

MESTRADO INTEGRADO
ARQUITETURA

Arquitetura de mudança: o potencial da madeira para projetos adaptáveis

Maria Eduarda Miculis Hirade

M
2025



Arquitetura de Mudança: o potencial da madeira
para projetos adaptáveis

Maria Eduarda Miculis Hirade



Arquitetura de mudança

O potencial da madeira para projetos adaptáveis

Maria Eduarda Miculis Hirade

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura
Orientação do Professor Doutor António Luís Pereira Silva Neves
Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto

Porto, maio de 2025

*Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades,
Muda-se o ser, muda-se a confiança;
Todo o mundo é composto de mudança,
Tomando sempre novas qualidades.*

CAMÕES, Luís - *Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades.*

Agradecimentos

Ao Professor António Luís Pereira Silva Neves, pela constante disponibilidade, orientação e apoio ao longo deste percurso académico.

À minha família, que, apesar da distância, nunca deixou de estar presente e de me acompanhar em cada etapa desta trajetória.

Às minhas amigas Sofia e Ana, pela amizade incondicional e pela presença constante, nos bons e nos maus momentos.

Ao Afonso e à Matilde, pelo carinho, apoio e incentivo nos momentos em que mais precisei.

Ao Rodrigo, por estar sempre ao meu lado.

Resumo

A capacidade de transformação é uma característica essencial da arquitetura enquanto prática viva, em constante diálogo com o tempo, o uso e o contexto. Esta dissertação parte da premissa de que a permanência de um edifício não se traduz na sua rigidez, mas na sua capacidade de se adaptar. Propõe-se, assim, refletir sobre o papel da adaptabilidade na arquitetura contemporânea, defendendo-a como uma estratégia consciente e necessária face aos desafios atuais.

O trabalho desenvolve-se a partir da articulação entre teoria e prática, procurando compreender de que forma a arquitetura pode integrar, desde a conceção, princípios que permitam a flexibilidade, a reversibilidade e a evolução dos espaços ao longo do tempo. O estudo da madeira como matéria adaptável ocupa um lugar central nesta investigação, não apenas pelas suas qualidades construtivas, mas pela sua afinidade com estratégias projetuais orientadas para a desmontagem, a modulação e a circularidade.

A dissertação é sustentada por uma análise crítica da história da adaptabilidade na arquitetura, da tradição vernacular às abordagens mais tecnológicas e industrializadas, e culmina com o desenvolvimento de um projeto habitacional onde são aplicados e testados os princípios definidos. Este projeto, concebido em madeira, funciona como um laboratório experimental que procura ensaiar, em termos construtivos e espaciais, a viabilidade de uma arquitetura capaz de mudar sem perder a sua essência.

Mais do que propor uma solução fechada, o trabalho afirma-se como uma contribuição para uma prática arquitetónica mais sensível às transformações do tempo, onde a adaptabilidade é entendida como condição de permanência.

Palavras-chave:

Adaptabilidade, Flexibilidade, Reversibilidade, Madeira, Pré-fabricação.

Abstract

The capacity for transformation is an essential characteristic of architecture as a living practice, in constant dialogue with time, use and context. This dissertation starts from the premise that the permanence of a building does not lie in its rigidity, but in its ability to adapt. It therefore aims to reflect on the role of adaptability in contemporary architecture, advocating it as a conscious and necessary strategy in response to current challenges.

The work is developed through the articulation between theory and practice, seeking to understand how architecture can integrate, from the design stage, principles that enable flexibility, reversibility, and the evolution of space over time. The study of timber as an adaptable material occupies a central place in this investigation, not only for its constructive qualities, but also for its affinity with design strategies focused on disassembly, modulation and circularity.

This investigation is supported by a critical analysis of the history of adaptability in architecture, from vernacular traditions to more technological and industrialised approaches, and culminates in the development of a housing project where the defined principles are applied and tested. Conceived in timber, this project functions as an experimental laboratory to explore, both spatially and constructively, the feasibility of an architecture capable of changing without losing its essence.

More than offering a closed solution, this project stands as a contribution to a more responsive architectural practice, where adaptability is understood as a condition for permanence.

Keywords:

Adaptability, Flexibility, Reversibility, Timber, Prefabrication.

Sumário

Agradecimentos

Resumo

Abstract

Introdução 12

Parte 1 A Work in Progress	1. Adaptabilidade como um processo construtivo	18
	1.1 Relação Espaço-Tempo	18
	1.2 Simplificação do conceito	21
	2. Da tradição Vernacular à Industrialização	26
	2.1 Arquitetura vernacular: um modelo de adaptação	27
	2.2 A industrialização da Arquitetura	30
	2.3 Habitação pré-fabricada: experiências do século XX	31
	2.4 <i>The Growing House</i> e <i>The Packaged House</i>	33
	3. O equilíbrio entre o permanente e o efêmero	40
	3.1 Camadas de mudança	40
Parte 2 O potencial da madeira para a adaptação	3.2 Materialidade, função e tempo	44
	1. Da tradição à inovação	48
	1.1 Contextualização	48
	1.2 Métodos construtivos tradicionais	52
	1.3 As conexões na arquitetura tradicional japonesa	55
	1.4 Habitação pré-fabricada em madeira	58
	1.5 O renovado interesse na madeira	62
	2. Aplicabilidade da Madeira	65
	2.1 Princípios para a adaptação	65
	2.2 Métodos construtivos contemporâneos	68
	2.3 Vulnerabilidades	73
	2.4 Conexões no contexto contemporâneo	76
	2.5 Adaptação de edifícios existentes	82
	2.6 Tipos de intervenções	83

Parte 3	1. Enquadramento	90
Laboratório experimental	1.1 O estudo desenvolvido pelo estúdio DGJ Architektur	91
	1.2 Proposta de habitação no Viso	94
	2. O Projeto	96
	2.1 Flexibilidade	98
	2.2 Reversibilidade (ligações)	110
	2.3 Pré-fabricação	114
	Considerações finais	116
	Referências bibliográficas	120
	Lista de figuras	125
	Anexos	133
	Apêndice	136

Nota prévia

Todas as referências bibliográficas estão de acordo com a norma NP405; Por um critério de facilidade na compreensão, algumas citações foram traduzidas para português.

Introdução

¹ BRAND, Stewart, *How buildings learn: what happens after they're built*, 1997, p.11.

This is what makes old buildings interesting to me. I think that humans have a taste for things that not only show that they have been through a process of evolution, but which also show they are still a part of one. They are not dead yet.¹

Problemática

Há edifícios que continuam a viver muito depois de terem sido construídos. Que acumulam marcas, transformações, usos sucessivos, e que, por isso mesmo, permanecem relevantes. Esta observação de Stewart Brand oferece uma chave de leitura essencial: a arquitetura não é apenas um produto acabado, mas um processo contínuo. Um campo em constante adaptação, onde o tempo não é um inimigo a combater, mas uma dimensão a integrar.

Numa época marcada pela incerteza e pela transformação constante, seja no plano ambiental, social ou tecnológico, torna-se evidente que a arquitetura deve ser repensada. Os modelos que privilegiam a rigidez e a imutabilidade mostram-se cada vez menos capazes de responder às exigências contemporâneas.

É necessário um olhar atento, que reconheça a complexidade do presente e se abra à possibilidade de mudança como parte integrante do projeto arquitetónico. A adaptabilidade surge, neste contexto, como uma resposta necessária. Mais do que uma solução técnica, trata-se de uma postura projetual. Um modo de conceber o espaço que reconhece a sua vocação para se transformar, para se ajustar aos diferentes ritmos da vida, às necessidades que evoluem, às condições que se alteram. A arquitetura torna-se, assim, uma estrutura aberta, flexível, com capacidade para acolher a incerteza sem perder coerência ou sentido.

Neste percurso, a madeira assume um papel de destaque. Trata-se de um material com longa tradição no universo da construção, mas que se revela especialmente atual no contexto de uma arquitetura adaptável. A sua leveza, a facilidade de montagem e desmontagem, o potencial de reutilização e a reduzida pegada ambiental fazem dela uma escolha pertinente. Para além

das suas qualidades técnicas, a madeira transporta uma dimensão sensível e cultural, evocando proximidade, naturalidade e continuidade.

Ao permitir sistemas construtivos reversíveis, transformáveis e circulares, a madeira oferece soluções que se alinham com uma visão mais sustentável e inteligente da prática arquitetónica. Não se trata apenas de construir para durar, mas de construir para evoluir. De pensar os edifícios não como formas fechadas, mas como estruturas preparadas para a mudança, para o crescimento, para a reinvenção.

Repensar a arquitetura a partir da adaptabilidade implica, por isso, uma revisão profunda dos seus fundamentos. A permanência deixa de ser sinónimo de rigidez e passa a estar ligada à capacidade de transformação. Uma arquitetura que não recusa o tempo, mas o incorpora. Que reconhece o valor do uso prolongado, da flexibilidade e da evolução. Uma arquitetura que permanece viva porque se mantém disponível para mudar, porque, tal como Brand afirma, *“is not dead yet”*.

Objetivos

Esta dissertação propõe-se a investigar adaptabilidade na arquitetura como processo de transformação contínua, explorando a sua integração desde a fase de conceção. Através de uma articulação entre teoria e prática, com enfoque no potencial da madeira, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de estratégias projetuais que promovam espaços mais flexíveis, reversíveis e duradouros. Neste sentido, o trabalho propõe os seguintes objetivos:

- 1.** Analisar a evolução do conceito de adaptabilidade na arquitetura, desde as práticas vernaculares até às abordagens contemporâneas, com enfoque nas diferentes estratégias espaciais e construtivas que permitiram aos edifícios responder ao tempo e ao uso.
- 2.** Investigar os fundamentos teóricos e operativos da adaptabilidade, clarificando conceitos como flexibilidade, variabilidade e evolução, e estabelecendo princípios que orientem a sua aplicação na fase de projeto.

3. Estudar o papel da madeira enquanto material particularmente adequado a uma arquitetura adaptável, explorando as suas qualidades construtivas, a sua relação com a desmontagem e a sua integração em sistemas modulares e pré-fabricados.

4. Aplicar os princípios definidos num exercício prático de projeto habitacional, com base numa proposta em madeira, avaliando de que forma as estratégias adotadas podem contribuir para a transformação e longevidade do espaço arquitetónico ao longo do tempo.

Método e estrutura

A presente dissertação desenvolve-se a partir de uma articulação entre investigação teórica e exploração prática, num percurso que procura cruzar reflexão crítica com aplicação projetual. Mais do que uma mera sistematização de referências, trata-se de um processo de estudo que evolui em paralelo com o projeto, permitindo que os conceitos investigados sejam testados e aprofundados através do desenho arquitetónico.

O trabalho parte da análise da adaptabilidade enquanto conceito transversal à história da arquitetura, desde a tradição vernacular até aos sistemas contemporâneos, com especial atenção ao papel da madeira enquanto matéria propícia à transformação, desmontagem e reutilização. A investigação assenta, assim, numa base bibliográfica sólida, complementada por estudos de caso, análise de obras de referência e revisão de abordagens construtivas que integram princípios de flexibilidade, reversibilidade e pré-fabricação.

A vertente prática da dissertação concretiza-se através do desenvolvimento de um projeto habitacional, que serve de campo experimental para testar os princípios teóricos anteriormente definidos. Esta proposta é desenvolvida com recurso a sistemas construtivos em madeira, e tem como foco principal a criação de espaços passíveis de adaptação ao longo do tempo. A componente projetual é acompanhada por desenhos técnicos, painéis analíticos e esboços, que documentam as decisões e os momentos chave do processo.

A dissertação estrutura-se em três partes principais. A primeira parte tem um carácter teórico e centra-se na definição e evolução do conceito de adaptabilidade na arquitetura, clarificando os seus fundamentos e as suas diversas manifestações ao longo da história. A segunda parte foca-se na madeira como matéria para uma arquitetura adaptável, analisando as suas qualidades técnicas, culturais e construtivas, bem como o seu papel no contexto atual de práticas sustentáveis e sistemas modulares. Por fim, a terceira parte corresponde ao desenvolvimento do projeto habitacional, onde se testam, em contexto prático, os princípios definidos, com particular atenção à organização estrutural, à lógica modular e à desmontabilidade dos elementos.

Parte 1 - A work in progress

1. Adaptabilidade como processo construtivo

1.1 A relação Espaço-Tempo

1.2 Simplificação do conceito

2. Da tradição Vernacular à Industrialização

2.1 Arquitetura vernacular: um modelo de adaptação

2.2 A industrialização da Arquitetura

2.3 Habitação pré-fabricada: experiências do século XX

2.4 *The Growing House* e *Packaged House*

3. O equilíbrio entre o permanente e o efêmero

3.1 Camadas de mudança

3.2 Materialidade, função e tempo

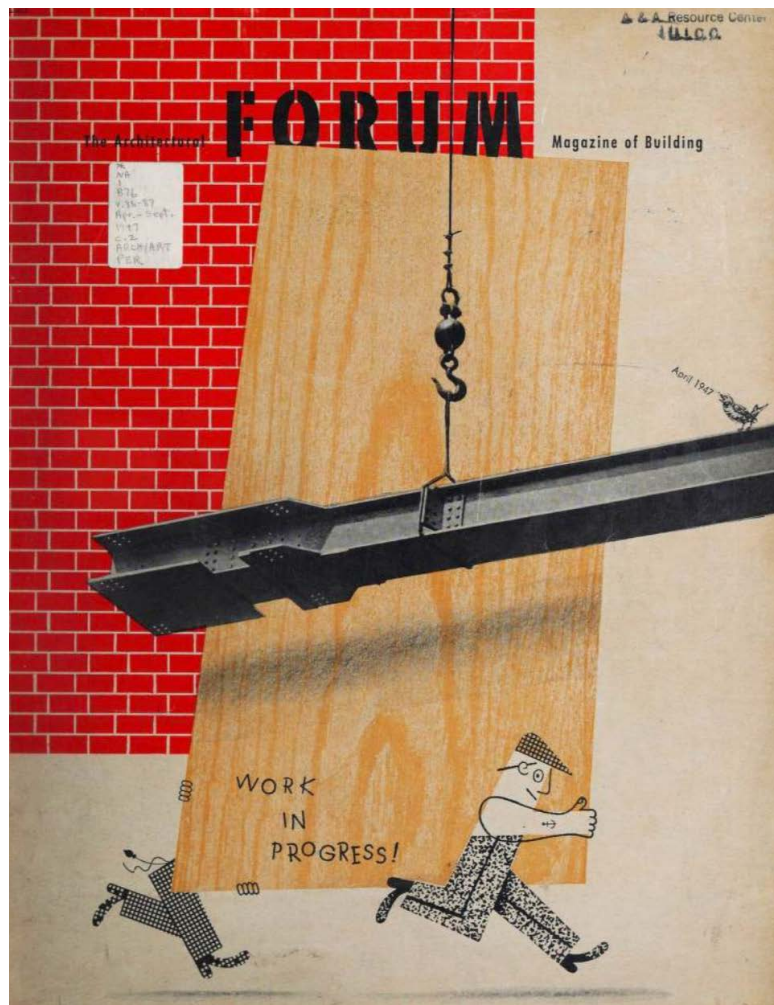


Fig. 1 - The architectural Forum, 1947

1. Adaptabilidade como processo construtivo

1.1 Relação Espaço-Tempo

It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent, but the one most responsive to change. - Charles Darwin

Desde os primórdios da existência humana, que o Homem necessita de se adaptar às condições que se alteram com o decorrer do tempo. A adaptação é um conceito imprescindível para a sobrevivência, levando-o a responder e a ajustar-se ao contexto em que se insere. Nas últimas décadas, a sociedade contemporânea tem vivenciado rápidas e profundas transformações, que abrangem desde as áreas da economia e da tecnologia, até às questões sociais e ambientais. Estas transformações trazem, por sua vez, novos desafios e exigências, que evidenciam a necessidade de respostas rápidas e eficazes.

Assim, a adaptabilidade pode ser definida como a capacidade de ajuste e transformação em função das circunstâncias presentes. Mas, o que poderá isso significar no contexto da arquitetura?

Edifícios que são projetados com base numa finalidade estática tornam-se, muitas das vezes, pouco resilientes relativamente ao seu contexto. A rigidez espacial, num cenário de constantes transformações, leva à obsolescência das construções, tornando-se cada vez mais importante a busca de soluções mais adaptáveis. No entanto, inúmeros edifícios antigos que são concebidos para permanecerem inalterados, acabam inevitavelmente por se adaptar ao contexto atual. O seu valor histórico e a sua identidade que lhes são inerentes contribuem para a sua preservação ao longo do tempo, mas não impedem intervenções e modificações que os alinhem com as necessidades contemporâneas. Este contínuo processo de evolução não só atribui valor e significado, como também evidencia a necessidade de que os edifícios sejam compreendidos como elementos dinâmicos, em constante mutação.

² SIZA, Álvaro, citado em AFONSO, Simonetta Luz – *Pavilhão de Portugal*. Lisboa: Parque das Nações, 1998, p.47.

*O trabalho do arquitecto nunca termina. Um edifício- mesmo que não mude de mãos-vai variando. Uma família compra uma casa e, nessa altura, tem quatro filhos pequenos. A casa vai sofrendo modificações porque o tempo passa, os filhos crescem, mudam de casa, têm filhos que ficam em casa dos avós...*²

Ao longo da vida útil de um edifício, este está suscetível a diversas adaptações, de modo a dar resposta às necessidades dos seus utilizadores. Quando os edifícios são concebidos como organismos em evolução, e não como estruturas rígidas e imutáveis, a relação espaço-tempo torna-se uma variável imprescindível na sua conceção.

Segundo Stewart Brand, grande parte dos edifícios são projetados com base apenas na dimensão espacial, a sua forma e estrutura, enquanto a dimensão temporal, relacionada com a sua evolução ao longo do tempo, é frequentemente negligenciada. Deste modo, Brand coloca em causa a importância de concebermos edifícios como elementos inteiros, “*não apenas inteiros no espaço, mas inteiros no tempo*”.³

³ BRAND, Stewart, *How buildings learn: what happens after they're built*, 1997, p.2.

O arquiteto Yona Friedman, por sua vez, defende que a arquitetura deve ser reconhecida como um processo móvel e flexível, que pode variar conforme as necessidades dos seus utentes. Friedman expõe a ideia de uma arquitetura da improvisação, isto é, a arquitetura como um processo criativo constante, que manifesta o conceito de espaço-tempo como uma “*configuração no espaço que se move no tempo*”.⁴

⁴ ORAZI, Manuel (ed.), Yona Friedman: the dilution of architecture, 2015, p.29.

⁵ ibidem

*Continuously changing means being continuously improvised. But in mainstream architecture such continuous change also implies some prevision, some planning.*⁵

Embora seja essencial a arquitetura permitir alguma liberdade para adaptações futuras, é igualmente importante considerar, na fase inicial de um projeto, como estas alterações poderão ocorrer. Coloca-se, então, o desafio de conceber espaços que integrem, de forma planeada, a possibilidade de variação e adaptação. Para isto, como mencionado anteriormente, é fundamental compreender a arquitetura como um sistema flexível, condicionado pela variável do tempo.



Fig. 2 - Antiga fábrica de tabaco e álcool, São Miguel, Açores



Fig. 3 - Centro de Artes Contemporâneas, reabilitação do Atelier Menos é Mais

1.2 Simplificação do conceito

O conceito de adaptabilidade na arquitetura constitui-se como uma resposta à exigência de os espaços construídos se ajustarem às novas condições de uso, transformações sociais, inovações técnicas e evoluções dos agregados familiares. No entanto, a sua definição é muitas vezes objeto de múltiplas interpretações, por diferentes autores. Termos como **flexibilidade**, **polivalência**, **variabilidade** e **evolutividade** surgem frequentemente como subconceitos ou variações da ideia de **adaptabilidade**. Cada um destes conceitos descreve diferentes estratégias de transformação dos edifícios, sejam físicas ou apenas funcionais, de modo a permitir a sua adaptação ao longo do tempo, sendo imprescindíveis para a compreensão da arquitetura enquanto um sistema dinâmico e não apenas um objeto estático.

Neste contexto, com base nos contributos de autores como Richard Larry Medlin, James Douglas e Herman Hertzberger, propõe-se um modelo que organiza estes conceitos de forma articulada e sobreposta, tal como representado na figura 4 (página 24).

A **adaptabilidade** na arquitetura, segundo Richard Larry Medlin, pode ser entendida como “*um termo geral que abrange a flexibilidade e a variabilidade*”⁶ e está associada ao “*potencial de uma entidade projetada para se ajustar passivamente ou responder ativamente a diferentes funções ou condições externas*”.⁷ Esta definição tem por base o conceito de adaptabilidade como integrador de diferentes estratégias que, embora distintas, partilham o mesmo objetivo de garantir que os edifícios respondam às condições do seu contexto, de forma contínua. James Douglas define este conceito como “*qualquer intervenção num edifício que vá além da simples manutenção, com o objetivo de alterar a sua capacidade, função ou desempenho*”⁸ incluindo, assim, qualquer intervenção destinada a ajustar, reutilizar ou modernizar um edifício para responder a novas exigências.

⁶ OTTO, Frei, *Arquitectura adaptable*, 1979, p.135.

⁷ ibidem

⁸ DOUGLAS, James, *Building adaptation*, 2006, p.28.

⁹ LEAMAN, Adrian et al., *Flexibility and adaptability in buildings*, 1998, p.1.

¹⁰ OTTO, Frei, *Arquitectura adaptable*, 1979, p.135.

¹¹ BURING, N., *Housing the unknown future*, 2017, p.13.

¹² HERTZBERGER, Herman, *Lessons for students in architecture*, 2005, p.147.

¹³ HERTZBERGER, Herman, *Lessons for students in architecture*, 2005, p.149.

¹⁴ OTTO, Frei, *Arquitectura adaptable*, 1979, p.113.

A **flexibilidade** constitui um dos conceitos mais recorrentes associados à adaptabilidade na arquitetura, e está relacionada com a capacidade de um espaço responder a diferentes funções e usos ao longo do tempo, através de alterações que podem ser físicas, organizacionais ou funcionais. Esta qualidade manifesta-se, sobretudo, na possibilidade de reorganizar ou transformar os ambientes internos de um edifício sem recorrer, necessariamente, a intervenções estruturais significativas.⁹ Richard Larry Medlin descreve-a como “o potencial de uma entidade projetada para se adaptar a diferentes funções ou condições externas ao sistema projetado”¹⁰, evidenciando a importância da flexibilidade na criação de ambientes dinâmicos e responsivos às mudanças.

Ao contrário da adaptabilidade, que se refere à capacidade do edifício como um todo de acolher transformações mais profundas e duradouras, a flexibilidade manifesta-se sobretudo no interior dos espaços, permitindo reorganizações rápidas e eficazes. Como refere Buring, “o edifício em si é adaptável; o seu interior é flexível”¹¹. Deste modo, nesta investigação, a flexibilidade é entendida a partir de duas estratégias distintas: a polivalência e a variabilidade.

A **polivalência** refere-se à transitoriedade de um espaço acomodar diferentes usos, sem necessidade de alterações físicas, com base na uniformidade e abertura dos espaços. Segundo Hertzberger, trata-se de “uma forma polivalente... que pode ser utilizada para diferentes fins sem precisar de sofrer alterações”¹². Estes espaços são concebidos para absorver e até gerar programas de uso distintos, mantendo a sua identidade: “podem tanto absorver como exprimir múltiplos significados, sem, no entanto, perder a sua identidade”¹³.

A **variabilidade**, por outro lado, implica a possibilidade de reorganizar fisicamente o espaço através da modificação dos seus elementos construídos. Segundo Jurgen Joedicke, trata-se da “possibilidade de variar os elementos construídos”¹⁴, de forma a permitir ajustes ativos à configuração do espaço. Se a polivalência oferece liberdade de uso sem transformar a forma, a variabilidade permite transformar a forma para acomodar novos usos.

¹⁵ ENGEL, Heino, *The Japanese house*, 1991, p.237.

¹⁶ *ibidem*

¹⁷ BANDEIRINHA, José António, *Processo SAAL e a arquitectura no 25 de Abril de 1974*, 2011, p.71.

¹⁸ COELHO, António B.; CABRITA, António R., *Habitação evolutiva e adaptável*, 2009, p.11.

¹⁹ PEREIRA, Catarina, *Habitação flexível e evolutiva*, 2022, p.59.

A casa tradicional japonesa (figura 7) é um bom exemplo de flexibilidade, que se manifesta tanto na polivalência dos seus espaços, como na sua possível variabilidade. Apesar da aparente uniformidade formal e rígida dos compartimentos, estes espaços são concebidos para acolher múltiplas funções sem perderem a sua identidade. Como refere Heino Engel, a organização do espaço baseia-se numa grelha bidimensional, estruturada pelo módulo do *tatami*, que permite uma ordenação regular e uma coerência espacial que favorece a adaptabilidade.¹⁵ Ainda assim, “cada divisão tem um nome específico que remete para a sua função principal, e que o seu uso, embora múltiplo, é bem definido.”¹⁶

O conceito de evolutividade, por sua vez, pode ser entendido como uma subcategoria da adaptabilidade, distinguindo-se da flexibilidade pelo seu foco em transformações estruturais ou de expansão, normalmente associadas ao exterior do edifício. Enquanto a flexibilidade permite reorganizações internas rápidas e reversíveis, a evolutividade refere-se à capacidade de crescimento ou melhoria progressiva do edificado. Tal como referido no *Colóquio sobre Política de Habitação* (1969) as “soluções do tipo evolutivo” devem ser concebidas de forma a permitir que, partindo de núcleos elementares, possam receber ampliações e beneficiações sucessivas, à medida que se verificam melhorias nas condições globais das famílias¹⁷. Segundo António Coelho e António Cabrita, este conceito “engloba formas de melhoramento gradual e de adaptabilidade às mudanças” e, assim, “assegura a gradual concretização dos “desejos habitacionais””¹⁸.

Um exemplo de adaptação, pela evolução das edificações, foi o bairro Quinta Monroy, no Chile (figura 6). Neste projeto, o grupo Elemental desenvolveu o conceito do edifício paralelo, uma solução habitacional com potencial de crescimento. O conjunto construído consiste em moradias em banda, compostos por uma habitação no piso térreo e um apartamento de dois andares no piso superior. Entre as unidades habitacionais foram deixados espaços vazios, identificados como áreas de expansão futura.¹⁹

Deste modo, ao distinguir e articular conceitos como flexibilidade, polivalência, variabilidade e evolutividade, compreendem-se as múltiplas estratégias através das quais o espaço arquitetônico pode ser concebido ou transformado para responder às progressivas mudanças contemporâneas. Esta capacidade de adaptação não é, no entanto, um fenómeno recente. A adaptabilidade esteve sempre presente nas construções, mesmo antes de ser conscientemente teorizada, manifestando-se desde a simplicidade funcional das construções vernaculares até à aplicação de sistemas e tecnologias mais complexas no contexto da arquitetura atual.



Fig. 4 - Diagrama do conceito de adaptabilidade



Fig. 5 - Mima House, casa com paredes móveis



Fig. 6 - Quinta Monroy, Chile

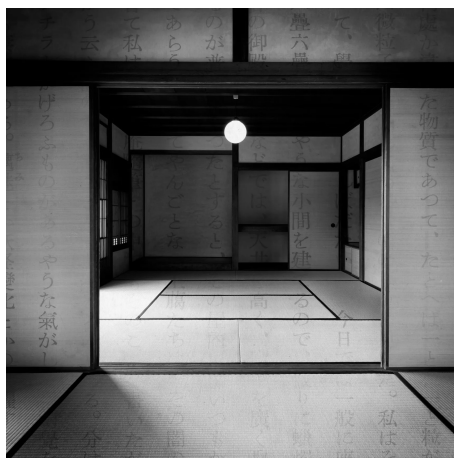


Fig. 7 - Casa tradicional japonesa

2. Da tradição Vernacular à Industrialização

Ao longo da história, a adaptabilidade na arquitetura manifesta-se de múltiplas formas, seja, como mencionado anteriormente, através da introdução de novas tecnologias, seja pela simplicidade de soluções espontâneas que emergem em resposta às novas necessidades de utilização.

No caso das construções vernaculares e tradicionais, há uma grande relação entre o contexto em que se inserem e as modificações que lhes são impostas. A adaptabilidade, neste contexto, tem origem num processo intuitivo e espontâneo, em resposta direta às condicionantes climáticas, culturais e sociais. Estas transformações têm por base a experiência quotidiana e a resposta às necessidades imediatas dos seus utilizadores, não sendo necessário um plano pré-estabelecido, apenas uma evolução, num processo de aperfeiçoamento do que já existe.

²⁰ BRAND, Stewart, *How buildings learn: what happens after they're built*, 1997, p.177.

*The common attribute of vernacular remodeling (and construction) is that it is done without plans. You proceed by improving on what already exists, following wherever usage demands. 'Wanderer,' wrote a Spanish poet, 'there is no path. You lay down a path in walking.'*²⁰

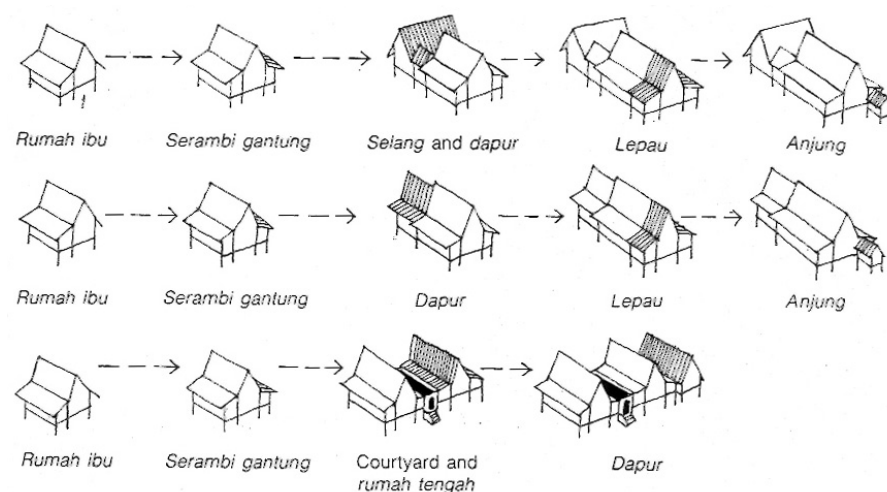


Fig. 8 - Esquema de evolução da casa tradicional da Malásia



Evolutivo e polivalente

Fig. 9 - Pueblos, Novo México

²¹ OTTO, Frei, *Arquitectura adaptable*, 1979, p.26.

²² OTTO, Frei, *Arquitectura adaptable*, 1979, p.35.

²³ OTTO, Frei, *Arquitectura adaptable*, 1979, p.26.

²⁴ *ibidem*.

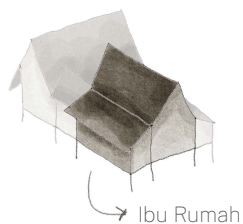
2.1 Arquitetura vernacular: um modelo de adaptação

Os antigos *Pueblos* dos índios do Novo México são um exemplo de adaptabilidade, desenvolvidos de forma intuitiva e espontânea. Com construções maioritariamente em barro, estas edificações caracterizam-se pela modularidade e pela simplicidade construtiva, o que possibilita a sua contínua transformação. Estas modificações ocorrem quando os *Pueblos* “já não cumprem com a sua função” ²¹, o que por sua vez, reflete a capacidade de alteração quanto às necessidades emergentes das famílias e da comunidade.

O desenvolvimento destas construções evidenciam uma estreita relação entre o ambiente construído e o crescimento das comunidades que o habitam, como referido por Wudolf Wienands, “Ao longo de décadas e séculos, é possível seguir com precisão o crescimento e a história das diferentes famílias, através da constante transformação do contorno do edificado”. ²²

A principal estratégia de adaptação constitui a sua evolução pelo processo de expansão progressiva das edificações, orientado pelas transformações sociais e familiares. A simplicidade construtiva e a modularidade dos *Pueblos*, por sua vez, permitem uma maior flexibilidade dos espaços. Deste modo, através de pequenas modificações, é possível alterar as suas funções e atribuir novos usos. No entanto, estas modificações não obedecem um plano pré-definido, mas resultam de um crescimento orgânico e espontâneo, que reflete a evolução dos núcleos familiares.

A adaptabilidade nestas estruturas surge, assim, através da improvisação, como resposta aos desafios do quotidiano. Sem a consciencialização teórica deste conceito, estas comunidades constroem intuitivamente, como “*um reflexo perante os inconvenientes percebidos*”.²³ Este carácter não se limita à prática construtiva, mas está intrinsecamente ligado à mentalidade das próprias comunidades. O filósofo Lee Whorf, ao analisar a cultura e os ideais da tribo *Hopi*, identificou a tendência destas populações a perceber o mundo através de processos, em vez de coisas fixas, o que se reflete diretamente na forma como estruturam o seu ambiente construído.²⁴

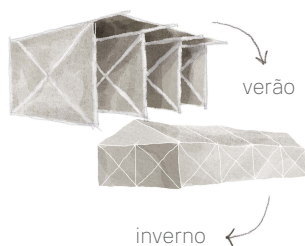


Evolutivo e polivalente

Fig. 10 - Casa tradicional da Malásia

²⁵ BRAND, Stewart, *How buildings learn: what happens after they're built*, 1997, p.137.

²⁶ Referência em Anexo



Evolutivo e variável

Fig. 11 - Toldos dos Índios Guaicurus

²⁷ WEIMER, Günter, *Arquitetura popular brasileira*, 2005, p.54.

²⁸ NITSCHKE, Günter, *From Shin- to to Ando*, 1993, p.54.

De modo semelhante, as casas tradicionais da Malásia ilustram esta lógica de adaptação evolutiva nas suas edificações. Estas habitações foram concebidas com um núcleo central, o *ibu rumah*, a partir do qual se realizam expansões conforme as necessidades dos seus habitantes aumentam. Tratam-se igualmente de estruturas flexíveis que, além da possibilidade de expansão, possuem espaços polivalentes, capazes de responder às exigências do clima e organização familiar.²⁵

*The traditional Malay house has, over the years, evolved a very efficient addition system that grows according to the needs of its users. The core unit, or the ibu rumah, is the basic living unit for the small or poor family. The kitchen and toilet are often located on the exterior. From the ibu rumah, many possible additions can be made as the family grows bigger or as it acquires the means to build a bigger house.*²⁶

Na região Pampeana da América do Sul, os índios *Guaicurus* desenvolveram construções móveis, os chamados toldos, formados por painéis desmontáveis. Esta portabilidade era essencial para a sua condição nómada, permitindo-lhes ajustar a orientação e configuração das estruturas em função do clima e das necessidades de deslocação. Durante o inverno, por exemplo, os toldos eram dispostos de forma a proteger os interiores do vento, formando coberturas de duas águas voltadas umas para as outras.²⁷

A arquitetura tradicional japonesa, por sua vez, também é um exemplo de adaptabilidade. Assim como as concepções ideológicas da tribo *Hopi*, de compreender o mundo através de processos, a arquitetura japonesa incorpora princípios que reconhecem a impermanência e a renovação como parte essencial. O conceito *Ma*, que na cultura japonesa representa o espaço negativo ou o intervalo temporal, enfatiza a importância dos vazios e das pausas, tanto no espaço físico, como na vivência do tempo.

