

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATORIO REFERENTE A ESTAGIO SUPERVISIONADO

PROJETO:

LAJES DE CONCRETO LATERÍTICO EM FORMA PERMANENTE DE BAMBU

ALUNO: HUMBERTO CORREIA LIMA JUNIOR

ORIENTADOR: NORKANDO PERAZZO BARBOSA

CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
MAIO 1993



Biblioteca Setorial do CDSA. Agosto de 2021.

Sumé - PB

SUMARIO

1. APRESENTAÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	02
3. INTRODUÇÃO.....	03
4. METODOLOGIA.....	05
4.1. Material.....	05
4.1.1. Concreto.....	05
4.1.2. Bambu.....	05
4.2. Estudo de aderência bambu-concreto.....	06
4.2.1. Tratamento e aderência bambu-concreto.....	06
4.3. Lajes reforçadas com bambu.....	10
4.3.1. Características das lajes.....	10
4.3.2. Tratamento utilizado.....	14
4.3.3. Instrumentação.....	14
4.3.4. Características do ensaio.....	14
5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	15
5.1. Ensaio de aderência.....	15
5.2. Ensaio das lajes.....	15
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
7. BIBLIOGRAFIA.....	31

1. APRESENTAÇÃO

Este relatório corresponde as atividades desenvolvidas por Humberto Correia Lima Júnior, no âmbito do projeto: " UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS NÃO CONVENCIONAIS NAS CONTRUÇÕES ", referente ao estágio supervisionado.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Por conta de sua excelente resistência à tração, que pode superar os 200 e até 300 MPa, a idéia de utilizar o bambu como reforço no concreto não é nova. De fato, já em 1914, Chow [1] publicou uma tese sobre o assunto no Massachusetts Institute of Technology. Nos anos quarenta, Glenn [2] ensaiou uma série de vigas de concreto reforçadas com bambu, apresentando inclusive recomendações para a construção de tais peças. Posteriormente, Geymayer e Cox [3] apresentava resultados do ensaio de vigas e lajes de concreto bambu. Kowalski [4] apresentou sugestões para o emprego do bambu em lajes de concreto. Lopez [5], na Colômbia, procedeu a experimentação de vigas, utilizando como reforço cabos feitos com tiras de bambu retorcidas. Krishnamurthy [6] pesquisou melhora da interação do bambu com o concreto através da experimentação de três séries de vigas com diferentes tratamentos aplicados ao bambu. No Brasil, Ghavami começou a pesquisar o bambu com material de construção e Ghavami e Hombeech [7] testaram pela primeira vez em laboratório vigas de concreto com o reforço de bambu. Culzoni [8] ensaiou vigas de concreto leve - bambu e Barbosa e Alli [9] fizeram o mesmo com peças de concreto laterítico.

A maior aplicação que até agora se deu ao concreto reforçado com o bambu teve lugar durante a Segunda Guerra, em ilhas do Pacífico, onde foi utilizado na construção de instalações militares tanto pelas forças armadas do Japão como pelas dos Estados Unidos [5].

3. INTRODUÇÃO

A construção de moradias dignas nos países em desenvolvimento é um problema sempre presente. No Brasil, este é um dos grandes problemas enfrentado atualmente pois o déficit habitacional chega a atingir cerca de 14 milhões de habitações. Nas áreas rurais, especialmente no Nordeste brasileiro, a maioria das moradias encontradas são de taipa, que apresentam péssima aparência estética, baixa resistência às intempéris e grande número de fissuras, onde alojam-se insetos transmissores de doenças. Com o baixo poder aquisitivo da população, o alto custo dos materiais de construções industrializados, a falta de engenheiros, arquitetos e técnicos cujas formação e treinamento possam ser adaptados às necessidades particulares da construção de baixo custo tornam este problema ainda mais difícil.

Com o objetivo de amenizar tais problemas alguns setores da construção civil têm procurado, através de estudos e pesquisas, desenvolver novos materiais, equipamentos e técnicas que possam baratear a habitação popular.

Pelas boas características físicas e mecânicas, o bambu tem sido usado a milênios na construção de moradias, ferramentas, máquinas, utensílios domésticos, etc, em diversas partes do mundo, principalmente nos países asiáticos. Muitas maquinárias que hoje existem em aço foram originalmente feitas de bambu. As pontes suspensas com cabos de bambu construídas na China foram a origem das pontes e coberturas suspensas que hoje são construídas em aço. O templo indiano Taj Mahal, cuja estrutura é toda montada com bambu, é uma demonstração da resistência deste material.

Uma das vantagens da utilização do bambu como material de construção é o seu baixo consumo energético, conservando os recursos naturais e protegendo o meio ambiente. O bambu durante o processo de crescimento fornece oxigênio para o meio ambiente, enquanto que o aço durante o seu processo de fabricação coloca gás carbônico no ar, contribuindo com isto para destruição do meio ambiente. Com o desenvolvimento dos materiais industrializados e de novas técnicas de construção passou-se a associar aos materiais de construções tradicionais como o bambu, a terra, entre outros à idéia de pobreza. Por isso o interesse das classes dominantes em apoiar sistemas construtivos não convencionais tem sido mínimo. No Brasil, ainda persiste o preconceito a respeito da utilização do bambu na construção civil. Isto se deve ao desconhecimento, por parte da população e de parte dos técnicos, das propriedades desse material. A ausência de maior número de centros de pesquisas, que desenvolvam tecnologias apropriadas com este material também contribuem para a baixa utilização deste material na construção civil. No entanto, a nível internacional já se nota uma tendência maior de utilização do bambu nas construções.

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAL

4.1.1. CONCRETO

4.1.1.1. CONCRETO NORMAL

O concreto utilizado apresentava um traço 1:1,8:2,2 com fator água cimento de 0.5, confeccionado com cimento portland CP 32 POZ, areia lavada do rio Paraíba e brita granítica 19.

4.1.1.2. CONCRETO LATERÍTICO

O concreto utilizado apresentava um traço de 1:2,3:2,7 com fator água cimento de 0.6, confeccionado com cimento portland CP 32 POZ, areia lavada do rio Paraíba e brita laterítica de várias jazidas.

4.1.2. BAMBU

Foram usadas duas espécies de bambu; o *Dendrocâmus giganteus* colhido no campus III da UFPB Areia Paraíba, e o *Bambusa vulgaris* colhido no campus II da UFPB, em Campina Grande Paraíba.

4.2. ESTUDO DA ADERÊNCIA BAMBU-CONCRETO

A fim de se utilizar o bambu como reforço no concreto, é necessário conhecer-se a interação entre os dois materiais para tanto foram efetuados ensaios de aderência entre o bambu (tratado e natural, com nó e sem nó) e o concreto (convencional e laterítico).

4.2.3. TRATAMENTO E ADERÊNCIA BAMBU-CONCRETO

Quando o bambu é usado como reforço no concreto, fica exposto as altas concentrações de umidade existente no material fresco.

Sendo material vegetal, o bambu absorve água com facilidade aumentando de volume. Após o endurecimento do concreto, o bambu volta as dimensões iniciais, prejudicando a aderência. A fim de se estudar esta aderência (bambu-concreto), foram realizados ensaios de varas de bambu imersas parcialmente em corpos de provas de concreto como mostra a figura 1.

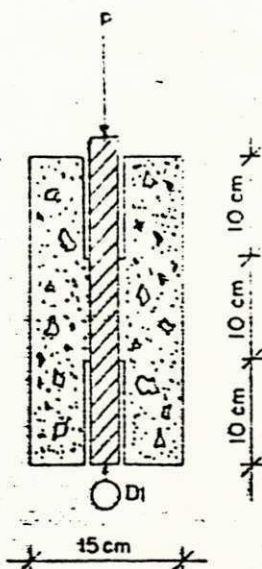


Figura 1 - Esquema adotado para ensaio de aderência

Foram testadas varas de bambu natural e também tratadas com dois materiais água-repelentes: asfalto e negrolin. Foram usadas varas com e sem nó.

* Asfalto - O asfalto adquirido no comércio no estado sólido, foi aquecido até liquerfazer-se. Em seguida, com uma vassourinha de piaçava, foi passado por toda superfície dos corpos de provas de bambu cujas dimensões médias foram da ordem de 45 x 2,5 x 1,5 cm. Com o intuito de se aumentar a rugosidade da superfície, imediatamente após o tratamento os corpos foram passados em um colchão de areia, a qual ficava grudada no asfalto.

* Negrolin (produto da Otto Baumgart, encontrado no comércio)
- Por ser um líquido espesso foi aplicado, aos corpos de provas, com um pincel. Em seguida passado em um colchão de areia, com o mesmo objetivo acima descrito.

A aderência entre o bambu e o concreto se dá na superfície de contato entre os dois materiais. Vários fatores influem nas tensões de aderência entre os quais a resistência a tração do concreto, as dimensões das varas, a configuração superficial das mesmas. No caso do bambu, também tem influência a ação do gancho dos nós. Em alguns teste após o tratamento, contra absorção de água e a aplicação de areia os corpos de provas foram fretados com arame 18 com aproximadamente 1 cm de espaçamento. Com a fretagem tentou-se em certa medida reproduzir as nervuras do aço e impedir o aumento de volume dos corpos de prova pela absorção

de água. Foram feitos 2 grupos de ensaios cada qual com seis baterias.

O primeiro grupo foi composto com cinco corpos de prova em cada bateria, com concreto convencional.

- 1 Bateria - Varas de bambu com nó sem tratamento.
- 2 Bateria - Varas de bambu com nó + negrolin + areia.
- 3 Bateria - Varas de bambu com nó + negrolin + areia + fretagem.
- 4 Bateria - Varas de bambu sem nó sem tratamento.
- 5 Bateria - Varas de bambu sem nó + negrolin + areia.
- 6 Bateria - Varas de bambu sem nó + negrolin + areia + fretagem.

O segundo grupo foi composto por três corpos de prova por bateria, porém com concreto laterítico.

- 1 Bateria - Varas de bambu com nó sem tratamento
- 2 Bateria - Varas de bambu com nó + asfalto + areia
- 3 Bateria - Varas de bambu com nó + asfalto + areia + fretagem
- 4 Bateria - Varas de bambu sem nó sem tratamento
- 5 Bateria - Varas de bambu sem nó + asfalto + areia
- 6 Bateria - Varas de bambu sem nó + asfalto + areia + fretagem

A avaliação da aderência foi feita apenas nos 10 cm centrais dos corpos de prova de concreto. O esquema de ensaio é mostrado na figura 2. Anulou-se a aderência fora da zona central impermeabilizando o bambu com graxa (Marfak-Multi-Purpose 2) e enrolando papel em camadas sucessivas. Na parte inferior da vara de bambu foi colocado um deflectômetro com sensibilidade de 0,01

mm, com objetivo de obter uma curva Tensão x Deslocamento.

