

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
MADEIRA

G24

Ana Carolina Assunção
João Busko
João Junqueira
Samuel Medeiros
Victor Campos de Oliveira

C2LAB

Laboratório de Construção da Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto
Prof. Nuno Lacerda Lopes
c2faup@gmail.com

ABSTRACT

Material de construção desde sempre, a madeira cumpre uma função tanto estrutural como de revestimento, crescendo a demanda do seu uso dia-a-dia por ser, entre outras coisas, o único recurso natural renovável mediante o cultivo de bosques artificiais. Na sua utilização como revestimento, a investigação aporta continuamente novidades que melhoram os pontos mais débeis deste material, mas o melhor tratamento será a eleição da espécie adequada ao uso e um bom desenho construtivo que entenda as suas características especiais.

A madeira foi provavelmente o primeiro material usado para fins estruturais pelo homem e, através dos séculos, tem seguido e desempenhado um papel importante na construção de obras de todo o tipo. Na actualidade, observa-se um interesse crescente por este material que obedece em grande parte à sua natureza viva. Com efeito, a madeira pode reproduzir-se, e é o único recurso natural renovável dotado de boas propriedades estruturais. Para além disso, requer um baixo custo e uma facilidade de ser trabalhada.

Em Portugal, o uso da madeira como estrutura começou a perder significado de forma faseada. Primeiro com a vulgarização do tijolo industrial, nos finais do século XIX, que permitiu executar economicamente paredes de reduzida espessura no interior da construção sem o recurso à madeira. Posteriormente, com o aparecimento do betão armado, no início do século XX, que começou por substituir os vigamentos de madeira dos pavimentos das zonas húmidas das cozinhas, casas de banho, varandas e escadas exteriores, por lajes e que se estendeu, em menos de 50 anos, à totalidade dos pavimentos da construção.

A evolução das técnicas e os novos modos de tratamento da madeira, aliadas a uma consciência de sustentabilidade ecológica cada vez maior, permite que as estruturas de madeira maciça e os lamelados colados voltem a desempenhar um papel importante na reabilitação das construções existentes e mesmo em algumas construções novas.



fotos: ITA Construtura por Marina Smit

01

Enquadramento Histórico, Origem e Cronologia

A utilização de madeira como material de construção remonta às mais primitivas cabanas feitas pelo homem, por ser abundante na natureza e poder ser usada sem ou muito pouco tratamento. A cobertura dessa estrutura primária da cabana pode ser retirada da mesma fonte, a árvore. Assim conseguia-se facilmente um abrigo a partir da simples união de ramos cobertos com folhagem.

Com o tempo, essa arquitectura foi-se aprimorando e ganhando uniões mais firmes feitas com fibras (por exemplo raízes e cipós). O aprimoramento dessa forma de habitar ainda pode ser observado nas cabanas que ainda são utilizadas em algumas regiões do Sudão e Iraque, em que a folhagem foi substituída por um tecido e esteiras. No início da fase da Grécia Antiga, grande parte das construções eram feitas em madeira e, mesmo quando se passou a usar predominantemente a pedra, alguns elementos do repertório clássico têm como origem directa o uso da madeira, por exemplo os tríglifos que, na construção em pedra, têm função ornamental, mas remetem ao vigaamento em madeira dos templos mais antigos.

Na Europa são muitos os exemplos da utilização da madeira para construção no decorrer da história, o que pode ser observado desde a idade do bronze. A sua presença deu-se com maior impacto no norte Europeu como decorrência das florestas coníferas que representavam uma fonte abundante de matéria-prima. Entre outros países podemos destacar a produção da Alemanha, Finlândia, Polónia, Noruega e Escandinávia. No início, na maior parte dos casos utilizava-se como material o tronco roliço na horizontal, como nos povoados de Biscupin na Polónia. Essa forma de empregar a madeira resultava numa enorme dificuldade na vedação. Esse problema foi atenuado quando houve uma melhoria no acto de serrar, principalmente quando passaram a utilizar a água como força motriz no século XIV DC, permitindo encaixes melhores. A simples decorrência da substituição do tronco roliço por tábuas que podiam ser sobrepostas, trouxe uma significativa melhoria na estanqueidade das casas. Além disso, conseguir um corte mais preciso também trouxe a possibilidade de se fazerem encaixes mais eficientes, facilitando também a junção das peças nas esquinas dos edifícios.

O emprego do princípio básico da triangulação na união de uma peça vertical com uma horizontal através de uma diagonal simples ou em forma de cruz de Santo André, formando um esqueleto em madeira permitiu, que no final da idade média, se construíssem edifícios de até seis pavimentos e que perduram até aos dias actuais devido à sua grande estabilidade. Em Lisboa, após o terramoto de 1755, passou-se a adoptar esse sistema na construção e no reforço das estruturas abaladas, o que ficou conhecido como Gaiola Pombalina. Contrariamente à construção com troncos, em que

a estrutura já fazia o próprio fechamento, nesse caso é necessário preencher os vazios, que normalmente era feito em barro ou tijolo.

A madeira começou a ser usada como soalho graças à elevação da casa em relação ao terreno, o que garantia o não apodrecimento das tábuas. Exemplos dessa tipologia podem ser vistos em diversas partes do mundo. É interessante observar que essa lógica de elevar a casa permite inclusive a sua construção na água, pois a madeira quando imersa continuamente não apodrece, isso só ocorre quando ela alterna entre o estado seco e molhado ou está constantemente húmida, pois a presença do oxigénio permite a sua degradação. Uma forma de lidar com este problema é afastando a estrutura do chão através de outro material que seja inerte, como por exemplo na arquitectura oriental, onde se usa a pedra como apoio.

No Oriente a madeira representou o principal material construtivo durante séculos, resultando numa tradição de acuradíssima técnica, principalmente no que diz respeito aos encaixes. Foi primeiramente com os edifícios religiosos da China que esta se desenvolveu e depois se expandiu para outros países como Coreia, Vietname e Japão. O conhecido estilo Pagode Chinês conseguiu erguer edifícios em grande altura e a construção horizontal da Cidade Proibida é outro exemplo que impressiona. No Japão essa tradição assumiu outras características, principalmente na construção de casas, que ainda hoje fazem parte da cultura local. Essas apresentam uma estrutura levíssima em que existem praticamente só encaixes e, assim como no caso português, o uso da madeira mostrou-se vantajoso contra os abalos sísmicos comuns na região. Os pilares que normalmente estão apenas apoiados sobre as bases em pedra colaboram nesse sentido, pois permitem a movimentação impedindo o rompimento por cisalhamento.

No novo mundo, o uso da madeira encontrou grande desenvolvimento nas colónias inglesas, EUA e no Canadá. Primeiro, seguindo a tradição dos colonizadores e depois com o desenvolvimento de uma cultura construtiva própria, o Ballon Frame. Neste, as vigas e pilares são substituídos por uma série de elementos mais delgados de forma que todos trabalhem conjuntamente e igualmente formando uma caixa estrutural. Outra característica fundamental desse sistema é que, ao invés de usarem encaixes complicados, utiliza-se o prego. Como resultado, tem-se uma construção leve, de fácil e rápida execução, o que facilitou a colonização do oeste Americano.

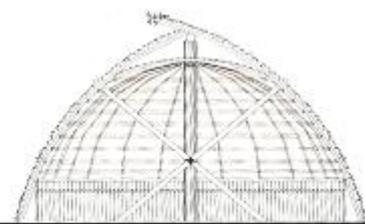
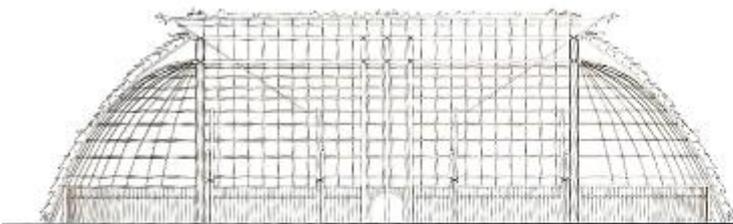
Com a produção de colas mais potentes no século XX, foi possível o desenvolvimento da técnica do laminado, que permite ter peças mais homogéneas e, portanto, de comportamento físico mais previsível. Com essa técnica tornou-se possível obter formas mais delgadas e de bom desempenho estrutural. Também traz a vantagem de desvincular o tamanho da árvore do tamanho e formato da peça final, favorecendo a produção com madeira de reflorestação, já que não é necessário esperar tanto tempo para que uma árvore alcance um diâmetro e altura razoável.



