

MADEIRA: VIGAS DE SEÇÃO COMPOSTA T, TENDO O  
PARAFUSO COMO ELEMENTO DE SOLIDARIZAÇÃO.

MARIA ESTÂNIA MENDONÇA PASSOS

ORIENTADOR: Prof. Dr. EDUARDO CHAHUD

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

MADEIRA: VIGAS DE SEÇÃO COMPOSTA T TENDO O  
PARAFUSO COMO ELEMENTO DE SOLIDARIZAÇÃO.

MARIA ESTÂNIA MENDONÇA PASSOS

Tese apresentada à Escola de Engenharia da  
Universidade Federal de Minas Gerais como  
parte dos requisitos necessários à obtenção  
do título de "Mestre em Engenharia de  
Estruturas".

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Doutor EDUARDO CHAHUD (orientador)	EEUFMG
Prof. Doutor FRANCISCO ANTONIO ROCCO LAHR	EESC
Prof. Doutor FRANCISCO ANTONIO R. GESUALDO	U.F.Uberlândia
Prof. Doutor EDGAR V. MANTILLA CARRASCO	EEUFMG
Prof. Mestre GABRIEL DE OLIVEIRA RIBEIRO	EEUFMG

Belo Horizonte, Fevereiro de 1992

## RESUMO

No desenvolvimento deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica da literatura nacional e internacional, de publicações desde 1942 até 1991, sobre seções compostas de madeira.

Posteriormente à revisão bibliográfica, foi desenvolvida uma pesquisa experimental sobre vigas de seção composta T, tendo o parafuso auto-atarraxante como elemento de união.

Foram utilizadas duas espécies de madeira, a Castanheira (nativa) e o Pinus Elliottii (de reflorestamento).

Para cada elemento de alma e mesa, foi determinado o módulo de elasticidade longitudinal, (E), através do ensaio de flexão. São apresentados os valores de (E) para todas as peças, a partir dos quais, posteriormente, são determinados os módulos de elasticidade das vigas compostas.

Depois de montadas as vigas de seção T, as mesmas foram ensaiadas, variando o espaçamento entre parafusos, obtendo-se desta forma o valor do momento de inércia real, ( $I_r$ ), da viga para cada número de parafusos. Os valores de  $I_r$  são apresentados, comparando-os aos valores do momento de inércia teórico para cada número de parafusos.

## ABSTRACT

For the purpose of this work a bibliographic study of brasilian and international publications from 1942 until 1991 was performed, related to composite wooden structures.

Lately, an experimental research about composite T section beams connected by wood screw was developed.

Two kinds of wood were studied: the "Castanheira" (native) and "Pinus Elliotti" (reforestation).

For both web and flange was stablished the Longitudinal Elasticity Modulus (E) by flexural experiment. Values of E for all the member are presented, from which E for the composite beam is analitically determined.

Composite T section beams were experimented for several numbers of wood screw so as to obtain the real inertial moment for the beam, for each quantity of screw. Results are compared to the theoretical inertial moment for each number of screw.



A meus pais, Zeferino e Celeste e  
aos meus irmãos.

Ao meu marido, Gabriel.

## AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, e, em particular:

-ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, pelo apoio no decorrer deste trabalho;

-ao prof. Alcebiades, pela sua dedicação e colaboração como orientador acadêmico;

-aos professores Calixto, Elvio e Edgar, pelas sugestões e amizade demonstrada;

-ao Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG, pelo apoio durante todo o tempo deste curso;

-ao Gabriel, pela elaboração dos desenhos;

-ao sr. Ataíde, pelo preparo das peças de madeira;

-ao Amilton, pela colaboração na montagem das vigas e realização dos ensaios;

-à MICHELETTO MINAS LTDA. pelo apoio e doação de parafusos para a confecção das vigas;

-ao prof. Carlos Alberto, do CEFET-MG, pela revisão;

-à Regina, ao Ramon e Randolpho pela colaboração no uso do computador.

-ao Flávio e Evandro pela colaboração e amizade

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

ao prof. Dr. Eduardo Chahud, como orientador de pesquisa, pela sua dedicação e amizade demonstrada.



## SUMÁRIO

01- INTRODUÇÃO . . . . .	01
02- OBJETIVO . . . . .	03
03- ETAPAS DO TRABALHO . . . . .	04
04- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .	05
05- MATERIAIS . . . . .	24
06- ENSAIOS PRELIMINARES . . . . .	30
07- MONTAGEM DAS VIGAS . . . . .	47
08- ENSAIOS PRINCIPAIS DAS VIGAS DE SEÇÃO COMPOSTA . . .	56
09- ENSAIOS DAS LIGAÇÕES PARAFUSADAS . . . . .	83
10- EXEMPLO DE CÁLCULO E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS . . .	93
11- CONCLUSÕES . . . . .	101
12- PROPOSTA. . . . .	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	105
BIBLIOGRAFIA . . . . .	114
ANEXO 1 . . . . .	121

## 1. INTRODUÇÃO

---

Considerando as excelentes características físicas e mecânicas de muitas espécies de madeira nacionais e de algumas importadas, e, à vista de suas disponibilidades no país, tanto em florestas naturais como em regiões de reflorestamento e da possibilidade de sua renovação em intervalos de tempo relativamente curtos, têm-se desenvolvido, nos centros de estudos da madeira, grandes variedades de pesquisa, abrangendo as mais diversas aplicações deste material, tanto arquitetônicas quanto estruturais.

As pesquisas em andamento no país, com relação à aplicação racional da madeira, estão fundamentadas na certeza da existência de espécies alternativas, que irão substituir as espécies consagradas na construção civil, como o Pinho do Paraná e a Peroba Rosa, hoje em fase de esgotamento. Aliada a este fato, existe a necessidade urgente de alterações no texto da NBR 7190 (Norma Brasileira para o Cálculo e a Execução de Estruturas de Madeira), que data de 1951 e se mostra insuficiente para atender as necessidades atuais dos projetistas de estruturas de madeira.

Esses fatos levaram vários pesquisadores a se preocuparem com o estudo dos diversos itens da NBR 7190, através de abordagem crítica, visando a definição dos estudos experimentais mais importantes para gerar subsídios às alterações da citada norma.

A NBR 7190 está inteiramente estabelecida de conformidade com os critérios das tensões admissíveis para o dimensionamento dos elementos componentes das estruturas



de madeira. A validade destes critérios não vinha sendo discutida até a década de 70, quando, para acompanhar a evolução dos critérios de dimensionamento de estruturas de concreto armado e de estruturas metálicas, pesquisadores canadenses, norte-americanos e europeus iniciaram as pesquisas teóricas e experimentais com a finalidade de atualizar, também, os critérios de dimensionamento das estruturas de madeira. Documentos publicados pelo CEB (Comitê Europeu do Concreto) definem os princípios gerais a serem seguidos para a atualização das Normas para o Cálculo estrutural.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) também já apresentou algumas indicações a respeito do assunto.

O somatório dos esforços, fatalmente será o responsável pela minimização do tempo a ser empregado para a atualização da NBR 7190.

Dentre os vários tópicos a serem abordados, encontra-se a determinação do comportamento de peças de madeira de seção composta quando submetidas a esforços de flexão, em função do tipo de elementos utilizados na ligação das peças, tais como: pregos, cavilhas, tarugos, parafusos, anéis metálicos, anéis plásticos e adesivos.

Os critérios da NBR 7190, para o dimensionamento de peças de madeira de seção composta, submetidas à solicitação de flexão, envolvem indicações muito vagas, bem como hipóteses de difícil ocorrência na prática. Do mesmo modo, a NBR 7190 estabelece uma redução da tensão admissível na borda comprimida para vigas de seção composta. Esta redução é feita em função de parâmetros geométricos da viga, como a altura da mesa e da alma e a largura da mesa e da alma. Na realidade, o coeficiente de redução é função do tipo de conector empregado.

## 2. OBJETIVO

---

O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade de se utilizar o parafuso auto-atarraxante como elemento de solidarização para vigas compostas.



### 3. ETAPAS DE TRABALHO

---

No desenvolvimento deste trabalho será realizado:

-completa revisão bibliográfica, com ênfase na bibliografia internacional, com vistas a situar, adequadamente, o problema no contexto do conhecimento brasileiro sobre o comportamento de peças compostas de madeira submetidas a esforços de flexão;

-determinação experimental do módulo de elasticidade longitudinal para todas as barras de madeira que serão utilizadas na composição das vigas;

-estudo preliminar do comportamento do parafuso auto-atarraxante em ligações submetidas à compressão paralela às fibras;

-desenvolvimento de um exemplo, comparando os resultados obtidos experimentalmente com os valores de cálculos resultantes de um dimensionamento segundo normas que tratam do problema;

-redação do texto da dissertação, contendo todas as observações e conclusões do trabalho.

#### 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

No que diz respeito a vigas compostas de madeira tendo o parafuso como elemento de solidarização, não existe uma literatura muito farta, nem mesmo a internacional. Existem poucos trabalhos e cada um se concentra em poucos detalhes da composição e comportamento da peça estrutural.

##### 4.1. Vigas Compostas

Alguns estudos anteriores de seções compostas de madeira serão citados a seguir.

LEWIS e DAWLEY (1), em 1943, apresentaram trabalho relativo a detalhes construtivos de reforços usados em viga caixão. Trabalharam com vigas com almas de compensado e flanges maciços. Os testes tiveram como objetivo determinar o efeito das dimensões do painel, espessura da alma, direção das fibras no empenamento e resistência ao cisalhamento. Os ensaios foram conduzidos para vários tipos diferentes de enrijecedores, utilizando cola ou parafuso auto-atarraxante para unir enrijecedor aos flanges. Nenhum método racional de projeto de enrijecedor, contudo, pode ser sugerido sem pesquisa adicional.

EBELING, OESTERBLUM, HOQUE, NOVICK e HANSEN (2), em 1946, apresentaram métodos e fórmulas para dimensionamento de vigas I e caixão. Concluíram serem



necessárias mais informações sobre o empenamento lateral de vigas e que, dados experimentais sobre a capacidade de carga de vigas com flanges e alma ligados por todos os tipos de conectores, ainda eram deficientes.

DOYLE (3), em 1964, realizou trabalho experimental conduzido no *Forest Products Laboratory* (FPL), para estudar o efeito de diferentes condições atmosféricas na resistência ao cisalhamento da ligação entre madeira maciça e compensado. O elemento de união foi o prego e a cola trabalhando em conjunto.

GOODMAN e POPOV (4), em 1969, apresentaram uma consistente teoria da flexão para vigas compostas com escorregamento entre camadas. A hipótese clássica de *Bernoulli-Navier*, de seções permanecerem planas, é considerada aplicável para cada camada. A teoria desenvolvida, no caso limite, de conexão rígida entre camadas, contém a teoria convencional para vigas sólidas como um caso especial. Deduziu uma equação diferencial para análise de vigas mistas. Excelente ajuste para os resultados experimentais foi verificado com vigas de camadas de madeira. Na composição das vigas de madeira, algumas foram unidas com cola e prego, sendo cola nas extremidades e pregos no meio e outras com apenas pregos.

KUENZI e WILKINSON (5), em 1971, mostraram que é possível prever os deslocamentos e tensões para vigas compostas com ligação de rigidez finita. Foi feita uma pesquisa experimental, envolvendo a avaliação de vários compostos. As vigas foram montadas, algumas com pregos e outras, coladas. Os resultados desse estudo podem ser utilizados para maior eficiência dos projetos de estruturas com peças compostas.

RAMAKER e DAVISTER (6), em 1972, realizaram



pesquisa em vigas I, constituídas de alma de lâminas de madeira dura coladas, e flanges de madeira maciça, tendo ligações com adesivo resorcinol. As vigas foram testadas, simulando carregamento de telhado. Confirmaram que pode ser previsto o comportamento de lâminas de madeira dura coladas em estruturas.

FOSCHI e BONAC (7), em 1977, estudaram curvas de *carga X deslocamento relativo* para algumas ligações comumente usadas em componentes estruturais, utilizando pregos comuns. Valores de rigidez obtidos se comparam com aqueles obtidos pelo método de *Wilkinson*, e cargas últimas se comparam com aquelas obtidas pelo processo de *Larsen*.

HILSON e RODD (8), em 1979, examinaram protótipos de vigas e demonstraram a importância de se ter alma esbelta e flange rígido. As vigas eram compostas de flange de madeira maciça e alma de madeira dura coladas, com ligações coladas das mesas com a alma. Mostraram, graficamente, que, considerando o comportamento pós-deformação da alma, para vigas com almas muito esbeltas, se superestima sua capacidade de cisalhamento. Foram propostas correções para permitir o uso dos gráficos para vigas de múltiplos vãos.

DOBLIN McNATT (9), em 1980, pesquisou o funcionamento da viga composta com alma de lâminas de madeira dura coladas e mesa de madeira maciça em edifícios e constatou que vigas I com deste tipo de alma têm performance similar a vigas I com alma de compensado.

MARCEL SAMSON (10), em 1983, realizou estudos para determinar a capacidade de carga de vigas com seção transversal I, de alma dupla com flanges em 3 lâminas de madeira de diferentes espécies. Os resultados mostraram as vantagens práticas deste tipo de alma em vigas compostas.



Concluíram que a resistência da viga à flexão é, consideravelmente, afetada pela qualidade do flange.

KAMIYA (11), em 1983, desenvolveu uma teoria básica para analisar o comportamento não linear na flexão, de peças com camadas pregadas. Um procedimento analítico, utilizando computador, e um procedimento simples para prever o comportamento aproximado, sem o uso do computador, foram apresentados. Ambos os procedimentos deram excelentes resultados quando comparados aos dados experimentais. A não linearidade se deve à deformação do conector.

MANTILLA (12), em 1983, apresentou trabalho contendo informações a respeito de pregos. Sua fundamentação teórica e experimental demonstrou a eficiência de ligações pregadas.

HELMUT BREUER (13), em 1983, mostrou, em seu trabalho, alguns aspectos técnicos das ligações de peças estruturais de madeira através de conectores metálicos e algumas observações construtivas relacionadas à origem do sistema. Nesse trabalho sugere uma rotina para o cálculo destas ligações, com base em resultados de ensaios de laboratório. Apresentou um critério para a determinação de cargas admissíveis nas ligações.

ZAGO UJVARI (14), em 1983, apresentou trabalho visando a dar subsídios para o cálculo de ligações executadas em peças submetidas a esforços de tração, compressão, flexão e cisalhamento, fornecendo procedimento, metodologia, característica, coeficientes de minoração e majoração e, ainda, resultados de ensaios realizados em modelos reais, com alguns tipos de madeira.

LEICHTI e TANG (15), em 1988, estudaram vigas de seção I e concluíram que a história do carregamento não

influencia no mecanismo de ruptura em ensaios destrutivos.

KAMIYA (16), em 1988, apresentou teoria linear para prever, aproximadamente, o empenamento de um painel.

LEICHTE, FALK e LAUFENBERG (17), em 1989, apresentaram trabalho de revisão da literatura disponível no estado da arte de vigas de seção I. Os resultados da análise teórica e experimental ilustraram os efeitos dos materiais, juntas, geometria e comportamento de vigas em curto e longo tempo.

PELLICANE, STONE e VANDERBILT (18), em 1991, fizeram uma pesquisa para desenvolver um procedimento para prever a curva *carga X escorregamento lateral* de juntas de madeira pregadas. Os resultados tornaram possível a previsão de parâmetros-chave para um modelo comumente usado em um vasto campo de geometria de juntas. Utilizaram dados de trabalhos anteriores de *McLain* e *Wilkinson* para o cálculo de parâmetros para configuração de juntas padrão.

CALIXTO (19), em 1991, em seu trabalho realizado na University of Texas at Austin, confirma que peças estruturais de seção composta retangular são de simples construção, porém de complexa análise. Foram realizados alguns ensaios para verificação do programa proposto para análise.

#### 4.2. Ligações Parafusadas

NEWLIN e GAHAGAN (20), em 1938, realizaram algumas séries de testes, utilizando parafusos auto-atarraxantes longos e compararam com resultados



anteriores de uma série de ensaios com parafusos com porcas. Esse trabalho, realizado para o FPL, como parte de uma pesquisa geral de juntas de madeira e fixadores, apresentou resultados de resistência ao arrancamento e resistência ao deslocamento lateral.

LUCHESE e STAMATO (21), em 1967, apresentaram trabalho contendo os resultados e conclusões de ensaios executados com o objetivo de determinar as cargas admissíveis nas ligações de peças de Peroba Rosa com parafusos. Para evitar o atrito causado pelo aperto do parafuso, a maioria dos corpos de prova foram montados com pinos, isto é, equivalentes a parafusos sem porcas e arruelas. Foram ensaiadas 116 peças com solicitações paralelas às fibras e 106 com solicitações perpendiculares às fibras, que permitiram a fixação das cargas admissíveis, através de expressões muito simples, com parâmetros determinados estatisticamente.

A revisão apresentada pela TRADA (22), em 1985, trabalho sobre vários tipos de conectores mecânicos para estruturas de madeira, concluiu que parafusos, como os pregos, são viáveis em vários materiais e possibilitam um maior número de formas e fins, inclusive o acabamento do parafuso pode ser, também, decorativo. São feitos comentários sobre a quantidade de penetração, diâmetro, carga de arrancamento. Mostra ainda as várias formas de cabeças de parafusos.

McLAIN (23), em 1987, apresentou, em seu trabalho, um resumo dos correntes meios de montagem e valores admissíveis de projeto para vários sistemas comuns de conexões. As implicações e inadequações desses métodos são apontados. Um breve resumo das recentes pesquisas e problemas comuns para vários tipos de conexões é discutido. Maiores recomendações de projeto de parafusos

auto-atarraxantes em juntas de madeira são baseadas em trabalhos de *Fairchild e Cockrell*.

#### 4.3. Normas

4.3.1 - NORMA BRASILEIRA PARA CÁLCULO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA - NBR 7190 - Associação Brasileira de Normas Técnicas (24), de 1951, essa norma fixa condições a serem obedecidas no projeto e execução de estruturas correntes de madeira, mas não se aplica às estruturas de madeira laminada colada ou compensada. Em suas disposições construtivas, item 37, estabelece que o diâmetro mínimo de parafusos ou pinos é de 16mm para peças principais de pontes e de 9mm para os demais casos.

Quanto a ligações, item 40-c, prescreve que os parafusos devem ser simetricamente dispostos em relação ao eixo da peça e de tal maneira que seja reduzido ao mínimo o risco de se afrouxarem simultaneamente.

Para a colocação do parafuso deve ser feita furação prévia.

Quanto ao espaçamento de parafusos, item 42-a, prescreve que o espaçamento mínimo, entre centros de dois parafusos de uma mesma linha paralela à direção das fibras, deve ser quatro vezes o diâmetro do parafuso, a distância mínima do centro do último parafuso à extremidade deve ser sete e quatro vezes o diâmetro do parafuso na tração e compressão, respectivamente. No item 42-b diz, que a distância mínima do centro de qualquer parafuso à aresta lateral, medida perpendicularmente às fibras, é uma vez e meia o diâmetro do parafuso, se o esforço transmitido é paralelo às fibras e quatro vezes na zona comprimida, se o



esforço é perpendicular às fibras.

Em seu item 22, faz recomendações para o cálculo de tensões nas bordas de vigas compostas de seção transversal retangular cheia, entarugadas e endentadas

$$\sigma = \pm \frac{M}{W}$$

onde,  $w = 0,85 \frac{bd^2}{6}$  no caso de dois elementos e

$w = 0,70 \frac{bd^2}{6}$  no caso de três elementos.

sendo:  $\sigma$  = tensão normal  
 $M$  = momento fletor  
 $w$  = módulo resistente à flexão

No item 23, dispõe sobre tensões em vigas I e caixão, solicitadas à flexão simples

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

onde deverão ser considerados, no cálculo de  $w$ , todos os enfraquecimentos devidos às ligações.

No item 54, estabelece que a tensão de compressão paralela às fibras, na borda comprimida, na flexão simples não deve exceder:

-em peças de seção retangular,

$$\bar{\sigma}_f = 0,15\sigma_F$$

-em peças de seção I e caixão,

$$\bar{\sigma}_f = 0,15 \sigma_F (0,5 + 0,5\beta)$$

sendo:  $\beta = \gamma \frac{b - b_o}{b} + \frac{b_o}{b}$

- $\gamma$  = função da relação  $d_c/d_o$ , dada na tabela 1 da NBR 7190
- $b$  = largura da mesa comprimida da viga de seção composta
- $b_o$  = largura da alma da viga I ou a soma das larguras das almas de uma viga caixão
- $d_o$  = altura total da seção transversal das vigas de seção composta
- $d_c$  = espessura da mesa comprimida
- $\sigma_F$  = limite de resistência da madeira verde na flexão simples

No item 55. estabelece que as tensões de tração na borda tracionada nas peças solicitadas à flexão simples não devem ultrapassar  $\bar{\sigma}_t = 0,15 \sigma_F$

No item 59, comentários sobre as tensões de cisalhamento paralelas às fibras. Nas ligações, as tensões não deverão ultrapassar  $\bar{\tau} = 0,15 \tau_R$ .

- $\tau_R$  = limite de resistência da madeira verde no cisalhamento paralelo às fibras.

No item 66, limita os esforços admissíveis nas ligações no menor dos seguintes valores:

- 50% do limite de proporcionalidade;
- 20% do limite de resistência;
- esforço correspondente ao deslocamento relativo de 1,5mm entre as peças ligadas.

4.3.2 -NORMA PARA CONSTRUCCIONES DE MADERA - CÁLCULO y EJECUCION - DIN 1052 - 1973 (25), essa norma se aplica a todas as partes de construções de madeira e placas de compensado, sempre que não contrarie outras normas.

No item 5.4.1, prescreve que as tensões em

vigas I e T, pregadas com alma contínua, devem ser calculadas em função da rigidez dos elementos de solidarização, segundo as expressões:

$$\sigma_s = \pm \frac{M}{I_w} \cdot \frac{h_s}{2} \cdot \frac{I_s}{I_{sn}}$$

$$\sigma_1 = \pm \frac{M}{I_w} \left( \gamma \cdot a_1 \cdot \frac{F_1}{F_{1n}} \pm \frac{h_1}{2} \cdot \frac{I_1}{I_{1n}} \right)$$

$$\sigma_{a1} = + \frac{M}{I_w} \cdot \gamma \cdot a_1 \cdot \frac{F_1}{F_{1n}}$$

$$I_w = \sum_{i=1}^n I_i + \gamma \cdot \sum_{i=1}^n (F_i \cdot a_i^2)$$

sendo: M = momento fletor  
 $\sigma_s$  = tensão atuante na borda da alma da seção  
 $\sigma_1$  = tensão atuante na borda da mesa da seção  
 $\sigma_{a1}$  = tensão atuante no centro de gravidade da mesa da seção  
 $h_s$  = altura da alma  
 $a_1$  = distancia do centro de gravidade da seção ao centro de gravidade da mesa comprimida  
 $h_1$  = espessura da mesa  
 $I_s$  = momento de inércia total da alma da seção  
 $I_{sn}$  = momento de inércia reduzido (em função do tipo de solidarização) na alma da seção  
 $I_1$  = momento de inércia total da mesa da seção  
 $I_{1n}$  = momento de inércia reduzido (em função do tipo de solidarização empregado) da mesa da seção  
 $I_w$  = momento de inércia total da seção composta  
 $F_1$  = área total da mesa da seção  
 $F_{1n}$  = área reduzida da mesa da seção  
 $F_i$  = área de cada uma das partes da seção

$\sum_{i=1}^n I_i$  = soma dos momentos de inércia de todas as



seções individuais, referentes a seus eixos de gravidade

ver figura 4.1

$\gamma$  = valor de redução do momento de inércia total dado por:

$$\gamma = \frac{1}{1 + k}$$

$$k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot F_1 \cdot e'}{l^2 C} \quad \text{para seções I e caixaõ}$$

$$k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot e'}{l^2 \cdot (F_1 + F_2) \cdot C} \quad \text{para seções T}$$

sendo: E = módulo de elasticidade da madeira  
 F1 = área da seção transversal da mesa da seção  
 F2 = área da seção transversal da alma da seção  
 e' = distância média entre os elementos de ligação empregados  
 l = distância entre os apoios  
 C = módulo de translação do elemento de ligação empregado

No item 5.4.3, prescreve que os meios de união deverão ser calculados considerando o momento de inércia eficaz.

$$\max t_w = \frac{\max Q \cdot \gamma \cdot S_1}{I_w}$$

$$\text{erf } e = \frac{n \cdot z_{ul} N}{\max t_w}$$

$$\max \tau = \frac{\max Q}{b_2 \cdot I_w} \cdot S_2 \quad \text{em seções T}$$

sendo: S1 = momento estático da seção transversal do elemento a se unir, referido ao eixo de

- $S_1 = a_1 \cdot F_1$  = gravidade da seção completa  
 $n$  = número de filas de meios de união  
 $zul N$  = carga admissível do meio de união  
 $b_2$  = espessura da alma da seção T  
 $S_2$  = momento estático da parte da alma que se encontra abaixo da linha neutra em relação a linha neutra  
 $max t_w$  = fluxo máximo de cisalhamento  
 $erf e$  = distância necessária dos meios de união  
 $max \tau$  = máxima tensão de cisalhamento no eixo de gravidade da seção transversal total

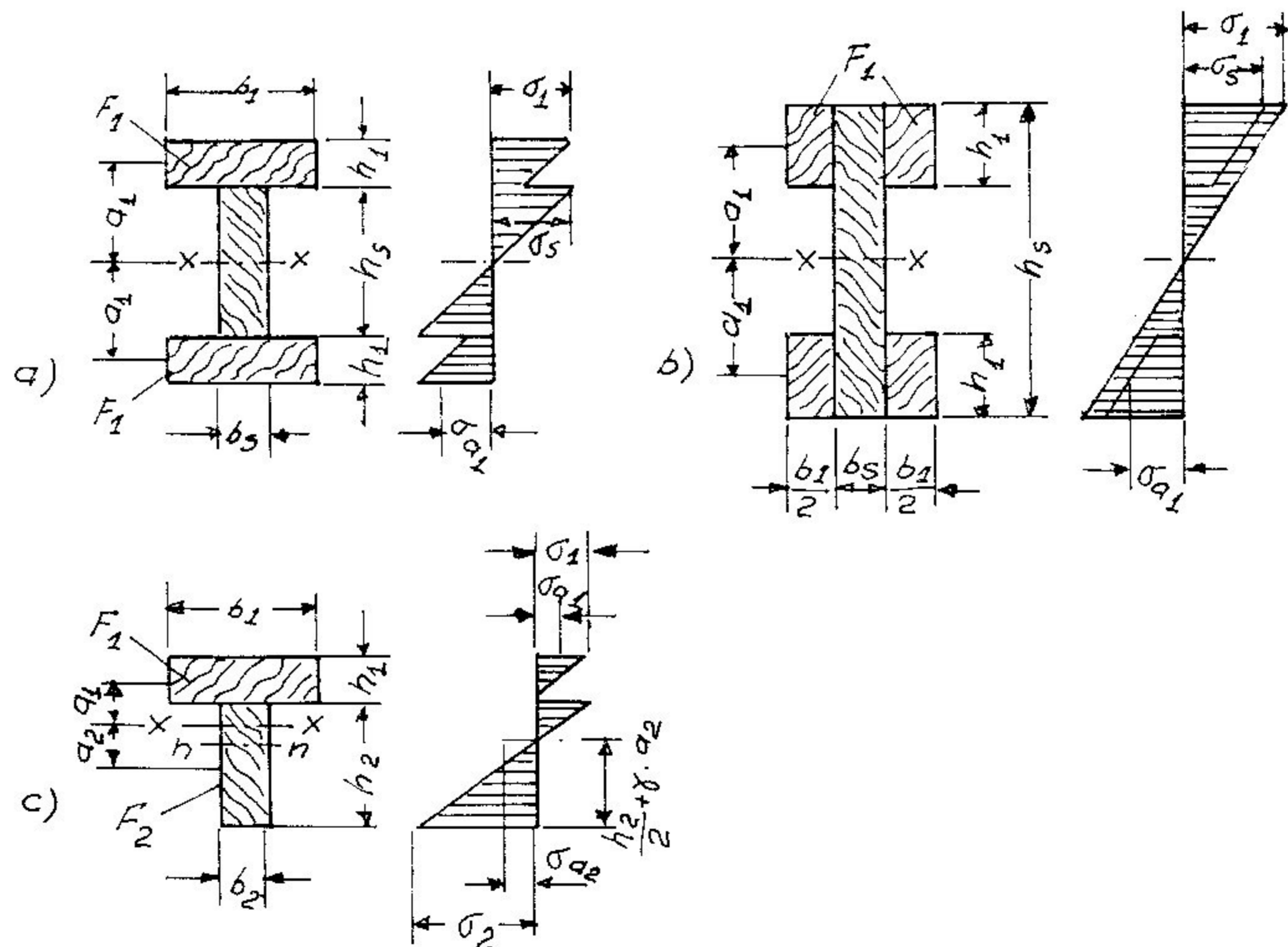


Fig. 4.1 - Distribuição de tensões

No item 10.1, prescreve que, no cálculo da flecha para vigas compostas, deve ser usado o momento de inércia eficaz.

No item 11.4 dispõe sobre uniões com parafusos.

A penetração na segunda peça deverá ser maior ou igual a oito vezes o diâmetro do parafuso.

A pré-furação para a parte rosqueada deve ter diâmetro igual a 70% do diâmetro do parafuso e, para o fuste liso, deve ter o mesmo diâmetro do parafuso.

No item 12.1.3, prescreve que todos os meios de união devem ser dispostos simetricamente ao eixo da barra, na direção das fibras, combinados mutuamente para evitar afrouxamento simultâneo.

4.3.3 - NATIONAL DESIGN SPECIFICATION FOR WOOD CONSTRUCTION - RECOMMENDED PRACTICE FOR STRUCTURAL DESIGN BY NATIONAL FOREST PRODUCTS ASSOCIATION -1986 - (26), essa norma regulamenta o projeto de estruturas de madeira maciça serrada, madeira laminada colada e madeira roliça.

Para viga de seção composta não há referência específica de critérios de cálculo. O item 3.1.5, diz que, para construções envolvendo a composição de materiais como madeira-concreto, madeira-aço e madeira-chapas de compensado, as vigas deverão ser projetadas de acordo com a prática na engenharia.

Para conectores, prescreve, em seu item 8.6.2, para juntas com parafusos auto-atarraxantes longos, que espaçamentos, distâncias a extremidades e distâncias as arestas devem ser suficientes para desenvolver a



resistência plena de cada parafuso.

No item 8.6.4, diz que parafusos auto-atarraxantes longos devem ser inseridos em furos prévios.

No item 8.6.5, recomenda que o parafuso deve ser inserido por torção com uma chave, não por marteladas. Diz também que pode ser usado lubrificante para facilitar a inserção e prevenir danos aos parafusos.

4.3.4 - COMMON UNIFIED RULES FOR TIMBER STRUCTURES - EUROCOD nº 5 - 1988 (27), prevê os princípios para projeto de estruturas de madeira sólida e laminada colada.

No item 5.2.4, faz recomendações sobre barras estruturais de seções compostas, ligadas mecanicamente.

No item 5.3.7, comenta sobre o uso de parafuso em juntas de madeira com madeira, recomendando pré-furação, comprimento do fuste liso e penetração do parafuso na segunda peça.

No item 6.4, faz considerações sobre diâmetro e profundidade do furo guia e colocação do parafuso, que nunca deverá ser por martelada e sim por torção.

#### 4.4. Módulo de Elasticidade

HEARMON (28), em um dos primeiros trabalhos experimentais com madeira, para determinar parâmetros elásticos, apresenta um histórico a respeito do estudo cujo

resumo no tocante a módulo de elasticidade (E) é o seguinte:

- *Hagem*, em 1842, observou considerável diferença entre módulo de elasticidade quando calculado em diferentes direções.

- Em 1845, *Laccinotti* e *Levi* observaram uma relação entre o módulo de elasticidade e densidade.