*The dual relation of ma to space and time is not simply semantic. It reflects the fact that all experiences of space is a time-structured process, and all experience of time is a space structured process.*²⁸

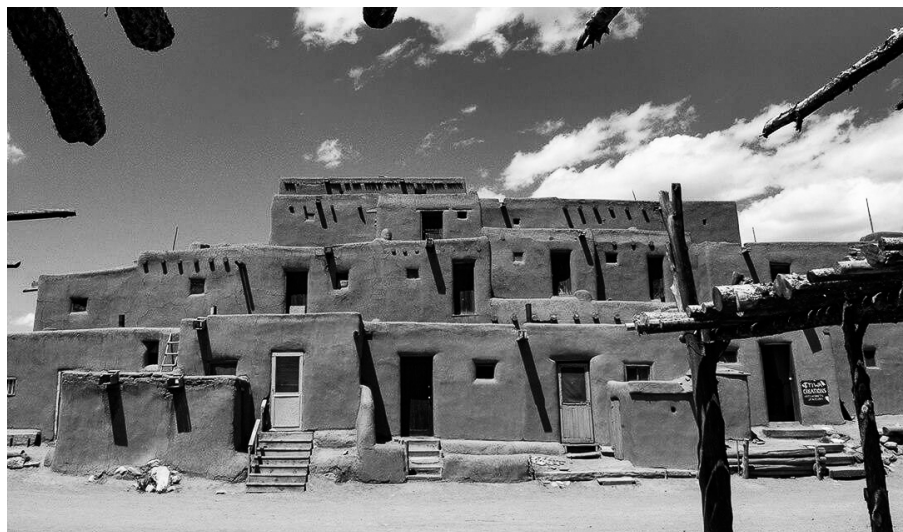


Fig. 12 - Pueblos Taos, Novo México



Fig. 13 - Casa tradicional da Malásia

Embora os exemplos anteriores apresentem técnicas menos tecnológicas em comparação com as soluções contemporâneas, a relativa simplicidade construtiva e material não representam uma limitação, mas sim um contributo há capacidade de adaptação ao longo do tempo. Estas estruturas respondem de forma intuitiva às necessidades em constante transformação dos seus utilizadores, bem como às variações ambientais e sociais.

Neste sentido, a adaptabilidade na arquitetura vernacular não se restringe a uma necessidade prática, mas demonstra também a importância da relação entre o espaço construído e o utilizador. A capacidade de transformação contínua destas estruturas traduz a forma como diferentes culturas percebem e interagem com o seu ambiente, criando soluções arquitetónicas sustentáveis, flexíveis e profundamente enraizadas no seu contexto sociocultural.

2.2 A industrialização da Arquitetura

Henry Ford's operative principles of "power, accuracy, economy, system, and speed" found their echo not only in Filippo Tommaso Marinetti's manifestos, which distorted them, but in the hearts of many a more sober architect (...) all this was impressive, even fascinating, to an imaginative architect in tune with "modern times".²⁹

²⁹ HERBERT, Gilbert, *The dream of the factory-made house*, 1984, p.9.

O início dos primeiros debates acerca da industrialização e racionalização dos meios de produção, no início do século XX, juntamente com os princípios desenvolvidos por Henry Ford acerca das linhas de produção, tiveram uma grande influência em diversos setores industriais, do qual inclui o setor da construção. Neste contexto, a industrialização passou a ser definida, segundo Gérard Blachère, como a *"utilização de tecnologias que substituem a habilidade do artesão pelo uso da máquina"* ³⁰. Paulo Bruna, por sua vez, associa-a essencialmente aos *"conceitos de organização e de produção em série"*. ³¹

³⁰ BLANCHÈRE, Gérard, *Tecnologías de la construcción industrializada*, 1977, p.9.

³¹ BRUNA, Paulo, *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*, 2022, p.19.

A partir deste conceito, novas técnicas e características, como a pré-fabricação, a modularidade e a estandardização, emergiram como estratégias para a produção em massa das habitações. No entanto, já desde o século XIX, observa-se a necessidade de desenvolver soluções habitacionais mais acessíveis, rápidas e duradouras.

Durante e após as Guerras Mundiais e a Grande Depressão de 1929, o setor da construção precisou de adaptar-se às novas exigências sociais, económicas e tecnológicas. Richard Bender, em *Una Visión de la Construcción Industrializada*, aponta três fatores principais que impulsionaram estas mudanças: o surgimento de grandes organizações construtivas capazes de executar projetos em larga escala, a introdução de novos materiais (como o plástico, o contraplacado de madeira e o aço de alta resistência) e a rápida evolução dos métodos de industrialização no pós-guerra, motivados pela escassez de habitação e de mão de obra qualificada.³²

³² BENDER, Richard, *Una visión de la construcción industrializada*, 1976, p.26.

Embora a industrialização tenha impulsionado significativamente a produtividade e simplificado os processos construtivos na arquitetura, coloca-se em questão de que forma a industrialização, em conjunto com os conceitos de produção em série e pré-fabricação, pode influenciar a capacidade de adaptação futura das edificações?

2.3 Habitação pré-fabricada: experiências do século XX

³³ HERBERT, Gilbert, *The dream of the factory-made house*, 1984, p.3.

Why can't we mass-produce houses- standard, well-designed, at low cost - in the same way Ford mass-produces cars? ³³

Ao longo do século XX, a necessidade de dar resposta à crise habitacional, aliada à ambição de produzir habitações em larga escala, fortemente inspirada pelo movimento do *Fordismo* e *Taylorismo*, levou ao desenvolvimento de diversas experiências de habitações pré-fabricadas. Este conceito, por sua vez, levou a uma abordagem sistemática da construção, com base na organização de componentes que compõem um sistema maior, o edifício pré-fabricado.

A pré-fabricação, ao introduzir a construção como um sistema modular através da organização de componentes, não apenas permite o desenvolvimento da produção em massa, como também introduz um maior grau de adaptabilidade e flexibilidade. A possibilidade de combinar diferentes componentes pré-fabricados viabiliza e facilita futuras modificações e ajustes conforme as necessidades dos utilizadores, de modo a promover soluções habitacionais que se adaptam a diferentes contextos, preferências e situações ao longo do tempo.

O arquiteto Walter Gropius desenvolveu amplamente o tema da pré-fabricação no decorrer da sua carreira, onde procurou atribuir uma essência fabril à habitação, sem comprometer a personalização. Defendia que a industrialização da construção deveria restringir-se à produção em massa de componentes padronizados, mas que permitissem variações no desenho e na organização dos espaços.

*The industrialization of the house must be limited to the mass production of standardized components which would not prohibit changes in the form and planning of the house.*³⁴

³⁴ GIEDION, Sigfried, Walter Gropius, 1992, p.74.

Nos seus projetos, como o bairro Toerten, em Dessau (1926-1929), e as casas da exposição de Weissenhof (1927), explorou diferentes técnicas de construção industrializada, incluindo a utilização de peças pré-fabricadas e elementos estruturais leves. No entanto, os projetos em que realmente foram desenvolvidas habitações pré-fabricadas na sua totalidade foram as *Copper Houses*, do concurso *The Growing House* e as *Packaged Houses*.³⁵

³⁵ GIEDION, Sigfried, Walter Gropius, 1992, p.75.

2.4 The Growing House e Packaged House

Com a crise financeira e habitacional que se encontrava na Alemanha, em 1930, o arquiteto e urbanista Martin Wagner organizou, em 1931, o concurso **The Growing House** (Das Wachsende Haus). O concurso teve como objetivo incentivar a criação de habitações modulares que pudessem “crescer” progressivamente, adaptando-se às condições económicas e familiares ao longo do tempo. O conceito central do concurso baseava-se na flexibilidade e na adaptabilidade da habitação, de modo a permitir que um núcleo inicial de 25 m² fosse expandido sem comprometer a sua funcionalidade.³⁶ A iniciativa fez parte da exposição “*Sonne, Luft und Haus für Alle*” (Sol, Ar e Casas para Todos) realizada em 1932, e teve a participação de arquitetos como Walter Gropius, Otto Bartning, Bruno Taut, Hans Poelzig e Erich Mendelsohn.³⁷

A proposta de Gropius para o concurso teve por base o sistema das **Copper House**, desenvolvidas anteriormente em conjunto com a empresa *Hirsch Kupferund Messingwerke*. A solução original deste sistema começou a ser desenvolvida em 1924 e era composta por painéis autoportantes de chapa de cobre com uma estrutura interna de madeira e isolamento térmico no interior. Numa versão posterior, em 1930, introduziu-se na secção dos painéis lâminas metálicas sobrepostas, intercaladas com isolamento térmico (figura 15), além da substituição das ligações metálicas por conectores de madeira capazes de unir entre dois a quatro painéis em simultâneo (figura 16).³⁸



Fig. 14 - Assemblagem da casa pré-fabricada de Walter Gropius, para o concurso *The Growing House*

³⁶ HERBERT, Gilbert, *The dream of the factory-made house*, 1984, p.139.

³⁷ WAGNER, Martin et al., *The growing house*, 2015, p.190.
SERRA SORIANO, Bartolomé et al., *Las aportaciones de Gropius y Wachsmann*, 2021, p.190.

³⁸ SERRA SORIANO, Bartolomé et al., *Las aportaciones de Gropius y Wachsmann*, 2021, p.36.

³⁹ HERBERT, Gilbert, *The dream of the factory-made house*, 1984, p.138.

In Gropius account of the advantages of his prefabricated copper houses, we find three recurrent themes, all indicating the flexibility and dynamic nature of the system. These themes are mobility, or the ease of transportation and adaptation to various locations and climes; adaptability, or the capacity to generate many house types and variations, through the interplay of standardized components; and growth, or the expandability of the house, horizontally through the addition of further rooms, or vertically through the addition of another floor.³⁹

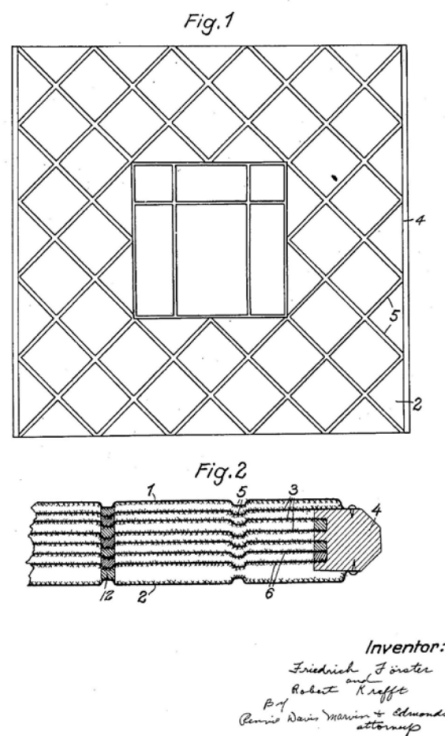


Fig. 15 - Painel Copper House, desenhos da patente de 1930

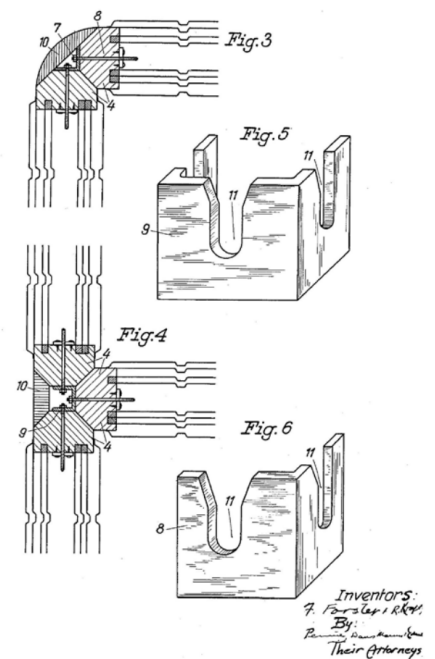


Fig. 16 - Conector Copper House, desenhos da patente de 1930

⁴⁰WAGNER, Martin et al., *The growing house*, 2015, p.190.

No entanto, a proposta para o concurso introduziu algumas alterações técnicas na solução. A ideia consistia numa planta em “L” e um sistema construtivo que tinha por base uma estrutura portante de madeira, revestida com chapas de cobre onduladas no exterior e alumínio no interior. O isolamento era fixado dentro da estrutura de madeira, enquanto a conexão entre as paredes era feita através de parafusos e perfis metálicos em L ou U, garantindo estabilidade estrutural (figura 17).⁴⁰

⁴¹HERBERT, Gilbert, *The dream of the factory-made house*, 1984, p.254.

Contudo, tal como referido por Gilbert Herbert, apesar da intenção de Gropius de criar uma solução que fosse variável e flexível, o sistema apresentava limitações, especialmente no que diz respeito a modificações após a construção. A estrutura, embora planeada para permitir crescimento, não possuía um sistema modular verdadeiramente aberto, tornando as adaptações e expansões posteriores complexas e pouco viáveis.⁴¹

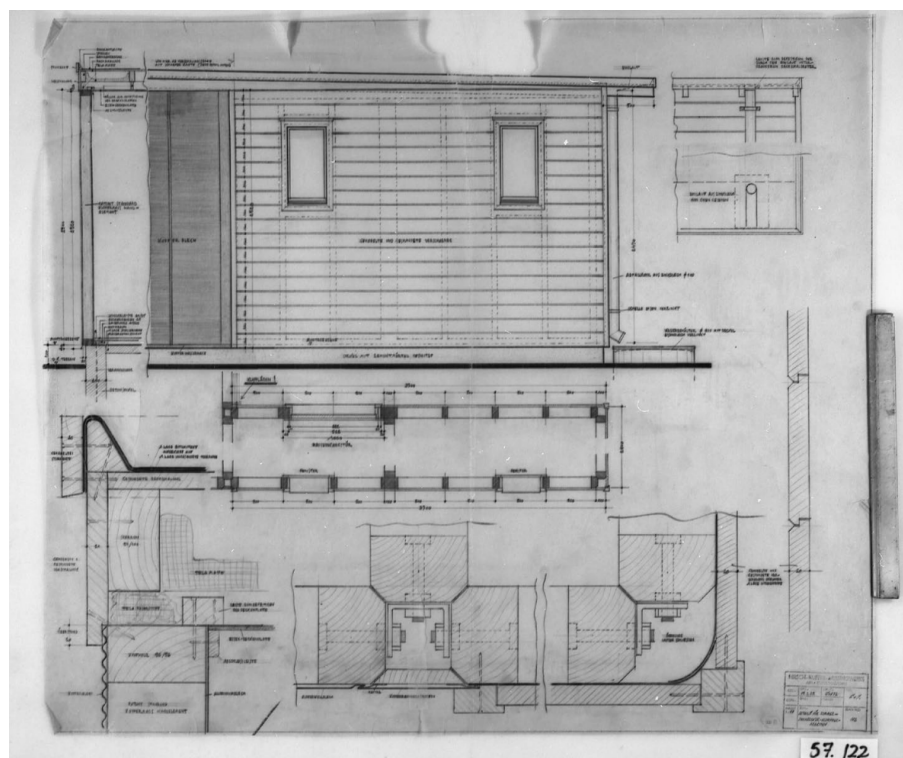


Fig. 17 - Desenho da parede do sistema *Copper House*

⁴² HERBERT, Gilbert, *The dream of the factory-made house*, 1984, p.275.

Após emigrar para os Estados Unidos, Walter Gropius, em colaboração com Konrad Wachsmann, desenvolveu um sistema de construção modular composto por painéis pré-fabricados em madeira, denominado por **Packaged House** (1942-52). Segundo Wachsmann, um dos principais objetivos deste sistema era “transferir a maior parte do trabalho envolvido na construção de um edifício do próprio local da obra para uma fábrica e fazer com que a montagem do edifício seja, principalmente, um processo de *assemblagem*”.⁴²

⁴³ SERRA SORIANO, Bartolomé et al., *Las aportaciones de Gropius y Wachsmann*, 2021, p.49.

Deste modo, Gropius e Wachsmann, através do desenvolvimento e estudo aprofundado de um sistema centrado nos painéis e nas suas ligações, procuraram criar uma solução mais flexível, que articulasse a pré-fabricação com o desenvolvimento de elementos standardizados e intercambiáveis, “baseados na modulação e na produção em série.”⁴³

⁴⁴ ibidem.

Esta solução assemelha-se às *Copper Houses*, diferenciando-se pela utilização de painéis estruturais em madeira revestidos com tábuas finas do mesmo material. A modularidade do sistema baseava-se num módulo fixo de 3 pés e 4 polegadas (101,6cm), por 10 pés de altura (304,8 cm), que permitia uma ampla possibilidade de configurações espaciais.⁴⁴ O grande desenvolvimento das *Packaged Houses*, no entanto, foi a possibilidade de montagem tridimensional dos painéis, o que, por conseguinte, permitiu que os mesmos componentes fossem utilizados como paredes, pisos, tetos e coberturas. Como referido por Gideon, “Os elementos de construção normalizados podem ser montados em mais do que duas dimensões (...). A terceira dimensão foi agora introduzida.”⁴⁵ (Figura 21).

⁴⁵ GIEDION, Sigfried, *Walter Gropius*, 1992, p.75.

Além da sua flexibilidade modular, o sistema *Packaged House* foi projetado para ser produzido em larga escala, com um conjunto reduzido de elementos, o que simplificava a fabricação e assegurava um alto nível de padronização. No entanto, essa padronização resultava num sistema fechado, dificultando a incorporação de componentes industrializados externos, como janelas e portas pré-fabricadas. Em 1942, foi fundada a *General Panel Corporation*, com o objetivo de fabricar e comercializar o sistema *Packaged House*, concebido por Konrad Wachsmann e Walter Gropius. Apesar das suas inovações no campo da pré-fabricação e da racionalização da construção, o sistema enfrentou desafios na adaptação a novas exigências do mercado e na compatibilidade com outros sistemas construtivos.⁴⁶

⁴⁶ HERBERT, Gilbert, *The dream of the factory-made house*, 1984, p.270.

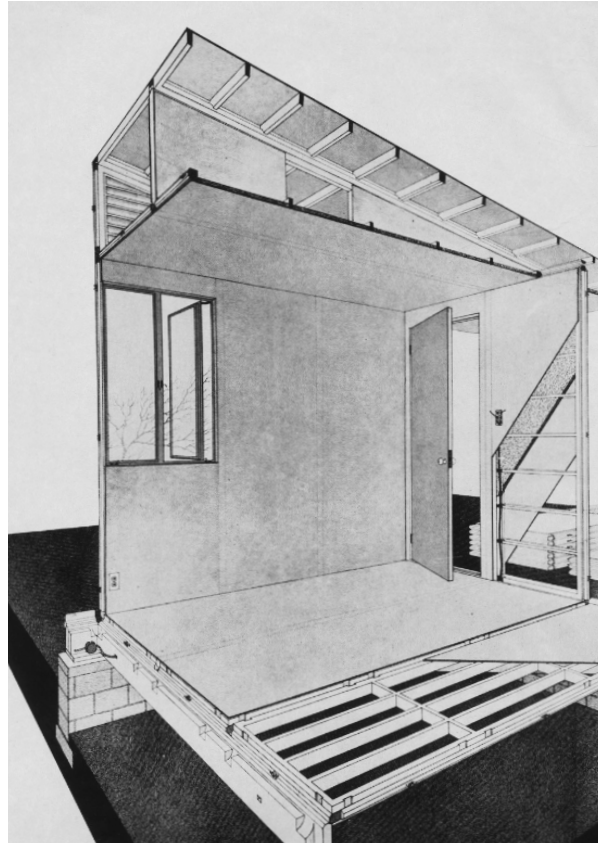


Fig. 18 - Sistema construtivo, *Packaged House*

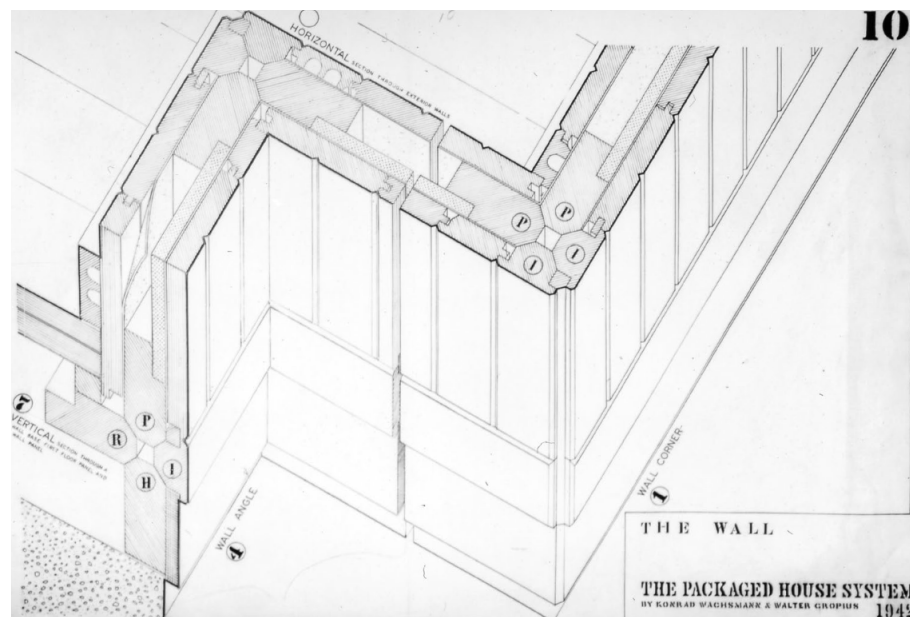


Fig. 19 - Secção da parede, *Packaged House*

⁴⁷ BRUNA, Paulo, *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*, 2022, p.62.

É preciso que os componentes feitos dos mais diversos materiais possuam características básicas de um sistema aberto, ou, em outras palavras, é preciso que tais peças sejam SUBSTITUÍVEIS por outras de diferentes origens; INTERCAMBIÁVEIS, isto é, possuam diferentes posições dentro de uma mesma obra; COMBINÁVEIS entre si, formando conjuntos maiores (aditividades dos termos), e que, por sua vez, sejam PERMUTÁVEIS por uma peça maior ou por um número de peças menores.⁴⁷

As propostas desenvolvidas por Walter Gropius, tanto no contexto europeu, no concurso *The Growing House*, como mais tarde, nos Estados Unidos, com o sistema *Packaged House*, evidenciam a transição conceptual e técnica em direção a uma arquitetura industrializada com potencial adaptativo. Ainda que a proposta para o concurso de 1931 tivesse limitações quanto à flexibilidade real de expansão, a sua intenção de criar uma habitação progressiva e modular marca um ponto de inflexão na busca de sistemas habitacionais ajustáveis às necessidades sociais e económicas.

Com o desenvolvimento da *Packaged House*, Gropius e Wachsmann aprofundaram a relação entre a pré-fabricação, a padronização e a adaptabilidade, através da utilização da madeira como material principal. O seu uso não é apenas pelas suas qualidades térmicas e disponibilidade, mas sobretudo pela sua capacidade de integração num sistema aberto. Tal como referido no livro *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*, a madeira, em contraste com materiais como o betão armado ou o aço, revelou-se mais adequada à criação de componentes substituíveis, intercambiáveis, combináveis e permutáveis, qualidades fundamentais para uma arquitetura verdadeiramente adaptável.

A verdadeira inovação do sistema *Packaged House* não residiu apenas nos painéis modulares, mas na conceção de um sistema tridimensional capaz de integrar diversos elementos construtivos num conjunto coerente e flexível. O ênfase nas ligações entre componentes, ao invés da rigidez estrutural dos elementos isolados, mostra uma mudança de paradigma: a adaptabilidade não depende apenas da forma ou da escala, mas da capacidade de articulação entre partes distintas, que permitam que a arquitetura evolua, se reconfigure e responda a múltiplas situações e contextos.



Fig. 20 - Elementos de conexão, *Packaged House*

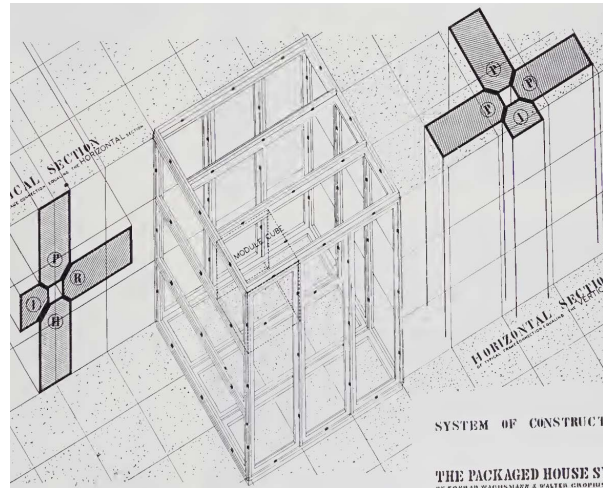


Fig. 21 - Montagem e ligação de elementos, *Packaged House*

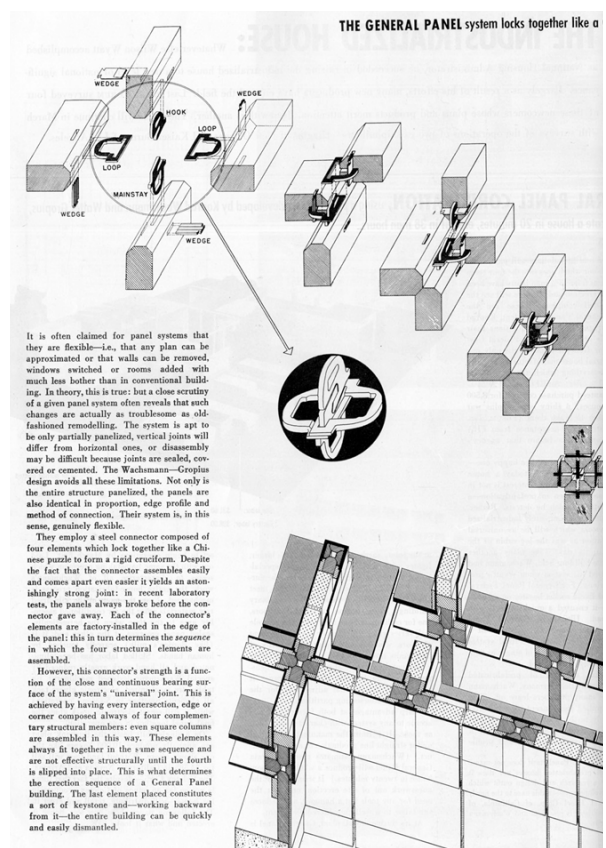


Fig. 22 - "The general panel system locks together like a chinese puzzle.", Artigo da revista *Architectural Forum*, acerca da conexão desenvolvida para o sistema *Packaged House*

3. O equilíbrio entre o permanente e o efêmero

3.1 Camadas de mudança

Ao longo do século XX, o desenvolvimento de habitações em massa, totalmente pré-fabricadas, foi fortemente impulsionado em resposta às necessidades habitacionais crescentes e à procura por processos construtivos mais eficientes. Paralelamente, emergiram diversas experiências que procuravam integrar princípios de adaptação e flexibilidade, refletindo uma preocupação crescente com a capacidade dos espaços se ajustarem ao contexto e às transformações, ao longo do tempo.

O concurso *The Growing House* é um exemplo paradigmático desta intenção partilhada por muitos arquitetos da época, ao conjugar a ideia de adaptabilidade com os princípios da pré-fabricação e da industrialização. No entanto, esta tendência para a padronização e repetição de soluções pré-fabricadas resultou, por vezes, numa certa monotonia e numa reduzida diversidade de propostas. Assim como Walter Gropius procurou articular a pré-fabricação com a flexibilidade de escolha e combinação, outros autores e arquitetos, como John Habraken e Stewart Brand, introduziram conceitos que visavam oferecer novas abordagens a estes ideais, de modo a promover uma maior adaptabilidade e capacidade de transformação.

⁴⁸ HABRAKEN, N. J., *Supports: an alternative to mass housing*, 2020, p.52.

Mechanisation will have to concentrate on the continuous production of groups of elements, which need not result in uniform dwellings, but can be assembled in an endless variety. ⁴⁸

Tal como Gropius, John Habraken defendia que a produção industrializada não deveria conduzir à criação de habitações uniformes, mas antes possibilitar, através da montagem de elementos padronizados, uma ampla variedade de configurações. No seu livro *Supports: An Alternative to Mass Housing*, Habraken propõe o conceito de **estruturas de suporte** como resposta à rigidez inerente à habitação em massa. Esta abordagem surge no âmbito do **Open Building**, que por sua vez baseia-se na autonomia entre os subsistemas que compõem um edifício. Deste modo, defende a ideia de uma estrutura composta por múltiplos sistemas que devem funcionar de forma articulada, mas independente.⁴⁹

⁴⁹ HABRAKEN, N. J., *The short works of John Habraken*, 2023, p.308.

⁵⁰ HABRAKEN, N. J., *The short works of John Habraken*, 2023, p.83.

O sistema de suportes descrito por Habraken baseia-se na separação entre a estrutura base do edifício (*support*) e o seu preenchimento interno (*infill*), de modo a permitir que cada habitação funcione como uma célula autónoma dentro de um organismo urbano. Esta separação possibilita a renovação e adaptação contínua dos espaços habitacionais, em resposta às necessidades sociais em constante transformação. Em vez de cidades formadas por blocos homogêneos e rígidos, Habraken propõe um modelo em que as moradias, mesmo inseridas em construções verticais, mantenham a sua independência estrutural e funcional.⁵⁰



Fig. 23 - Hollinger 500-Year Tower –TEN Studio. A proposta de concurso apresenta uma abordagem híbrida, composta por uma estrutura em betão e núcleos interiores em madeira.

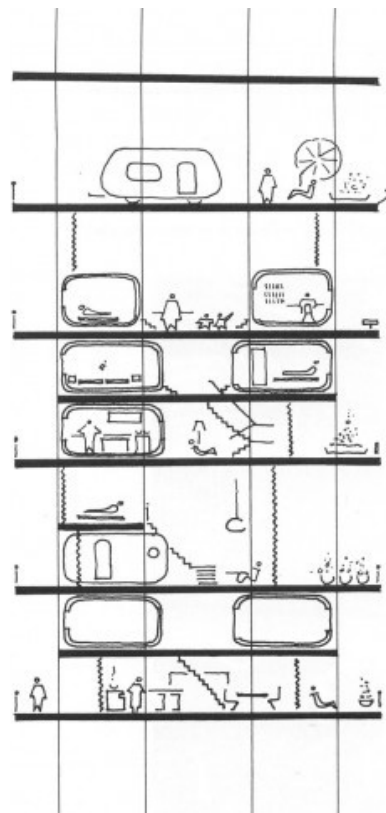


Fig. 24 - John Habraken, princípio da estrutura de suporte, in “*Grondslagen voor de bouw van dragers en defabricage van dragerwoningen*”

⁵¹ BRAND, Stewart, *How buildings learn: what happens after they're built*, 1997, p.13.

Neste mesmo contexto, Stewart Brand, influenciado pelos princípios desenvolvidos pelo arquiteto Frank Duffy, aprofundou a reflexão sobre a flexibilidade dos edifícios ao perdurarem no tempo. Tal como Duffy havia proposto, Brand parte da premissa de que os edifícios são compostos por elementos com diferentes ciclos de vida e que a sua rigidez estrutural, muitas vezes resultante de uma visão monolítica da arquitetura, impede adaptações eficazes. No seu livro *How Buildings Learn*, Brand desenvolve o conceito das *Shearing Layers*, um modelo composto por seis camadas distintas: *Site*, *Structure*, *Skin*, *Services*, *Space Plan* e *Stuff*. Estas camadas representam diferentes níveis de permanência e transformabilidade dentro de um edifício.⁵¹

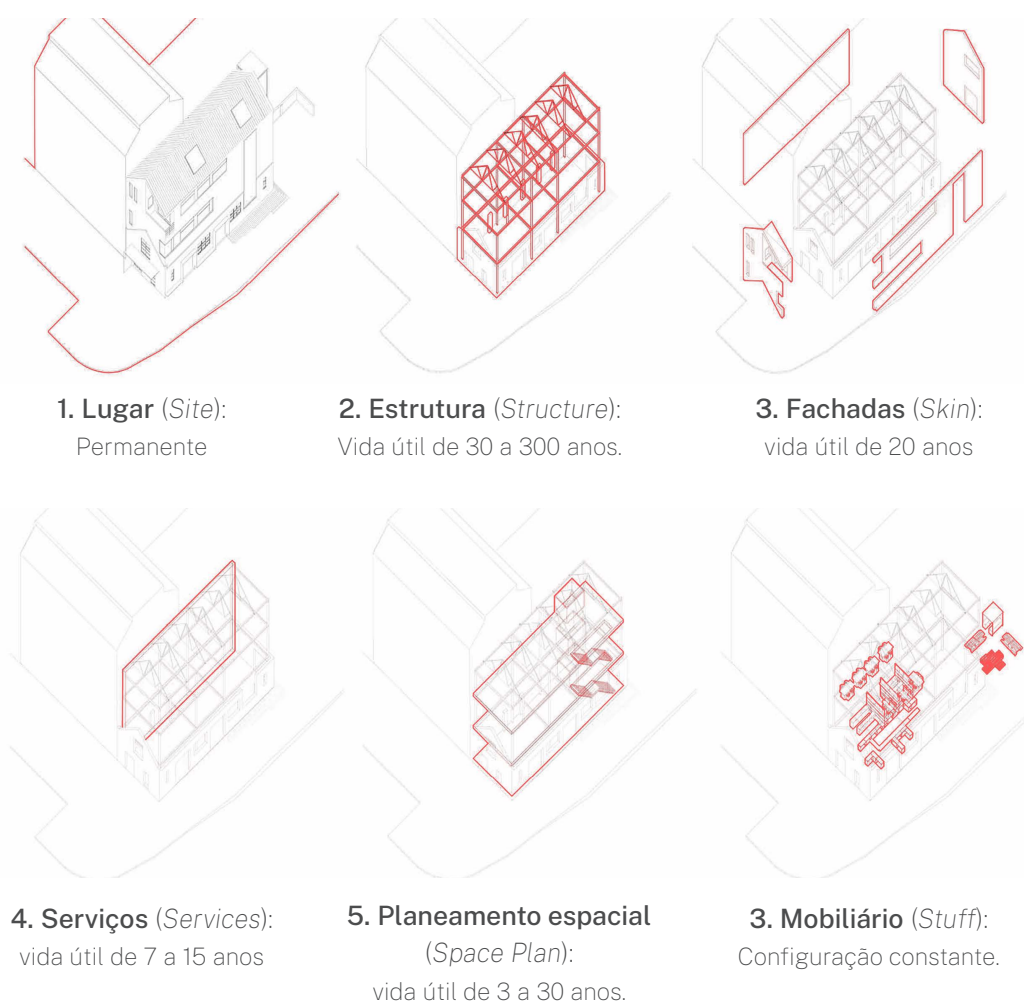


Fig. 25 - As diferentes camadas de um edifício, segundo Stewart Brand, em *How Buildings Learn*

A proposta de Stewart Brand, ao distinguir diferentes camadas de um edifício com base na sua durabilidade e capacidade de transformação, reforça a ideia de que a arquitetura deve ser entendida como um sistema dinâmico. Esta leitura por camadas, onde elementos como o mobiliário ou a organização espacial têm ciclos de vida mais curtos do que a estrutura ou o local, permite uma abordagem mais flexível, ajustável às mudanças de usos, tecnologias e estilos de vida.

