

## Técnicas de reabilitação em estruturas de madeira

O estudo das patologias das construções e a sistematização das técnicas para a sua reparação são assuntos de grande importância para o meio técnico, uma vez que a conservação e reabilitação de edifícios tem vindo a registar significativa evolução, apresentando boas perspectivas de crescimento. A informação técnica específica existente para este tipo de intervenções é diversa e encontra-se dispersa na bibliografia, dificultando, por isso, uma estruturação dessa informação com vista à adopção da solução mais adequada a cada tipo intervenção. Neste artigo, pretende-se fazer uma sistematização

do conhecimento no que se refere às técnicas de reabilitação de estruturas de madeira. Apresentam-se algumas das técnicas correntemente empregues, indicando-se a finalidade, as vantagens e condicionantes de cada uma dessas técnicas.

*The study of the buildings pathologies and systematization of the techniques for their repair are matters of great importance to the technical means, as the conservation and rehabilitation of buildings is making significant progress, showing*



**Maria de Lurdes B. C. Reis**

Professor in the Department of Civil Engineering of the Polytechnic Institute of Tomar, where she teaches the discipline of Buildings Conservation and Rehabilitation. Her field of interest includes research in materials, processes and techniques for rehabilitation.



**Fernando G. Branco**

Assistant professor at the Department of Civil Engineering of the University of Coimbra, in Portugal. His field of work includes research on the development and characterization of building materials, with a particular interest on new ways for sustainable use of cork residues.



**Jorge Morarji Mascarenhas**

Professor in the Department of Civil Engineering of the Polytechnic Institute of Tomar. He has done extensive research work in connection with the construction techniques usually used and in Portugal, and published several books in the collection "Sistemas de Construção" used by students and professionals in the construction.

*good prospects for growth.*

*The specific technical information to this type of intervention is diverse and is dispersed in the bibliography, which difficult a structure of this information to adopt the most appropriate solution for each intervention type.*

*This paper is intended to make a systematization of knowledge regarding rehabilitation techniques on wood structures. This paper presents some of the techniques currently employed, stating the purpose, benefits and limitations of each of these techniques.*

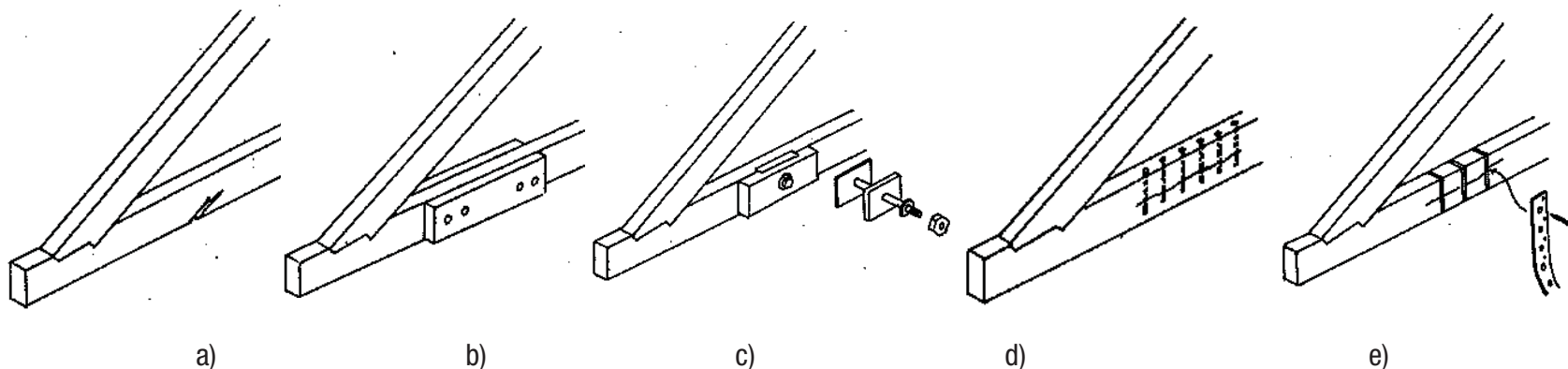


Imagem n. 1: a), b), c) Fases do reforço por aplicação de empalmes; d) reparação de fendas com parafusos; e) Reparação de fendas por cintagem.

