

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

"TALISCAS DE BAMBU EM MATRIZES DE CONCRETO:
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS"

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por André Munhoz de Argollo Ferrão e aprovada pela Comissão Julgadora em 15 de dezembro de 1992. Campinas, 20 de janeiro de 1993.

Wesley Jorge Freire
Presidente da Banca

André Munhoz de Argollo Ferrão
Engenheiro Civil

Campinas, dezembro de 1992

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

"TALISCAS DE BAMBU EM MATRIZES DE CONCRETO:
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS"

POR

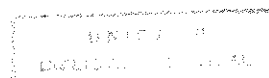
ANDRÉ MUNHOZ DE ARGOLLO FERRÃO *HA*

Orientador:
Prof. Dr. WESLEY JORGE FREIRE *✓*

Dissertação apresentada como cumprimento parcial dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Campinas - SP
Dezembro - 1992

200100



Aos meus pais

VICTOR ANDRÉ e MARIA ISABEL

pelo estímulo e presença
constantes,

e aos meus irmãos

DANIELA E THIAGO,

dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wesley Jorge Freire, como orientador, sempre competente e prestativo durante todo o período de realização deste trabalho.

Ao chefe da Seção de Plantas Fibrosas do I.A.C., Sr. Antônio Luiz de Barros Salgado, como co-orientador, pelo apoio e incentivo durante minha estadia, como estagiário, nessa instituição.

Ao CNPQ e à FAEP, pela concessão da bolsa de mestrado e do auxílio-ponte, respectivamente.

À Faculdade de Ciências Tecnológicas da PUCCAMP, através de seus diretores, Profª Sandra Aurélia de Oliveira Cupini e Prof. Paulo Roberto de Queiroz Guimarães, pela cessão do laboratório de materiais de construção, onde foram executados os testes.

Aos professores e funcionários da FEAGRI, nas pessoas de Ana Paula Montagner e de Vanessa Stael Pelá, pela colaboração sempre eficiente nas atividades correlatas ao trabalho.

Aos pesquisadores e funcionários da Seção de Plantas Fibrosas do I.A.C., pela acolhida durante o período em que lá estagiei.

A Ilza Rosa Balbo Lorena, pela valiosa colaboração na edição deste trabalho.

Ao técnico André Luiz Serpelone da S.P.F. do I.A.C. pelos auxílios prestados.

Aos senhores José Renato de Oliveira e Nilson Donizeti Massarenti, pela contribuição nos trabalhos executados no laboratório da F.C.T. - PUCCAMP.

Ao estudante Thiago Munhoz de Argollo Ferrão, pela preciosa colaboração durante a parte prática do trabalho.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	xi
RESUMO	xv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. MATERIAL	23
3.2. MÉTODOS	32
3.2.1. Variação volumétrica de corpos de prova de bambu	32
3.2.2. Definição e aplicação dos tratamentos	38
3.2.3. Teste de arrancamento ("Pull-out")	48
3.2.4. Teste de flexão simples	51
4. RESULTADOS	60

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO	77
5.1. Considerações a respeito das variações volumétricas sofridas pelo bambu	77
5.2. Considerações a respeito dos tratamentos aplicados	80
5.3. Considerações a respeito do teste de arrancamento	82
5.4. Considerações a respeito do teste de flexão simples	85
5.5. Considerações gerais	87
6. CONCLUSÕES	91
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Plano de corte adotado para a obtenção dos corpos de prova cilíndricos de bambu, segundo cada região da vara	25
2. Dispositivo circular de corte de 6 lâminas	27
3. Obtenção de taliscas de bambu através do dispositivo circular de corte	28
4. Recipiente usado para a fervura da água no pré-tratamento das taliscas de bambu	30
5. Curva de Abrahms do concreto utilizado nos testes .	31
6. Esquema adotado para a medição da espessura das paredes e do diâmetro externo dos corpos de prova cilíndricos de bambu	34

7. Tratamento "Testemunha" (TT), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples	42
8. Tratamento "Piche com Areia" (PA), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples	43
9. Tratamento "Grampos de Cerca" (GC), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples	44
10. Tratamento "Arame Farpado" (AF), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples	45
11. Tratamento "Ranhuras na Casca" (RC), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples	46
12. Cura por imersão dos corpos de prova utilizados nos testes de arrancamento (1º plano), e de flexão simples (2º plano)	49

13. Corpos de prova utilizados no teste de arrancamento (1º plano), e máquina hidráulica de tração dotada de manômetro (2º plano)	52
14. Adaptação com correntes nos encaixes da máquina hi dráulica de tração	53
15. Máquina hidráulica de tração (1º plano), e viga de prova pronta para o teste de flexão simples (no 1º plano, ao alto). Máquina hidráulica de compressão (2º plano)	54
16. Esquema estático do carregamento imposto às vigas de prova no teste de flexão simples	55
17. Posicionamento das armaduras nas vigas de prova utilizadas no teste de flexão simples	56
18. Viga de prova submetida ao teste de flexão simples..	58
19. Evolução dos valores referentes ao teor de umidade dos corpos de prova tipos "X", "Y" e "Z", da "Base" da vara	62

20. Evolução dos valores referentes ao teor de umidade
dos corpos de prova tipos "X", "Y" e "Z", do "Meio"
da vara 62
21. Evolução dos valores referentes ao teor de umidade
dos corpos de prova tipos "X", "Y" e "Z", da "Ponta"
da vara 62
-

