores coníferas e resinosas, tendo folhas em forma de agulha não fornecendo frutos. São madeiras de lenho mais mole e correspondem à 35% das espécies conhecidas.
- Angiospermas – São árvores frondosas conhecidas no Brasil como madeira de lei, sendo desta maneira conhecidas por serem abatidas na época da colonização, de acordo com a lei vigente. representam 65% das espécies conhecidas.
- Espécies Endógenas – Aquela em que o desenvolvimento do caule se dá de dentro para fora como as palmeira e bambus. E pouco aproveitada como material de construção.
- Espécies Exógenas – Aquela em que o crescimento do caule se dá de fora para dentro, com adição de novas camadas em forma de anel, chamados anéis anuais de crescimento. Estas árvores classificam-se em ginospermas e angiospermas.
- Madeiramento – armação de madeira.
- Anisotropia – Qualidade de certos materiais cujas propriedades são diferentes consoante as direções.
- Higrometria – Estudo da humidade dos corpos, particularmente do ar, e da sua medição.

BIBLIOGRAFIA

Bibliografia consultada:

- [01] Relatório 118 (2011). *Caracterização da oferta de casas em madeira em Portugal*, LNEC, Lisboa - Portugal
- [02] Amado, Miguel, Pinto, Alberto, Alcafache, Ana, Ramalhete, Inês (2016) *Construção Sustentável*, Caleidoscópio, Casal de Cambra - Portugal
- [03] Uva, José Sousa (2013). *6º Inventário Florestal Nacional, Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental - Resultados preliminares - fevereiro 2013*, Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Lisboa - Portugal
- [04] Reboredo, Fernando, Pais, João (2012). *A construção naval e a destruição do coberto florestal em Portugal, Do século XII ao Século XX*, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa - Portugal
- [05] Report 5 (2016). *European Forest Ecosystems – State and Trends*, European Publication Office of the European Union, Luxembourg
- [06] Pinheiro, Manuel Duarte (2006). *Ambiente e Construção Sustentável*, Instituto do Ambiente, Amadora - Portugal
- [07] Reporto of the World Commission on Enviroment and Development (1987). *Our Common Future*, United Nations, New York - Estados Unidos da América
- [08] Ramos, A. T. V. Ferreira (2009). *Os Custos do Desenvolvimento Sustentável para a Engenharia, Arquitetura e Construção nos Processos de Reabilitação – Tese de Doutoramento*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra - Portugal
- [09] Kibert, Charles J. (2005). *Sustainable Construction: Green building design and delivery*, Jonh Wiley & Sons Inc, New Jersey - Estados Unidos da América
- [10] Mateus, Ricardo, (2009) *Avaliação da Sustentabilidade na Construção, Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis – Tese de Doutoramento*, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães - Portugal
- [11] Cachim, Paulo B. (2014). *Construção em Madeira – A Madeira como Material de Construção*, Publindústria, Porto - Portugal

- [12] Perez-Garcia, Lippke, B., Briggs, D., Wilson, J. B., & Bowyer, J. A. (2005). *The environmental performance of renewable building materials in the context of residential construction. Wood and Fiber Science, Corrim Special Issue*
- [13] Mateus, R., Bragança, L. (2006). *Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção*, Edições Ecopy, Porto - Portugal
- [14] Almeida, Paulo (2009). *Sistema construtivo de madeira em edifícios de habitação de baixa densidade em Portugal*, Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, Lisboa - Portugal
- [15] Wachsmann, Konrad (1995). *Building the wooden house: technique and design*, Birkhauser, Basel and Boston – Suíça / Estados Unidos da América
- [16] Sánchez, J., Martitegui, F., Martitegui, C., Alvarez, M., Sánchez, F., Nevado, M. (1995). *Casas de madera, Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera y corcho*. AITIM, Espanha
- [17] Monteiro, Pedro (2013). *Construção em madeira: Edifícios de baixa densidade de turismo rural nas Beiras*, Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, Lisboa - Portugal
- [18] Carvalho, Alda C. (2015). *Estatísticas do Ambiente 2015*, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa - Portugal
- [19] Coutinho, Joana de Sousa (1999). *Materiais de Construção 1*,
- [20] Cortiñas, Juan I. (2007). *Vivir com madeira – Manual de Productos*, Imprimex, Espanha
- [21] Walsh, H. Vandervoort (1923). *Construction of Small Houses*, Charles Scribner's Sons, New York - Estados Unidos da América
- [22] GPP – Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral (2016). *Agricultura, Silvicultura e Pesca – Indicadores 2016*, Sersilito – Empresa Gráfica, Lda, Maia - Portugal
- [23] Instituto Nacional de Estatística (2016). *Contas Económicas da Silvicultura 2014*, Serviço de Comunicação e Imagem do INE, Lisboa - Portugal

[24] Instituto Nacional de Estatística (2016). *Contas Económicas da Silvicultura 2014*, Serviço de Comunicação e Imagem do INE, Lisboa - Portugal

[25] Instituto Nacional de Estatística (2016). *Contas Satélite da Economia Social 2013*, Serviço de Comunicação e Imagem do INE, Lisboa - Portugal