⁵² BRAND, Stewart, *How buildings learn: what happens after they're built*, 1997, p.17.

Contudo, Brand sublinha que, apesar desta distinção entre camadas, são precisamente as mais lentas, como o terreno (*Site*) e a estrutura (*Structure*), que definem os limites e as possibilidades de transformação do edifício ao longo do tempo. Como afirma: “*What stays fixed in the drawings will stay fixed in the building over time*”.⁵² Ou seja, aquilo que é definido nos desenhos enquanto elemento permanente tenderá a manter-se inalterado na realidade construída. Esta observação evidencia a importância crítica das decisões tomadas nas fases iniciais do projeto, pois serão essas camadas fundacionais que irão condicionar, permitir ou restringir a capacidade de adaptação futura do edifício.

Este modelo encontra eco nas ideias anteriores de Habraken, ao enfatizar a autonomia entre os diferentes sistemas e a necessidade de projetar com base numa lógica de transformação contínua. Ambas as abordagens evidenciam que a flexibilidade não deve ser apenas uma possibilidade projetual, mas uma estratégia central para garantir a longevidade funcional dos edifícios. A compreensão da arquitetura como algo estratificado e modificável em ritmos distintos, revela-se essencial para enfrentar os desafios contemporâneos da obsolescência acelerada e da sustentabilidade urbana.

⁵³ CALVINO, Italo, *As cidades invisíveis*, 2003, p.65.

3.2 Materialidade, função e tempo

Na obra *Cidades Invisíveis*, Ítalo Calvino descreve uma cidade utópica denominada por *Sofrónia*⁵³, composta por duas metades distintas: uma efêmera, formada por estruturas de entretenimento como carrosséis, montanhas-russas e circos; e outra aparentemente permanente, feita de pedra, mármore e betão, onde se encontram os edifícios institucionais como escolas, bancos e hospitais. Curiosamente, é a parte “sólida” da cidade que, ciclicamente, é desmontada e transportada para outro lugar, enquanto a metade considerada lúdica permanece. Esta inversão irónica entre o que é efêmero e o que é considerado duradouro faz uma reflexão para as contradições entre materialidade e função, entre o fixo e o transitório.

⁵⁴ OTTO, Frei, *Arquitectura adaptable*, 1979, p.112.

*Enquanto antes o envelhecimento dos materiais era a principal causa da decadência dos edifícios, no futuro será o envelhecimento funcional o fator decisivo que reduzirá o valor de uma construção.*⁵⁴

Como referido por Jürgen Joedicke, um edifício cuja estrutura é resistente ao tempo, mas que não consegue adaptar-se às necessidades dos seus utilizadores, pode tornar-se mais obsoleto do que uma construção efêmera, mas flexível e transformável. Neste sentido, a permanência de um edifício não é determinada unicamente pela sua materialidade, mas sobretudo pela sua capacidade de responder às exigências em constante mudança de quem o habita ou utiliza. Torna-se, assim, evidente que projetar para a permanência não implica criar estruturas imutáveis, mas sim concebê-las de forma a poderem evoluir ao longo do tempo, com uma maior resiliência face ao contexto físico, social e funcional em que se inserem.

Deste modo, quando se coloca em causa a pergunta: será preferível conceber edifícios como entidades permanentes ou como estruturas efémeras responsivas? A resposta talvez não resida na escolha de um dos extremos, mas sim na procura de um equilíbrio, um ponto em que a arquitetura possa aliar a solidez necessária com a durabilidade e a fluidez indispensável à adaptação.

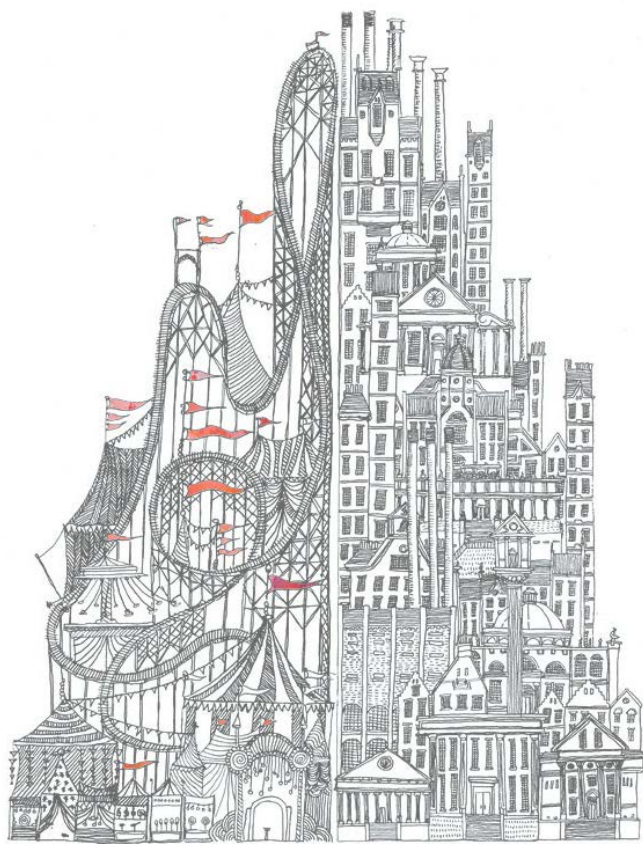


Fig. 26 - Ilustração da Cidade de Sofrônia, David Fleck

Parte 2 - O potencial da madeira para a adaptação

1. Da tradição à inovação

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Métodos construtivos tradicionais
- 1.3 As conexões na arquitetura tradicional japonesa
- 1.4 Habitação pré-fabricada em madeira
- 1.5 O renovado interesse na madeira

2. Aplicabilidade da madeira

- 2.1 Princípios para a adaptação
- 2.2 Métodos construtivos contemporâneos
- 2.3 Vulnerabilidades
- 2.4 Conexões no contexto contemporâneo
- 2.5 Adaptação de edifícios existentes
- 2.6 Tipos de intervenções



Fig. 27 - Moduli 225, Blase Drummond

1. Da tradição à inovação

1.1 Contextualização

Where does the structure of a house or building show with such clarity as in the timber structures of the ancients, where do we see the unity of material, construction and form so clearly? Here the wisdom of whole generations lies concealed. What a sense of material and what expressive power speaks from these buildings! What warmth they exude, and how beautiful they are! They sound like old songs. ⁵⁵

⁵⁵ STEIGER, Ludwig, *Timber Construction: Basics*, 2020, p.101

A madeira afirma-se como um material vivo, dotado de uma presença sensível que reage ao tempo, ao ambiente e ao uso. É um material simultaneamente simples e complexo: permite um manuseamento acessível e direto, ideal para abordagens mais espontâneas, como o *Do-It-Yourself* (DIY), mas comporta igualmente um grau de sofisticação que exige um conhecimento aprofundado das suas propriedades. Esta dualidade torna-a capaz de dar forma tanto a autoconstrução como a sistemas construtivos altamente elaborados, onde a precisão das ligações e a modulação rigorosa, como se observa nos palácios tradicionais japoneses, evidenciam a sua versatilidade e riqueza técnica. ⁵⁶ Desde os sistemas construtivos tradicionais até às mais recentes soluções tecnológicas, a madeira tem demonstrado uma notável capacidade de adaptação, não apenas aos contextos naturais e culturais em que se insere, mas também às necessidades e transformações do pensamento arquitetónico. Estas qualidades colocam-na, hoje, no centro do debate sobre uma arquitetura mais sustentável e adaptável.

⁵⁶ WINTER, Wolfgang et al., *Timber Construction Manual*, 2012, p.8.

Quando observada do ponto de vista cronológico, a madeira pode ser considerada um dos materiais mais antigos utilizados na construção. A sua presença prolonga-se desde os períodos pré-históricos até ao contexto contemporâneo, assumindo hoje uma relevância renovada. Por ser um material versátil e com presença em muitas partes do mundo, este material desenvolve-se através de diferentes linguagens, como resposta ao processo de adaptação no seu meio sociocultural e geográfico. ⁵⁷

⁵⁷ WINTER, Wolfgang et al., *Timber Construction Manual*, 2012, p.24.

Num contexto mais primitivo, esta era aplicada recorrendo a formas simples e arcaicas, desde configurações indefinidas até plantas quadrangulares, as quais permaneceram praticamente inalteradas ao longo de vários milénios. ⁵⁸

⁵⁸ WINTER, Wolfgang et al., *Timber Construction Manual*, 2012, p.25.

⁵⁹ MENESES, Nélia, *Arquitetura(s) Nómada(s)*, 2007, p.46.

A leveza e a versatilidade deste material tornaram-no particularmente apropriado para a edificação em contextos nómadas, como se observa no exemplo referido dos índios *Guaicurus* da América do Sul, bem como nos exemplos de comunidades do Norte de África e da Ásia Central. Nestes contextos, a madeira constituía o elemento estrutural primordial na construção de tendas desmontáveis e facilmente transportáveis, características que permitiam uma eficaz adaptação às variações climáticas e às exigências dos estilos de vida sazonais.⁵⁹

⁶⁰ WINTER, Wolfgang et al., *Timber Construction Manual*, 2012, p.25.

Para além da importância na conceção estrutural, a madeira surgiu também como um material complementar, nomeadamente no domínio das coberturas. Na arquitetura da Grécia e da Roma antiga, era frequentemente empregue na resolução de grandes vãos, integrando-se em sistemas construtivos de elevada complexidade. Exemplos paradigmáticos dessa utilização são o Bouleuterion de Priene, datado do século II a.C., e a Basílica de São Paulo Extramuros, em Roma, do século IV d.C. (Figura 31), onde a madeira foi fundamental na materialização das coberturas, com dimensões significativas.⁶⁰

⁶¹ SILVA, Ana Isabel da Costa e, *A madeira na arquitetura*, 2014, p.200.

No contexto da arquitetura japonesa, a madeira assume-se como um dos materiais predominantes, estando presente numa ampla variedade de tipologias construtivas. Os exemplos vão desde edifícios religiosos, como os santuários xintoístas e os templos budistas, até à arquitetura civil, que inclui as habitações vernaculares tradicionais, designadas de *minka*, as residências urbanas, conhecidas como *machiya*, e as casas de chá, denominadas de *sukiya* ⁶¹. Esta tradição construtiva está frequentemente associada a uma noção de transitoriedade e renovação, refletindo uma compreensão espacial e temporal da arquitetura enquanto processo dinâmico. Um dos exemplos mais paradigmáticos dessa abordagem é o ritual do *Shikinen Sengū*, que consiste na reconstrução do Santuário de Ise, no Japão, a cada vinte anos.

Este ciclo ritualístico, que se estende ao longo de dezassete anos, culmina na montagem de um novo santuário, com recurso a árvores centenárias criteriosamente selecionadas. A madeira é trabalhada manualmente por artesãos especializados, utilizando ferramentas tradicionais e técnicas de encaixe sem pregos nem parafusos. Após a edificação do novo santuário,

⁶² ADAMS, Cassandra, *Japan's Ise Shrine*, 1998, p.49.

o anterior é desmontado, e os seus componentes em bom estado são reaproveitados na manutenção de santuários secundários. Este processo não visa a preservação do objeto físico original, mas sim a continuidade de um conhecimento construtivo coletivo e da relação simbólica com o material.⁶²

⁶³ ADAMS, Cassandra, *Japan's Ise Shrine*, 1998, p.5.

*Approximately six months after the Sengu at Naiku and Geku, the old buildings are disassembled, and the wood that has not decayed is saved for reuse in the construction and repair of subsidiary shrines.*⁶³

⁶⁴ BRAND, Stewart, *How buildings learn: what happens after they're built*, 1997, p.17.

Neste contexto, a madeira é compreendida como um material vivo, que adquire continuamente novos significados. A prática de desmontagem, reconstrução e reutilização revela uma predisposição cultural para a adaptabilidade, reforçando a madeira como elemento central numa arquitetura que valoriza tanto a permanência como a transformação. A efemeridade torna-se, assim, um veículo de continuidade, ideia que se cruza com a visão de Stewart Brand sobre os edifícios como sistemas evolutivos em constante transformação.⁶⁴



Fig. 28 - Construção do Santuário de Ise

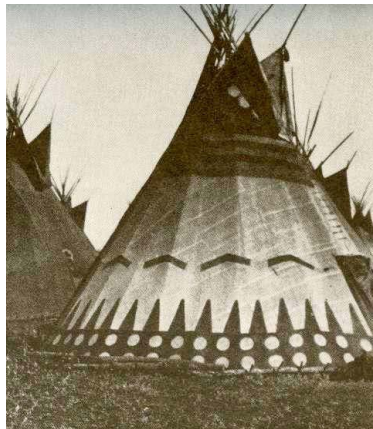


Fig. 29 - Tenda das tribos nativas americanas



Fig. 30 - Abate das árvores para a construção do Santuário de Ise

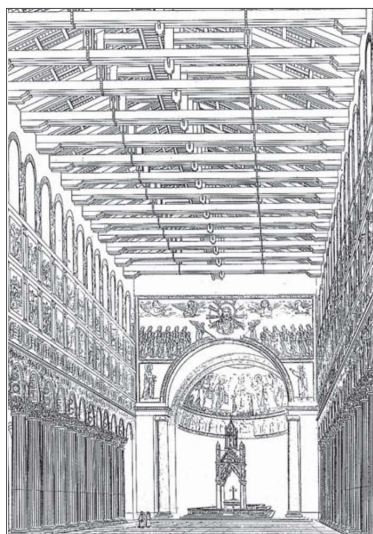


Fig. 31 - Basílica de São Paulo de Extramuros, Roma



Fig. 32 - Templo do Santuário de Ise

⁶⁵ WINTER, Wolfgang et al., *Timber Construction Manual*, 2012, p.25.

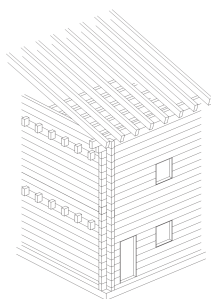


Fig. 33 - Construção em toros

⁶⁶ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.154.

⁶⁷ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.50.

⁶⁸ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.84.

1.2 Métodos construtivos tradicionais

Na Europa, as técnicas de construção em madeira assumiram formas distintas, profundamente influenciadas pelas condições geográficas e pelos contextos culturais de cada região. No Norte da Europa, especialmente na Noruega, destaca-se o desenvolvimento das igrejas *Stave*, ou *Stavekirke*, (Figura 38) edifícios religiosos medievais construídos integralmente em madeira. Estas estruturas resultam da assimilação, por parte dos Vikings, de técnicas construtivas oriundas da Europa Ocidental, adquiridas durante os seus contactos e incursões além-mar ⁶⁵.

Igualmente nas regiões montanhosas da Europa central, da Escandinávia e do norte da Rússia, consolidou-se uma técnica tradicional com base na sobreposição horizontal de toros de madeira maciça, ligados entre si por entalhes nos cantos, o que permite dispensar a utilização de elementos metálicos⁶⁶ (Figuras 35-37). Conhecida como construção em toros, ou *log construction*, esta técnica possui uma longa tradição e teve um papel fundamental na definição da arquitetura vernácula em madeira. A sua aplicação não se limitou apenas a habitações, estendendo-se a edifícios como palácios, torres e igrejas, contribuindo significativamente para a identidade visual das paisagens destas regiões ⁶⁷.

Atualmente, este sistema construtivo mantém a sua relevância, especialmente na edificação de habitações, tendo sido tecnicamente adaptado às exigências contemporâneas de conforto térmico e de eficiência energética⁶⁸. Apesar das inovações incorporadas, a construção em toros continua a requerer mão de obra especializada e um elevado grau de perícia técnica, sobretudo na execução precisa das uniões entre os elementos estruturais, o que contribui para que seja um sistema construtivo menos comum e acessível.

Na Europa Central e Ocidental, surgem também métodos construtivos em armação de madeira, uma técnica construtiva tradicional com base na utilização de elementos estruturais em madeira maciça, com secção transversal retangular (Figura 36). As ligações são realizadas através de encaixes artesanais, como a espiga e fêmea, reforçados por cavilhas

Fig. 34 - Construção em Balloon frame



Fig. 35 - Casa de férias de Peter Zumthor, sistema em toros



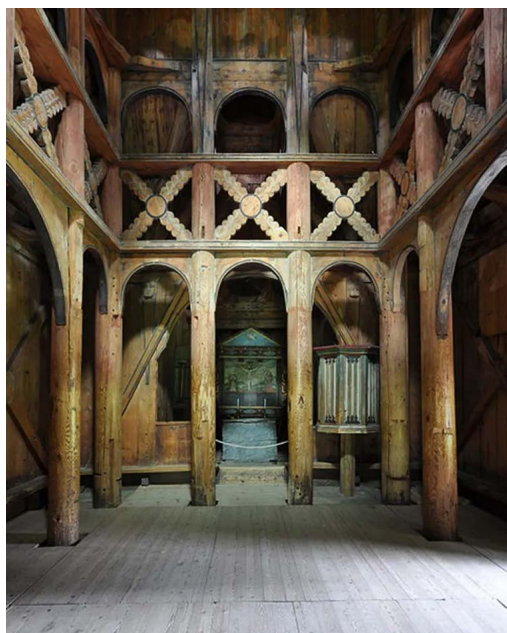
Fig. 36 - Casa Knochenhauer-Amtshaus, sistema em armação de madeira maciça (enxaimel)



Fig. 37 - detalhe de canto, casa em sistema de toros



Fig. 38 - Interior de uma igreja Stave



⁶⁹ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.85.

⁷⁰ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.140.

de madeira ou peças metálicas.⁶⁹ A estabilidade lateral era, nas versões mais antigas, garantida por elementos diagonais, enquanto os painéis de preenchimento serviam apenas como vedação, ficando a armação em madeira muitas vezes visível.⁷⁰

Este sistema viria a ser posteriormente introduzido na América do Norte, no século XIX, como resposta à necessidade de construir de forma rápida e eficiente em territórios em expansão. A sua adaptação resultou na criação de sistemas mais leves, com elementos de menores dimensões e possibilidade de pré-fabricação parcial, dos quais se destacam duas variantes principais: o *balloon frame* e o *platform frame*.

O *balloon frame* (Figura 34), de desenvolvimento mais antigo, baseia-se na continuidade dos montantes verticais ao longo de vários pisos, desde a fundação até à cobertura. Contudo, este sistema revelou-se vulnerável em termos de segurança contra incêndios, uma vez que as cavidades verticais facilitavam a propagação das chamas entre níveis. Em resposta a essas limitações, surgiu o *platform frame*, solução que se tornou dominante na prática contemporânea. Neste modelo, cada piso é executado de forma independente, com montantes limitados à altura de um único nível e plataformas horizontais que servem de base para o piso seguinte. Esta configuração permite uma montagem por fases, mais segura e eficiente, enquanto introduz barreiras naturais à propagação do fogo.⁷¹

⁷¹ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.86.

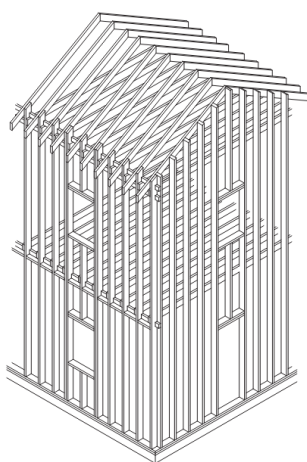


Fig. 39 - Sistema *Balloon frame*

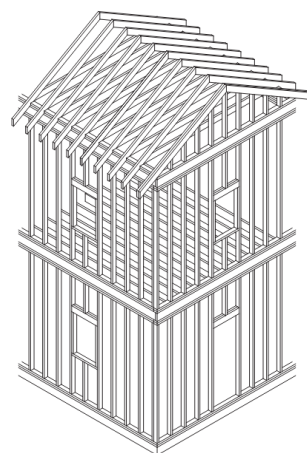


Fig. 40 - Sistema *Platform*

1.3 As conexões na arquitetura tradicional japonesa

*O problema passa então a concentrar-se nas relações entre os elementos; na maneira de associar uma infinita gama de materiais nas mais diversas situações e, indubitavelmente, produzir com eles uma arquitetura melhor, mais rica, mais flexível, mais capacitada a dar resposta adequada à complexidade da vida social contemporânea.*⁷²

⁷² BRUNA, Paulo, *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*, 2022, p.63.

As conexões em construções de madeira constituem um domínio vasto e profundamente enraizado em tradições técnicas, culturais e simbólicas. A diversidade tipológica destas ligações resulta da evolução paralela dos materiais, das exigências funcionais e das práticas construtivas locais, refletindo não apenas necessidades estruturais, mas também valores culturais e sociais.

Na Europa e no Japão, por exemplo, a madeira foi, durante séculos, o principal material de construção, o que impulsionou o desenvolvimento de uma ampla variedade de ligações executadas exclusivamente em madeira, frequentemente sem recurso a elementos metálicos. Estas soluções não se configuram apenas como respostas técnicas, mas resultam de um conhecimento artesanal profundamente empírico, transmitido ao longo de gerações.⁷³ O caso japonês é especialmente ilustrativo: os edifícios de habitação tradicional, como os *minkas*, foram construídos com elevada precisão, utilizando ligações sofisticadas como o *sampo-zashi* e o *shiho-zashi* (Figura 44), que realizam a conexão de todas as vigas ao mesmo nível do pilar. Simultaneamente, estas ligações assumem significados simbólicos relevantes, como no exemplo da *daikoku-bashira* (Figura 42), a coluna central no edifício *minka*, muitas vezes considerada sagrada.⁷⁴

⁷³ ZWERGER, Klaus, *Wood and Wood Joints*, 2012, p.86.

⁷⁴ ZWERGER, Klaus, *Wood and Wood Joints*, 2012, p.165.

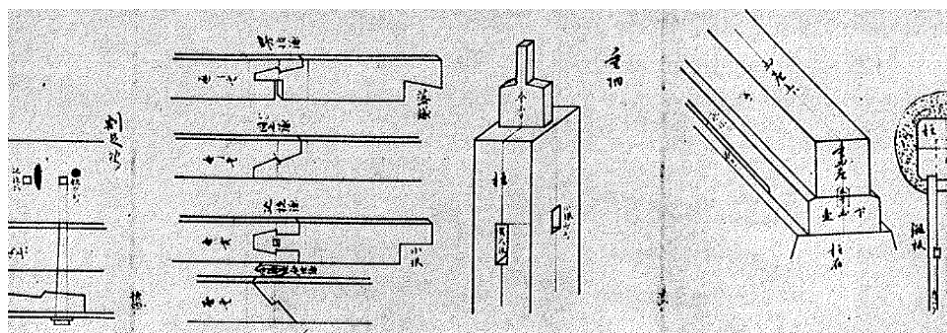


Fig. 41 - Ligações em madeira com as identificações de cada peça

⁷⁵ ZWERGER, Klaus, *Wood and Wood Joints*, 2012, p.85.

As tipologias de ligação podem ser organizadas consoante a orientação dos elementos (horizontais, verticais ou oblíquos) ou segundo a sua natureza (fixas ou desmontáveis). Além do emblemático caso da reconstrução periódica do Santuário de Ise, verificam-se noutras regiões, como a Escandinávia ou o Leste Europeu, práticas tradicionais em que casas de madeira são projetadas para serem desmontadas, transportadas e remontadas. Tais construções exigiam uma lógica construtiva com base na numeração e identificação das peças, bem como em sistemas de ligação pensados para permitir o encaixe reversível.⁷⁵ (Figura 41).

⁷⁶ ZWERGER, Klaus, *Wood and Wood Joints*, 2012, p.110.

Para além dos aspetos técnicos, as ligações em madeira implicam decisões críticas quanto ao equilíbrio entre resistência, perda de material e o comportamento natural do próprio recurso. O simples ato de abrir um encaixe compromete a integridade da peça, o que obriga o carpinteiro a adaptar cuidadosamente cada ligação ao tipo de esforço envolvido, à posição na estrutura e às imperfeições naturais da madeira⁷⁶. Assim, a qualidade de uma ligação não se mede apenas pela sua complexidade formal, mas sobretudo pela sua adequação ao contexto construtivo e ao desempenho estrutural requerido.

Com o advento da industrialização e da pré-fabricação, surgiram novas tipologias de ligação que integram fixadores metálicos e elementos mecânicos. Um exemplo disso é o desenvolvimento das *Packaged Houses*, onde se procurou sistematizar e otimizar as conexões entre componentes, refletindo uma preocupação crescente com a eficiência, a modularidade e a facilidade de montagem.

A evolução das ligações, neste contexto, adquire uma importância histórica e técnica central na construção em madeira, revelando-se um tema fundamental tanto na valorização do legado construtivo tradicional, como nas respostas contemporâneas às exigências da arquitetura sustentável e adaptável.

Fig. 42 - Coluna central, *daikoku-bashira*.

Fig. 43 - Ilustração do trabalho dos carpinteiros japoneses

Fig. 44 - Sampo-zashi

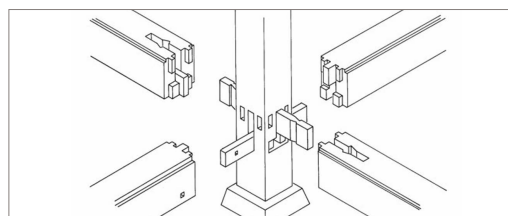


Fig. 45 - Ligações em madeira (*minkas*)

Fig. 46 - Ligações em madeira (*minkas*)



1.4 Habitação pré-fabricada em madeira

Ao longo dos séculos XIX e XX, com a chegada da industrialização e o desenvolvimento de novos materiais e técnicas construtivas, como o aço e o betão, a madeira gradualmente perdeu algum do seu protagonismo. Passou a ser frequentemente considerada inadequada aos ideais da modernidade, devido à sua variabilidade natural e ao comportamento físico, por vezes imprevisível.⁷⁷

⁷⁷ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.154.

Contudo, nos períodos de crise que se seguiram às Guerras Mundiais e à Grande Depressão de 1929, a escassez generalizada de materiais como o betão, o tijolo e o aço, aliada à versatilidade e ao potencial de pré-fabricação da madeira, conduzem ao seu reaparecimento em diversas experiências no campo da habitação industrializada e pré-fabricada.

Importa referir que esta vocação da madeira para a pré-fabricação não surgiu apenas em contextos modernos. Historicamente, os carpinteiros já procuravam antecipar parte significativa do processo construtivo, preparando componentes e ligações antes da montagem final em obra. A prática tradicional de cortar, ajustar e encaixar os elementos estruturais ainda na oficina ou no próprio estaleiro pode ser considerada uma das formas mais antigas de pré-fabricação⁷⁸.

⁷⁸ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.114.

Esta lógica construtiva, assente na precisão, repetição e economia de meios, encontra paralelismos notáveis com a abordagem contemporânea à construção pré-fabricada e modular. Tal como refere Heino Engel, ao descrever a arquitetura tradicional japonesa em madeira, esta obedece “a uma escala comum, o que permite que, ao se articularem entre si, as suas proporções revelem uma ordem partilhada (...). Trata-se de uma ordem inerente ao próprio material”⁷⁹. Esta ideia de uma organização interna natural, que orienta a relação entre os componentes, revela-se particularmente pertinente quando aplicada aos sistemas modernos de construção em madeira, onde a modulação e a racionalização não negam a tradição, mas antes a reinterpretem num novo contexto tecnológico.

⁷⁹ ENGEL, Heino, *The Japanese house*, 1991, p.43.

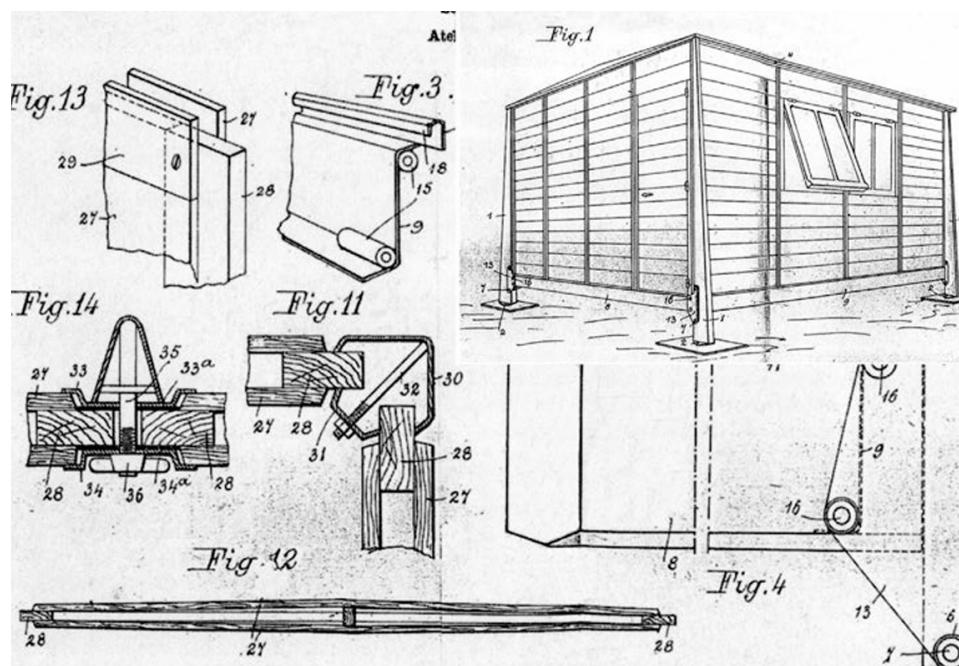


Fig. 47 - Tenda militar móvel,
Jean Prové (1939)

No contexto da habitação pré-fabricada, surgem muitos exemplos e experiências paradigmáticas através da utilização da madeira. Dentro destas referências, destaca-se o exemplo anteriormente mencionado, *The Packaged House* de Walter Gropius e Konrad Wachsmann.

Também Jean Prouvé, embora com uma abordagem distinta, explorou o potencial da madeira no campo da construção pré-fabricada. A sua primeira incursão significativa ocorreu em 1939, com o projeto de barracas temporárias encomendadas pelo exército francês (Figura 47). Diante da escassez de aço provocada pelo contexto de guerra, Prouvé optou por utilizar o metal apenas na estrutura, enquanto os elementos de vedação eram concebidos a partir de painéis modulares de madeira maciça. Estes painéis já integravam elementos como portas e janelas, sendo produzidos previamente em fábrica e montados diretamente no local de implantação.⁸⁰

⁸⁰ BERTHIER, Stéphane, *Timber in the buildings of Jean Prouvé*, 2015, p.88.

O projeto *Moduli 225* (Figuras 48-49-50), desenvolvido por Juhani Pallasmaa e Kristian Gullichsen, em 1969, para a empresa finlandesa *Ahlström Oy*, constitui uma das experiências significativas da arquitetura modular e pré-fabricada do século XX. Concebido como uma casa de férias acessível e pensada para ser autoconstruída por utilizadores comuns, o sistema tinha por base uma grelha tridimensional cúbica de 2,25 metros de lado, permitindo a montagem simples de painéis de madeira, com recurso a conectores rápidos em alumínio.⁸¹ Os componentes foram dimensionados para serem leves e facilmente manipuláveis sem maquinaria, de modo a promover uma lógica construtiva racional, precisa e económica.

⁸¹ SILVA, Ana Isabel da Costa e, *A madeira na arquitetura*, 2014, p.328.

Inspirado tanto na arquitetura tradicional japonesa como nas investigações modulares de Aulis Blomstedt, o *Moduli 225* procurava aliar tradição e inovação num sistema industrializado e adaptável. Apesar da sofisticação técnica e da clareza formal, apenas cinquenta unidades foram produzidas entre 1968 e 1974, e o projeto não teve sucesso comercial, em grande parte devido à forte ligação cultural dos finlandeses ao modelo tradicional de cabana em toros. Ainda assim, o *Moduli 225* permanece como um exemplo notável de como a pré-fabricação em madeira pode articular economia de meios, participação do utilizador e flexibilidade arquitetónica.⁸²

⁸² BERTHIER, Stéphane, Roland Schweitzer: *Learning from Kyoto?*, 2021, p.624.

⁸³ SANTOS, Joana Isabel Viegas dos, *Uma questão de medida*, 2024, p.89.

No panorama contemporâneo português, destaca-se o projeto *MIMA Housing*, desenvolvido em 2011 pelos arquitetos Mário Sousa e Marta Brandão (Figura 51). Trata-se de uma proposta habitacional modular e pré-fabricada em madeira, assente numa grelha regular de 1,5 por 1,5 metros. Para além da aplicação de uma modulação rigorosa e da pré-fabricação dos componentes, a grelha é fisicamente concretizada através de uma calha metálica que estrutura o sistema e permite a reorganização dos espaços interiores. Esta solução oferece aos utilizadores a possibilidade de adaptar a configuração da habitação às suas necessidades, explorando de forma eficaz a flexibilidade espacial inerente ao sistema modular.⁸³

Fig. 48 - Assemblagem do painel modular do sistema Moduli 225



Fig. 49 - Sistema Moduli 225

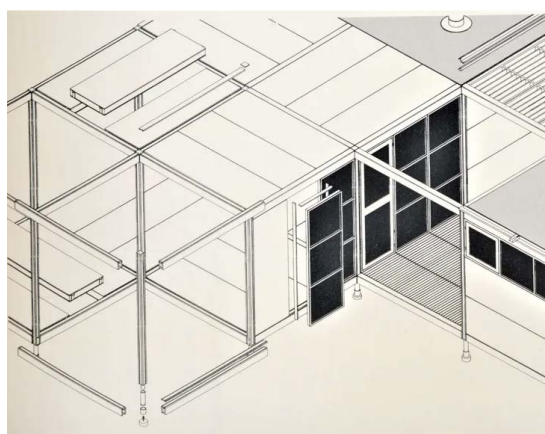


Fig. 50 - Edifício construído no sistema Moduli 225

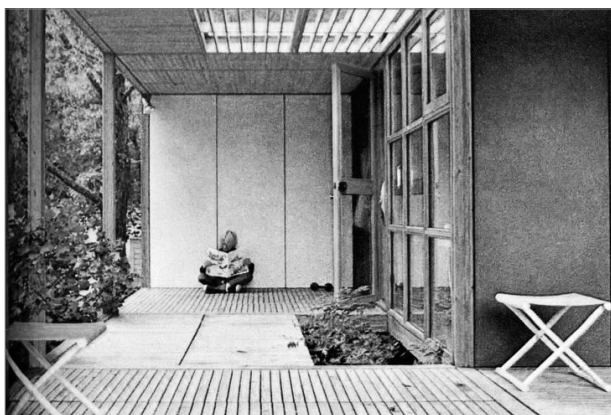


Fig. 51 - MIMA Housing



1.5 O renovado interesse na madeira

Nas últimas décadas, tem-se assistido a um renovado interesse pela madeira enquanto material de construção, impulsionado, sobretudo, pelos avanços tecnológicos e pela crescente urgência em adotar práticas mais sustentáveis. Se, por um lado, a tradição construtiva japonesa revela uma relação quase orgânica com a madeira, onde cada peça era recolhida e trabalhada com respeito pela sua singularidade, por outro, o pensamento contemporâneo abre caminho a um novo paradigma.

No contexto atual, o foco desloca-se da submissão à forma natural do material para a sua transformação orientada pela forma desejada: “*O material já não condiciona a forma, mas sim a forma desejada define a transformação do material*”⁸⁴. Esta mudança de paradigma assenta no desenvolvimento de novas técnicas e materiais derivados da madeira, que possibilitam geometrias, escalas e desempenhos estruturais anteriormente impensáveis com a madeira maciça tradicional.