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Características de resistência mecânica do bambu ..	14
2. Nomenclatura adotada para os corpos de prova cilíndricos de bambu, utilizados no teste de variação volumétrica	25
3. Identificação dos corpos de prova cilíndricos de bambu, submetidos a diferentes condições de secagem e umedecimento	36
4. Critérios identificatórios das taliscas de bambu usadas no teste de arrancamento	47
5. Distribuição das taliscas de bambu e identificação das vigas de bambucreto utilizadas no teste de flexão simples	59

6. Teores de unidade, em porcentagem, dos corpos de prova cilíndricos de bambu submetidos a secagem ao ar livre (amostras tipo "Z")	61
7. Teores de unidade, em porcentagem, dos corpos de prova cilíndricos de bambu submetidos a secagem em estufa a 105°C, e posterior umedecimento em areia saturada por 8 dias	61
8. Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "X" / "Base"	64
9. Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "X" / "Meio"	64
10. Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "X" / "Ponta"	65
11. Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "Y" / "Base"	65
12. Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "Y" / "Meio"	66

13. Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "Y" / "Ponta"	66
14. Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "X" / "Base"	67
15. Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "X" / "Meio"	67
16. Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "X" / "Ponta"	68
17. Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "Y" / "Base"	68
18. Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "Y" / "Meio"	69
19. Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "Y" / "Ponta"	69
20. Áreas das seções transversais das taliscas de bambu encravadas em concreto	70

21. Áreas superficiais das taliscas de bambu encravadas em concreto	72
22. Força de arrancamento aplicada sobre as taliscas de bambu encravadas em concreto	73
23. Relação entre força de arrancamento e área da seção transversal das taliscas de bambu encravadas em concreto	74
24. Relação entre força de arrancamento e área superfi- cial das taliscas de bambu encravadas em concreto ..	75
25. Resultados obtidos no teste de flexão simples	76

RESUMO

A utilização do bambu como reforço ao concreto vem sendo estudada desde o início deste século; os resultados obtidos dos trabalhos conduzidos em vários países, durante este período, têm demonstrado sua viabilidade como material alternativo de construção.

As variações volumétricas que sofre o bambu quando submetido a processos de umedecimento e secagem, e a pouca aderência que este material desenvolve com o concreto, estão entre os principais problemas a serem solucionados para a otimização da tecnologia do bambucreto.

No presente trabalho, procurou-se avaliar o efeito das referidas variações volumétricas sobre a espessura das paredes e sobre o diâmetro externo de corpos de prova de bambu, da espécie *Bambusa tuldoides*, em colmos inteiros e em colmos rachados ao meio.

Com esta mesma espécie, a mais comumente encontrada em todo o Brasil, e indicada para o uso em construções devido às boas características físico-mecânicas de suas fibras,

procurou-se testar a aderência ao concreto através do teste de arrancamento ("pull-out"), proporcionada por cinco tratamentos físicos sobre varas de bambu, em forma de taliscas, encravadas em concreto.

Os cinco tratamentos testados, facilmente executáveis, e a um baixo custo, em qualquer propriedade rural, são os seguintes: "Testremunha", "Piche com Areia", "Grampos de Cerca", "Arame Farpado" e "Ranhuras na Casca".

Por fim, os 5 tratamentos foram aplicados sobre taliscas de bambu utilizadas para armar vigas de concreto, que, por sua vez, foram submetidas à flexão simples e comparadas com outras de mesmas dimensões, porém sem qualquer armação.

Os resultados obtidos permitiram caracterizar alguns aspectos físico-mecânicos do bambucreto, confirmando-o como um material alternativo viável e interessante para uso em construções rurais.

SUMMARY

The utilization of bamboo as a concrete reinforcement has been studied since the beginning of the century. The obtained results in various countries have shown its feasibility as an alternative material for construction.

Bamboo suffers volume changes when submitted to unidifying and drying processes. The weakness of the concrete-bamboo bond are among the major problems to be solved in optimization of bamboocrete technology.

In this work the effects of volume changes on the wall width and on external diameters of bamboo samples using whole and "broken in a half" colms were evaluated.

The *Bambusa tuldoidea* bamboo specie is the most abundant in Brazil, and is usually indicated for construction because of its favorable physical and mechanical features.

The bond between the concrete and bamboo was tested through the "pull-out test" involving five physical

treatments on bamboo sticks, in the shape of splinters, inlaid in concrete.

This five low cost tested treatments are easily done in any circumstance. The five treatments are the following: "Without any treatment", "Treatment with pitch and sand", "Bamboo with cramp iron", "Bamboo with barbed wire", and "Grooves on bamboo surface".

Finally, those treatments were tested on bamboo splinters for concrete beams manufacture. These samples were submitted to flexural tests and were compared to beams without any structure inside.

Bamboocrete, made of *Bambusa tulldoides*, indicated positive results regarding its physical and mechanical aspects. Therefore we conclude that the presented process it is a practicable and interesting alternative material, suitable of use in rural construction.

1. INTRODUÇÃO

Durante os processos de expansão das "fronteiras agrícolas" brasileiras, os proprietários rurais nunca encontraram maiores problemas para a obtenção de materiais a serem usados nas construções em suas propriedades.

Casas de colonos, instalações rurais as mais diversas, e mesmo a sede da fazenda, eram construídas, na maior parte das vezes, com materiais extraídos da própria zona rural.