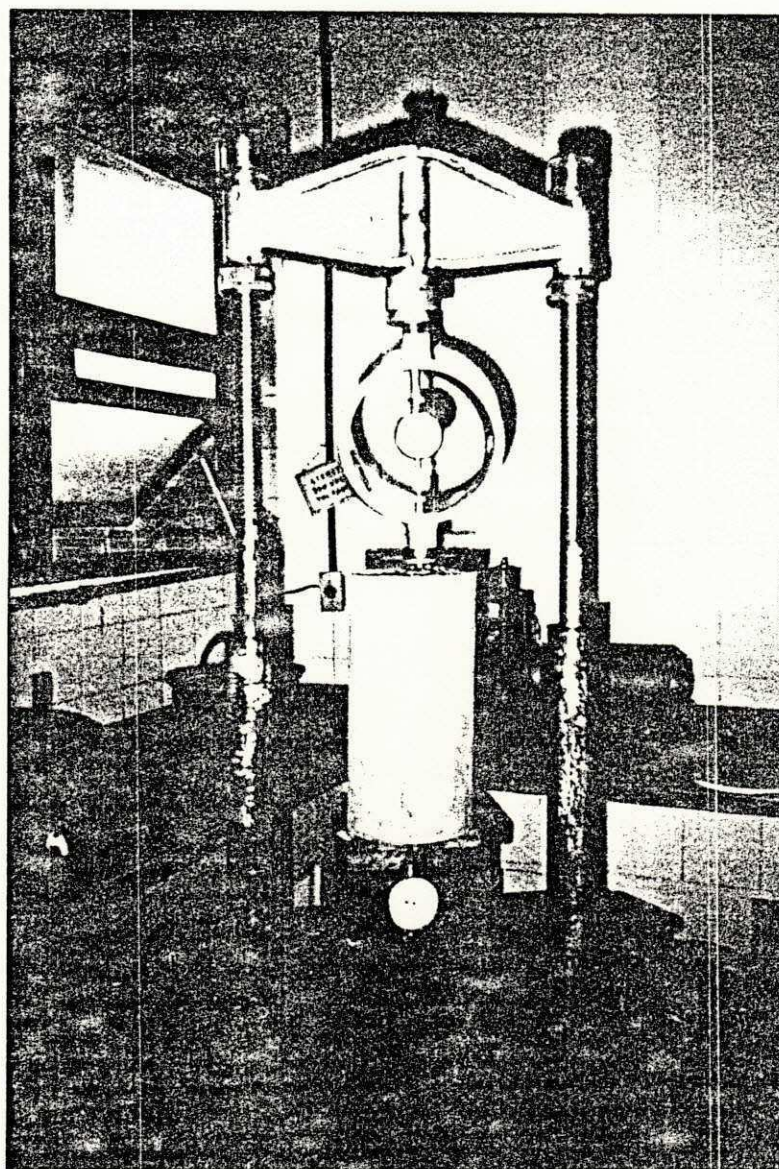


Figura 2 - Foto do ensaio de aderência.

A tensão de cisalhamento foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\tau = \frac{P}{200 (L + e)} \quad (\text{MPa})$$

com

^{RN}
P = Força (kgf)

L = Largura (cm)

e = Espessura (cm)

4.3. LAJES REFORÇADAS COM BAMBU

Dentro da linha de pesquisa sobre a utilização do bambu como material de construção, está-se estudando o bambu como reforço e forma permanente de laje.

4.3.1. CARACTERÍSTICAS DAS LAJES

Foram preparadas três lajes, uma de concreto laterítico reforçado com bambu da espécie Giganteus (LL1) e duas de concreto normal, sendo uma reforçada com bambu Vulgaris (L1) e outra com bambu Giganteus (L2).

A armação das lajes consistia em colmos de bambus cortados no meio, e colocados um ao lado do outro. Tiras de bambu de 2x1 cm foram amarrados transversalmente aos colmos, com arame 18, distante uma da outra em média de 21 cm na laje L1, de 27 cm na laje L2 e de 38 cm na laje LL1, com o objetivo de prender os colmos um ao outro e para funcionar como armadura de distribuição. As dimensões das lajes L1, L2 e LL1 são mostrados nas figuras 3, 4 e 5 respectivamente.