- Estudos paralelos de *Lamarle* levaram-no a concluir que o módulo de elasticidade à tração e compressão apresentava o mesmo valor; concluiu, também, que o ensaio de flexão simples era um método conveniente e preciso na determinação do módulo de elasticidade. Verificou, ainda, que o módulo de elasticidade dependia da umidade ambiente e da posição do corpo de prova na árvore.

- *Chevandier* e *Wetheim*, em 1848, apresentaram uma expressão empírica para a determinação do módulo de elasticidade em função do teor de umidade.

- *St. Venant*, entre 1864 e 1883, apresentou alguns estudos teóricos sobre o comportamento da madeira e percebeu a necessidade de experimentos para a determinação de parâmetros elásticos.

- *Griffith* e *Wigley*, em 1918, apresentaram resultados obtidos experimentalmente, relativos ao módulo de elasticidade longitudinal e módulo de elasticidade transversal.

MARCH, KUENZI e KOMMERS (29), em 1942, pela primeira vez, tentaram sistematizar os ensaios para a determinação do módulo de elasticidade transversal da madeira.



HEARMON (30), em 1948, publicou trabalho onde comparou a elasticidade da madeira com a das chapas de madeira compensada.

NEWLIM e TRAYER (31), em 1956, testaram vigas I, caixão, retangular e I com alma dupla, várias vezes, com diferentes vãos. As vigas foram feitas com alma de compensado e flanges de madeira maciça, ou com toda a seção de madeira maciça. Verificou-se que consideráveis erros podem ser introduzidos na determinação da distorção de uma viga, se for negligenciada a deformação devida ao cisalhamento, principalmente se a relação vão/altura ( $l/h$ ) for pequena ou a viga apresentar alma fina. Vários testes mostraram que, aumentando o vão, diminui-se o erro. Para pequenos vãos, o erro aumenta rapidamente com a redução do mesmo. Para vigas sólidas, com  $l/h$  variando de 12 a 28, o erro é de aproximadamente 5%.

NORRIS e MCKINNON (32), em 1956, determinaram os parâmetros físicos de resistência e de elasticidade de painéis de madeira compensada.

BEGHTEL e NORRIS (33), em 1959, estudaram a variação de algumas propriedades mecânicas da madeira, variando a relação vão/altura da peça.

NORRIS (34), em 1962, apresentou sua formulação sobre o comportamento de materiais ortotrópicos, entre eles a madeira, baseando-se na teoria de *Henky e Von Mises*.

BOLZA e KLOOT (35), em 1963, publicaram dados relativos às propriedades mecânicas, de ensaios em 174 espécies de madeiras australianas, de acordo com métodos norte-americanos e britânicos.



JOHNSON (36), em 1965, tentou estabelecer relação entre módulo de elasticidade e tensão de ruptura na compressão paralela às fibras.

CORDER (37), em 1965, baseando-se nos estudos de *Johnson*, comenta a necessidade de se conhecer as propriedades elásticas da madeira, para possibilitar a previsão da configuração da linha elástica, quer de um elemento, quer de uma estrutura como um todo.

HELLMEISTER (38), em 1965, apresentou resultados de tensões de ruptura e de módulo de elasticidade à tração paralela, obtidos em um tipo de corpo de prova proposto para ensaios de tração paralela às fibras.

ETHINGON e HIBRAND (39), em 1966, admitiram que a madeira é um material ortotrópico.

MARCH (40), logo a seguir, tratou do problema sob o ponto de vista matemático, deduzindo equações, a partir da teoria da elasticidade, para a determinação das propriedades elásticas da madeira.

KOLLMANN e CÔTÉ (41), em 1968, comentaram a possibilidade de valores aproximadamente iguais para os módulos de elasticidade à tração, à compressão e à flexão.

GUNNERSON, GOODMAN e BODIG (42), em 1971, na determinação de parâmetros elásticos da madeira, a partir de ensaios de placas, chegaram a resultados estatisticamente dispersos, devidos às modificações sugeridas para a obtenção do coeficiente de Poisson nos planos principais da madeira

HELLMEISTER (43), em 1973, apresentou resultados do módulo de elasticidade, a partir de ensaios



de compressão realizados em madeiras nacionais, variando a inclinação das fibras em relação à direção de aplicação da carga, para comprovar a validade da equação de *Hankinson* para a variação do módulo de elasticidade.

FOUDJET (44), em 1980, apresentou trabalho acerca dos métodos de caracterização de materiais anisotrópicos, com referência à sua aplicação à madeira.

SEICHEPINE (45), em 1980, publicou trabalho acerca da determinação da matriz "tensor - elástico" para materiais anisotrópicos, com aplicação particular para madeira.

ROCCO LAHR (46), em 1983, apresentou expressão obtida através de resultados experimentais para relacionar o módulo de elasticidade, chamado de aparente, e obtido em ensaios de flexão com a relação vão/altura ( $l/h$ ) = 14 e o módulo de elasticidade real, obtido com peças cuja relação  $l/h$  era igual a 21. Como complemento deste trabalho, apresenta também uma análise estatística dos valores do módulo de elasticidade, obtidos em ensaios de compressão e em ensaios de flexão com  $l/h = 21$ , e concluiu que os mesmos são equivalentes estatisticamente.

CHAHUD (47), em 1985, apresentou um modelo de corpo-de-prova, como proposta para determinação do módulo de elasticidade em ensaios de tração com carga na direção paralela às fibras, e concluiu que o referido parâmetro apresenta uma distribuição normal de frequência para os valores experimentais.

MASCIA (48), em 1985, apresentou resultados experimentais de ensaios em peças com a relação  $l/h = 21$ , com carga aplicada no meio do vão e carga aplicada nos terços do vão e concluiu que os módulos de elasticidade são



estatisticamente equivalentes. Demonstrou, ainda, que o tamanho dos corpos de prova não influi no resultado do módulo de elasticidade à compressão.

CHAHUD (49), em 1989, apresentou resultados de trabalho de pesquisa experimental, onde comparou resultados do módulo de elasticidade, obtidos em ensaios de flexão, compressão e tração para várias espécies de madeira nacionais. Verificou que pode ser admitida a equivalência estatística entre os valores do módulo de elasticidade nos três ensaios. Concluiu ser possível estimar, com precisão, os módulos de elasticidade da madeira, através da realização de apenas um entre os ensaios de flexão, tração paralela às fibras e compressão paralela às fibras.



## 5. MATERIAIS

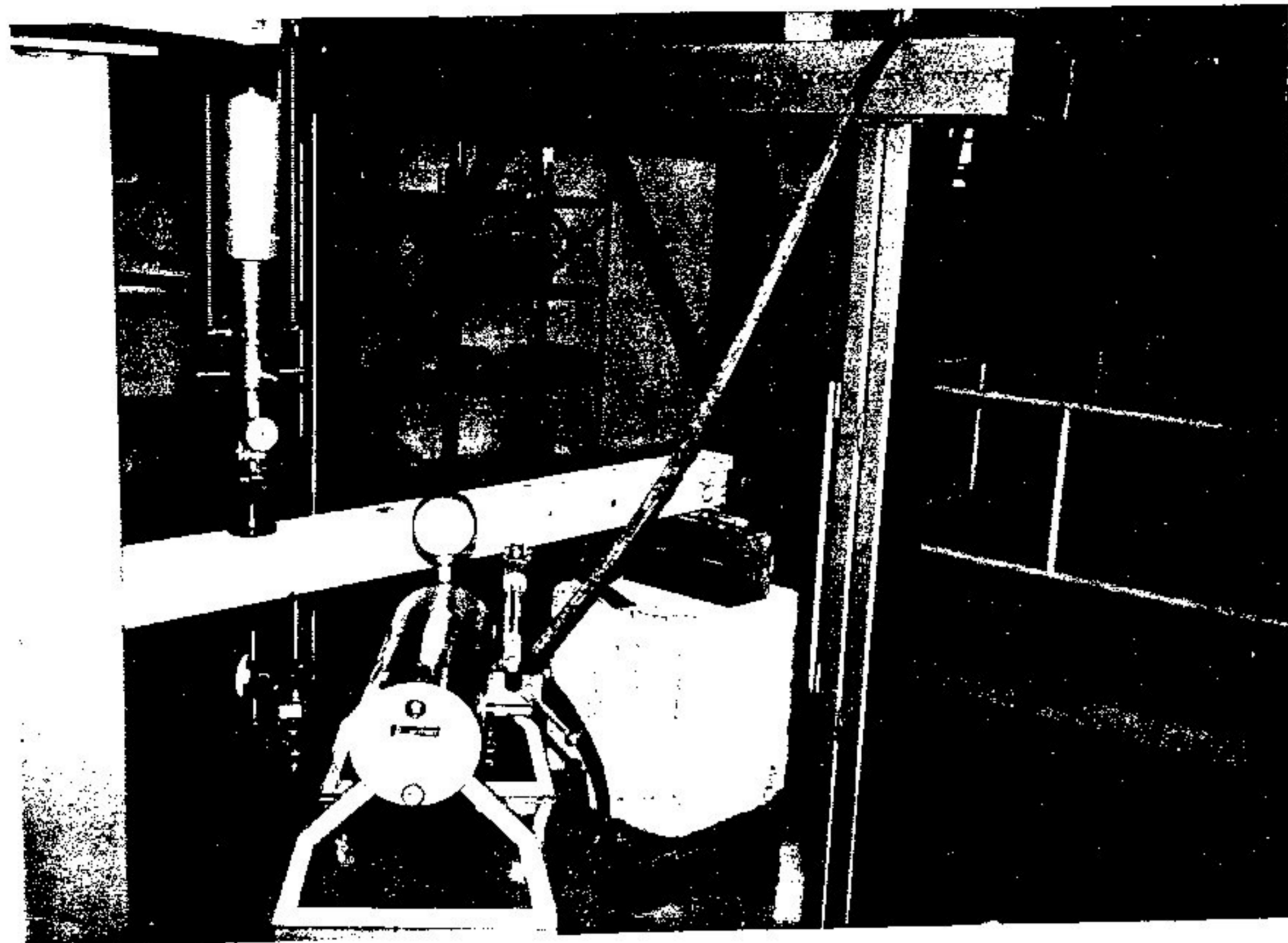
---

### 5.1. Considerações Iniciais

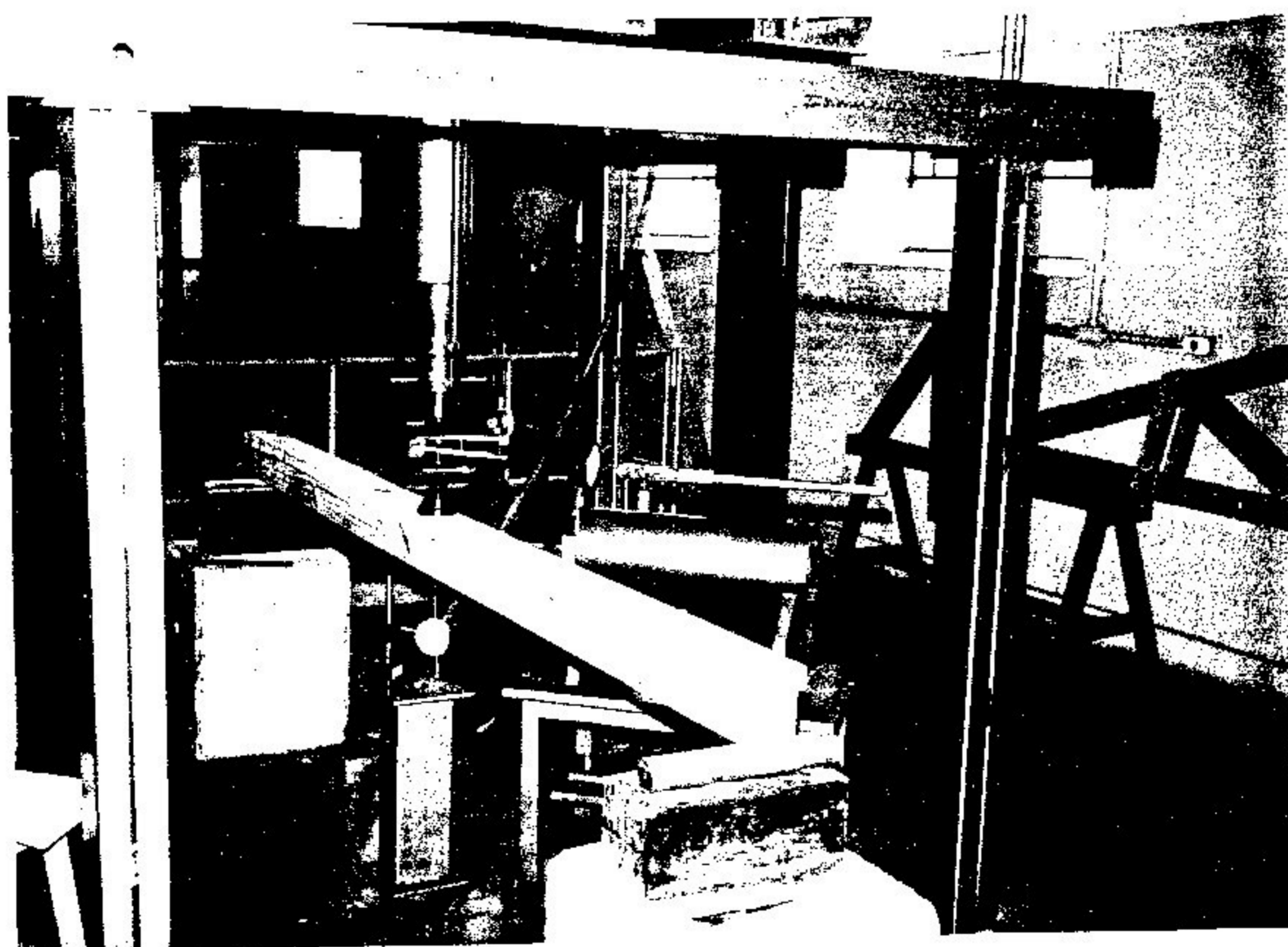
A parte experimental deste trabalho, descrita a partir do capítulo 6 desta dissertação, foi realizada com os equipamentos do *Laboratório de Análise Experimental de Estruturas (LAEES)*, do *Departamento de Engenharia de Estruturas (DEES) da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (EEUFMG)*.

O equipamento principal utilizado foi um pórtico de aplicação de carga, composto por um macaco hidráulico com capacidade de 200kN, um anel dinamométrico com capacidade de 100kN e um relógio comparador para a determinação da flecha das peças, com curso de 50mm e precisão de 0,01mm.

As figuras 5.1 e 5.2 ilustram o equipamento acima descrito.



*Fig. 5.1*



*Fig. 5.2*



## 5.2. Espécies de Madeira

Para a realização deste trabalho, na fabricação da viga composta de madeira, utilizando-se o parafuso como elemento de solidarização, cuja aplicação principal serão as terças de cobertura para grandes vãos, optou-se por uma espécie de madeira de reflorestamento, o *Pinus Elliottii* e por uma espécie de madeira nativa, a *Castanheira*.

O *Pinus Elliottii* está sendo utilizado, a nível nacional, em estruturas pré-fabricadas de madeira para coberturas, apesar de ser uma espécie de madeira que apresenta muitos defeitos (nós por exemplo) e baixa resistência quando comparada às espécies antes utilizadas.

A obtenção do *Pinus Elliottii* é facilitada, devido a sua utilização em reflorestamento, por ser uma espécie que se adaptou muito bem ao clima nacional e apresentar um rápido crescimento.

A *Castanheira*, hoje em esgotamento no Brasil, apresenta alta resistência mecânica, alto índice de homogeneidade e um excelente comportamento estrutural, o que justifica a escolha dessa espécie para o desenvolvimento do presente trabalho.

## 5.3. Dimensões das Peças

Um dos objetivos deste trabalho é a utilização de peças com bitolas comerciais, visando a um



melhor aproveitamento do material encontrado no mercado.

Em função do exposto, as dimensões das vigas em seção T devem manter aproximadamente as seguintes proporções:

$$b_A = 2h_M$$

$$b_M = h_A$$

$l/h \geq 21$ , para minorar a influência de deformações cisalhantes na flecha total da viga.

onde:  $b_A$  = largura da alma  
 $b_M$  = largura da mesa  
 $h_A$  = altura da alma  
 $h_M$  = altura da mesa  
 $h$  = altura total da seção T  
 $l$  = vão livre da viga

Obedecendo-se a estas proporções, o perfil T apresentará uma seção transversal composta de uma alma com as dimensões de uma peça comercial e uma mesa com dimensões resultantes do desdobro de uma viga de dimensões iguais às da alma.

A figura 5.3 mostra esquematicamente a seção composta T.

#### 5.4. Tipo de Parafuso

Na escolha do parafuso, procurou-se aquele fabricante que, além de oferecer mais dados técnicos do seu material, oferecia também as bitolas e tamanhos necessários para a composição das vigas.

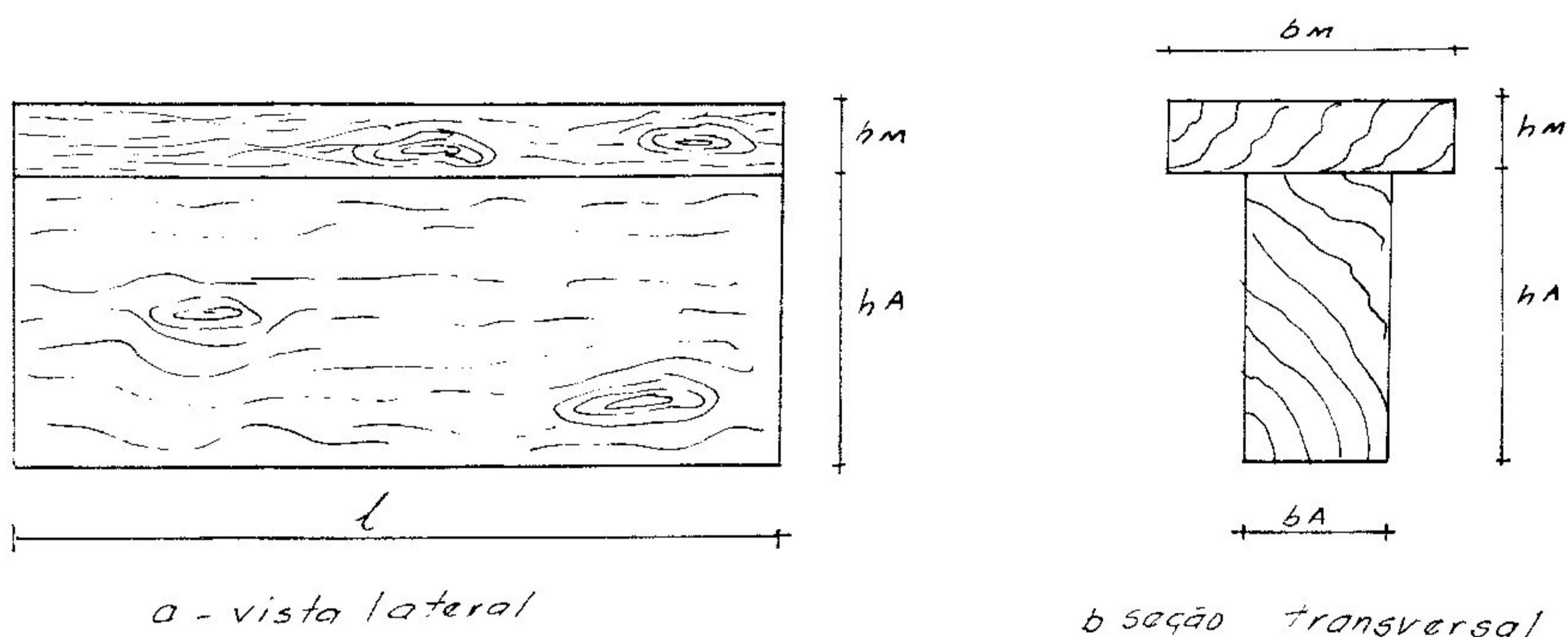


Fig. 5.3 - Viga composta T

Entre outros, o parafuso deveria atender aos seguintes requisitos:

.diâmetro, respeitando a relação  $\lambda$  entre a menor espessura da madeira e diâmetro do parafuso, segundo *Stamato* (50).

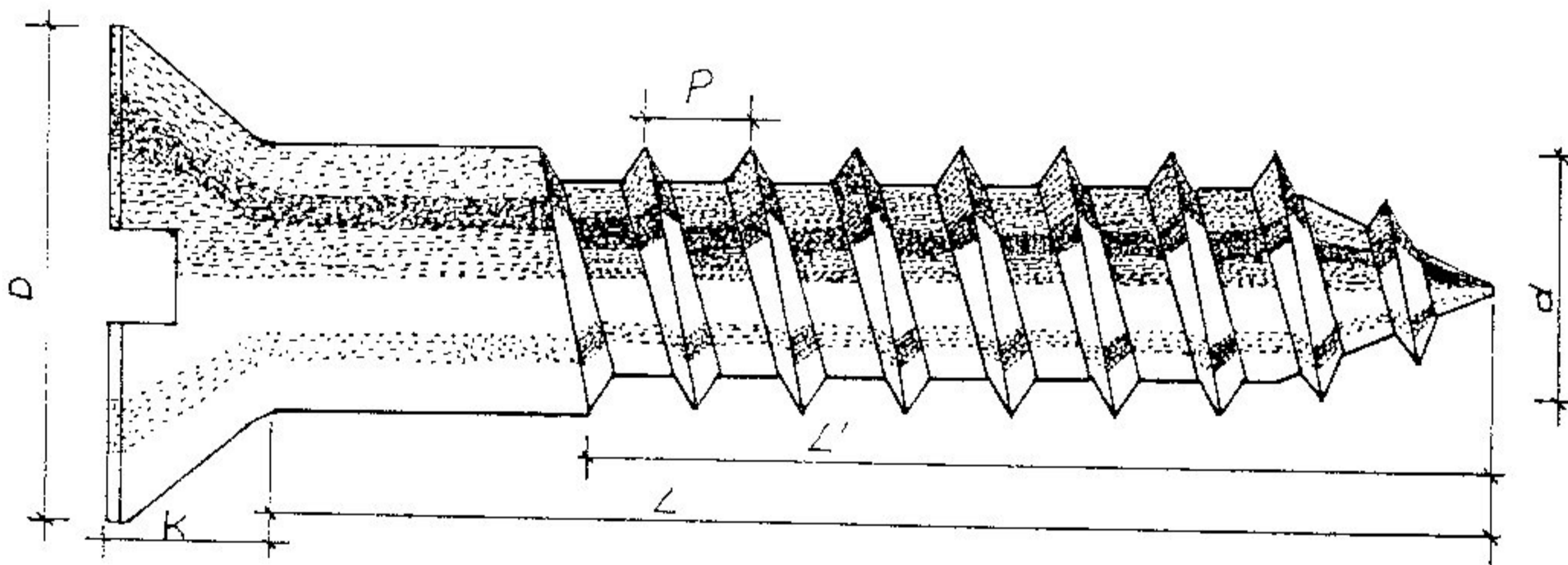
$$4 \leq \lambda \leq 6 ;$$

.comprimento, segundo o que prescreve a *DIN* 1052, item 11.4.1 (51) e *Eurocode* nº 5 item 5.3.7 (52), o fuste liso do parafuso deve ter comprimento maior ou igual à espessura da primeira peça de madeira;

a penetração do parafuso, na peça do lado da ponta, não deve ser inferior a oito vezes seu diâmetro, segundo o que prescreve a *DIN 1052* item 11.4.1 (53).

O parafuso adotado para este trabalho foi o *Parafuso para Madeira da Mitto*, fabricado com aço baixo carbono, acabamento zincado, fabricado pela *Michelletto Minas LTDA*. As medidas e tolerâncias de fabricação satisfazem à norma *ANSI B 18.6.1* de 1969. Foi utilizado o parafuso de cabeça chata, para se ter um melhor acabamento.

Os parafusos utilizados apresentaram as características contidas no relatório fornecido pelo fabricante, conforme anexo 1.



*Fig. 5.4 - Parafuso utilizado*



## 6. ENSAIOS PRELIMINARES

---

Para cada elemento utilizado na composição da viga T (alma e mesa), foi executado um ensaio de flexão estática, para a determinação do módulo de elasticidade longitudinal da peça de madeira.

Este ensaio foi conduzido na faixa elástica de solicitação, não se atingindo, em nenhum momento, o limite de proporcionalidade do material.

A face superior de cada peça foi marcada e, posteriormente, na montagem da viga composta T, isto foi obedecido tanto para a alma, quanto para a mesa, evitando assim comportamento da peça isolada diferente do comportamento da viga de seção composta.

### 6.1 Preparo dos Corpos de Prova

Quando se decidiu pela realização deste estudo, pensou-se, imediatamente no corpo-de-prova a ser ensaiado e concluiu-se que deveria sempre racionalizar mão-de-obra no preparo das peças, ou seja, utilizando-se, dentro do possível, a madeira encontrada nas madeiras. Em momento algum preocupou-se em ter um fino acabamento nas peças, deixando-as, assim bem próximas da realidade de nossas obras.

Os corpos-de-prova foram construídos em escala reduzida e dimensões bastante próximas daquelas mencionadas no item 5.3.

As máquinas utilizadas no preparo das peças não serão aqui descritas por se tratar daquelas bastante conhecidas, encontradas em praticamente todas as oficinas de carpintaria, tais como:

- .Serra de Fita
- .Serra Circular
- .Tupia
- .Plaina

A plaina foi utilizada apenas para maior aproximação das dimensões desejadas.

Depois de preparadas as peças, elas continuaram estocadas na oficina do *LAEEES*, com umidade e temperatura ambiente.

As dimensões das peças estão mostradas nas tabelas que seguem.

mesa	b <sub>M</sub> (cm)	h <sub>M</sub> (cm)	l (cm)	I (cm <sup>4</sup> )
M01	8,90	3,10	240,00	22,10
M02	8,90	3,10	240,00	22,10
M03	8,95	3,10	240,00	22,22
M04	8,90	3,10	240,00	22,10
M05	8,90	3,10	240,00	22,10
M06	8,90	3,10	240,00	22,10

Tabela 6.1 - Dimensões das mesas de Pinus Elliottii

mesa	b <sub>M</sub> (cm)	h <sub>M</sub> (cm)	l (cm)	I (cm <sup>4</sup> )
M07	5,00	1,50	140,00	1,41
M08	5,10	1,60	140,00	1,74
M09	5,00	1,50	140,00	1,41
M10	5,00	1,60	140,00	1,71
M11	6,90	1,50	175,00	1,94
M12	6,90	1,50	175,00	1,94
M13	13,80	3,00	400,00	31,05

Tabela 6.2 - Dimensões das mesas de Castanheira



mesa	bA (cm)	hA (cm)	l (cm)	I (cm <sup>4</sup> )
A01	5,75	8,30	240,00	273,98
A02	6,00	8,30	240,00	285,89
A03	6,00	8,30	240,00	285,89
A04	5,75	8,30	240,00	273,98
A05	5,30	8,30	240,00	276,36
A06	6,00	8,30	240,00	285,89

Tabela 6.3 - Dimensões das almas de Pinus Elliottii

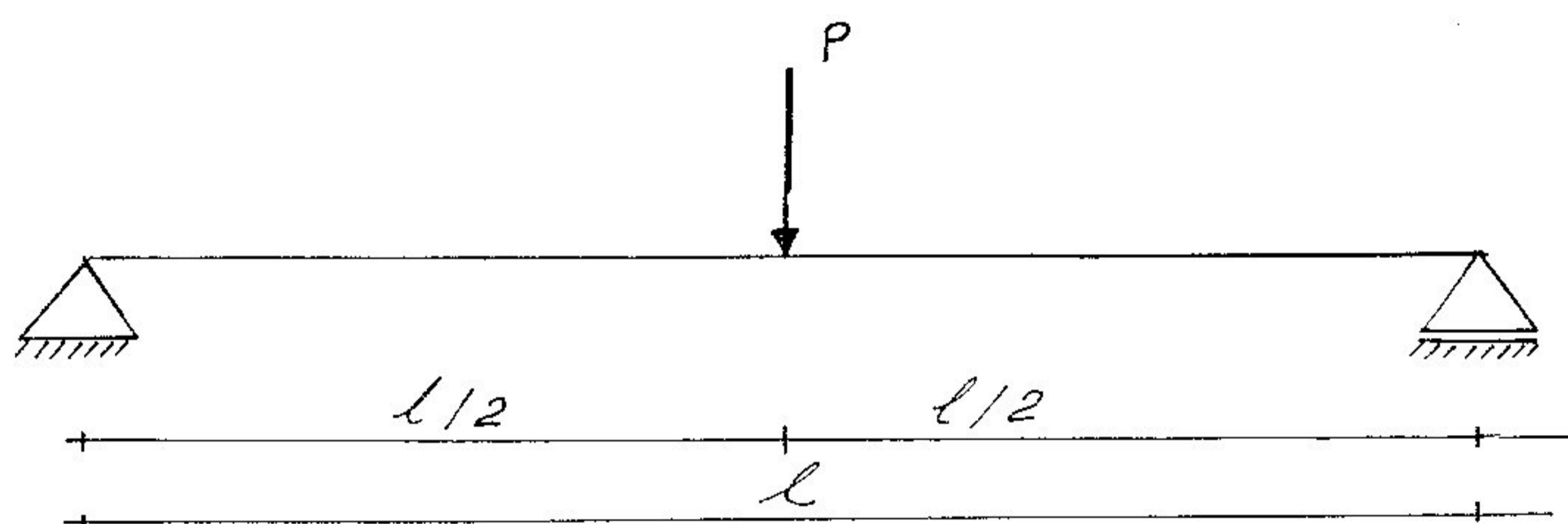
alma	bA (cm)	hA (cm)	l (cm)	I (cm <sup>4</sup> )
A07	2,50	5,00	140,00	26,04
A08	2,50	5,00	140,00	26,04
A09	2,40	5,00	140,00	25,00
A10	2,50	5,00	140,00	26,04
A11	3,50	6,90	175,00	95,82
A12	3,50	6,90	175,00	95,82
A13	6,00	14,00	400,00	1372,00

Tabela 6.4 - Dimensões das almas de Castanheira

## 6.2. Realização dos Ensaios Preliminares

Para o ensaio das peças à flexão estática, foram montadas vigas biapoiadas com aplicação de carga concentrada no meio do vão, para cada elemento de alma e mesa, respeitando-se sempre a face superior marcada anteriormente.

A figura 6.1 ilustra o ensaio



*Fig. 6.1 - Esquema da viga bi-apoiada*



O módulo de elasticidade longitudinal foi determinado por:

$$v = Pl^3/48EI \quad , \quad \text{donde: } E = Pl^3/48lv$$

sendo: P = carga aplicada

l = vão da viga

I = momento de inércia da seção transversal da peça

v = flecha no meio do vão da viga devida à carga P<sub>1</sub>

E = módulo de elasticidade longitudinal da madeira

Para cada variação da carga aplicada, foi realizada uma leitura da flecha e calculado o valor de E<sub>i</sub>. Depois de n leituras, determinou-se o módulo de elasticidade longitudinal da madeira (E), pela média dos n valores calculados de E<sub>i</sub>.

Para cada peça ensaiada, aplicou-se dois ciclos de carregamento, obtendo-se, portanto, dois valores de flecha para cada carga aplicada. O valor da flecha considerado, foi a média dos dois valores correspondentes a uma mesma carga. Foi observado que retirando-se o carregamento da viga, não houve deformação residual, ou seja, voltou a posição inicial.

A seguir serão apresentadas algumas tabelas, a título de ilustração. Os valores de IA e IM foram extraídos das tabelas 6.1 e 6.3 .