## 1. INTRODUÇÃO

As construções degradam-se ao longo do tempo, em virtude das acções mecânicas que actuam sobre a estrutura e das acções físicas, químicas e biológicas que actuam sobre os materiais. Verifica-se assim a necessidade de executar operações de conservação, reforço e reabilitação.

A madeira é um material com vasta aplicação na construção, cumprindo um papel essencial nas estruturas, pavimentos e coberturas de muitos dos edifícios existentes.

No entanto, as condições ambientais às quais a madeira é exposta, a diferente durabilidade natural das várias espécies e madeira, as condições de aplicação a nível estrutural e o modo de execução de alguns pormenores construtivos, influem na durabilidade dos elementos de madeira.

Estes factores conduzem a degradações, quer es-

truturais quer biológicas, que originam diversos tipos de anomalias.

As anomalias em elementos e estruturas de madeira traduzem-se genericamente em deformações excessivas e deteriorações.

As deformações excessivas podem ser atribuídas a deficiências de projecto e de execução, ao desconhecimento das características de resistência e deformabilidade da madeira, à aplicação de cargas excessivas não previstas e ao efeito de fluência, associado ao envelhecimento da madeira.

A deterioração da madeira pode ser causada por falta de protecção ou protecção insuficiente dos elementos de madeira contra os agentes agressivos, sobretudo contra a humidade.

A humidade da madeira e a temperatura influenciam o desenvolvimento e o crescimento de xilófagos, bem como a consequente degradação bio-

lógica da madeira.

Após o diagnóstico e a análise das anomalias e das causas que lhes deram origem, é necessário escolher a técnica de intervenção mais adequada para proceder à reparação dos elementos em madeira. Para esse efeito, é necessário conhecer os materiais e as técnicas disponíveis para intervir neste tipo de estruturas.

O presente trabalho apresenta, sistematizadas, diferentes técnicas existentes para a execução de acções de reabilitação em estruturas de madeira.

## 2. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

As técnicas de reabilitação de estruturas de madeira podem ser divididas em dois grupos: as técnicas de reparação ou consolidação e as técnicas de reforço. As primeiras, têm como objectivo re-

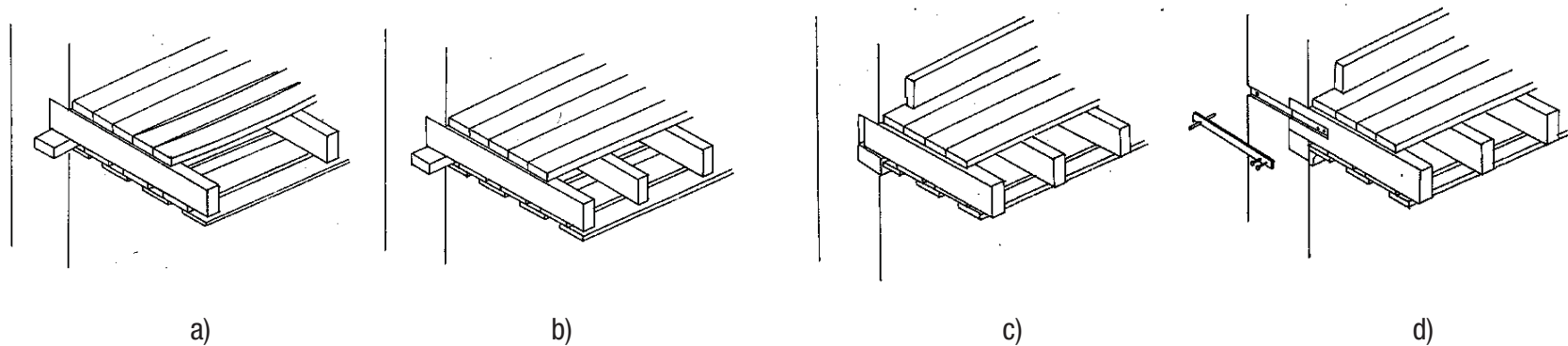


Imagem n. 2: a), b) adição de novas vigas paralelas às vigas do pavimento; c), d) ancoragem da viga de madeira à parede de alvenaria.

por a capacidade resistente inicial da estrutura, enquanto que as segundas têm por finalidade aumentar a capacidade de carga, ou limitar a deformação da estrutura<sup>1</sup>.