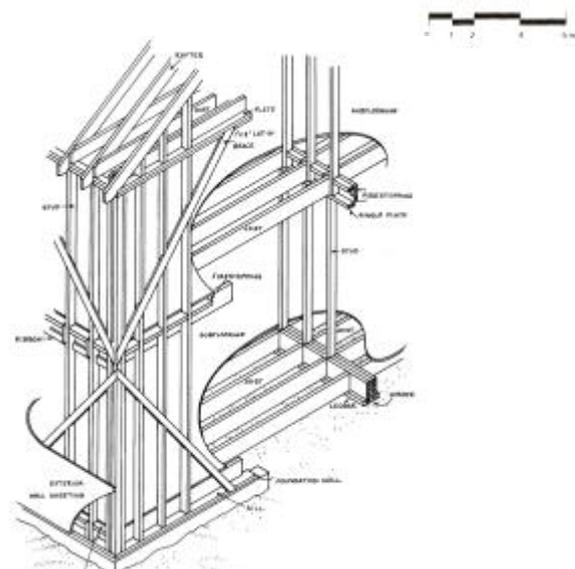
Oca, vista interna



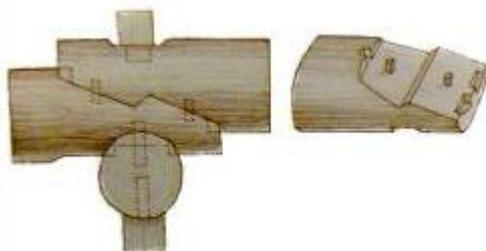
Gaiola Pombalina, para construções anti-sísmicas



Oca ameríndia brasileira



Estrutura tipo "Ballon Frame"



Esquema de encaixe da casa tradicional japonesa



02

Cultura e Contexto

A madeira sempre foi um material importante e presente na história da arquitectura, mas aos poucos foi sendo relegada para um segundo plano, principalmente com a entrada de novos materiais como consequência dos avanços da indústria no século XX onde teve lugar uma produção maciça de betão e metal. A diminuição da oferta destes, devido à Segunda Guerra Mundial, ocasionou um aumento significativo na utilização da madeira. Mas a retoma de um papel relevante no cenário arquitectónico só voltou a ocorrer na década de 90 em diante.

Apesar do seu relativo abandono no panorama geral, num país com uma cultura forte no uso desse material, a madeira nunca deixou de ser um elemento marcante na construção, por exemplo *ballon frame* nos EUA que nunca deixou de ser feito. No Japão, o uso tradicional da madeira ainda é bem recorrente, embora tenha diminuindo significativamente nos grandes centros. Com um carácter menos popular, alguns países como a Finlândia conseguiram formar uma tradição mais moderna no uso da madeira com obras com estruturas pré fabricadas em laminados vencendo grandes vãos. Um bom exemplo disso é o arquitecto finlandês Alvar Aalto que experimentou a madeira em todas as suas formas conseguindo tirar proveito das características intrínsecas desta, dentro da linha do pensamento modernista e da ideia de revelar a verdade dos materiais.

“wood is not a neutral substance, it is more: it is a living material, produced by growing fibers, something like the human muscular system. In my wood forms I the reform always follow... the structure of the wood as it has grown”.

Percebe-se nas suas obras, principalmente nas iniciais uma forte influência da arquitectura japonesa, por exemplo na Villa Mairea. Nas suas obras a madeira é empregue nas diversas escalas, da estrutura ao mobiliário.

O Japão possui uma história antiga no uso da madeira e os arquitectos deste país souberam aproveitar essa cultura material inventando e fugindo do estereótipo da arquitectura tradicional japonesa. É tão forte essa relação que na província de Hyogo existe um museu dedicado à madeira, do arquitecto Tadao Ando. Um outro bom exemplo é o Shigeru Ban que possui obras interessantes em laminado, das quais o Atsushi Imai Memorial Gymnasium (2002). O desafio neste projecto era fazer uma cúpula oval de grande vão (20mx20m), dadas as dificuldades em trabalhar duplas curvaturas com esse material. Uma outra dificuldade encontrada neste projecto, a que o laminado conseguiu responder bem, foi a exigência estrutural elevada devido à sobrecarga da neve no inverno. Outro projecto seu de grande estrutura em laminado é o Haesley Nine Bridges Golf Club House. Neste projecto, grandes pilares compostos por várias peças laminadas desenvolvem-se na parte superior, abrindo-se e integrando-se com a estrutura da cobertura. No percurso deste arquitecto, relativamente ao uso da madeira, são os

projectos de estruturas de tubos de papéis que mais impressionam pela originalidade no uso do material. Trata-se de uma investigação que Shigero Ban começou num pequeno projecto em 1989 e se estende até à actualidade com o pavilhão Japonês da EXPO 2010 em Shangai. Sendo a matriz do tubo a madeira alguns procedimentos e preocupações são os mesmos, por exemplo o tratamento contra incêndio/água e a utilização de junções metálicas. A principal diferença em relação à madeira laminada, presente noutras obras suas, é que estes tubos não são curvos e já que tão pouco podem ser curvados no local, a solução para criar abóbadas, cúpulas e arcos, foi utilizá-los em pequenos segmentos.

Na Alemanha, o escritório Kaden Klingbeil Architekten conseguiu construir um edifício habitacional de estrutura em madeira de sete pisos. Para atingir este objectivo, teve que ter os mais diversos cuidados para conseguir aprovação nas rígidas normas de segurança da cidade. Foi dada especial atenção à questão da protecção contra incêndios, motivo pelo qual a madeira não foi deixada aparente, tanto na fachada principal quanto nas paredes internas que receberam um revestimento para esse fim. Por exigência do código de segurança local, a construção não pôde ser totalmente em madeira, sendo a caixa de escadas e o elevador em betão. Mais recentemente, em Waugh Thistleton, conseguiram construir o edifício habitacional mais alto em madeira, um prédio de nove pisos sendo toda a estrutura deste material. Todas as “peças” foram pré fabricadas sendo apenas montadas no local, as paredes já chegavam com os vãos das janelas e portas. Dessa forma, o tempo de construção foi reduzido. Em ambos os projectos a preocupação com a sustentabilidade influenciou bastante a escolha do material.

A maioria dos projectos actuais em madeira de mais visibilidade utiliza o laminado. No caso da obra que escolhemos para análise, a madeira utilizada é apenas aparelhada. Essa opção decorre da ausência do domínio técnico do laminado para construção no Brasil. Outro factor que influenciou, foi o facto de na época do projecto, as madeiras certificadas de boa qualidade estrutural ainda apresentavam bons preços, mas actualmente já estão bem mais caras. O escritório de engenharia ITA, que trabalha em parceria com Acayaba nesta e em outras obras, já está a realizar testes em laminado e pretende em breve substituir as peças inteiriças por estas. Dessa forma, conseguirão conferir uma maior resistência ao eucalipto.



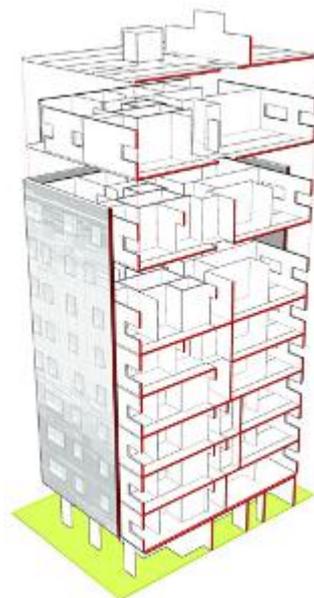
Tadao Ando - Museum of Wood Culture



Shigero Ban - Golf Club House



Waugh Thistleton – Murry Grove Timber Tower



03

Modos de Aplicação

Madeira maciça

A madeira maciça aparece principalmente nas estruturas (viga e pilares) das construções de sistema de madeira compensada, muito utilizada nos Estados Unidos, Canadá e países nórdicos. A madeira encontra-se classificada e marcada, as espécies mais utilizadas são o pinho silvestre e a píceia. A madeira maciça serrada também é utilizada como estrutura de coberturas e lajes em construções realizadas com outros materiais. Dentro deste campo pode-se incluir também as obras de reabilitação.

O cimbramento com madeira é geralmente mais barato, em razão da grande oferta do material no mercado. Além disso, as peças podem ser reaproveitadas em outras partes da obra. É o tipo de escoramento mais utilizado fora dos grandes centros urbanos. Porém, as peças sofrem deformações mais facilmente, inclusive pelas condições atmosféricas, além de serem de um material combustível. Também é utilizada como brise soleil, caixilharia, piscinas e formas de peças em betão (ou de aço). Tendo em vista satisfazer as condições de resistência e trabalhabilidade, as madeiras mais utilizadas na confecção das formas para concreto são o Pinho-do-paraná, Pinus Eliotti, Virola ou ucuúba

Madeira laminada

A madeira laminada colada é uma das formas de aproveitamento da madeira de reflorestação. Ela é formada por tábuas de madeira unidas longitudinalmente e depois coladas umas sobre as outras. São muito aplicadas em edifícios de uso público e as possibilidades do material no ponto de vista arquitectónico são grandes. Mas também é verdade que há uma tendência para a utilização na estrutura, devido à sua natureza de pré-fabricação. É muito aplicada para se obter grandes vãos, graças aos avanços tecnológicos que apareceram nos últimos anos. Ainda hoje, em algumas coberturas, se mantém a utilização de madeira com função estrutural. Com efeito, sobre lajes de esteira de betão armado é vulgar utilizar madeira apoiada sobre muretas de alvenaria para a formação das vertentes das coberturas e suporte do ripado e das telhas. A madeira laminada pode também ser usada como viga, pilar e treliça.

Função estrutural

A madeira é utilizada como estrutura com uma ampla variedade de formatos que incluem produtos de maior grau de transformação, mas que convivem e são vigentes na actualidade. Nos últimos vinte e cinco anos, a indústria dos produtos derivados da madeira com uso estrutural está claramente direccionada para os produtos pré-fabricados com propriedades mecânicas elevadas e tipificadas.