Ainda assim, algumas práticas tradicionais continuam a oferecer modelos relevantes para a arquitetura contemporânea. O ritual já referido, *Shikinen Sengū*, no Japão, constitui um exemplo paradigmático, ao promover uma lógica de renovação cíclica que fundamenta uma visão processual e contínua da arquitetura. Esta abordagem valoriza o percurso completo da madeira, desde a sua extração no meio natural, passando pela sua transformação e utilização, até à sua potencial reutilização ou reciclagem. Assim, a compreensão da arquitetura como um processo dinâmico, profundamente enraizado nas diferentes fases do ciclo de vida do material, remonta a tradições ancestrais que hoje se revelam inspiradoras para práticas mais sustentáveis e adaptáveis no contexto arquitetónico atual.

⁸⁴ HUDERT, Markus; PFEIFFER, Sven, *Rethinking Wood*, 2019, p.7.

No contexto contemporâneo, a Análise do Ciclo de Vida (LCA) da madeira permite uma leitura abrangente da sua trajetória, desde a extração e transformação industrial até à sua aplicação em obra, reconfiguração, reutilização ou reciclagem. Tal como os edifícios são entendidos como sistemas dinâmicos e em constante evolução, também a madeira pode ser concebida como matéria em mutação, cuja durabilidade, adaptabilidade e capacidade de reintegração exigem um planeamento estratégico desde o início do projeto. Neste enquadramento, destacam-se duas abordagens fundamentais: o design para desmontagem, ou *Design for Disassembly* (DfD), e a reutilização em cascata dos elementos construtivos, ou *cascading*.

O conceito de reutilização em cascata, refere-se à reutilização sucessiva da madeira em diferentes aplicações com exigências decrescentes até à sua eventual conversão em energia, traduz-se numa estratégia de prolongamento do ciclo de vida do material e na redução do desperdício⁸⁵. Esta abordagem visa não apenas a reutilização direta de componentes existentes, mas também a sua progressiva adaptação a novos contextos construtivos e funcionais.

Por sua vez, o *Design for Disassembly* promove a conceção de edifícios com ligações e componentes pensados para a desmontagem, facilitando a manutenção, transformação e reconfiguração dos espaços ao longo do tempo, bem como a reutilização dos materiais com o mínimo de desperdício, inclusivamente no fim do seu ciclo de vida.⁸⁶

A adaptação pode manifestar-se tanto na conceção inicial de um edifício, estando integrada no projeto, como através da utilização do design de desmontagem e a reutilização em cascata, como na intervenção sobre uma construção pré-existente, mesmo que esta não tenha sido originalmente pensada com estratégias de modificações futuras. Neste caso, a madeira destaca-se sobretudo pela sua leveza, elevada resistência mecânica e bom desempenho térmico, que fazem dela o material ideal para construções sobre o existente, seja na forma de expansões ou de modificações internas.⁸⁷ Tal como refere Manfred Stieglmeier, estas características tornam a madeira particularmente eficaz na reconfiguração de estruturas pré-existentes, permitindo intervenções com mínimo de impacto na estrutura original, mesmo em zonas densamente construídas.⁸⁸

⁸⁵ HUDERT, Markus; PFEIFFER, Sven, *Rethinking Wood*, 2019, p.18.

⁸⁶ ibidem

⁸⁷ KRÖTSCH, Stefan et al., *Timber Constructions in Existing Contexts*, 2025, p.5.

⁸⁸ KRÖTSCH, Stefan et al., *Timber Constructions in Existing Contexts*, 2025, p.49.

Assim, ao cruzar conhecimentos tradicionais com inovações tecnológicas, a madeira reafirma-se como um material de excelência para responder às exigências da arquitetura contemporânea. A sua capacidade de se integrar em estratégias projetuais que valorizam a desmontagem, a reutilização e a adaptabilidade, tornam-na central num novo paradigma construtivo, onde a sustentabilidade não é apenas uma exigência ambiental, mas também uma oportunidade criativa. Num tempo em que a arquitetura procura formas de conciliar permanência e transformação, a madeira revela-se como uma matéria em contínua reinvenção, capaz de construir pontes entre o passado e o futuro, entre a natureza e a técnica, entre a tradição e a inovação.

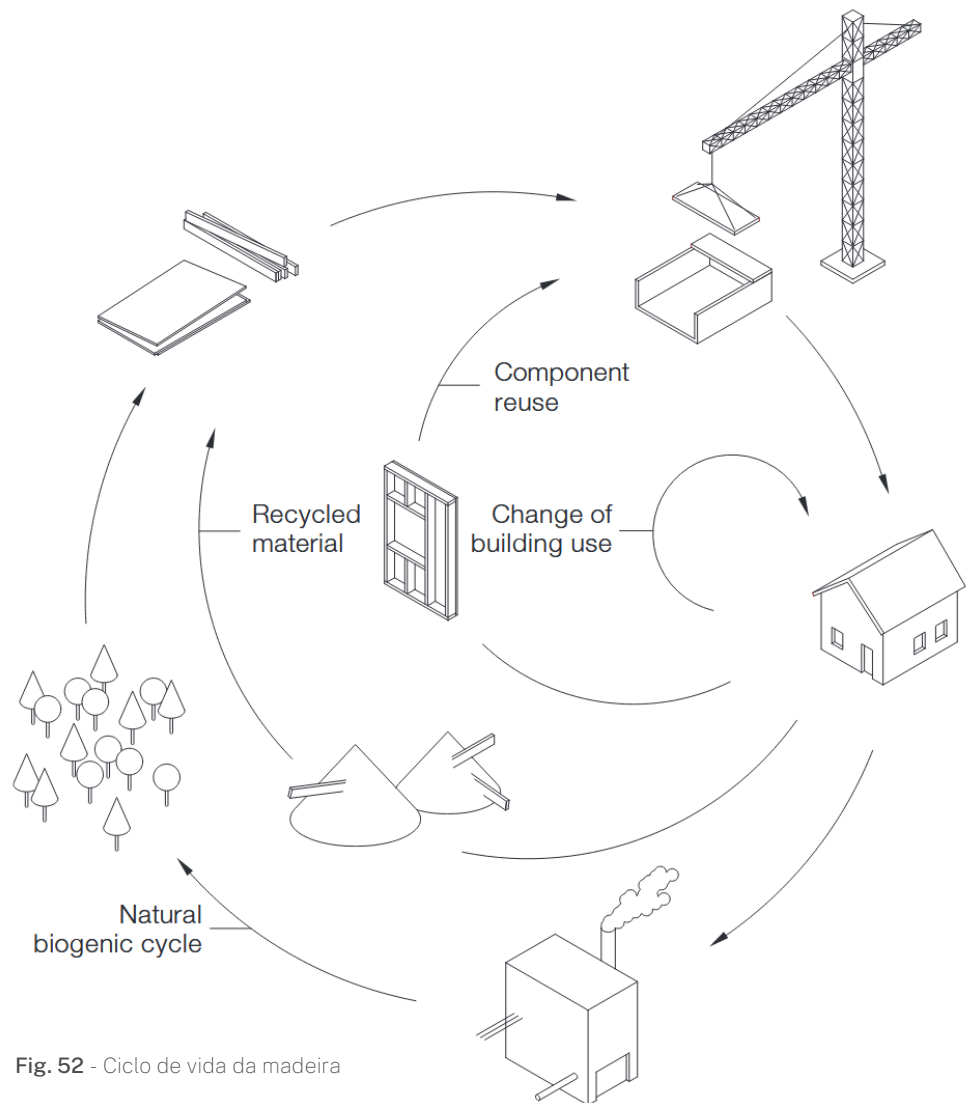


Fig. 52 - Ciclo de vida da madeira

2. Aplicabilidade da madeira

2.1 Princípios para a adaptação

⁸⁹ VITRÚVIO, *Tratado de Arquitetura*, 2008, p.82.

Vitrúvio, no seu tratado *De Architectura*, definiu três princípios fundamentais que moldaram a arquitetura clássica e continuam a ser uma referência na teoria e na prática arquitetônica contemporânea: *Firmitas*, *Utilitas* e *Venustas*.⁸⁹ A *Firmitas* refere-se à estabilidade e durabilidade da construção, garantindo a resistência do edifício ao longo do tempo e face aos agentes externos. A *Utilitas* diz respeito à adequação funcional do espaço, assegurando que este responda às necessidades dos seus utilizadores. Por fim, a *Venustas* relaciona-se com a beleza e a harmonia arquitetônica, enquanto expressão sensível que confere valor estético, cultural e simbólico à obra.⁹⁰

⁹⁰ *ibidem*

⁹¹ GUY, Brad; CIARIMBOLI, Nicholas, *Design for Disassembly in the Built Environment*, [s.d.], p.6.

Apesar da atualidade dos princípios de Vitrúvio, constata-se que grande parte das demolições de edifícios hoje ocorre por motivos alheios a questões de solidez, funcionalidade ou beleza. Estudos recentes mostram que razões como a requalificação urbana ou a inadequação a novos usos são responsáveis por mais de metade dessas intervenções⁹¹, evidenciando a necessidade de repensar a arquitetura enquanto prática capaz de integrar a adaptabilidade, a circularidade e a consciência temporal como valores fundamentais.

Num contexto marcado por rápidas transformações sociais, tecnológicas e ambientais, torna-se imprescindível reinterpretar os princípios vitruvianos à luz das exigências contemporâneas. A noção de *Firmitas* pode hoje ser expandida para incluir a resiliência e a capacidade de adaptação do edifício a novos usos, contextos ou necessidades ao longo do tempo. A *Utilitas* deve contemplar não apenas a função imediata, mas também a flexibilidade e a possibilidade de reconfiguração espacial. Já a *Venustas* pode emergir da sinceridade dos materiais, da clareza construtiva e da expressão da passagem do tempo.

Neste sentido, a Arquitetura Adaptável propõe-se como uma resposta pertinente às exigências de um mundo em constante mutação. Para que um edifício possa progressivamente adaptar-se de forma eficiente e sustentável, é necessário adotar princípios orientadores no momento da conceção e da construção. Entre estes princípios destacam-se:

⁹² GUY, Brad; CIARIMBOLI, Nicholas, *Design for Disassembly in the Built Environment*, [s.d.], p.6.

1. Reversibilidade e Circularidade

Refere-se à capacidade de desmontagem, reutilização e reciclagem dos elementos construtivos. Este princípio pressupõe o conceito de *Design for Disassembly* (DfD). Deste modo, é essencial ter em conta o uso de ligações mecânicas reversíveis, a eliminação de colagens ou uniões químicas permanentes, e o desenho de sistemas que permitam a separação eficiente dos materiais no fim da sua vida útil.⁹² A reversibilidade facilita intervenções futuras, prolonga o ciclo de vida dos componentes e contribui para uma economia circular na construção.

2. Flexibilidade

⁹³ BRAND, Stewart, *How buildings learn: what happens after they're built*, 1997, p.38.

Este princípio baseia-se nas ideias desenvolvidas por Frank Duffy e Stewart Brand, que defendem a independência entre as diferentes camadas de um edifício: estrutura, compartimentação, instalações e revestimentos, de modo a permitir a sua alteração de forma autónoma, sem comprometer a integridade do todo.⁹³ A flexibilidade do desenho, por sua vez, consiste na possibilidade de reconfiguração espacial e funcional dos ambientes, dando resposta a diferentes usos e necessidades ao longo do tempo.

3. Pré-fabricação e Padronização

⁹⁴ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.114.

A pré-fabricação e standardização dos componentes construtivos permitem não só uma redução significativa do tempo de construção, mas também uma maior precisão, qualidade e controlo na execução.⁹⁴ Estes sistemas facilitam futuras intervenções, substituições ou ampliações, uma vez que os componentes modulares são desenhados para serem facilmente integráveis e intercambiáveis. A industrialização do processo construtivo, neste caso, é colocada ao serviço da adaptabilidade e da sustentabilidade.

Neste contexto, revela-se pertinente analisar de que forma os princípios anteriormente abordados podem ser interpretados e aplicados no âmbito dos sistemas construtivos em madeira contemporâneos, explorando as suas possibilidades de desenvolvimento e implementação em cada método construtivo

Fig. 53 - Transporte de um módulo pré-fabricado



Fig. 54 - Assemblagem de uma parede em madeira maciça (CLT)



Fig. 55 - Edifício em sistema pilar e viga em madeira



Fig. 56 - Edifício Tamedia, Shigeru Ban (sistema de pilar e viga)



Fig. 57 - Assemblagem de paredes pré-fabricadas em timber frame



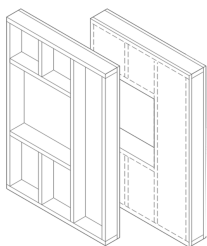


Fig. 58 - Sistema em painel (timber frame)

⁹⁵ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.114.

⁹⁶ WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, *Timber Typologies*, 2023, p.39.

⁹⁷ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.157.

⁹⁸ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.141.

2.2 Métodos construtivos contemporâneos

Construção em painel

O sistema construtivo em estrutura de painéis assenta numa grelha portante composta por montantes verticais de madeira. Para garantir a estabilidade global do edifício, a estrutura é revestida com painéis derivados de madeira, que funcionam como contraventamento e impedem o comprometer dos elementos estruturais. À semelhança do sistema *Platform frame*, mas com um maior grau de pré-fabricação, os painéis de parede, piso e cobertura são feitos em fábrica e transportados para o estaleiro, prontos para a montagem.⁹⁵

1. Reversibilidade e Circularidade

O sistema apresenta ligações por contacto e fixações mecânicas, como parafusos e conectores metálicos, que permitem a desmontagem parcial dos elementos construtivos. Painéis de grandes dimensões podem ser removidos e reutilizados, e elementos individuais, como montantes e vigas, têm o potencial para ser reutilizados ou reciclados.⁹⁶

2. Flexibilidade

A estrutura assenta numa malha modular de reduzida dimensão.⁹⁷ Neste sistema, as camadas de revestimento, tanto exteriores como interiores, são geralmente aplicadas de forma adicional, criando uma separação evidente entre a estrutura principal e os elementos de acabamento.⁹⁸ Esta distinção permite a substituição ou modificação dos revestimentos sem afetar a estrutura base, facilitando eventuais intervenções futuras. Relativamente à sua capacidade de modificação ao longo do tempo, esta é, por vezes, viável, dado que muitas destas estruturas são relativamente leves e utilizam ligações reversíveis. No entanto, quando os elementos cumprem simultaneamente funções estruturais e de compartimentação, a flexibilidade do sistema pode ficar limitada.

⁹⁹ WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, *Timber Typologies*, 2023, p.39.

¹⁰⁰ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.143.

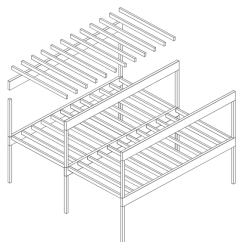


Fig. 59 - Sistema pilar e viga

¹⁰¹ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.87.

¹⁰² KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.168.

¹⁰³ WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, *Timber Typologies*, 2023, p.51.

3. Pré-fabricação

Os elementos podem assumir diferentes graus de pré-fabricação, desde painéis abertos, que requerem acabamentos no local, até painéis fechados, que já incluem isolamento, revestimentos e vãos.⁹⁹ A normalização das secções de madeira e a utilização de materiais derivados em formato de painel facilitam a produção e permitem redução do tempo de produção dos painéis.¹⁰⁰

Sistema estrutural de pilares e vigas

A construção com pilares e vigas, de madeira, deriva dos métodos tradicionais de carpintaria com madeira maciça. Este sistema assenta numa armação estrutural composta por vigas horizontais e pilares verticais, responsáveis por suportar as cargas verticais do edifício. No entanto, a sua estabilidade lateral depende de um sistema de contraventamento autónomo, que pode ser constituído por paredes de corte, travamentos diagonais ou um núcleo rígido.¹⁰¹

1. Reversibilidade e Circularidade

Neste sistema, a desmontagem dos componentes que compõe a estrutura é constituída essencialmente por elementos lineares que utilizam conexões por peças metálicas, ou mesmo, apenas ligações em madeira por encaixe.⁹⁹ A dimensão dos elementos e a possibilidade de planeamento de ligações entre elementos que sejam reversíveis, permitem uma elevada capacidade de reversibilidade, reutilização ou reciclagem dos elementos estruturais.¹⁰²

2. Flexibilidade

A construção com estrutura de pórticos assenta numa grelha modular base que organiza a disposição da estrutura portante, separando claramente os elementos estruturais dos elementos de compartimentação. Formado por pilares e vigas, o sistema adapta-se bem a soluções que exijam liberdade na definição da planta e possíveis alterações futuras. Como as divisórias interiores não desempenham uma função estrutural, a sua presença e disposição pode ser livremente definida e ajustada conforme necessário.¹⁰³

¹⁰⁴ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.166.

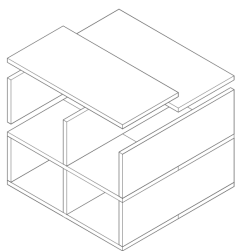


Fig. 60 - Sistema em painéis de madeira laminados

¹⁰⁵ WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, *Timber Typologies*, 2023, p.51.

¹⁰⁶ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.123.

3. Pré-fabricação

Ao contrário dos sistemas em painéis ou das paredes de madeira maciça, o sistema em pórticos caracteriza-se por uma separação clara entre os elementos estruturais e os não estruturais. Assim, os componentes estruturais são previamente pré-fabricados fora do estaleiro e, posteriormente, são instalados no local as divisórias interiores, infraestruturas, isolamento, revestimento exterior e acabamentos interiores.¹⁰² Tal como na construção em painéis, o sistema em pórticos ou esqueleto, oferece uma ampla variedade de soluções para os elementos não estruturais, que podem ir desde uma pré-fabricação mínima até à completa integração de janelas, portas, sistemas técnicos e fachadas.¹⁰⁴

Construção em painéis de madeira laminados

Os recentes avanços tecnológicos no setor da construção em madeira possibilitaram a agregação de elementos individuais em componentes de grande dimensão e elevada capacidade de resistência, superando as limitações estruturais dos sistemas tradicionais. Estes componentes, de carácter bidimensional e de superfície plana, são capazes de suportar simultaneamente cargas verticais e esforços laterais, assumindo, assim, uma dupla função: estrutural e de definição espacial. A sua aplicação é vasta, abrangendo a construção de paredes, pavimentos, coberturas e núcleos de circulação vertical, como caixas de escadas e poços de elevador.¹⁰⁵

1. Reversibilidade e Circularidade

O design orientado para a desmontagem permite que estes painéis possam ser reaproveitados como componentes estruturais noutros edifícios após o fim da sua vida útil. Adicionalmente, a madeira maciça pode ser reciclada ou reutilizada noutros produtos, contribuindo para a circularidade dos recursos.¹⁰⁶

2. Flexibilidade

A aplicação de painéis de madeira maciça contribui para uma significativa simplificação do processo construtivo, ao reunir numa só solução as funções de estrutura e compartimentação. Esta estratégia reduz o número

¹⁰⁷ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.88.

de camadas envolvidas na construção e possibilita uma execução rápida e eficiente, sem a necessidade de seguir uma grelha modular rígida¹⁰⁶. Este sistema revela-se especialmente eficaz em edifícios com organizações repetitivas e celulares, como blocos de habitação.¹⁰⁷ No entanto, quando se considera a possibilidade de adaptações futuras, a flexibilidade espacial pode ficar comprometida, uma vez que muitas das paredes desempenham funções estruturais e o sistema nem sempre segue uma modulação regular que facilite alterações.

3. Pré-fabricação

Em ambiente fabril, os painéis são produzidos por secção (por exemplo, por parede), com aberturas para portas e janelas previamente executadas com precisão. As lajes podem ser igualmente pré-fabricadas. O grau de pré-fabricação pode variar e os elementos estruturais são montados em obra, sendo ainda dependente do nível de acabamento e das camadas interiores e exteriores de revestimento, que podem já estar integradas. Ao contrário da construção em painéis, onde o isolamento é aplicado entre os elementos estruturais, na construção em madeira maciça este é usualmente colocado no exterior, podendo ser instalado na oficina ou no estaleiro de obra.¹⁰⁸

¹⁰⁸ WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, *Timber Typologies*, 2023, p.47.

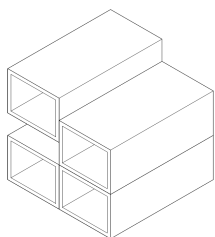


Fig. 61 - Sistema em módulos

¹⁰⁹ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.215..

Construção em módulos

A construção modular assenta na produção quase integral dos componentes do edifício em ambiente fabril. Na sua forma mais avançada, são fabricados módulos tridimensionais em forma de caixa, que já incluem paredes, pavimentos, tetos, infraestruturas elétricas, sistemas de canalização e até equipamentos interiores. Posteriormente, estes módulos são transportados para o local da obra, onde são unidos para formar a estrutura final do edifício.¹⁰⁹

1. Reversibilidade e Circularidade

A natureza modular deste sistema permite, potencialmente, a reutilização dos módulos noutros contextos, desde que o projeto tenha previsto o sequenciamento adequado e o desenho das ligações. Embora esta reutilização possa ser menos frequente, a disposição dos módulos permite a desmontagem e reaproveitamento integral dos edifícios.¹¹⁰

¹¹⁰ WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, *Timber Typologies*, 2023, p.47.

¹¹¹ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.212.

2. Flexibilidade

O sistema modular permite configurar diferentes arranjos espaciais, mas a flexibilidade do desenho encontra-se condicionada pelas dimensões padronizadas dos módulos construtivos. Esta limitação impõe restrições ao nível da personalização formal e espacial, embora facilite a repetição e a industrialização do processo.¹¹¹ Além disso, observa-se uma flexibilidade limitada nas diferentes camadas construtivas que integram o módulo, frequentemente pré-fabricadas como parte da sua constituição, bem como ao nível da organização espacial. A flexibilidade da planta é reduzida, permitindo apenas um grau mínimo de adaptação na disposição dos módulos.

3. Pré-fabricação

A construção modular tridimensional representa o mais elevado grau de pré-fabricação. Os módulos são produzidos num ambiente controlado, podendo ser entregues completamente finalizados, com acabamentos interiores e exteriores aplicados, ou como estruturas base, que necessitam de acabamentos adicionais em obra.¹¹²

¹¹² UNECE; FAO, *Circularity Concepts in Wood Construction*, 2023, p.32.

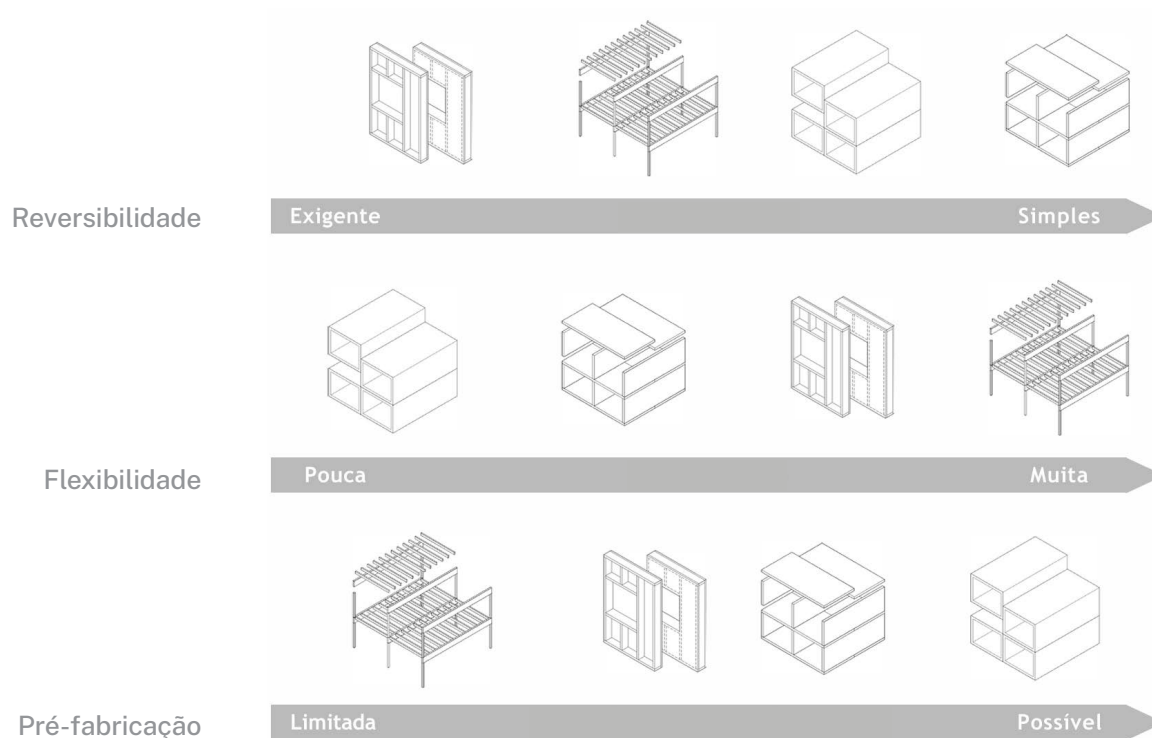


Fig. 62 - Análise dos métodos construtivos sobre os princípios da Adaptabilidade

2.3 Vulnerabilidades

A madeira, enquanto material natural amplamente utilizado na construção, apresenta uma série de vulnerabilidades que resultam, essencialmente, da sua constituição orgânica e da sua constante interação com o meio envolvente. Mesmo após o abate, secagem e transformação, a madeira mantém propriedades higroscópicas, continuando a expandir-se e a contrair-se em função da humidade, o que pode comprometer a sua estabilidade dimensional¹¹³. Esta característica, embora revele a vitalidade intrínseca do material, torna-o particularmente suscetível ao envelhecimento e à degradação quando exposto aos agentes atmosféricos, como a radiação ultravioleta, a precipitação, o vento e os poluentes.

A ação combinada destes fatores pode provocar alterações físicas e químicas na superfície da madeira, conduzindo à descoloração, fissuração, aparecimento de fungos e, em casos mais extremos, à decomposição estrutural. A radiação UV, por exemplo, degrada a lignina, componente essencial na coesão das fibras celulósicas, originando uma perda de coesão superficial e o consequente acinzentamento da madeira.¹¹⁴ A presença prolongada à humidade, por sua vez, favorece o desenvolvimento de organismos xilófagos e microrganismos, sendo o podrecimento uma das manifestações mais visíveis e críticas.

Perante estas vulnerabilidades, a resposta arquitetónica e técnica deve assentar em medidas preventivas. A escolha de espécies de madeira com maior resistência natural, aliada a uma conceção cuidada que evite o contacto prolongado com a água, é fundamental para reduzir o risco de degradação.¹¹⁵ Paralelamente, o tratamento sustentável da madeira tem-se tornado mais acessível, com o uso de conservantes à base de biocidas que controlam fungos e insetos, prolongando a sua durabilidade. A aplicação periódica de vernizes com biocidas, mesmo em contextos não industriais, pode ser suficiente para garantir proteção. Assim, a seleção de produtos de acabamento com baixo impacto ambiental assume um papel essencial na preservação do material e na promoção de práticas construtivas mais sustentáveis.¹¹⁶

¹¹³ WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, *Timber Typologies*, 2023, p.43.

¹¹⁴ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.240.

¹¹⁵ WAUGH THISTLETON ARCHITECTS, *Timber Typologies*, 2023, p.43.

¹¹⁶ CARMOWOOD [Consult. 05 jan. 2025]: <https://www.carmowood.com/>

Assim, ao optar pela madeira como material de construção, especialmente no contexto de habitações modificáveis e flexíveis, torna-se essencial considerar três aspetos principais na fase do projeto: a proteção contra incêndios, o desempenho acústico e a eficiência térmica, incluindo a proteção contra a humidade. A par destes, a proteção preventiva deve ser encarada como condição fundamental para garantir a durabilidade, a segurança e a sustentabilidade das estruturas em madeira.

Proteção Contra Incêndio

A segurança contra incêndio em edifícios construídos em madeira exige uma abordagem técnica rigorosa, uma vez que este material, sendo de origem orgânica, é naturalmente combustível. Apesar desta característica, a madeira pode ser utilizada de forma segura quando o seu comportamento face ao fogo é adequadamente considerado.¹¹⁷

As normas de proteção contra incêndio, que variam entre países e regiões, impõem critérios obrigatórios quanto à reação ao fogo dos materiais e à resistência ao fogo dos elementos construtivos. Distingue-se, assim, o comportamento ao fogo que avalia se um material inflama, como arde e quanto fumo liberta, para além da resistência ao fogo, que mede a capacidade de um elemento manter a sua estabilidade estrutural, estanquidade e isolamento térmico durante um incêndio.¹¹⁸ Sistemas de classificação como a norma europeia EN 13501, permitem avaliar estes parâmetros, atribuindo classes conforme a inflamabilidade, emissão de fumo e presença de partículas incandescentes.¹¹⁹ Elementos estruturais em madeira podem cumprir os requisitos de resistência ao fogo se forem corretamente dimensionados e combinados com camadas adicionais que garantam uma estanquidade ao fumo e à contenção do calor.¹²⁰

Assim, a madeira pode integrar com segurança edifícios multifamiliares ou de grande escala, desde que a conceção tenha em conta, desde as fases iniciais de projeto, as exigências regulamentares e as soluções construtivas que assegurem a proteção de pessoas e bens em caso de incêndio.

¹¹⁷ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.136.

¹¹⁸ DANGEL, Ulrich, *Turning Point in Timber Construction*, 2017, p.138.

¹¹⁹ ibidem

¹²⁰ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.297.

Desempenho acústico

A capacidade acústica, especialmente quando se pretende uma arquitetura mais adaptável e flexível, depende de um planeamento rigoroso e da aplicação de soluções construtivas em multicamadas. Ao contrário das construções em betão ou alvenaria, que beneficiam da elevada massa dos materiais para atenuar o som, as estruturas em madeira requerem combinações cuidadosas de materiais leves, camadas desacopladas e isolamentos eficazes nos vazios.¹²¹

¹²¹ KOLB, Josef, *Systems in Timber Engineering*, 2008, p.297.

A utilização de placas não rígidas, fixações elásticas, materiais de enchimento, como lã mineral, e a atenção aos pormenores construtivos, nomeadamente à vedação de juntas e à eliminação de pontes acústicas, permitem alcançar e até superar os requisitos legais da norma DIN 4109.¹²²

¹²² DREXLER, Hans et al., *Holz: Form-und kraftschlüssig*, 2020, p.134.

Eficiência térmica e humidade

A construção em madeira destaca-se pela sua elevada eficiência térmica e pela necessidade de um controlo rigoroso da humidade para garantir a durabilidade do material. A madeira possui uma baixa condutividade térmica, o que lhe confere uma excelente capacidade de isolamento, contribuindo para a estabilidade das temperaturas interiores ao longo das estações do ano. Quando integrada em sistemas construtivos bem isolados e com elevada estanquidade ao ar, permite minimizar significativamente as perdas de calor no inverno e reduzir os ganhos térmicos no verão, assegurando um desempenho energético eficiente.¹²³

¹²³ DREXLER, Hans et al., *Holz: Form-und kraftschlüssig*, 2020, p.157.

Paralelamente, a sua durabilidade estrutural depende essencialmente da manutenção de baixos teores de humidade, inferiores a 20%, conforme estabelecido pela norma DIN 68 800, evitando assim a proliferação de fungos e a consequente degradação biológica. Estratégias como uma ventilação eficaz, o sombreamento adequado e a secagem rápida em situações pontuais de exposição à humidade, são fundamentais para preservar as qualidades da madeira a longo prazo.¹²⁴

¹²⁴ WINTER, Wolfgang et al., *Timber Construction Manual*, 2012, p.86.

2.4 Conexões no contexto contemporâneo

Com a evolução das técnicas, as uniões artesanais em madeira foram sendo progressivamente substituídas por alternativas mais rápidas e económicas, baseadas no uso de fixações metálicas como pregos, parafusos e pernos. Paralelamente, a madeira foi perdendo protagonismo face à emergência de novos materiais, como o ferro fundido, o aço e o betão.¹²⁵ A produção em larga escala destes materiais, associada à pouca consideração pelos seus impactos ambientais, permitiu uma redução significativa dos custos, incentivando a sua adoção generalizada na construção.

A construção em madeira pode ser estruturada em três grupos principais de componentes: elementos lineares, como pilares e vigas; elementos planos, como painéis, paredes e lajes de madeira maciça; e módulos volumétricos. Como refere Paulo Bruna, a articulação entre estes elementos é determinante para garantir não só a integridade estrutural, mas também a capacidade de adaptação do sistema.¹²⁶

A madeira revela-se particularmente adequada à pré-fabricação, o que exige uma atenção cuidada às diferentes tipologias de ligação, sobretudo tendo em conta que a montagem ocorre maioritariamente em obra. Um exemplo paradigmático, anteriormente visto, é o da arquitetura vernacular japonesa, onde as ligações eram inteiramente realizadas por entalhe, integradas na própria madeira, sem recurso a materiais adicionais. Com a evolução tecnológica, ampliou-se significativamente o leque de soluções possíveis, permitindo hoje conjugar técnicas tradicionais com elementos metálicos ou adesivos estruturais.

As ligações contemporâneas entre componentes em madeira podem ser agrupadas em três categorias principais, consoante a sua natureza e modo de aplicação. As ligações por encaixe recorrem da possibilidade de criar uniões sólidas, frequentemente sem necessidade de componentes externos. As ligações mecânicas, por sua vez, são soluções padronizadas e industrializadas, concebidas para facilitar a montagem e desmontagem mediante o uso de peças autónomas. Finalmente, os sistemas de fixação baseiam-se no uso exclusivo de parafusos ou pernos, que,

¹²⁵ DREXLER, Hans et al., *Holz: Form-und kraftschlüssig*, 2020, p.172.

¹²⁶ KAUFMANN, Hermann et al., *Manual of Multistorey Timber Construction*, 2022, p.88.

¹²⁷ KAUFMANN, Hermann et al., *Manual of Multistorey Timber Construction*, 2022, p.79.

embora também possam complementar as outras categorias, aqui assumem um papel central na união dos elementos estruturais.¹²⁷

Atualmente, para além da resistência e facilidade de montagem, ganha destaque a importância da desmontabilidade das ligações, retomando um princípio essencial das práticas construtivas tradicionais japonesas. A capacidade de desmontar e reconfigurar estruturas de forma simples tem-se tornado cada vez mais relevante, sobretudo face aos desafios colocados pela sustentabilidade. Neste sentido, valoriza-se a utilização de sistemas reversíveis e flexíveis, aptos a responder às transformações contínuas da arquitetura contemporânea.

¹²⁸ HUDERT, Markus; PFEIFFER, Sven, *Rethinking Wood*, 2019, p.101.

Neste contexto, voltam a emergir atualmente edifícios com estruturas em madeira que exploram a reinterpretação de antigas ligações por encaixe, inteiramente em madeira, agora potenciadas pelas tecnologias contemporâneas. O uso de maquinaria CNC, amplamente disponível, permite produzir sistemas com uniões em que as peças se ajustam com precisão sem necessidade de fixadores adicionais.¹²⁸ Desta forma, o conhecimento tradicional é transposto para os métodos construtivos atuais, articulando-se com materiais e tecnologias modernas, para dar resposta às exigências da arquitetura atual.