P (N)	$\Delta P$ (N)	v1 (mm)	v2 (mm)	$\bar{v}$ (mm)	$\Delta v$ (mm)	EA <sub>i</sub> (MPa)
242,60	242,60	4,57	4,49	4,53	4,53	5629
485,20	242,60	7,34	7,30	7,32	2,79	9140
727,80	242,60	10,33	10,31	10,32	3,00	8500
970,40	242,60	13,28	13,26	13,27	2,95	8645
1213,00	242,60	16,49	16,51	16,50	3,23	7895
$EA = \Sigma EA_i / 5$ $EA = 7962 \text{ MPa}$						$\Sigma EA_i = 39810$

Tabela 6.5 - Cálculo de EA - Peça A01

P (N)	$\Delta P$ (N)	v1 (mm)	v2 (mm)	$\bar{v}$ (mm)	$\Delta v$ (mm)	$E_{M_i}$ (MPa)
5,800	5,800	1,13	1,03	1,08	1,08	6998
11,599	5,803	2,35	2,25	2,30	1,22	6199
17,404	5,805	3,58	3,52	3,55	1,25	6052
23,203	5,799	4,81	4,75	4,78	1,23	6144
29,026	5,823	6,10	6,06	6,08	1,30	5837
34,856	5,830	7,33	7,29	7,31	1,23	6177
40,663	5,807	8,59	8,57	8,58	1,27	5959
46,475	5,812	9,83	9,85	9,84	1,26	6011
$E_{M_i} = \Sigma E_{M_i} / 8$ $E_M = 6172 \text{ MPa}$					$\Sigma E_{M_i} = 49377$	

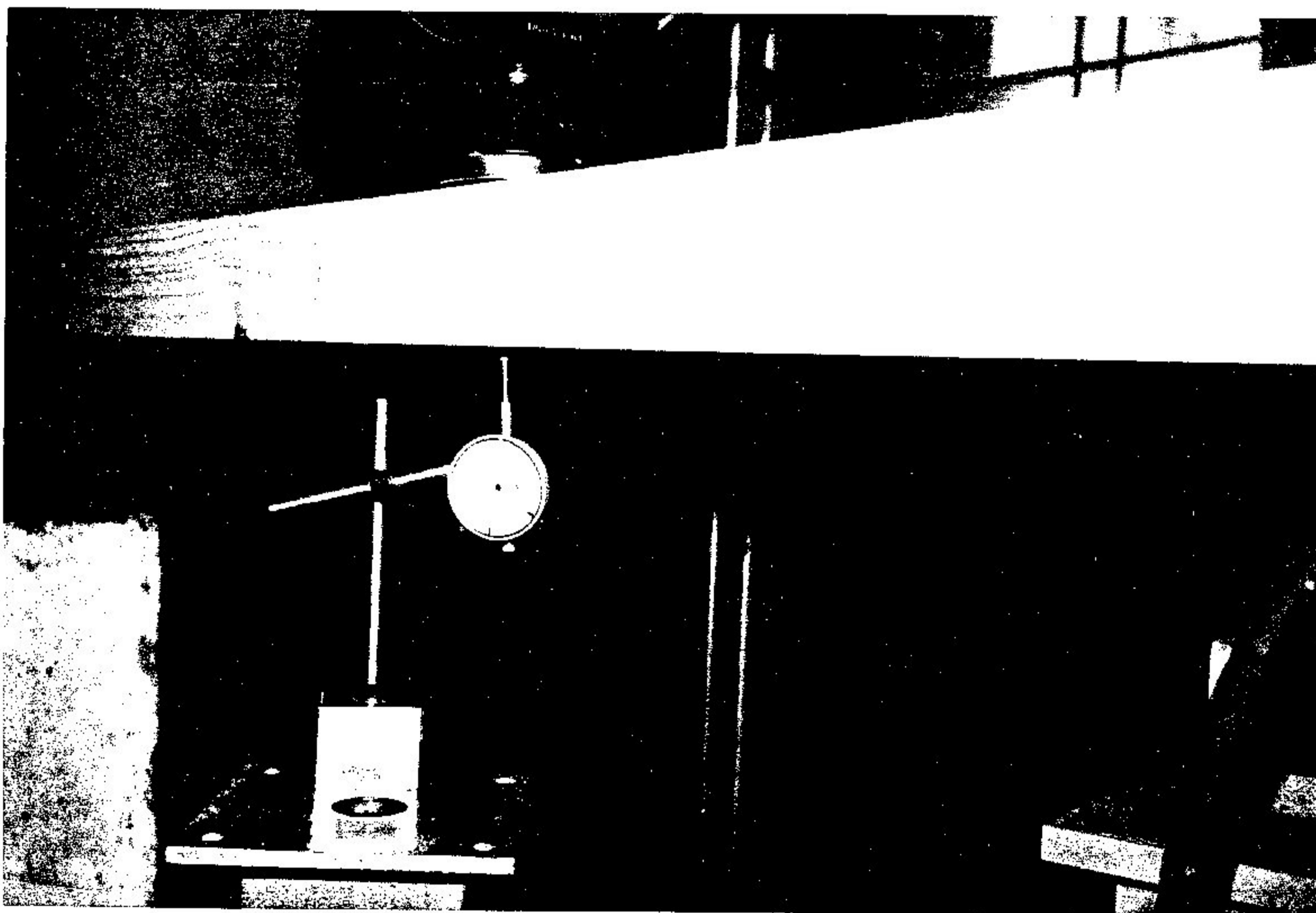
Tabela 6.6 -Cálculo de EM - Peça M01

Para as peças de alma, foi aplicado um carregamento perpendicular ao eixo de maior inércia, utilizando-se o esquema das figuras 6.2 e 6.3.





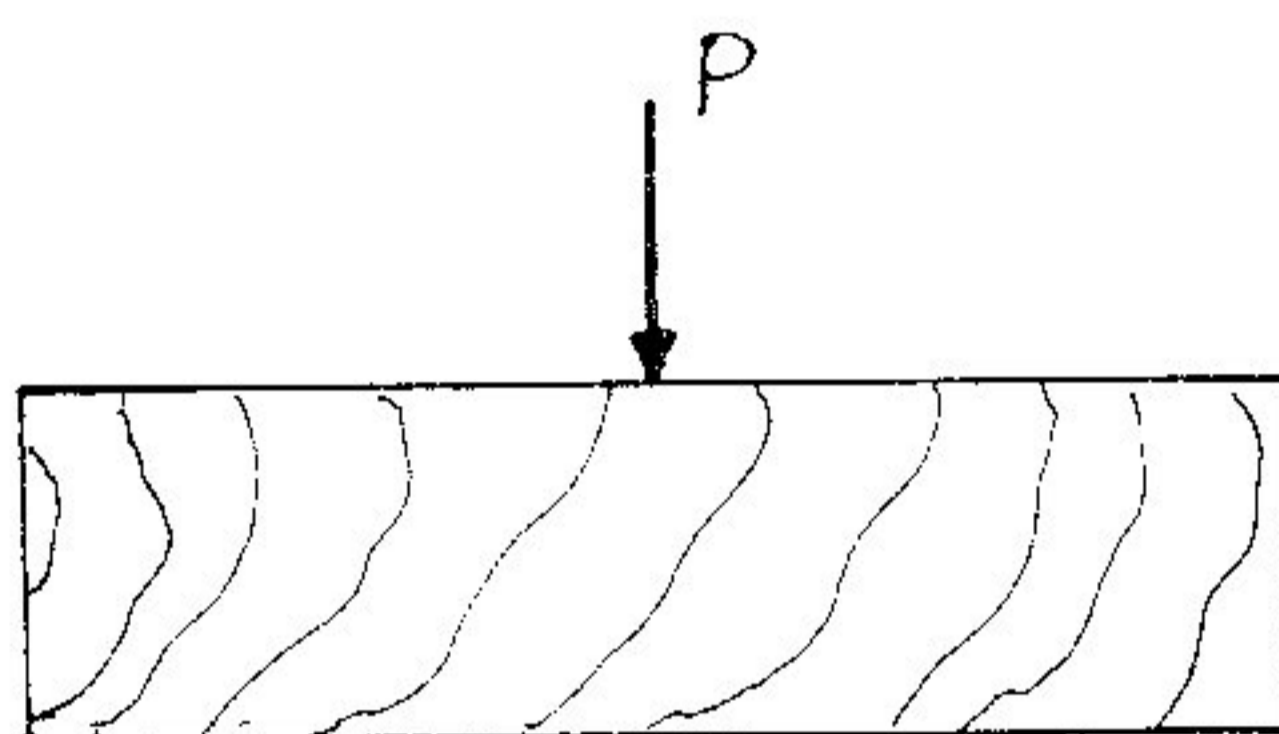
*Fig. 6.2 - Esquema de aplicação de carga no elemento de alma*



*Fig. 6.3 - ensaio do elemento de alma*

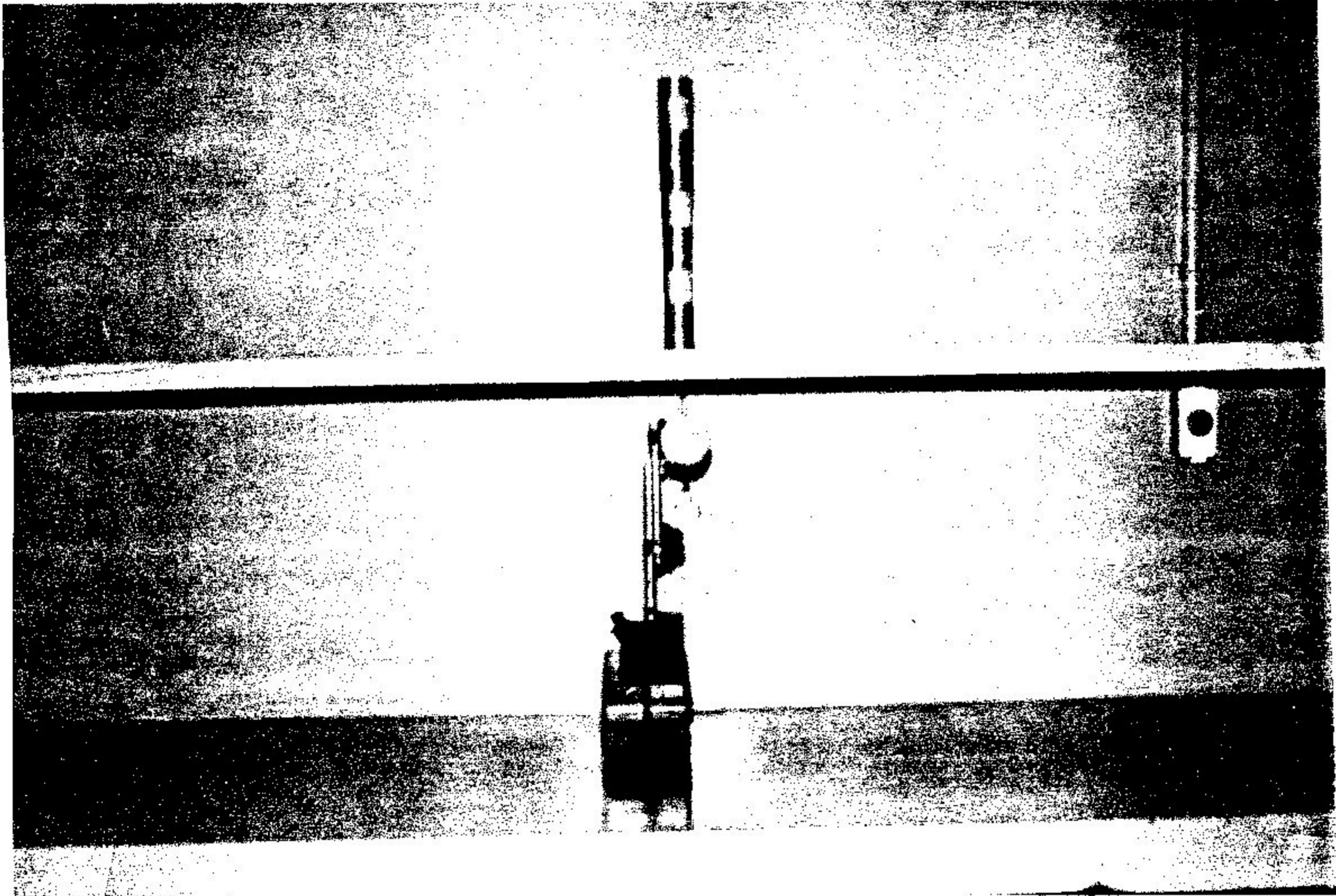
Para as peças de mesa, o carregamento foi aplicado perpendicular ao eixo de menor inércia. Ver figuras 6.4 e 6.5. Como estas eram muito esbeltas e deformavam-se com pequenas cargas, realizou-se este ensaio aplicando cargas manualmente, pois uma divisão no sistema de carregamento é de 242,60N, o que já ultrapassa a maior carga aplicada.

Os ensaios apresentaram gráficos *carga X flecha*, como os das figuras 6.6 e 6.7, mostrando um comportamento linear conforme as hipóteses adotadas ao se calcular a flecha como  $v = Pl^3/48EI$ .

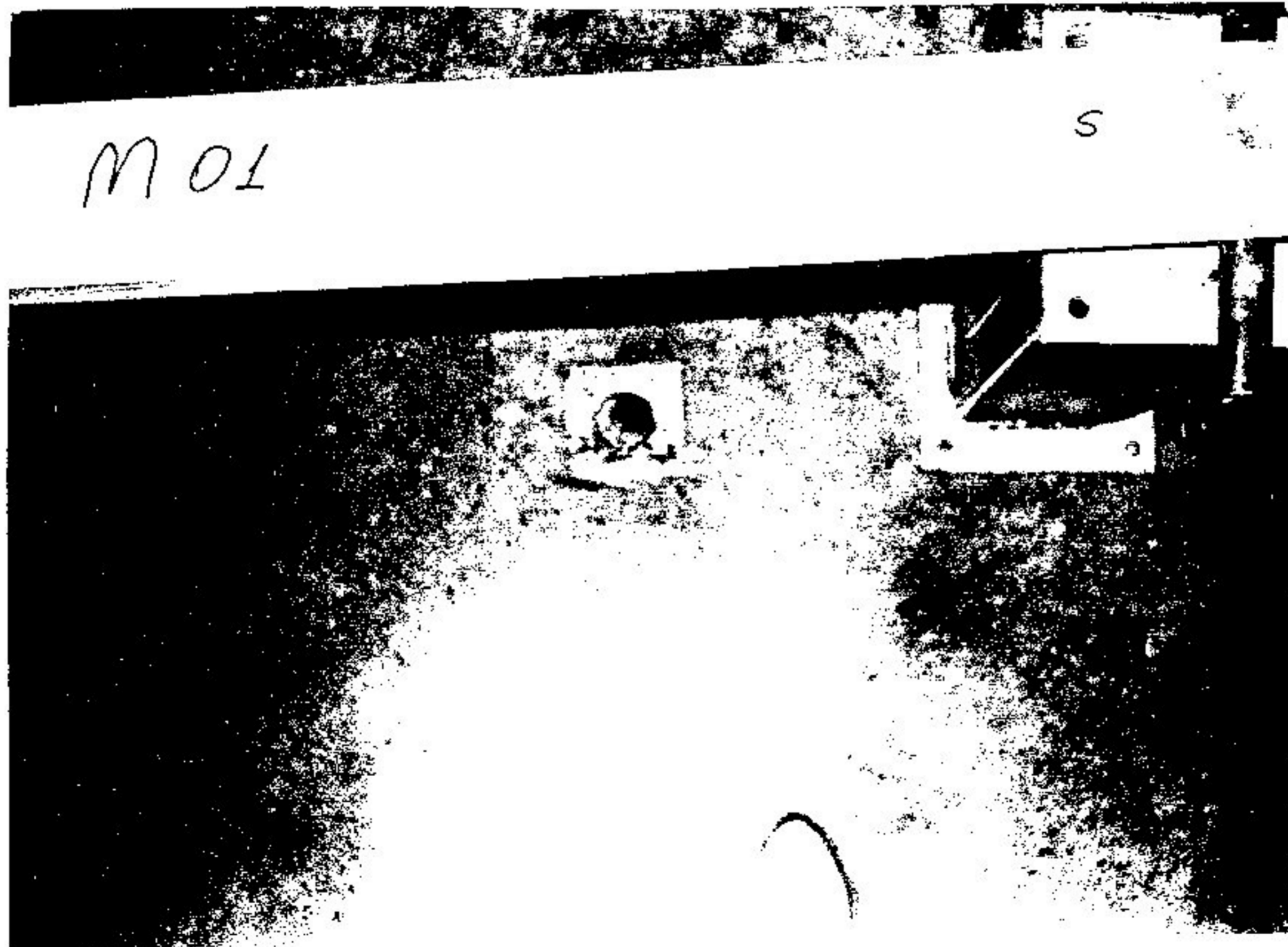


*Fig. 6.4 - Esquema de carregamento no elemento da mesa*





*Fig. 6.5a - Ensaio do elemento de mesa*



*Fig. 6.5b - detalhe da face superior*



# M 03

## Carga X Flecha

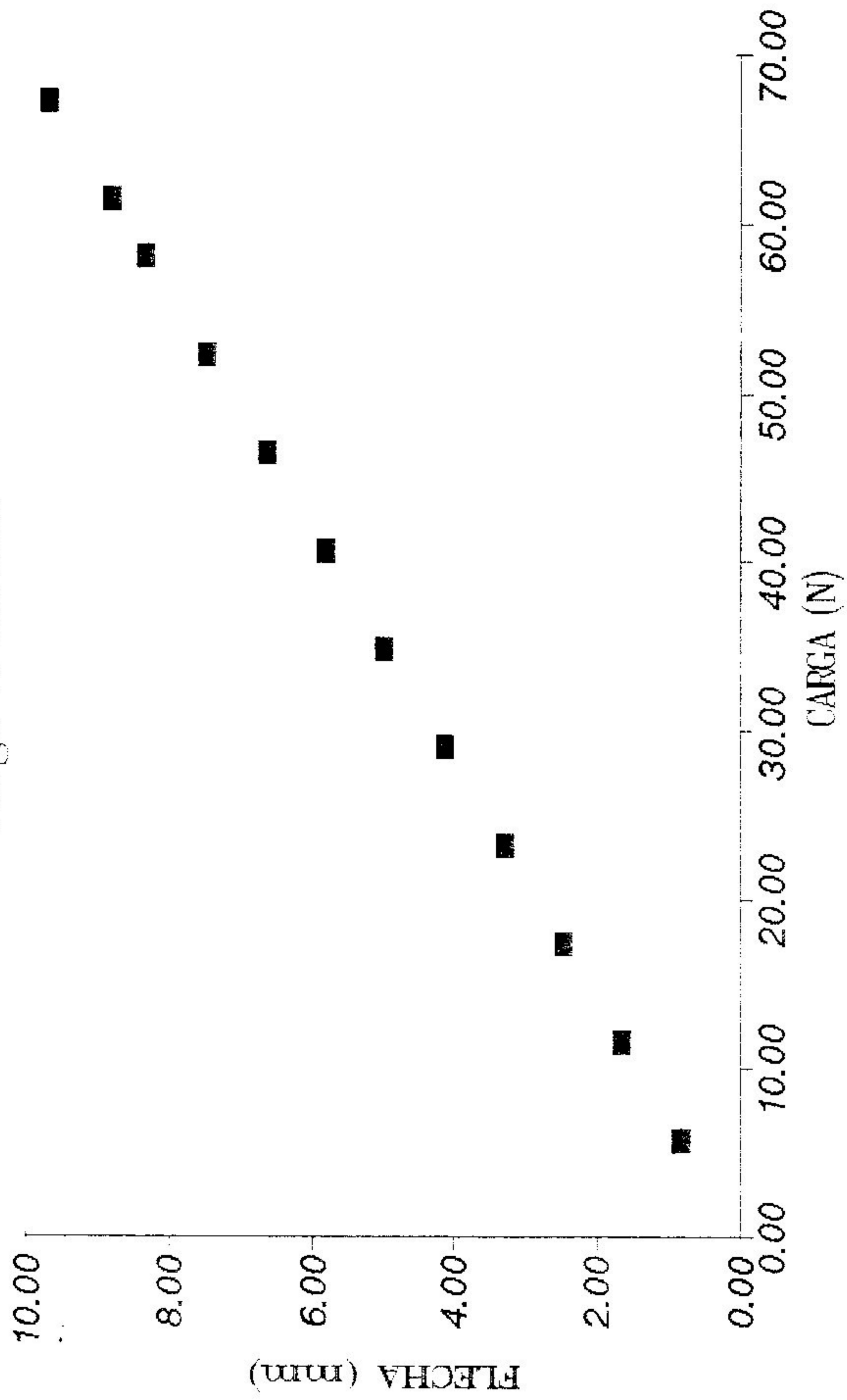


Fig. 6.6

A 03  
Carga X Flecha

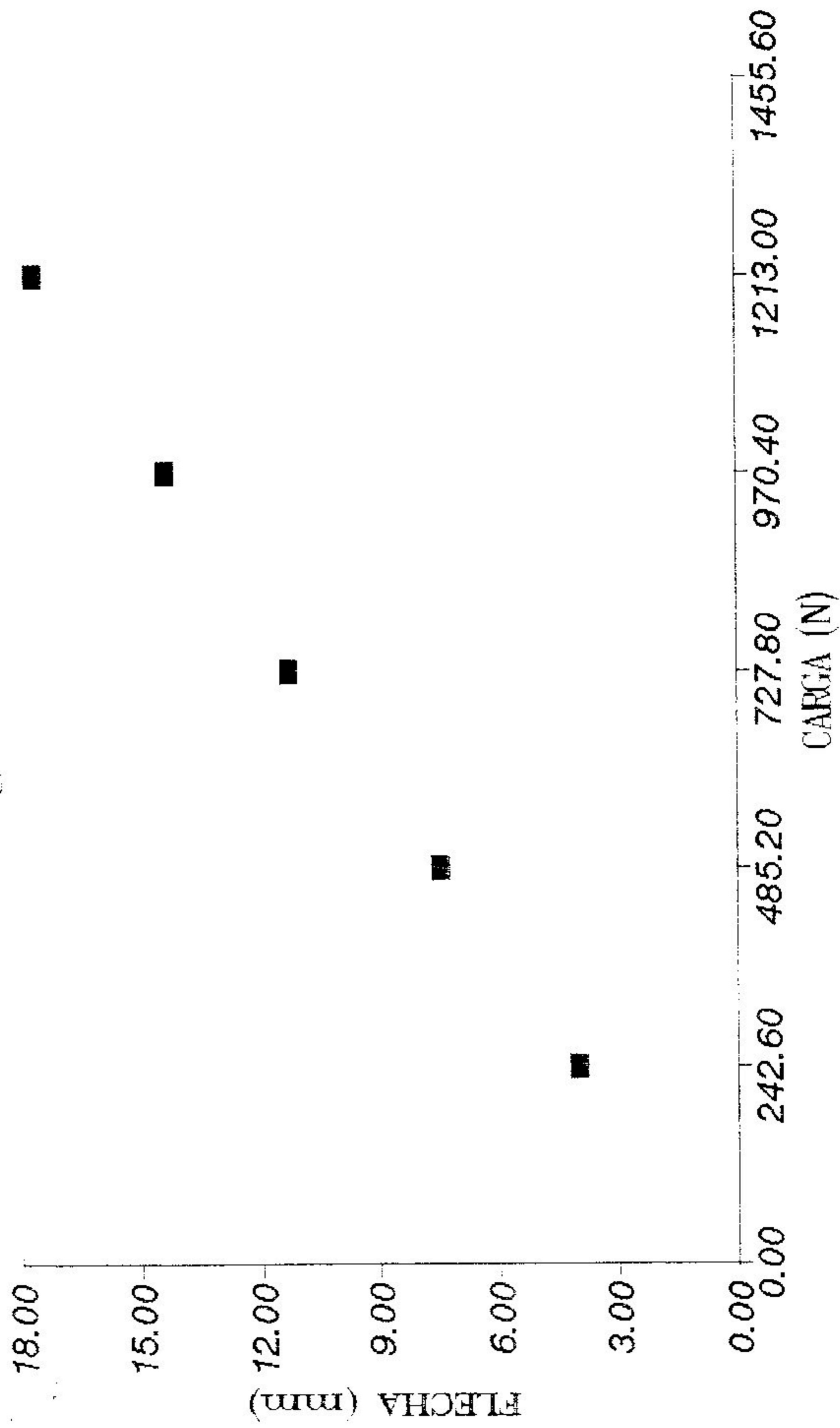


Fig. 6.7

6.3. Apresentação dos Resultados

mesa	bM (cm)	hM (cm)	IM (cm <sup>4</sup> )	EM (MPa)
M01	8,90	3,10	22,10	6172
M02	8,90	3,10	22,10	8122
M03	8,95	3,10	22,22	8989
M04	8,90	3,10	22,10	5120
M05	8,90	3,10	22,10	3896
M06	8,90	3,10	22,10	6241

Tabela 6.7 - Valores de EM - Mesas de Pinus Elliottii



a <sub>lma</sub>	b <sub>A</sub> (cm)	h <sub>A</sub> (cm)	I <sub>A</sub> (cm <sup>4</sup> )	E <sub>A</sub> (MPa)
A01	5,75	8,30	273,98	7962
A02	6,00	8,30	285,89	4710
A03	6,00	8,30	285,89	6977
A04	5,75	8,30	273,98	4833
A05	5,80	8,30	276,97	7514
A06	6,00	8,30	285,89	4916

Tabela 6.8 - Valores de E<sub>A</sub> - Almas de Pinus Elliottii

mesa <sup>l</sup>	b <sub>M</sub> (cm)	h <sub>M</sub> (cm)	I <sub>M</sub> (cm <sup>4</sup> )	E <sub>M</sub> (MPa)
M07	5,00	1,50	1.41	22060
M08	5,10	1,60	1.74	13834
M09	5,00	1,50	1.41	23207
M10	5,00	1,60	1.71	12255
M11	6,90	1,50	1.94	15093
M12	6,90	1,50	1.94	15214
M13	13,80	3,00	91.05	15245

Tabela 6.9 - Valores de E<sub>M</sub> - Mesas de Castanheira

alma <sup>1</sup>	bM (cm)	hM (cm)	IM <sup>4</sup> (cm <sup>4</sup> )	EA (MPa)
A07	2,50	5,00	26.04	14313
A08	2,50	5,00	26.04	16475
A09	2,40	5,00	25.00	11956
A10	2,50	5,00	26.04	12559
A11	3,50	6,90	95.82	11921
A12	3,50	6,90	95.82	19211
A13	6,00	14,00	1372.00	12459

Tabela 6.10 - Valores de EA - Almas de Castanheira



## 7. MONTAGEM DAS VIGAS

---

A idéia inicial para o desenvolvimento deste trabalho inclui a montagem de vigas de seção composta T. Os elementos de alma e mesa foram preparados conforme descrito nos capítulos anteriores. Após a montagem as vigas de seção T apresentaram sempre a relação  $i/h \geq 21$ .

O resumo das características geométricas das vigas T será apresentado a seguir.

viga	bM (cm)	hM (cm)	bA (cm)	hA (cm)	IM (cm <sup>4</sup> )	IA (cm <sup>4</sup> )	$\bar{y}$ (cm)	IT (cm <sup>4</sup> )
V01	8,90	3,10	5,75	8,30	382,05	482,05	6,24	864,10
V02	8,90	3,10	6,00	8,30	393,30	491,52	6,18	884,81
V03	8,95	3,10	6,00	8,30	394,08	492,93	6,19	887,02
V04	8,90	3,10	5,75	8,30	382,05	482,05	6,24	884,10
V05	8,90	3,10	5,80	8,30	384,24	484,03	6,23	868,28
V06	8,90	3,10	6,00	8,30	393,30	491,52	6,18	884,81

Tabela 7.1 Vigas de Pinus Elliottii

viga	bM (cm)	hM (cm)	bA (cm)	hA (cm)	IM (cm <sup>4</sup> )	IA (cm <sup>4</sup> )	$\bar{y}$ (cm)	$\bar{I}_T$ (cm <sup>4</sup> )
V07	5,00	1,50	2,50	5,00	32,34	44,62	3,72	76,96
V08	5,10	1,60	2,50	5,00	34,28	47,26	3,80	81,55
V09	5,00	1,50	2,40	5,00	31,41	43,75	3,75	75,16
V10	5,00	1,60	2,50	5,00	34,13	46,78	3,79	80,90
V11	6,90	1,5	3,50	6,90	91,40	134,16	4,71	225,56
V12	6,90	1,50	3,50	6,90	91,40	134,16	4,71	225,56
V13	13,30	3,00	6,00	14,00	1371,42	2035,27	9,81	3406,69

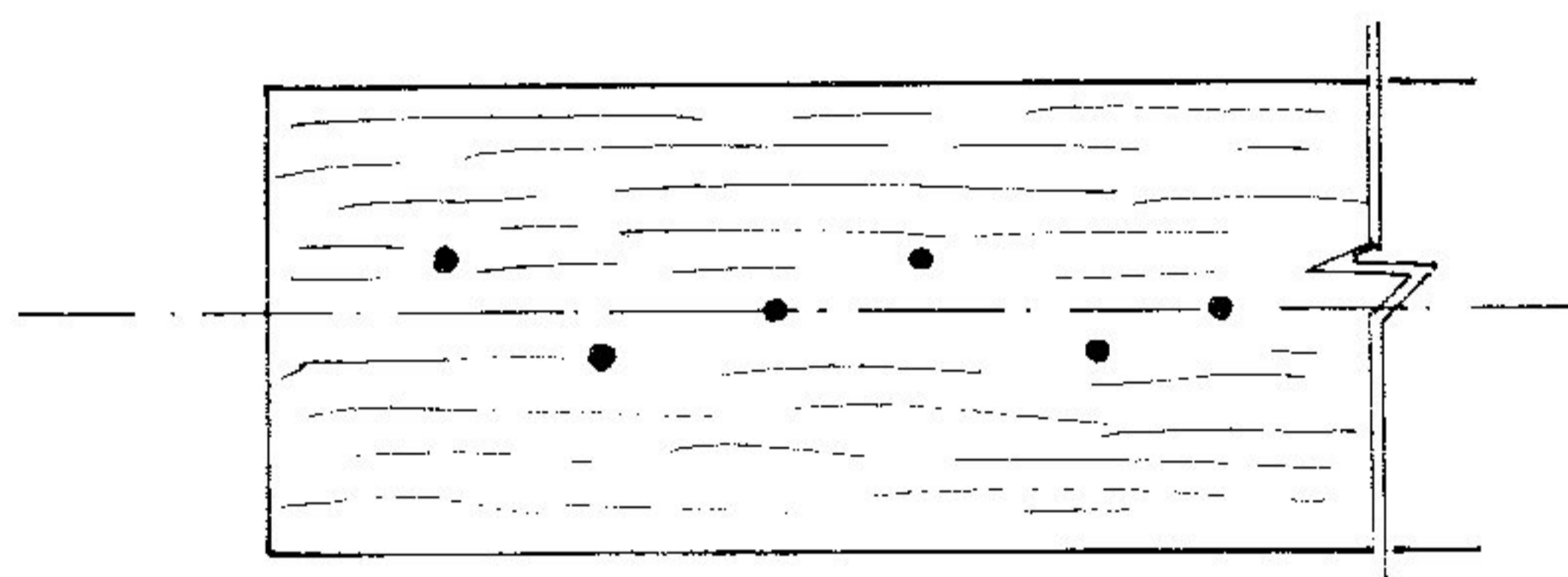
Tabela 7.2 Vigas de Castanheira

Na realização desta etapa dos trabalhos foi observada toda uma seqüência de execução, pois, de uma certa forma, o sucesso da experimentação está relacionado em muito com a perfeição na montagem das vigas compostas de seção T.