A fazenda, em muitos casos, era a maior fornecedora de matéria-prima para a construção de suas próprias instalações

Segundo Carlos Cerqueira, citado no "Manual de Construção com Solo-cimento" (CEPED, 1984), durante três séculos de nosso período colonial, a matéria-prima usada nas construções em São Paulo era a terra, e o sistema construtivo, a "taipa-de-pilão". As primeiras casas de tijolos aparecem no século XVI, entre 1700 e 1800.

Em outras regiões brasileiras, como no Nordeste e no Centro-Oeste, as construções com terra foram, e ainda hoje são, bastante praticadas. Os sistemas construtivos preferencialmente usados eram a "taipa-de-sebe" e o "adobe", em contraposição à "taipa-de-pilão", muito usada entre paulistas,

mineiros e mato-grossenses.

O tijolo queimado, desde que surgiu, passou a ser largamente utilizado em construções rurais e urbanas, e assim é até os dias de hoje.

A madeira nativa é outro material tradicionalmente usado nas construções rurais brasileiras.

Extraídas da própria fazenda, ou, quando não, trazidas de outras regiões do país, nunca se constituiu num problema a sua obtenção.

Esse panorama começa a se modificar a partir da década de 1970, com o fortalecimento dos movimentos ecológicos a nível mundial.

Hoje se sabe que a obtenção de madeira nativa, extraída das matas brasileiras, é proibida pela legislação e proibitiva pelo preço que alcança no mercado.

A consciência ecológica, despertada pelos movimentos espalhados pelo mundo, levou a um maior rigor na legislação e fiscalização da exploração de recursos naturais.

A argila, por exemplo, que é a matéria-prima do tijolo queimado, é geralmente obtida em sítios localizados em várzeas, ou em margens de rios e córregos, áreas protegidas pela legislação ambiental.

Esta legislação prevê multas elevadas e a fiscalização tem sido rigorosa no sentido de preservar as matas nativas, bem como as várzeas e as margens de rios e córregos, onde se encontram as matas ciliares que protegem os mananciais.

Os cerrados, os campos, as encostas de morros, enfim, a proteção ao meio ambiente engloba praticamente toda a zona rural.

Essa situação leva os proprietários rurais a buscarem novas alternativas para a construção de suas instalações. A facilidade que se tinha no passado, quando para construir ou reformar um curral ou uma cerca, bastava-se derrubar uma ou duas aroeiras, já não existe hoje.

A evolução do setor agropecuário tem sido grande nos últimos anos. Com isso, a demanda por infra-estrutura rural tem aumentado significativamente.

Rede elétrica, telefonia, estradas vicinais, fazem parte de uma gama de obras relacionadas à infra-estrutura rural, que devem ser cobradas junto ao poder público. Entretanto, do lado de dentro da porteira, a demanda por infra-estrutura na propriedade é cada vez mais emergente, e será sempre assim, na medida em que a agricultura continuar evoluindo, o que é o desejo de todos.

Casas, armazéns, silos, instalações agrícolas ou animais, passaram a apresentar detalhes de projeto comparáveis aos das construções urbanas.

A construção de uma instalação para leite tipo "A", ou uma instalação de plasticultura, requer tantas especificidades quanto aquelas exigidas para a construção de um hotel ou de um hospital.

Uma das alternativas adotadas pelos proprietários rurais tem sido a utilização de materiais e técnicas de construção tradicionalmente usados nas cidades. Isso, porém, encarece as construções, ainda mais se a propriedade for afastada de qualquer centro urbano.

Nesse sentido, os proprietários rurais menos abastados encontram-se numa situação difícil, já que os materiais de construção tradicionalmente usados na zona rural "agridem" a ecologia, e os tradicionalmente usados na zona urbana "agridem" a economia de suas propriedades.

A alternativa para pequenos e médios agricultores é utilizar, nas suas construções, materiais existentes na própria fazenda, desde que não agridam o meio ambiente.

O uso de madeiras exóticas cultivadas tem se constituído numa boa opção. Florestas artificiais de *Pinus sp.* e *Eucaliptus sp.* podem ser exploradas racionalmente. Para tanto, é necessário que se elabore um plano de exploração que permita a obtenção de madeira periodicamente. Como toda exploração racional, é interessante que haja, além do cultivo, a integração com a indústria.

O eucalipto, por exemplo, para ser utilizado na indústria de papel e celulose, necessita de 7 anos, para seu desenvolvimento completo. Com essa idade, pode-se também explorá-lo como lenha, ou transformá-lo em cavacos para utilização na indústria de placas e compensados. Com 14 anos, pode ser utilizado como mourão de cerca, estacas e similares, e, com 21 anos, ser usado como poste, ou madeira serrada.

Segundo FERRÃO Nto.(1986), a exploração florestal no Brasil constitui-se em um exemplo típico de integração entre as atividades eminentemente agrícolas, industriais e de serviços. As empresas dos três segmentos se integram na busca de metas comuns de produção e produtividade global (soma das produtividades das atividades econômicas complementares e suplementares entre si). Esta integração, que é chamada pelos norte-americanos de "agribusiness", é entre nós conhecida como "Sistema de Planejamento Agrícola", ou "Complexo Agro-industrial".

De acordo com GLESINGER (1950), a construção civil é geralmente responsável por 2/3 do consumo de madeira de um país. Com as restrições impostas nos dias de hoje, seja pela questão ecológica, seja pela questão econômica, há que se buscar uma alternativa para a utilização desse material.