¹²⁹ BRUNA, Paulo, Arquitetura, industrialização e desenvolvimento, 2022, p.63.

Com base no estudo de Leonardo Enzo Pozzi, *Design for Disassembly with Structural Timber Connections*,¹²⁹ foram analisadas e comparadas diversas soluções de ligação em madeira, abrangendo tanto técnicas tradicionais como métodos que incorporam componentes metálicos. Entre os casos estudados, destacam-se os seguintes exemplos:



Fig. 63 - UV-T, conexão mecânica



Fig. 64 - Conexão com pernos



Fig. 65 - conexão entre painéis X-Fix

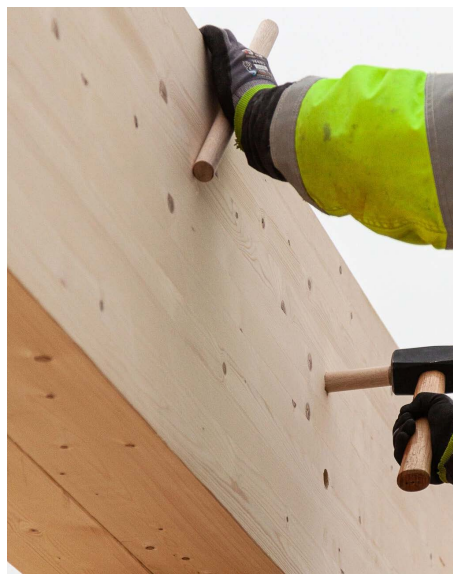


Fig. 66 - Conexão com cavilhas, edifício HasleTre

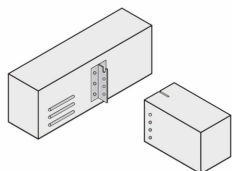


Fig. 67 - Desenho esquemático

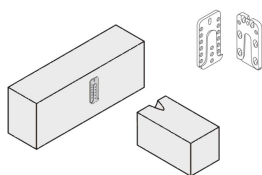


Fig. 68 - Desenho esquemático

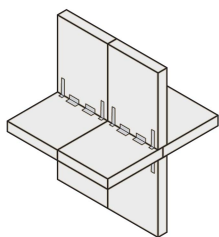


Fig. 69 - Desenho esquemático

Ligações mecânicas

Conexão por suportes metálicos (visível/oculto)

Este tipo de ligação recorre da utilização de suportes metálicos, muitas das vezes embutidos no interior dos elementos estruturais em madeira. A fixação é assegurada através de parafusos ou cavilhas metálicas. Trata-se de uma solução com alguma complexidade ao nível da desmontagem, sobretudo quando os elementos de fixação se encontram ocultos e de difícil acesso. Ainda assim, esta ligação permite um elevado potencial de reutilização, desde que os componentes estruturais não sofram danos durante os processos de montagem e desmontagem.

Conector gancho (UV-T da Rothoblaas®)

Este sistema de ligação utiliza conectores metálicos do tipo gancho, especificamente o modelo UV-T da Rothoblaas, concebido para permanecer oculto no interior dos elementos de madeira. Esta conexão é viável para a realização da montagem e desmontagem da estrutura. A reutilização também é relativamente alta, uma vez que a conexão não necessita de separar-se dos elementos em madeira.

Suportes metálicos para cargas de corte e tração

Este sistema de ligação utiliza consolas metálicas convencionais fixadas externamente aos elementos de madeira, com a finalidade de resistir a esforços de corte e tração. A fixação é geralmente realizada através de parafusos ou outros elementos mecânicos. Trata-se de uma solução com relativa facilidade de montagem e desmontagem. No entanto, a sua capacidade de reutilização é limitada, dado que os parafusos necessitam de ser completamente removidos em cada operação, o que pode comprometer a integridade dos materiais com o uso repetido.

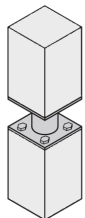


Fig. 70 - Desenho esquemático

Conexão de pilar com encaixe cilíndrico metálico

Este método construtivo utiliza um conector metálico cilíndrico como elemento de ligação entre dois pilares de madeira, que são fixados em cada extremidade através do encaixe direto. Trata-se de uma solução que oferece grande facilidade, tanto na montagem quanto na desmontagem, permitindo uma elevada reutilização dos componentes estruturais, desde que a conexão permaneça integrada nos elementos e não sofra danos no processo.

Conexões por encaixe

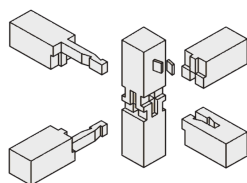


Fig. 71 - Desenho esquemático

Ligação de caixa e espiga (*Mortise and Tenon*)

Este tipo de ligação pode ser realizado recorrendo a fixadores metálicos adicionais, para maior simplicidade, ou exclusivamente através do encaixe direto entre os elementos em madeira. Na versão por encaixe, todos os componentes podem ser pré-fabricados e montados posteriormente em obra. Contudo, a desmontagem desta ligação, apesar de não exigir muitas ferramentas especializadas, revela-se relativamente complexa. A reutilização integral dos elementos é possível desde que estes não sejam danificados no processo de desmontagem, situação que pode ser difícil de garantir devido à complexidade intrínseca deste tipo de conexão.

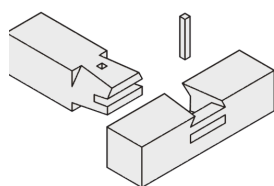


Fig. 72 - Desenho esquemático

Junta de meia-madeira (*Halved Joint*)

Pode ser realizado através da adição de fixadores metálicos, para uma ligação mais simples, ou através de encaixes, em madeira, com autobloqueio. No caso de uniões mais simples, há uma maior facilidade na desmontagem, no entanto a reutilização dos elementos pode ser limitada devido ao desgaste dos pontos de ligação. No caso do encaixe realizado apenas em madeira, a desmontagem também é relativamente fácil, e pode ser reutilizado, desde que nenhum elemento seja danificado.

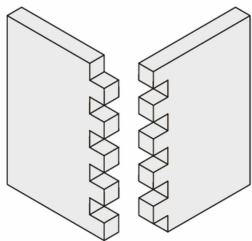


Fig. 73 - Desenho esquemático

Junta de caixa (*Box Joint*)

Este tipo de ligação requer a utilização de elementos metálicos para garantir a união eficaz entre os componentes de madeira. Caracteriza-se por uma relativa facilidade de montagem e desmontagem, não exigindo muitas ferramentas ou tempo significativo. No entanto, devido à utilização obrigatória dos fixadores metálicos, a reutilização dos elementos pode ser relativamente limitada. Ainda assim, destaca-se por permitir um grau elevado de pré-fabricação dos componentes estruturais

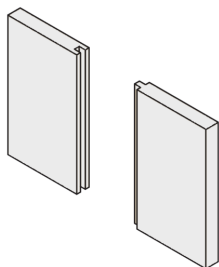


Fig. 74 - Desenho esquemático

Encaixe Macho-Fêmea (*Tongue and Groove*)

Este tipo de ligação requer o uso de elementos metálicos adicionais. Caracteriza-se pela facilidade, tanto na montagem como na desmontagem, apresentando um elevado grau de pré-fabricação. Contudo, à semelhança da junta de caixa, a necessidade de fixadores metálicos pode limitar a reutilização dos componentes estruturais.

2.5 Adaptação de edifícios existentes

Num cenário contemporâneo caracterizado pelo crescimento substancial das populações urbanas e pela crescente urgência de soluções sustentáveis, a construção de novos edifícios nem sempre representa a resposta mais eficaz. Esta prática implica frequentemente o consumo intensivo de recursos naturais, longos períodos de execução e uma pegada ecológica significativa, além de potenciais perturbações no ambiente urbano consolidado. Em contrapartida, muitos edifícios existentes oferecem condições favoráveis para serem reabilitados ou ampliados, de modo a prolongar a sua vida útil e melhorar a sua funcionalidade e desempenho. Neste contexto, a madeira surge como um material com um vasto potencial, quer pelas suas qualidades técnicas e estruturais, quer pelas vantagens que oferece do ponto de vista ambiental, logístico e construtivo.

A leveza da madeira, (cerca de 1/16 do peso do aço) associada a uma excelente relação resistência/peso¹²⁹, permite a sua aplicação em intervenções onde as reservas estruturais dos edifícios existentes são limitadas. Esta característica torna-a especialmente adequada para processos de adaptação de edifícios existentes, pois possibilita a introdução de novos elementos estruturais sem comprometer a estabilidade global da construção original. Além disso, a sua elevada capacidade de pré-fabricação permite a produção de componentes em ambiente de fábrica, de modo a reduzir significativamente o tempo de execução de obra, bem como possíveis distúrbios nas zonas envolventes ou nos próprios utilizadores do edifício.¹³⁰

Do ponto de vista térmico, a madeira possui baixa condutividade, o que a torna eficaz na redução de pontes térmicas e na integração com sistemas de isolamento, sem um aumento significativo da espessura dos elementos construtivos, e pode contribuir para uma melhoria substancial na eficiência energética das fachadas. A flexibilidade formal da madeira permite ainda o respeitar da liberdade arquitetónica na reabilitação de fachadas e interiores, adaptando-se aos condicionamentos do edifício existente. Elementos estruturais como vigas, pilares, painéis de madeira laminada ou módulos pré-fabricados, podem ser utilizados para reforçar ou substituir componentes existentes, de modo a proporcionar novas possibilidades de uso e prolongar o ciclo de vida dos edifícios.¹³¹

¹³⁰ POZZI, Leonardo Enzo, *Design for Disassembly with Structural Timber Connections*, 2019, p.5.

¹³¹ HUDERT, Markus; PFEIFFER, Sven, *Rethinking Wood*, 2019, p.101.

2.6 Tipos de intervenções

A utilização da madeira na adaptação de edifícios existentes revela-se particularmente vantajosa pela sua versatilidade e desempenho técnico. No interior, permite transformações eficazes através da aplicação de elementos pré-fabricados, leves e de fácil montagem, e facilita também futuras modificações dos espaços. Em intervenções de ampliação, tanto verticais como horizontais, as propriedades estruturais da madeira, nomeadamente a sua leveza e resistência, tornam-na ideal para construir sobre estruturas pré-existentes. Paralelamente, a sua aplicação em fachadas contribui significativamente para a melhoria do desempenho energético dos edifícios, especialmente quando integrada em sistemas de painéis altamente isolantes.

O atelier Lacroix Chessex desenvolveu, em Genebra, uma extensão vertical sobre um edifício habitacional dos anos 50, respondendo às limitações estruturais com uma solução leve e pouco intrusiva. A madeira, utilizada sob a forma de elementos pré-fabricados em madeira laminada colada, permitiu assentar a nova camada habitacional sobre a estrutura existente, sem comprometer a sua estabilidade.¹³² A intervenção propôs uma expressão tectónica leve mas rigorosa, criando continuidade formal e funcional com o edifício original, enquanto melhorava o desempenho térmico e espacial. Como refere Simon Chessex, sobrelevar um edifício “*não significa apenas projetar um piso adicional, mas redesenhar o todo, dando forma ao encontro entre o antigo e o novo.*”¹³³

A integração da nova estrutura exigiu uma análise cuidada da cobertura, resolvida através de sistemas mistos com painéis de madeira e lajes colaborantes em betão leve.¹³⁴ A reutilização de elementos estruturais existentes contribuiu para a sustentabilidade e eficiência da obra. Além de aumentar a área útil, as extensões verticais em madeira melhoram significativamente o desempenho energético, acústico e funcional do edifício, adaptando-se com precisão às suas características originais e promovendo soluções arquitetónicas sustentáveis e de elevada qualidade.¹³⁵

¹³² POZZI, Leonardo Enzo, *Design for Disassembly with Structural Timber Connections*, 2019, p.5.

¹³³ KRÖTSCH, Stefan et al., *Timber Constructions in Existing Contexts*, 2025, p.11.

¹³⁴ *ibidem*.

¹³⁵ *ibidem*.

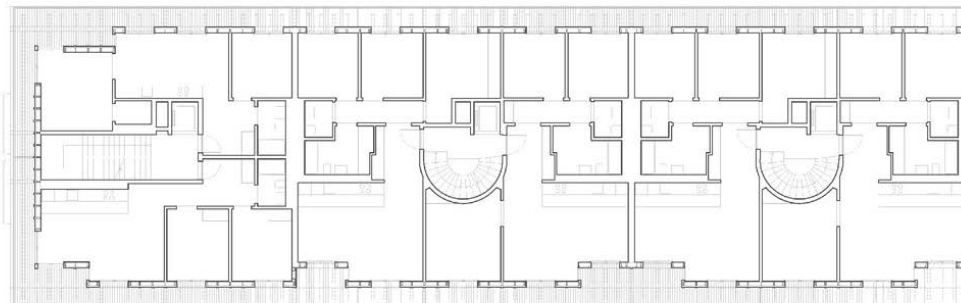


Fig. 75 - Planta dos novos pisos, projeto realizado pelo atelier Lacroix Chessex

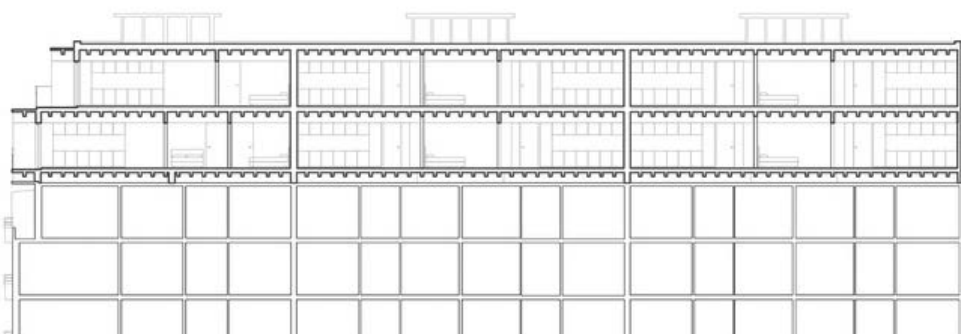


Fig. 76 - Corte, projeto realizado pelo atelier Lacroix Chessex



Fig. 77 - Extensão vertical de um edifício plurifamiliar, Genebra, projeto realizado pelo atelier Lacroix Chessex

¹³⁶ FROCHAUX, Marc, *Surélever en légèreté à la Rue Wendt*, 2021, p.19.

Também ao nível da requalificação das fachadas, a utilização da madeira, nomeadamente sob a forma de painéis pré-fabricados, revela-se uma estratégia altamente eficaz na requalificação de edifícios pré-existent. Um exemplo desta abordagem é a intervenção realizada num edifício residencial e comercial no centro de Munique, originalmente construído em 1972. Este edifício enfrentava problemas graves de degradação da sua fachada, revestida a pedra natural e com janelas que já não cumpriam as necessidades dos padrões atuais. Deste modo, a intervenção propôs a substituição integral da envolvente por um novo sistema modular de painéis de madeira, com uma estrutura leve. Para além das vantagens construtivas e térmicas, importa considerar que os elementos em madeira expostos ao exterior requerem manutenção periódica, de modo a garantir a sua durabilidade e desempenho face à ação da radiação solar, da humidade e das variações climáticas..¹³⁶

¹³⁷ FROCHAUX, Marc, *Surélever en légèreté à la Rue Wendt*, 2021, p.22.

Para minimizar o impacto nas atividades dos ocupantes e garantir um tempo reduzido de obra em contexto urbano consolidado, recorreu-se à pré-fabricação de grandes painéis de fachada com elevada precisão, a partir de modelos digitais. Estes elementos incluíam caixilharias, dispositivos de sombreamento e revestimentos metálicos exteriores, de modo a permitir uma montagem sequencial rápida e limpa. A nova pele do edifício, fixada à estrutura existente por meio de consolas, introduziu um sistema ventilado com elevado desempenho térmico, incluindo barreiras corta-fogo integradas e caixilhos interiores também pré-fabricados, o que permitiu uma construção de junta seca no interior..¹³⁷

¹³⁸ FROCHAUX, Marc, *Surélever en légèreté à la Rue Wendt*, 2021, p.20.

Nas intervenções interiores aos edifícios, o projeto *Timber Adaptive Reuse Theater*, desenvolvido pelo atelier CO Adaptive, em Brooklyn, realiza a requalificação de uma antiga fábrica de fundição de metais, com estrutura em madeira e alvenaria. Este edifício de dupla cobertura foi transformado num espaço de desenvolvimento criativo para artistas de teatro. Elementos estruturais em CLT (madeira laminada cruzada) e Glulam (madeira laminada colada) permitiram criar uma planta aberta e flexível, dando resposta às exigências do novo programa, sem comprometer a integridade estrutural..¹³⁸

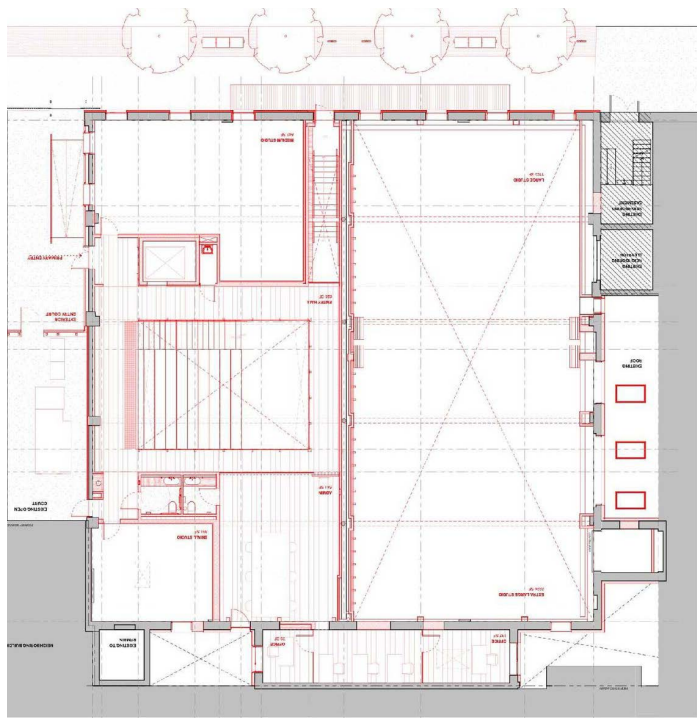


Fig. 78 - Planta primeiro piso,
Timber Adaptive Reuse Theater

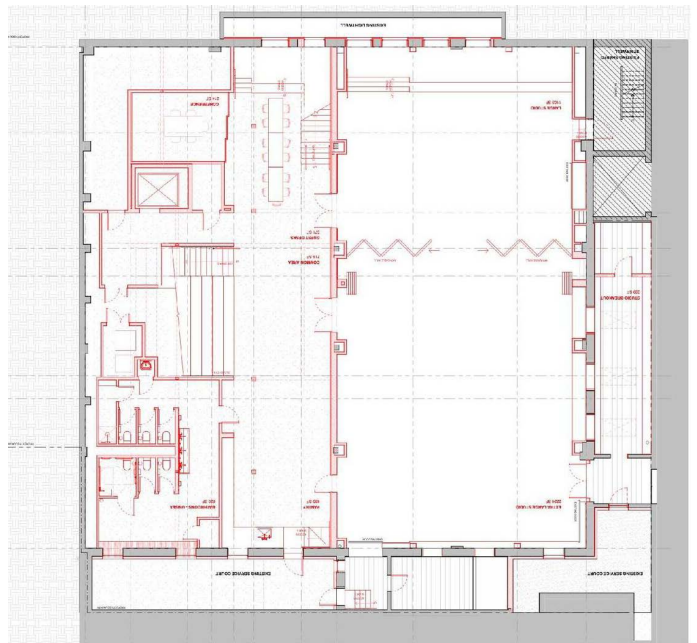


Fig. 79 - Planta piso térreo,
Timber Adaptive Reuse Theater

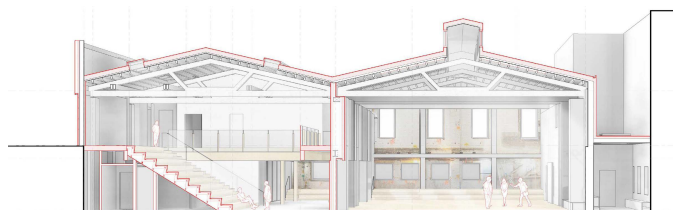


Fig. 80 - Corte,
Timber Adaptive Reuse Theater



Fig. 81 - Fachada de edifício habitacional em Munique

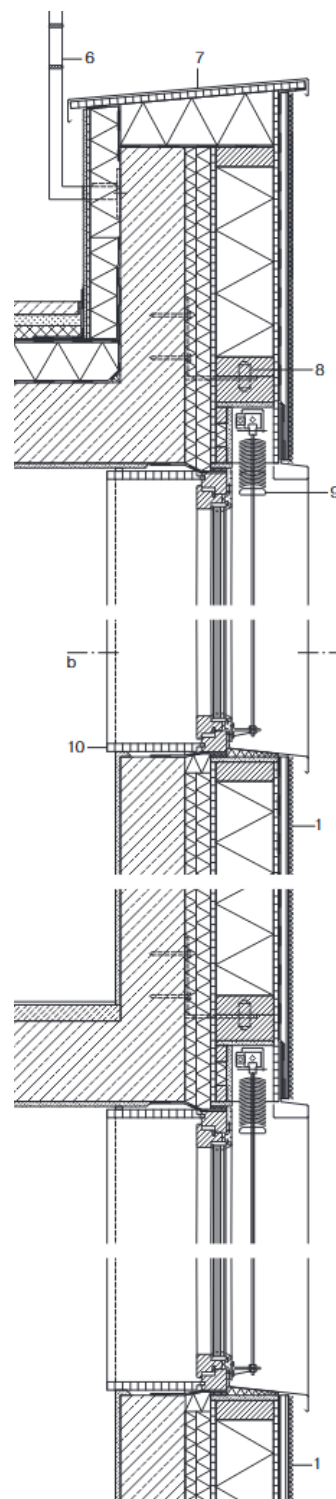


Fig. 82 - Corte construtivo da reabilitação da fachada

Parte 3 - *Laboratório experimental*

1. Enquadramento

1.1 O estudo desenvolvido pelo estúdio DGJ Architektur

1.2 Proposta de habitação no Viso

2. O projeto

2.1 Flexibilidade

2.2 Reversibilidade (ligações)

2.3 Pré-fabricação

1. Enquadramento

Mais do que um simples material de construção, a madeira aqui tem o papel de matéria viva. Carrega em si a tradição e a inovação, a memória e a possibilidade. Presente tanto nas arquiteturas vernaculares como nas mais recentes soluções pré-fabricadas, este material oferece-se como suporte ideal para pensar uma arquitetura que vive com e através do tempo.

Na história da arquitetura, muitos foram os que procuraram conciliar o sonho da industrialização com a necessidade de individualização. Arquitetos como Walter Gropius ou John Habraken já refletiam sobre este aparente paradoxo: como conceber sistemas construtivos repetíveis e modulares sem comprometer a liberdade e a identidade do habitante? Como desenhar, não soluções fixas, mas sistemas abertos, capazes de permitir a multiplicidade de usos e a evolução dos modos de vida?

Le Corbusier também o pressentiu quando escreveu que a investigação habitacional devia centrar-se *“não na fixação quimérica de uma planta-modelo, mas sim num novo sistema estrutural, concebido de modo a possibilitar todas as combinações imagináveis e, assim, responder às variadas necessidades de muitos tipos de indivíduos”*.¹³⁹

Este é o campo em que se inscreve esta terceira parte da dissertação: não a procura por um modelo definitivo, mas a experimentação em torno da possibilidade de uma arquitetura que se transforma sem se perder. Que evolui, sem renunciar à sua essência.

É na pós-ocupação que se revela, com clareza, o potencial de um edifício. O modo como os seus habitantes o adaptam, ajustam, desmontam e reorganizam dá forma a uma arquitetura verdadeiramente viva. Introduzir a adaptabilidade no processo de conceção não é ceder à informalidade ou à ausência de forma. É, antes, estabelecer princípios discretos que favoreçam a apropriação, e permitir que o espaço arquitetónico seja, acima de tudo, um suporte para a vida. Entre o permanente e o efémero, o pesado e o leve, o fixo e o mutável, desenha-se uma tensão inevitável. Essa tensão é, no fundo, a essência do tempo na arquitetura. Tal como na tradição japonesa do Shikinen Sengū, já referido previamente, em que a renovação periódica de

¹³⁹ MOLEY, C. – *L'architecture du logement: culture et logiques d'une norme héritée*. Paris: Anthropos, 1998. p.172

um templo não implica a sua destruição, mas a sua continuidade. Também aqui a adaptabilidade é entendida como uma forma de permanência.

Este capítulo, que terá por base um projeto desenvolvido no âmbito académico, propõe-se como um ensaio construído sobre essas ideias. Mais do que resolver, deseja questionar. Mais do que apresentar um produto final, deseja participar numa linhagem de investigações que, ao longo do século XX, procuraram transformar a habitação numa plataforma para a mudança, e não apenas para o abrigo.

1.1 O estudo desenvolvido pelo estúdio DGJ Architektur

Para o desenvolvimento do projeto, uma das principais referências assenta no desenvolvimento do estudo acerca do *Collegium Academicum* (2014). Concebido no âmbito da Exposição Internacional de Arquitetura (IBA) em Heidelberg, constitui um exemplo emblemático de arquitetura habitacional adaptável, centrada na flexibilidade, na apropriação pelos utilizadores e na durabilidade construtiva. Desenvolvido pelo atelier DGJ Architektur em colaboração com uma iniciativa estudantil, o projeto propõe um modelo de residência autogerida, que não só responde às exigências atuais de habitação colaborativa, como antecipa a sua transformação futura para usos como habitação sénior ou intergeracional. Esta ambição programática foi acompanhada por um estudo aprofundado de soluções construtivas e sistemas de ligação em madeira, com base numa abordagem participativa que envolveu futuros residentes ao longo de todo o processo

No âmbito de um estudo comparativo realizado pelo atelier DGJ Architektur, foram analisadas três soluções construtivas aplicadas a uma unidade habitacional de 84 m² — pilares e vigas, painéis de madeira maciça (CLT) e uma solução híbrida — tendo sido avaliadas com base na flexibilidade espacial, na quantidade de material utilizado e no desempenho técnico (acústico, térmico e estrutural). Constatou-se que o sistema de pilares e vigas oferece elevada adaptabilidade, ao permitir a separação entre estrutura e compartimentação, mas apresenta limitações ao nível do isolamento acústico. Em resposta, a solução híbrida revelou-se uma

alternativa equilibrada, ao combinar a flexibilidade da estrutura esquelética com a rigidez e eficácia acústica dos painéis de CLT, estrategicamente posicionados em zonas menos sujeitas a transformação. Esta abordagem permite distinguir elementos permanentes de componentes transitórios, facilitando futuras alterações com menor impacto e promovendo uma lógica construtiva reversível e sustentável.

Neste sentido, o projeto incluiu ainda o desenvolvimento e teste de diferentes tipologias de paredes interiores, com graus variáveis de flexibilidade e desempenho técnico. Desde sistemas leves e facilmente deslocáveis, como paredes-estante ou painéis deslizantes, até soluções mais robustas com elevada capacidade de isolamento sonoro, como paredes de montantes duplos desacopladas, foram exploradas diversas configurações adaptáveis aos usos e exigências específicas dos espaços habitacionais. A avaliação destas paredes considerou tanto a viabilidade técnica e construtiva, como a sua adequação à autoconstrução e capacidade de reconfiguração ao longo do tempo.

As ligações estruturais foram objeto de uma investigação específica conduzida pelo DGJ Architektur, focada em sistemas de encaixe em madeira que dispensam o uso de fixações metálicas. As ligações entre lajes recorrem a sistemas tipo X-Fix, baseados em encaixes rabo-de-andorinha, enquanto as ligações entre vigas e pilares reinterpreta soluções tradicionais japonesas, como o Yatoi-Hozo sashi, adaptadas através de tecnologias de corte digital CNC. Apesar das vantagens estéticas e construtivas destes sistemas, a necessidade de cortar parcialmente os elementos estruturais levanta preocupações quanto à integridade estrutural em caso de incêndio. Para responder a essa problemática, foi adotado um critério de dimensionamento térmico, prevendo-se uma camada adicional de madeira que atua como escudo protetor, carbonizando ao longo de 60 minutos e preservando o núcleo estrutural resistente.

Fig. 84 - Collegium Academicum (2014)



Fig. 85 - Collegium Academicum (2014)



Fig. 86 - Collegium Academicum (2014)



Fig. 87 - Collegium Academicum (2014)

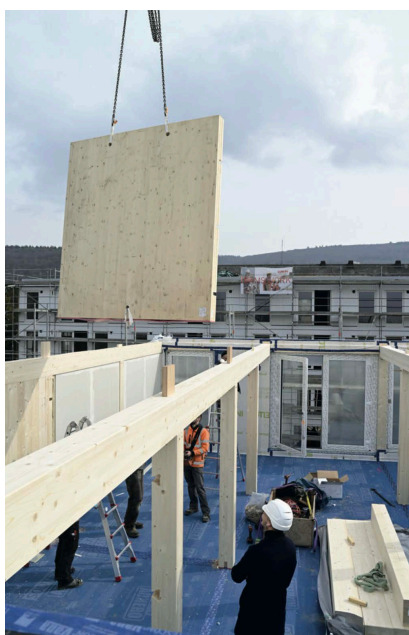


Fig. 88 - Collegium Academicum (2014)



1.2 Proposta de habitação no Viso

O projeto académico desenvolvido no terceiro ano do Mestrado Integrado em Arquitetura, na Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, teve, como ponto de partida, uma proposta urbanística para o Bairro do Viso, no Porto, uma área em transformação, com potencial para a reconfiguração da sua malha habitacional. Inserida neste contexto, a proposta consistiu no desenvolvimento de uma habitação plurifamiliar que ensaiasse novas formas de pensar a flexibilidade e a estrutura habitacional.

A opção pelo uso da madeira, nomeadamente através do sistema CLT (Cross-Laminated Timber), surgiu inicialmente como um interesse técnico e exploratório, motivado pelas suas qualidades construtivas, rapidez de montagem e expressão formal. O edifício proposto desenvolvia-se em quatro pisos com estrutura em madeira, assentes sobre uma base em betão, testando uma relação entre sistemas leves e pesados.

Os conceitos de permeabilidade e flexibilidade estiveram no centro da organização do módulo habitacional. Procurou-se desenvolver uma lógica de modulação que permitisse a ocupação de espaços de forma individual ou em sequência, abrindo caminho para uma utilização adaptável ao longo do tempo. Esta abordagem respondia, ainda que de forma inicial, às questões emergentes em torno da habitação contemporânea, como o *coliving* ou a evolução dinâmica das estruturas familiares, onde a possibilidade de reorganização da planta se torna essencial.

Ainda que num estado embrionário, o projeto explorou estratégias de polivalência programática e variabilidade espacial, propondo uma arquitetura que acolhe diferentes formas de viver e se adapta à mudança. Tornou-se, assim, um exercício prático sobre a aplicabilidade de princípios da arquitetura adaptável no desenho de habitação coletiva, cruzando modulação, flexibilidade e construção leve.

A escolha deste projeto como base para a terceira parte da dissertação surge da vontade de prolongar e aprofundar os conceitos explorados no exercício habitacional do 3.º ano. Agora, esse mesmo projeto é reavaliado à luz da investigação teórica desenvolvida ao longo da dissertação.

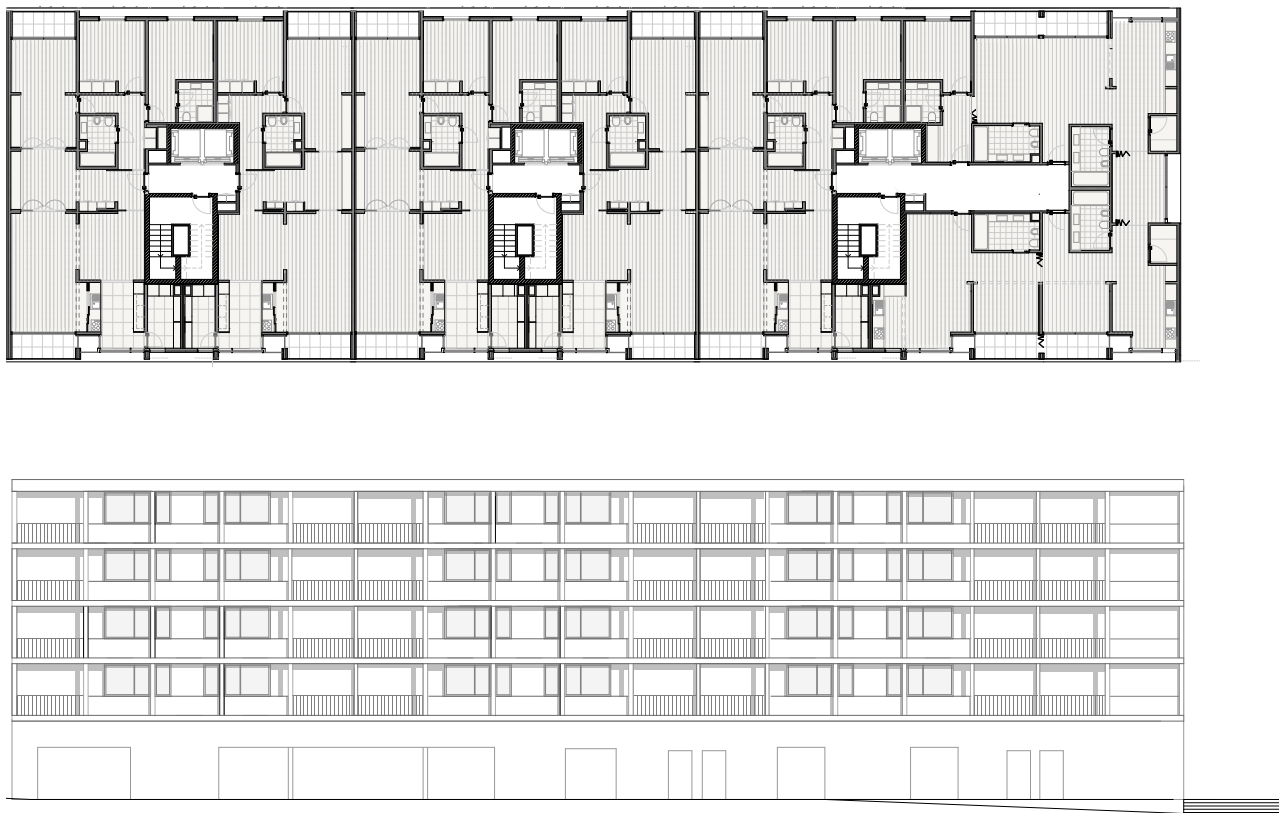


Fig. 89 - Planta de apartamentos e Alçado sul

5,00 m

2. O projeto

Inserido no campo da Arquitetura Adaptável, o presente projeto tem como propósito central aprofundar e desenvolver temáticas essenciais à concepção de edifícios capazes de se adaptar ao longo do tempo. Desde o início, a investigação assenta num enquadramento metodológico bem definido, que delimita com precisão os seus pressupostos, assegurando a coerência da análise e a possibilidade de futuras extensões do estudo. O foco recai sobre um objeto arquitetónico específico, destinado ao uso habitacional, cuja proposta construtiva privilegia a madeira como material principal e adota uma grelha modular rígida como estrutura orientadora do desenho.