## 2.1 TÉCNICAS TRADICIONAIS

### 2.1.1 REFORÇO DE ELEMENTOS DE MADEIRA POR APLICAÇÃO DE EMPALMES

A técnica de reforço de elementos de madeira por aplicação de empalmes consiste na aplicação de novos elementos de madeira de um ou de ambos os lados da peça a reforçar, fazendo a ligação entre os elementos novos e os existentes por meio de parafusos e/ou parafusos e porcas, restabelecendo a continuidade das peças da estrutura (imagem n. 1a), b) e c).

Esta técnica aplica-se em elementos partidos ou

fissurados, em zonas não localizadas junto a nós. Para a aplicação com sucesso desta técnica, é necessário garantir uma concepção estrutural adequada, definindo nomeadamente a distância de aplicação dos ligadores às extremidades da peça, o espaçamento entre ligadores e verificar a redução da secção útil que acarretam.

Cada parafuso necessita obrigatoriamente de duas anilhas, uma em cada extremidade, imediatamente antes da porca.

### 2.1.2 REPARAÇÃO DE FENDAS COM PARAFUSOS

A técnica de reparação de fendas com parafusos consiste em apertar as faces da fenda, uma contra a outra, com recurso a parafusos (imagem n. 1d). Aplica-se na reparação de fendas de topo ou fendas interiores longitudinais, sendo realizada com parafusos de pequeno diâmetro.

Efectua-se um furo na direcção perpendicular à fenda. Introduce-se o parafuso através do furo (com a respectiva anilha) e fecha-se a fenda por aperto do parafuso. Os parafusos só devem ser apertados até ao início do seu tensionamento, devendo ser posicionados a uma distância de 5 a 8 cm do topo da peça.

### 2.1.3 REPARAÇÃO DE FENDAS POR CINTAGEM

A técnica de reparação de fendas por cintagem baseia-se na utilização de tiras metálicas para fechar as fendas, por mero aperto (imagem n. 1e). A fixação de tiras é feita recorrendo a pregos electrozincados ou de aço.

Esta técnica aplica-se em fendas de topo ou em fendas interiores longitudinais.

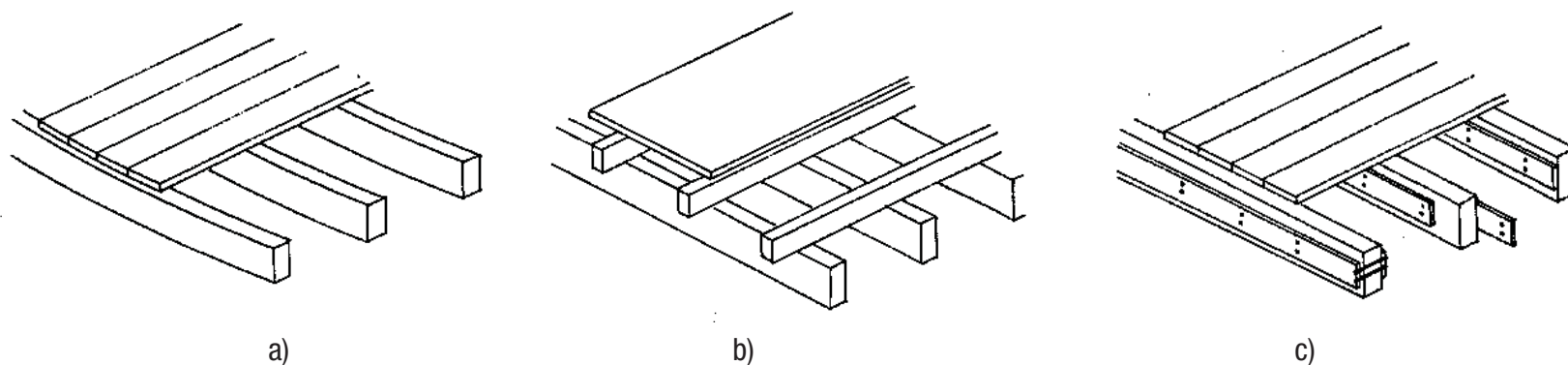


Imagem n. 3: a), b) colocação de vigas transversais às vigas do pavimento; c) reforço de vigas por colocação de elementos metálicos.