### 7.1. Furação

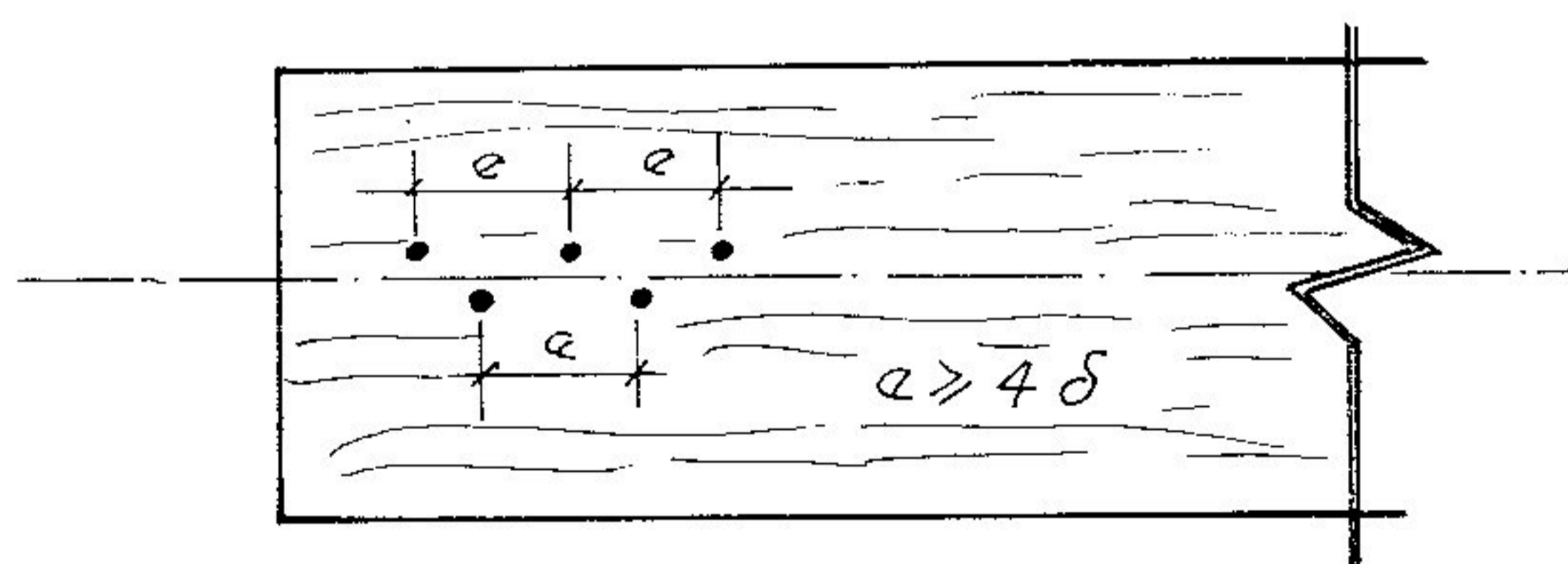
Para a colocação dos parafusos, as peças foram previamente furadas, obedecendo-se às instruções do fabricante, ao que recomenda Newlin e Gahagan (1938) (54) e às prescrições da NBR 7190 (1951) (55).

- a- Os parafusos devem ser simetricamente dispostos em relação ao eixo da peça, reduzindo assim o risco de um plano preferencial de fendilhamento da madeira, NBR 7190 (56)



*Fig. 7.1 - Simetria dos parafusos*

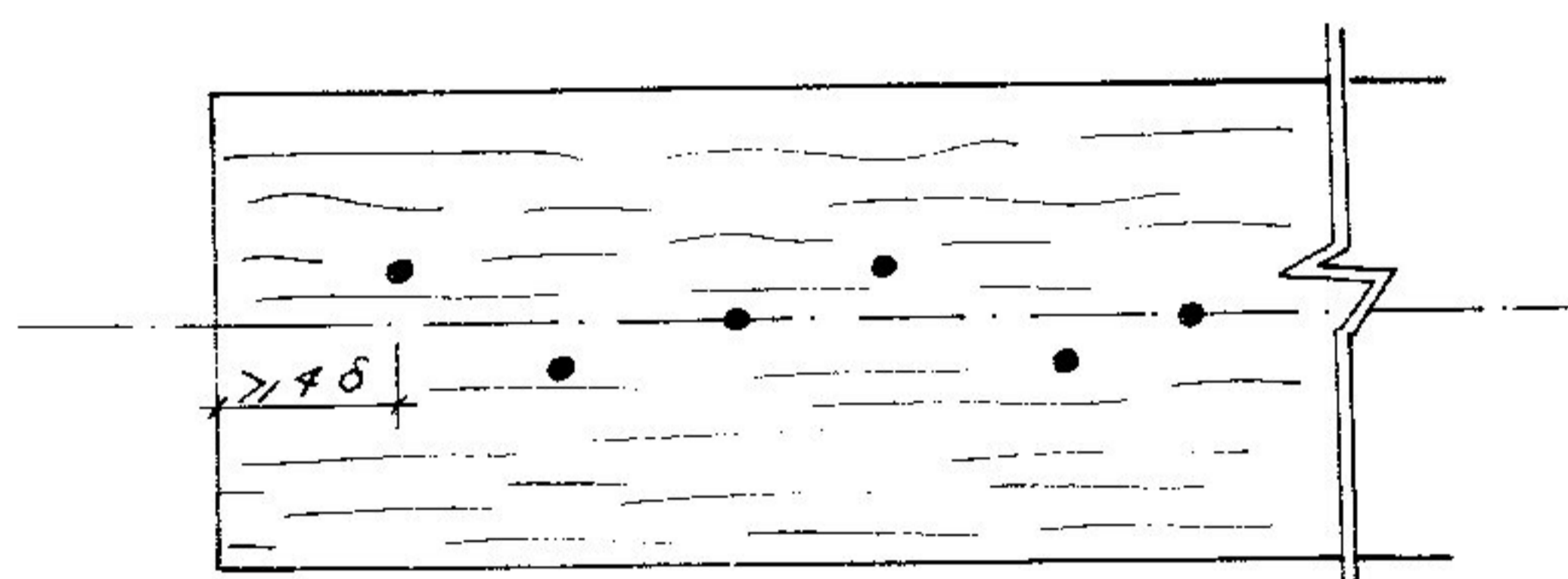
- b- Espaçamento mínimo de centro a centro de parafusos, em uma mesma linha paralela às fibras, deve ser de 4 vezes o seu diâmetro, NBR 7190 (57).



*Fig. 7.2 - Espaçamento entre parafusos*

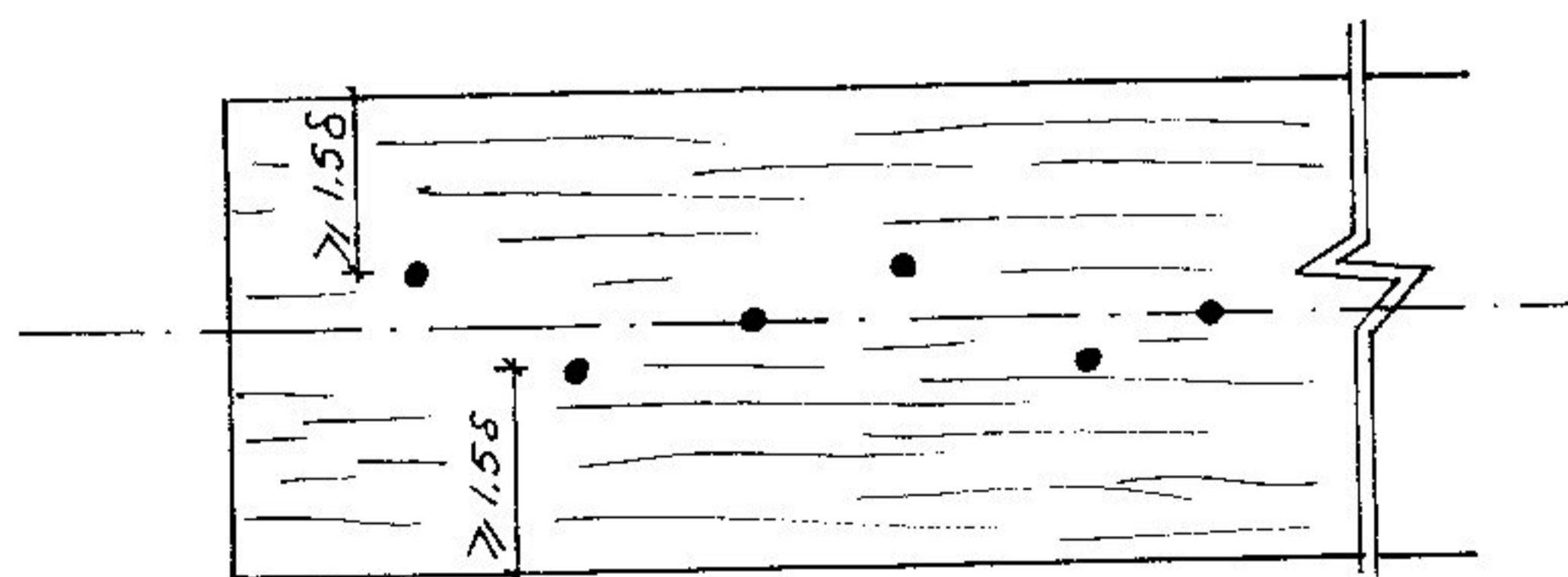


- c- A distância mínima do centro de um parafuso à extremidade da peça na direção paralela às fibras na compressão deve ser de 4 vezes seu diâmetro, *NBR 7190 (58)*



*Fig. 7.3 - Distância do parafuso à borda*

- d- A distância, medida perpendicularmente às fibras, do centro de um parafuso à aresta da peça, deve ser maior ou igual a 1,5 vezes o diâmetro do parafuso se o esforço for paralelo às fibras, *NBR 7190 (59)*.



*Fig. 7.4 - distância do parafuso à borda*

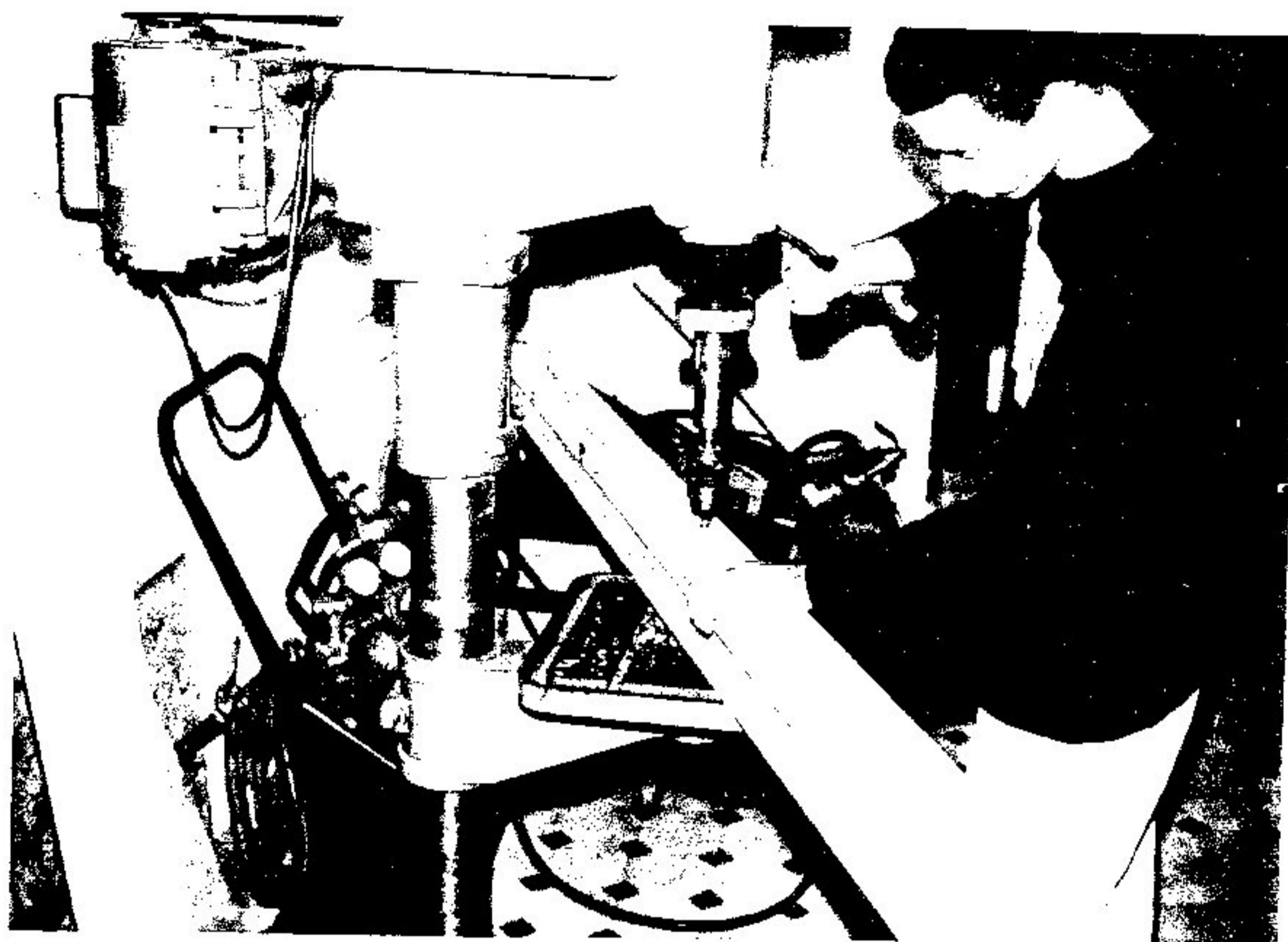
e- As perfurações para a instalação de parafusos devem ser feitas à máquina, *NBR 7190* (60)

f- O diâmetro da broca de furação, para a parte rosqueada do parafuso, deve ser levemente inferior ao diâmetro da raiz da rosca. O que equivale a, aproximadamente, 60% do diâmetro do fuste liso. Conforme *Vaz (1987)* (61) e *Eurocode nº 5* (62).

g- O furo para o fuste liso deve ter o mesmo diâmetro e a mesma profundidade da parte não rosqueada do parafuso. *Eurocode nº 5* (63) e *Vaz (1987)* (64).

Na montagem das vigas, apenas os três primeiros furos foram executados obedecendo-se aos itens *f* e *g*, utilizando-se duas brocas diferentes para o furo de apenas um parafuso. A partir do 3º parafuso, a viga já estava montada e, fazendo-se um primeiro furo para a parte rosqueada, dever-se-ia, em seguida, aumentar seu diâmetro para o fuste liso, o que era bastante trabalhoso. Adotou-se, portanto, a furação com apenas a broca de menor diâmetro, ficando próximo ao que prescreve a *DIN 1052* (65).

As figuras 7.5 e 7.6 ilustram o processo de furação.



*Fig. 7.5*



*Fig. 7.6*



## 7.2. Critérios de Montagem

As vigas foram montadas sempre com alma e mesa da mesma espécie de madeira.

No preparo das peças isoladas, as almas e mesas foram numeradas aleatoriamente e, na montagem da viga, foi adotado o critério de se unir sempre mesa e alma de numeração correspondente.

A face superior de um elemento de alma na viga composta foi também a face superior nos ensaios da peça isolada. Mesmo procedimento adotado para o elemento de mesa.

Os parafusos foram escolhidos para cada viga, conforme o disposto no item 5.4.

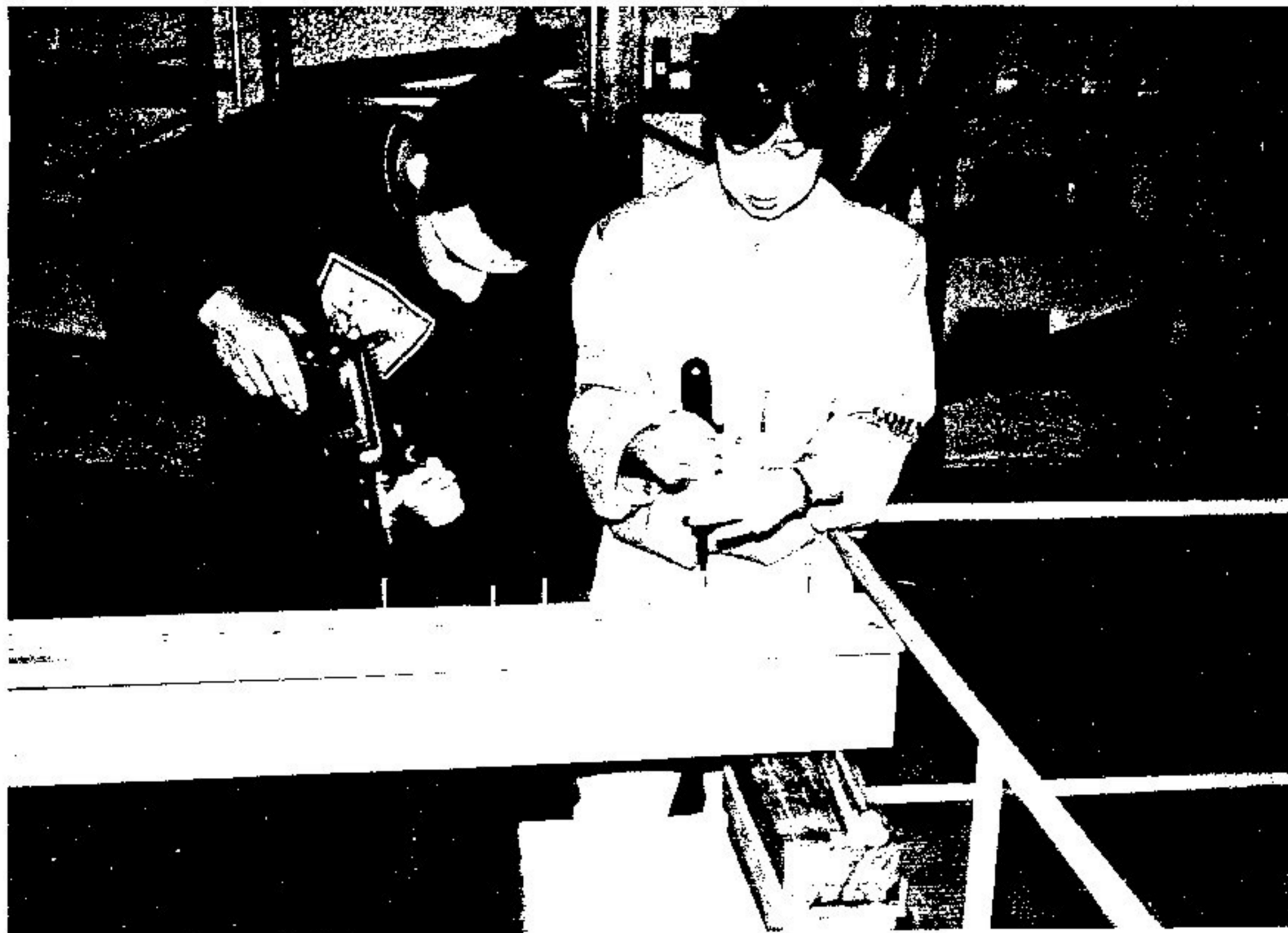
As vigas foram inicialmente montadas com apenas 3 parafusos, sendo um no meio do vão e um sobre cada apoio. Estas peças foram ensaiadas até um limite inferior ao de elasticidade e depois mais 2 parafusos foram colocados, um no meio de cada intervalo, ficando as peças solidarizadas com 5 parafusos. Novamente ensaiadas, e mais um parafuso no meio de cada intervalo foi colocado. Essa sequência foi mantida até se completar 65 parafusos, número máximo para se respeitar os espaçamentos da NBR 7190 (66).

## 7.3. Sistema de Parafusamento

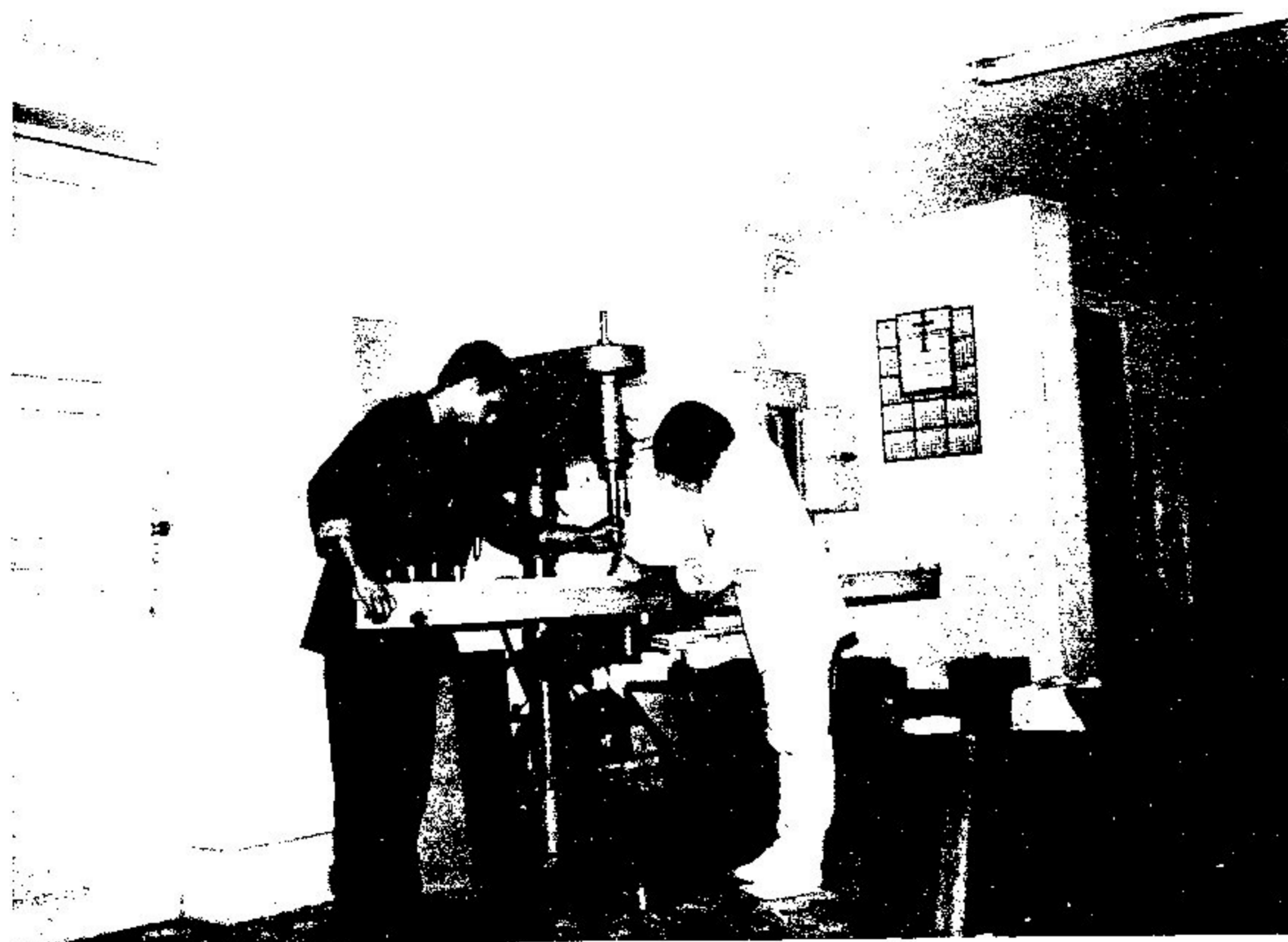
Com uma furação prévia nos elementos de alma e mesa separadamente, foram colocados os 3 primeiros parafusos.

A instalação do parafuso, como recomenda o Eurocode nº 5 (67) e Vaz 1987 (68), foi executada por

torção, utilizando-se, inicialmente, a chave de fenda e, a seguir, a parafusadeira elétrica de baixa rotação.



*Fig. 7.7*



*Fig. 7.8*

Após a instalação de  $n$  parafusos a, peça era ensaiada, novamente furada e instalados mais  $(n-1)$  parafusos.

Para maior facilidade na instalação do parafuso, foi utilizado um lubrificante (*cêra de abelha*), como recomendado por *Newlin* e *Gahagan* (69) e *Vaz* (70).

Não houve perda considerável de parafusos, devido a quebra, espanamento, etc. Essa perda, na fase da montagem, não excedeu a 0,5% .



## 8. ENSAIOS PRINCIPAIS DAS VIGAS DE SEÇÃO COMPOSTA

### 8.1. Considerações Iniciais

Conforme descrito no capítulo 7 montaram-se as vigas de seção transversal T. utilizando-se parafusos como elemento de solidarização.

Os ensaios, a seguir descritos, foram realizados através da aplicação de carga no meio do vão das vigas de seção composta. O esquema do ensaio está apresentado na figura 8.1.

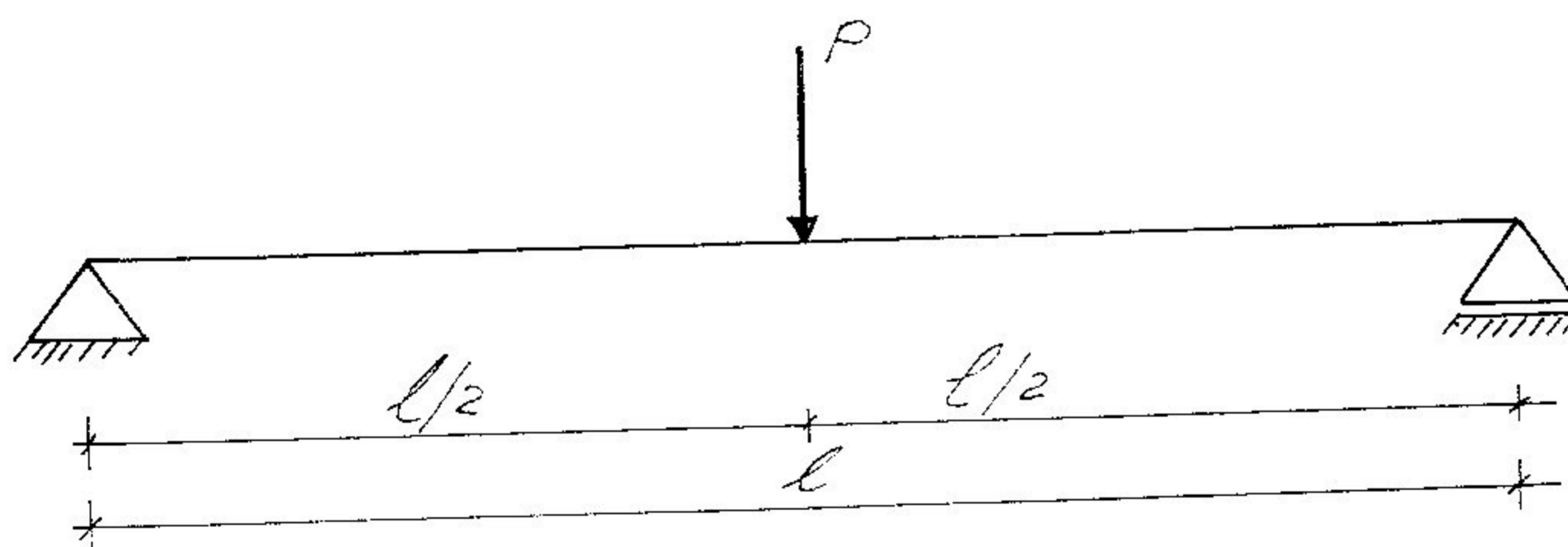
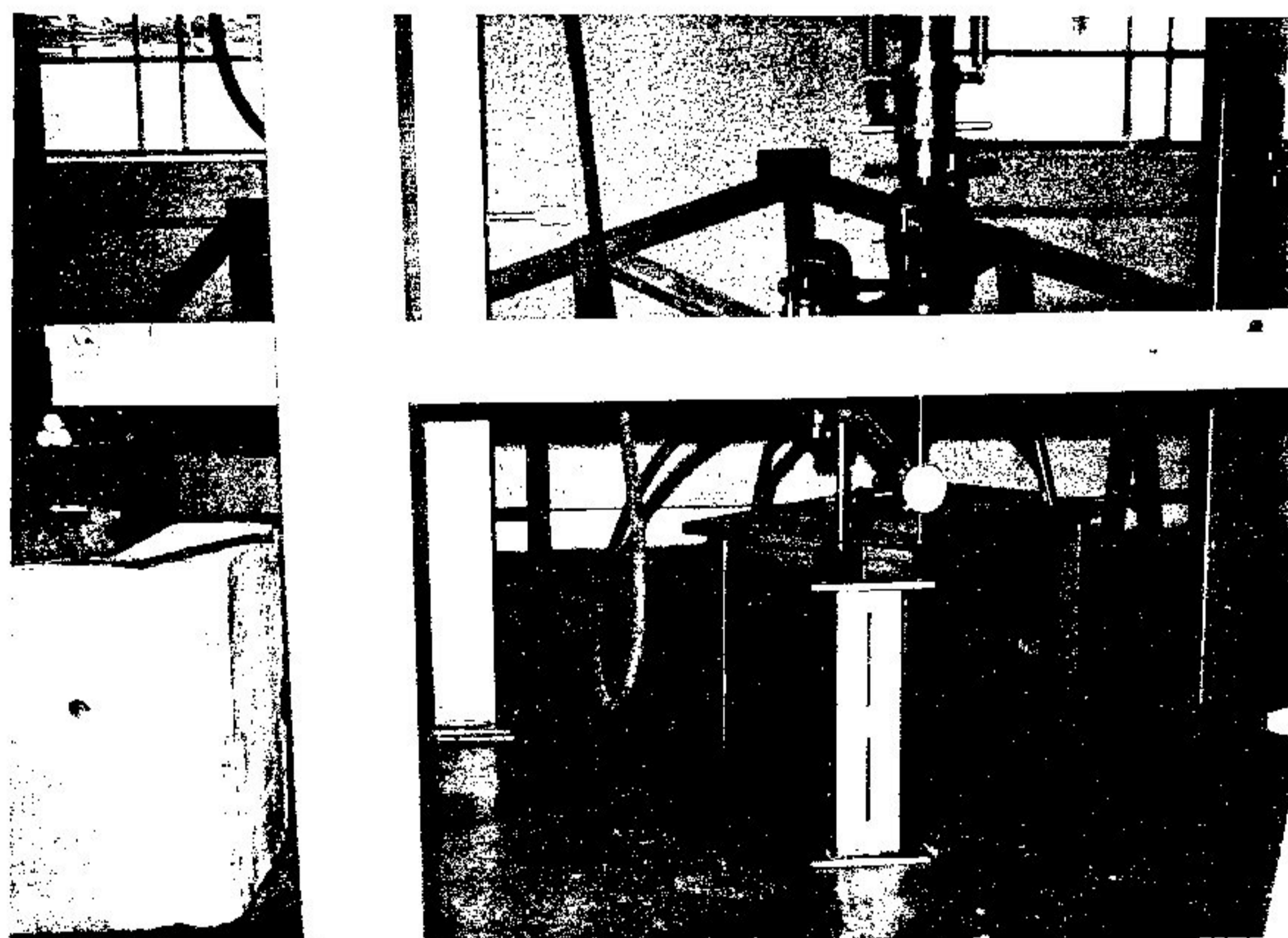


Fig. 8.1  
Esquema da viga bi-apoiada



*Fig. 8.2 - Ensaio da viga*



*Fig. 8.3 - Ensaio da viga*



### 8.2. Determinação do Momento de Inércia Real (Ir)

Inicialmente, a viga foi ensaiada com 3 parafusos, depois com 5 parafusos, 9, até 65 parafusos. Nesta fase de ensaios, o carregamento aplicado não atingiu o limite de proporcionalidade do material.

Uma viga, ao ser ensaiada, foi carregada e descarregada 3 vezes, e, somente no quarto e quinto carregamentos, as leituras das flechas no ponto central foram consideradas.

O carregamento foi aplicado continuamente, realizando-se leitura da flecha para cada intervalo de 242,60N de variação da carga aplicada. A flecha considerada foi determinada pela média dos valores das duas leituras, nos dois carregamentos aplicados.

A partir dos resultados dos ensaios, determinou-se o valor do momento de inércia real da viga de seção composta, utilizando-se a expressão:

$$I_r = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E_T \cdot v}$$

sendo: P = carga aplicada no meio do vão da viga  
 l = vão livre entre os apoios da viga  
 ET = módulo de elasticidade da seção composta T  
 v = flecha no meio do vão da viga

Para a determinação do momento de inércia real (Ir) tornar-se possível, é necessário o conhecimento do valor do módulo de elasticidade da viga (ET). Com o valor do módulo de elasticidade de cada elemento (alma e mesa) da viga isoladamente (EA e EM), obtido no capítulo 5, determinou-se o módulo de elasticidade da viga de seção composta T.