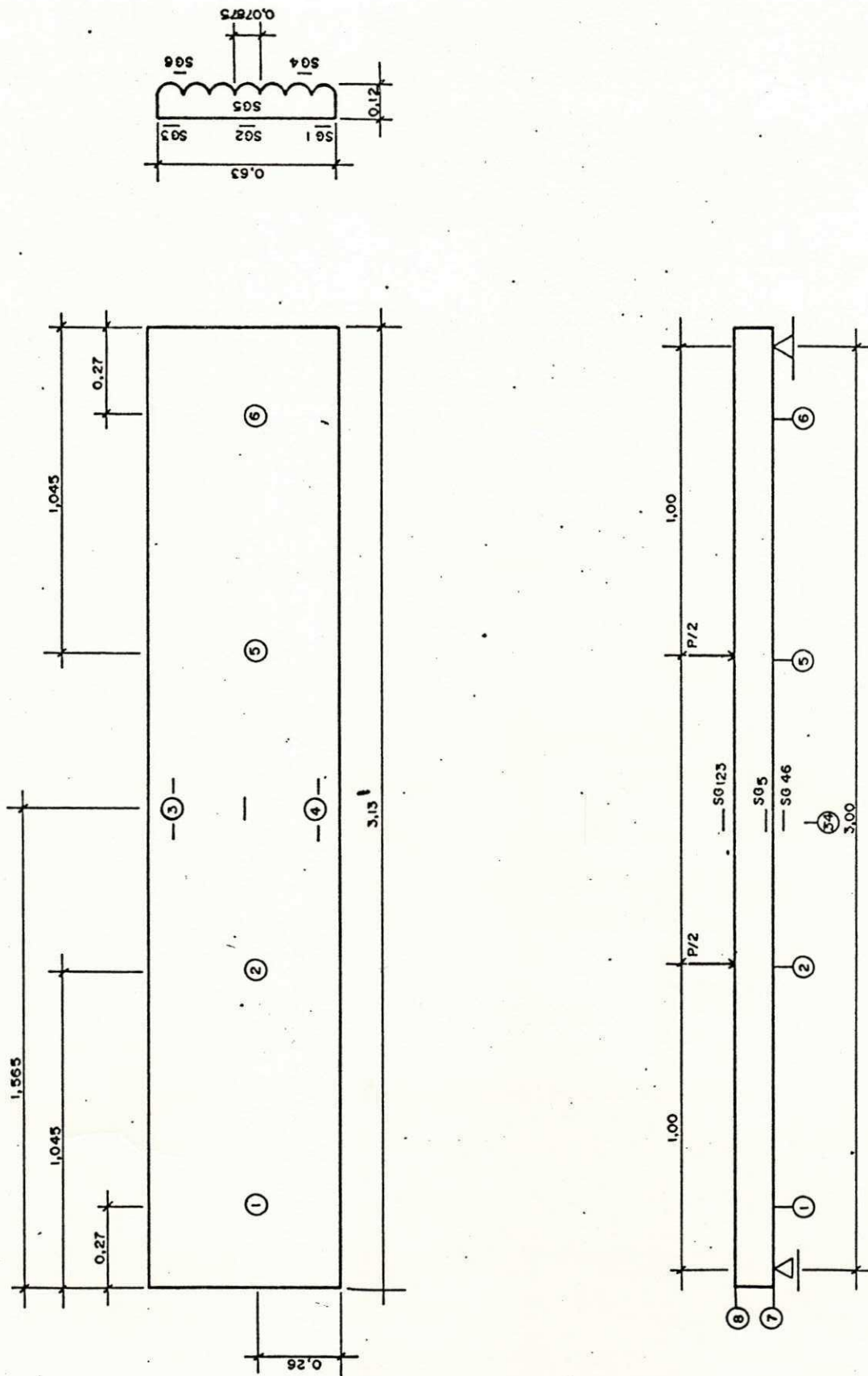


Figura 3 - Características geométricas da laje L1

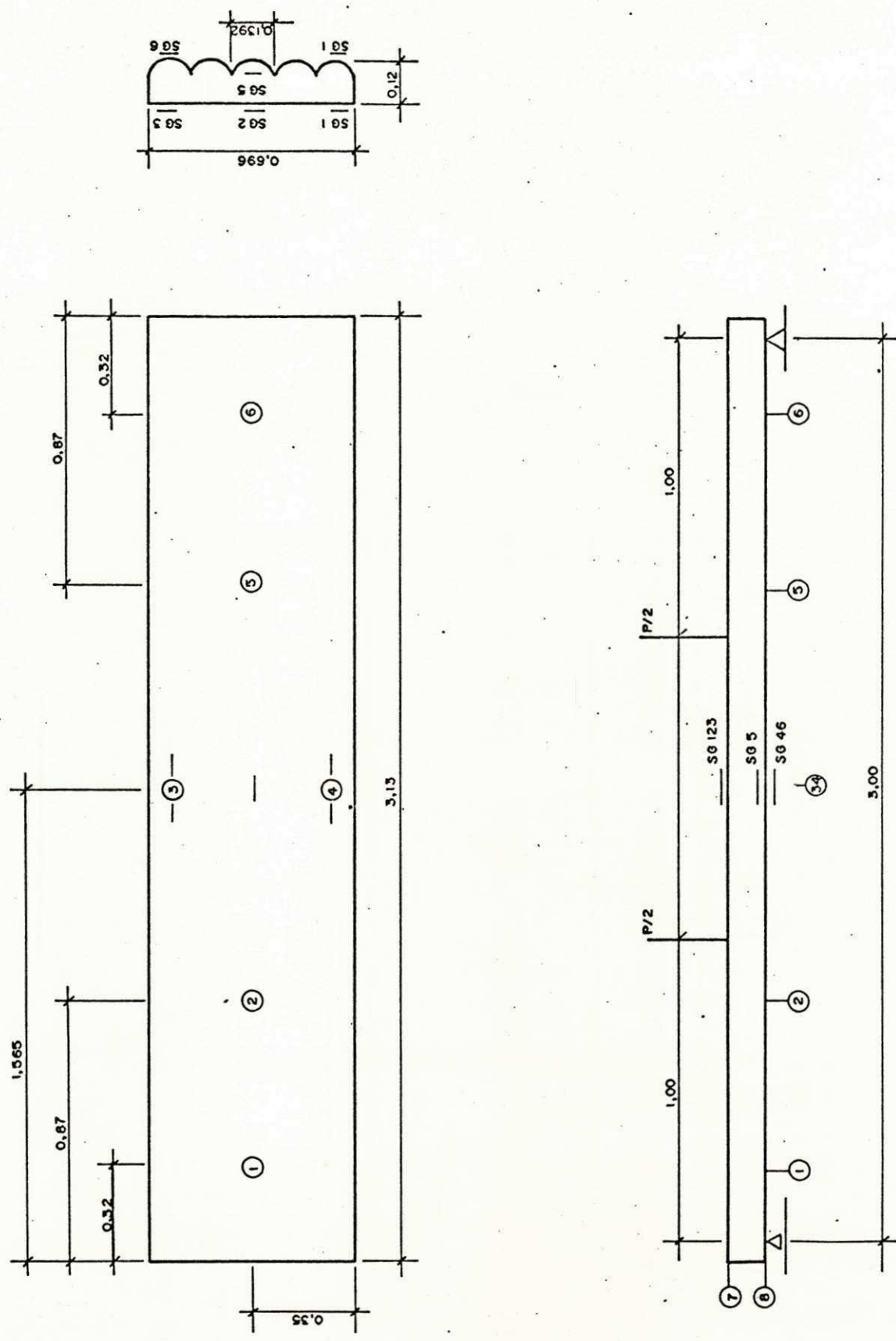


Figura 4 - Características geométricas da laje L2

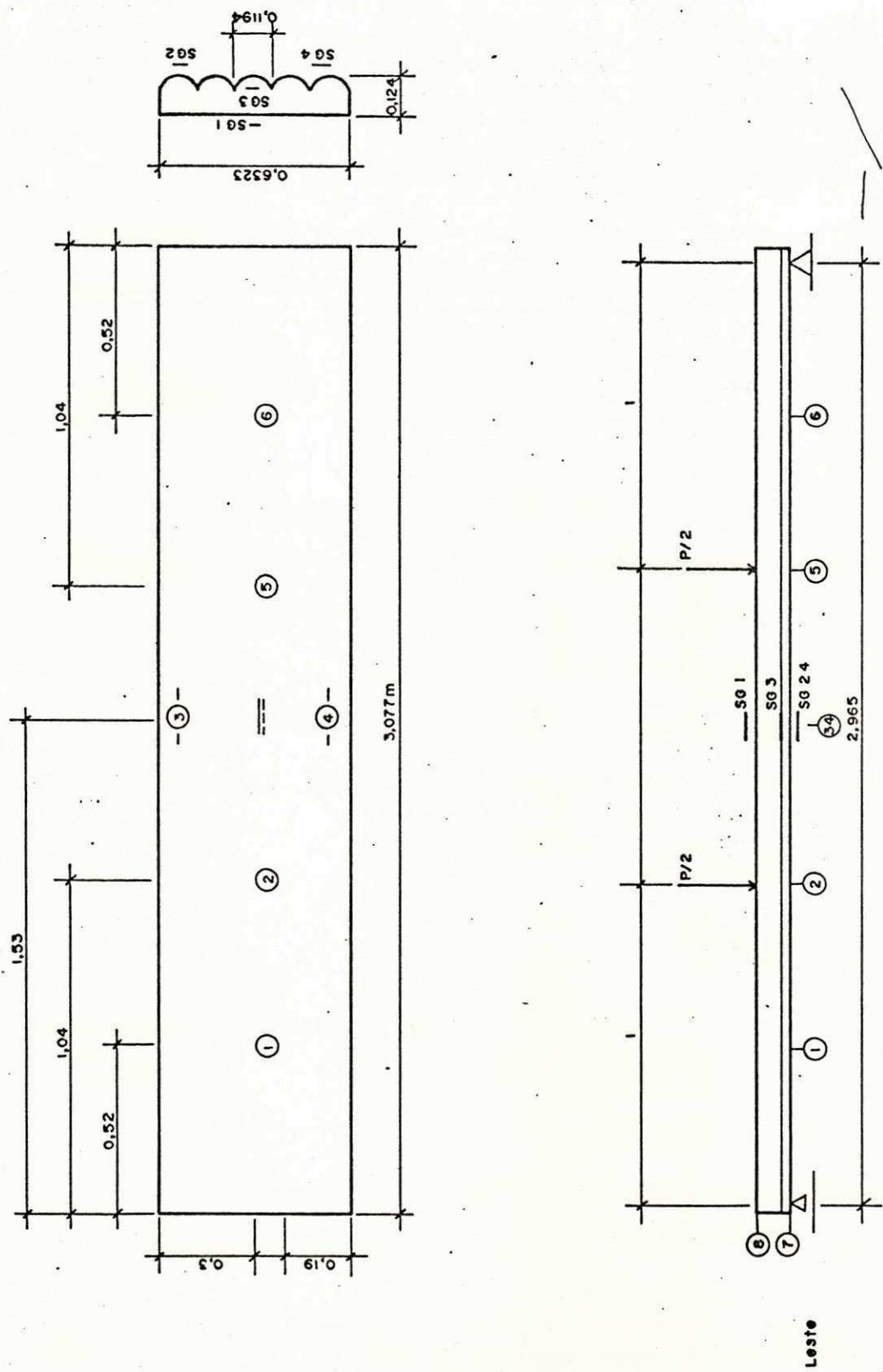


Figura 5 - Características geométricas da laje LL1

4.3.2 TRATAMENTO UTILIZADO

Para a impermeabilização da face do bambu em contacto com o concreto utilizou-se o asfalto. O mesmo foi diluído ao fogo e com uma vassoura de piaçava pintou-se os colmos e tiras de amarração. Logo após a pintura precisou-se areia no colmo, para aumentar a rugosidade.

4.3.3. INSTRUMENTAÇÃO

As Lajes LL1, L1 e L22 foram instrumentadas com deflectômetros com sensibilidade de 0.01 mm, com o objetivo de se medirem deslocamentos. Usou-se também extensômetros elétricos de resistência (strain gauge) com o intuito de se obterem as deformações da armadura principal e do concreto. A instrumentação das lajes L1, L2 e LL1 é mostrada nas figuras 3, 4 e 5 respectivamente.

4.3.4. CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO

O carregamento foi aplicado através de um macaco hidráulico e perfis de distribuição de cargas (figuras 3, 4, 5, 6). Antes do início do ensaio foi aplicado um carregamento de acomodação de 3 KN. Foram efetuados mais de um ciclo de carga crescente e descarga, até levar a laje à ruptura.

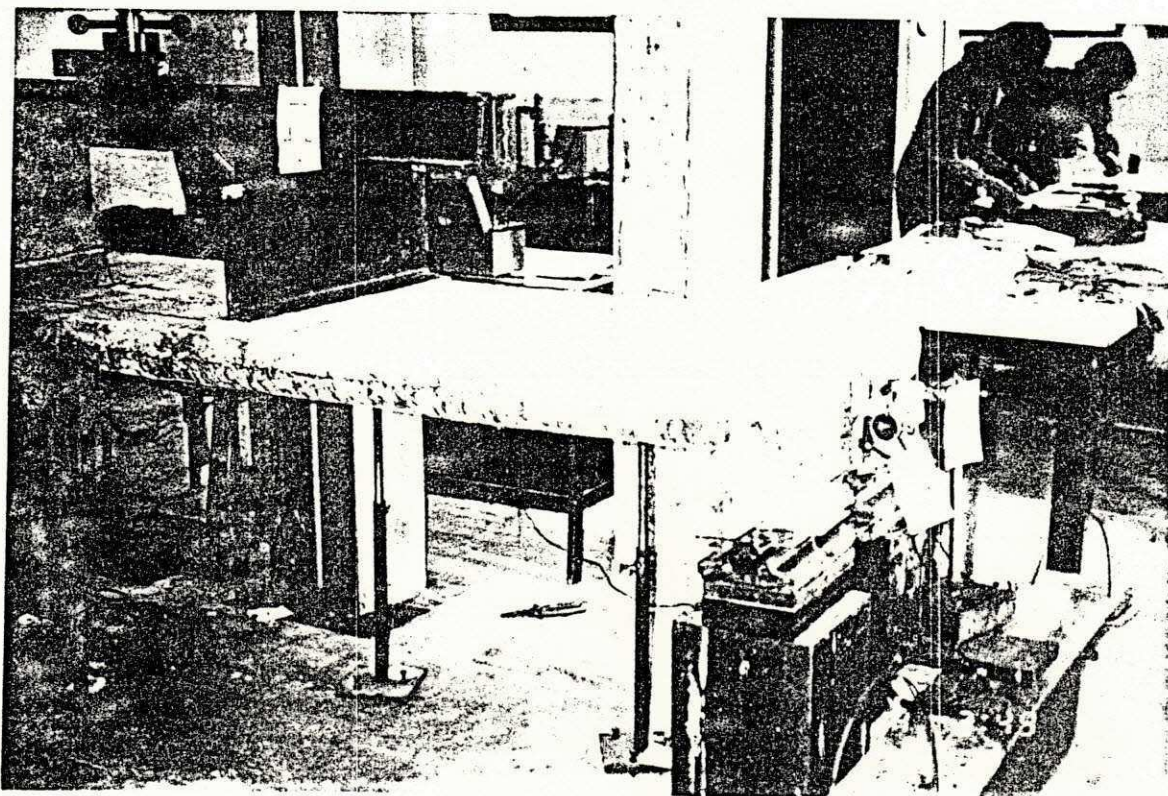


Figura 6 - Foto dos ensaios das lajes

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1. ENSAIO DE ADERÊNCIA

Os resultados dos ensaios de aderência são apresentados nas figuras 7 a 17.