Uma porcentagem considerável da utilização da madeira pode ser substituída pela exploração de uma outra planta cultivada, de ciclo mais curto, custeio barato, e bastante presente no dia-a-dia de grande parte dos povos da humanidade. Essa planta é o bambu.

Trata-se de uma planta conhecida e usada pelo homem desde tempos pré-históricos, largamente empregada em todo o continente asiático, seja como alimento, vestimenta, na construção civil, na fabricação de ferramentas, objetos de uso doméstico, instrumentos musicais, armas, meios de transporte, na fabricação de papel, etc.; enfim, o bambu faz parte, há séculos, da própria cultura dos povos do oriente.

Muitas tribos primitivas consideravam-no elemento indispensável para sua subsistência, e algumas delas o adoravam como um deus. Na ilha de Formosa, por exemplo, havia uma tribo chamada Piguma, que acreditava terem o primeiro homem e a primeira mulher saído de internós diferentes de um mesmo talo de bambu.

Muitos dos usos primitivos dados ao bambu transformaram-se na origem de ferramentas e máquinas hoje fabricadas com aço. As formas primitivas das moradias construídas em bambu pelos Vedas e também pelos Bengaleses, deram origem a grande parte dos monumentos e edifícios que hoje constituem símbolos da arquitetura Hindu, entre os quais o famoso Taj Mahal. Na Ásia, gigantescas pontes foram construídas no Himalaya, e entre a China e o Tibet, com cabos de bambu. Essas obras inspiraram a construção das grandes pontes de aço, hoje tão comuns.

Grande parte das utilizações que se davam pelos antigos ao bambu, é dada hoje ao aço, não por simples coincidência.

O bambu é uma planta lenhosa, cujas fibras, longas e dispostas paralelamente no sentido longitudinal do colmo, são extremamente resistentes à tração.

Esse fato levou a uma série de experiências realizadas desde o início deste século, visando o uso do bambu como reforço ao concreto, em substituição ao aço tradicionalmente usado na armação de peças desse material. Daí o termo "bambucreto".

No Brasil, o bambucreto pode se tornar numa excelente alternativa para as construções rurais, bastando, para tanto, que se incentive as investigações sobre esse assunto.

É necessário que se busquem métodos simples e baratos de tratamento do bambu, sob pena de desestimular o interesse dos eventuais usuários (pequenos e médios agricultores) por esse material altamente promissor.

Neste trabalho, tal preocupação foi ressaltada, de sorte que todos os tratamentos testados, podem ser reproduzidos, de forma simples e barata, em qualquer propriedade brasileira.

Superar as dificuldades relacionadas à má aderência entre o bambu e o concreto, e estudar o comportamento do bambucreto quando submetido a esforços de flexão simples e a processos de umedecimento e secagem foram os principais objetivos deste trabalho, realizado com taliscas de bambu, da espécie *Bambusa tuldoides*, de ocorrência mais frequente em todo o país, indicada para uso em construções, principalmente devido às suas boas características de resistência mecânica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A planta conhecida vulgarmente como "bambu", pertence à família *Gramineae*, com aproximadamente 45 gêneros e mais de 1000 espécies espalhadas pelo mundo. Grande número delas são nativas do continente asiático, de onde foram trazidas para o Brasil, num primeiro momento pelos colonizadores portugueses, e, posteriormente, pelos imigrantes japoneses.

As espécies nativas brasileiras, denominadas de taquara, taboca, jativoca, taquaruçu, ou taboca-açu, conforme a região de ocorrência, possuem, segundo SALGADO (1986) camada externa áspera, pequeno diâmetro externo e presença de espinhos. Crescem nas capoeiras, em condições especiais, e não têm uma utilização disseminada na construção.

SALGADO et al. (1986) afirmaram que dentre as espécies exóticas mais encontradas no Brasil, destacam-se o bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*), o bambu chinês ou varra-de-pescar (*Phyllostachys purpuratta*), o bambu imperial (*Bambusa vulgaris* var. *vitatta*), e o bambu comum (*Bambusa vulgaris* ou *Bambusa tuldoides*)

A espécie **Guadua** (**Guadua angustifolia** ou **Bambusa guadua**), nativa da América, foi citada por Alejandro Humboldt em sua expedição realizada no início do século XIX na região amazônica. Esta espécie é largamente empregada na construção civil em países latino-americanos, notadamente na Colômbia.

SONDY (1940) comentou que o uso do bambu no Brasil deveria despertar maior interesse por parte dos técnicos, no sentido de proporcionar um aproveitamento mais intenso e racional desta gramínea que há séculos vem sendo empregada pelo povo, em associação com o barro, em construções de taipa. Citou uma conferência proferida por Felipe dos Santos Reis (catedrático do Curso de Arquitetura da Escola Nacional de Belas Artes), para estudiosos da área, sobre os trabalhos que nessa mesma época vinham sendo conduzidos na Alemanha, sobre a utilização do bambu como reforço ao concreto.

De entre todos, o bambu comum (**Bambusa tuldoides**) é o mais disseminado em todo o país. Apresenta diâmetro externo de dimensões médias, coloração amarelo-esverdeada, boas características físico-mecânicas, devendo ser lascado para usos estruturais. Essas características o recomendam para uso, como reforço ao concreto, em construções rurais.