Revestimento

Nos estudos sobre a madeira, foram analisados os aspectos de isolamento acústico, térmico, protecção contra incêndios, agentes bióticos e atmosféricos, que possibilitaram utilizar a madeira externamente. O desenho, o cálculo estrutural, e os efeitos de terramotos geraram novas possibilidades arquitectónicas com o passar do tempo. A resistência ao fogo é fácil de conseguir numa construção com madeira, mas há

um certo grau de risco nas fachadas, pois o fogo desenvolve-se com facilidade. Além do mais, diante destas características, há exemplos de aplicação da madeira em auditórios. Além das paredes, a madeira é utilizada em diversos espaços: no piso e no forro, principalmente quando há necessidade acústica. Para garantir o desempenho acústico pretendido, neste caso, as paredes internas são formadas de elementos de madeira de pequena dimensão, conferindo a rugosidade necessária para a absorção do som.

Paredes

No interior das construções, as paredes de tabique são paredes divisórias, normalmente não suportando pavimentos mas contribuindo para a resistência da construção devido à sua elevada elasticidade e efeito de travamento. São formados por tábuas costaneiras coladas ao alto, com espessura corrente da ordem dos 2.5 cm, e revestidos por estuque e reboco aplicado sobre um fasquiado. Alguns edifícios mistos de alvenaria e betão armado ainda as utilizavam. São paredes extremamente leves, pelo que não devem, em princípio, numa intervenção de reabilitação, ser substituídas por outro tipo de elementos. A utilização de madeira em paredes começa a perder importância com a vulgarização do tijolo industrial, que permite executar paredes economicamente, de espessura reduzida e com capacidade de suporte de cargas verticais relativamente elevada.

Pavimentos

A estrutura mais comum para os pavimentos elevados na construção em Portugal, até à vulgarização do betão armado em 1940, era baseada em vigas de madeira. Com a evolução dos sistemas construtivos verifica-se que os pavimentos de madeira não são a solução mais adequada para zonas húmidas. Com efeito, por volta de 1900, nas casas de banho, cozinhas e marquises dos gaioleiros, foi abandonada a solução do vigamento de madeira passando a utilizar-se vigas de ferro laminado e abobadilhas de tijolo. Em 1930, com a vulgarização do betão armado, é também nestas zonas que aparecem as primeiras lajes, que se estendem a todo o tecto do rés-do-chão, por razões de segurança ao fogo. Por volta de 1940 já se haviam tornado a solução preferida para a construção de pavimentos nos prédios que hoje são designados "prédios de placa".

Sistema misto de madeira e betão

A utilização da madeira como elemento resistente a flexão apresenta um rendimento muito elevado em grandes vãos. A laje mista baseia-se numa estrutura composta de tábuas, podendo chegar de 10 a 18 m sem apoio intermediário. No entanto, em vãos médios (entre 6 e 10 m) não se obteve um rendimento comparável. O emprego de soluções mistas de madeira e betão pode-se encaixar neste segmento. A madeira fornece a resistência à tracção e o betão a resistência à compressão. O conjunto é mais leve do que uma solução que só utilize betão e com uma rigidez maior do que as soluções só com madeira.

No campo de aplicação dos sistemas mistos encontra-se a construção de pontes para veículos de elevadas cargas pontuais.

Também pode ser aplicada em silos de armazenamento. Os Silos Ventiláveis são indispensáveis a todos os produtores de sementes. Constituído de painéis de madeira de lei tratada e venezianas estampadas em alumínio, tubo de ventilação central e ventiladores dimensionados de acordo com a capacidade de silo e as normas estabelecidas para a separação e conservação das sementes.



Estrutura de telhado convencional



Agência de publicidade Loducca , São Paulo



Cobertura de Estádio Altusried, pelo arquitecto Alsturiel Mohr.



Ponte Vihantasalmi, Finlândia, 1999. Vãos 21 e 42m.
Madeira laminada colada



Piscina Coberta em Gstaad, Suíça, 1972
vãos 21m a 35m



Revestimento para obtenção de isolamento acústico
Opera house – Oslo – Noruega – Snohetta



Laje mista de madeira e concreto



Montagem de painéis de pilares

04

Um Autor

Marcos Acayaba é um arquitecto brasileiro, nascido em São Paulo (1944) e formado na Faculdade de Arquitectura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (1964-1969). A sua obra é muito diversificada e, ao mesmo tempo, muito concisa, assim como sua filosofia de trabalho.

“Nos meus projectos, ao mesmo tempo que interpreto o programa do cliente, procuro analisar as características do local onde vai ser realizada a obra, a topografia, o solo, a paisagem, o clima, a acessibilidade para o fornecimento de materiais, e a qualidade da mão-de-obra disponível. A partir dessa análise, procuro identificar a melhor estratégia para a realização da obra. Assumo então a estratégia de obra, onde o processo de produção é fundamental, como uma referência, uma bússola, que vai orientar a concepção e o desenvolvimento do projecto.

Na elaboração do projecto, procuro considerar cuidadosamente todas as actividades dos operários ao longo da obra, e avaliar criteriosamente todo o material a ser usado. Procuro não fazer uso de materiais que não sejam absolutamente indispensáveis para a realização da obra. Todo o material deve trabalhar, na plenitude de suas características. Além disso procuro também considerar o uso da edificação, e a acção do tempo sobre a mesma, sua manutenção. Desde a concepção inicial do projecto, procuro prevenir e minimizar problemas de manutenção.

Dentro dessa filosofia de trabalho, tenho desenvolvido projectos onde a preocupação com a construção, os seus processos de produção, e sua manutenção são determinantes, como também a geografia específica do local da obra. Assim, livres de questões de estilo, as formas das minhas construções, quase sempre novas, resultam de processos de análise rigorosos de condições específicas. E, porque tanto o respeito à natureza do lugar, quanto o emprego correcto dos materiais e da energia necessária para a produção, uso, e manutenção são determinantes, os projectos resultam ecológicos. Com o mínimo de meios, procuro sempre atingir a maior eficiência, conforto e, como consequência, a beleza. Onde nada sobra, onde nada falta.”

A partir da preocupação com o processo construtivo de qualquer obra, Acayaba consegue compor projectos tanto racionais quanto poéticos. A forma precisa com que utiliza os materiais e os sistemas construtivos faz com que a sua arquitectura seja pedagógica, pois os elementos, as conexões, tudo é posto à mostra, reflectindo a preocupação com o processo construtivo e as diferentes etapas da obra.

Com estas preocupações em mente, a escolha de trabalhar com a madeira foi uma escolha natural. A rapidez da montagem de estruturas de madeira pré-fabricadas, a sua qualidade, a mínima intervenção no terreno existente e a montagem da estrutura sem escoramento são algumas das características que aproximaram o arquitecto deste sistema.



Arq. Marcos Acayaba



Eng. Hélio Olga Jr.

Tendo a sua primeira grande experiência com a Residência no Jardim Vitória Régia (Residência Hélio Olga), em que o arquitecto propõe uma estrutura de madeira perpendicular à inclinação de 100% do terreno, vencendo o desnível com apenas seis pontos de apoio a partir de uma estrutura em treliça mista de madeira e cabos metálicos. Neste momento começou a parceria entre o arquitecto e a ITA Construtora, do engenheiro Hélio Olga Jr. Os dois tornaram-se parceiros, repetindo o êxito encontrado na residência do engenheiro, associando a madeira à racionalidade e a pré-fabricação, otimizando o processo de montagem da estrutura e sua associação com revestimentos também pré-fabricados. Algumas das obras feitas em conjunto são a Residência no Jardim Vitória Régia, Residência em Iporanga, Residência em Blumenau, Conjunto de Residências em Monte Verde e Residência em Tijucopava (Residência Acayaba), casa de veraneio do arquitecto.

A ITA trabalha desde os anos 1980 com projecto, fabricação e montagem de estruturas industrializadas de madeira, laminada colada ou tropical densa. Desenvolvem-se projectos específicos para cada obra, desde a escolha da madeira mais apropriada às necessidades da obra, disponibilidade e durabilidade, até ao acompanhamento da montagem da estrutura. Além do sistema estrutural, também desenvolveu painéis pré-fabricados de revestimento, evitando problemas de interface entre a estrutura e o material de revestimento.

Para o engenheiro Hélio Olga Jr., dono da ITA, a madeira é o material de construção do futuro, pois a sua produção depende apenas do sol, recurso inesgotável, visto que as florestas tratadas pelo homem e os reflorestamentos, feitos de maneira consciente, protegem o solo e permitem a sua produção contínua. Para além disso, a madeira pode ser sujeita a processos de reutilização e reciclagem, e também diminui custos e energia de transporte e montagem pela sua relativa leveza. Porém, não acredita que a madeira seja a solução para todos os problemas; como diz: “Acho que Acayaba tem uma visão parecida com a minha: faz-se em madeira quando o material é indicado e pertinente. Esse é o pressuposto de uma boa arquitectura, de uma boa obra. Partindo de um sistema construtivo errado, tudo vai dar errado.”