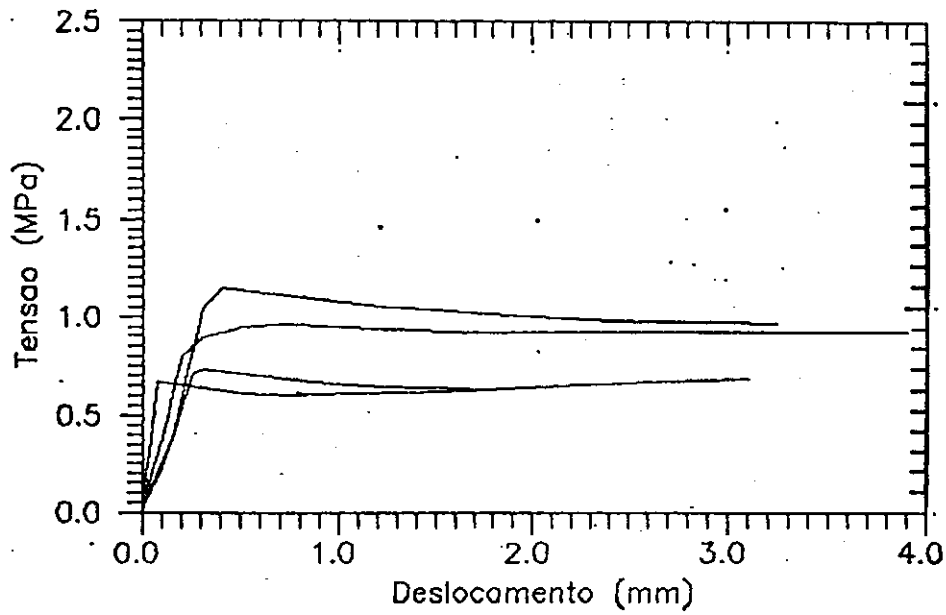


Figura 7 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu natural sem nó (concreto normal).

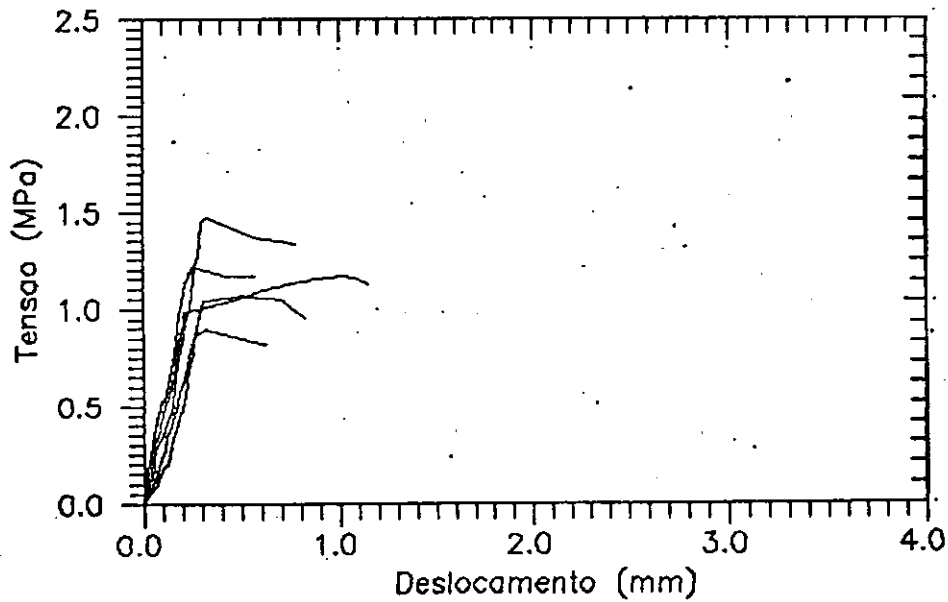


Figura 8 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu natural com nó (concreto normal).

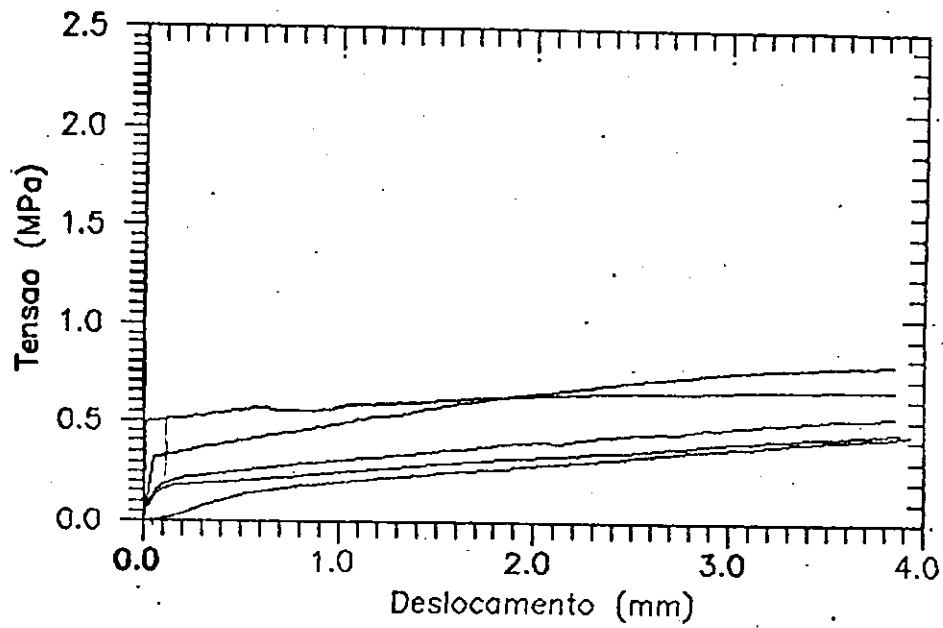


Figura 9 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu com não tratadas com negrolin + areia (concreto normal).

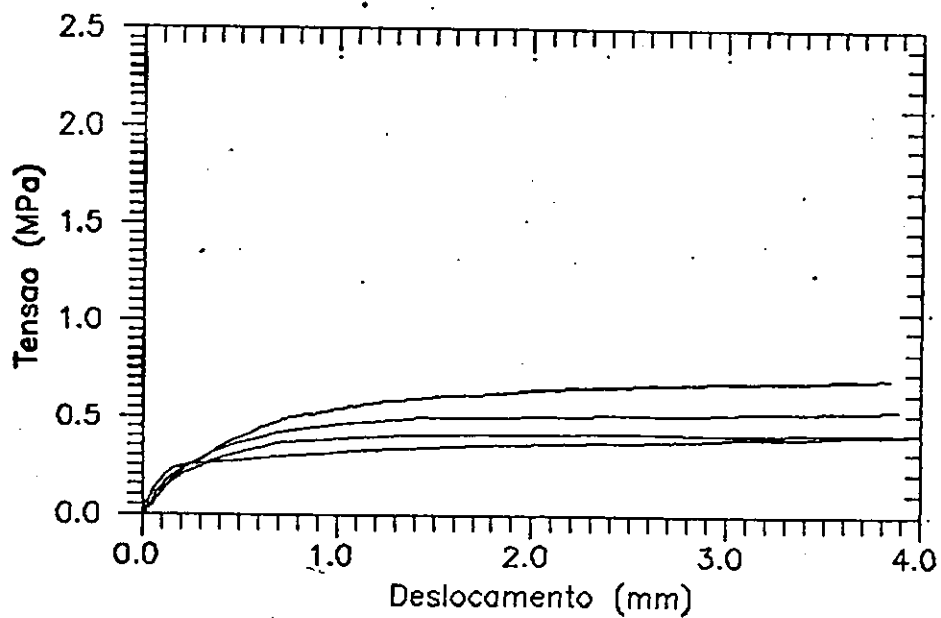


Figura 10 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu sem não tratadas com negrolin + areia + fretagem (concreto normal).

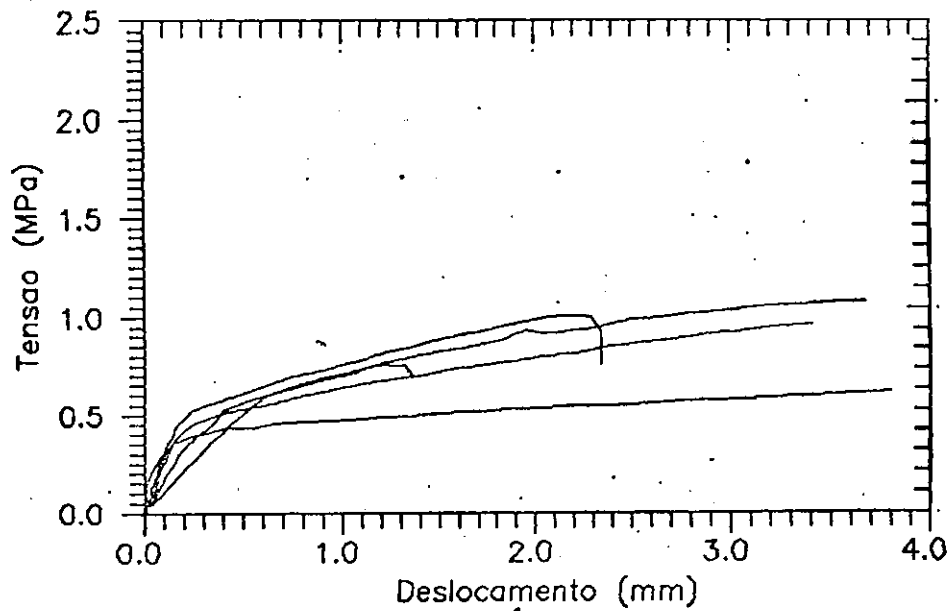


Figura 11 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu com nó tratadas com negrolin + areia + fretagem (concreto normal).

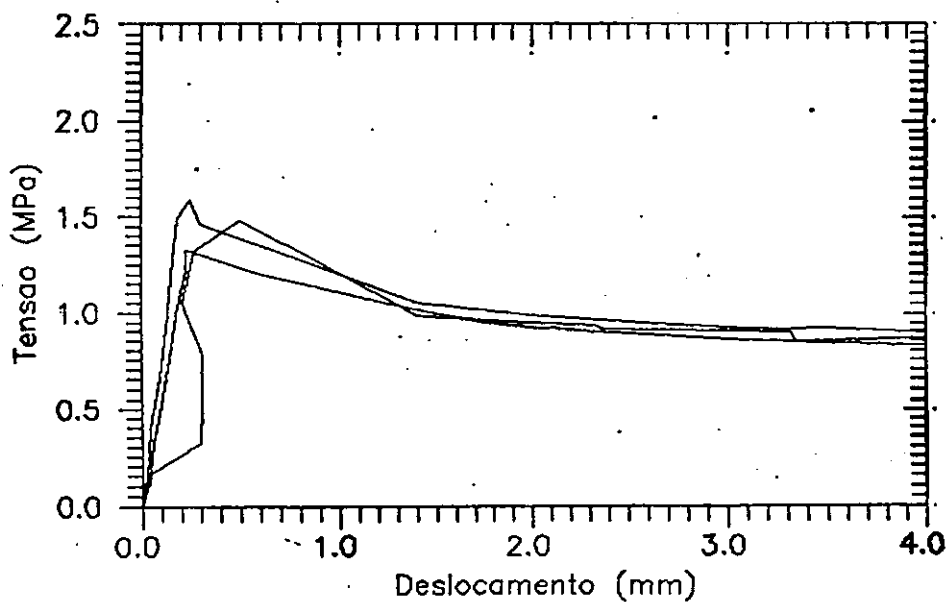


Figura 12 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu natural sem nó (concreto laterítico).