Utilizou-se o método da homogeneização da seção, para se estimar o valor de ET, a partir de EA e EM,



através da expressão abaixo:.

$$E_T = \frac{E_M I_M + E_A I_A}{I_T}$$

sendo:

- $I_T$  = momento de inércia da seção T, em relação ao eixo neutro
- $I_M$  = momento de inércia da mesa em relação ao eixo neutro da seção T
- $I_A$  = momento de inércia da alma em relação ao eixo neutro da seção T
- $E_A$  = módulo de elasticidade do material da alma
- $E_M$  = módulo de elasticidade do material da mesa
- $E_T$  = módulo de elasticidade da seção composta T

Estimado-se  $E_T$ , foi possível a determinação do momento de inércia real da seção, devido às perdas de eficiência das ligações para os diversos números de parafusos.

As tabelas 8.1 e 8.2 apresentam os valores de  $E_T$  para as vigas

viga	IM (cm <sup>4</sup> )	IA (cm <sup>4</sup> )	IT (cm <sup>4</sup> )	EM (MPa)	EA (MPa)	ET (MPa)
V01	382,05	482,05	864,10	6099	7962	7138
V02	393,30	491,52	884,81	8122	4710	6248
V03	394,08	492,93	887,02	8989	6977	7871
V04	382,05	482,05	884,10	5120	4833	4848
V05	384,24	484,03	868,28	6241	7514	6950
V06	393,30	491,52	884,81	3895	4916	4463

Tabela 8.1 Vigas de Pinus Elliottii

viga	IM (cm <sup>4</sup> )	IA (cm <sup>4</sup> )	IT (cm <sup>4</sup> )	EM (MPa)	EA (MPa)	ET (MPa)
V07	32,34	44,62	76,96	22059	14313	17568
V08	34,28	47,26	81,55	13834	16475	15363
V09	31,41	43,75	75,16	23207	11956	16657
V10	34,13	46,78	80,90	12255	12559	12432
V11	91,40	134,16	225,56	15094	11921	13207
V12	91,40	134,16	225,56	15213	13211	14022
V13	1371,42	2035,27	3406,69	15245	12459	13581

Tabela 8.2 Vigas de Castanheira

O cálculo do valor de  $I_r$  foi realizado através da média do  $I_r$  correspondente a cada carga aplicada e sua flecha correspondente.

As tabelas 8.3 , 8.4 , 8.5, 8.6; 8.7 e 8.8 exemplificam o cálculo de  $I_r$ .

De posse do valor de  $I_r$ , calculou-se a eficiência da ligação, a partir da relação  $I_r/I_r$ , sendo  $I_r$  o momento de inércia da seção composta, considerada sem emendas.

Os gráficos das figuras 8.4 e 8.5 mostram o comportamento das vigas durante os ensaios.



# V 02

Variacao da Flecha com No de parafusos

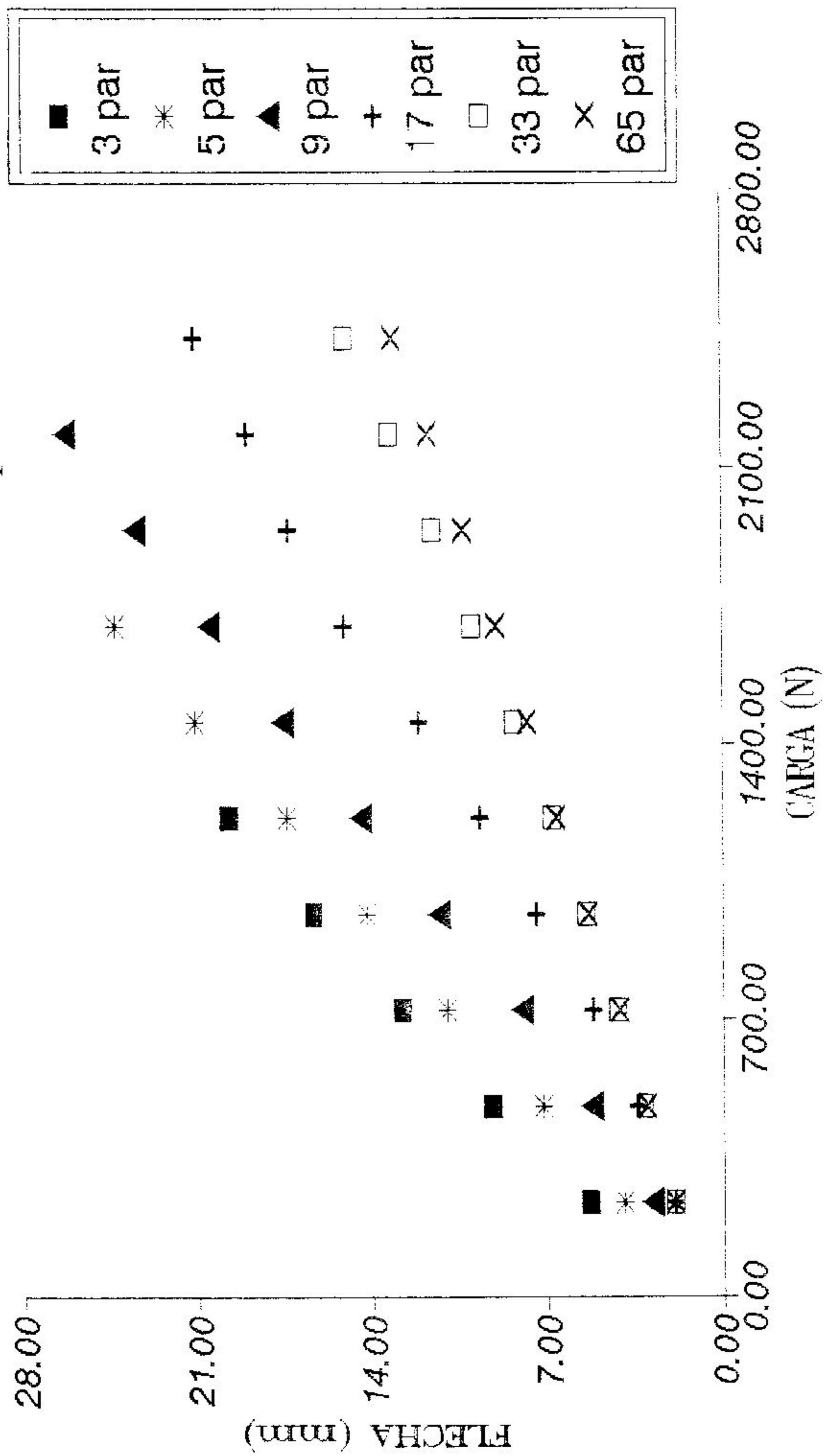


Fig. 8.4

# V 13

Variacao da Flecha com No de parafusos

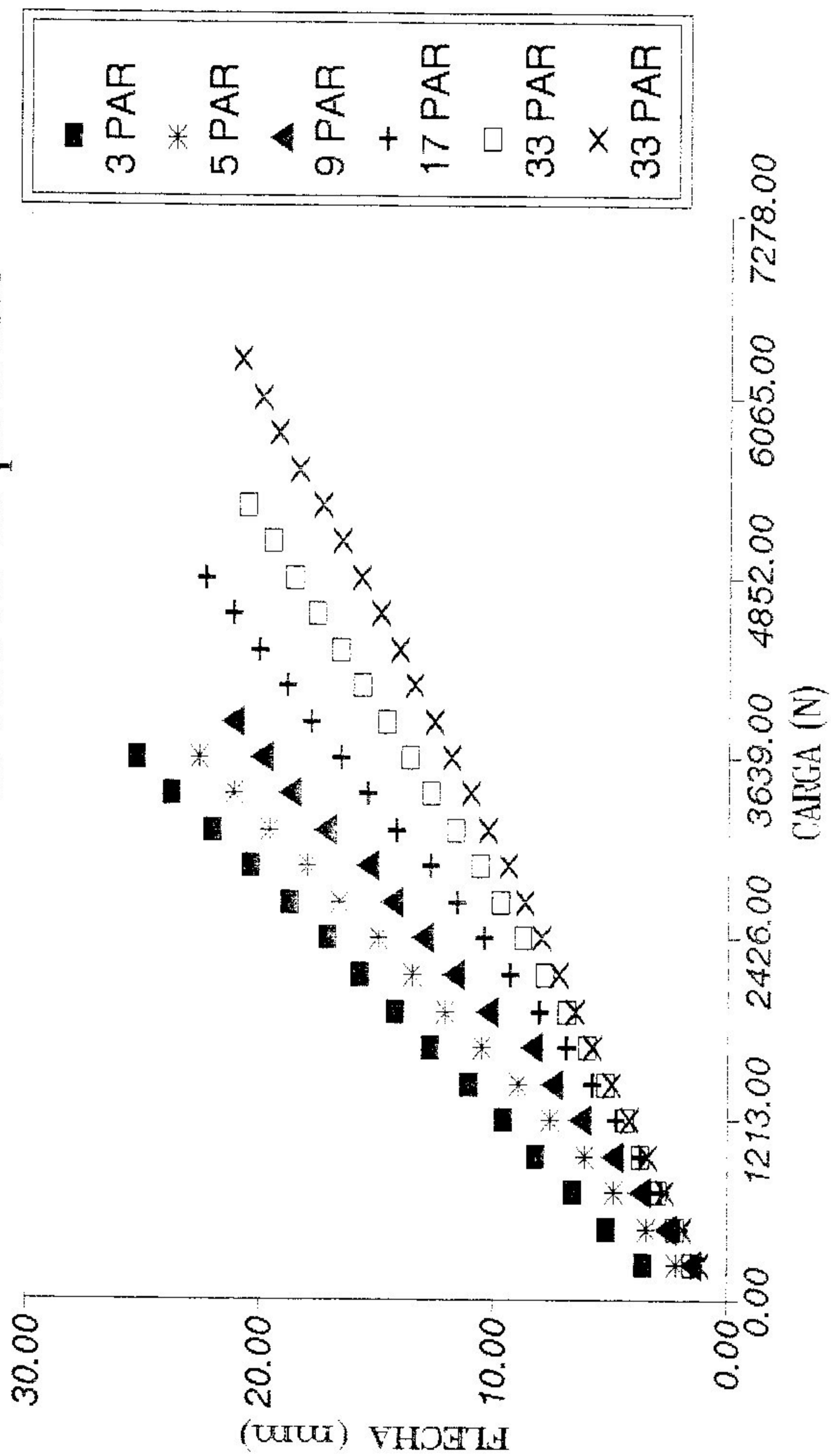


Fig. 8.5

Viga V03    3 parafusos     $E_r = 7871 \text{ MPa}$      $l = 240 \text{ cm}$

$P_i$ (N)	$\Delta P$ (N)	$v_1$ (mm)	$v_2$ (mm)	$\bar{v}$ (mm)	$\Delta v$ (mm)	$I_{r_i}$ ( $\text{cm}^4$ )
242,60	242,60	3,55	4,21	3,88	3,88	228,79
585,20	242,60	6,25	6,75	6,50	2,62	338,81
727,80	242,60	8,76	9,64	9,20	2,70	328,78
970,40	242,60	11,62	12,56	12,09	2,89	307,16
1213,00	242,60	14,16	15,40	14,78	2,69	330,00
1455,60	242,60	16,90	18,36	17,63	2,85	311,47
1698,20	242,60	20,20	21,18	20,69	3,06	290,10
1940,80	242,60	23,20	23,80	23,50	2,81	315,90
2183,40	242,60	26,38	26,54	26,46	2,96	299,90
2426,00	242,60	29,04	29,36	29,20	2,74	323,98
$I_r = \Sigma I_{r_i} / 10$ $I_r = 307,49 \text{ cm}^4$					$\Sigma I_{r_i} = 3074,89$	

Tabela 8.3

da Tabela 7.1, temos:  $I_r = 887,02 \text{ cm}^4$

da Tabela 8.3, temos:  $I_r = 307,48 \text{ cm}^4$

logo :  $I_r = 34,65\%$  de  $I_r$



Viga V03    5 parafusos     $E_T = 7871 \text{ MPa}$      $l = 240 \text{ cm}$

$P_i$ (N)	$\Delta P$ (N)	$v_1$ (mm)	$v_2$ (mm)	$\bar{v}$ (mm)	$\Delta v$ (mm)	$I_{r_i}$ ( $\text{cm}^4$ )
242.60	242.60	3,09	2,89	2,99	2,99	296,89
585.20	242.60	5,44	5,72	5,58	2,59	342,74
727.80	242.60	8,15	8,64	8,40	2,82	315,34
970.40	242.60	10,79	11,52	11,16	2,76	321,63
1213.00	242.60	14,90	14,01	14,46	3,30	269,00
1455.60	242.60	16,11	16,83	16,47	2,02	440,54
1698,20	242.60	18,31	19,31	18,81	2,34	379,36
1940.80	242.60	22,64	22,58	22,61	3,80	233,60
2183,40	242.60	25,01	24,68	24,85	2,24	397,18
2426.00	242.60	27,62	26,85	27,24	2,39	371,42
					$\Sigma I_{r_i} = 3367,70$	
$I_r = \Sigma I_{r_i} / 10$						
$I_r = 336,77 \text{ cm}^4$						

Tabela 8.4

da Tabela 7.1, temos:  $I_T = 887,10 \text{ cm}^4$

da Tabela 8.4, temos:  $I_r = 336,77 \text{ cm}^4$

logo :  $I_r = 37,94\%$  de  $I_T$

Viga V03      9 parafusos       $E_T = 7871 \text{ MPa}$        $l = 240 \text{ cm}$

$P_i$ (N)	$\Delta P$ (N)	$v_1$ (mm)	$v_2$ (mm)	$\bar{v}$ (mm)	$\Delta v$ (mm)	$I_{r_i}$ ( $\text{cm}^4$ )
242,60	242,60	2,20	2,50	2,35	2,35	377,74
585,20	242,60	4,30	4,10	4,20	1,85	479,83
727,80	242,60	6,92	6,50	6,71	2,51	353,66
970,40	242,60	9,38	9,30	9,34	2,63	337,53
1213,00	242,60	11,94	11,60	11,77	2,43	365,31
1455,60	242,60	14,38	14,08	14,23	2,46	360,85
1698,20	242,60	17,04	16,64	16,84	2,61	340,11
1940,80	242,60	19,94	19,26	19,60	2,76	321,63
2183,40	242,60	22,00	21,40	21,70	2,10	422,71
2426,00	242,60	25,20	23,68	24,44	2,74	323,98
$I_r = \Sigma I_{r_i} / 10$					$\Sigma I_{r_i} = 3683,35$	
$I_r = 368,34 \text{ cm}^4$						

Tabela 8.5

da Tabela 7.1, temos:  $I_T = 887,10 \text{ cm}^4$

da Tabela 8.5, temos:  $I_r = 368,34 \text{ cm}^4$

logo :  $I_r = 41,53\%$  de  $I_T$

Viga V03 17 parafusos  $E_T = 7871 \text{ MPa}$   $l = 240 \text{ cm}$

$P_i$ (N)	$\Delta P$ (N)	$v_1$ (mm)	$v_2$ (mm)	$\bar{v}$ (mm)	$\Delta v$ (mm)	$I_{r_i}$ ( $\text{cm}^4$ )
242,60	242,60	1,96	1,92	1,94	1,94	457,57
585,20	242,60	3,28	3,04	3,16	1,22	727,62
727,80	242,60	5,24	4,50	4,87	1,71	519,12
970,40	242,60	6,84	6,78	6,81	1,94	457,57
1213,00	242,60	8,90	8,64	8,77	1,96	452,90
1455,60	242,60	11,02	10,76	10,89	2,12	418,72
1698,20	242,60	13,10	13,70	13,40	2,51	353,66
1940,80	242,60	15,50	14,70	15,10	1,70	522,17
2183,40	242,60	17,86	16,30	17,08	1,98	448,33
2426,00	242,60	20,06	18,48	19,27	2,19	405,34
$I_r = \Sigma I_{r_i} / 10$					$\Sigma I_{r_i} = 4763,00$	
$I_r = 476,30 \text{ cm}^4$						

Tabela 8.6

da Tabela 7.1, temos:  $I_r = 887,10 \text{ cm}^4$

da Tabela 8.6, temos:  $I_r = 476,30 \text{ cm}^4$

logo :  $I_r = 53,93\%$  de  $I_r$



Viga V03 33 parafusos  $E_T = 7871 \text{ MPa}$   $l = 240 \text{ cm}$

$P_i$ (N)	$\Delta P$ (N)	$v_1$ (mm)	$v_2$ (mm)	$\bar{v}$ (mm)	$\Delta v$ (mm)	$I_{r_i}$ ( $\text{cm}^4$ )
242,60	242,60	2,43	2,27	2,35	2,35	377,74
585,20	242,60	3,43	3,27	3,35	1,00	887,69
727,80	242,60	4,77	4,57	4,67	1,32	672,49
970,40	242,60	6,16	5,68	5,92	1,25	599,79
1213,00	242,60	7,35	6,93	7,14	1,72	516,10
1455,60	242,60	8,76	8,36	8,56	1,42	625,14
1698,20	242,60	10,26	9,80	10,03	1,47	603,87
1940,80	242,60	11,74	11,18	11,46	1,43	620,76
2183,40	242,60	13,30	12,62	12,96	1,50	591,80
2426,00	242,60	15,06	14,12	14,59	1,63	544,60
$I_r = \Sigma I_{r_i} / 10$					$\Sigma I_{r_i} = 6039,98$	
$I_r = 603,99 \text{ cm}^4$						

Tabela 8.7

da Tabela 7.1, temos:  $I_T = 887,10 \text{ cm}^4$

da Tabela 8.7, temos:  $I_r = 603,99 \text{ cm}^4$

logo :  $I_r = 68,81\%$  de  $I_T$

Viga V03 65 parafusos  $E_T = 7871 \text{ MPa}$   $l = 240 \text{ cm}$

$P_i$ (N)	$\Delta P$ (N)	$v_1$ (mm)	$v_2$ (mm)	$\bar{v}$ (mm)	$\Delta v$ (mm)	$I_{r_i}$ ( $\text{cm}^4$ )
242,60	242,60	2,22	2,10	2,16	2,16	410,97
585,20	242,60	3,45	3,37	3,41	1,25	710,15
727,80	242,60	4,42	4,38	4,40	0,99	896,66
970,40	242,60	5,68	5,34	5,51	1,11	799,72
1213,00	242,60	6,78	6,50	6,64	1,13	785,57
1455,60	242,60	7,73	7,59	7,66	1,02	870,29
1698,20	242,60	9,00	8,84	8,92	1,26	704,52
1940,80	242,60	10,30	9,98	10,14	1,22	727,62
2183,40	242,60	11,28	11,10	11,19	1,05	845,42
2426,00	242,60	12,88	12,22	12,55	1,36	652,72
$I_r = \Sigma I_{r_i} / 10$ $I_r = 740,36 \text{ cm}^4$						7403,64

Tabela 8.8

da Tabela 7.1, temos:  $I_r = 887,10 \text{ cm}^4$

da Tabela 8.8, temos:  $I_r = 740,36 \text{ cm}^4$

logo :  $I_r = 83,47\%$  de  $I_r$

### 8.3. Apresentação dos Resultados

#### 8.3.1. Apresentação dos Resultados dos Cálculos da Inércia

Os resultados dos ensaios serão apresentados, a seguir, em tabelas, para as 13 vigas ensaiadas.

Os gráficos das figuras 8.6 e 8.7 mostram a variação de  $I_r/I_t$  X número de parafusos para cada viga, e os gráficos das figuras 8.8 e 8.9 mostram a média de  $I_r/I_t$  X número de parafusos para as vigas de Pinus e Castanheira.

% $I_r/I_t$						
viga	Número de Parafusos					
	03	05	09	17	33	65
V01	44,31	46,49	53,31	66,52	75,37	86,05
V02	32,94	36,41	43,64	62,21	86,75	98,71
V03	34,65	37,94	41,53	53,93	68,81	83,47
V04	35,29	36,21	44,32	56,48	67,97	69,66
V05	42,44	45,28	49,32	60,85	68,44	70,69
V06	49,93	48,61	58,73	77,28	*	*

Tabela 8.9 - Vigas de Pinus Elliottii



% I <sub>r</sub> /I <sub>T</sub>						
viga	Número de Parafusos					
	03	05	09	17	33	65
V07	35,50	*	*	*	*	75,73
V08	38,01	41,60	47,46	58,10	75,34	85,58
V09	31,10	32,17	38,52	48,63	68,22	79,62
V10	39,47	*	*	*	*	81,32
V11	47,88	*	*	*	*	84,04
V12	48,07	*	*	*	*	82,38
V13	43,35	47,06	54,48	64,52	77,07	88,24

Tabela 8.10 - Vigas de Castanheira

Nas tabelas acima \* significa que, para este número de parafusos, a viga não foi ensaiada.

# V01, V02, V03, V04, V05, V07 IR/IT X No de Parafusos

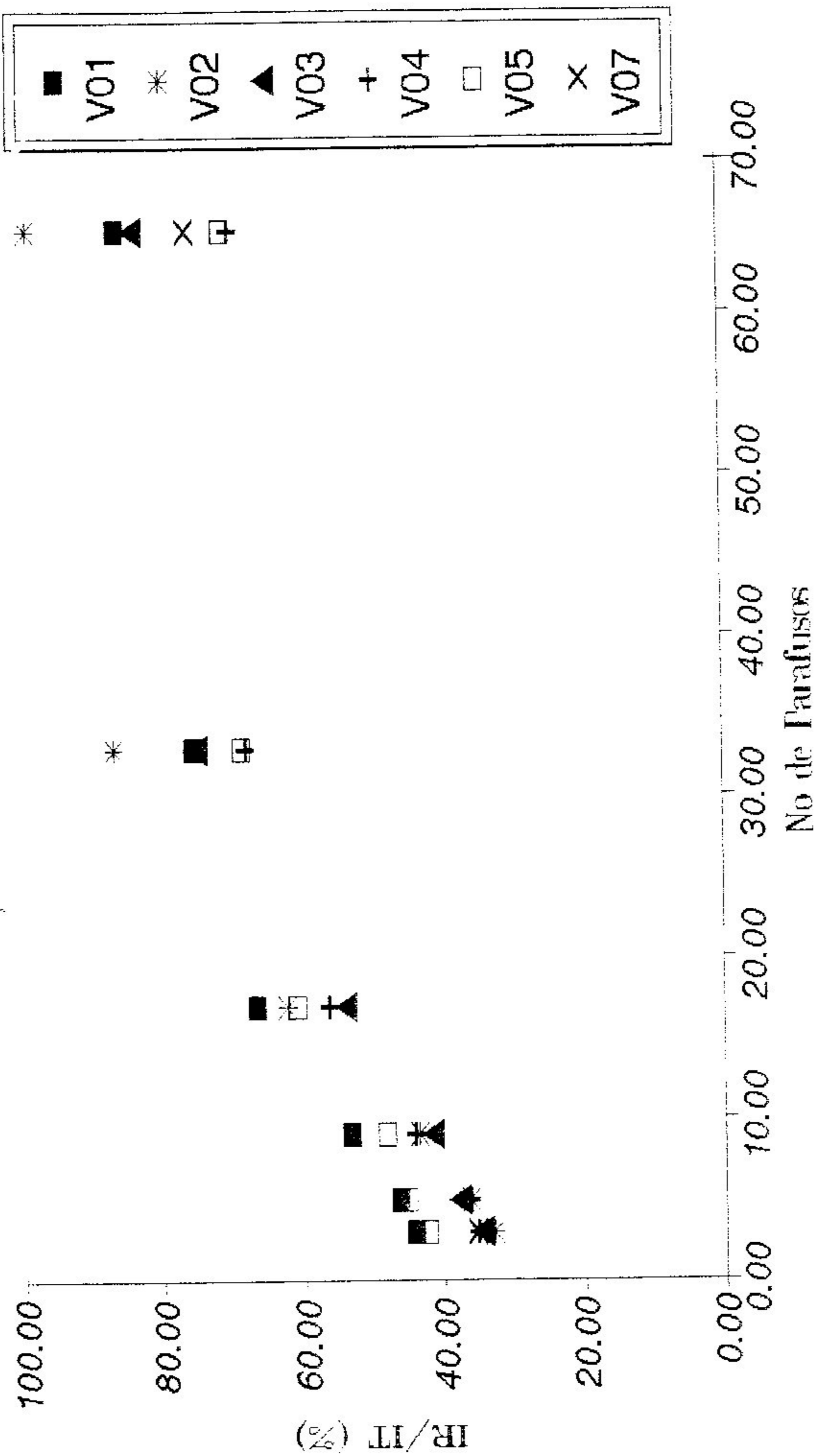


Fig. 8.6

# V08, V09, V10, V11, V12, V13

## % IR/IT X No de Parafusos

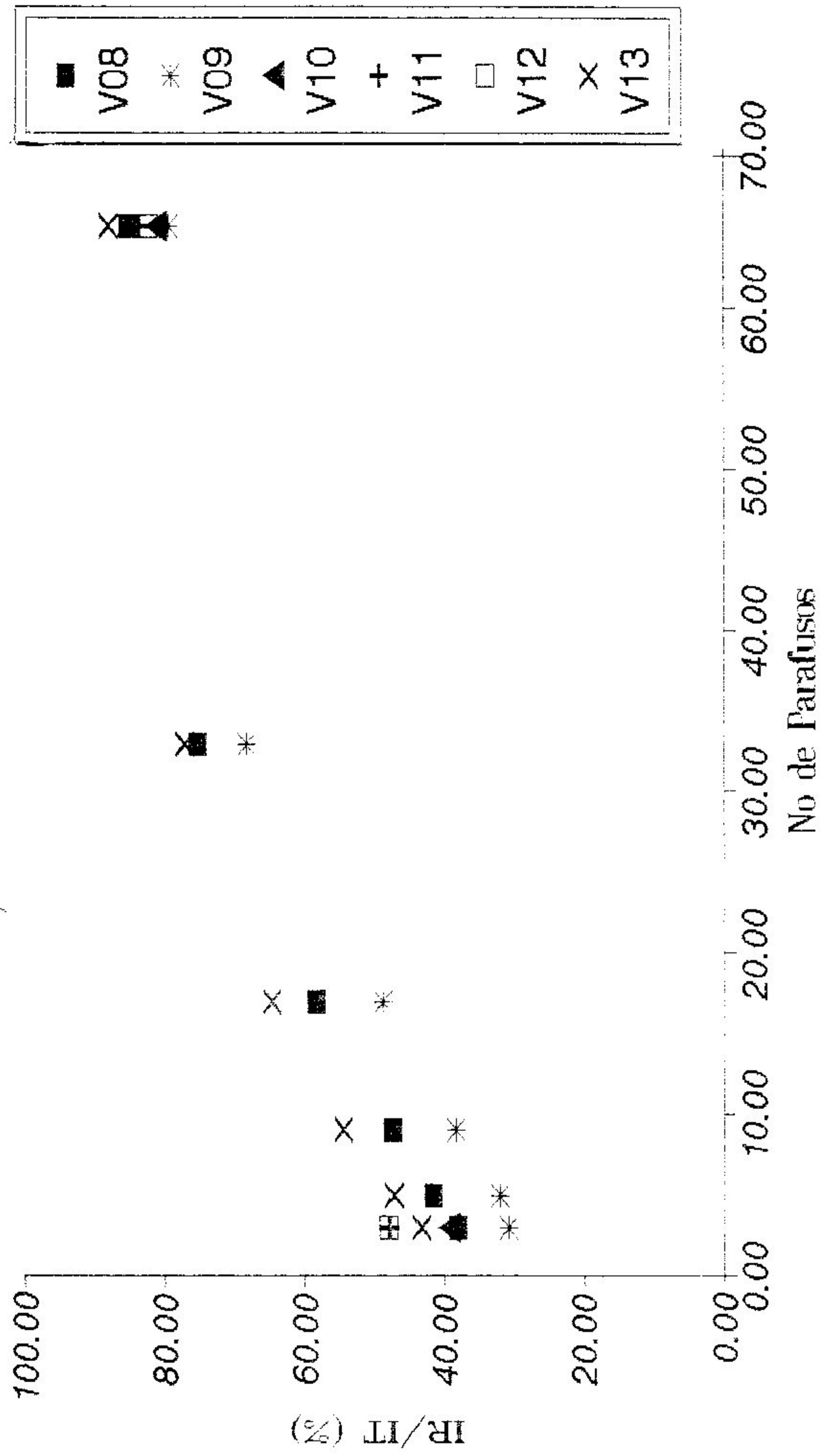


Fig. 8.7



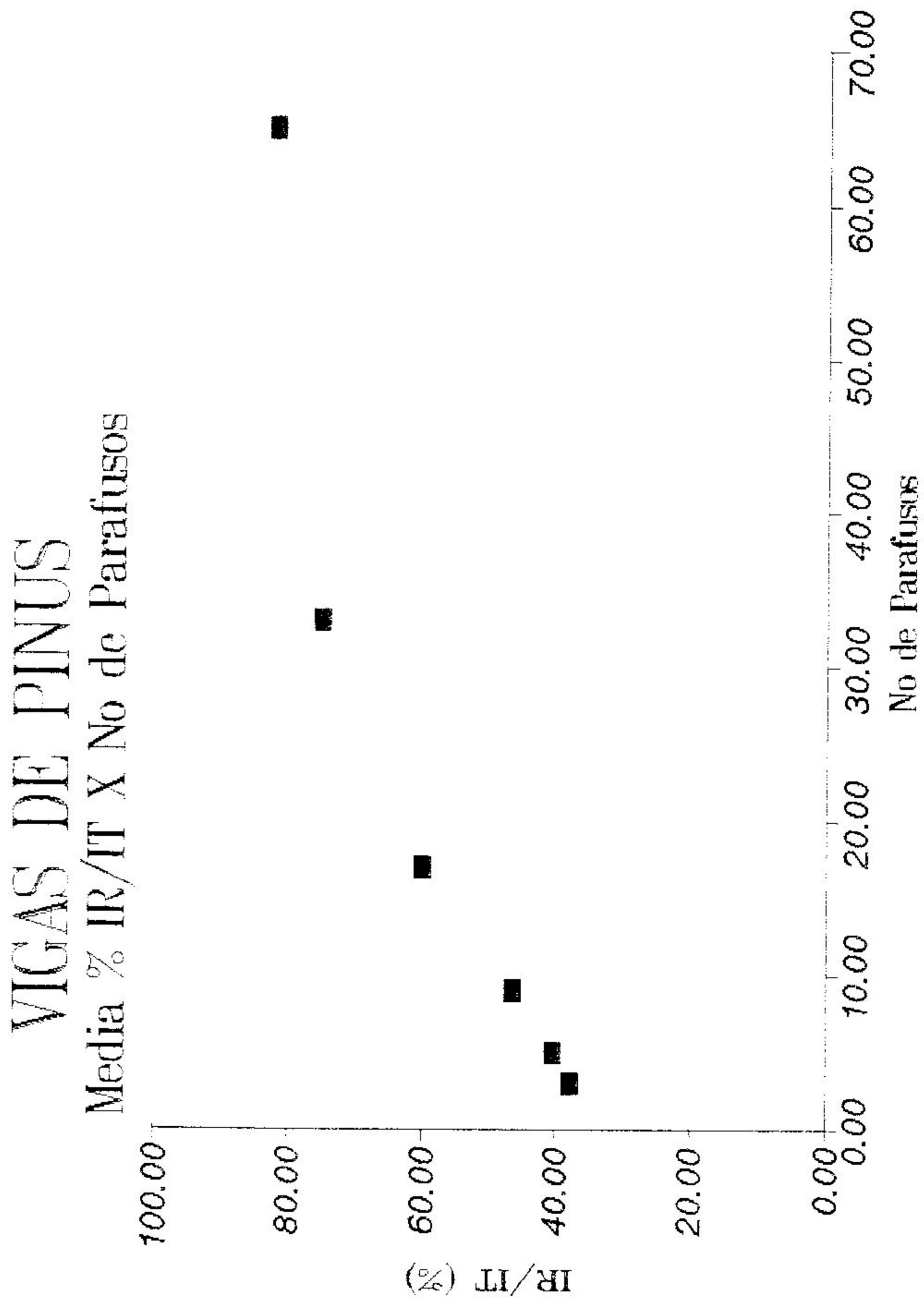


Fig. 8.8

# VIGAS DE CASTANHEIRA

Media % IR/IT X No de Parafusos

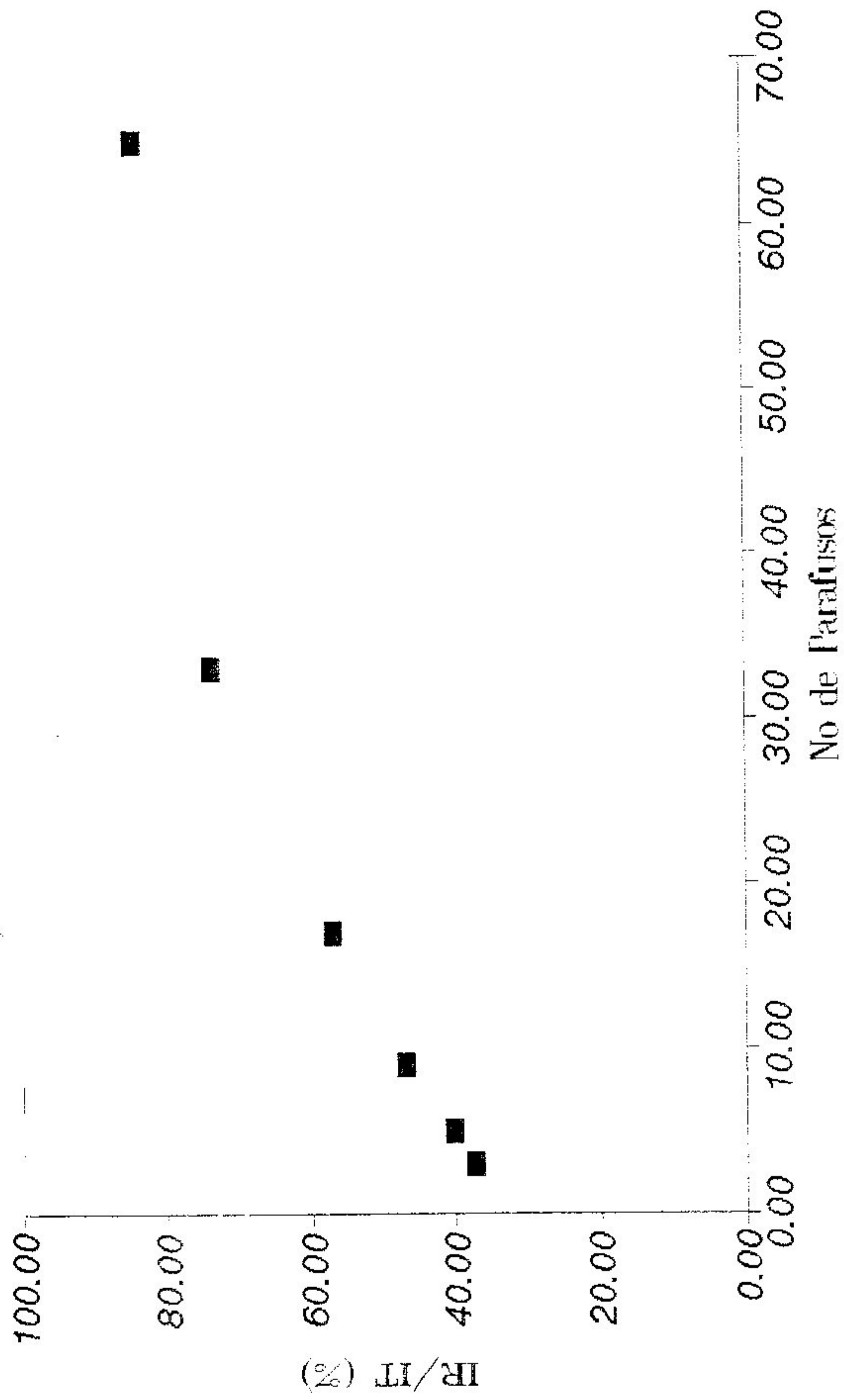


Fig. 8.9

## 8.3.2. Deslizamento da Mesa em Relação à Alma

Para cada número de parafusos, foi realizada uma medida do deslizamento da mesa, em relação à alma nas duas extremidades de cada viga, para a carga máxima aplicada. As tabelas 8.11 e 8.12 apresentam estes resultados.