AZZINI et al. (1990), numa avaliação quantitativa da massa fibrosa e de vazios em colmos de bambu, observaram que a **Bambusa tuldoides**, em comparação com a **Bambusa vulgaris** e

o *Dendrocalamus giganteus*, apresenta o menor teor de nó nos colmos, tanto em relação ao seu peso úmido (6,32%), como em relação ao seu volume (5,91%). Observou também que os colmos daquela espécie apresentaram maior teor de massa fibrosa (61,19%), conseqüentemente, menor teor de vazio (38,81%), que os colmos das outras duas espécies (respectivamente 53,32% e 46,09%, com teores de vazio de 46,68% e 53,91%).

A utilização do bambu depende da idade de corte do talo e do seu grau de amadurecimento, do qual vai depender sua resistência física e seu grau de dureza.

Para atingir sua altura máxima, o bambu leva de 80 a 110 dias, dependendo da espécie (algumas chegam a crescer aproximadamente 1 metro em 24 horas). Durante a fase de crescimento, sua resistência é muito baixa, as paredes do colmo são fracas e bastante úmidas (chegam a conter, em média, 95% de água).

Terminado este período, inicia-se, com o amadurecimento, um fortalecimento progressivo do colmo. Com idade entre 1 e 3 anos, o bambu é empregado na fabricação de polpa para papel. Suas paredes, ainda fracas, possibilitam facilidade e economia na execução do processo de obtenção da celulose. É a mesma época em que o bambu é empregado na fabricação de vários produtos artesanais, onde é mais importante a maleabilidade de suas paredes do que propriamente a sua resistência.

Ao se tornar maduro, e atingir sua máxima resistência entre 3 e 6 anos de idade, o bambu é indicado para uso na construção civil, em elementos que requerem maior resistência à flexão, à tração, à compressão e ao desgaste.

Trabalhos conduzidos experimentalmente na Índia e no Japão, confirmam que o bambu somente pode ser usado na construção quando em idade madura; entretanto, Glenn, citado por HIDALGO LOPEZ (1974), realizando ensaios físicos com diversas espécies de bambu, encontrou algumas que apresentaram resistência suficiente, mesmo antes do amadurecimento.

Das mais de 1400 aplicações que se conhece do bambu, muitas estão no campo da engenharia, em especial na construção civil, seja como tal (postes, andaimes, treliças), ou aberto em taliscas (peças obtidas pelo seccionamento longitudinal do seu colmo), neste caso prestando-se à confecção de painéis trançados.

Até o momento, o emprego do bambu na construção tem sido feito de maneira empírica, baseado, geralmente, nos sistemas tradicionais estabelecidos em cada país.

O bambu pode ser utilizado

1 - para a obtenção de esteiras, que por sua vez, serão utilizadas na construção de paredes divisórias externas ou internas de residências;

2 - como fôrmas de lajes de concreto associadas a uma trama de vigotas de bambu, apoiadas sobre colunas ou pontaletes do mesmo vegetal, ou como fôrmas de vigas, colunas ou pilares de concreto;

3 - no erguimento de andaimes provisórios;

4 - na construção de telhados (tesouras, armaduras secundárias e material de cobertura);

5 - na construção de cúpulas, pórticos e arcadas;

6 - para a obtenção de materiais de construção, como placas decorativas para piso e paredes, chapas laminadas ou plastificadas, painéis contrachapeados de bambu, lâminas tecidas, canaletas, cabos com cintas de bambu;

7 - como material de revestimento na construção de aviões;

8 - na construção de pontes pênséis e pontes rígidas;

9 - na construção de diques para o represamento de águas;

10 - na construção de aquedutos e poços artesianos;

11 - na fabricação de móveis;

12 - na construção de escadas de degraus;

13 - na construção de tanques, sanitários e lavatórios;

14 - em instalações avícolas e abrigos para animais;

15 - na construção de tabuleiros para a criação do bicho-da-seda;

- 16 - na confecção de ripados;
- 17 - na construção de cercas;
- 18 - na construção com taipa de sapapo (muito usada no interior do Brasil);
- 19 - como reforço ao solo-cimento;
- 20 - como reforço ao concreto;
- 21 - etc.

Muitas aplicações que antigamente se davam ao bambu, dá-se hoje ao aço. De fato, as fibras que constituem seu colmo possuem boas características físico-mecânicas, notadamente a resistência à tração. Isso incentivou muitos pesquisadores a investigarem, desde o início deste século, a possibilidade de se usar o bambu como elemento de reforço à tração em peças de concreto (justamente em substituição ao aço).

Oscar Hidalgo Lopez, citado pelo CEPED (1982), procurou reduzir a variação de volume do material biológico, responsável pela imperfeita aderência com o concreto, reduzindo a espessura de secções longitudinais dos colmos de bambu após retirar a parte interna, mais pobre em fibras e mais rica em amido.

Tomando-se a secção transversal do bambu, nota-se que a distribuição das suas fibras não é uniforme. A porção in-

terna possui de 15 a 30 % do total de fibras, enquanto que a porção mais externa possui de 40 a 70 %.

Uma vez que são as fibras que, em última análise, conferem resistência à tração ao conjunto, sugere-se o uso de lascas ou taliscas de bambu na confecção do bambucreto. Estas lascas são cortadas longitudinalmente, de modo que as fibras das porções mais externas das varas de bambu sejam bem utilizadas, dispensando o uso das camadas mais internas da vara.