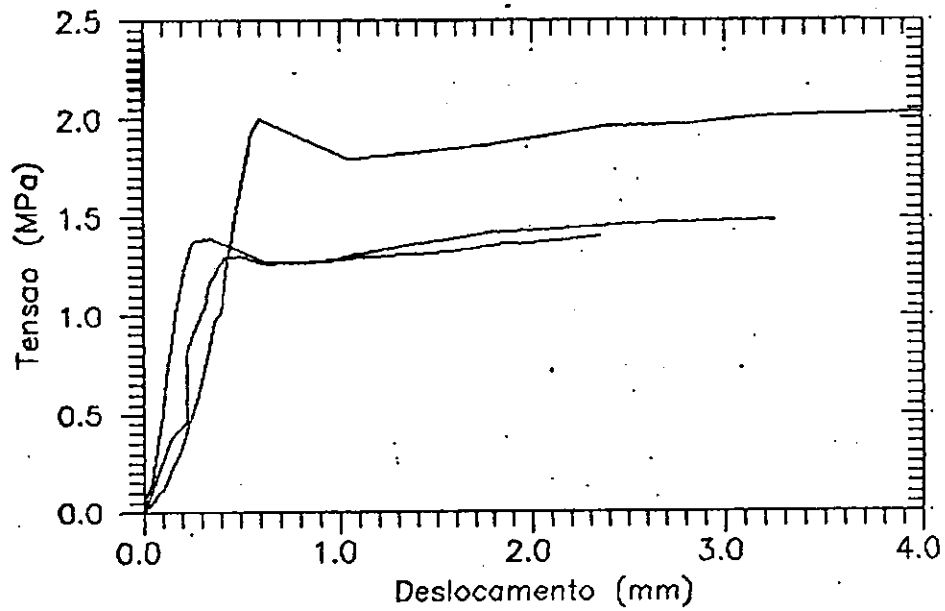


Figura 13 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu natural com nó (concreto laterítico).

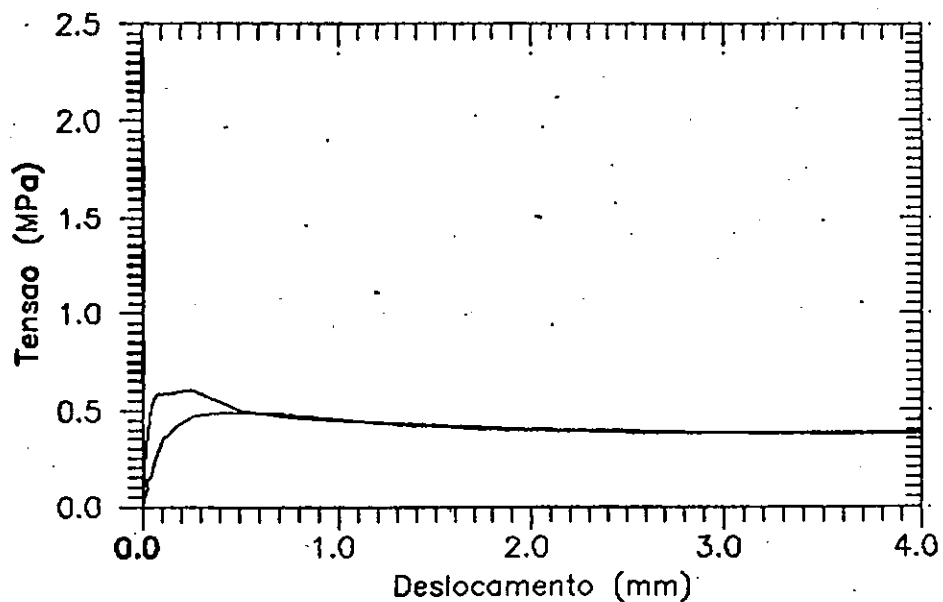


Figura 14 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu sem nó tratadas com asfalto + areia (concreto laterítico).

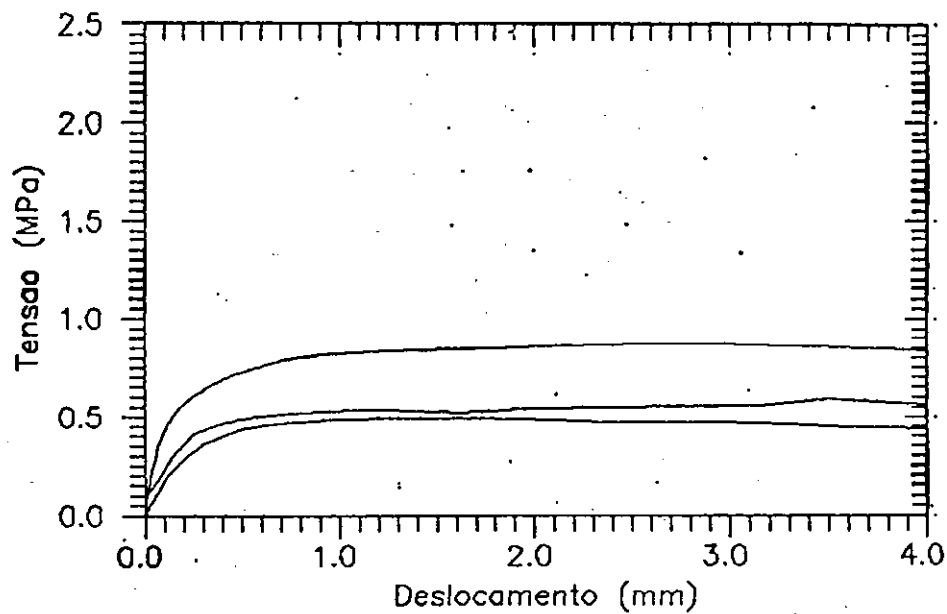


Figura 15 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu com nó tratadas com asfalto + areia + (concreto laterítico).

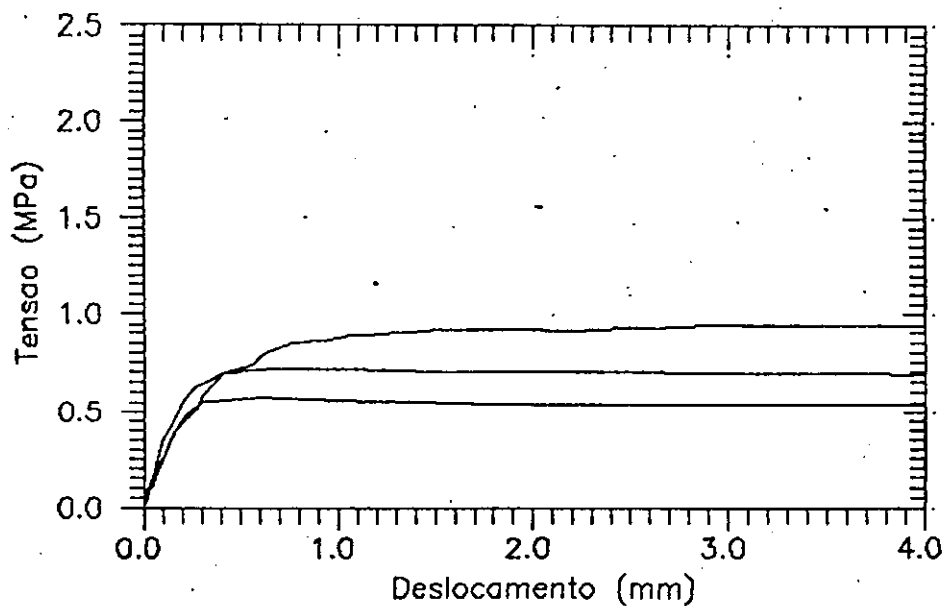


Figura 16 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu sem nó tratadas com asfalto + areia + fretagem (concreto laterítico).

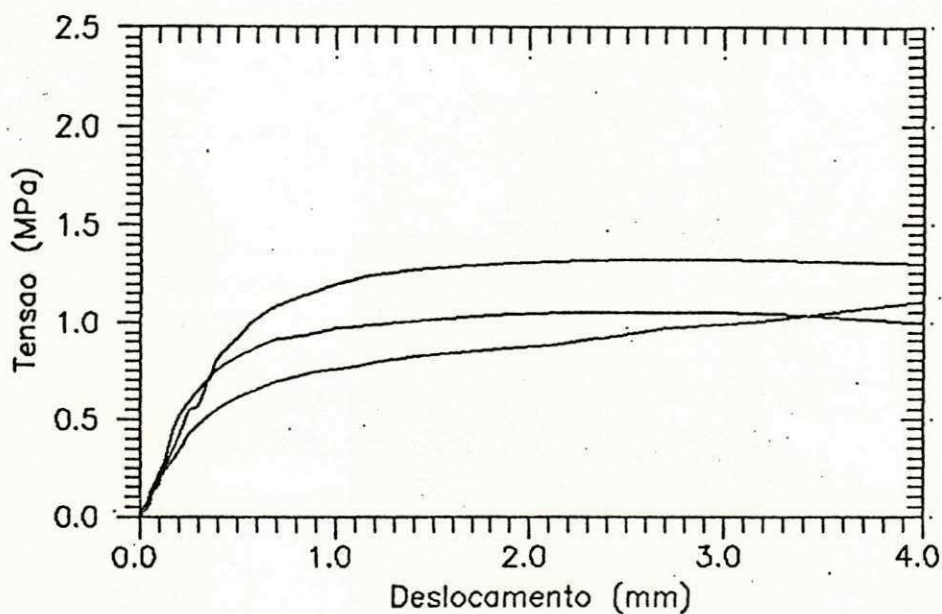


Figura 17 - Curva tensão de arrancamento x deslocamento do bambu varas de bambu com nó tratadas com asfalto + areia + fretagem (concreto laterítico).

Uma análise dos gráficos tensão de aderência x deslocamento mostra que surpreendentemente os melhores resultados forma obtidos com o bambu no estado natural. O nó permite um acréscimo da tensão média de aderência.