Com uma arquitectura desde o início vinculada ao processo construtivo, Acayaba e Olga conseguem alcançar uma poética e uma racionalidade que, juntas, fazem da sua obra conjunta das melhores obras da arquitectura brasileira actual.

Acayaba actua, actualmente, como professor doutor na FAUUSP.



Residência Hélio Olga, 1987-1990



Resid. Hélio Olga, detalhe



fotos: Flavio Bragaia

Resid. Hélio Olga, interior



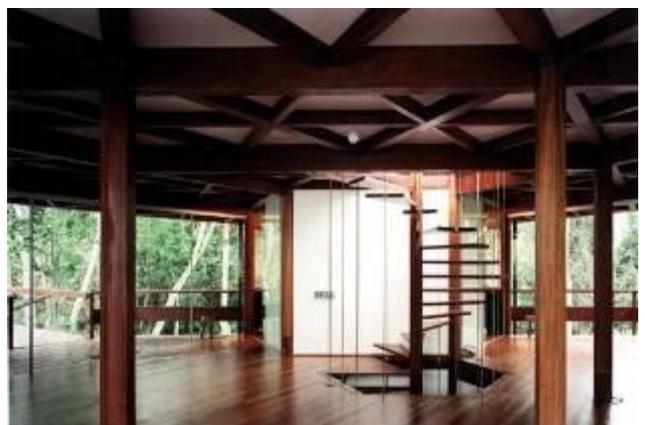
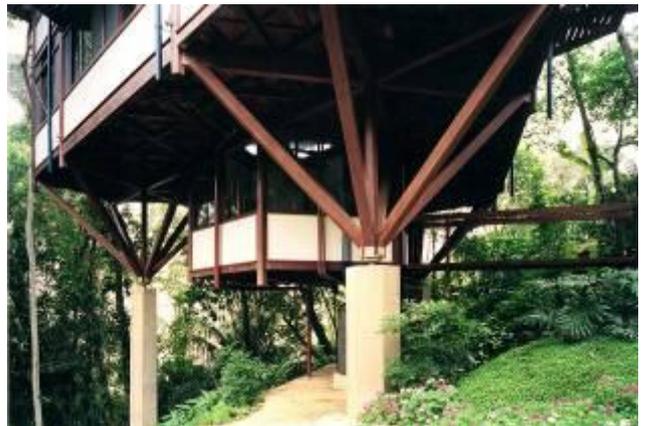
Vila Butantã, 1998 / 2004



Residência Milan, 1972-1975



Residência em Iporanga, 1991-1994



fotos: Nelson Kon

05

Uma obra

A residência em Tijucopava, “Casa Marcos Acayaba”, com projecto de 1996, é produto de um processo de estudo e aprendizagem do arquitecto em projectos com estruturas de madeira pré-fabricadas implantadas sobre terrenos com grandes desníveis e grande massa de árvores nativas (Mata Atlântica).

Com apenas 3 tubulões de betão, o arquitecto limita o toque do edifício ao chão, evitando o contacto da madeira com a humidade do solo, e o corte de árvores nativas. A geometria adoptada, baseada num módulo triangular equilátero, torna a estrutura eficiente, através do auto travamento, permitindo essa desvinculação com o solo. A estrutura conforma espaços contínuos que se conectam ao exterior através de terraços em consola.

A estrutura foi montada in loco com pilares e vigas de madeira, conexões e tirantes de aço fabricados pela ITA Construtora, do engenheiro Hélio Olga Jr. Os pisos são de madeira, com forro macho-fêmea de mogno sob barrotos de jatobá, madeira maciça brasileira de grande qualidade, que suporta um piso de Sapucaia, outra madeira nativa brasileira. A cobertura foi feita com placas de concreto leve pré-moldadas também pela ITA, para evitar a difícil manutenção dos grandes beirais em consola. As paredes divisórias e os peitoris são painéis industrializados de madeira compensada, também da ITA.

A montagem do edifício com apenas estas peças leves e pequenas não necessitou de equipamentos pesados, sendo executada apenas por 4 operários num período de 4 meses.

Projecto: 1996

Construção: 1996-1997

Ita Construtora

Local: Tijucopava – Guarujá, SP, Brasil

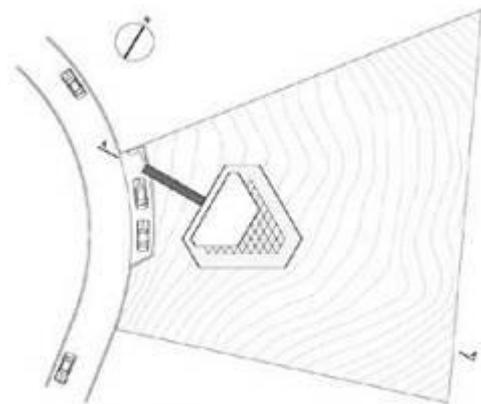
Equipe: arqts. Marcos Acayaba, Suely Mizobe, Fábio Valentim, Mauro Halluli

Fundações: Eng. Luis F. Meirelles Carvalho

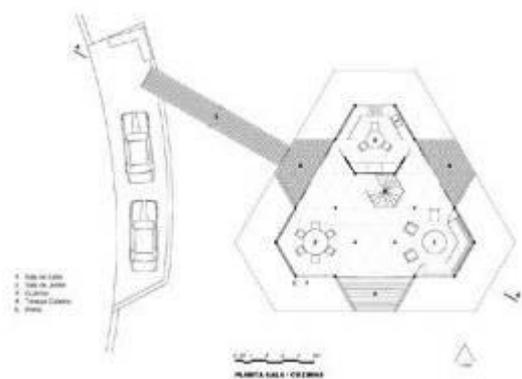
Cálculo estrutural: Eng. Hélio Olga de Souza Jr.

Fotos: Nelson Kon

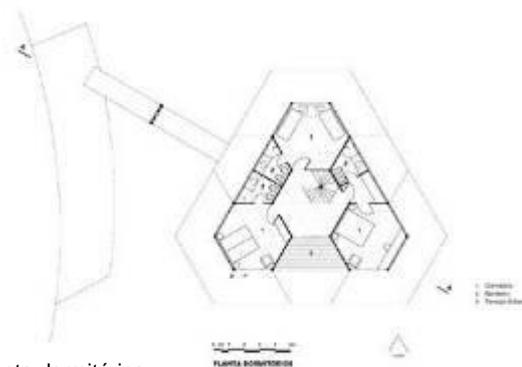
Área do terreno: 1.963 m²
 Área ocupada: 133.0 m²
 % da ocupação: 6.0 %
 Área construída: 251.0 m²
 Área útil: 194.0 m²