deslizamento alma/mesa - mm						
viga	número de parafusos					
	03	05	09	17	33	65
V01	1,41	1,19	0,81	0,40	0,15	0,00
V02	2,35	2,20	1,65	1,20	0,40	0,05
V03	1,87	1,70	1,40	0,70	0,40	0,00
V04	1,49	1,15	1,00	0,40	0,25	0,00
V05	1,41	1,03	0,90	0,30	0,15	0,00
V06	2,10	2,30	1,60	1,45	*	*

Tabela 8.11 - Vigas de Pinus Elliottii



deslizamento mesa/alma - mm						
viga	número de parafusos					
	03	05	09	17	33	65
V07	0,85	*	*	*	*	0,00
V08	1,00	0,75	0,80	0,50	0,25	0,10
V09	0,90	0,90	1,00	0,40	0,15	0,20
V10	1,00	*	*	*	*	0,00
V11	1,00	*	*	*	*	0,00
V12	0,80	*	*	*	*	0,00
V13	1,20	1,15	0,95	0,70	0,40	0,20

Tabela 8.12 - Vigas de Castanheira

### 8.3.3. Ruptura

Após a análise do comportamento de cada viga na flexão, quando foi acompanhada, para cada número de parafusos, a flecha no ponto médio da viga, através de leituras consecutivas para cada valor da carga, procedeu-se à ruptura das vigas.

A leitura da flecha não foi realizada até a ruptura da viga, com o intuito de evitar danos aos relógios comparadores.

A seguir, estão apresentados, em forma de

tabelas, a carga de ruptura, o momento de ruptura e a descrição sobre o tipo de ruptura das vigas.

As figuras 8.10, 8.11, 8.12 e 8.13 mostram a ruptura de algumas vigas.

Carga e Momento de Ruptura

viga	l (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	P <sub>rup</sub> (kN)	M <sub>rup</sub> (kNxcn)
V01	240,00	864,10	6,07	364,20
V02	240,00	884,82	6,55	393,00
V03	240,00	887,02	8,98	538,80
V04	240,00	884,10	3,15	189,00
V05	240,00	868,28	5,34	320,40

Tabela 8.13 - Vigas de Pinus Elliottii

Carga e Momento de Ruptura

viga	l (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	P <sub>rup</sub> (kN)	M <sub>rup</sub> (kNxcn)
V07	140,00	76,95	6,07	212,45
V08	140,00	81,55	7,28	254,80
V09	140,00	75,16	5,58	195,30
V10	140,00	80,90	4,37	152,95
V11	175,00	225,56	8,01	350,44
V12	175,00	225,56	8,49	371,44

Tabela 8.14 - Vigas de Castanheira

## Tipo de Ruptura

viga	descrição
V01	ruptura na alma, cisalhamento acompanhando a camada externa do nó
V02	ruptura por tração no nó próximo ao apoio, zona tracionada da alma
V03	ruptura por tração na alma, sob a carga, mesa intacta
V04	ruptura por cisalhamento na face inferior da alma, acompanhando nó próximo à carga
V05	ruptura por tração, na fibra inferior da alma

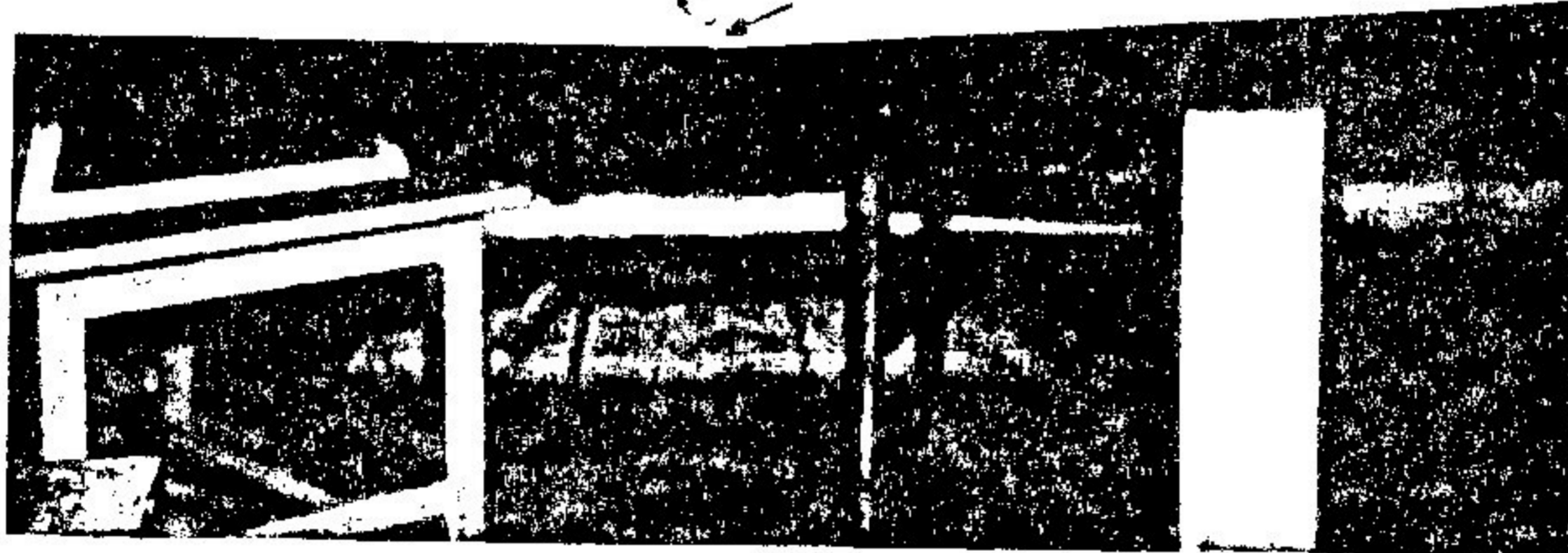
Tabela 8.15 - Vigas de Pinus Elliotti



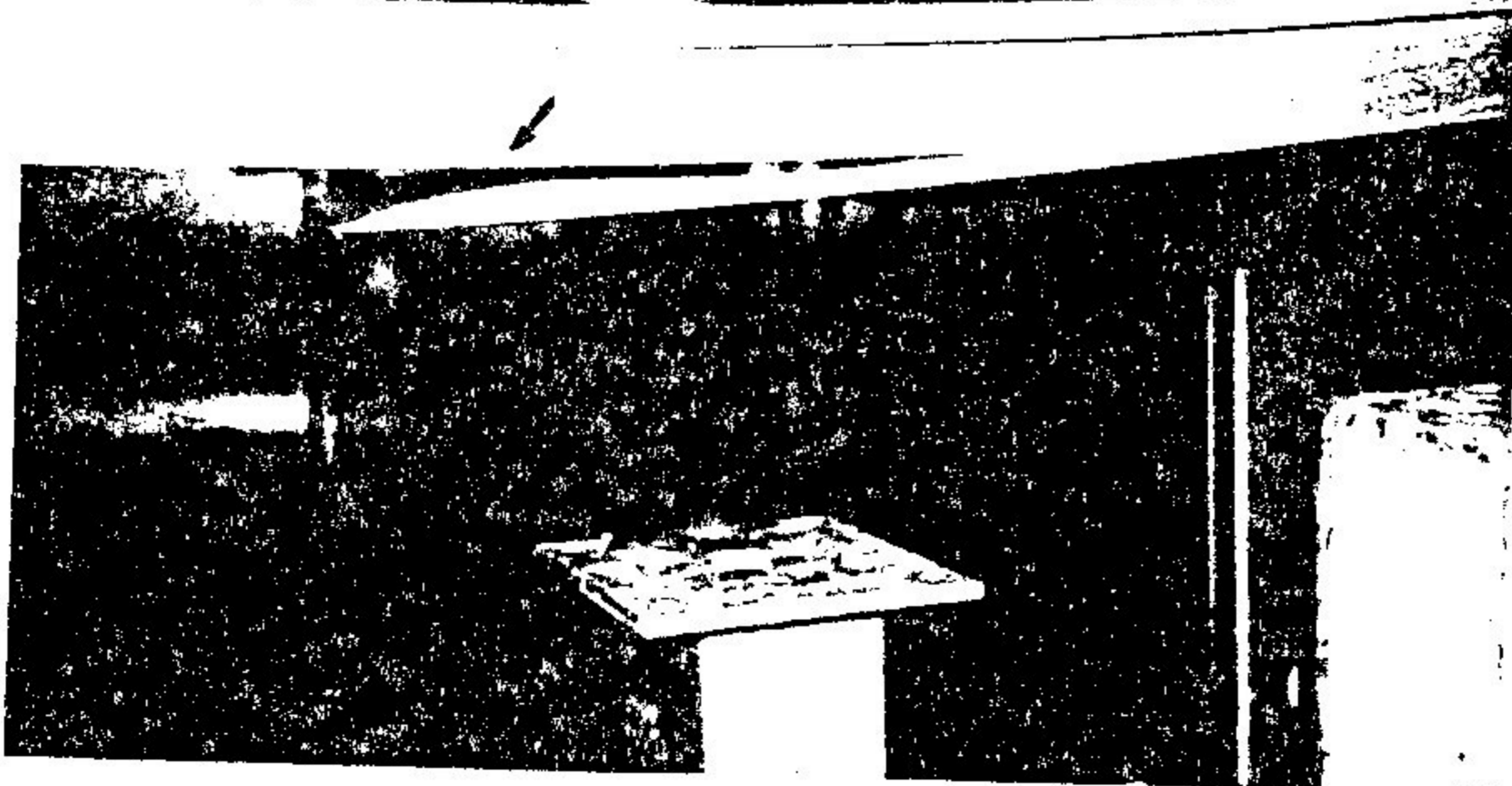
## Tipo de Ruptura

viga	descrição
V07	início de cisalhamento entre parafusos e esmagamento na fibra superior da alma
V08	ruptura por tração, na fibra inferior da alma
V09	ruptura por tração, na fibra inferior da alma
V10	ruptura por tração, na fibra inferior da alma
V11	ruptura por tração, na fibra inferior da alma
V12	ruptura por tração, na fibra inferior da alma

Tabela 8.16 - Vigas de Castanheira

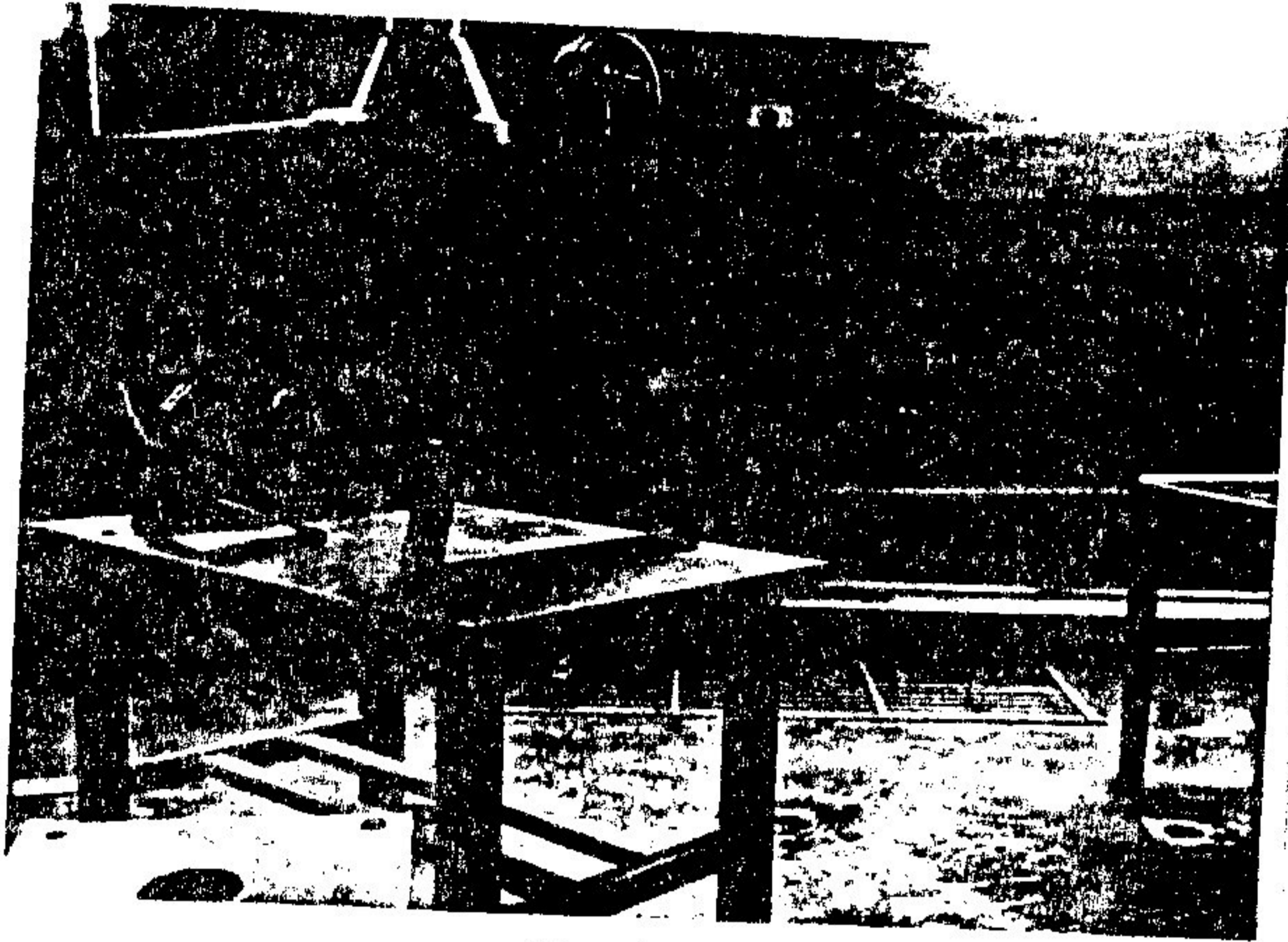


*Fig. 8.10*

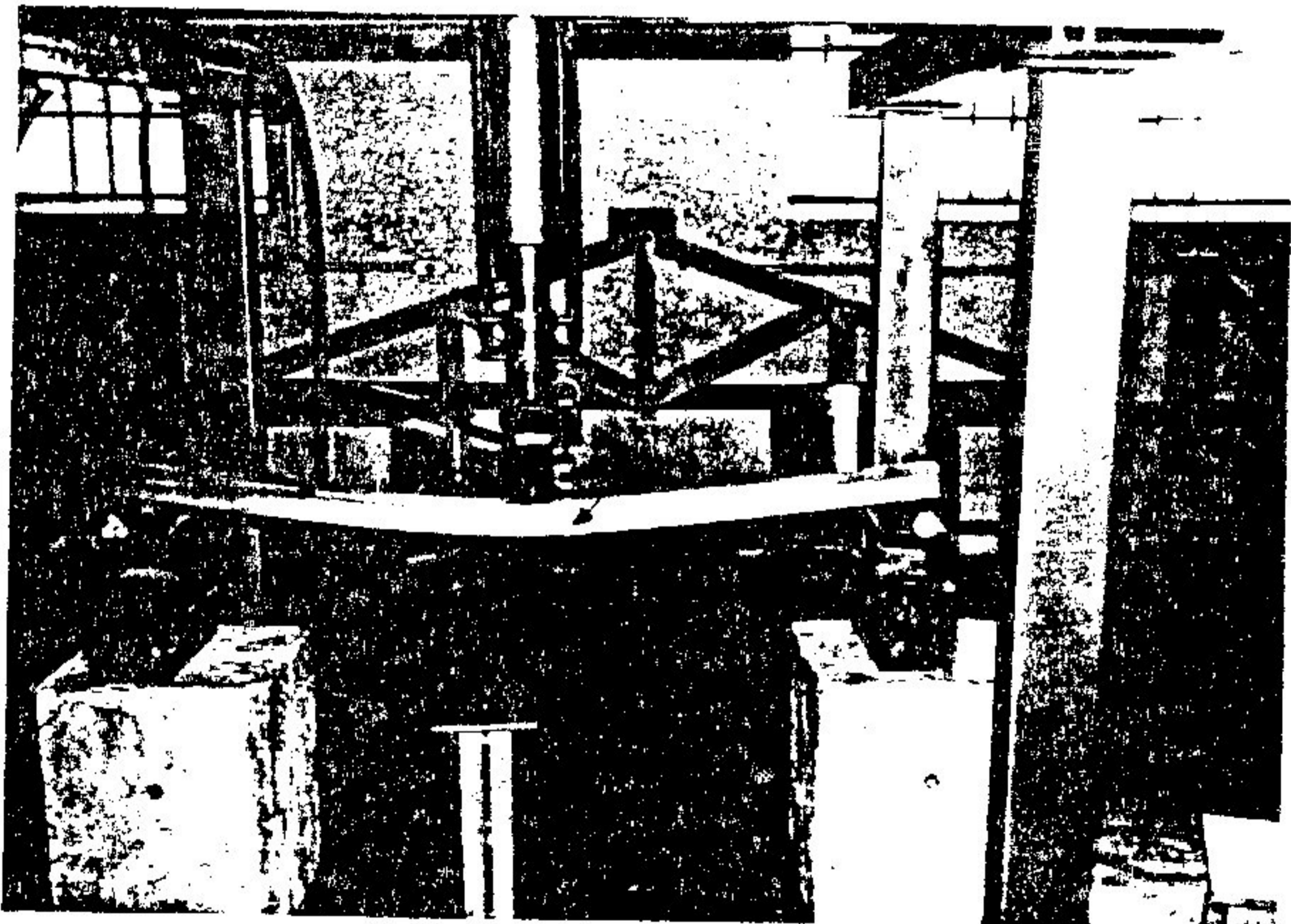


*Fig. 8.11*





*Fig. 8.12*



*Fig. 8.13*



## 9. ENSAIOS DA LIGAÇÕES PARAFUSADAS

---

Para melhor avaliação do comportamento do parafuso nas ligações, montou-se uma série de 14 corpos-de-prova, que foram ensaiados à *Compressão Paralela às Fibras*.

Os corpos de prova foram montados, tendo uma peça central de largura  $b$  e duas laterais de largura  $b/2$  cada uma.

A figura 9.1 ilustra o modelo.

A metodologia empregada teve por base o trabalho desenvolvido pelo prof. *Stamato* (71), em 1967.

A distância dos parafusos às extremidades e as distâncias entre parafusos obedeceu ao que prescreve a *NBR 7190* (72).

Os parafusos utilizados nesses ensaios foram os mesmos empregados na montagem das vigas compostas T. A relação espessura/diâmetro obedeceu aos limites já comentados anteriormente.

Para evitar atrito entre o elemento central e os elementos laterais do corpo de prova, as faces dos três elementos foram lixados com lixa fina, retirando todas as asperezas da madeira e ainda assim foi, colocada entre as peças uma folha de papel alumínio, reduzindo-se, ao máximo, o atrito entre elas.

Para a medida das deformações, foram instalados dois relógios comparadores, de 5mm de curso e precisão de  $10^{-3}$  mm, nas faces opostas do corpo de prova.

A figura 9.2 mostra o relógio comparador instalado.

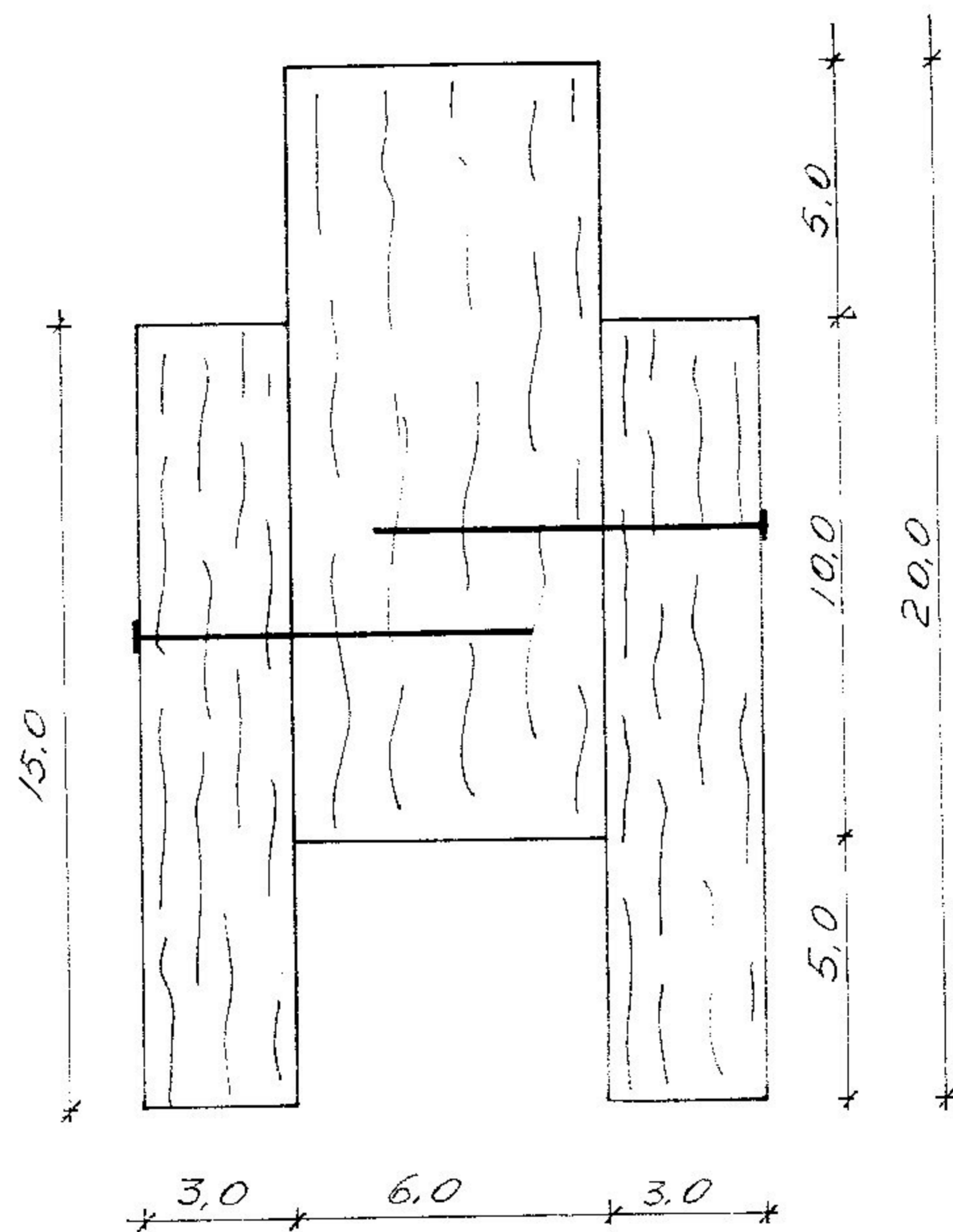
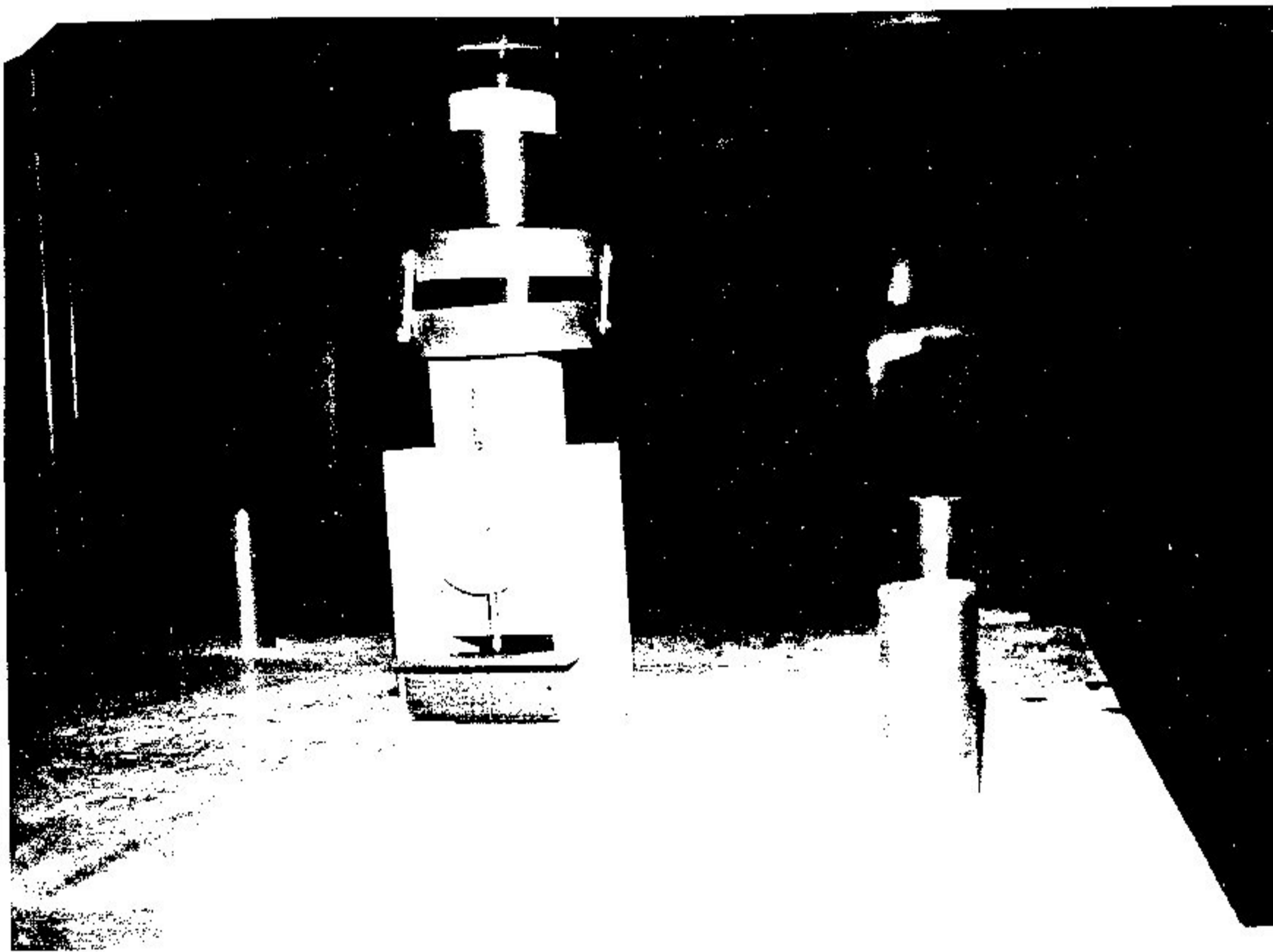


Fig. 9.1 - Corpo-da-prova  
(cotas em cm)



*Fig. 9.2 - relógio comparador*

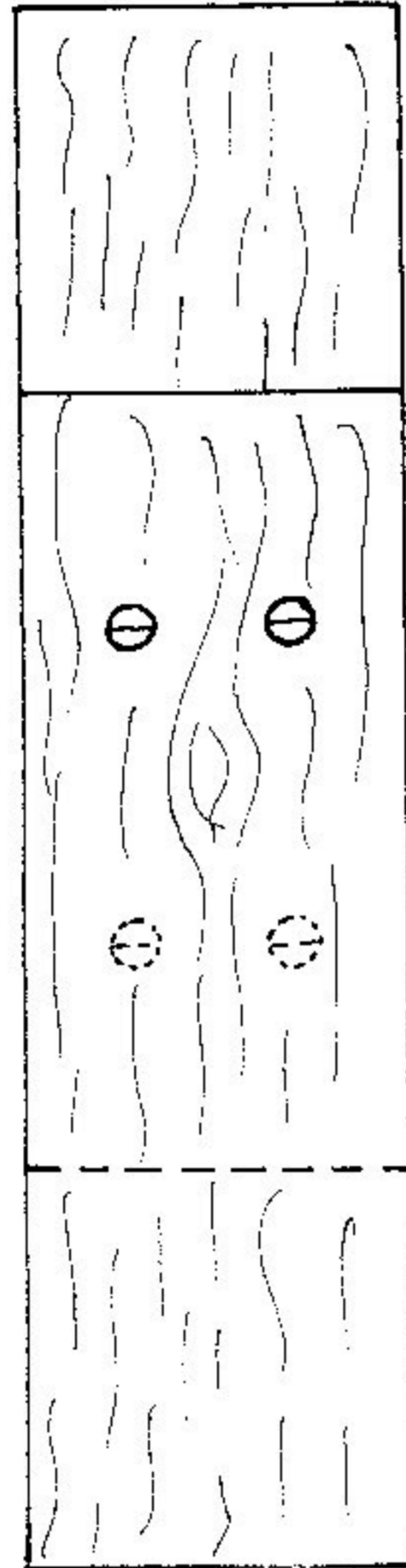


Foram ensaiados 14 corpos-de-prova, sendo todos eles da mesma madeira, o *Pinus Elliottii*.