Tendo como base o projeto académico previamente desenvolvido, a atenção será agora direccionada para o módulo habitacional principal, originalmente composto por tipologias T3 e T2, com o intuito de o reavaliar à luz dos princípios da adaptabilidade. A estrutura do projeto será organizada em torno de três eixos fundamentais: flexibilidade, reversibilidade e pré-fabricação; que servirão de alicerce para a análise crítica e a proposta de estratégias construtivas alinhadas com os objetivos de espaços mais flexíveis.



Fig. 90 - Esquisso do conjunto

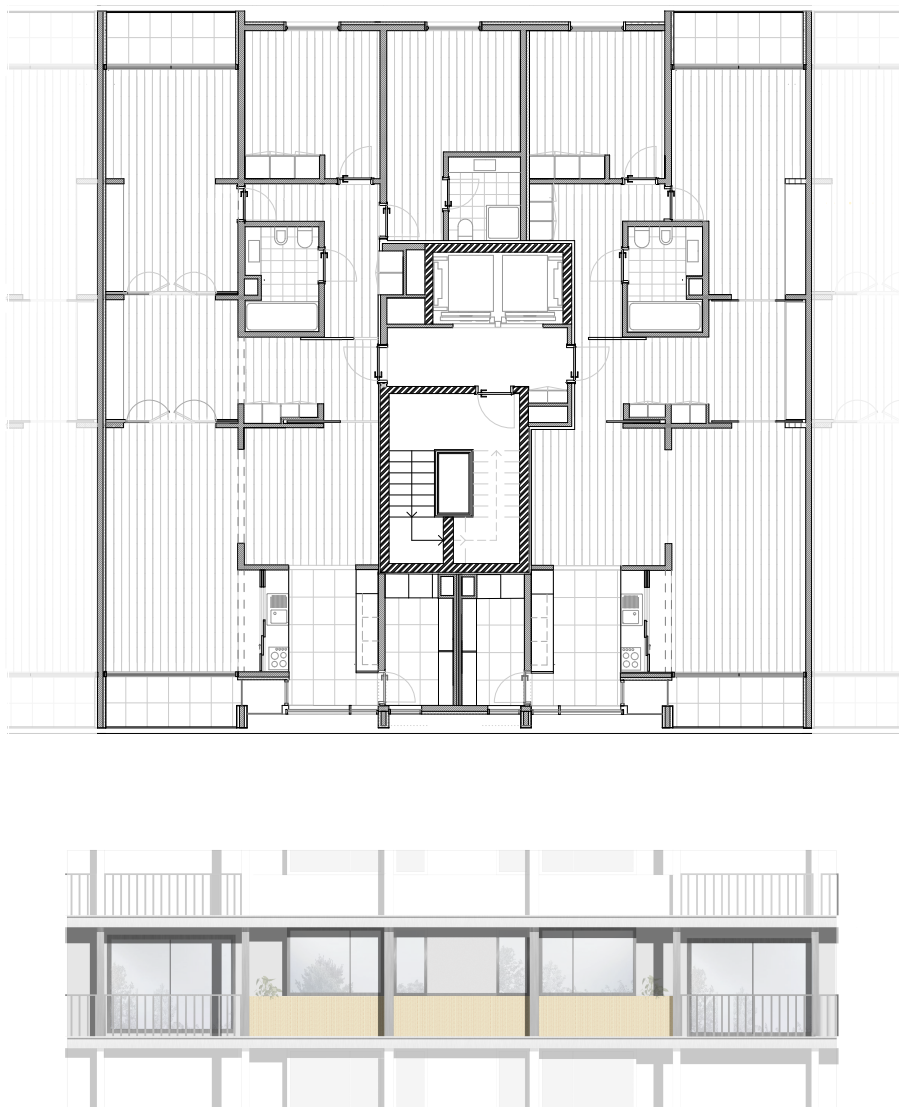


Fig. 91 - Planta e Alçado sul

3,00 m

2.1 Flexibilidade

Estrutura

O projeto inicial foi concebido com base numa estrutura em madeira maciça, composta por painéis de CLT (Cross Laminated Timber), complementada por um núcleo em betão afeto aos acessos verticais do edifício. Esta solução apresenta vantagens evidentes no contexto da habitação coletiva, nomeadamente pela eficiência dos painéis de madeira maciça na transmissão de cargas verticais e pela sua capacidade de contribuir para a estabilização do conjunto. No entanto, este sistema apresenta limitações significativas quando se considera a necessidade de adaptabilidade ao longo do tempo. O facto de os painéis em CLT assumirem simultaneamente funções estruturais e de compartimentação compromete a flexibilidade do espaço, dificultando eventuais reorganizações futuras e contrariando os princípios fundamentais de uma arquitetura adaptável.

Com base nestas considerações, propõe-se uma nova abordagem estrutural, centrada na adoção de um sistema híbrido composto por pilares e vigas em madeira lamelada colada, em articulação com paredes em CLT e um núcleo central em betão destinado aos acessos verticais. Esta solução inspira-se em referências como o estudo desenvolvido pelo atelier DGJ Architektur, que demonstra que a utilização de uma estrutura híbrida pode proporcionar uma maior flexibilidade funcional. Ao libertar os elementos estruturais das funções de compartimentação, esta configuração permite uma reorganização mais livre dos espaços interiores ao longo do tempo. Apesar da maior fragilidade do sistema de pilares e vigas no que diz respeito ao contraventamento, esta limitação pode ser compensada pela presença do núcleo em betão, que assegura a estabilidade geral do edifício, contribuindo para um equilíbrio eficaz entre robustez estrutural.

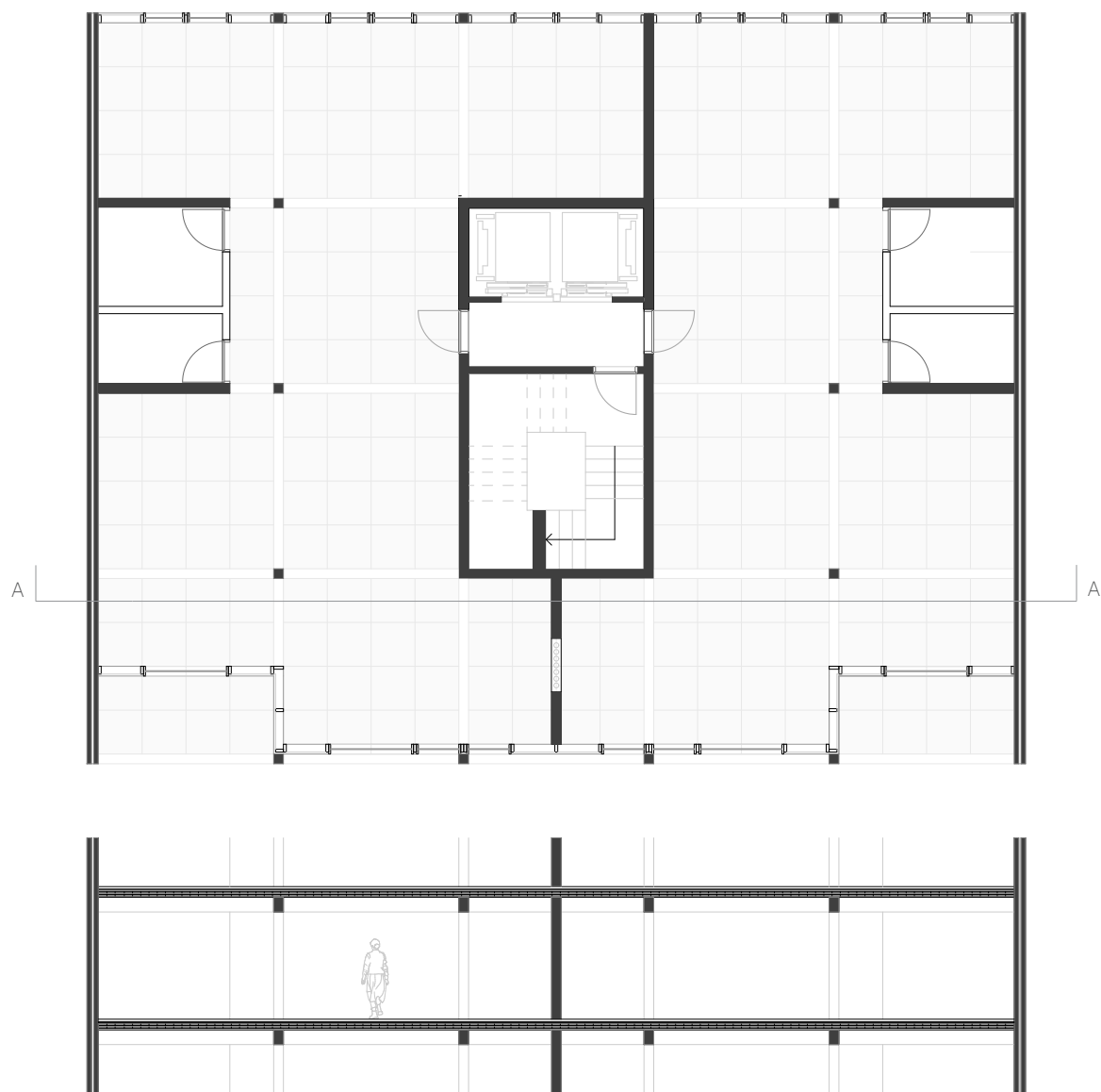


Fig. 93 - Planta e Corte A

3,00 m

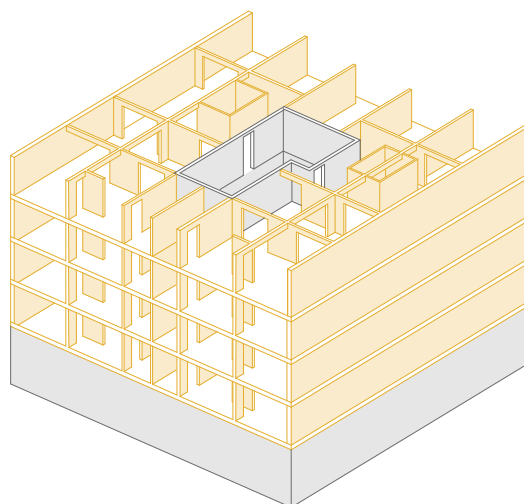


Fig. 94 - Axonometria da estrutura antiga

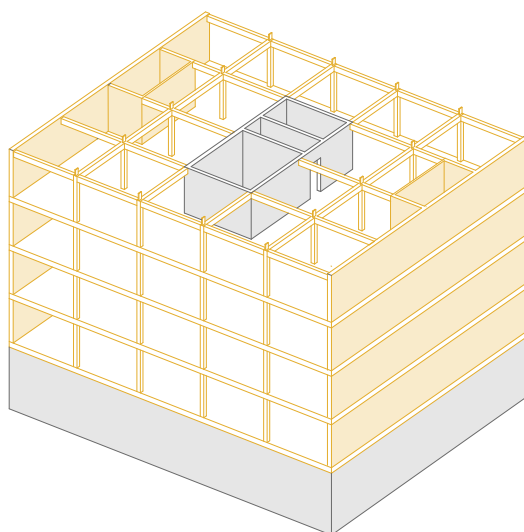


Fig. 95 - Axonometria da nova estrutura

Módulo

No projeto inicial, foi feita uma tentativa de desenvolvimento de um módulo organizador dos espaços, mas essa intenção perdeu-se parcialmente devido à configuração das paredes em madeira maciça, que acabaram por limitar a clareza e eficácia da modulação pretendida.

Na nova abordagem, propõe-se uma formulação mais rigorosa de uma grelha modular, enfatizada pela disposição dos pilares e vigas, que delimitam unidades espaciais com 12,96 m² (3,6 m x 3,6 m). Esta dimensão revela-se particularmente versátil, permitindo a criação de espaços com um elevado grau de polivalência e adaptabilidade funcional.

Trata-se de uma métrica recorrente na história da arquitetura, presente, por exemplo, no projeto Le Petit Cabanon de Le Corbusier, cuja planta se baseia numa métrica de 3,66 x 3,66 m, na Cozinha de Frankfurt, com modulação próxima de 3,6 x 3,5 m, ou ainda na tradição japonesa, onde a organização espacial assenta nos oito módulos do *tatami* (90 x 180 cm), que juntos formam divisões com 3,6 x 3,6 m. No presente projeto, a grelha é definida por pilares com secção de 90 x 90 mm, posicionados com espaçamentos regulares de quatro módulos, ou seja, 3,6 metros, conferindo coerência construtiva e flexibilidade programática ao conjunto.

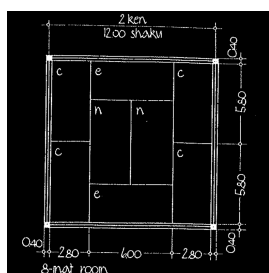


Fig. 96 - Casa tradicional japonesa

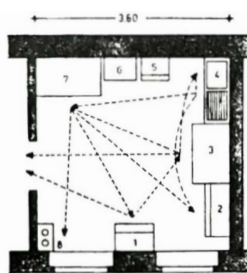


Fig. 97 - Casa tradicional japonesa

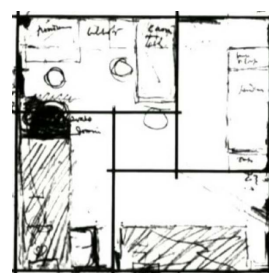


Fig. 98 - Casa tradicional japonesa

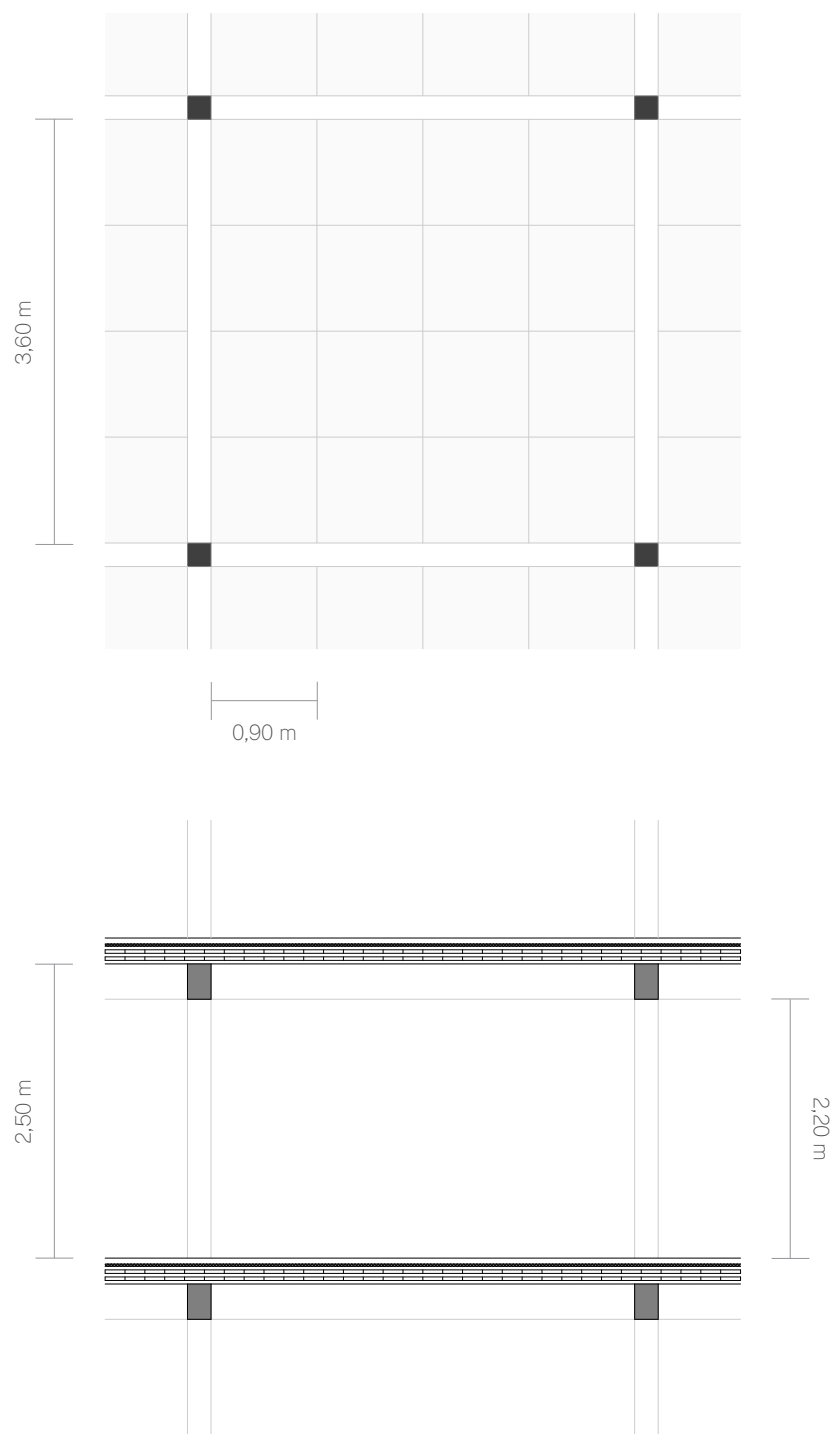


Fig. 99 - Planta do módulo e Corte

Hierarquização das camadas

A proposta reformulada do projeto parte do princípio da independência entre as diferentes camadas que compõem o edifício, conceito desenvolvido por Stewart Brand, segundo o qual os elementos construtivos devem ser concebidos em função de ciclos de vida distintos. Esta diferenciação permite intervenções pontuais com impacto mínimo sobre o conjunto, facilitando a atualização, manutenção e adaptação do edifício ao longo do tempo.

Inspirando-se neste princípio, a nova proposta estabelece uma separação clara entre elementos permanentes, como a estrutura portante, os acessos verticais e as infraestruturas técnicas principais, e elementos mais flexíveis, como as fachadas e a compartimentação interior. Ao permitir que os componentes mais suscetíveis a alterações possam ser modificados ou substituídos sem interferir na estrutura, garante-se uma maior adaptabilidade funcional e técnica ao longo da vida útil do edifício.

No projeto inicial, embora existisse a intenção de distinguir zonas fixas de áreas mais adaptáveis, essa diferenciação não se traduziu numa estratégia coerente quanto à articulação entre as camadas construtivas e os seus diferentes níveis de durabilidade ou capacidade de transformação. A reformulação do projeto corrige essa limitação através de uma organização mais precisa, que concentra as infraestruturas técnicas em áreas ligadas à estrutura permanente, assegurando, em paralelo, a independência entre a estrutura e os elementos de compartimentação.

Adicionalmente, foi garantida a autonomia das fachadas em relação à estrutura portante, permitindo que possam ser alvo de manutenção, substituição ou reconfiguração sem comprometer a estabilidade ou o funcionamento do edifício. Esta abordagem, orientada por uma lógica de camadas hierarquizadas e independentes, reforça a capacidade do edifício para se adaptar a diferentes usos, contextos e exigências ao longo do tempo.

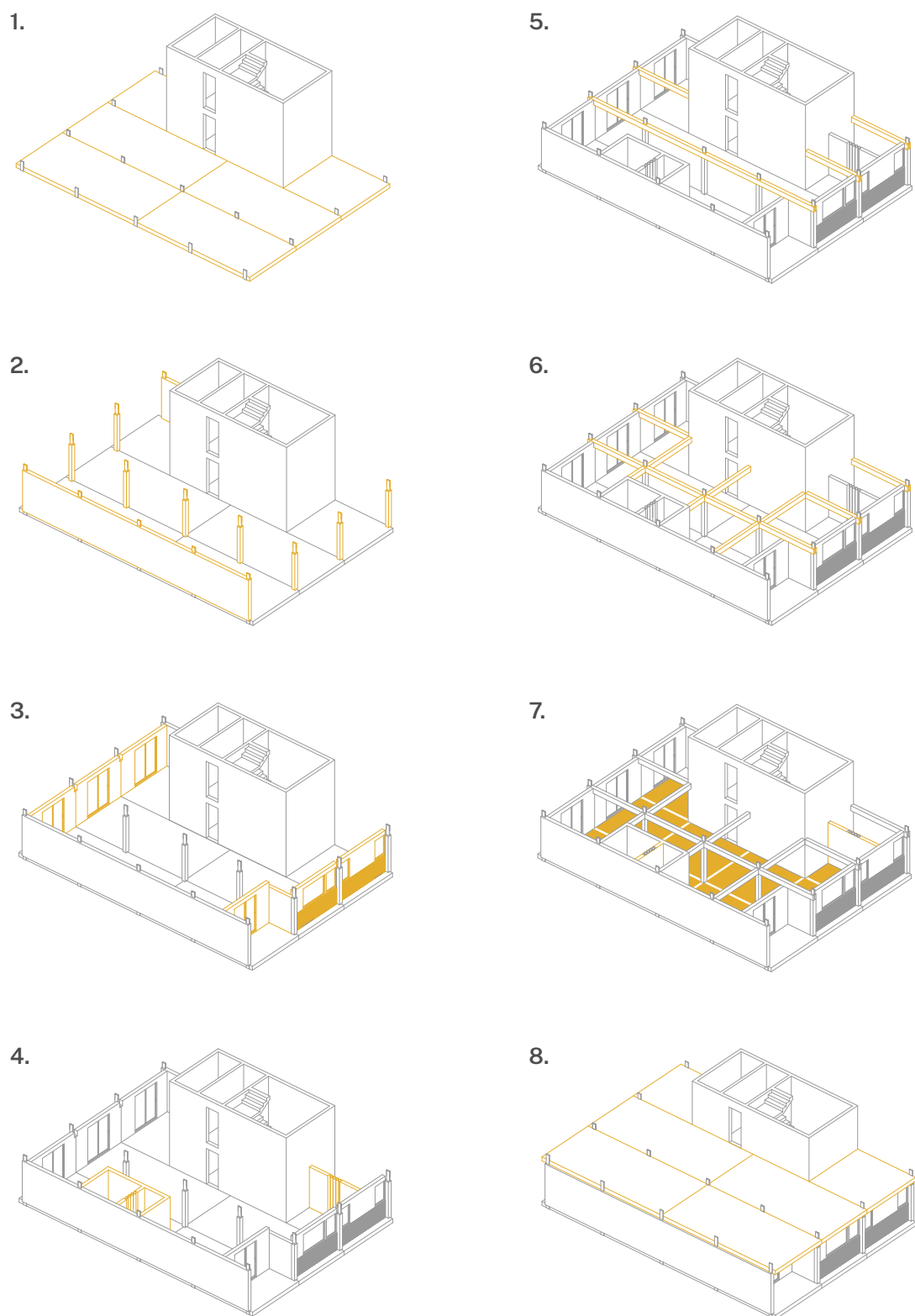


Fig. 100 - Esquema sequencial do processo de montagem de um apartamento

Painéis modulares

Para os espaços interiores, foi proposta a criação de painéis modulares concebidos para serem facilmente modificáveis ao longo do tempo, num sistema que se aproxima da lógica de um “kit de montar”. Esta abordagem retoma diversas investigações e experiências do século XX, como o sistema Moduli 225, centrada na ideia de espaços reconfiguráveis pelos próprios utilizadores. Através de elementos modulares com encaixes precisos, pretende-se dispensar intervenções especializadas, promovendo uma maior autonomia e adaptabilidade no uso quotidiano dos espaços habitados.

No entanto, estas soluções enfrentam desafios técnicos relevantes, sobretudo no que respeita ao desempenho acústico, à qualidade e durabilidade das ligações entre módulos e à estabilidade das estruturas desmontáveis. A eficácia de um sistema deste tipo não se mede apenas pela sua flexibilidade de montagem e desmontagem, mas também pela sua capacidade de garantir conforto, segurança e longevidade.

Neste projeto, procurou-se desenvolver um sistema de painéis modulares capaz de se integrar na grelha estrutural definida pelos pilares e vigas, permitindo múltiplas configurações. Cada módulo pode assumir diferentes funções, como parede divisória, armário embutido, porta, estante ou abertura. Esta versatilidade oferece a possibilidade de reorganizar o espaço interior de acordo com diferentes usos, preferências ou fases da vida dos utilizadores.

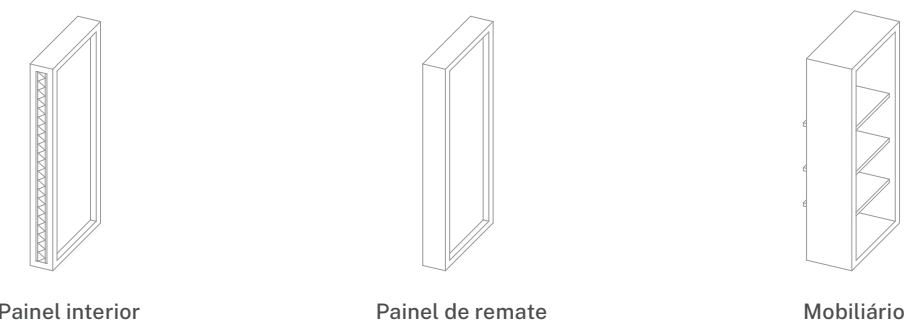


Fig. 101 - Variantes dos painéis modulares

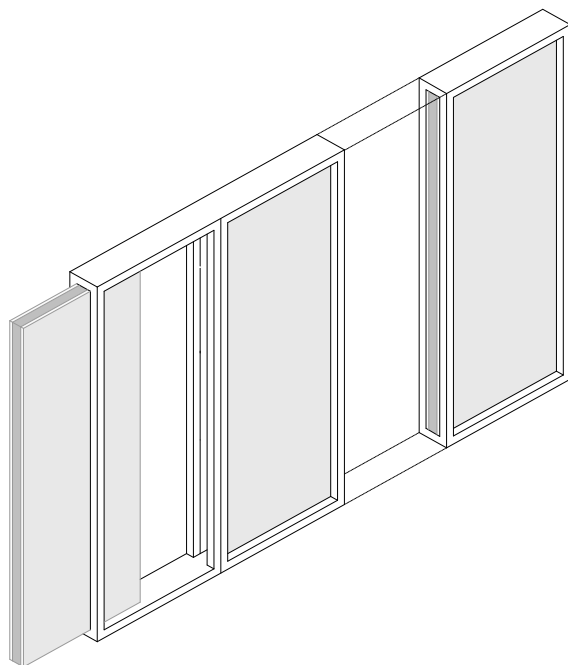


Fig. 102 - Esquema de associação de painéis modulares

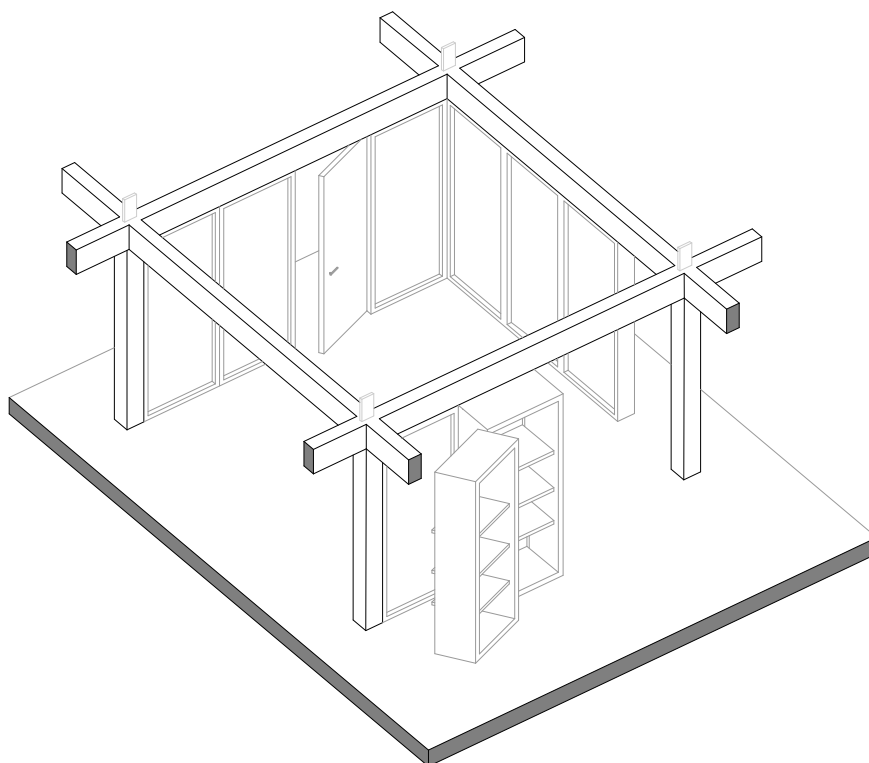


Fig. 103 - Axonometria do espaço interno

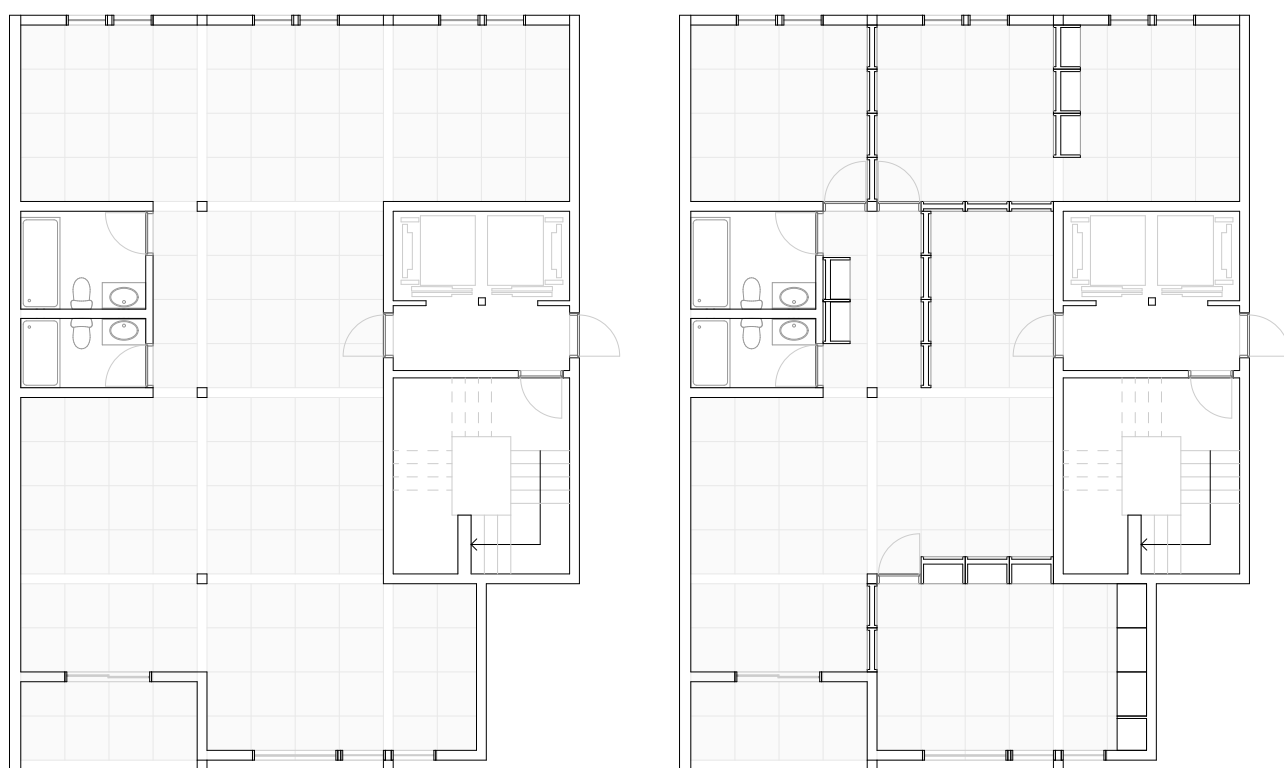


Fig. 104 - Planta e Alçado sul

5,00 m

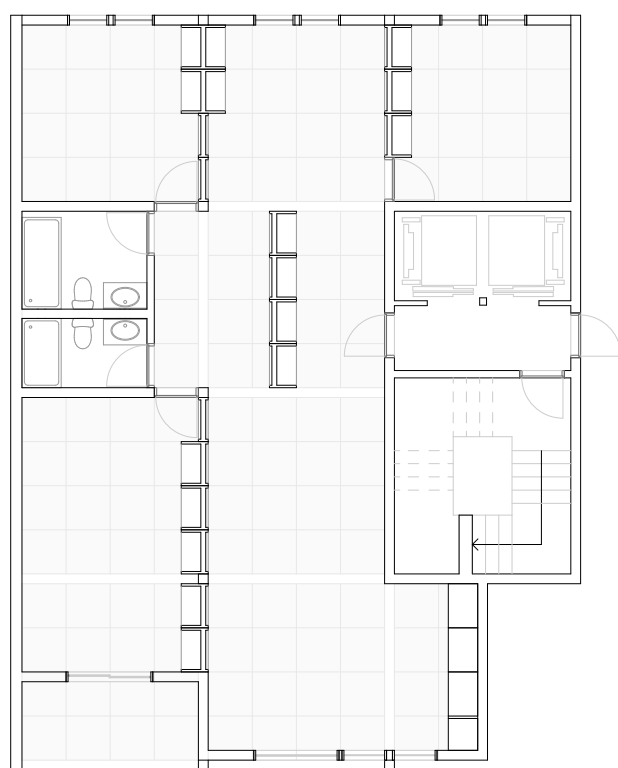
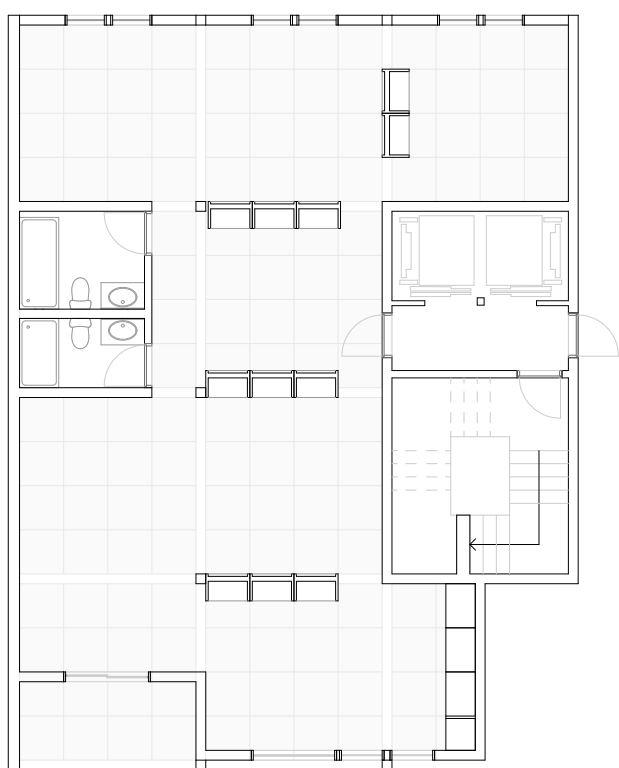


Fig. 105 - Planta e Alçado sul

5,00 m

2.2 Reversibilidade (ligações)

Um dos aspetos centrais para a desconstrução eficaz de um edifício é o desenvolvimento de ligações que permitam a desmontagem dos seus elementos com o menor impacto possível. Para tal, é fundamental projetar sistemas que facilitem a separação e a reutilização dos componentes, sobretudo daqueles mais suscetíveis a alterações ao longo do tempo. Entre os diversos tipos de ligação em madeira, destacam-se as ligações mecânicas e os encaixes, por oferecerem maior reversibilidade e menor desgaste do material, ao contrário de soluções baseadas em colas ou fixadores metálicos, que dificultam o reaproveitamento.