Nas varas de bambu em que foi aplicado tratamento percebe-se que a tensão máxima é atingida só após grandes deslocamentos. Isto se deve em alguns casos ao cisalhamento do próprio tratamento que resultou um pouco espesso. Em outros constatou-se, após a abertura dos corpos de prova, que houve um descolamento do tratamento do bambu. Isto mostra a necessidade da continuação de estudos sobre o assunto. Um produto água-repelente que apresente maior penetração deve ser pesquisado.

5.2. ENSAIOS DAS LAJES

5.2.1. RELAÇÕES CARGA-FLECHA

As ^{Fig} figuras 18 a 20 apresentam as curvas carga-flecha no meio do vão.

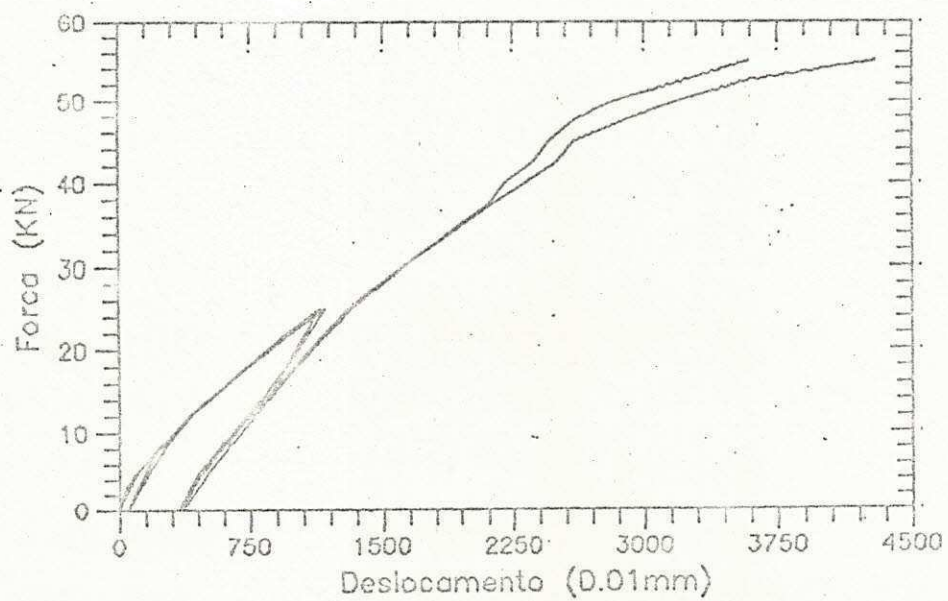
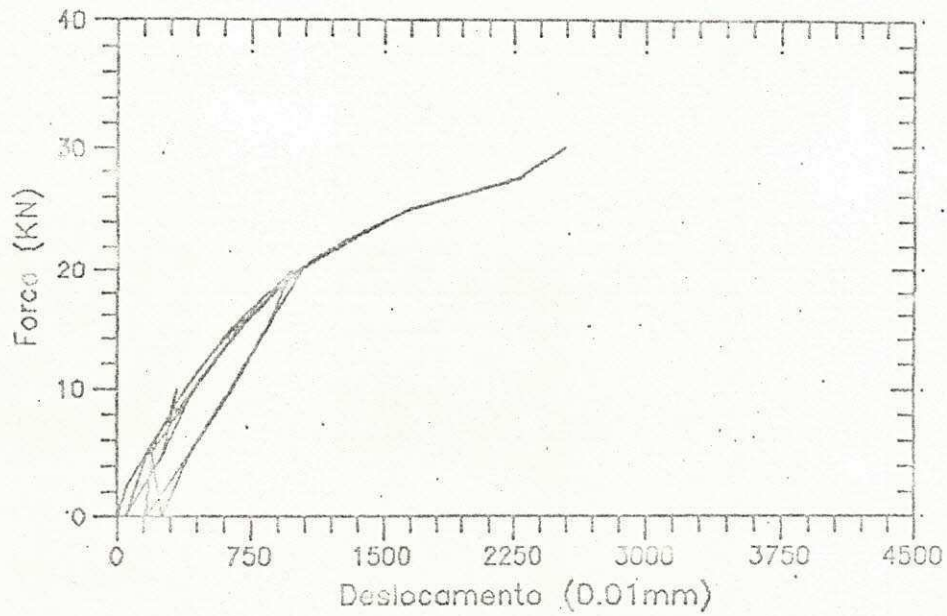


Figura 18 - Curva carga-flecha no meio do vão da laje L1



?

Figura 19 - Curva carga-flecha no meio do vão laje L2

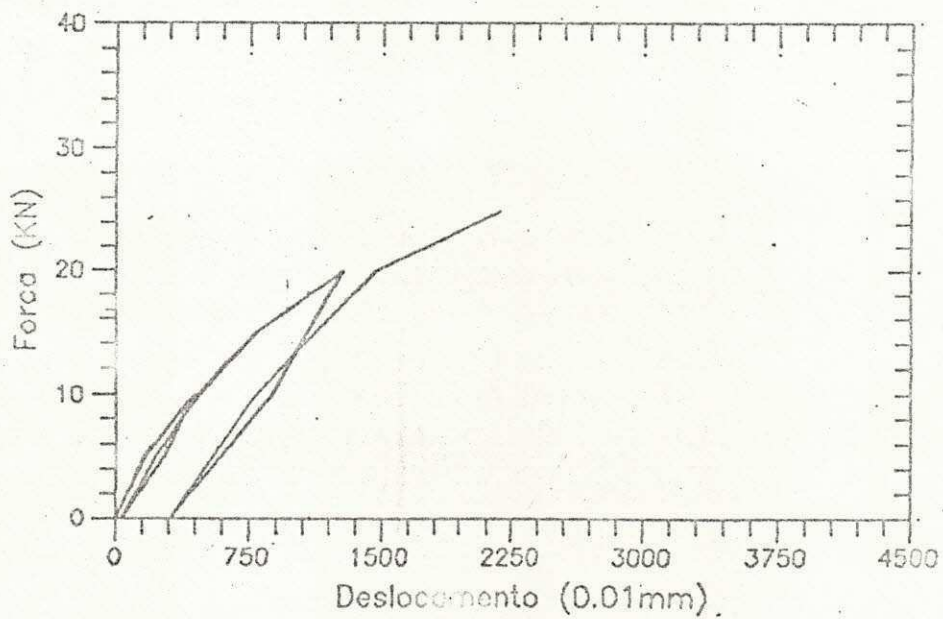


Figura 20 - Curva carga-flecha no meio do vão laje LL1

Por problemas no equipamento de carga a laje L2 foi ensaiada duas vezes. Na primeira vez, o carregamento já havia atingido 27 kN, quando teve que ser interrompido o ensaio.

Em se tratando de lajes os carregamentos de referência são uniformemente distribuído^s. Baseando-se na NBR 6118, que considera o limite de utilização por deformação excessiva quando a flecha do elemento estrutural atinge o valor de $L/300$ considerando os carregamentos permanentes e $L/500$ quando se considera o carregamento de curta duração, as cargas concentradas que provocam estas flechas foram transformadas em uniformemente distribuídas equivalentes. Estas transformações foram feitas igualando-se as flechas dos dois carregamentos.



$$\delta_1 = \delta_2 \implies q' = \frac{8 \cdot F \cdot a \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2)}{5 \cdot L^4}$$

Figura 21 - Transformação de carga concentrada em carga distribuída que provoca mesma flecha.

Dividindo-se esta carga q' pela largura b da faixa de laje, tem-se uma carga distribuída por metro quadrado:

$$q' = \frac{8.F.a.(3.L^2 - 4.a^2)}{5.L^4.b}$$

Para $L = 3$ m e $a = 1$ m, a equação acima reduz-se a:

$$q = 0,454.F/b$$

A tabela 1 mostra os valores dos carregamentos distribuídos equivalentes nas flechas $L/500$ e $L/300$. Para a determinação das cargas concentradas que produzem tais flechas, usou-se interpolação linear entre os pontos experimentais.

Observa-se que em todos os casos, a carga distribuída equivalente, q , na flecha $L/500$ foi muito superior às sobrecargas usuais de edifícios residenciais ($1,5$ e $2,0$ kN/m^2) ou mesmo comerciais ($2,0$ kN/m^2).

Tabela 1 - Cargas concentradas e distribuídas equivalentes nas flechas de $L/500$ ($F1$, $q1$) e $L/300$ ($F2$, $q2$).

LAJE	b m	F1 kN	q1 kN/m^2	F2 kN	q2 kN/m^2
L1	0,63	15,5	11,1	23,7	17,1
L2	0,69	13,9	9,1	20,0	13,1
LL1	0,63	11,9	8,6	17,0	12,5

Na tabela 2 são mostradas as flechas correspondente à sobrecarga de 2 kN/m^2 . Para sua obtenção, fixou-se q neste valor e obteve-se a carga equivalente F . Entrando-se na curva experimen-

tal, determinou-se a flecha correspondente.

Tabela 2 - Carga concentrada equivalente ao carregamento distribuído de 2 kN/m² e flecha equivalente.

Laje	L1	L2	LL1
F (kN)	2,77	3,04	2,77
δ (mm)	1,1	1,3	1,4

Nota-se que em todos os casos, esta deformação é bem inferior a $L/500 = 6$ mm, o que atesta o bom desempenho das lajes em serviço.

5.2.2. RELAÇÃO MOMENTO-DEFORMAÇÃO DO CONCRETO

F
As figuras 22 e 23 apresentam as curvas momento x deformação do concreto no meio do vão.