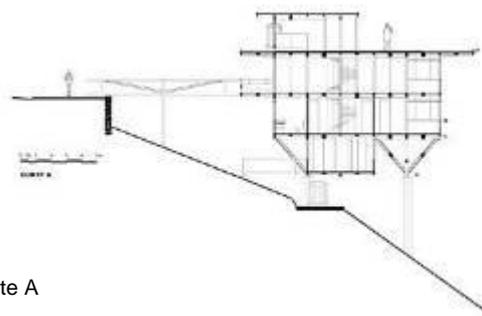
Implantação



Planta sala cozinha



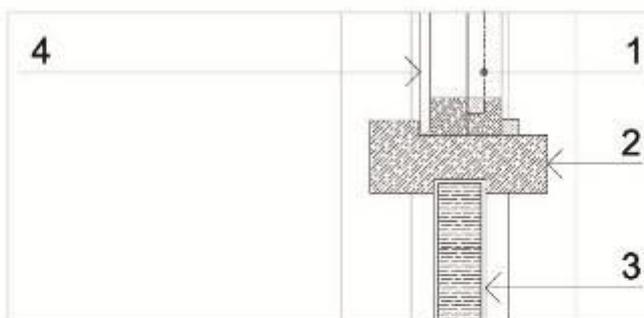
Planta dormitórios



Corte A

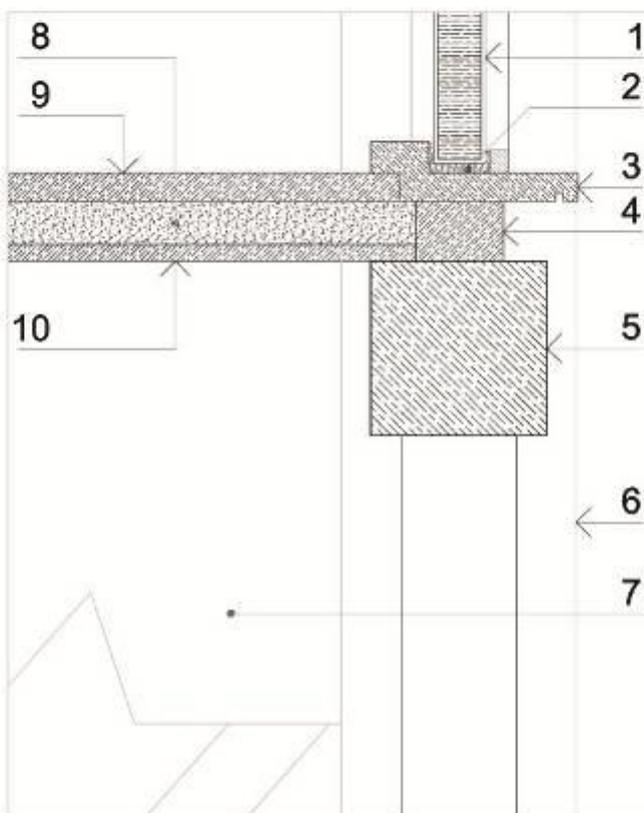
DET A

- 1 TELA
- 2 PEITORIL
- 3 PAINEL
- 4 VIDRO DE CORRER



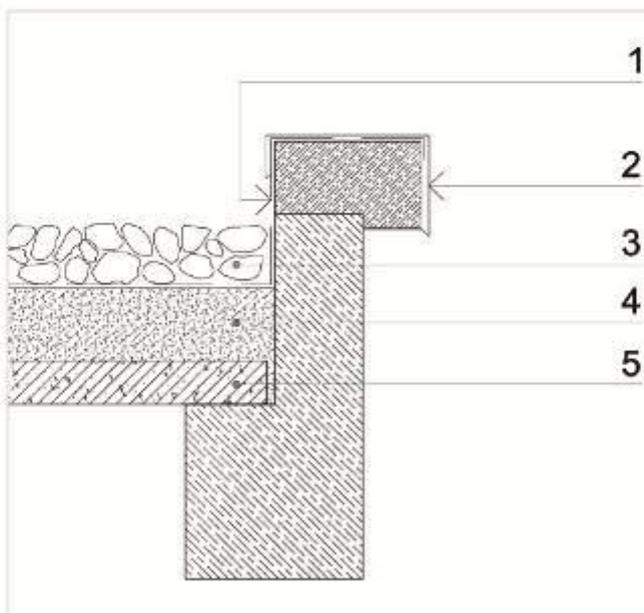
DET B

- 1 PAINEL
- 2 MASTIQUE
- 3 SOLEIRA
- 4 BARROTE
- 5 VIGA 12X12
- 6 PILAR
- 7 VIGA 12X32
- 8 ARGAMASSA COM VERMICULITA
- 9 ASSOALHO
- 10 FORRO DE MADEIRA



DET C

- 1 MEMBRANA "EVALON"
- 2 RUFO DE ALUMÍNIO
- 3 SEIXOS
- 4 ARGAMASSA COM VERMICULITA I=0,5%
- 5 PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO LEVE



06

Um Corte Construtivo

O pormenor “A” apresenta o encontro, através da peça do peitoril, do caixilho de vidro solto e madeira, e o painel pré-fabricado de madeira que serve como revestimento externo do edifício. Inspirado pelos vidros das janelas dos autocarros de São Paulo, o arquitecto projectou uma janela em que o vidro corre solto, sem quadro, sobre o caixilho, sendo apenas arredondado no seu perímetro para facilitar o movimento de abre e fecha.

Uma pequena ripa de secção quadrada de madeira faz o travamento da rede mosquiteira na peça do caixilho.

Todas as peças são de madeira e já vêm prontas da fábrica, sendo apenas montadas no local da obra. Com o projecto já prevendo a pré-fabricação, todas as peças são moduladas e repetem-se de modo a não haver peças únicas e a necessidade de ajustes na hora da montagem.

O pormenor “B” apresenta o encontro do painel de revestimento com a soleira, fazendo o vínculo entre o piso, o revestimento e a estrutura.

A soleira de madeira apresenta uma “pingadeira”, que evita o acumular de água no barrote, ripa de madeira que faz a transferência entre a estrutura principal, a viga, e o pavimento e soleira.

O pavimento é composto de peças com encaixe tipo macho e fêmea, e apoiam-se sobre uma camada de argamassa com vermiculita, um aditivo hidrófugo que impermeabiliza a argamassa, sendo esta camada por onde se passam os tubos e ductos das instalações eléctricas e hidráulicas da casa. Sob esta camada está o forro de madeira, que faz o acabamento do tecto e apoia a camada de argamassa, escondendo os tubos e ductos. O forro também apresenta um encaixe do tipo macho e fêmea.

O pormenor “C” apresenta a solução de cobertura da casa, em que se optou pelo uso de painéis pré-moldados de concreto leve de formato triangular, que se apoiam sobre a estrutura modular. Sobre estes painéis, há uma camada de argamassa com vermiculita (aditivo hidrófugo) que garante a inclinação da cobertura para o escoamento das águas pluviais. Sobre a argamassa, há uma camada de membrana “evalon”, produto impermeabilizante que evita o contacto da água da chuva com as placas de concreto pré-moldado, sobre a qual se dispõe seixos, pequenas pedras lisas que garantem a protecção da membrana impermeabilizante do sol, evitando seu ressecamento, rachadura e infiltração.

Ainda, sobre o barrote que faz o remate da estrutura de madeira, há um rufo de alumínio que funciona como pingadeira, evitando o contacto e a acumulação da água nesta região.

07

Aspectos Técnicos da Madeira

1. Classificação

A Madeira é um produto natural procedente dos troncos das árvores. Há um grande número de espécies diferentes, umas 30.000 (ainda que apenas 2.000 tenham carácter comercial), o que faz com que dentro do mesmo material existam diferenças consideráveis com respeito às suas propriedades, que variam também segundo cada árvore dentro da mesma espécie. As madeiras podem-se dividir de forma muito esquemática em macias ou duras. A madeira macia, na sua maioria, provém das árvores coníferas (abetos, cedros, pinheiros) que crescem em zonas frias e temperadas, e a sua exportação para uso comercial dá-se principalmente no hemisfério norte. Tem um crescimento relativamente rápido, dando lugar a troncos rectos que podem ser cultivados e cortados rentavelmente nos bosques artificiais. São geralmente mais macias e têm uma gama de cores relativamente clara. As árvores de madeira dura crescem em zonas temperadas e tropicais e apresentam uma maior gama de cores, texturas e veteados e o seu crescimento é lento.

A madeira é o único material vivo que se emprega na construção, e esta vida permanece ainda depois de ser cortada, acusando-se nos seus contínuos movimentos e nas suas patologias, mas destacando as suas qualidades, sempre distintas pelas suas fibras e cores. Pelo facto da sua estrutura ser de natureza anisotrópica com uma direcionalidade claramente marcada, as características mecânicas e físicas são diferentes nas direcções principais: axial, radial.

Estes movimentos produzir-se-iam em maior ou menor medida. Conforme extraída a Madeira do tronco, provocando habitualmente movimentos de contracção ao largo da linha dos anéis de crescimento. Em geral, as variações dimensionais no sentido longitudinal, são depreciáveis, não em sentido radial nem tangencial (entre 1,5 e 2 vezes maior que o radial), que variam entre 2 e 10 por cento. Isto resulta de especial importância quando utilizamos várias peças sobrepostas ao elaborar planos de revestimentos.

Mesmo assim, o momento de extração de Madeira foi e é um factor decisivo. A melhor Madeira é a que se extrai durante o inverno, quando a actividade vegetativa é mais lenta e a Madeira é mais inerte e contém menos substância nutriente, sendo, portanto, menos propensa a sofrer o ataque de fungos, insectos (térmitas, carunchos).

Para a caracterização de uma Madeira, estimativa da sua aptidão e determinação do seu emprego, torna-se necessário o conhecimento das suas principais propriedades, ou seja:

- Propriedades físicas: massa volumétrica, peso específico, densidade basal, humidade, retracção, permeabilidade, porosidade, características eléctricas, acústicas, etc.
- Propriedades mecânicas: Resistência a compressão e tracção – paralelamente ou perpendicularmente as fibras -

Resistência a flexão, ao corte, dureza, Resistência, módulo de elasticidade;

- Propriedades tecnológicas: trabalhabilidade, facilidade de secagem, impregnação em anti-sépticos, durabilidade natural.

2. Propriedades Físicas da Madeira

Humidade

A Madeira é um material higroscópico, que, com a variação das condições ambientais, pode continuar indefinidamente a absorver e a eliminar água, trocando-a com o ambiente circunstancial. Portanto, mesmo depois de muitos anos de amadurecimento, ela conterá sempre uma certa quantidade de água.

A humidade de um pedaço de Madeira e a quantidade de água que contém expressa em percentagem do seu peso anidro, ou seja, absolutamente seco.

A humidade percentual da Madeira na obra depende principalmente das condições termo-higrométricas ambientais (temperatura e humidade relativa do ar), das suas variações, das dimensões e do estado superficial da peça, da ventilação e dos eventuais tratamentos imediatos.

Se as condições ambientais permanecem constantes, a Madeira tende (em tempo mais ou menos longo) a equilibrar seus valores, que em média são muito similares, para todas as espécies.

A humidade normal da Madeira é convencionalmente de 12 por cento e corresponde a 20 a 65 por cento de humidade relativa do ar. Em ambientes quentes e secos, a humidade da Madeira pode alcançar de 6 a 8, e em contacto com a água (por exemplo, chuvas ou condensação) pode também subir além do ponto de saturação das paredes celulares, que em média equivale a 30 ou 32 por cento.