No contexto deste projeto, optou-se por desenvolver conexões com base em encaixes em madeira. Embora estas soluções exijam um elevado grau de precisão e nem sempre sejam viáveis em larga escala, têm vindo a ser reinterpretadas à luz das tecnologias digitais aplicadas à construção contemporânea, como o corte CNC, permitindo recuperar sistemas tradicionais com maior eficiência e rigor.

A definição das soluções adotadas teve como referência dois projetos contemporâneos particularmente relevantes no contexto da construção desmontável: o edifício de escritórios Hasle Tre, desenvolvido pelo atelier Oslo tre, reconhecido como o primeiro edifício na Noruega projetado com o objetivo explícito de permitir a sua futura desmontagem; e o Collegium Academicum, uma residência estudantil concebida com base em princípios de flexibilidade e reversibilidade.

Deste modo, apesar de não ser possível, no âmbito desta investigação, testar a resistência estrutural ou o desempenho ao fogo das soluções propostas, as ligações foram desenvolvidas de forma inspirada nestes dois projetos. Recorreu-se a encaixes do tipo espiga e entalhe (tenon-mortise), nos quais o pilar se insere na viga e na laje. A estabilidade da união é garantida por cavilhas de madeira transversais, que reforçam mecanicamente a ligação sem comprometer a desmontabilidade.

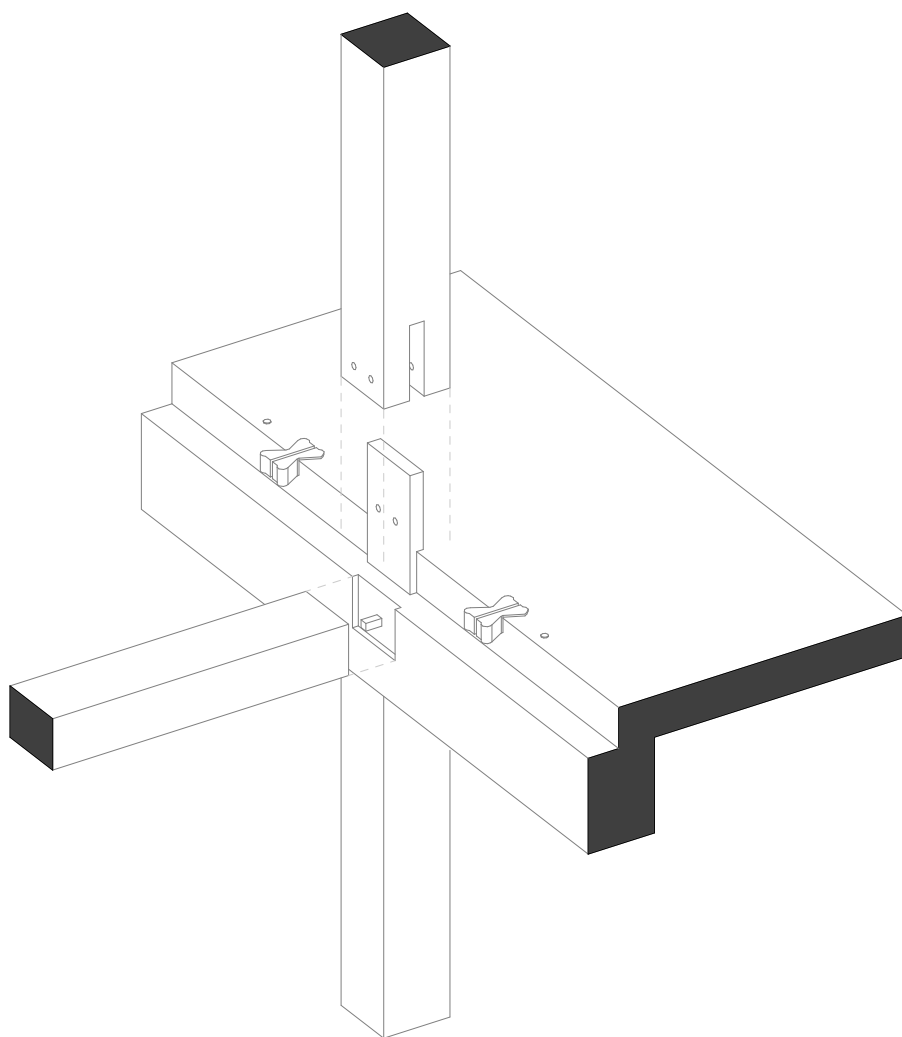


Fig. 106 - Axonometria da ligação entre pilares e vigas

A ligação entre as lajes é realizada através do sistema X-Fix, uma solução contemporânea baseada no tradicional encaixe em rabo de andorinha, complementada por cavilhas de madeira que fixam as lajes às vigas. Os painéis modulares, por sua vez, conectam-se entre si também por meio de cavilhas de madeira. A fixação ao conjunto estrutural é feita através de uma abertura na base dos painéis, que se encaixa no pavimento, permitindo posteriormente a sua ligação aos pilares e às vigas. Esta estratégia assegura simultaneamente a estabilidade estrutural e a facilidade de desmontagem, reforçando o carácter adaptável do sistema.

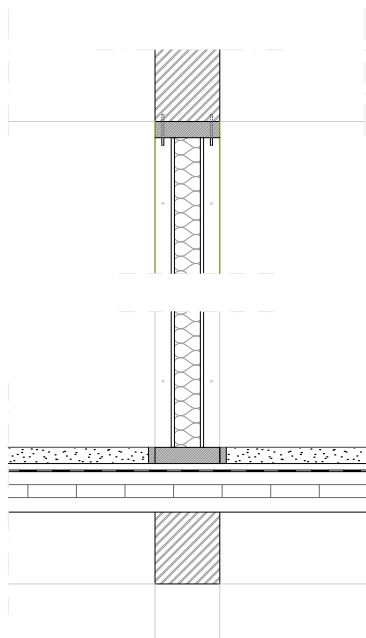


Fig. 107 - Sistema de fixação do painel modular

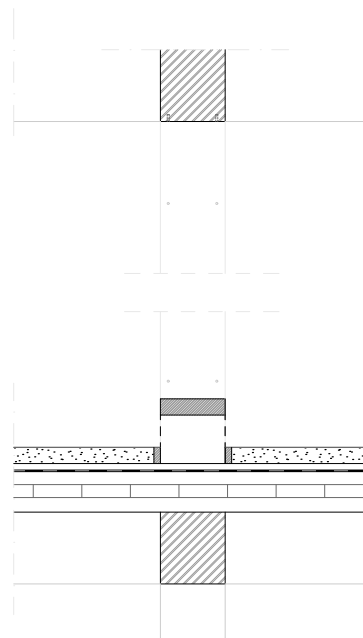


Fig. 108 - Peça de remate, quando da inexistência de um painel modular

3,00 m

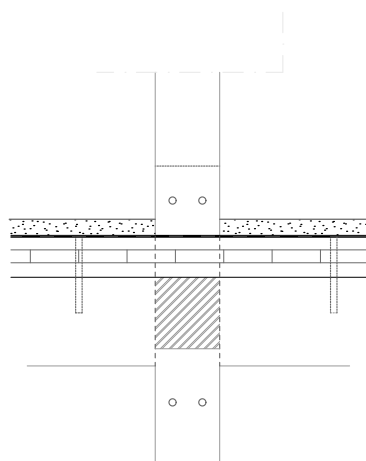


Fig. 109 - Sistema de conexão da laje às vigas estruturais, a partir de cavilhas

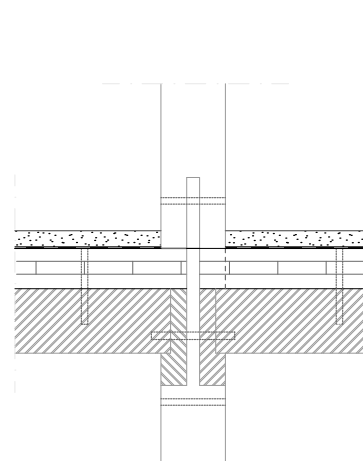


Fig. 110 - Conexões entre laje, pilares e vigas

2.3 Pré-fabricação

A pré-fabricação desempenha um papel determinante em projetos concebidos para permitir uma montagem eficiente e a futura desmontagem dos seus componentes. Para tal, é essencial que todos os elementos do edifício sejam projetados com especial atenção à facilidade de montagem, transporte, economia de recursos, desmontabilidade e potencial de reutilização ou reciclagem. Tradicionalmente enraizada na construção em madeira, esta prática tem vindo a ser amplificada pelo recurso a tecnologias digitais, que asseguram uma elevada precisão na conceção e execução das peças construtivas.

No caso deste projeto, apenas a base em betão, que suporta a estrutura de madeira, e o núcleo rígido destinado aos acessos verticais são executados no local. Ambos podem ser construídos em simultâneo com a fase de pré-fabricação dos elementos em madeira, otimizando assim o tempo de obra.

Foi definido um sistema com diferentes níveis de pré-fabricação, ajustado à natureza de cada componente. As fachadas, por exemplo, foram divididas em três painéis principais, totalmente pré-fabricados, com todas as camadas funcionais integradas, incluindo isolamento, revestimentos e caixilharias. Os pilares e vigas são produzidos com os encaixes e cortes estruturais preparados para a montagem em obra. Já os painéis de CLT que constituem as lajes são fabricados com as dimensões finais, incluindo as aberturas para as cavilhas e os sistemas de união do tipo X-Fix, sendo também otimizados tendo em conta as limitações de transporte.

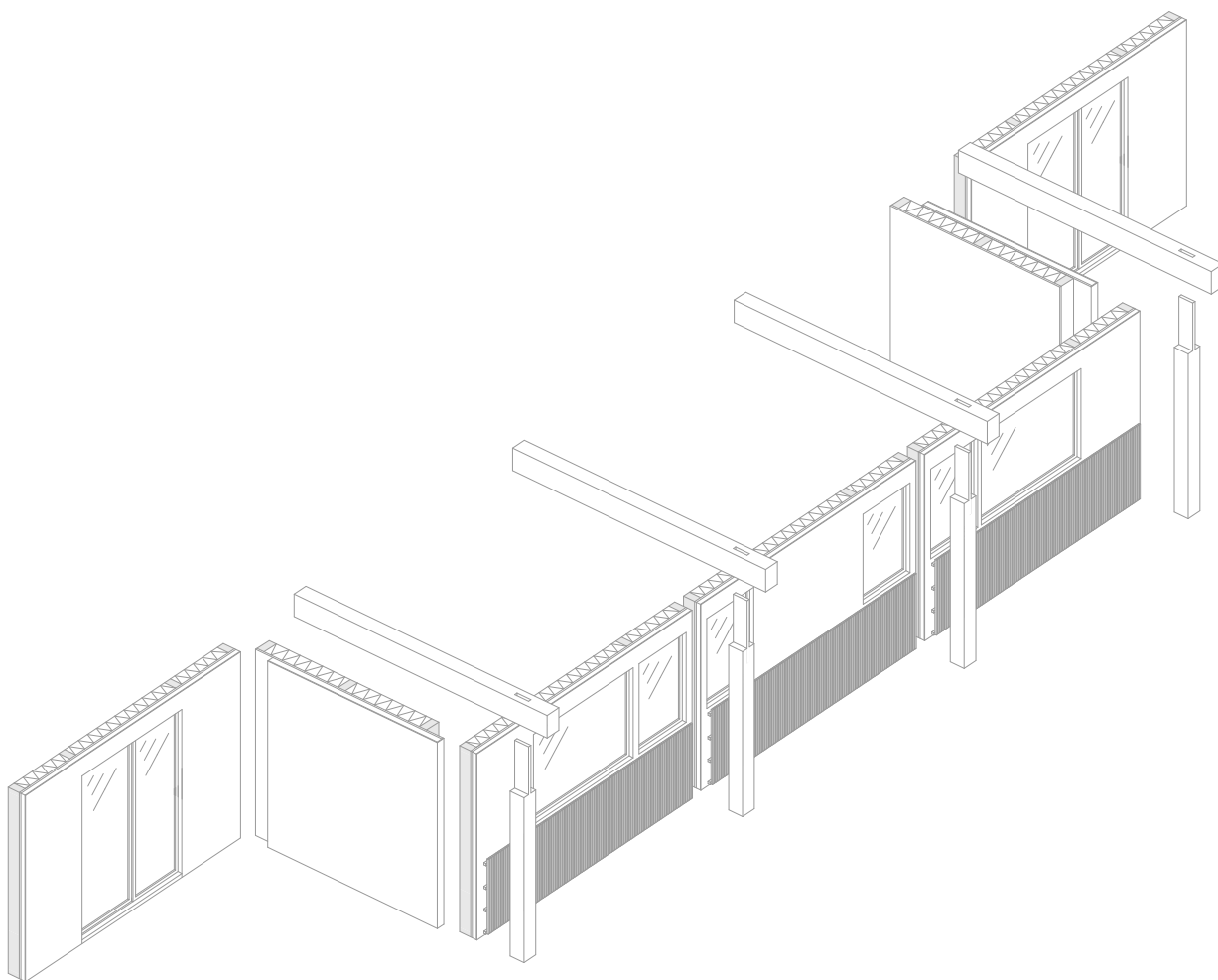


Fig. 111 - Elementos que compõem a fachada sul

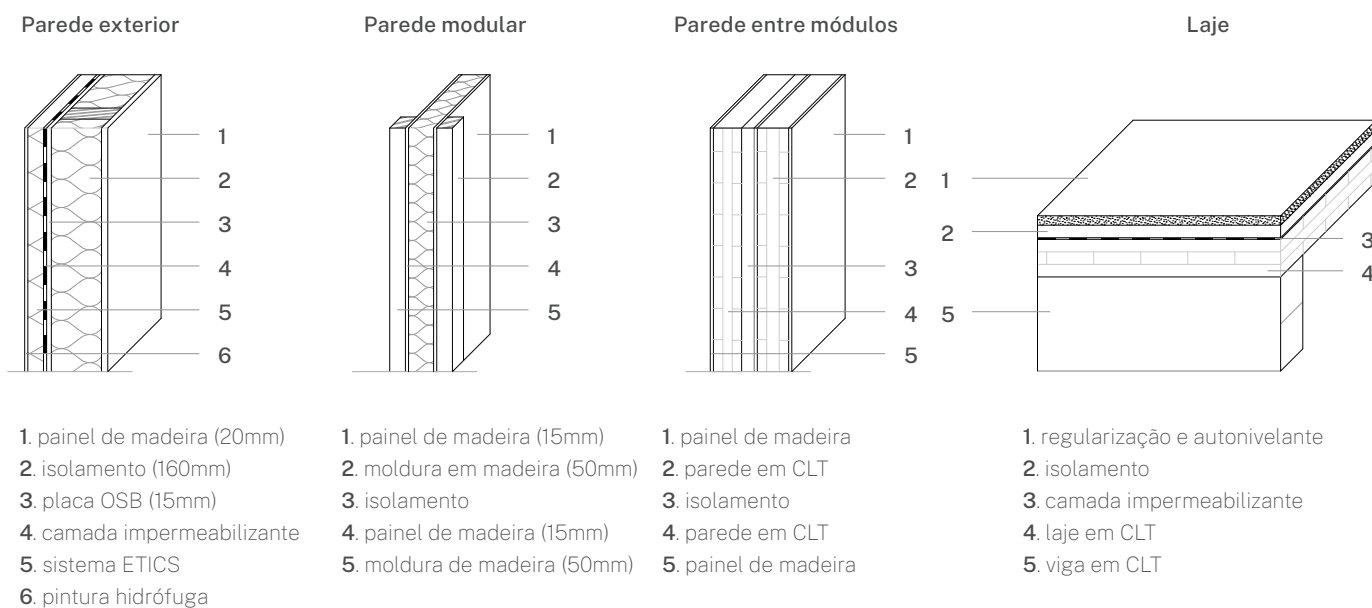


Fig. 112 - Composições das paredes

Considerações finais

A presente investigação partiu da premissa de que a arquitetura não deve ser entendida como um objeto fixo e acabado, mas como um processo contínuo de transformação. Num contexto marcado pela instabilidade, seja ela ambiental, social ou económica, o conceito de adaptabilidade foi assumido como um princípio essencial para a prática arquitetónica contemporânea. Longe de representar uma cedência à informalidade, a capacidade de adaptação de um edifício afirma-se como uma postura projetual consciente, que reconhece o tempo como parte integrante da arquitetura. Esta visão, sustentada por uma análise crítica da história, da teoria e da prática, procurou resgatar modelos capazes de conciliar permanência e mudança, através de estratégias que tornam o espaço construído mais flexível, reversível e duradouro. A madeira, seja aplicada em soluções simples e de fácil manuseamento, seja através de sistemas mais complexos com diferentes tipos de ligações, revelou-se um material vivo, com papel central na temática desta dissertação.

Ao longo do trabalho, procurou-se dar resposta aos quatro objetivos principais definidos inicialmente. Em primeiro lugar, foi feita uma análise da evolução do conceito de adaptabilidade na arquitetura, desde as práticas vernaculares, como as casas malaias, os *Pueblos* do Novo México ou a arquitetura tradicional japonesa, até às abordagens modernas e contemporâneas associadas à industrialização, à pré-fabricação e à standardização. Identificaram-se, nesse percurso, estratégias espaciais e construtivas que permitiram aos edifícios ajustar-se ao tempo e ao uso, demonstrando que a adaptabilidade é uma qualidade presente desde sempre, ainda que nem sempre teorizada.

Em segundo lugar, realizou-se uma sistematização teórica de conceitos fundamentais como flexibilidade, variabilidade, polivalência e evolutividade, distinguindo os seus significados, aplicações e implicações no projeto. Esta análise incluiu os contributos de autores como Stewart Brand e John Habraken, particularmente através dos conceitos de *Shearing Layers* e *Open Building*, que permitiram explorar a relação entre o permanente e o efêmero nas diferentes camadas que compõem um edifício.

O terceiro objetivo centrou-se no estudo aprofundado da madeira enquanto material particularmente adequado a uma arquitetura adaptável. Foram analisadas as suas qualidades construtivas e a sua capacidade de se integrar em sistemas modulares e desmontáveis, tanto em contextos tradicionais como em soluções contemporâneas. A investigação abordou também conceitos como o *Design for Disassembly* e o *cascading*, que reforçam o papel da madeira numa prática mais circular, sustentável e estrategicamente orientada para o prolongamento do ciclo de vida dos edifícios.

O quarto e último objetivo visou compreender como os princípios investigados ao longo da dissertação poderiam ser aplicados num contexto prático. Para tal, foi retomado um projeto académico desenvolvido por mim no âmbito da unidade curricular de Projeto 3, agora reformulado à luz dos conceitos teóricos explorados. Esta nova abordagem não procurou aprofundar o projeto em termos programáticos ou formais, mas sim utilizá-lo como um campo experimental onde se testaram estratégias de adaptabilidade. O foco centrou-se em três aspetos essenciais: a flexibilidade, a reversibilidade dos sistemas construtivos e o potencial da pré-fabricação como meio para facilitar transformações futuras.

A proposta resultante procurou articular uma estrutura modular em madeira com uma organização espacial passível de responder a diferentes configurações de uso, introduzindo soluções técnicas que favorecem a montagem, desmontagem e reorganização dos seus componentes. Embora se mantenha num plano exploratório, este exercício permitiu refletir sobre os desafios e as possibilidades reais de uma arquitetura preparada para a mudança, reforçando a importância de integrar desde a conceção mecanismos que prolonguem a vida útil dos edifícios e ampliem a sua capacidade de resposta aos múltiplos ciclos de ocupação.

Este trabalho abre, igualmente, novas possibilidades de investigação. Destaca-se, entre outras, a necessidade de aprofundar os impactos técnicos e regulamentares da desmontabilidade em contextos reais de obra. A investigação sobre o comportamento acústico de soluções leves, a compatibilidade com normas de segurança contra incêndio e a viabilidade económica da construção adaptável em contextos habitacionais acessíveis revelam-se também áreas de relevância crescente. Adiciona-se ainda o potencial de estudo das ligações por encaixe em madeira, especialmente no que respeita à reinterpretação de sistemas tradicionais com base nas tecnologias digitais atuais. A aplicação de métodos como o corte CNC pode recuperar e atualizar a precisão construtiva de sistemas ancestrais, permitindo o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis, desmontáveis e ajustadas às exigências contemporâneas da pré-fabricação.

Conclui-se, assim, que a adaptabilidade não deve ser entendida como uma resposta excecional, mas como um princípio estruturante da arquitetura contemporânea. Através da articulação entre reflexão teórica, análise histórica, investigação material e aplicação prática, esta dissertação procurou demonstrar que é possível conceber edifícios que não resistam apenas ao tempo, mas que com ele evoluam. A madeira, pela sua versatilidade técnica e sensibilidade expressiva, revelou-se uma imprescindível a esta ambição. Projetar com a consciência do tempo é, hoje, desenhar uma arquitetura mais ética, sustentável e viva, uma arquitetura que, em vez de temer a mudança, a acolhe como condição fundamental da sua permanência.

Referências Bibliográficas

Livros

AFONSO, Simonetta Luz – *Pavilhão de Portugal*. Lisboa: Parque das Nações, 1998. ISBN 972-97893-0-4.

BANDEIRINHA, José António – *Processo SAAL e a arquitectura no 25 de Abril de 1974*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011. ISBN 978-989-26-0167-9.

BENDER, Richard – *Una visión de la construcción industrializada*. Barcelona: GG, Editorial Gustavo Gili, 1976. ISBN 978-84-252-0636-8.

BLANCHÈRE, Gérard – *Tecnologías de la construcción industrializada*. Barcelona: Gustavo Gili, 1977. ISBN 978-84-252-0665-8.

BRAND, Stewart – *How buildings learn: what happens after they're built*. Rev. paperback ed. London: Phoenix, 1997. ISBN 978-0-7538-0050-8.

BRUNA, Paulo – *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*. [S.l.]: Editora Perspectiva, 2022. ISBN 978-85-273-0223-4.

COELHO, António Baptista; CABRITA, António Reis – *Habituação evolutiva e adaptável*. 2.^a ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2009. ISBN 978-972-49-1975-1.

DANGEL, Ulrich – *Turning Point in Timber Construction: A New Economy*. Basel: Birkhäuser, 2017. ISBN 978-3-0356-1025-3.

DOUGLAS, James – *Building adaptation*. 2.^a ed. Amsterdam; Boston; London: Butterworth-Heinemann, 2006. ISBN 978-0-7506-6667-1.

DREXLER, Hans et al. – *Holz: Form- und kraftschlüssig. Entwicklung eines Voll-Holz-Bausystems mit form- und kraftschlüssigen geometrischen Verbindungen*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2020. ISBN 978-3-7388-0493-5.

ENGEL, Heino – *The Japanese house: a tradition for contemporary architecture*. 14.^a ed. Rutland: Tuttle, 1991. ISBN 978-0-8048-0304-5.

GIEDION, Sigfried – *Walter Gropius*. New York: Dover Publications, 1992. ISBN 978-0-486-27118-7.

HABRAKEN, N. J. – *Supports: an alternative to mass housing*. Milton: Taylor & Francis Group, 2020. ISBN 978-0-367-85737-0.

HABRAKEN, N. J. – *The short works of John Habraken: ways of seeing / ways of doing*. Abingdon, Oxon: Routledge, 2023. ISBN 978-0-367-82007-7.

HERBERT, Gilbert – *The dream of the factory-made house: Walter Gropius and Konrad Wachsmann*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1984. ISBN 978-0-262-36801-8.

HERTZBERGER, Herman et al. – *Lessons for students in architecture*. 5.^a ed. rev. Rotterdam: 010 Publishers, 2005. ISBN 978-90-6450-562-1.

HUDERT, Markus; PFEIFFER, Sven (eds.) – *Rethinking Wood: Future Dimensions of Timber Assembly*. Basel: Birkhäuser, 2019. ISBN 978-3-0356-1689-7.

JESKA, Simone; PASCHA, Khaled Saleh – *Emergent Timber Technologies: Materials, Structures, Engineering, Projects*. Basel: Birkhäuser, 2015. ISBN 978-3-03821-502-8.

KAUFMANN, Hermann et al. – *Manual of Multistorey Timber Construction: Principles – Constructions – Examples*. 2.^a ed. Munique: DETAIL Business Information GmbH, 2022. ISBN 978-3-95553-582-7.

KOLB, Josef – *Systems in Timber Engineering: Loadbearing Structures and Component Layers*. Basel; Boston: Birkhäuser, 2008. ISBN 978-3-7643-8823-2.

KRÖTSCH, Stefan; ENGEL, Thomas; STIEGLMEIER, Manfred – *Timber Constructions in Existing Contexts*. Munique: DETAIL, 2025. ISBN 978-3-95553-658-9. (DETAIL Praxis).

MENESES, Nélia Maria Neto – *Arquitetura(s) Nómada(s): paisagens em constante mutação*. Dissertação de Mestrado em Arquitectura. Lisboa: Universidade Lusíada de Lisboa, 2007.

NITSCHKE, Günter – *From Shinto to Ando: studies in architectural anthropology*. London: Academy Editions, 1993. ISBN 978-1-85490-239-6.

ORAZI, Manuel et al. (eds.) – *Yona Friedman: the dilution of architecture*. Zurich; Lausanne: Park Books; Archizoom, 2015. ISBN 978-3-906027-68-5.

OTTO, Frei – *Arquitetura adaptable: seminário organizado por el Instituto de Estructuras Ligeras (IL)*. Barcelona: Gustavo Gili, 1979. ISBN 978-84-252-0944-4.

STEIGER, Ludwig – *Timber Construction: Basics*. 3.^a ed. Basel: Birkhäuser, 2020. ISBN 978-3-0356-2126-6.

WAGNER, Martin et al. – *The growing house: a contribution to resolving the urban housing question*. Leipzig: Spector Books, 2015. ISBN 978-3-944669-96-0. (Coleção: Wohnungsfrage / Haus der Kulturen der Welt).

WEIMER, Günter – *Arquitetura popular brasileira: raízes*. São Paulo: Martins Fontes, 2005. ISBN 978-85-336-2199-2.

WINTER, Wolfgang et al. – *Timber Construction Manual*. Basel: De Gruyter, 2012. ISBN 978-3-7643-7025-1. (DETAIL Construction Manuals).

ZWERGER, Klaus – *Wood and Wood Joints: Building Traditions of Europe, Japan and China*. 2.^a ed. Basel: Birkhäuser, 2012. ISBN 978-3-0346-0888-5.

Artigos periódicos

ADAMS, Cassandra – *Japan's Ise Shrine and Its Thirteen-Hundred-Year-Old Reconstruction Tradition*. Journal of Architectural Education, vol. 52, n.º 1, setembro 1998, p. 49–60.

BERTHIER, Stéphane – *Timber in the buildings of Jean Prouvé: an industrial material*. Construction History, vol. 30, n.º 2, 2015, p. 87–106.

LEAMAN, Adrian; BORDASS, Bill; CASSELS, Sam – *Flexibility and adaptability in buildings: the “killer” variables*. Delft: Technical University of Delft, Department of Real Estate and Project Management, 1998.

POZZI, Leonardo Enzo – *Design for Disassembly with Structural Timber Connections: Analysis and Assessment of Different Connection Systems Used in Engineered Timber Building Structures to Maximise Demountability and Reuse of the Elements*. Delft: TU Delft, Faculty of Architecture and the Built Environment, 2019.

SERRA SORIANO, Bartolomé; DÍAZ SEGURA, Alfonso; MERÍ DE LA MAZA, Ricardo – *Las aportaciones de Gropius y Wachsmann a la industria de las casas de madera*. VLC arquitectura, vol. 8, n.º 1 (abril 2021), p. 31-60. ISSN 2341-3050.

WAUGH THISTLETON ARCHITECTS – *Timber Typologies: Understanding Options for Timber Construction*. Londres: Timber Development UK, 2023.

Tese de Doutoramento

SILVA, Ana Isabel da Costa e – *A madeira na arquitetura: práticas construtivas entre finais de oitocentos e finais do século XX*. Porto: Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, 2014.

Dissertação de Mestrado

BURING, N. – *Housing the unknown future: towards adaptability in vacant office transformation*. Delft: TU Delft, 2017.

PEREIRA, Catarina Eduardo da Silva Costa – *Habitação flexível e evolutiva: considerações sobre tradição e futuro entre o Japão e o Chile*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 2022.

SANTOS, Joana Isabel Viegas dos – *Uma questão de medida: um olhar sobre a arquitetura da MIMA*. Porto: Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, 2024.

Lista de figuras

Fig. 1

THE ARCHITECTURAL FORUM. The Architectural Forum, vol. 86, n.º 4, abril de 1947, p. 01.

Fig. 2

AMIGOS DO CALHAU. Fábrica de Cultura – Vídeo notícias RTP. Amigos do Calhau [online]. Disponível em: <https://amigoscalhau.blogspot.com/2011/02/fabrica-de-cultura-video-noticias-rtp.html> [Consultado em 5 ago. 2024].

Fig. 3

CAMPOS, José. Imagem do Arquipélago – Centro de Artes Contemporâneas. Divisare [online]. Disponível em: <https://divisare.com/projects/281773-joao-mendes-ribeiro-menos-e-mais-arquitectos-jose-campos-the-arquipelago-contemporary-arts-centre> [Consultado em 11 novembro. 2024].

Fig. 4

Diagrama. [Sem fonte identificada].

Fig. 5

MIMA ARQUITECTOS. Casa MIMA. ArchDaily Brasil [online]. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/01-55846/casa-mima-mima-arquitectos?ad_medium=gallery [Consultado em 3 dez. 2024].

Fig. 6

ELEMENTAL. Viviendas Quinta Monroy. Arquitectura Viva [online]. Disponível em: <https://arquitecturaviva.com/works/viviendas-quinta-monroy-1> [Consultado em 25 mai. 2024].

Fig. 7

DOREY, Ines. Photographer Ines Dorey explores the Tokyo buildings that time forgot. Plain Magazine [online]. Disponível em: <https://plainmagazine.com/photographer-ines-dorey-explores-the-tokyo-buildings-that-time-forgot/> [Consultado em 15 agosto. 2024].

Fig. 8

LIM, Japheth. Participatory Design: The Malay House Concept – Social Sustainable Housing [online]. Publicado em 19 abr. 2012. Disponível em: <https://blog.japhethlim.com/index.php/2012/04/19/participatory-design-the-malay-house-concept-social-sustainable-housing/> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 9

Desenho da autora.

Fig. 10

Desenho da autora.

Fig. 11

Desenho da autora.

Fig. 12

GOT2GLOBE. Taos, Novo México: o coração ancestral do sudoeste norte-americano. Got2Globe [online]. Disponível em: <https://www.got2globe.com/editorial/novo-mexico-taos-america-norte-ancestral/> [Consultado em 25 mai. 2025].

Fig. 13

KAWAH BUKU. Who Are the Malays? Kawah Buku Zine [online]. Disponível em: <https://kawahbuku.com/zine/book-excerpts/who-are-the-malays/> [Consultado em 25 mai. 2025].

Fig. 14

SERRA SORIANO, Bartolomé et al. Las aportaciones de Gropius y Wachsmann, 2021, p. 39.

Fig. 15

SERRA SORIANO, Bartolomé et al. Las aportaciones de Gropius y Wachsmann, 2021, p. 37.

Fig. 16

SERRA SORIANO, Bartolomé et al. Las aportaciones de Gropius y Wachsmann, 2021, p. 37.

Fig. 17

SERRA SORIANO, Bartolomé et al. Las aportaciones de Gropius y Wachsmann, 2021, p. 40.

Fig. 18

SERRA SORIANO, Bartolomé et al. Las aportaciones de Gropius y Wachsmann, 2021, p. 56.

Fig. 19

SERRA SORIANO, Bartolomé et al. Las aportaciones de Gropius y Wachsmann, 2021, p. 55.

Fig. 20

SERRA SORIANO, Bartolomé et al. Las aportaciones de Gropius y Wachsmann, 2021, p. 53.

Fig. 21

GIEDION, Sigfried. Walter Gropius. New York: Dover Publications, 1992. ISBN 978-0-486-27118-7.

Fig. 22

IMPERIALE, Alicia. An American Wartime Dream: The Packaged House System, 2012, p. 41.

Fig. 23

TEN STUDIO. Afasia Archzine, 2022. Disponível em: <https://afasiaarchzine.com/...> [Consultado em 25 mai. 2025].

Fig. 24

ROCHA, Paulo Mendes da. Entrevista: Paulo Mendes da Rocha. Entrevista concedida a Abilio Guerra e Silvana Romano Santos. Vitruvius [online]. Publicado em 2013. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/13.052/4542?page=4> [Consultado em 25 mai. 2025].

Fig. 25

RAMOS, Pauline. Graduate Portfolio – 2021 Graduate Show. Edinburgh College of Art [online].

Disponível em: <https://www.2021.graduateshow.eca.ed.ac.uk/portfolio/pauline-ramos> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 26

GRAZIANI, Karina. Invisible Cities, 2012 [online]. Disponível em: <https://www.behance.net/gallery/5036077/Invisible-Cities> [Consultado em 25 mai. 2025].

Fig. 27

STONE ROAD PRESS. Moduli 225 No. 2 [online]. Disponível em: <https://www.stoneyroadpress.com/artworks/moduli-225-no-2> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 28

THANASARN, T. Ise Grand Shrine Rebuilt. YouTube, 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/...> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 29

MENESES, Nélia Maria Neto. Arquitectura(s) Nómada(s): paisagens em constante mutação. Coimbra: Universidade de Coimbra, Departamento de Arquitectura, 2007, p. 47.

Fig. 30

THANASARN, T. Ise Grand Shrine Rebuilt. YouTube, 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/...> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 31

WINTER, Wolfgang et al. Timber Construction Manual, 2012, p. 25.

Fig. 32

AMUSING PLANET. Ise Jingu: The Japanese Shrine That's Torn Down and Rebuilt Every 32 Years [online]. Publicado em 16 nov. 2017. Disponível em: <https://www.amusingplanet.com/2017/11/ise-jingu-japanese-shrine-thats-torn.html> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 33

DANGEL, Ulrich. Turning Point in Timber Construction, 2017, p. 30.

Fig. 34

ARCHDAILY BRASIL. Pavilhão dos EUA na Bienal de Veneza explora a construção em madeira na arquitetura americana [online]. Publicado em 3 mar. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/961101/pavilhao-dos-eua-na-bienal-de-veneza-explora-a-construcao-em-madeira-na-arquitetura-americana> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 35

DEZEEN. Peter Zumthor opens holiday home to paying guests [online]. Publicado em 8 jan. 2013. Disponível em: <https://www.dezeen.com/2013/01/08/zumthor-lets-holiday-home-to-guests/> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 36

WIKIPÉDIA. Ficheiro: Casa Gremial.jpg [online]. Disponível em: https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Casa_Gremial.jpg [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 37

DANGEL, Ulrich. Turning Point in Timber Construction, 2017, p. 91.

Fig. 38

WIKIPÉDIA. Fil:Stave church Borgund interior.jpg [online]. Disponível em: https://no.m.wikipedia.org/wiki/Fil:Stave_church_Borgund_interior.jpg [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 39

DANGEL, Ulrich. Turning Point in Timber Construction, 2017, p. 93.