As características das fibras dependem da idade, espécie e local de origem do bambu, além da época de colheita e das condições de armazenagem do bambu colhido, no entanto existem poucas informações a respeito das variáveis citadas acima.

As características de resistência mecânica do bambu variam de acordo com cada espécie. O Quadro 1 mostra valores obtidos por Glenn, citado por HIDALGO LOPEZ (1974), com várias espécies de bambu.

QUADRO 1. - Características de resistência mecânica do bambu

Características de Resistência		(kgf/cm ²)	
Resistência à tração	zona do entrenó	1828 a	3515
	zona do nó	1265 a	3480
Resistência à compressão		562 a	863
Resistência à flexão		763 a	2760
Módulo de elasticidade	na tração	140620 a	316395
	na compressão	151869 a	199000
	na flexão	105465 a	220000

Os primeiros trabalhos de que se tem notícia sobre o uso do bambu como reforço ao concreto, datam da segunda década deste século. Em 1914, um estudante chinês de nome H.K.Chow, realizou investigações sobre o tema no M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology), nos Estados Unidos. Segundo Portefield Jr, citado por HIDALGO LOPEZ (1974), as primeiras aplicações do bambu como reforço ao concreto foram realizadas na China, em várias obras executadas por volta de 1918.

A utilização do bambu como substituto para o aço em concreto armado na Alemanha, teve início por volta dos anos trinta, muito embora tal uso tenha sido restrito por causa de uma série de fatores limitantes, tais como os enumerados por KURIAN e KALAM (1977). Segundo estes autores, a resistência à compressão do bambu é até mesmo inferior a $1/3$ da sua resistência à tração, não sendo recomendado como reforço para elementos estruturais que trabalhem à compressão.

Experimentos realizados em 1935, por Datta, na Technische Hochschule de Stuttgart, Alemanha, indicam não haver interação química entre o bambu e o concreto.

Este mesmo autor, citado por HIDALGO LOPEZ (1974), verificou que o bambu não impermeabilizado absorve umidade e incha, quando em contato com a água de amassamento do concreto, durante a cura.

Este inchaço pode provocar tensões muito altas no interior do concreto e causar fissuras no seu recobrimento, quando ainda fresco. Estas tensões estão relacionadas com a dimensão da seção transversal do bambu usado como armadura.

Posteriormente, o bambu se contrai mais rapidamente, e em maior grau do que o concreto, fazendo com que se perca a aderência entre eles.

Datta recomendou o uso de impermeabilizantes sobre o bambu, para evitar a absorção de umidade, e o uso de um concreto de traço rico e secagem rápida (para prevenir as fissuras). Indicou o uso de vigas de bambucreto em substituição às de concreto armado com aço e às de madeira, desde que em estruturas não muito solicitadas. Recomendou, ainda, que se mantenham os nós e as ramas das varas (para auxiliar na aderência ao concreto), e afirmou que a área da seção transversal do bambu, quando usado na zona de tensão, em vigas de concreto e como substituto ao aço, deve ser pelo menos 12 vezes maior que a área deste.

O concreto deve ser da melhor qualidade possível, e em nenhum caso possuir uma resistência inferior a 150 kgf/cm² (15 MPa).

O bambu foi utilizado nas ilhas do Pacífico como reforço ao concreto, durante a Segunda Guerra Mundial, pelas forças armadas dos Estados Unidos e do Japão, em construções militares de diversa natureza; e, mais recentemente, durante

a guerra do Sudoeste asiático, também em instalações militares, razão pela qual se fizeram novas investigações sobre o assunto.

Uma série de experimentos realizados por H.E.Glenn, no Clemson Agricultural College, South Carolina, E.U.A., em 1944, sobre o uso do bambu como reforço ao concreto, confirmou que a aderência entre esses dois materiais é prejudicada devido à contração do bambu, ao secar-se durante a cura do concreto. Esta contração é muito maior no sentido radial do que no longitudinal do colmo. Vários fatores podem influir no grau de contração do bambu, tais como a idade de corte, a época de colheita e a forma de secagem que se faz.

Segundo GLENN (1950), numa mesma espécie a resistência à tração do bambu pode ser até 4 vezes maior que sua resistência à compressão. Este, e outros autores, verificaram o desenvolvimento de alguma aderência, entre bambu e concreto, proporcionado pelas ramas do colmo e protuberâncias dos nós. Afirmaram também, que a forma de cunha das taliscas pode contribuir para o aumento da aderência.

A emulsão asfáltica é tida como bom agente impermeabilizante, podendo ser usada como revestimento do bambu com a finalidade de diminuir a ação do inchamento causado pela umidade; porém, se usada em excesso, produz um efeito lubrificante na superfície externa do talo, prejudicando a aderência.

GLENN (1950) verificou que a capacidade de carga de vigas de concreto reforçado com bambu, aumenta direta e proporcionalmente com a porcentagem de bambu empregado, até um valor ótimo (3 a 4% da área da seção transversal de concreto). Afirmou ainda que, em vigas de concreto reforçado com bambu, a carga requerida para causar a ruptura é de 4 a 5 vezes maior que a requerida para vigas de mesmas dimensões sem qualquer armação, e que se pode suportar uma carga de segurança de 2 a 3 vezes maior. Recomendou, por fim, que o bambu a ser utilizado como reforço, em peças de concreto a serem submetidas à flexão, deve, após a colheita, ser deixado para amadurecer e secar por um período de 3 semanas a 1 mês.