Retracção, inchamento e estabilidade dimensional

As variações de humidade da Madeira, abaixo do ponto de saturação, são acompanhadas de variações dimensionais, aproximadamente proporcionais a ela. A perda de humidade causa retracção, enquanto que o ganho causa inchamento, sendo que ambos são bastante diversos nas três direcções anatómicas principais.

As retracções lineares são as variações dimensionais que se verificam segundo as direcções principais, quando a Madeira passa do estado fresco (dimensão inicial) ao estado anidro, e vice-versa para o inchamento.

Além das variações dimensionais e de volume, a troca de humidade determina também as deformações (como empenamentos) e as fissuras. Estas últimas são fenómenos inevitáveis na Madeira deixada no estado de troco ou simplesmente esquadrada (p. exemplo: paus e vigas). A retracção tangencial é quase o dobro da radial, enquanto a retracção axial é muito inferior e pode ser frequentemente irrelevante (salvo para as chamadas madeiras de reacção, as quais se formam em árvores crescidas irregularmente e apresentam elevada retracção axial).

Além disso, a presença de fortes graduações de humidade (que podem ser verificadas particularmente durante a secagem natural, e ainda mais durante a artificial mal feita, ou ainda após rápidas variações de humidade ambiental) pode provocar tensões internas, deformações, rachaduras superficiais e fissuras (especialmente nas pontas onde a permeabilidade é maior);

A presença de revestimentos superficiais (como verniz) pode diminuir a troca de humidade entre a Madeira e o ar, mas é praticamente impossível torná-la absolutamente impermeável à difusão do vapor de água. Pode obter-se uma certa melhoria da estabilidade dimensional num caso particular, impregnando-se a Madeira com substância hidrófuga ou executando-se um tratamento especial (temperatura, radiações, resinas) que, com vários mecanismos de acção, reduz o movimento. Porém, nem sempre é possível executar tais tratamentos de maneira satisfatória, devido aos custos, às dificuldades técnicas ou a alterações do aspecto e da resistência mecânica que pode causar o tratamento.

3. Factores que influenciam a durabilidade e a resistência mecânica da Madeira

As peças de Madeira, obtidas de diferentes espécies florestais, apresentam características de durabilidade e resistência mecânica diferentes. No Quadro I apresentam-se algumas características das madeiras estruturais de utilização corrente em Portugal, do ponto de vista da resistência, durabilidade e trabalhabilidade.

Com os actuais meios de comunicação e transporte, é relativamente fácil utilizar madeiras provenientes de qualquer parte do mundo. Podem, assim, escolher-se madeiras de durabilidade natural, isto é, compatíveis com o uso em exterior, ou zonas húmidas, sem tratamento, embora isso acarrete habitualmente custos elevados.

Para além das características de cada espécie, existem outros factores que influenciam a sua durabilidade e resistência mecânica: o ataque por agentes biológicos e a unidade do ambiente em que a Madeira é colocada.

Designação comum		Carvalho Português	Castanheiro	Casquinha	Pinho bravo	
Massa volúmica média (kg/m ²)		890	590	550	600	
Dureza		média	média	Média/baixa	Média/baixa	
Resistência		elevada	elevada	média	Elevada/média	
Durabilidade (apreciação global)		média	média	baixa	baixa	
Durabilidade	Fungos	Borne	baixa	baixa	baixa	baixa
		Cerne	Elevada/média	Elevada/média	média	média
	Térmitas	Borne	baixa	baixa	baixa	baixa
		Cerne	média	média	baixa	baixa
	Carunchos	Borne	baixa	baixa	baixa	baixa
		Cerne	elevada	elevada	elevada	elevada
Retração/ inchamento		elevada	média	média	média	
Propensão para fender		baixa	média	elevada	média	
Propensão para empenar		elevada	média	baixa	média	
Secagem		difícil	média	fácil	fácil	
Laboração		média	média	Fácil/média	fácil	

4. Vantagens e desvantagens da utilização da Madeira

Estruturas de Madeira	Vantagens	Boa Resistência (relação Resistência/peso)
		Facilidade de uso
Desvantagens		Bom isolamento termico-acústico
		Defeitos
		Degradação biológica
		Fogo

Material	ro (t/m ³)	Ômega (MPa)	Ro/ômega
Madeira a tracção	0,5 a 1,2	30-110	60-90
Madeira a compressão		30-60	50-60
Aço a tracção	7,85	250	32
Concreto a compressão	2,5	40	16

Normalmente, a Madeira é considerada pouco durável devido a características da espécie de reacção a estímulos externos, que influenciam o crescimento da árvore (p. exemplo: tronco bifurcado, recurvado, secção excêntrica, anéis de crescimento irregulares), ou de lesões verdadeiras, que intervêm anterior ou posteriormente na formação dos tecidos (p. exemplo: centro frágil, parasitas, intrusão de corpos estranhos).

Em teoria, considera-se defeito mais ou menos grave qualquer característica que produza uma Madeira diferente do modelo ideal a que nos acostumamos (Madeira perfeitamente limpa, regular e homogénea). Mas, na prática, a classificação da Madeira é feita tendo-se como base o emprego final para o qual a peça é destinada.

Muitas construções com centenas de anos comprovam, contudo, que é possível construir com Madeira de forma durável, a partir da selecção inicial da Madeira, a correcta concepção das estruturas, com disposições construtivas adequadas, assegurando que a Madeira se mantém seca e longe dos xilófagos, bem como uma manutenção adequada, permite que estruturas já centenárias se mantenham ainda em um bom estado de conservação.

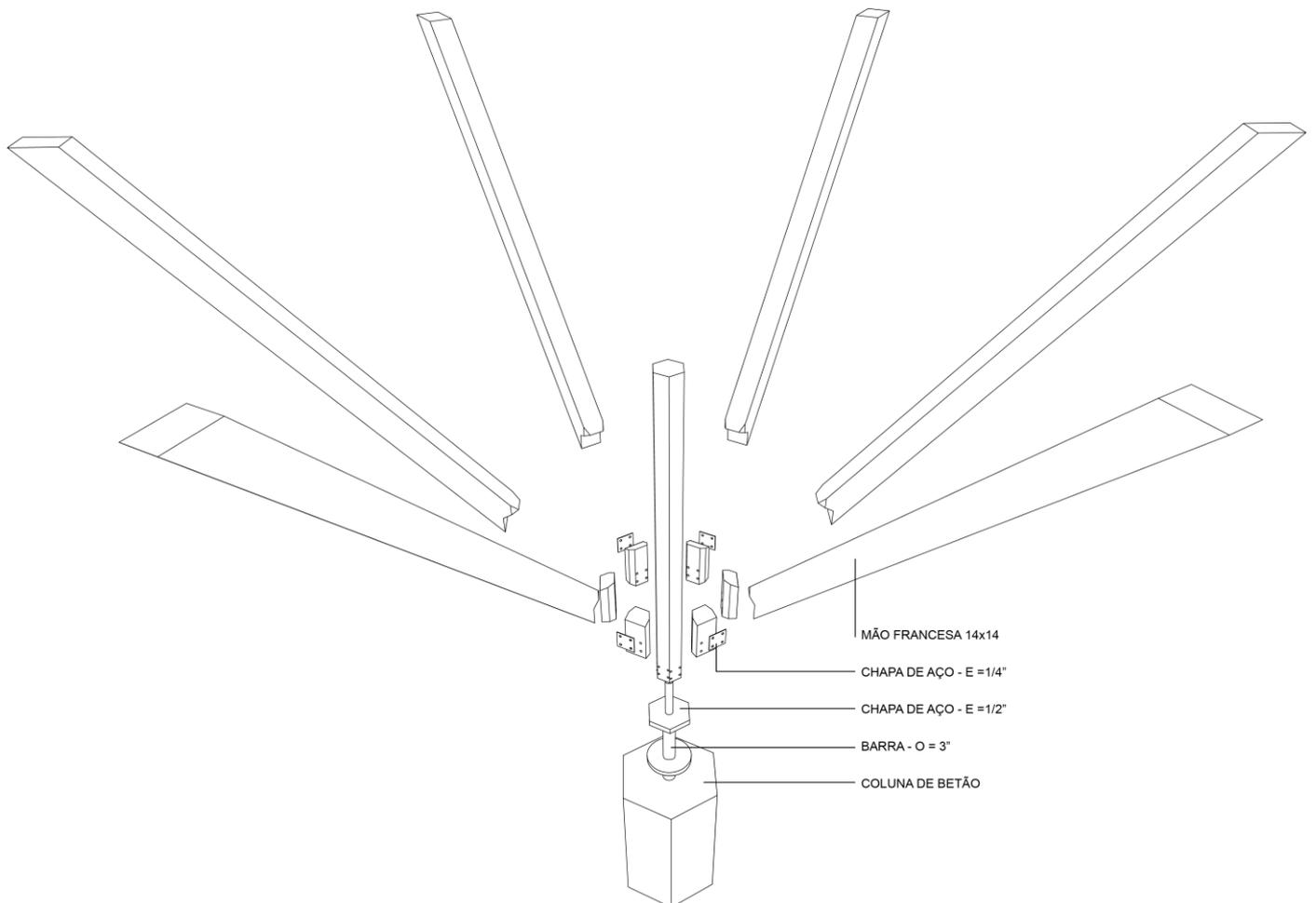
Como se pode observar pela análise a este quadro e ao quadro da Resistência, a Resistência mecânica elevada, juntando Resistência a compressão e a tracção, aliada ao reduzido peso e a uma relativo abundância, fizeram da Madeira um material de eleição na construção.