## 2.2 TÉCNICAS TRADICIONAIS PARA INTERVENÇÃO EM PAVIMENTOS

### 2.2.1 ADIÇÃO DE NOVAS VIGAS PARALELAS ÀS VIGAS DO PAVIMENTO

O objectivo desta técnica é aumentar a rigidez das vigas, diminuindo consequentemente a deformabilidade. Consiste na colocação de vigas adicionais de reforço, paralelamente às vigas originais (imagem n. 2 a,b).

O processo de execução pressupõe o escoramento do pavimento e a remoção do revestimento de piso (soalho).

Executa-se uma abertura na parede resistente com posição e dimensão adequada. A zona de entrega da viga não deve ser inferior a 0.20 m, para que sirva de encaixe às novas vigas paralelas. Adicionam-se as novas vigas e efectua-se

a sua ligação à parede.

No caso de uma parede de alvenaria irregular, deve criar-se uma base de apoio para a viga, através de um bloco de pedra com a face superior aparelhada e horizontal, ou ancorar a viga de madeira à parede de alvenaria.

Quando a parede de alvenaria apresenta um frechal (imagem n. 2c), deve executar - se um entalhe na viga com cerca de 0.01 m de profundidade, de modo a que fique apertada de encontro ao frechal ou aplicar gatos metálicos (imagem n. 2d), executando um corte na viga onde se insere o gato posteriormente fixado com recurso a parafusos com porca.

A fixação ao frechal pode ser realizada com recurso a aparafusamento. Por fim, repõe - se o revestimento de piso.

### 2.2.2 COLOCAÇÃO DE VIGAS TRANSVERSAIS ÀS VIGAS DO PAVIMENTO

Esta técnica consiste em colocar as vigas adicionais de reforço na direcção transversal à das vigas originais (imagem n. 3 a,b).

### 2.2.3 REFORÇO DE VIGAS POR COLOCAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS

Esta técnica consiste em colocar elementos de reforço, chapas ou perfis metálicos, nas faces laterais das vigas originais (imagem n. 3c).

A ligação entre ambos é estabelecida com recurso a elementos de fixação, nomeadamente parafusos com porca.