[26] Instituto Nacional de Estatística (2013). *Estatística do Emprego – 1º Semestre 2013*, Serviço de Comunicação e Imagem do INE, Lisboa - Portugal

[27] Kramer, Kimberly (2006). *Applying the Lessons of Indian Vernacular Architecture: The Bungalow as Example of Adaptive Climatic Response*, University of Cambridge, Cambridge – Reino Unido

[28] King, Anthony Douglas (1982). *Bungalow 1600 – 1980, PhD Degree Thesis*, University of Brunel, Uxbridge – Reino Unido

[29] Desai, Miki, Desai, Madhavi (2011). *The Focus: Cultural Heritage: The Colonial Bungalow in Índia*, International Institute of Asian Studies, Leiden – Holanda

[30] Bahamón, Alejandro, Soler, Anna Vicens (2008). *Cabana, Da Arquitetura Vernácula à Contemporânea*, Argumentum – Edições, Estudos e Realizações, Lisboa - Portugal

[31] Garrison, James, Tweedie, Aaron (2008). *Modular Architecture Manual*, Kullman Buildings Corp, New Jersey - Estados Unidos da América

Webgrafia consultada:

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)
Caracterização da oferta de casas em madeira em Portugal, Relatório 118/2011 - NAU, disponível em:
http://repositorio.lnec.pt:8080/bitstream/123456789/1003073/2/Rel%20118_11%20dSPACE.pdf, consultado em Março de 2017

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF)
Espécies Arbóreas Indígenas em Portugal Continental, Guia de Utilização, disponível em:
http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/prdflo/resource/doc/ICNF_EspeciesIndgenas_Edicao2016-2.pdf, consultado em Novembro de 2016

<http://www.fep.up.pt/disciplinas/LEC514/trabalhos/arborisae%20as%20vossas%20terras.pdf>, consultado em Março de 2017

<http://ambiente.maiadigital.pt/ambiente/floresta-1/mais-informacao-1/sobre-as-florestas-em-portugal>, consultado em Março de 2017

<http://www.florestacomum.org/floresta-autoctone/historia-da-floresta-portuguesa/>, consultado em Março de 2017

<http://scrif.igeo.pt/servicos/pvigia/>, consultado em Maio de 2017

<http://apgvn.blogspot.pt/>, consultado em Julho de 2017

<http://www.idesporto.pt/conteudo.aspx?id=25>, consultado em Julho de 2017

<http://www.mimahousing.com/>, consultado em Julho de 2017

<http://www.mmadeiras.pt/>, consultado em Julho de 2017

<http://www.jular.pt/>, consultado em Julho de 2017

<http://www.treehouse.pt/>, consultado em Julho de 2017

LISTA DE IMAGENS

- 01 Caravela de onze prumos (1616), *Livro de Traças de Carpintaria*
<http://www.ordemengenheiros.pt/pt/a-ordem/colegios-e-especialidades/naval/>
- 02 Projeto escolhido para a reconstrução de Lisboa após o Terramoto de 1755, da autoria dos arquitetos Eugénio dos Santos Carvalho e Carlos Mardel e datado de 12 de junho de 1758.
<http://comjeitoearte.blogspot.pt/2011/11/lisboa-pombalina-reconstrucao-da-cidade.html>
- 03 Construção da Estação do Rossio em Lisboa 1886
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Estacao_do_Rossio_station_Lisboa_Portugal_1886.JPG
- 04 Constituição de um tronco de uma árvore
<http://www.biologia.edu.arbotanicatema18images18tronco.jpg>
- 05 Método de serração desfiada e serração radial
[adaptado da referência bibliográfica 20]
- 06 Peças de madeira maciça
http://www.unitedwoodproductsinc.com/images/366_Rough_5x5_timbers_1.JPG
- 07 Peça de madeira lamelada-colada - MLC
<http://eco-wald.com/inc/uploads/2016/05/proizvodstvo-kleenogo-okonnogo-brusa-ecowald-03.jpg>
- 08 Peça de madeira lamelada-colada cruzada - CLT
http://www.derix.de/img/Brettsperrholz_x_LAM.png
- 09 Peça de madeira microlaminada - LVL
http://assets.storaenso.com/se/com/Rethink-ImageLibrary/LVL2_2000x884.jpg?RenditionID=13
- 10 Peças de madeira laminada - LSL
<https://www.thestar.com/content/dam/thestar/life/homes/2016/06/11/wood-framed-structures-on-the-rise/glossary-lsl.jpg.size.custom.crop.1086x710.jpg>

11 Perfis de aglomerado de lascas - PSL

<https://www.thestar.com/content/dam/thestar/life/homes/2016/06/11/wood-framed-structures-on-the-rise/glossary-psl.jpg.size.custom.crop.1086x724.jpg>