Estudos experimentais realizados por GEYMAYER e COX (1970), na United States Engineer Waterways Experiment Station, sobre o uso do bambu como reforço ao concreto, abordam, entre outros, o problema da aderência entre os dois materiais, provocado pelas variações volumétricas do bambu.

Verificou-se que a variação do teor de umidade dos talos de bambu leva a uma variação volumétrica da ordem de 5% no sentido radial e 0,05% no sentido longitudinal.

O coeficiente de expansão térmica do bambu pode ser baixo se considerado no sentido longitudinal, chegando a alcançar 1/3 do valor referente ao do concreto, porém alto, se considerado diametralmente, valendo até 10 vezes mais que o do concreto.

Essas diferenças, segundo GEYMAYER e COX (1970), contribuem para o fissuramento do recobrimento de concreto devido à expansão e/ou para a perda de aderência devido à contração dos talos, principalmente em se tratando de peças expostas a grandes variações de temperatura.

A resistência à tração e o módulo de elasticidade do bambu variam muito em função da espécie e das condições ambientais. O módulo de elasticidade do bambu é relativamente baixo em comparação com o do aço, valendo, em média, 1/10 do seu valor.

Os autores retro-mencionados, testando o grau de aderência entre bambu e concreto, afirmaram que tal perda de aderência depende principalmente do grau de saturação do talo depois de endurecido o concreto, da extensão e proporção dos fenômenos de secagem e contração dos colmos, das asperezas ou saliências do talo, da proporção que se estabelece entre bambu e concreto e da variação de temperatura na peça.

A adoção de medidas para aumentar a aderência entre o bambu e o concreto contribui bastante para maximizar a capacidade de carga do bambucreto. Outros fatores que influem na resistência são: efeitos de aclimação, tamanho das tiras de bambu e cuidados na colocação e ancoragem da armação.

Bambucretos armados com taliscas de bambu mostram melhor capacidade de carga do que aqueles armados com bambu roliço. Colmos inteiros, quando usados como reforço de concreto, devem ter diâmetros inferiores a 2 cm. Larguras de

taliscas superiores a 2 cm podem conduzir a trincas horizontais devido ao inchamento.

MEHRA et al. (1951) preocuparam-se com as variações volumétricas do bambu causadas pela absorção de água. Segundo ele, às vezes o bambu chega a absorver mais de 300% do seu próprio peso em água, aumentando de volume, voltando depois, ao secar-se, ao seu volume original. Ele relacionou a absorção de água com o aumento de volume e concluiu que para uma absorção de 0,5%, há um acréscimo de 0,1% no volume, para 48,8% de absorção, 9,27% de acréscimo no volume, e para uma porcentagem de absorção menor que 0,3% não há acréscimo de volume.

KOWALSKI (1974) apontou como fatores limitantes para o uso do bambu como reforço ao concreto o baixo módulo de elasticidade, a baixa aderência ao concreto, a dificuldade em adaptar as dimensões do colmo ao desenho da estrutura, e, sobretudo, grande variabilidade no teor de umidade. Apesar disso ele recomendou o seu uso em construções rurais pelo fato de ser um material que traz muitas vantagens, associadas ainda ao fato de crescer em abundância nas regiões tropicais do globo.

CHEMBI E NIMITYONGSKUL (1989) reportaram o fato de que muitos tanques de água de cimento reforçado com bambu, têm sido construídos em vários países da Ásia, e que o maior problema identificado é a durabilidade. A técnica de construção descrita é a mesma usada para o ferrocimento, com uma

malha de taliscas de bambu no lugar da malha metálica.

KANCHANAWONG E KONGANAN (1988) apresentaram uma técnica inovativa de construção de barcos com cimento reforçado por bambu, desenvolvida na Tailândia, no Ayuthaya Boatbuilding College. Segundo eles, a aplicação do bambu associado ao cimento, proporcionou neste caso um excelente meio de transporte de baixo custo e bastante adequado àquele país.

KALITA et al. (1977) concluíram que painéis de parede e elementos de cobertura feitos de bambucreto são perfeitamente viáveis para construção de casas e instalações de baixo custo, e que estes podem proporcionar uma economia de até 40% sobre elementos de cobertura convencionais. Recomendaram, contudo, o uso de tratamentos químicos sobre o bambu para aumentar sua durabilidade.

VENKATESHUWARLU e RAJ (1989) apresentaram um estudo mostrando a utilização do bambu, em forma de taliscas como base para o ferrocimento, na construção de elementos de cobertura para casas de baixo custo. Segundo os autores, tais peças podem resultar 50% mais baratas do que se fossem feitas em concreto armado convencionalmente, e 70% mais baratas do que se fossem construídas em ferrocimento.

GHAVAMI e HOMBEECK (1981) apresentaram resultados de testes feitos desde 1979 na PUC/RJ, sobre o bambucreto. Testes feitos com bambu local para estabelecer suas propriedades físicas, mecânicas e as taxas de absorção de água para diferentes tipos de tratamentos impermeabilizantes utilizados.

Estes mesmos autores apresentaram resultados de ensaio de arrancamento para bambu tratado, e de vigas de concreto armado com bambu, concluindo que em muitas partes do Brasil, materiais de construção convencionais como o aço, não somente são caros, como, em alguns casos, difíceis de se obter, viabilizando o uso de materiais locais, entre os quais o bambu, como um dos mais viáveis.