Fig. 40

DANGEL, Ulrich. Turning Point in Timber Construction, 2017, p. 93.

Fig. 41

ENGEL, Heino. The Japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture. 14.^a ed. Rutland: Tuttle, 1991. ISBN 978-0-8048-0304-5.

Fig. 42

ZWARGER, Klaus. Wood and Wood Joints: Building Traditions of Europe, Japan and China. 3.^a ed. Basel: Birkhäuser, 2023. ISBN 978-3-0356-2484-7.

Fig. 43

ENGEL, Heino. The Japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture. 14.^a ed. Rutland: Tuttle, 1991. ISBN 978-0-8048-0304-5.

Fig. 44

ZWARGER, Klaus. Wood and Wood Joints: Building Traditions of Europe, Japan and China. 3.^a ed. Basel: Birkhäuser, 2023. ISBN 978-3-0356-2484-7.

Fig. 45

ZWARGER, Klaus. Wood and Wood Joints: Building Traditions of Europe, Japan and China. 3.^a ed. Basel: Birkhäuser, 2023. ISBN 978-3-0356-2484-7.

Fig. 46

ZWARGER, Klaus. Wood and Wood Joints: Building Traditions of Europe, Japan and China. 3.^a ed. Basel: Birkhäuser, 2023. ISBN 978-3-0356-2484-7.

Fig. 47

BERTHIER, Stéphane. Timber in the buildings of Jean Prouvé: an industrial material. Construction History, vol. 30, n.º 2, 2015.

Fig. 48

SHEFFORD, Daniel. Moduli-225 Study [online]. Disponível em: <https://www.danielshefford>.

co.uk/moduli-225-study [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 49

SHEFFORD, Daniel. Moduli-225 Study [online]. Disponível em: <https://www.danielshefford.co.uk/moduli-225-study> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 50

PINTEREST. Imagem compartilhada: Casa Gremial, Guatemala [online]. Disponível em: <https://pt.pinterest.com/pin/230387337157534768/> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 51

MIMA ARQUITECTOS. Casa MIMA. ArchDaily Brasil [online]. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/01-55846/casa-mima-mima-arquitectos?ad_medium=gallery [Consultado em 3 dez. 2025].

Fig. 52

KRÖTSCH, Stefan et al. Timber Constructions in Existing Contexts, 2025, p. 10.

Fig. 53

KOLB, Josef; KOLB, Hans-Peter; MÜLLER, Andreas. Holzbau mit System: Tragkonstruktion und Schichtaufbau. 4.^a ed. rev. Basel: Birkhäuser, 2024. ISBN 978-3-0356-2644-5.

Fig. 54

KOLB, Josef; KOLB, Hans-Peter; MÜLLER, Andreas. Holzbau mit System: Tragkonstruktion und Schichtaufbau. 4.^a ed. rev. Basel: Birkhäuser, 2024. ISBN 978-3-0356-2644-5.

Fig. 55

KOLB, Josef; KOLB, Hans-Peter; MÜLLER, Andreas. Holzbau mit System: Tragkonstruktion und Schichtaufbau. 4.^a ed. rev. Basel: Birkhäuser, 2024. ISBN 978-3-0356-2644-5.

Fig. 56

ARCHITIZER. How Large-Scale Timber Structures Are Built [online]. Publicado em 16 mar. 2021. Disponível em: <https://blog.architizer.com/practice/materials/large-scale-timber-structures/> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 57

PBC TODAY. Timber frame housing sees surge in demand [online]. Publicado em 3 fev. 2020. Disponível em: <https://www.pbctoday.co.uk/news/mmc-news/timber-frame-housing-demand/75242/> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 58

KAUFMANN, Hermann et al. Manual of Multistorey Timber Construction: Principles – Constructions – Examples. 2.^a ed. Munique: Detail Business Information GmbH, 2022. ISBN 978-3-95553-582-7.

Fig. 59

KAUFMANN, Hermann et al. Manual of Multistorey Timber Construction: Principles – Constructions – Examples. 2.^a ed. Munique: Detail Business Information GmbH, 2022. ISBN 978-3-95553-582-7.

Fig. 60

KAUFMANN, Hermann et al. Manual of Multistorey Timber Construction: Principles – Constructions – Examples. 2.^a ed. Munique: Detail Business Information GmbH, 2022. ISBN 978-3-95553-582-7.

Fig. 61

KAUFMANN, Hermann et al. Manual of Multistorey Timber Construction: Principles – Constructions – Examples. 2.^a ed. Munique: Detail Business Information GmbH, 2022. ISBN 978-3-95553-582-7.

Fig. 62

Desenho da autora.

Fig. 63

TIMBERFIXIT. UV-T Timber to Timber Connectors [online]. Disponível em: <https://www.timberfixit.co.uk/products/uv-t-timber-to-timber-connectors> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 64

ARCHDAILY BRASIL. Detalhes de estruturas de madeira na obra de Kengo Kuma [online]. Publicado em 20 fev. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/934094/detalhes-de-estruturas-de-madeira-na-obra-de-kengo-kuma/5e4d311c6ee67e2937000362-detalhes-de-estruturas-de-madeira-na-obra-de-kengo-kuma-imagem> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 65

ARCHELLO. Hasletre 2 [online]. Disponível em: <https://archello.com/project/hasletre-2> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 66

ARCHELLO. Hasletre 2 [online]. Disponível em: <https://archello.com/project/hasletre-2> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 67

POZZI, Leonardo Enzo. Design for Disassembly with Structural Timber Connections, 2019.

Fig. 68

POZZI, Leonardo Enzo. Design for Disassembly with Structural Timber Connections, 2019.

Fig. 69–74

POZZI, Leonardo Enzo. Design for Disassembly with Structural Timber Connections, 2019.

Fig. 75–77

ARCHDAILY. Vertical Extension on Avenue Wendt / Lacroix Chessex [online]. Publicado em 6 abr. 2024. Disponível em: <https://www.archdaily.com/1017402/vertical-extension-on-avenue-wendt-lecroix-chessex/66620a77f2bedf08fcc1eea5-vertical-extension-on-avenue-wendt-lecroix-chessex-site-plan> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 78–80

WORLD-ARCHITECTS. Timber Adaptive Reuse Theater [online]. Publicado em 8 abr. 2024. Disponível em: <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/building-of-the-week/timber-adaptive-reuse-theater> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 81–82

KRÖTSCH, Stefan; ENGEL, Thomas; STIEGLMEIER, Manfred. Timber Constructions in Existing Contexts. Munique: DETAIL, 2025. ISBN 978-3-95553-658-9. (DETAIL Praxis).

Fig. 83

Desenho da autora.

Fig. 84–88

DREXLER, Hans et al. Holz: Form- und kraftschlüssig. Frankfurt am Main: DGJ Architektur GmbH, 2024. Graphik 1: The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration.

Fig. 89–95

Desenho da autora.

Fig. 96

ENGEL, Heino. The Japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture. 14.^a ed. Rutland: Tuttle, 1991. ISBN 978-0-8048-0304-5.

Fig. 97

AKÇAKOCA, Mehmet; AGBULUT, Burak. Housing Policy of Frankfurt on the Main [online]. Disponível em: <https://mehmetakcokoca.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/05/housing-policy-of-frankfurt-on-the-main-mehmetakcokoca-burakagbulut3.pdf> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 98

WIKIARQUITECTURA. Cabanon de Vacances [online]. Disponível em: <https://en.wikiarquitectura.com/building/cabanon-de-vacances/#cabanon-vacances-06> [Consultado em 26 mai. 2025].

Fig. 99–112

Desenho da autora.

As cidades subtis. 4.

A cidade de Sofrónia compõe-se de duas meias cidades. Numa fica a grande montanha-russa de íngremes bossas, o carrossel com a sua auréola de correntes, a roda das gaiolas giratórias, o poço da morte com os motociclistas de cabeça para baixo, a cúpula do circo com o cacho dos trapézios a pender no meio. A outra meia cidade é de pedra e mármore e cimento, com o banco, os opiários, os prédios, o matadouro, a escola e tudo o resto. Uma das meias cidades está fixa, a outra é provisória e quando acaba o tempo da sua estadia despregam-na, desmontam-na e levam-na dali para fora, para a enxertar nos terrenos vagos de outra meia cidade.

Assim todos os anos chega o dia em que os operários arrancam os frontões de mármore, deitam abaixo as paredes de pedra, os pilares de cimento, desmontam o ministério, o monumento, as docas, a refinaria de petróleo, o hospital, e carregam-nos em reboques de grandes camiões para seguirem de praça em praça o itinerário de todos os anos. Aqui fica a meia Sofrónia das barracas de tiro ao alvo e dos carrosséis, com o grito suspenso da naveta da montanha-russa do avesso, e começa a contar quantos meses, quantos dias deverá aguardar antes que retorne a caravana e recomece a vida inteira.

Cidade de Sofrônia - CALVINO, Ítalo - *As Cidades Invisíveis*. Lisboa: Dom Quixote, 2015.
ISBN 9789722057097.

UNDER ONE ROOF

LIM JEE YUAN

THE TRADITIONAL MALAY HOUSE

Malaysia, like most other developing countries, is faced with massive housing problems. About 40 percent of the population of Kuala Lumpur, the capital of Malaysia, live in slums and squatter settlements.

Profiteering and speculation in housing have pushed house prices beyond the means of most Malaysians. A 1982 analysis of the total market demand for housing in Kuala Lumpur revealed 40 percent was for housing stock for investment and speculation. The year before, half of all land converted for housing in Malaysia was held by speculators.

Even government low-cost housing schemes, which are considerably cheaper than houses in the open market because of subsidies and lower land costs, are beyond the means of most people. A study prepared for the Urban Development Authority found that the cheapest Malaysian public low-cost housing unit was beyond the means of at least 80 percent of the lower income group of the urban pop-

ulation — those in most need of affordable housing.

Conventional housing solutions have largely failed to house the majority in the Third World because they are too expensive, inappropriate, or tied to a market controlled by speculators. Traditional housing solutions, however, have continued to serve many in the Third World. Traditional houses are in many ways the antithesis of conventional modern houses: cheap to construct, making intensive use of labour rather than capital; adapted to the individual needs of the occupant; and

tending to emphasize use-values rather than market-values.

The traditional Malay house serves the housing needs of the majority of people living in rural areas of Malaysia. It was evolved by the Malays over the generations, and adapted to their own needs, culture, and environment.

Basically a timber house with a post and lintel structure raised on stilts, with wooden, bamboo, or thatched walls and a thatched roof, the house is designed to suit the tropical climate. Ventilation and solar-control devices, and low thermal capacity building materials are part of the building heritage. House construction is highly systematised, like a modern prefabrication system, but with a much higher degree of flexibility and variation. The house components are made on the ground and later assembled on the building site. A very sophisticated addition system, which allows the house to grow with the needs of the user, is an advantage for the poor because it allows them to invest and build gradually,



Under One Roof - YUAN, Lim Jee - *The Traditional Malay House*. (n.l.) (s.d)

rather than shouldering one huge initial financial burden.

The traditional Malay housing process is highly autonomous, largely controlled by the user. Guided by building tradition and the village carpenter, the owner-builder designs a house that is uniquely suited to the family's socioeconomic and cultural situation. Not only does the traditional approach foster a better match of house to user, it keeps the cost down by eliminating the need for professional intermediaries such as architects or developers. Self-help and cooperative labour are the resources upon which the owner-builder relies.

THE HOUSE AND COMPOUND

The *kampong* (village) environment is generally cool and shady, with lots of

nate the need for separate living and sleeping quarters.

Interior spaces are defined, not by partitions or walls, but rather by changes in floor level; they may be respected or ignored, allowing the house to accommodate larger numbers of people than usual during, for example, feasts. Thus the traditional Malay house exhibits greater versatility and more efficient use of space than does the modern house, where spaces are limited to the specific use determined by furniture and partitions.

The traditional Malay house has, over the years, evolved a very efficient addition system that grows according to the needs of its users. The core unit, or the *ibu rumah*, is the basic living unit for the small or poor family. The kitchen and toilet are often located on the

lieve the stress created by high temperatures and humidity. Houses are randomly sited to ensure that the wind has relatively free passage through the community. Moreover, the velocity of wind increases with altitude and the traditional Malay house on stilts makes the most of this phenomenon. Again, to maximize ventilation, the house features many full-length windows at an appropriate body height. These windows can be left open most of the time thanks to large overhangs which, in addition to offering protection from the driving rain, exclude the open skies from view and reduce the glare.

For religious reasons, most traditional Malay houses are oriented to face Mecca (i.e. in an east-west direction). This orientation minimizes the number of areas exposed to direct solar radiation during the day and, hence, the heat gain in the building. Heat retention is minimized by the lightweight, natural construction materials that have a low thermal capacity and the interior remains cool due to the insulating capability of the *attap* (thatch) roof.

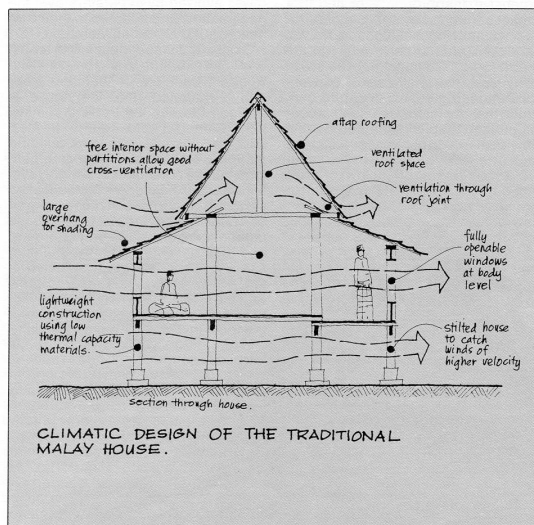
The traditional Malay house tends to be somewhat dark inside, which has the advantage of giving an impression of coolness; for practical purposes, however, the introduction of artificial lighting would be desirable.

CONCLUSION AND LESSONS

One of the main reasons for the massive, unsolved housing problem in the developing countries is that solutions based on western prototypes have been applied to the problem of housing the poor — solutions that are inappropriate, expensive, and alienating, both physically and socially.

The traditional Malay house, on the other hand, demonstrates that the housing problem can be efficiently solved by the users themselves, provided they are given the necessary resources: land, finances, and the freedom to build. This may require appropriate government intervention, for example, to ensure that the people have land tenure security — or it may require the removal of inappropriate government intervention, as when new standards, rules, and bureaucracy take the decision-making rights from the people and give them to experts.

One solution to the problem of urban housing could be a prefabricated system that is based on the traditional Malay house — an approach that could lead to a more humane, socially and ecologically sound urban environment and one that fosters a strong sense of community. In so doing, we would be building on the positive aspects of our indigenous heritage, strengthening our cultural identity,



greenery. Paths are unpaved, and compounds are kept meticulously clean. Spaces flow into one another freely with few boundaries or obstructions. Unlike the roads of modern housing estates, which tend to segregate and disintegrate, the absence of physical barriers in the *kampong* allows a flexibility in accommodating individual needs that is not available under the imposed order of the modern housing estate.

The traditional Malay house has an open interior, promoting good cross-ventilation and lighting and allowing

exterior. From the *ibu rumah*, many possible additions can be made as the family grows bigger or as it acquires the means to build a bigger house.

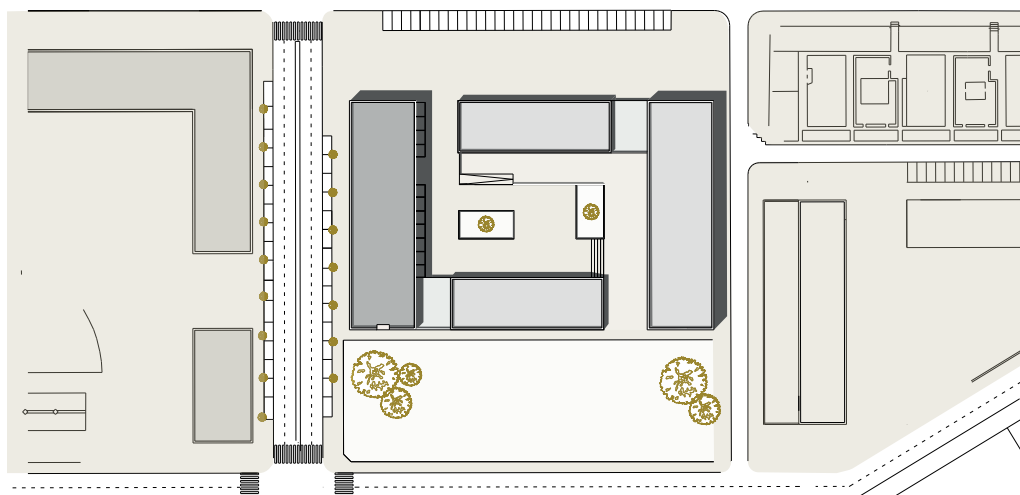
Additions are usually done in the spare time available during the agricultural or fishing off-seasons. Building a traditional house is a continual process, often taking months or even years to complete, with the pace of work and quality of construction controlled by the user.

The basic addition possibilities are classified into three different types, but there are infinite variations in sizes and

Apêndice

01

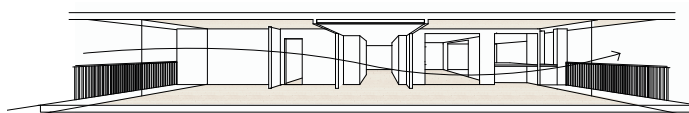
MARIA EDUARDA HIRADE | FAUP | 2021/2022 | TURMA 5



PLANTA DE IMPLANTAÇÃO ESCALA 1:500



CORTE ESCALA 1:500



ENFILADE

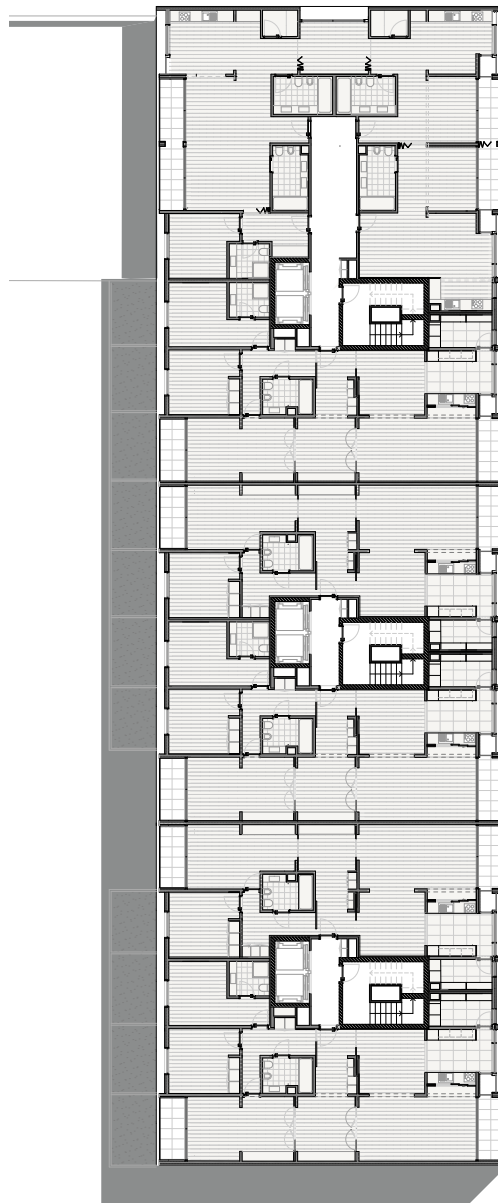
Edifício Habitacional Plurifamiliar
Desenho e Construção



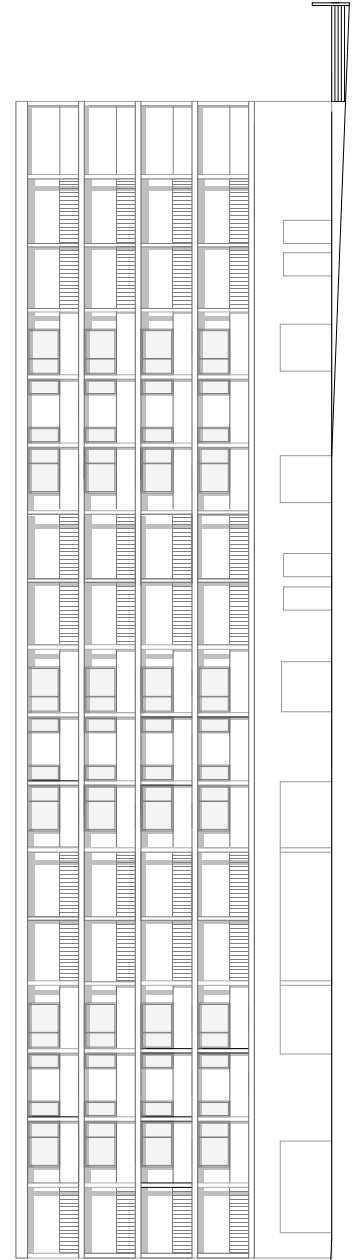
Os princípios iniciais para a concessão deste projeto tiveram por base os conceitos de Flexibilidade e Permeabilidade. Através de uma estrutura em madeira, pretendi não só conceder uma estrutura mais modular e sustentável como também criar espaços naturalmente mais cómodos e saudáveis. Deste modo, o Edifício projetado é constituído por cinco pisos, no qual o primeiro possui uma estrutura mais pesada de Betão, que procura criar um contraste entre as habitações dos pisos superiores projetados em madeira.

As habitações possuem em sua maioria uma dupla orientação, que foi idealizada por mim no início da concessão projetual. Em uma parte inicial do projeto a ideia seria a realização de um espaço contínuo que permitisse conectar os dois lados do edifício e contribuisse para uma boa iluminação. No entanto, junto com a vontade de trazer uma maior flexibilidade aos espaços e ao mesmo tempo respeitar a modulação da estrutura surgiu como conceito basilar ao meu módulo a ideia de Enfilade, a sequência de espaços que permite tanto a criação de espaços individuais e autónomos como a sua continuidade e inter-relação.

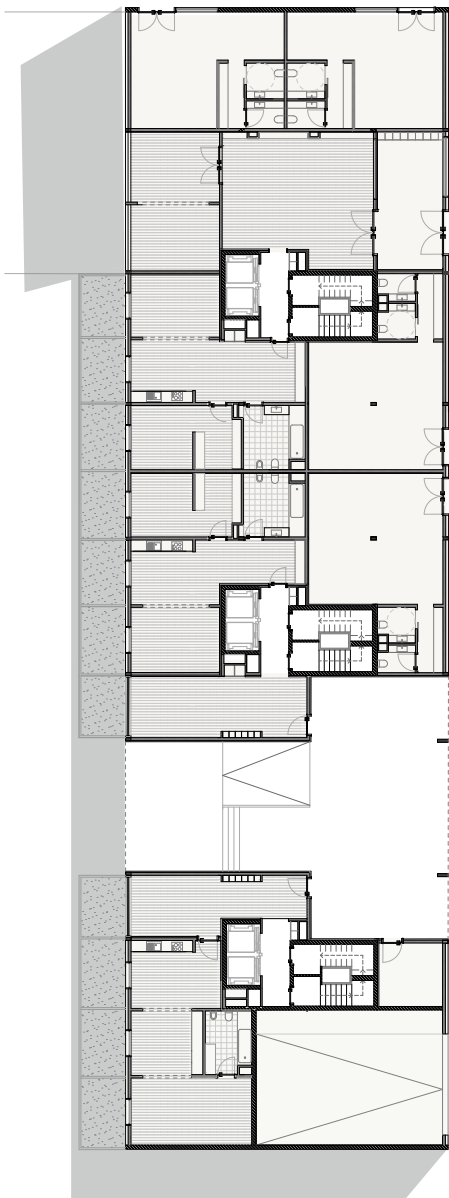




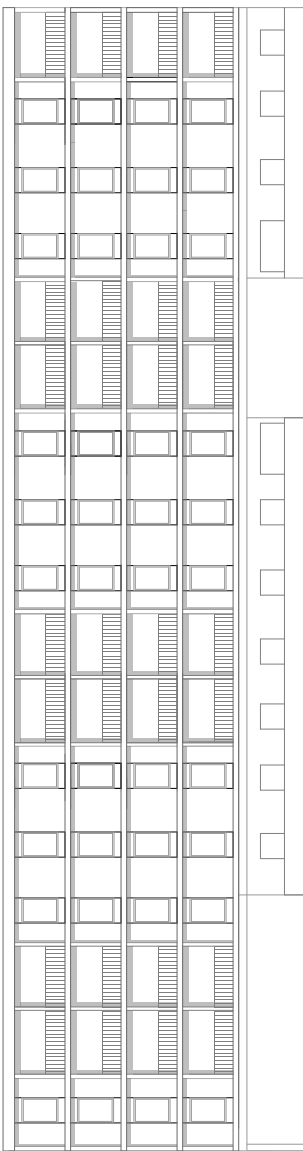
PLANTA PISO-TIPO ESCALA 1:100



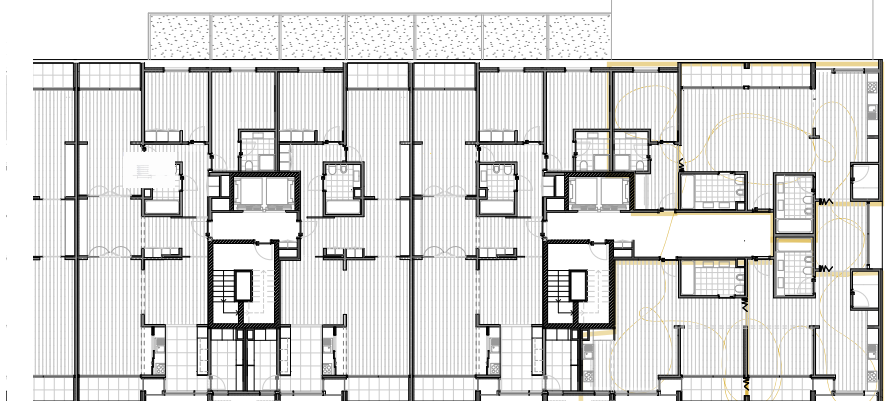
CORTE ESCALA 1:100



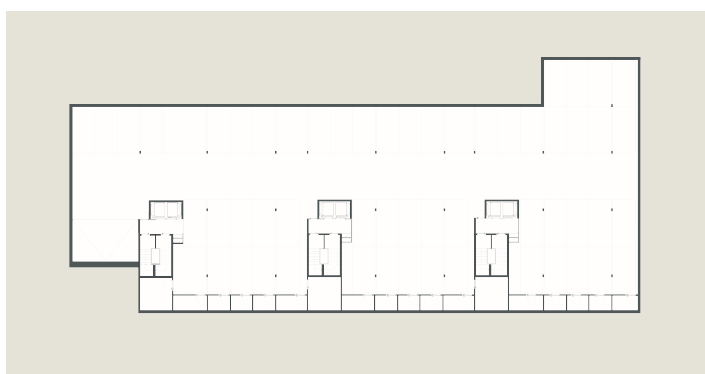
PLANTA RÉS DO CHÃO ESCALA 1:100



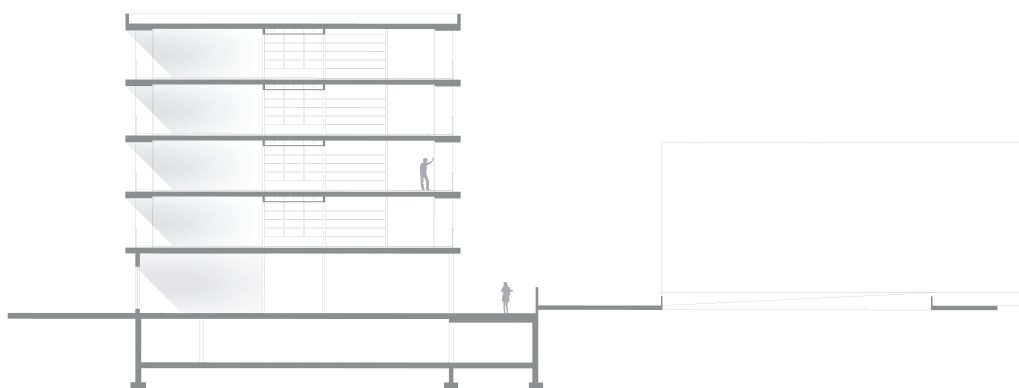
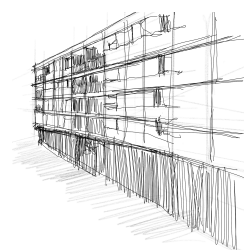
CORTE ESCALA 1:100



ESQUEMA COOLIVING - ESCALA 1:100

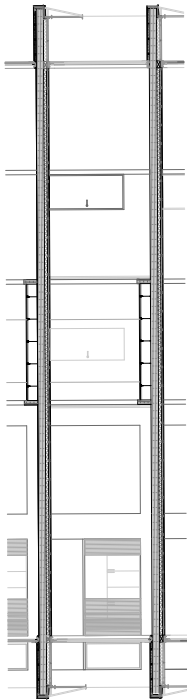


PLANTA ESTACIONAMENTO - ESCALA 1:200



CORTE - ESCALA 1:100

Apêndice



O edifício ergue-se através de uma estrutura realizada em Madeira Laminada Cruzada conciliada com uma base em Betão Armado. O estacionamento e o Rés do chão são constituídos por um sistema de pórtico, com lajes maciças e definem a métrica para os pisos superiores. Nas tipologias de habitação utiliza-se o sistema de CLT com base em vãos de 3,6 metros.

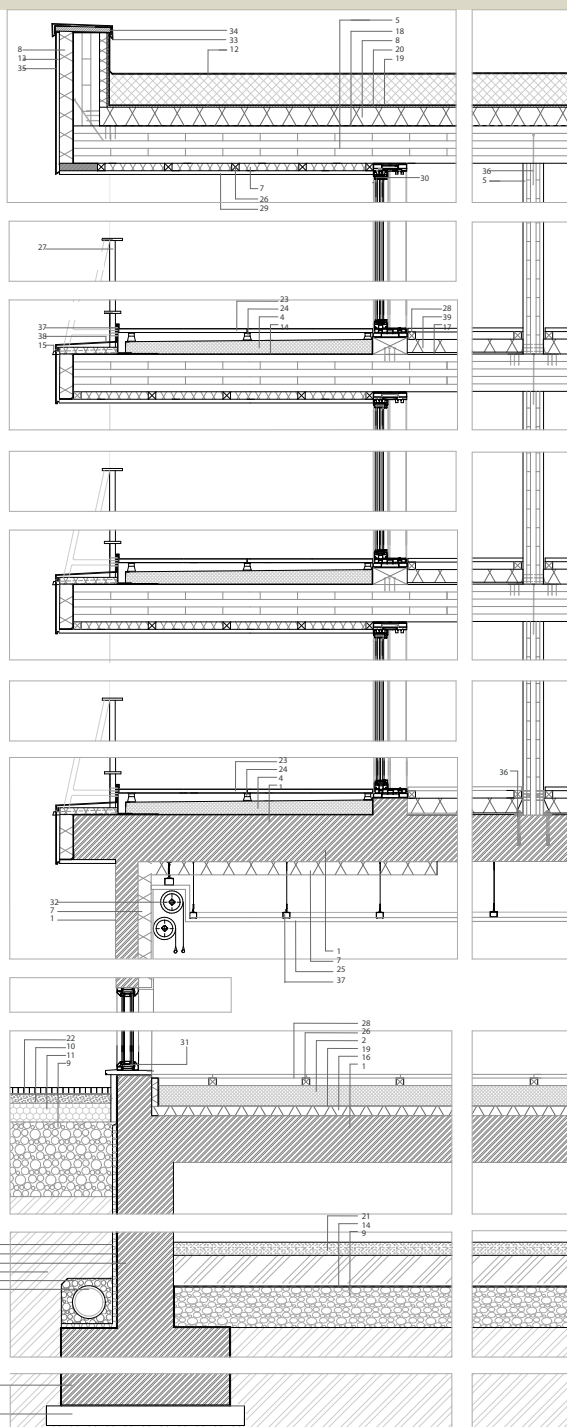
Um dos princípios iniciais do desenho era permitir que o sistema construtivo em madeira, de alguma forma, enaltece-se os interiores, desde espaços mais associados ao lazer, como a sala de estar e os quartos, até aos espaços mais transitórios e de serviço como os átrios e a cozinha. Esta continuidade sensorial reflete-se nos soalhos em madeira, em alguns planos de parede, e no teto contínuo em madeira que conecta o interior ao exterior. Contudo, criei alguns momentos de rutura, com o uso de paredes rebocadas, e cerâmicas de pavimentos com tons mais claros que permitem tanto uma maior leveza como a criação de ambientes distintos dentro do próprio fogo. A materialidade da fachada, por sua vez, constitui materiais mais elementares, que, nos pisos de habitação, o procuram transmitir leveza através do uso da madeira, juntamente com o revestimento de painéis de alumínio. Em contraste, o rés do chão constituído em Betão aparente serve como oposição à leveza da madeira.



MAPA DE ACABAMENTOS		MÓDULO						
		ESPAÇO DESTINADO	ENTRADA	SALA	COZINHA	LAVANDARIA	CASA DE BANHO	QUARTOS
PAVIMENTOS	MADEIRA DE PINHO							
	LAJETA DE GRANITO							
	LAJETA DE BÉTO							
TETOS	CERÂMICA DE BÉTO							
	CERÂMICA DE BÉTO							
PAREDE	GELOSO CARTONADO BRANCO							
	ALU EXPOSTO							
	REBOCO							
MOBILIÁRIO	GELOSO CARTONADO							
	MADEIRA MACIÇA							
RODAPE	CERÂMICA BRANCA							
	MADEIRA MACIÇA							

- SISTEMA CLT
- BÉTO
- ISOLAMENTO
- SOALHO EM MADEIRA
- PAVIMENTO CERÂMICO
- REBOCO





LEGENDA

- | | |
|---------------------------|--|
| 1 Betão | 21 Micro Betão |
| 2 Betão Leve | 22 Microcubo |
| 3 Betão de Limpeza | 23 Lajetas de Betão |
| 4 Massame de Betão | 24 Suporte de Pavimento |
| 5 Sistema de CLT | 25 Gesso Cartonado |
| 6 Solo | 26 Barrotes de Madeira |
| 7 Lã de Rocha | 27 Guarda em Aço |
| 8 Isolamento RoofMate | 28 Solalho de Madeira em Pinho |
| 9 Caixa de Brita | 29 Pannel de Madeira |
| 10 Caixa de Areia | 30 Caixilharia de Correr em Alumínio |
| 11 Tout-venant | 31 Caixilharia Fixa (Secco) |
| 12 Tela PVC | 32 Estore de rolo em Tecido |
| 13 Caixa de Ar | 33 Rufo em Chapa de Zinco |
| 14 Tela Impermeabilizante | 34 Contraplacado Marítimo |
| 15 Tubo de Queda | 35 Pannel de Alumínio |
| 16 Tela Acústica | 36 Sistema de fixação de Madeira |
| 17 Tela de Proteção | 37 sistema de fixação metálico |
| 18 Barreira Pára-Vapor | 38 Chapa Metálica |
| 19 Tela Geotextil | 39 Barrotes de Madeira com isolamento Acustico e térmico |
| 20 Tela Drenante | 40 Sistema de Drenagem |