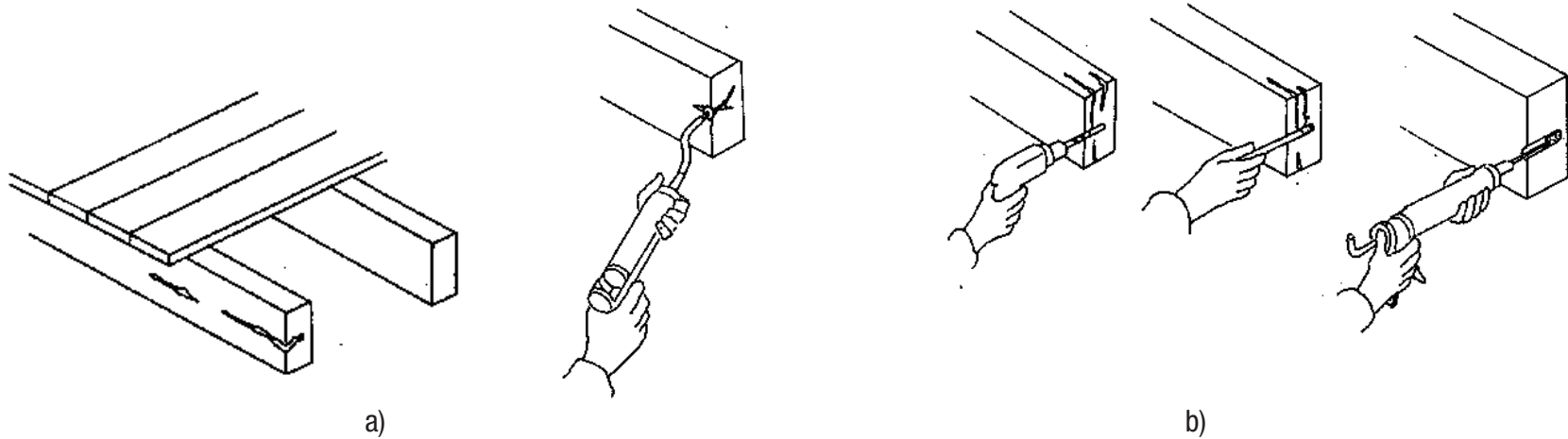


Imagem n. 4: a) reparação de fendas com injeção de resinas epoxídicas; b) reparação de fendas com injeção de resinas epoxídicas e varões de reforço.

## 2.3 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO E REFORÇO COM PRODUTOS EPOXY

### 2.3.1 REPARAÇÃO DE FENDAS COM ADESIVO EPOXY

Esta técnica de reparação de fendas consiste na injeção de resinas epoxídicas de baixa viscosidade, a baixa pressão, na fenda (imagem n. 4a). Após a polimerização, esta zona apresentará um comportamento idêntico ao do resto da secção. Esta técnica é aplicada na reparação de fendas de topo, ou fendas interiores longitudinais.

### 2.3.2 REPARAÇÃO DE FENDAS COM ADESIVO EPOXY E VARÕES DE REFORÇO

Neste caso, conjuntamente com o adesivo epoxy, são inseridos varões de reforço, nomeadamente de aço inoxidável, ou de materiais compósitos reforçados com fibras de vidro ou de poliéster

(imagem n. 4b).

Antes da aplicação dos produtos, as fendas e fissuras devem ser previamente limpas com jacto de ar ou aspirador para remoção de poeira solta ou friável. A furação deve ser efectuada seccionando a fenda, numa zona sã da madeira, transversalmente à fenda. Quando da aplicação do produto, deve avaliar-se o teor em água da madeira, dado que este tem de ser compatível com a colagem. Aconselha-se que este valor se situe abaixo dos 16%, ou outros valores indicados pelo fabricante. Os varões de material compósito, antes da sua colocação, devem ser submetidos a um tratamento abrasivo com lixa fina, seguido de limpeza com a acetona.

### 2.3.3 AUMENTO DA INÉRCIA DAS VIGAS DE MADEIRA COM RECURSO A ARGAMASSA EPOXIDICA

Esta técnica baseia-se no reforço dos elementos de

madeira por aumento da altura útil, de preferência, numa das faces horizontais (imagem n. 5).

A solução de reforço com argamassa epoxy consiste na ligação à viga original com recurso a varões de reforço, nomeadamente de aço ou de poliéster reforçados com fibra de vidro, colocados no interior de furos e guarnecidos com argamassa epoxy<sup>2</sup>.

O exemplo mais conhecido é o corte oblíquo, para melhorar os esforços de corte, em que previamente se remove a madeira original deteriorada (imagem n. 6).

Complementarmente podem ser realizados entalhes na viga original para otimizar a solidarização. As intervenções realizadas com argamassas epoxídicas têm a vantagem de não originarem problemas de retracção nem de aderência.