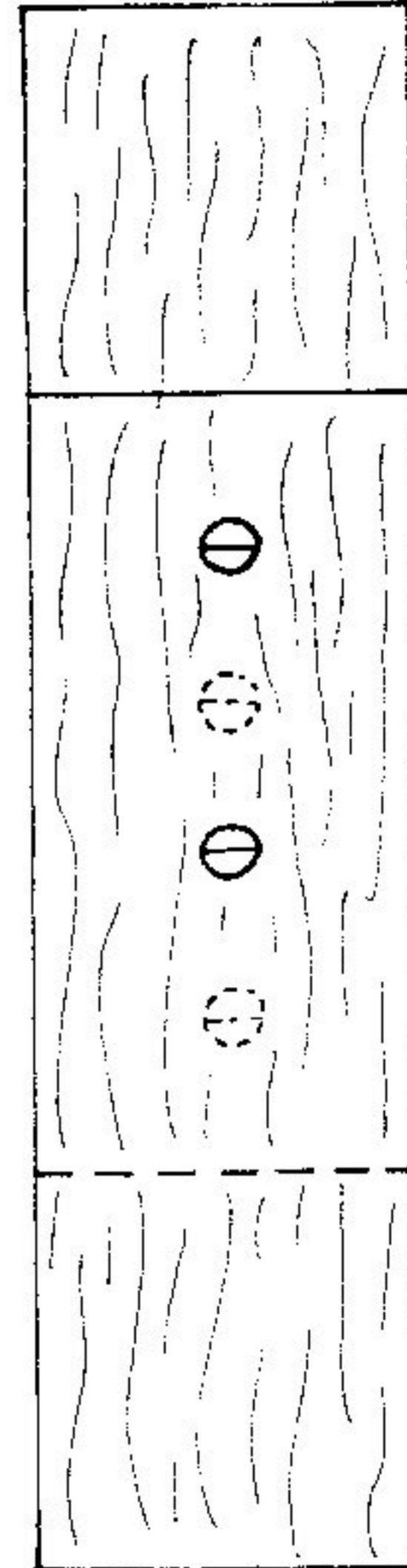
As ligações foram executadas sempre com 4 parafusos, sendo 2 em cada face. Doze corpos-de-prova foram montados com os 2 parafusos de cada face na mesma linha horizontal (fig. 9.3 a), os demais, com os 2 parafusos na mesma linha paralela à carga (fig. 9.3 b).

Constatou-se que tanto para os parafusos na horizontal como na vertical, o comportamento da ligação foi o mesmo, porém não se realizaram mais ensaios de corpos-de-prova com parafusos na mesma linha paralela à carga, por se ter necessidade de um maior comprimento do corpo-de-prova.

A figura 9.4 mostra o gráfico *carga X deslocamento*, das ligações parafusadas



*Fig. 9.3a*



*Fig. 9.3b*

# CP05, CP11 e CP12

carga X deformacao

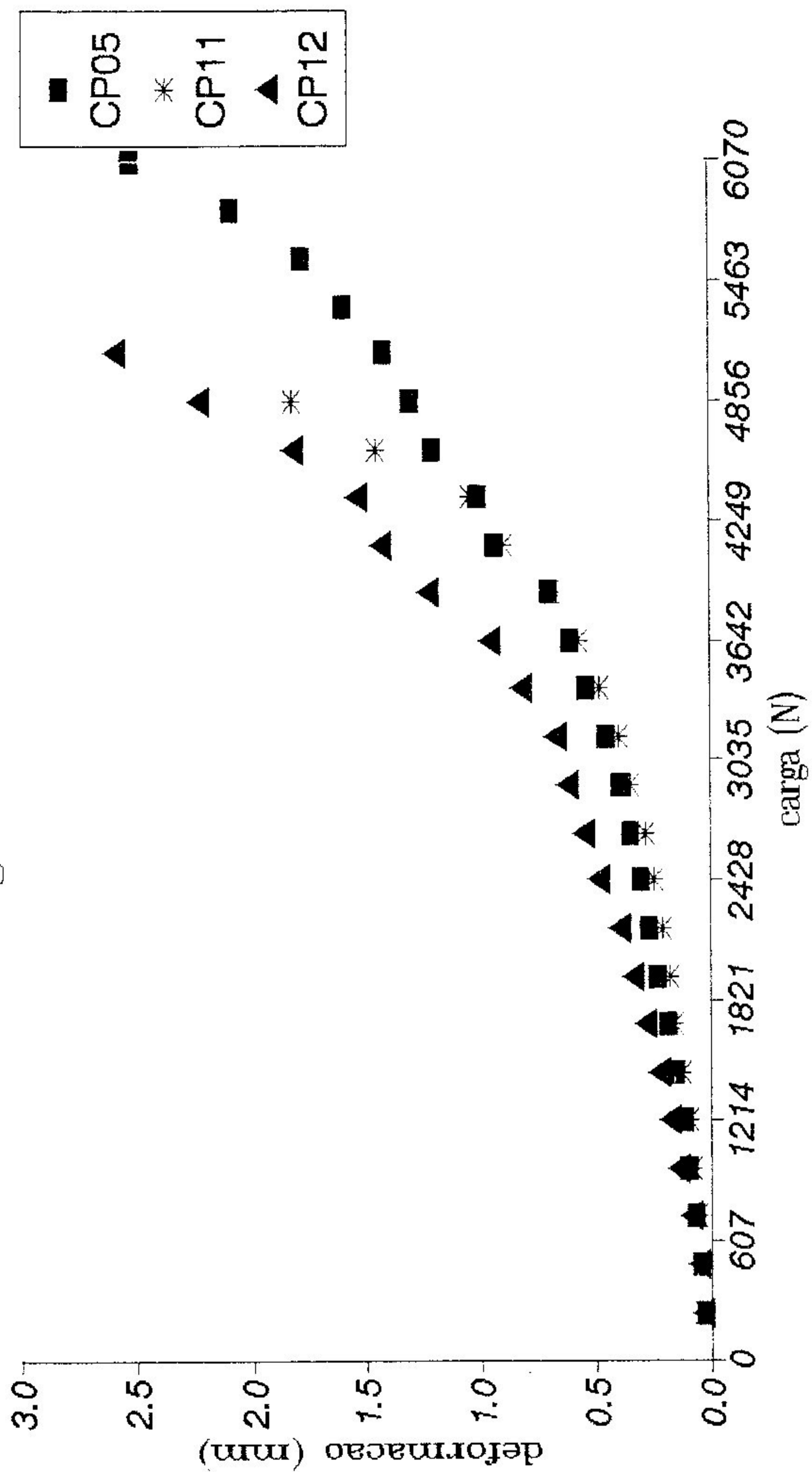


Fig. 9.4



A tabela a seguir ilustra a obtenção dos dados no ensaio.

P (N)	$\Delta P$ (N)	rel 1 ( $\times 10^{-3}$ mm)	rel 2 ( $\times 10^{-3}$ mm)	d ( $\times 10^{-3}$ mm)	$\Delta d$ ( $\times 10^{-3}$ mm)
242,60	242,60	45	23	34	34
485,20	242,60	80	48	64	30
727,80	242,60	100	66	83	19
970,40	242,60	130	92	111	18
1213,00	242,60	160	120	140	29
1455,60	242,60	200	170	185	45
1698,20	242,60	230	200	215	35
1940,80	242,60	261	235	248	33
2183,40	242,60	320	308	314	66
2426,00	242,60	340	344	342	28
2668,60	242,60	380	364	372	30
2911,20	242,60	420	410	415	43
3153,80	242,60	471	475	473	58
3396,40	242,60	520	530	525	52
3639,00	242,60	620	640	630	105
3881,60	242,60	700	730	715	85
4124,20	242,60	835	861	848	133
4366,80	242,60	950	980	965	117
4609,40	242,60	1130	1150	1140	175
4852,00	242,60	1430	1570	1500	360
5094,60	242,60	1740	1770	1755	255
5337,20	242,60	1900	2020	1960	205

Tabela 9.1 - Corpo-de-Prova CP04

A seguir, estão apresentados, em forma de tabela, os resultados dos ensaios de todos os corpos-de-prova.

CP	Prup (N)	Prup/par (N)	* P <sub>1,5</sub> (N)
01	6065	1516	3069
02	4366	1092	4176
03	5580	1395	4384
04	5337	1334	4852
05	6065	1516	5206
06	4852	1213	5022
07	4852	1213	**
08	5337	1334	4803
09	6308	1577	5255
10	5095	1274	4773
11	4852	1213	4639
12	5095	1274	4297
13	5337	1334	5042
14	4852	1213	4668

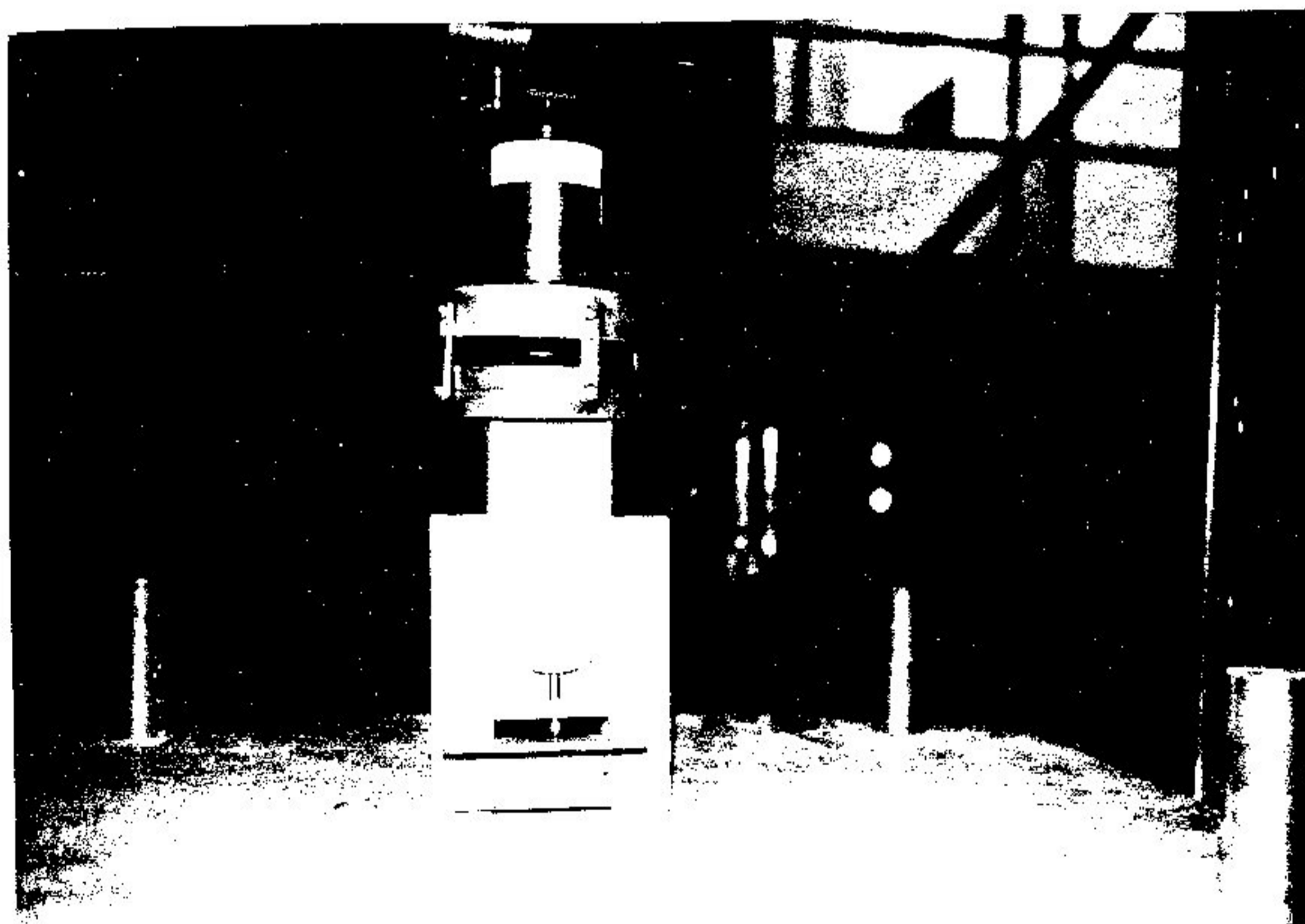
Tabela 9.2

\* P<sub>1,5</sub> refere-se à carga para a qual aconteceu o deslocamento de 1,5mm de uma peça em relação à outra.

\*\* aconteceu a ruptura antes do deslocamento de 1,5mm

O deslocamento verificado consta de uma parcela do deslocamento do parafuso e outra da deformação da madeira, sendo, no entanto, a parcela relativa à madeira muito pequena, podendo ser considerada desprezível, visto que é algo em torno de 1% do total.

As figuras seguintes ilustram o ensaio e as deformações nos parafusos.



*Fig. 9.5 - ensaio de compressão*



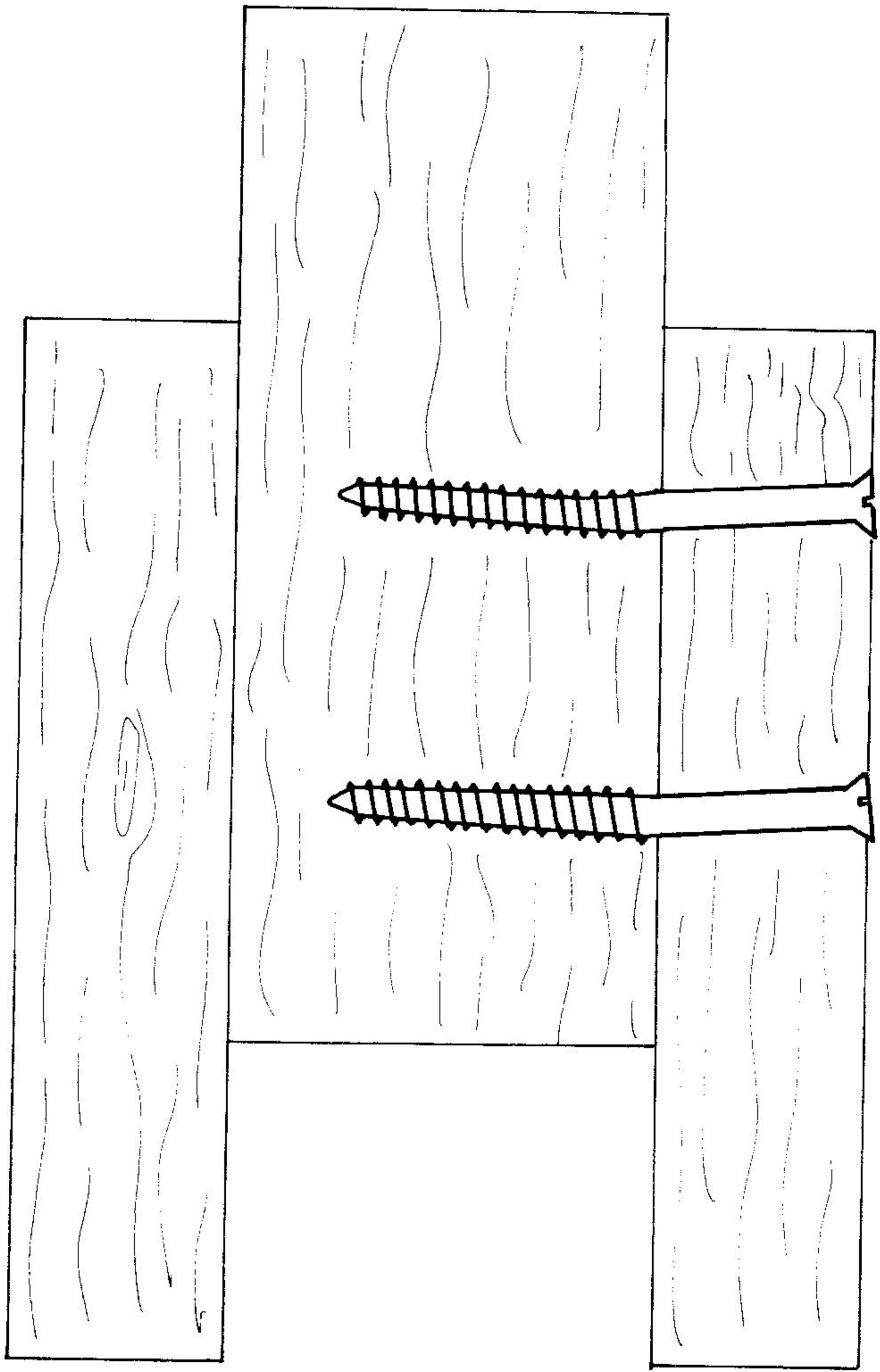
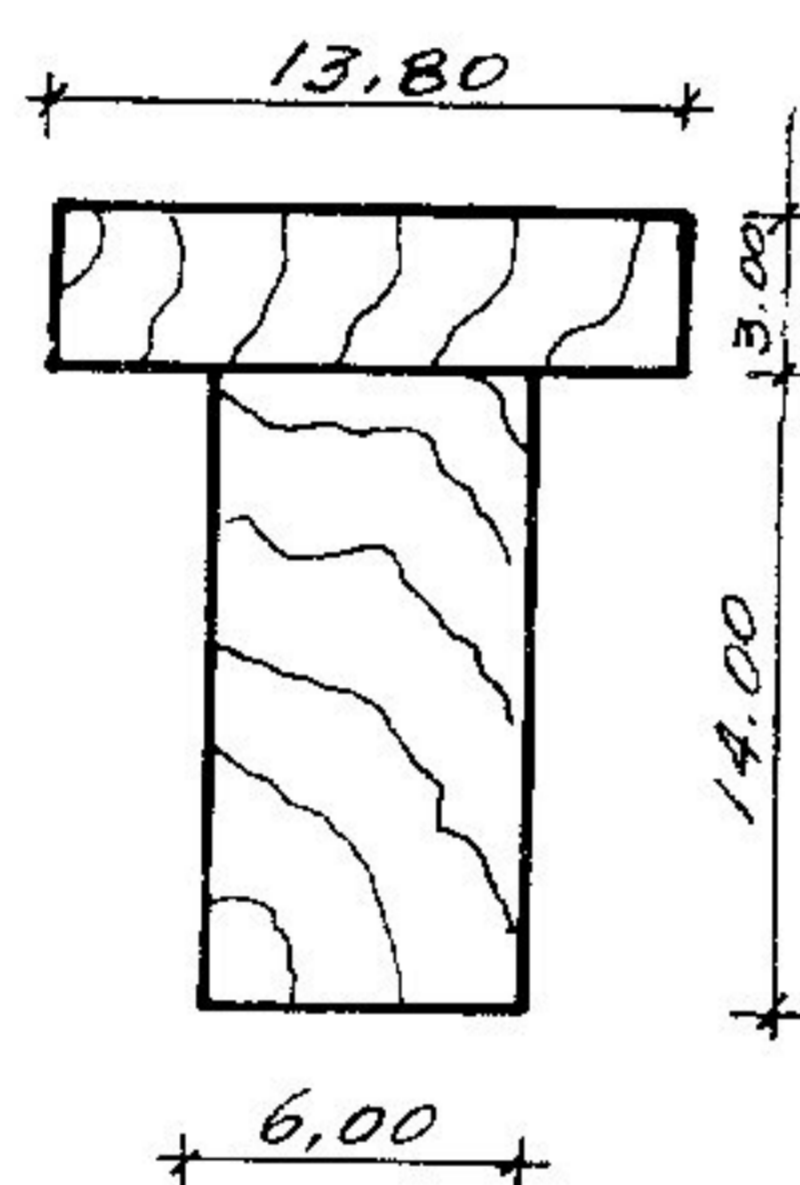


Fig. 9.6  
Deformação dos parafusos

## 10. EXEMPLO DE CÁLCULO E COMPARAÇÃO COM OS ENSAIOS

Seja uma viga de seção composta, cujo elemento de solidarização é o parafuso.

Dados:



*Fig. 10.1 - Seção transversal  
(cotam em cm)*

- alma e mesa em Castanheira
- $E_T = 13580,6$  MPa (tabela 7.2 V13)
- $P$  = carga concentrada no meio do vão
- $l = 400$  cm

10.1. Verificação pela NBR 7190

a) Segundo o disposto no item 54 têm-se:

a.1) Borda comprimida

$$\bar{\sigma}_f = 0,15 \cdot \sigma_F \cdot (0,5 + 0,5\beta)$$

$$\beta = \gamma \frac{b - b_0}{b} + \frac{b_0}{b}$$

$\gamma$  = função da relação  $d_0/d$  .

Se:  $b = 13,80$  cm

$b_0 = 6,00$  cm

$d_0 = 3,00$  cm

$d = 17,00$  cm

temos,  $\frac{d_0}{d} = 0,18$        $\gamma = 0,200$  (tab. I NBR 7190)

logo,  $\beta = 0,200 \frac{13,80 - 6,00}{13,80} + \frac{6,00}{13,80} = 0,55$

$\sigma_F = 66,30$  MPa (valor extraído de trabalho de Chahud)

$\bar{\sigma} = 7,70$  MPa

Se:  $\bar{\sigma}_f \geq \frac{M}{I} y_c$

$M = \frac{Pl_i}{4}$

logo:  $\bar{\sigma}_f \geq \frac{Pl_i}{4I} y_c$

$P \leq \frac{\bar{\sigma}_f \cdot 4I}{l \cdot y_c}$

$P \leq \frac{0,770 \cdot 4 \cdot 3406,69}{400 \cdot 7,19}$

$P \leq 3,65$  kN



a.2) Borda tracionada

$$\bar{\sigma}_f = 0,15 \cdot \sigma_F$$

$$\bar{\sigma}_f = 0,15 \cdot 66,30$$

$$\bar{\sigma}_f = 9,94 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma}_f \geq \frac{M}{I} \cdot y_t$$

$$P \leq \frac{\bar{\sigma}_f \cdot 4 \cdot I}{l \cdot y}$$

$$P \leq \frac{0,994 \cdot 4 \cdot 3406,69}{400 \cdot 9,81}$$

$$P \leq 3,45 \text{ kN}$$

b) Segundo o item 59-a

$$\bar{\tau} = 0,10\tau_R$$

$$\tau_R = 8,00 \text{ MPa}$$

$$\bar{\tau} = 0,08 \text{ KN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{V \cdot S}{b \cdot I}$$

$$\tau = \frac{P}{2} \cdot \frac{S}{b \cdot I}$$

$$P = \frac{2 \cdot \tau \cdot b \cdot I}{S}$$

$$S = 13,80 \cdot 3 \cdot (7,19 - 1,5) + 4,19 \cdot 6 \cdot 4,19/2$$

$$S = 289 \text{ cm}^3$$

$$P = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 6 \cdot 3406,69}{289}$$

$$P = 11,32 \text{ kN}$$

c) Pelo ítem 69-b

$$v = \frac{l}{350}$$

$$\text{se: } v = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$P = \frac{48 \cdot E \cdot I}{350 \cdot l^2}$$

$$P = \frac{48 \cdot 1358,06 \cdot 3406,69}{400^2 \cdot 350}$$

$$P \leq 3,97 \text{ kN}$$

d) Elementos de solidarização

Os parafusos são os elementos que resistirão ao fluxo de cisalhamento na superfície de contacto entre alma e mesa.

Considerando-se a capacidade de carga do parafuso utilizado aquela encontrada nos ensaios de compressão em corpos de prova de Pinus, tem-se  $p = 1321,28\text{N}$

$$F_{\text{cis}} = 2 \cdot \int_0^{l/2} \tau \cdot b \cdot dx$$

$$F_{\text{cis}} = 2 \cdot \int_0^{l/2} \frac{V \cdot S'}{b \cdot I} \cdot b \cdot dx$$

$$F_{\text{cis}} = \frac{V \cdot S' \cdot l}{I}$$

$$F_{\text{cis}} = \frac{P \cdot S' \cdot l}{2 \cdot I}$$

$$F_{cis} = \frac{3,45 \cdot 236 \cdot 400}{2 \cdot 3406,69}$$

3,45 = menor valor de P

$$F_{cis} = 48 \text{ kN}$$

$$n = \frac{48}{1,32}$$

$$n = 37 \text{ parafusos}$$

## 10.2. Segundo prescrições da DIN 1052

a) Tensões na flexão

$$M = \frac{Pl}{4}$$

$$M = 100 \cdot P$$

$$k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot e'}{l^2 \cdot (F_1 + F_2) \cdot c} \quad \text{c tabelado}$$

$$k = \frac{\pi^2 \cdot 135806 \cdot 41,4 \cdot 84 \cdot 18}{400^2 \cdot (41,4 + 84) \cdot 600}$$

$$k = 6,97$$

$$\gamma = \frac{1}{1 + k}$$

$$\gamma = 0,125$$



$$I_w = I_A + I_M + \gamma \cdot (F_1 \cdot a_1^2 + F_2 \cdot a_2^2)$$

$$I_w = 1654,69 \text{ cm}^4$$

a.1) Tensão na borda comprimida da mesa

$$\sigma_1 = \frac{M}{I_w} \cdot \left( \gamma \cdot a_1 \cdot \frac{F_1}{F_{1n}} + \frac{h_1}{2} \cdot \frac{I_1}{I_{1n}} \right)$$

as relações  $F_1/F_{1n}$  e  $I_1/I_{1n} = 1$

$$\sigma_1 = \frac{100P}{1653,51} \cdot (0,125 \cdot 5,69 + 1,5)$$

$$\sigma_1 \leq \sigma_F$$

$$\sigma_F = 9,95 \text{ MPa}$$

$$P \leq 7,44 \text{ kN}$$

a.2) Tensão atuante no centro de gravidade da mesa

$$\sigma_{a1} = \frac{M}{I_w} \cdot \gamma \cdot a_1 \cdot \frac{F_1}{F_{1n}}$$

$$\sigma_{a1} = \frac{100P}{1654,69} \cdot 0,125 \cdot 5,69$$

$$\sigma_{a1} \leq \sigma_F$$

$$P \leq 23,14 \text{ kN}$$

b) Verificação das tensões de cisalhamento na madeira

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_2}{b_2 \cdot I_w}$$

$$\tau_{\max} = \frac{P \cdot S_2}{2b_2 \cdot I_w}$$

$$S_2 = \left( \frac{h_2}{2} + \gamma \cdot a_2 \right)^2 \cdot \frac{b_2}{2}$$

$$S_2 = (7 + 0,125 \cdot 2,81)^2 \cdot 3$$

$$S_2 = 162,12 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{\max} = \frac{P \cdot 162,12}{2 \cdot 6 \cdot 1653,51}$$

$$P \leq \frac{0,08 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 1653,51}{162,12}$$

$$P \leq 14,68 \text{ kN}$$

c) Verificação pela flecha

$$v \leq \frac{l}{300}$$

$$v = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$P \leq \frac{48 \cdot 1358,06 \cdot 1654,69}{300 \cdot 400^2}$$

$$P \leq 2,25 \text{ kN}$$

### 10.3. Comparação dos resultados dos ensaios

A comparação dos resultados entre os valores da flecha para o carregamento aplicado nesta viga será apresentada a seguir em forma de tabela, onde consta o valor da flecha da viga com 33 e 65 parafusos.

valores da flecha (mm)				
carga (N)	NBR 7190	DIN 1052	33 paraf	65 paraf
242,60	0,70	1,44	1,46	1,18
484,20	1,40	2,87	2,25	1,89
727,80	2,10	4,32	2,93	2,62
970,40	2,80	5,76	3,69	3,35
1213,00	3,50	7,20	4,39	4,15
1455,60	4,19	8,64	5,19	4,95
1698,20	4,89	10,08	5,99	5,74
1940,80	5,59	11,52	6,83	6,47
2183,40	6,29	12,96	7,76	7,16
2426,00	6,99	14,40	8,69	7,93
2668,60	7,69	15,85	9,71	8,64
2911,20	8,39	17,29	10,56	9,39
3153,80	9,09	18,73	11,61	10,20
3396,40	9,78	20,15	12,68	10,99
3639,00	10,49	21,61	13,59	11,81
3881,60	11,19	23,05	14,62	12,56
4124,20	11,89	24,49	15,63	13,40

Tabela 10.1 - Comparação de valores de flecha



## 11. CONCLUSÕES

---

Analisando-se a revisão bibliográfica, a experimentação realizada e a comparação de resultados apresentados no exemplo, resumem-se, a seguir, as conclusões finais do trabalho:

11.1. A literatura, tanto nacional quanto internacional, não apresenta dados e/ou conclusões relativas à utilização do parafuso auto-atarraxante como elemento de solidarização em vigas compostas de madeira submetidas à flexão.

11.2. Outro item importante, em que se nota a total falta de referências na literatura, é um estudo sobre o comportamento dos parafusos auto-atarraxantes como elemento de ligação de peças estruturais de madeira.

11.3. As recomendações específicas para o dimensionamento de peças compostas submetidas à flexão, encontradas nas normas citadas no capítulo 3, não fornecem ao projetista segurança necessária à utilização desses elementos em estruturas de madeira de grande porte.

11.4. Na determinação dos módulos de elasticidade longitudinais, observou-se uma variação considerável entre os valores obtidos para o *Pinus Elliotti* e os valores obtidos para a Castanheira.

11.5. Na montagem das peças compostas, um cuidado especial deve ser tomado quando se utilizar espécies de madeira que apresentam densidades mais altas.

11.6. Analisando-se os resultados apresentados nas tabelas 8.9 e 8.10, pode-se concluir que, com 33 parafusos, a inércia real das peças, tanto de Pinus quanto de Castanheira, corresponde a 74% da inércia teórica. Com 65 parafusos, a inércia real das mesmas espécies corresponde a 82% da inércia real.

11.7. Em função do exposto em 11.6, e analisando-se os resultados apresentados no capítulo 9 e no capítulo 10, verifica-se que um estudo mais profundo sobre o comportamento do elemento de solidarização torna-se necessário antes de definir-se qual o número ideal de parafusos a ser utilizado em peças compostas submetidas à flexão.

11.8. Analisando-se a tabela 10.1, pode-se concluir que a DIN 1052 é mais conservadora, comparada à NBR 7190, no que diz respeito às deformações em peças compostas submetidas à flexão e apresenta valores, para o caso específico do exemplo, superiores aos obtidos na experimentação.



## 12. PROPOSTA PARA REALIZAÇÃO DE TRABALHO DE PESQUISA EM CONTINUAÇÃO AO AQUI APRESENTADO ---

No desenvolvimento deste trabalho, foram abordados diversos aspectos relacionados à flexão de peças compostas de madeira com seção transversal T, utilizando-se o parafuso auto-atarraxante como elemento de solidarização. Entretanto, muitos aspectos importantes não foram analisados e devem ser estudados para o desenvolvimento das peças compostas de madeira.

Entre os temas importantes, sugerem-se, para a continuação dos estudos, os itens abaixo relacionados.

12.1. Determinação da capacidade de carga da ligação parafusada, para as espécies de madeira mais utilizadas em engenharia de estruturas.

12.2. Determinação experimental do espaçamento mínimo entre parafusos auto-atarraxantes em ligações de peças de madeira.

12.3. Determinação experimental do diagrama de tensões normais na flexão, para peças compostas com parafusos auto-atarraxantes.

12.4. Determinação experimental do diagrama de tensões tangenciais na flexão para peças compostas com parafusos auto-atarraxantes.