Mu - momento máximo atingido

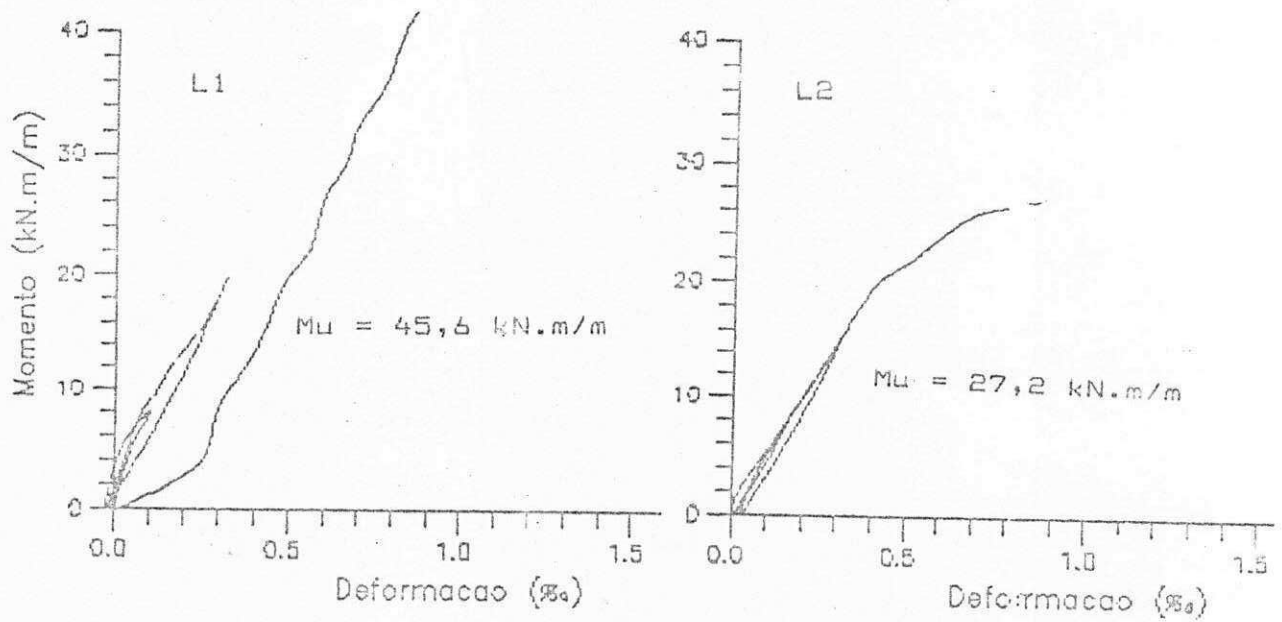


Figura 22 - Curvas momento-deformação do concreto das lajes L1 e L2

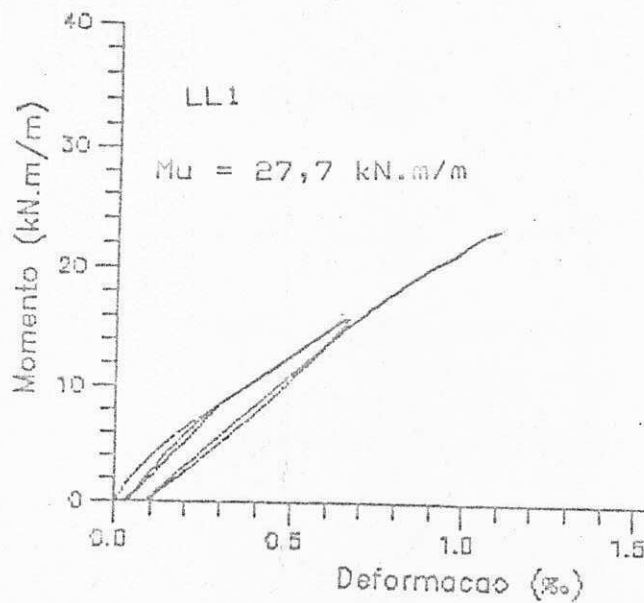


Figura 23 - Curvas momento-deformação do concreto das lajes LL1

Considerado-se novamente as cargas distribuídas equivalentes de serviço, q_1 e q_2 , que provocam flechas de $L/500$ e $L/300$. Estes carregamentos provocariam na laje os momentos fletores, M_1 e M_2 , respectivamente, dados por:

$$M = q \cdot L^2 / 8$$

Na ^Ttabela 3 são apresentados tais momentos com as respectivas deformações do concreto.

Tabela 3 - Momento fletores e as correspondentes deformações do concreto nas flechas $L/500$ e $L/300$.

Laje	M_1 kN/m ²	ϵ_{c1} %	M_2 kN/m ²	ϵ_{c2} %
L1	12,5	0,18	19,2	0,31
L2	10,2	0,21	14,7	0,29
LL1	9,7	0,36	14,1	0,58

Pode-se observar que, em virtude de o módulo de elasticidade do concreto laterítico ser inferior ao do concreto convencional a laje LL1 apresentará maiores deformações do concreto nos níveis de cargas analisados.

Com o intuito de se ter idêia dos níveis de tensão atuantes no concreto, considera-se a expressão do Comitê Eurointernatinal du Béton para representar a relação tensão-deformação.

Quanto?

$$\tau_c = \frac{\frac{E_c}{E_{c1}} \cdot \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c1}} - \left[\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c1}} \right]^2}{1 + \left[\frac{E_c}{E_{c1}} - 2 \right] \cdot \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c1}}} \cdot f_{cm}$$

com

E_c = Módulo de elasticidade tangente dado pela equação:

$$E_c = \alpha \beta \cdot (f_{cm}/10)^{1/3}$$

- $\alpha \beta = 1$ para o concreto de agregado granítico

- $\alpha \beta = 0,5$ para o concreto de agregado Laterítico

f_{cm} = Resistência média do concreto à compressão

ϵ_{c1} = 0,0022 (deformação no pico de tensão f_{cm})

E_{c1} = $f_{cm}/0,0022$ (módulo de elasticidade secante de origem ao pico de tensão)

A partir dos valores experimentais das deformações e as cargas equivalentes q_1 e q_2 , pode-se organizar a Tabela 4.

Tabela 5 - Deformação experimental e tensões teóricas no concreto em função dos momentos, nos níveis de carga distribuídas equivalentes que provocam flechas de $L/500$ e $L/300$.

Laje	$\epsilon_c(L/500)$	$\tau_c(L/500)$	$\epsilon_c(L/300)$	$\tau_c(L/300)$
	%	MPa	%	MPa
L1	0,18	5,9	0,31	10,0
L2	0,21	6,7	0,29	9,1
LL1	0,36	5,0	0,58	8,0

Observa-se que em todas as lajes, as tensões no concreto atingiram valores bastante afastado da resistência média.

5.2.3. RELAÇÃO MOMENTO-DEFORMAÇÃO DO BAMBU

Nas Figuras 24 e 25 apresenta-se as curvas momento fletor x deformação do bambu.

Tendo o bambu forma de meio círculo, seu alongamento não é uniforme. A deformação medida nos pontos mais afastados da linha neutra representa a deformação máxima deste material.

A Tabela 5 apresenta as deformações nos momentos correspondentes à carga distribuída equivalente que provoca as flechas de $L/500$ e $L/300$.

Tabela 6 - Deformação do bambu nos níveis de carga distribuídas equivalentes que provocam flecha de $L/500$ e $L/300$.

Laje	$\epsilon_b(L/500)$ %	$M1(L/500)$ kN.m/m	$\epsilon_b(L/300)$ %	$M2(L/300)$ kN.m/m
L1	0,53	12,5	0,94	19,2
L2	0,42	10,2	0,65	14,7
LL1	0,44	9,7	0,69	14,1

Comparando-se estes valores com o diagrama tensão deformação do bambu (figura 26), pode-se ver que as deformações máximas nas lajes, nos níveis de carga indicados, estão situados

Longe da deformação correspondente à resistência média do bambu.