Para executar estes trabalhos deve escorar-se as vigas, libertá-las da alvenaria em redor, de modo

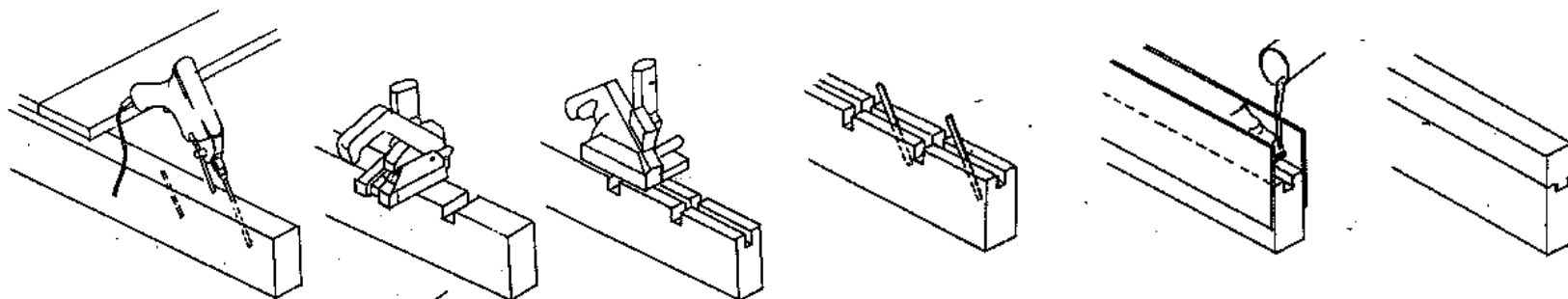


Imagem n. 5. Aumento da inércia de vigas de madeira com recurso a argamassa epoxy.

a permitir a intervenção em toda a extensão da viga, inclusive na zona de apoio.

Realizar os furos respeitando as seguintes condições: afastamento mínimo entre armaduras – 9 cm; distância mínima entre a armadura e a superfície da viga – 6 cm; comprimento mínimo de ancoragem do varão na argamassa epoxy – 15 cm e comprimento mínimo de ancoragem do varão na madeira – 30 cm.

Colocar as armaduras nos respectivos furos, se necessário recorrendo a espaçadores de modo a que, quando se fizer o vazamento da argamassa, estes não sofram deslocamentos de posicionamento. As armaduras servirão como ligação mecânica entre a viga e a prótese. Colocar a cofragem, de acordo com o objectivo pretendido.

Se a reparação for realizada por motivos estéticos, instalar uma cofragem perdida do mesmo tipo de

madeira da viga original. No caso de o aspecto estético ser de menor importância, deve instalar-se temporariamente uma cofragem lisa, que é removida posteriormente.

Vazar a argamassa epoxídica (de endurecimento lento sem retracção) na cofragem. Depois do endurecimento argamassa epoxídica, retirar a cofragem. Retirar os apoios e carregar a viga após um prazo mínimo de 7 dias.

#### 2.3.4 REFORÇO DE VIGAS DE MADEIRA COM COMPÓSITOS FRP

A técnica de reforço de um elemento de madeira com mantas ou com laminados de FRP consiste em ligar o sistema de reforço à madeira, através de um adesivo, para que este complemente a madeira na resistência a determinadas solicitações (imagem n. 7).

A colagem do sistema pode ser efectuada na face traccionada da viga, simultaneamente na face traccionada e na face comprimida.

Antes da aplicação dos compósitos de FRP, devem executar-se cortes com uma serra eléctrica e com as seguintes dimensões: 12.5 mm de largura, 60 mm de profundidade e 800 mm de comprimento. Esses cortes devem ser limpos de estilhas e poeiras, recorrendo a um aspirador industrial de bico e uma pistola de pressão de ar.

Deve-se verificar e controlar a existência de fissuras procedendo à sua reparação. Em seguida, injectar a quantidade de adesivo pré-determinada em cada uma das aberturas, introduzir os laminados de CFRP e limpar o excesso de adesivo da superfície da viga.