12.5. Proposta de dimensionamento de peças compostas com parafusos auto-atarraxantes, com o objetivo de gerar subsídios para a revisão da NBR 7190.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 

---

- 01- LEWIS, W. C. & DAWLEY, E. R.. Design of Plywood Webs in Box Beams Stiffeners in Box Beams and Details of Design FPL-1318A, 1943. 12p.
- 02- EBERLING, W. D.; OESTERBLON, I.; HOQUE, C. J. H.; NOVICK, S. and HANSEN, H.J.. Design of Plywood I-Beams Hansen on Plywood I-Beams Paper No 2317, 1946. p.955-970
- 03- DOYLE, D. V.. Performance of Nail-Glued Joints of Plywood to Solid Wood USDA-FS-FPL Madison, Wis., FPL-042, 1964. 28p.
- 04- GOODMAN, J.R. & POPOV, E. P.. Layered Beam Systems with Interlayer Slip ASCE Structural Division Journal, vol 94, No 11, 1968. p.2535-2547.
- 05- KUENZI, E. W. & WILKINSON, T. L.. Composite Beams Effect of Adhesive or Fastener Rigidity USDA-FS-FPL Madison, Wis., FPL-152, 1971. 22p.
- 06- RAMAKER, T. J. & DAVISTER, M. D.. Predicting Performance of Hardboard in I-Beams USDA-FS-FPL Madison, Wis., FPL-185, 1972. 12p.
- 07- FOSCHI, R. O. & BONAC, T.. Load-Slip Characteristics for Connections with Common Nails Wood Science,

- 9(3), 1977. p.118-123.
- 08- HILSON, B. O. & FODD, P. D.. The Ultimate Shearing Strength of Timber I-Beams with Hardboard Webs The Structural Engineer vol 57B No 2, 1979. p.25-36
- 09- McNATT, J. Dobbin. Hardboard-Webbed Beams Research and Application Forest Products Journal vol 30 No 10, 1980. p.57-64.
- 10- SAMSON, Marcel. Influence of Flange Quality on the Load Carrying of Composite Webbed I-Beams in Flexure Forest Products Journal 33(1), 1983. p.38-42
- 11- KAMIYA, Fumio. Analitical Studies on the Nonlinear Beding Behavior of Nailed Layered Componentes: part 1 Nailed Layered Beams Wood and Fiber Science 17(1), 1983. p.117-131
- 12- MANTILLA CARRASCO, E. V.. Ligação de Peças Estruturais de Madeira por Pregos Belo Horizonte, EEUFMG, 1983.
- 13- BREUER, H.. Ligação de Peças Estruturais de Madeira por Uniões Chapa-Prego São Carlos, LAMEM EESC, 1983.
- 14- ZAGO UJIVARI, W.. Ligações de Madeira Feitos com Conectores Dentados "Gang-Nail" Itaquaquecetuba, 1983.
- 15- LEICHTI, R. J. & TANG, R. C.. Comparative Performance of Long-Term Loaded Wood Composite I-Beams and Sawn Lumber Wood and Fiber Science 21(2), Oregon, 1989. p.142-154



- 16- KAMIYA, FUMIO. Buckling of Sheathed Walls: Nonlinear Analysis Journal of Structural Engineering vol 114 No 23, 1988. p.625-641
- 17- LEICHTI, R. J.; FALK, R. H. & LAUFENBERG, T. L.. Prefabricated Wood Composite I-Beams A Literature Review USDA-FS-FPL sep. de: Wood and Fiber Science 22(1), 1990. p.62-79
- 18- PELLICANE, P. J., STONE, J. L. & VANDERBILT, M. D.. Generalized Model for Lateral Load Slip of Nailed Joints Journal of Materials in Civil Engineering vol 3 No 1, 1991. p.60-77.
- 19- CALIXTO, J. M. F.. A Geometrically Nonlinear One Dimensional Element for Analyzing Layered Systems with Interlayer Slip Austin, Dissertation (Doctor of Philosophy), 1991.
- 20- NEWLIN, J. A. & GAHAGAN, J. M.. Lag-Screw Joints: Their Behavior and Design USDA Technical Bulletin No 597, Washington, 1938. 26p.
- 21- LUCHESE, J. A. e STAMATO, M. C.. Ligações de Peças de Peroba Rosa com Parafusos de Aço São Carlos, Publicação No 147, 1967. 42p.
- 22- TRADA Wood Information Mechanical Fasteners for Structural Timber Work 1985. 12p.
- 23- McLAIN, T. E.. Mechanical Fastening of Structural Wood Members Design and Research Status Structural Wood Research, Virginia, 1987. p.33-70.

- 24- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.
- 25- DEUSTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG Construciones de Madera: Calculo y Ejecucion DIN 1052 Bilbao, Ed. Balzola, 1973.
- 26- NATIONAL SPECIFICATION FOR WOOD CONSTRUCTION Recommended Praticce for Structural Design by National Forest Products Association Washington, 1986.
- 27- EUROCODE No 5 Common Unified Rules for Timber Structures Luxemburg, 1988.
- 28- HEARMON, R. F. S.. The Elasticity of Wood and Plywood Forest Products Research, S. R. nº 7, 1948. p.5.
- 29- MARCH, H. W. & KUENZI, E. W. & KOMMERS, W. J.. Method of Measuring the Shearing Moduli in Wood USDA-FS-FLP Madison, Wis, 1942.
- 30- HEARMON, R. F. S.. The Elasticity of Wood and Plywood Forest Products Research, S. R. nº 7, 1948. 87p.
- 31- NEWLIN, J. A. & TRAYER, G. W.. Deflexion of Beams With Special Reference to Shear Deformation. USDA-FS-FPL, Mad. Wis. (1309), 1956.
- 32- NORRIS, C. B. & MCKINNON, P. F.. Compression, Tension and Shear Tests Made at Varugus Angles, to the Face Grain USDA-FS-FPL, Mad., Wis. (1328), 1956.
- 33- BEGHTEL, S. C. & NORRIS, Charles B.. Strength of Wood



Beams of Rectangular Cross Section as Affected by Span-Depth Ratio USDA-FS-FPL, Mad., Wis. (1910), 1959.

- 34- NORRIS, Charles B.. Strength of Orthotropic Materials Subjected to Combined Stresses. USDA-FS-FPL, Mad., Wis. (1816), 1962.
- 35- BOLZA, E. & KLOOT, N. H.. The Mechanical Properties of 174 Australian Timbers Australia Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1963. (Division of Forest Products Technological Paper n<sup>o</sup> 25).
- 36- JOHNSON, J. W.. Relationships Among Moduli of Elasticity and Rupture: Seasoned Unseasoned Coast-Type Douglas Fir and Seasoned Western Hemlock sep. de: Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 2 Prodeedings Washington, 1965.
- 37- CORDER, S. E.. Localized Deflection Related to Bending Strength of Lumber sep. de: Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 2 Proceedings Washington, 1965.
- 38- HELLMEISTER, J. C.. Tension and Related Properties of Douglas-Fir New York, College of Forestry at Syracuse, 1966.
- 39- ETHINGTON, R. L. & HILBRAND, H. C.. Anisotropy in Wood ASTM STP 405, Am. Soc. Testing Mats., 1966. p.26-38.
- 40- MARCH, H. W.. Stress-Strain Relations in Wood and Plywood Considered as Orthotropic Materials. USDA-FS-



FPL, Mad., Wis. s/d (Mimeo nº 1503).

- 41- KOLLMANN, F. F. P. & CÔTÉ, W. A.. Principles of Wood Science and Technology Germany, Springer Verlag, 1968. cap. 7, p.293.
- 42- GUNNERSON, R. A.; GOODMAN, J. R.; BODIG, J.. Plate Tests for Determination of Elastic Parameters of Wood. Wood Science 5(4), 1973.
- 43- HELLMEISTER, J. C.. Sobre a Determinação das Características Físicas da Madeira São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1973. 119p. Tese (Doutor-Engenheiro)
- 44- FOUJNET, A.. Methodes de Caracterisation de Materiaux Anisotropes Application ad Bois Lyon, L'Institut National des Sciences Appliques de Lyon, 1980. (These Docteur Ingenieur).
- 45- SETCHEPINE, J. L.. Mise au Point d'une Methode Experimentals Destinee a L'identification de La Matrice des Complaisances Elastiques de Solides Anisotropes: Application aux Materiaux Bois. Lorraine Institut National Polytechnique de Lorraine, 1980. (These Doctor-Engenieur).
- 46- ROCCO LAHR, F. A.. Sobre a Determinação de Propriedades de Elasticidade da Madeira. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1983. 221p. (Tese Doutor-Engenheiro).
- 47- CHAHUD, E.. Tração Paralela em Peças de Madeira São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1985.

- 127p. Dissertação (Mestre-Engenharia de Estruturas).
- 48- MASCIA, N. T.. Contribuição ao Estudo da Flexão Estática em Peças de Madeira São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1985. Dissertação (Mestre-Engenharia de Estruturas).
- 49- CHAHUD, E.. Módulo de Elasticidade Longitudinal e Proposta para o Cálculo de Peças Fletidas São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1989. 148p. Dissertação (Doutor-Engenharia de Estruturas).
- 50- LUCHESE, J. A. e STAMATO, M. C.. Ligações de Peças de Peroba Rosa com Parafusos de Aço São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Publicação nº 147, 1967.
- 51- DEUSTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG Construciones de Madera: Calculo y Ejecucion DIN 1052 Bilbao, Ed. Balzola, 1973.
- 52- EUROCODE No 5 Common Unified Rules for Timber Structures Luxemburg, 1988.
- 53- DEUSTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG Construciones de Madera: Calculo y Ejecucion DIN 1052 Bilbao, Ed. Balzola, 1973.
- 54- NEWLIN, J. A. & GAHAGAN, J. M.. Lag-Screw Joints: Their Behavior and Design USDA Technical Bulletin No 597, Washington, 1938. 26p.
- 55- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.



- 56- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.
- 57- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.
- 58- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.
- 59- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.
- 60- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.
- 61- VAZ, Joaquim. Silos Verticais de Madeira Compensada São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. Tese (Mestre-Engenharia de Estruturas).
- 62- EUROCODE No 5 Common Unified Rules for Timber Structures Luxemburg, 1988.
- 63- EUROCODE No 5 Common Unified Rules for Timber Structures Luxemburg, 1988.
- 64- VAZ, Joaquim. Silos Verticais de Madeira Compensada São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. Tese (Mestre-Engenharia de Estruturas).



- 65- DEUSTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG Construciones de Madera: Calculo y Ejecucion DIN 1052 Bilbao, Ed. Balzola, 1973.
- 66- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.
- 67- EUROCODE No 5 Common Unified Rules for Timber Structures Luxemburg, 1988.
- 68- VAZ, Joaquim. Silos Verticais de Madeira Compensada São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. Tese (Mestre-Engenharia de Estruturas).
- 69- NEWLIN, J. A. & GAHAGAN, J. M.. Lag-Screw Joints: Their Behavior and Design USDA Technical Bulletin No 597, Washington, 1938. 26p.
- 70- VAZ, Joaquim. Silos Verticais de Madeira Compensada São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. Tese (Mestre-Engenharia de Estruturas).
- 71- LUCHESE, J. A. e STAMATO, M. C.. Ligações de Peças de Peroba Rosa com Parafusos de Aço São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Publicação nº 147, 1967.
- 72- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro, ABNT, 1951.

BIBLIOGRAFIA

---

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira NBR7190, Rio de Janeiro ABNT, 1951.
- BEGHTEL, S. C. & NORRIS, Charles B.. Strength of Wood Beams of Rectangular Cross Section as Affected by Span-Depth Ratio USDA-FS-FPL, Mad., Wis. (1910), 1959.
- BOLZA, E. & KLOOT, N. H.. The Mechanical Properties of 174 Australian Timbers Australia Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1963. (Division of Forest Products Technological Paper nº 25).
- BREUER, H.. Ligação de Peças Estruturais de Madeira por Uniões Chapa-Prego São Carlos, LAMEM EESC, 1983.
- CALIL JUNIOR, C.. Silos de Madeira São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1978.
- CALIXTO, J. M. F.. A Geometrically Nonlinear One Dimensional Element for Analyzing Layered Systems with Interlayer with Interlayer Slip Austin, Dissertation (Doctor of Philosophy), 1991.
- CHAHUD, E.. Tração Paralela em Peças de Madeira São Carlos Escola de Engenharia de São Carlos, 1985. 127p. Dissertação (Mestre-Engenharia de Estruturas).
- CHAHUD, E.. Módulo de Elasticidade Longitudinal e Proposta



- para o Cálculo de Peças Fletidas São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1989. 148p. Dissertação (Doutor-Engenharia de Estruturas).
- CORDER, S. E.. Localized Deflection Related to Bending Strength of Lumber sep. de: Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 2 Proceedings Washington, 1965.
- DEUSTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG Construciones de Madera: Calculo y Ejecucion DIN 1052 Bilbao, Ed. Balzola, 1973.
- DOYLE, D. V.. Performance of Nail-Glued Joints of Plywood to Solid Wood USDA-FS-FPL Madison, Wis., FPL-042, 1964. 28p.
- EBERLING, W. D.; OESTERBLON, I.; HOQUE, C. J. H.; NOVICK, S. and HANSEN, H.J.. Design of Plywood I-Beams Hansen on Plywood I-Beams Paper No 2317, 1946. p.955-970.
- ETHINGTON, R. L. & HILBRAND, H. C.. Anisotropy in Wood ASTM STP 405, Am. Soc. Testing Mats., 1966. p.26-38.
- EUROCODE No 5 Common Unified Rules for Timber Structures Luxemburg, 1988.
- FOSCHI, R. O. & BONAC, T.. Load-Slip Characteristics for Connections with Common Nails Wood Science, 9(3) 1977. p.118-123.
- FOUDJET, A.. Methodes de Caracterisation de Materiaux Anisotropes Application ad Bois L'Institut National des Sciences Appliques de Lyon, Lyon, 1980. (These Douteur Ingenieur).
- GRAINGER, C. D.. Prototype Testing of Timber Structures Forest Products Journal vol 20 No 6, 1969. p.19-22.



GROMALA, D. S.. Lateral Nail Resistance for Ten Common Sheathing Materials Mad., Wis., Forest Products Journal vol 35 No 9, 1985. p.61-68.

GOODMAN, R. J. & POPOV, E. P.. Layered Beam Systems with Interlayer Slip ASCE Structural Division Journal, vol 94, No 11, 1968. p.2535-2547.

GUNNERSON, R. A.; GOODMAN, J. R.; BODIG, J.. Plate Tests for Determination of Elastic Parameters of Wood. Wood Science 5(4), 1973.

HEARMON, R. F. S.. The Elasticity of Wood and Plywood Forest Products Research, S. R. n° 7, 1948. p.5.

HELLMEISTER, J. C.. Tension and Related Properties of Douglas-Fir New York, College of Forestry at Syracuse, 1966.

HELLMEISTER, J. C.. Sobre a Determinação das Características Físicas da Madeira São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1973. 119p. Tese (Doutor-Engenheiro).

HILSON, B. O. & FODD, P. D.. The Ultimate Shearing Strength of Timber I-Beams with Hardboard Webs The Structural Engineer vol 57B No 2, 1979. p.25-36.

JENKINS, J. L. & POLENSEK, A. & BASTENDORFF, K. M.. Stiffness of Nailed Wall Joints Under Short and Long Term Lateral Loads Wood Science vol 11 No 3, 1979. p.145-154

KAMIYA, Fumio.. Analitical Studies on the Nonlinear Beding Behavior of Nailed Layered Components: part 1 Nailed Layered Beams Wood and Fiber Science 17(1), 1983. P.117-

KAMIYA, Fumio.. Analitical Studies on the Nonlinear Beding Behavior of Nailed Layered Components: part II Nailed Strssed Skin Components Wood and Fiber Science 17(2), 1985. P.170-183.

KAMIYA, FUMIO.. Buckling of Sheathed Walls: Nonlinear Analysis Journal of Structural Engineering vol 114 No 23 1988. p.625-641.

KOLLMANN, F. F. P. & CÔTÉ, W. A.. Principles of Wood Science and Technology Germany, Springer Verlag, 1968. cap. 7, p.293.

KUENZI, E. W. & WILKINSON, T. L.. Composite Beams Effect of Adhesive or Fastener Rigidity USDA-FS-FPL, Madison, Wis., FPL-152, 1971. 22p.

LEICHTI, R. J. & TANG, R. C.. Comparative Performance of Long-Term Loaded Wood Composite I-Beams and Sawn Lumber Wood and Fiber Science 21(2), Oregon, 1989. p.142-154.

LEICHTI, R. J.; FALK, R. H. & LAUFENBERG, T. L.. Prefabricated Wood Composite I-Beams A Literature Review USDA-FS-FPL sep. de: Wood and Fiber Science 22(1), 1990. p.62-79

LEWIS, W. C. & DAWLEY, E. R.. Design of Plywood Webs in Box Beams Stiffeners in Box Beams and Details of Design FPL-1318A, 1943. 12p.

LIU, J. Y. & SOLTIS, L. A.. Lateral Resistance of Nailed Joints A Test Method Madison, Forest Products Journal vol 34 No 1, 1984. p.55-60.

LUCHESE, J. A. e STAMATO, M. C.. Ligações de Peças de Peroba Rosa com Parafusos de Aço São Carlos, Publicação



No 147, 1967. 42p.

MALHOTRA, S. K. & THOMAS, B.. Effect of Interface Gap on Load Slip Characteristics of Timber Joints Fabricated With Multiple-Nails Malhotra and Thomas, 1984. p.104-112.

MANTILLA CARRASCO, E. V.. Ligação de Peças Estruturais de Madeira por Pregos Belo Horizonte, EEUFMG, 1983.

MANTILLA CARRASCO, E. V.. Ligações Estruturais de Madeira por Adesivos São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1984. Tese (Mestre-Engenharia de Estruturas).

MARCH, H. W. & KUENZI, E. W. & KOMMERS, W. J.. Method of Measuring the Shearing Moduli in Wood USDA-FS-FLP Mad., Wis, 1942.

MARCH, H. W.. Stress-Strain Relations in Wood and Plywood Considered as Orthotropic Materials. USDA-FS-FPL, Mad., Wis. s/d (Mimeo nº 1503).

MASCIA, N. T.. Contribuição ao Estudo da Flexão Estática em Peças de Madeira São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1985. Dissertação (Mestre-Engenharia Estruturas)

McLAIN, T. E.. Mechanical Fastening of Structural Wood Members Design and Research Status Structural Wood Research, Virginia, 1987. p.33-70.

McNATT, J. Dobin. Hardboard-Webbed Beams Research and Application Forest Products Journal vol.30 No 10, 1980. p.57-64.

NATIONAL SPECIFICATION FOR WOOD CONSTRUCTION Recommended Practice for Structural Design by National Forest Products Association Washington, 1986.



NEWLIN, J. A. & GAHAGAN, J. M.. Lag-Screw Joints: Their Behavior and Design USDA Technical Bulletin No 597, Washington, 1938. 26p.

NEWLIN, J. A. & TRAYER, G. W.. Deflexion of Beams With Special Reference to Shear Deformation. USDA-FS-FPL, Mad. Wis. (1309), 1956.

NORRIS, Charles B.. Strength of Orthotropic Materials Subjected to Combined Stresses. USDA-FS-FPL, Mad., Wis. (1816), 1962.

NORRIS, C. B. & MCKINNON, P. F.. Compression, Tension and Shear Tests Made at Various Angles, to the Face Grain USDA-FS-FPL, Mad., Wis. (1328), 1956.

PELLICANE, P. J. ,STONE J. L. & VANDERBILT, M. D. Generalized Model for Lateral Load Slip of Nailed Joints Journal of Materials in Civil Engineering, vol 3 No 1, 1991. p.60-77.

RAMAKER, T. J. & DAVISTER, M. D.. Predicting Performance of Hardboard in I-Beams USDA-FS-FPL, Mad., Wis., FPL-185 1972. 12p.

ROCCO LAHR, F. A.. Sobre a Determinação de Propriedades de Elasticidade da Madeira. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1983. 221p. (Tese Doutor-Engenheiro).

SAMSON, Marcel. Influence of Flange Quality on the Load Carrying of Composite Webbed I-Beams in Flexure Forest Products Journal 33(1), 1983. p.38-42

SETCHEPINE, J. L.. Mise au Point d'une Methode Experimental Destinee a L'identification de La Matrice des

Complaisances Elastiques de Solides Anisotropes: Application aux Materiaux Bois. Lorraine Institut National Polytechnique de Lorraine, 1980. (These Doctor-Engenieur).

TRADA Wood Information Mechanical Fasteners for Structural Timber Work 1985. 12p.

VAZ, Joaquim. Silos Verticais de Madeira Compensada São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. Tese (Mestre-Engenharia de Estruturas)

WILKINSON, T. L.. Theoretical Lateral Resistance of Nailed Joints Madison, Wis, Journal of the Structural Division Proceeding of the American Society of Civil Engineers, 1971. p.1381-1399.

WILKINSON, T. L.. Analysis of Nailed Joints With Dissimilar Member USDA-FS-FPL, Madison, Wis, Journal of Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 1972. p.2005-2013.

ZAGO UJIVARI, W.. Ligações de Madeira Feitos com Conectores Dentados "Gang-Nail" Itaquaquecetuba, 1983.

ANEXO 1





# RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO

R.I.R.

Nº

Recepção	Fornecedor - Razão Social		Nº Nota fiscal	Data NF.
	COMPANHIA SIDERURGICA BELGO MINEIRA.		484489	12.06.91
	Quantid.	Unid.	Descrição do material	
	5135	KG:	ARAME BTC ESPECIAL PARA PARAFUSOS (ACO PL 10E)	
Quantidade Recebida		Conferente		Data
5135 KG.		ALEXANDRO.		12/06/91
Controle de Qualidade	Característica		Especificado	Encontrado
	Fabricante Qualificado			
	Identificação do material			
	φ do arame.		3,34 - 3,40	3,37 - 3,39
	Dureza		162 - 252 HB	237 - 252 HB
Plano de Controle:		Inspetor:	Data: 12/06/91	
Conclusão			 Visto C.Q. Data: 23/7/91	
<input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado Parcial <input type="checkbox"/> Aprovado c/ seleção <input type="checkbox"/> Reprovado <input type="checkbox"/> Aprovado c/ recuperação interna <input type="checkbox"/>				
Compras				
Almoxarifado				
Providências	Fornecedor/Contato		Nº Nota Fiscal - Devolução	
			Data NF.	
	<input type="checkbox"/> Devolução <input type="checkbox"/> Reposição <input type="checkbox"/> Débito <input type="checkbox"/>		Visto compras	
	<input type="checkbox"/> Desconto		Data: / / Visto Almoxarifado Data:	





# INDÚSTRIAS MICHELETTO S.A.

CONTROLE DE QUALIDADE - DIVISÃO DE PARAFUSOS

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DO PRODUTO

Nº 0F. 0277

Denominação: MDC.FS.RC.5.5.75 145

Dieta: 5,5.75 ACZC

Cliente:

Código:

Código MITTO: 3.10.01.236.10.

DIMENSIONAL	ESPECIFICADO	VERIFICADO
Diâmetro da cabeça	9,90 - 10,80	10,19 - 10,60
Altura da cabeça	MAX 3,3	3,3
LARGURA DA FENDA	1,66 - 1,91	1,70 - 1,85
PROFUND DA FENDA	1,00 - 1,50	1,20 - 1,50
ÂNGULO DA CABEÇA	80° - 82°	81° - 82°
<b>ROSCA</b>		
Diâmetro externo	5,30 - 5,55	5,36 - 5,43
Passo	2,5	2,5
Anel		
Comprimento	73,8 - 76,2	75,8 - 76,2
Calibre "passa-não passa"		
COMPRIMENTO DA ROSCA	MIN 36,9	42,8 - 44,3
DIÂMETRO INTERNO	~ 3,70	3,90
<b>CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS</b>		
Material	ACO SAE 1010	SATISFAZ CERTIF
Dureza superficial		
Dureza núcleo		
Profundidade de cementação		
Resistência ao torque		
Dobramento		
<b>TRATAMENTO SUPERFICIAL</b>		
Acabamento	ZINCADO CLARO	VISUAL OK
Resistência a corrosão		
CAMADA DE ZINCO	8 - 13 µ	12 - 17 µ

Observações:

Data: 23.07.91

Ass:

Rodrigue





# INDÚSTRIAS MICHELETTO S.A.

CONTROLE DE QUALIDADE - DIVISÃO DE PARAFUSOS

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DO PRODUTO

Nº OF. 1747

Denominação: MDC. FS. RC. 3,5x45 145

Bitola: 3,5 x 45 RCZC

Cliente:

Código:

Código MITTO: 3.10.01.132 10.

DIMENSIONAL	ESPECIFICADO	VERIFICADO
Diâmetro da cabeça	6,20 - 6,80	6,37 - 6,62
Altura da cabeça	MAX 2,10	2,15
LARGURA DA FENDA.	1,06 - 1,20	1,09 - 1,17
PROFUND DA FENDA.	0,60 - 0,95	0,85 - 1,00
ÂNGULO DA CABEÇA.	80° - 82°	81° - 82°
ROSCA		
Diâmetro externo	3,35 - 3,60	3,36 - 3,41
Passo	1,6	1,6
Anel		
Comprimento	42,9 - 44,5	44,1 - 44,5
Calibre "passa-não passa"		
COMPRIMENTO DA ROSCA.	28,6 - 29,6	28,4 - 29,4
DIÂMETRO INTERNO.	~ 2,30	2,35
CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS		
Material	ACO SAE 1010	SATISFAZ CERTIF.
Dureza superficial		
Dureza núcleo		
Profundidade de cementação		
Resistência ao torque		
Dobramento		
TRATAMENTO SUPERFICIAL		
Acabamento		
Resistência a corrosão		
CAMADA DE ZINCO.	8 - 13 µ	10 - 16 µ

Observações:

Data: 23.07.91

Ass.:

*Produção*





# RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO

R.I.R.  
N.º

Recepção	Fornecedor - Razão Social		Nº Nota fiscal	Data NF.
	SIDERURGICA MENDES JUNIOR S.A.		342000	21.05.91
	Quantid.	Unid.	Descrição do material	
	8939	KG.	ARAME CLARO ESPECIAL PARA PARAFUSO MAD.	
Quantidade Recebida		Conferente		Data
8939 KG.		ALEXANDRÊ		21.05.91.
Controle de Qualidade	Característica		Especificado	Encontrado
	Fabricante Qualificado			
	Identificação do material			
	Ø do arame.		5,34 - 5,40	5,36 - 5,38
	Dureza.		162 - 190 HB	189 - 222 HB
Plano de Controle:		Inspetor:	Data 21/05/91	
Conclusão			 Visto C.Q. Data: 23.07.91.	
<input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado Parcial <input type="checkbox"/> Aprovado c/ seleção <input type="checkbox"/> Reprovado <input type="checkbox"/> Aprovado c/ recuperação interna <input type="checkbox"/>				
Compras				
Fornecedor/Contato				
<input type="checkbox"/> Devolução <input type="checkbox"/> Reposição <input type="checkbox"/> Débito <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Desconto			Almoxarifado	
Visto compras			Nº Nota Fiscal - Devolução	
Data / /			Data NF.	
			Visto Almoxarifado Data / /	





SIDERURGICA  
MEDES JUNIOR SA

RUA - 040 - N° 200 - DIAS FASARES,  
MANGA - JUIZ DE FORA - MG - BRASIL

**CERTIFICADO DE QUALIDADE**  
**QUALITY CERTIFICATE**

TIPO DE CERTIFICADO - CERTIFICATE TYPE

PROV. MECANICAS MECHANICAL TESTS	ANALISE QUIMICA CHEMICAL ANALYSIS	OUTROS OTHERS
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NUMERO - NUMBER

0045648

FABRICA DO CORDO DE ALUMINIO - ALUMINUM CORD

MICHELETTI MINAS LTDA  
RUA CIPRIANO MICHELETTI 54 - CINCO  
CONTAGEM MG 32340

FECHA - DATE

20/05/91

IDENTIFIC. DO CORDO DE ALUMINIO - ALUMINUM CORD IDENTIFICATION

014799 04 GBH

CONTRATO - CONTRACT N°

OC TLX. 0979/91

UNIDADE - UNIT

1

AR. CLARO ESP. PARAF. MAD. . 05,40MM ASTM549/71

N° CORDE CORD IDENTIFICATION ORDER N°	N° ROLLO FENE RUNDLE COIL NO	PROPRIEDADES MECANICAS - MECHANICAL PROPERTIES				ANALISE QUIMICA (%) - CHEMICAL ANALYSIS			
		C	MN	SI	P	S			
A52572A		0.050	0.350		0.032	0.023			

OBSERVAÇÕES - REMARKS

CERTIFICAMOS QUE O MATERIAL AQUI RELACIONADO FOI PRODUZIDO,  
INSPECIONADO, ENSAIADO E ANALISADO DE ACORDO COM OS REQUISITOS  
SITOS DA NORMA OU ESPECIFICACAO PEDIDA

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN LISTED WAS  
MANUFACTURED, INSPECTED, TESTED AND ANALYZED IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF THE ORDERED SPECIFICATION

REVISOR - FOR MAN

*[Signature]*

REVISOR - FOR MAN

LABORATORIO DE METALURGIA


**INDUSTRIAS MICHELETTO S.A.**

CONTROLE DE QUALIDADE - DIVISÃO DE PARAFUCOS

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DO PRODUTO	NP	OF. 0788
Denominação: MDC.FS.RC.5,5 x 90 145	Bitola:	5,5 x 90 AC ZC
Cliente:	Código:	
Código MITTO: 3 10.01.237.10		

DIMENSIONAL	ESPECIFICADO	VERIFICADO
Diâmetro da cabeça	9,90 - 10,80	10,16 - 10,55
Altura da cabeça	MAX 3,3	3,3
LARGURA DA FENDA.	1,66 - 1,91	1,70 - 1,82
PROFUND. DA FENDA.	1,00 - 1,50	1,25 - 1,50
ÂNGULO DA CABEÇA.	80° - 82°	81° - 82°
ROSCA		
Diâmetro externo	5,30 - 5,55	5,40 - 5,48
Passo	2,5	2,5
Anel		
Comprimento	88,9 - 86,5	88,2 - 88,9
Calibre "passo-não passo"		
COMPRIMENTO DA ROSCA.	MIN 44,5	48,0 - 51,0
DIÂMETRO INTERNO	~ 3,70	3,60
CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS		
Material	ACO SAE 1010	SATISFATORIO
Dureza superficial		
Dureza núcleo		
Profundidade de cementação		
Resistência ao torque		
Dobramento		
TRATAMENTO SUPERFICIAL		
Acabamento		
Resistência a corrosão		
CAMADA DE ZINCO	8 - 13 μ	9 - 14 μ

Observações:	Data:	23.07.91
	Ass:	Rodriguez





Divisão de Refilária - Contagem  
 Departamento de Garantia da Qualidade  
 Av. Gen. David Sarnoff, 909  
 32210 - Contagem - MG - Brasil

RECIBIDO

18 JUN 1997

**CERTIFICADO DE ANÁLISE QUÍMICA N° 299.0691**

CLIENTE: MICHELETTO MINAS LTDA.

PEDIDO Nº: 10600151

NOTA FISCAL:

PRODUTO: ARAME BTC ESPECIAL CLARO PARA PARAFUSOS

BITOLA: Ø3.40 MM

ACØ PL10 E

ESPECIFICAÇÃO:

**ANÁLISE QUÍMICA**

CORRIDA Nº	% C	% Mn	% P	% Si	% S	% Al	% Cr	% Ni	% Mo	% Cu	% B	%
------------	-----	------	-----	------	-----	------	------	------	------	------	-----	---

145.463 0,060 0,435 0,076 0,007 0,024

OBSERVAÇÕES:

MICHELETTO MINAS LTDA.

Att. Engo Eydher Queiroz Freitas

RUA CYPRIANO MICHELETTO, 54  
 32340 - CONTAGEM - MINAS GERAIS

DP01 EXPENVEL

A COMPANHIA SIDERÚRGICA BELGO-MINEIRA NÃO SE RESPONSABILIZA POR CÓPIAS DO PRESENTE CERTIFICADO QUE FOREM REPRODUZIDAS PARA FORNECIMENTO A TERCEIROS.

Contagem, 14/06/91

08:33:19

Antonio Teixeira Cabral CRQ:02300689

ANTONIO TEIXEIRA CABRAL