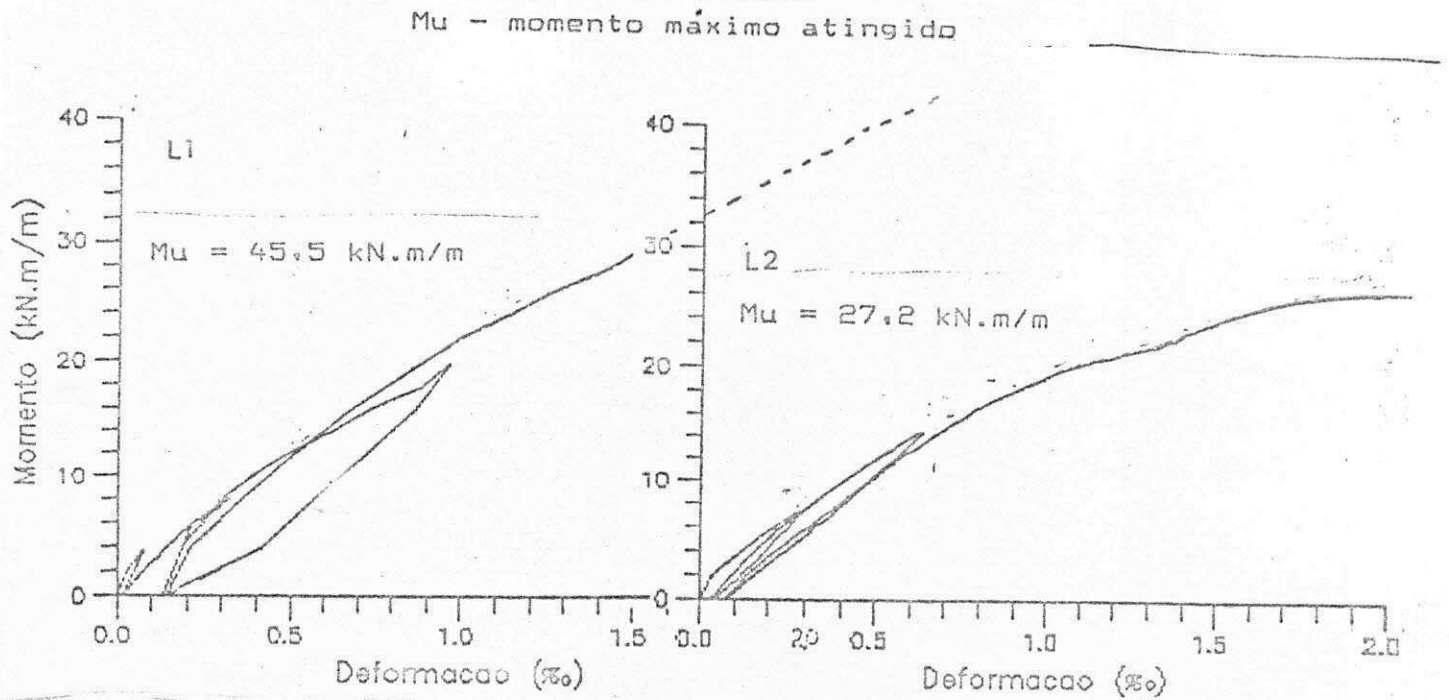


Figura 24 - Curva momento-deformação do bambu no centro das lajes L1 e L2

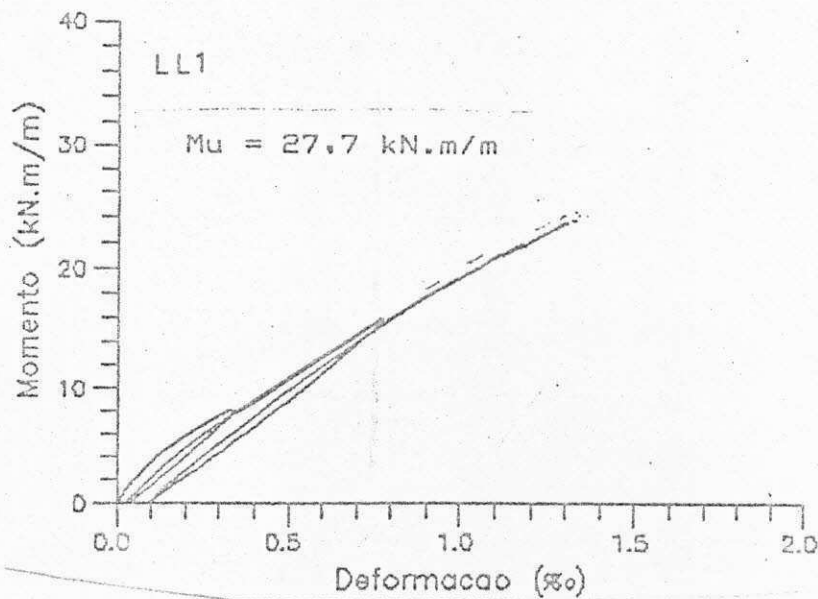


Figura 25 - Curva carga-deformação do bambu no centro da laje LL1

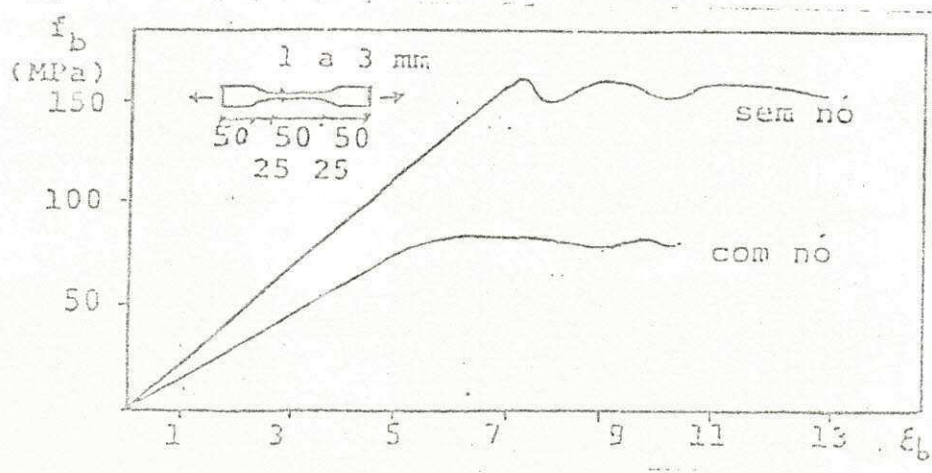


Figura 26 - Diagrama tensão-deformação típico do bambu

Observa-se que mesmo nas proximidades da ruptura as deformações do bambu e do concreto são relativamente pequenas.

A figura 27 mostra as lajes após terem sido ensaiadas.

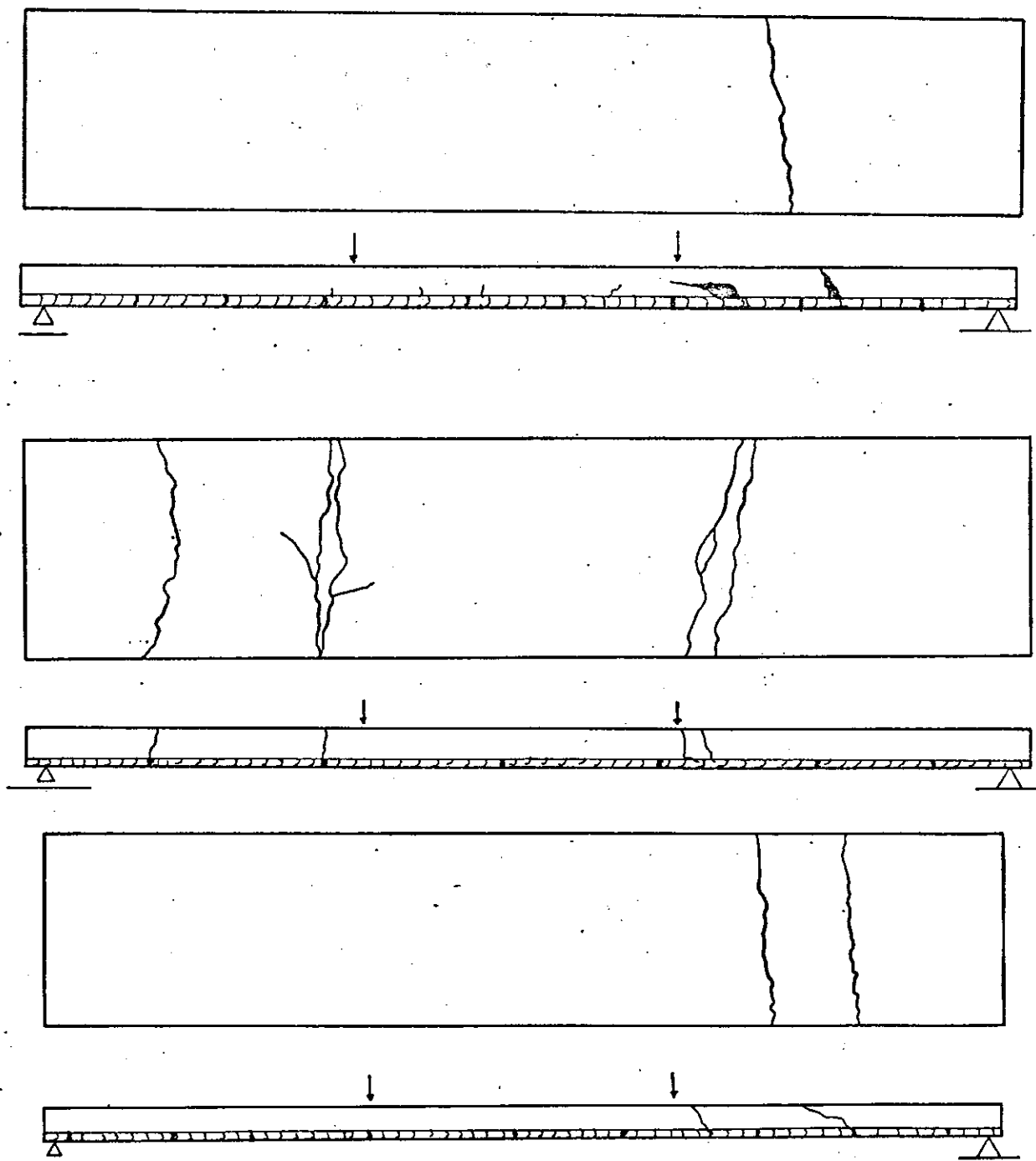
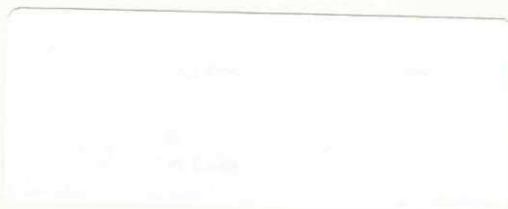


Figura 27 - Lajes após os ensaios.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As lajes em fôrma permanente de bambu mostram um bom comportamento para as cargas de serviço, com flechas_s abaixo das permitidas. A ruptura só acontece para cargas bem superiores aquelas de utilização, o que atesta ser este tipo de laje uma peça estrutural segura. Sua aplicação prática no entanto, depende ainda de mais estudos, visando a repetibilidade de resultados e conhecimento sob a ação de cargas de longa duração e durabilidade.

Estas etapas estão previstas na continuação do programa de pesquisa.



F. J. ...
...

7. BIBLIOGRAFIA

1. Chow, h.k - Bamboo as Material for Reinforced Concrete. Thesis. Masschusetts Institute of Technology, 1984.
2. Glenn, H.E. - Bamboo Reinforcement in Portland Cement Concrete, Bouletin n. 4, Clemson Agricultural College, Clenson, S.C., may 1950.
3. Geymayer, H.G.; Cox, F.b. - Bamboo Reinforced Concrete Journal, oct 1970, pp 119-121.
4. Kowalski, T. G. - Bambo Reinforced Concrete. Indian Concrete Jouranal, apr 1974, pp 119-121.
5. Lopes, O. H. - Nuevas Tecnicas de constucion con Bambu. CIDAR, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1978.
6. Krishnamurthy, D. - Building with bamboo - a solution for housin the rural poor. Proc. Internat. Bamboo Woorkshop, Cochin, India, 14-18 nov 1988, pp. 258-269.
7. Ghavami, K; Hombeeck, R V - Bamboo reinfoced concrete beams Anais do Simposio Latino-american sobre racionalisaçãõ da construçãõ aplicada a construções de baixo custo IPT, São Paulo, out 1981 pp. 49-66.
8. Culzoni, R.A.M. - Caracteristicas do Bambu e sua utilizaçãõ como material alternativo no concreto. tese de mestrado, DEC PUC-Rio, 1986.
9. Barbosa, N.P.; Toledo Filho, R.D., Ghavami, K. - Vigas de Concreto lateritico reforçadas com bambu. Anais da 32a Reunião Anual do IBRACON, Santos, ago 1991, pp.

10. Barbosa, N. P. - Materiais não convencionais na engenharia estrutural: utilização do bambu no concreto laterítico. Relatório de pesquisa CNPq proc. 301256/84, Dep. Tecn. Construção Civil, Univ. Fed. da Paraíba, jun 1991.
11. Prawirohatmodjo, S. - Comparative strengths of green and air-dry bamboos. Proc. of The Int. Bamboo Workshop, Cochin, India, 14-18 nov. 1988, pp 218-222.
12. Espinosa J. C. - Bending and compressive strength of common philippine bamboo. The Philippine Journal of Science, vol 41, n. 2, 1930, pp. 121-135.
13. Limaye, V. D. - Strength of bamboo. The India Forest, vol 78, 1952, pp. 558-575.
14. Sekhar, A. C.; Rawat, B. S. - Strength test on bamboo. India Forest, 1957, Leaflet nr 147.