As condições ambientais são condicionantes do sucesso das intervenções, pelo que a temperatu-

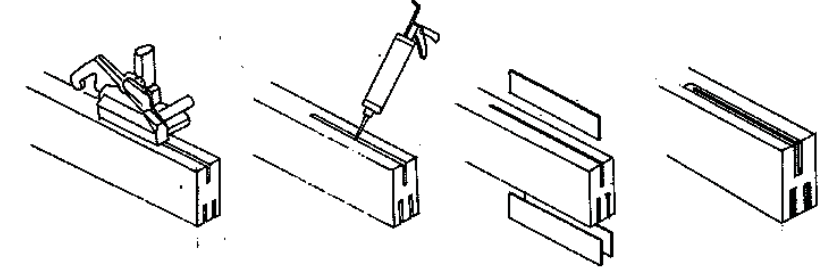
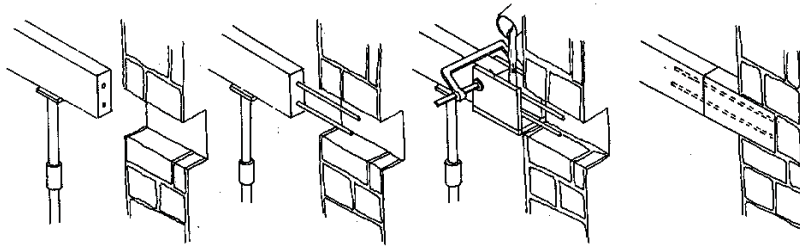


Imagem n. 6. Reparação da zona de apoio de uma viga com argamassa epoxídica e armaduras.

Imagem n. 7. Execução do reforço de vigas com compósitos de FRP.

ra ideal para a realização destes trabalhos é de 15 °C. Temperaturas demasiado baixas podem impedir a polimerização da cola e temperaturas demasiado elevadas reduzem de forma significativa o tempo de trabalho.

#### 2.4 TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DE PRÉ-ESFORÇO

A técnica de aplicação de pré-esforço consiste na aplicação de um sistema de pré-esforço e da sua colocação em tensão de modo a contrariar todas as cargas aplicadas ao pavimento criando uma contra flecha igual ao valor da deformação do pavimento, anulando a flecha inicial (imagem n. 8). Para realizar este tipo de trabalhos, é necessário, após escorar a estrutura, recorrer a uma estrutura metálica pré fabricada em substituição das zonas e/ou elementos de madeira suprimidos. Geralmente é necessário substituir os topos das

vigas e, eventualmente, adicionar acessórios metálicos ao vão. Posteriormente aplica-se o sistema de pré-esforço que é colocado em tensão. Há necessidade de efectuar depois a protecção das peças metálicas contra a acção do fogo.

Esta técnica é aplicada em intervenções de reabilitação de pavimentos de madeira, quando se verifica uma deformabilidade excessiva das vigas.

#### 2.5 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO E REFORÇO COM BETÃO

##### 2.5.1 REPARAÇÃO E REFORÇO COM BETÃO – LAJES MISTAS MADEIRA/BETÃO

É uma técnica aplicada em intervenções de reabilitação de pavimentos de madeira, quando se pretende aumentar a capacidade de carga ou diminuir deformações e/ou vibrações.

A recuperação estrutural de pavimentos de madeira pode ser feita com recurso à solução de laje mista madeira-betão, tirando partido da estrutura existente a que se adiciona uma lâmina de betão (imagem n. 9).

No caso de se pretender obter um comportamento de laje mista, importa estabelecer uma ligação adequada entre as camadas de betão e de madeira, que pode ser feita através de ligadores de diferentes tipos, capazes de reduzir ou anular os deslocamentos relativos entre os dois materiais, procurando-se atingir o comportamento de conjunto ideal<sup>3</sup>.

O desempenho da estrutura compósita será tanto mais eficiente quanto melhor for o comportamento do conjunto (tracção na madeira e compressão no betão), para o qual as características da ligação têm uma importância decisiva.

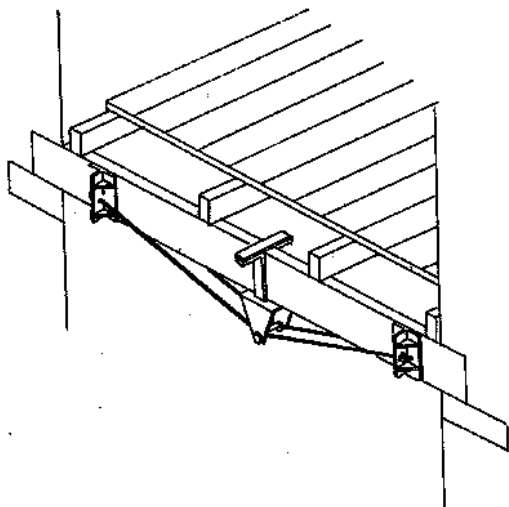


Imagem n. 8. Aplicação de pré-esforço na reabilitação de pavimentos de madeira.