12 Contraplacado folhado

<https://4.imimg.com/data4/RX/RF/MY-2083167/11-250x250.jpg>

13 Contraplacado fasquiado

<http://bbmcgroup.com/wp-content/uploads/2015/12/blockboard-570x760.jpg>

14 Contraplacado lamelado

<http://apptimber.com/images/exportsales/gallery/plywood/Lamin%20Board/3.jpg>

15 Aglomerado de fibras de média densidade (MDF)

[https://s7d2.scene7.com/is/image/homedepotcanada/p_1000136768.jpg?\\$plpProduct\\$](https://s7d2.scene7.com/is/image/homedepotcanada/p_1000136768.jpg?$plpProduct$)

16 Aglomerado de partículas de madeira

http://www.somapil.com/media/image_manager/agl.fm

17 Aglomerado de partículas de madeira ligadas com cimento

http://static.lvengine.net/madeivouga/lmgs/pages/page_12/4_b.jpg

18 Aglomerado de partículas longas e orientadas (OSB)

http://www.hbcompensados.com.br/media/catalog/product/cache/1/image/416x416/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/i/m/imagem_26.jpg

19 Dimensão ambiental, social e económica do desenvolvimento sustentável
[adaptado da referência bibliográfica 02]

20 Comparativo das preocupações na construção

[adaptado da referência bibliográfica 02]

21 Construção subterrânea - Pithouse

<https://nyackel.files.wordpress.com/2012/06/anasazi-state-park-pit-house.jpg>

22 Casa Batak

<https://s-media-cache>

<ak0.pinimg.com/originals/40/0b/9e/400b9eeee132cabe3106f3d597b14627.jpg>

23 Casa de Troncos, EUA

<http://www.wanderinglizard.com/Utah/images/ut0192.jpg>

24 Exemplo de diferentes tipos de ligação dos cunhais

<http://americanlogandlumber.com/images/Log-Corner-Styles.png>

25 Exemplo de diferentes tipos de secção transversal dos toros

http://www.cherokeelogsupply.com/images/products/actual/23cypress_log_actual_alterada

26 Casa em painéis maciços de madeira lamelada - exterior, Scottish Borders

<https://passivehouseplus.ie/magazine/new-build/scottish-borders-home-mixes-ecology-efficiency>

27 Casa em painéis maciços de madeira lamelada - interior, Scottish Borders

<https://passivehouseplus.ie/magazine/new-build/scottish-borders-home-mixes-ecology-efficiency>

28 Sistema construtivo de pilar e viga em madeira

http://img.archiexpo.com/pt/images_ae/photo-g/70349-4290399.jpg

29 Sistema construtivo gaiola pombalina

http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/images/gaiol_const_sism_3.jpg

30 Sistema aligeirado braced framing

[adaptado da referência bibliográfica 21]

31 Detalhe construtivo de um cunhal no sistema aligeirado braced framing

[adaptado da referência bibliográfica 21]

32 Sistema aligeirados ballon framing e modern braced framing

[adaptado da referência bibliográfica 21]

33 Sistema aligeirado modern braced framing

[adaptado da referência bibliográfica 21]

34 Sistema aligeirado platform framing / western framing

[adaptado da referência bibliográfica 21]

35 Planta de bungalow, Índia

[adaptado da referência bibliográfica 27]

36 Bungalow adaptado pelos ingleses, Índia
[adaptado da referência bibliográfica 27]

37 Bungalow, Índia
[adaptado da referência bibliográfica 27]

38 Cabin no Alasca, Estados Unidos da América
[adaptado da referência bibliográfica 30]

39 Cabin no Ohaio, Estados Unidos da América
[adaptado da referência bibliográfica 30]

40 Cabin dogtrot, Estados Unidos da América
[adaptado da referência bibliográfica 30]

41 Modelos de planta de cabins
[adaptado da referência bibliográfica 30]

42 Mima House
<http://www.mimahousing.com/>

43 Mima Essentials
<http://www.mimahousing.com/>

44 Edifício construído no Sistema de Construção Leve Industrializada, Lisboa
[foto de autor]

45 Edifício construído no Sistema de Construção Leve Industrializada, Lisboa
[foto de autor]

46 Treehouse da Jular
<http://treehouse.pt/>

47 Execução das fundações (sapatas com contraventamento)
[imagem de autor]

48 Execução das fundações (sapatas com contraventamento)
[imagem de autor]

49 Execução da armação de pavimento (colocação de vigas e vigotas de pavimento)
[imagem de autor]

50 Execução da armação de pavimento (colocação de vigas e vigotas de pavimento)
[imagem de autor]

51 Execução da armação de pavimento (colocação do forro estrutural de pavimento)
[imagem de autor]

52 Execução da armação de paredes e tetos
[imagem de autor]

53 Execução da armação de paredes e tetos
[imagem de autor]

54 Execução da armação de cobertura
[imagem de autor]

55 Execução da armação de cobertura
[imagem de autor]

56 Colocação do forro estrutural nas paredes
[imagem de autor]

57 Colocação do forro estrutural na cobertura
[imagem de autor]

58 Colocação do pavimento exterior e caixilharias
[imagem de autor]

59 Colocação do revestimento exterior
[imagem de autor]

60 Perspetiva do alçado principal
[imagem de autor]

61 Perspetiva do alçado tardoz
[imagem de autor]

LISTA DE ABREVIATURAS

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

CIB - International Council for Research and Innovation in Building and Construction