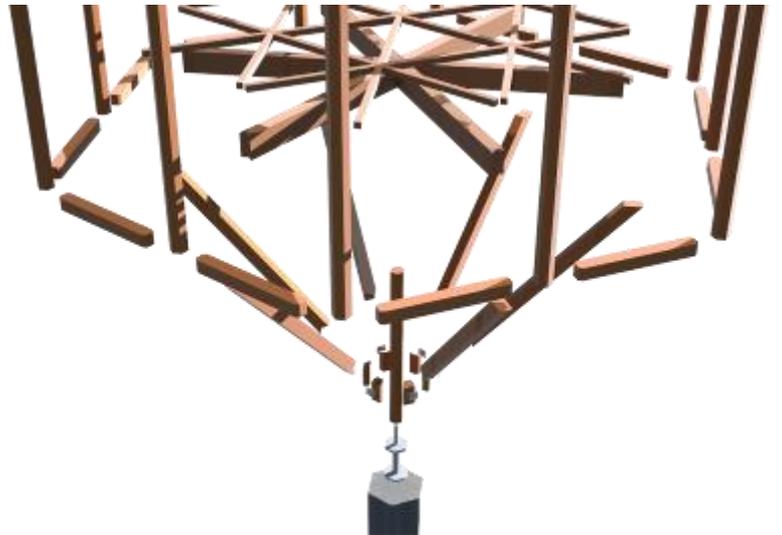
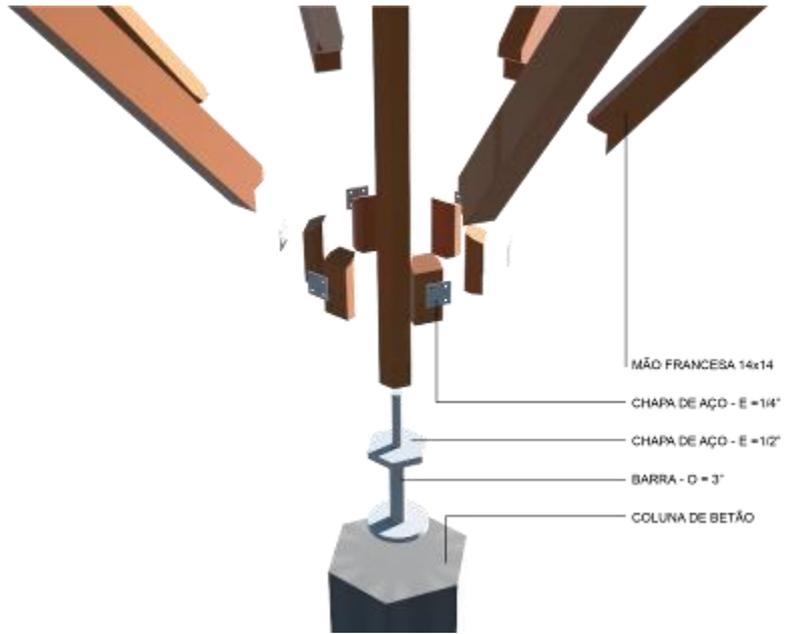
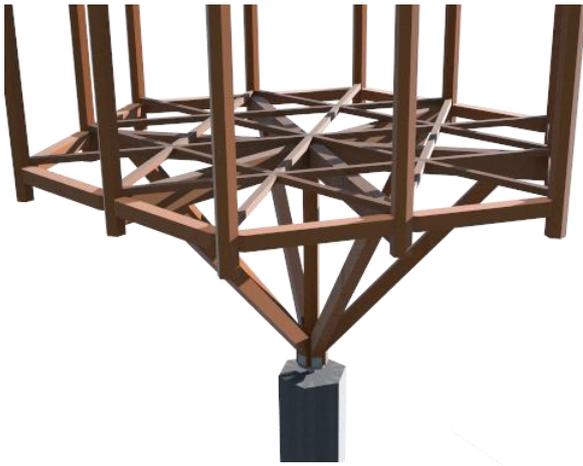
08

Alguns pormenores de construção 3D

Um tubo de aço chumbado no tubulão de betão armado faz o vínculo entre a fundação e a estrutura pré-fabricada de madeira que suporta o programa da Residência Acayaba. O módulo triangular garante a estabilidade por seu auto travamento e permite concentrar os pontos de apoio no solo.

Com a inclinação das peças para formar os módulos triangulares, os operários não necessitam garantir o ângulo recto em planta, as próprias peças já induzem o ângulo correcto, facilitando o trabalho de montagem da estrutura.





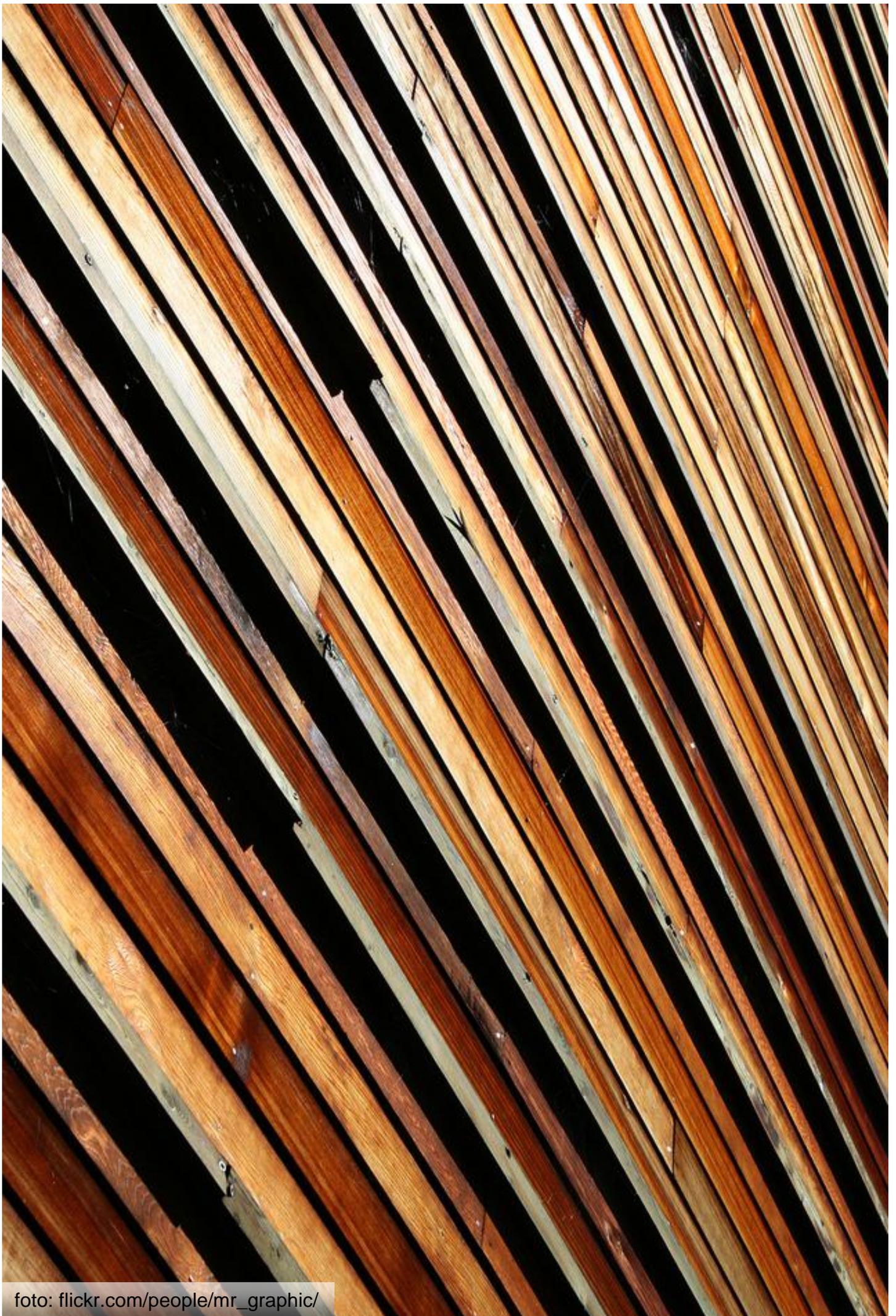


foto: flickr.com/people/mr_graphic/

09

Referências de Catálogo e Marcas

Certificação é a comprovação de autenticidade de algo, por uma autoridade legal. Existem várias formas de certificação, e ela geralmente é usada como agregador de valor a algum produto. No caso da Arquitectura, existem órgãos e instituições, principalmente as internacionais, que só aceitam projectos, obras e edifícios com certificação. Nos escritórios, por exemplo, pode-se certificar a gestão ambiental dessas empresas (ISO 14000), tanto de escritórios de arquitectura quanto de empresas de construção civil e de fornecimento de materiais para a construção.