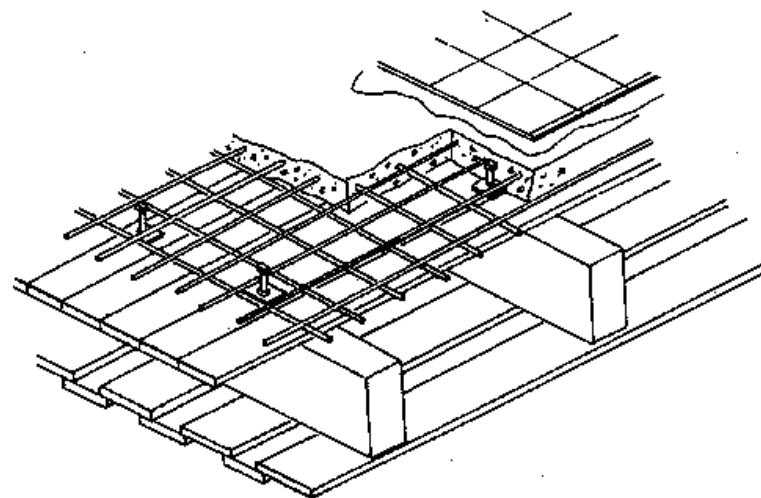


Imagem n. 9. Laje mista madeira /betão com ligadores metálicos.

Neste tipo de intervenção é mantida a totalidade da estrutura incluindo o soalho existente, que serve de cofragem à lâmina de betão. Para a sua execução é imprescindível escorar o pavimento porque podem surgir, temporariamente, esforços acrescidos no pavimento original.

O escoramento serve também para diminuir as deformações existentes e se necessário para aplicar uma contra-flecha. Deve ser colocada uma tela de impermeabilização, de modo a evitar a humedificação da madeira, com consequente perda de água do betão, ou o escoamento da pasta do betão pelas frestas do soalho.

Efectua-se a marcação do afastamento entre conectores sobre o soalho sobreposto na zona das vigas e colocam-se os conectores.

Coloca-se a rede electrossoldada devidamente fixada e betona-se a superfície. Pode recorrer-se à

realização de entalhes na zona de colocação dos conectores, de forma a melhorar o desempenho da ligação.

Existem vários tipos de ligadores metálicos: ligadores do tipo cavilha (pregos, parafusos, cavilha) e ligadores com princípios de funcionamento diferente (anéis, placas ou chapas denteadas)<sup>4</sup>.

A escolha do tipo de ligadores está condicionada pelo facto de a madeira já estar aplicada, sobretudo se existir uma camada de soalho que se pretenda manter como cofragem.

A parte 2 do EC5 fornece algumas indicações sobre o cálculo das ligações madeira-betão, sobretudo quando existe camada intermédia<sup>5</sup>.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Rodrigues R.C.O., *Construções Antigas de Madeira: experiência de obra e reforço estrutural*, Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, 2004.
- [2] Duarte A., Negrão J., Cruz H., *Reabilitação de Vigas de Madeira com Argamassa Epoxídica Armada*, CIMAD'04, 1º Congresso Ibérico sobre A Madeira na Construção, U. Minho, Guimarães, 2004, pp489-496.
- [3] Dias A., Jorge L., Cruz H., Lopes S., *Lajes Mistas Madeira-Betão*, 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, LNEC, Lisboa, 2003, Vol. 2, pp. 875-883.
- [4] Dias A., Cruz H., Lopes S., *Desempenho de Ligadores Tipo Cavilha em Lajes Mistas Madeira-Betão*, 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, LNEC, Lisboa, 2003, Vol. 2, pp. 885-892.
- [5] ENV 1995 – 2, Eurocode 5 – *Design Timber Structures – Part 2 Bridges*.