No caso da madeira, existe a certificação florestal, que é um dos itens requeridos para uma empresa obter a certificação de gestão ambiental. A certificação florestal atesta que a madeira é de origem controlada, que não infringe nenhuma lei do código florestal do país de origem, não promove a devastação florestal controlada nem o comércio ilegal de madeira desregulada. Além disso, a certificação garante vantagem competitiva num mercado global, em que a empresa certificada é bem vista, servindo também como agregador de valor.

“O Forest Stewardship Council (FSC) é uma organização não governamental, internacional e independente, constituída por três câmaras – económica, ambiental e social - que define os Princípios e Critérios FSC para uma gestão florestal responsável.” O FSC reconhece entidades certificadoras de cada país e tem prestígio e reconhecimento internacionais. Além da preocupação com o meio ambiente, a gestão florestal apoiada pelo FSC permite ganhos em eficiência, desempenho e criação de novas oportunidades de mercado. Existem outras agências como o FSC no mundo, mas como a WWF e o Greenpeace, ela é a de maior reconhecimento.

Em Portugal, existem várias empresas certificadoras vinculadas ao FSC. Segundo dados do site do FSC, existem cerca de 73.000ha de floresta certificada portuguesa, tendo sido emitidos três certificados pela Gestão Florestal e 15 certificados de Cadeia de Responsabilidade (dados a Novembro de 2006).

Áreas Florestais Certificadas (ha):

- Celulose Beira Industrial (Celbi), SA 49.341 ha (plantação: eucalipto, sobreiro, pinho, outras espécies). Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 3 Abril 2005
- Fruticor SA 912 ha (natural: sobreiro). Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 25 Maio 2005
- Sociedade Silvícola Caima (Silvicaima), SA – 23.359 ha (plantação: eucalipto, sobreiros, pinho, outras espécies). Certificado emitido pela Woodmark (Soil Association Forest Program) em 24 Fevereiro 2006

Cadeias de Responsabilidade certificadas (número de certificados):

- **J.J. Louro Pereira, SA.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 2003, para *cabinets* e MDF (*medium density fiberboard*).
- **Terrar, SA.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 1 Dezembro 2003, para componentes *fire surrounds*, unidades de cozinha e madeira de pinho.
- **Corticeira Amorim Indústria, SA.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 14 Outubro 2004, para aglomerado de cortiça e granulado de cortiça.
- **Celulose Beira Industrial (Celbi), SA.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 4 Março 2005, para pasta de eucalipto (290.000 ton/year).
- **Amorim e Irmãos, SA – Unidade de Coruche.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 2 Junho 2005, para discos de cortiça para rolhas e cortiça crua tratada.
- **Cenibra Internacional Serviços e Comércio (Sociedade Unipessoal), L.da.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 18 Julho 2005, para pasta de eucalipto branqueada.
- **VICAIMA - Indústria de Madeiras e Derivados SA.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 20 Janeiro 2006, para manufactura secundária e distribuidor.
- **Moldartpóvoa - Fábrica de Molduras e Quadros da Póvoa do Varzim, L.da.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 7 Fevereiro 2006, para molduras e componentes.
- **Soporcel - Sociedade Portuguesa de Papel SA.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 16 Fevereiro 2006, para papel (feito a partir de pasta de eucalipto ou pinho).
- **Caima Indústria de Celulose, SA.** Certificado emitido pela Woodmark (Soil Association Forest Program) em 24 Fevereiro 2006, para pasta.
- **Portucel SA - Parques de Madeira.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 16 Março 2006, para toros para pasta.
- **Portucel SA - Setúbal & Cacia.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 16 Março 2006, para papel (feito a partir de pasta de eucalipto ou pinho).
- **MADEIPORTO - Madeiras e Derivados, SA.** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 20 Janeiro 2006, para madeira serrada seca.
- **Amorim & Irmãos S.A. Unidade Industrial PTK** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 12 de Setembro de 2006, para cortiça e Rolhas de Cortiça FSC puro
- **Rottneros Madeiras, L.da** Certificado emitido pela Smartwood (Rainforest Alliance Forest Program) em 26 de Setembro de 2006, pa

10

Bibliografia e outras Referências

Livros

KATISNKY, Julio; SEGAWA, Hugo; WISNIK, Guilherme. Marcos Acayaba, Cosac Naify, São Paulo, Brasil, 2007

JONHSON, Hugh. La Madera. Colaborador Concepción Rigau, Blume, 1978

STUNGO, Nomi. Arquitectura en Madera - Nuevas Tendencias. Blume, 1999

HERZOG, Thomas; VOLZ, Michael; NATTERER, Julius . Timber Construction Manual. Birkhäuser Architecture, 2000

Revistas

Arquitectura Ibérica, Espanha/ Portugal

DETAIL 11. 2008

TECTONICA 013 - Madera, Espanha

Sites

www.revistatechne.com.br

Www2.hunterdouglas.com.br

www.masfitmsf.com

www.estruturasdemadeira.blogspot.com

<http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Madeiras/historia.html>

<http://pt.wikipedia.org>

http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2009-1/casa_madeira/balloon.html

<http://escoladechicago.blogspot.com/2008/12/em-meio-ao-contexto-expansionista-o.html>

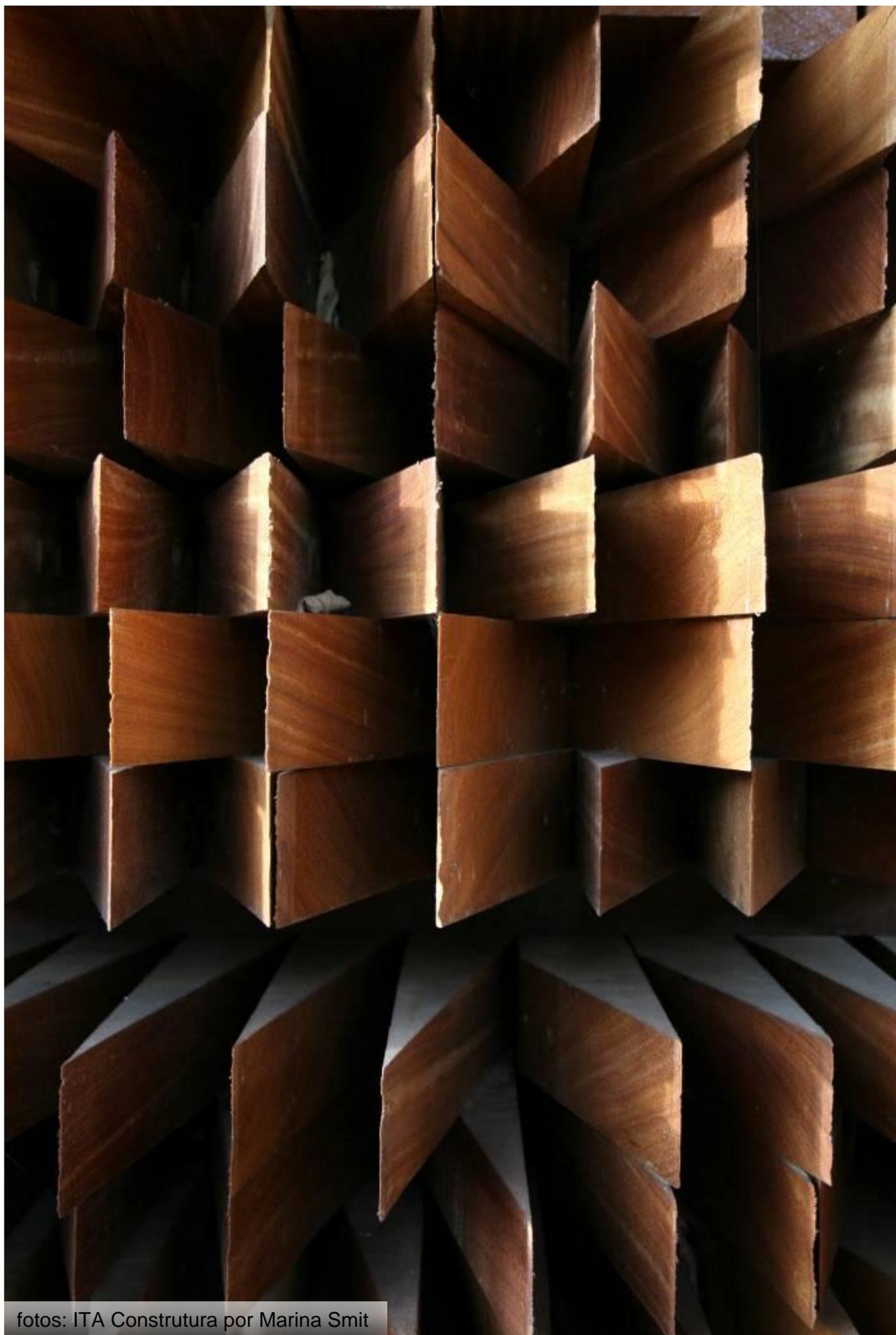
<http://www.holzbau.rubner.com>

www.marcosacayaba.arq.br

<http://www.masisa.com/bra/por/News/2008/04/01/1628.html>

<http://www.arcoweb.com.br/entrevista/helio-olga-jr-usa-se-madeira-08-02-2002.html>

Todas as fotos presentes neste trabalho que não estão identificadas foram retiradas da bibliografia.



fotos: ITA Construtura por Marina Smit