Todavia, em que pesem suas desvantagens associadas principalmente ao fato de o bambu sofrer alterações volumétricas ao secar-se ou umedecer-se, este, além de ser um material abundante nos trópicos, se caracteriza ainda por apresentar fácil trabalhabilidade, baixo custo, e alta relação resistência/peso.

Isso posto, conclui-se que o bambu, como reforço ao concreto, não apenas é um material viável, como também um material de fácil aplicação e pronta disponibilidade, adequado para o uso em construções rurais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a completa realização do presente trabalho foram empregados os seguintes materiais e métodos:

3.1. MATERIAL

Foram colhidas diversas varas de bambu de uma mesma espécie, **Bambusa tuldoides**, pertencentes a uma mesma plantação, portanto sob as mesmas condições agronômicas de cultivo (clima, solo, água e manejo da plantação, entre outras), localizada na fazenda Santa Eliza, do Instituto Agronômico de Campinas, na cidade de Campinas, Estado de São Paulo.

Varas com a mesma idade (3 anos), com características semelhantes quanto às dimensões e à localização na moita (irrigação e iluminação), foram colhidas num mesmo instante (dia e hora).

Este mesmo esquema de coleta de bambu foi adotado, em outras fases do trabalho, para a realização dos demais ensaios, sempre que necessário.

De três varas de bambu, separadas ao acaso, foram cortados 27 pedaços cilíndricos, cada um deles com 10 centímetros de comprimento, sendo 9 da ponta, 9 do meio e 9 da base da vara, sem os nós.

Para a obtenção dos cilindros do meio marcou-se, primeiramente, o centro da vara (comprimento total dividido por 2), e, em relação a este ponto, cortou-se, com o auxílio de uma serra elétrica, a 60 centímetros à direita e à esquerda, obtendo-se um pedaço de 120 centímetros, considerado do "meio" da vara.

Para o corte dos cilindros das bases, eliminou-se 50 centímetros da extremidade inferior da vara e a partir daí cortou-se um pedaço de 120 centímetros, considerado da "base" da vara. Por fim, excluindo-se a região da vara que possui as mesmas dimensões dos galhos (notadamente onde há grande quantidade de folhas), eliminou-se, a partir daí, 50 centímetros da extremidade e cortou-se um pedaço de 120 centímetros de comprimento, considerado da "ponta" da vara.

Da mesma forma que os cilindros obtidos dos pedaços do "meio", foram obtidos os demais de cada uma das extremidades.

A Figura 1 apresenta o plano de corte adotado para a obtenção dos corpos de prova cilíndricos, segundo cada região da vara, cuja identificação seguiu a nomenclatura apresentada no Quadro 2.

Desta forma, a amostra "AB1" refere-se ao cilindro de "nº1" da "Base" da vara "A"; "BM5" ao cilindro de "nº5" do "Meio" da vara "B"; "CP9" ao de "nº9" da "Ponta" da vara "C", e assim por diante.

Para a realização do teste de arrancamento, as varas de bambu, após serem colhidas, foram transformadas em taliscas, com o auxílio de um dispositivo circular de corte de 6 lâminas (Figura 2); desta forma, de cada colmo seccionado longitudinalmente foram obtidas 6 taliscas, como mostra a Figura 3.

Tendo-se em vista o fato de que, no bambu, as fibras são paralelas entre si e ao eixo longitudinal do colmo, o uso do referido dispositivo de corte é simples, bastando posicionar seu centro com o centro da seção transversal da vara, e pressioná-lo em direção contrária à ela, de modo a cortá-la em 6 lascas (taliscas) iguais.

As taliscas foram obtidas a partir de varas cujas pontas foram desprezadas, aproveitando-se as regiões do meio e da base das varas, por haver maior concentração de fibras.

O recipiente usado para a fervura da água no pré tratamento era constituído de 3 tambores metálicos cilíndricos (tambores de óleo de 200 litros) soldados "em série", sem as tampas nem os fundos (com exceção dos das extremidades).



FIGURA 2.- Dispositivo circular de corte de 6 lâminas



FIGURA 3.- Obtenção de taliscas de bambu através do dispositivo circular de corte.

De cada tambor foi cortada, superiormente, uma faixa longitudinal medindo 40 centímetros de corda, formando assim um "caldeirão" com o comprimento 3 vezes maior que o de um tambor, apoiado sobre uma base também metálica, como mostra a Figura 4.

Os corpos de prova de concreto foram moldados em fôrmas metálicas cilíndricas, de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura, normalmente usadas para tal fim, encravando-se taliscas de bambu a 10, 20 e 30 centímetros.

O concreto, de traço 1:3:3 em massa, e uma relação água/cimento de 0,5, foi executado com o auxílio de uma betoneira para a mistura dos materiais, segundo as normas técnicas brasileiras.

Os materiais componentes compreenderam: cimento portland (CP-32), areia média e brita 1.

Corpos de prova de concreto foram moldados e rompidos com o auxílio de uma máquina hidráulica de compressão (Figura 15, em segundo plano), especialmente para caracterizar a resistência à compressão desse material. Com os resultados obtidos, construiu-se uma curva de ABRAHMS do concreto utilizado nos testes, estando essa curva apresentada na Figura 5.



FIGURA 4. - Recipiente usado para a fervura da água no pré-tratamento das taliscas de bambu

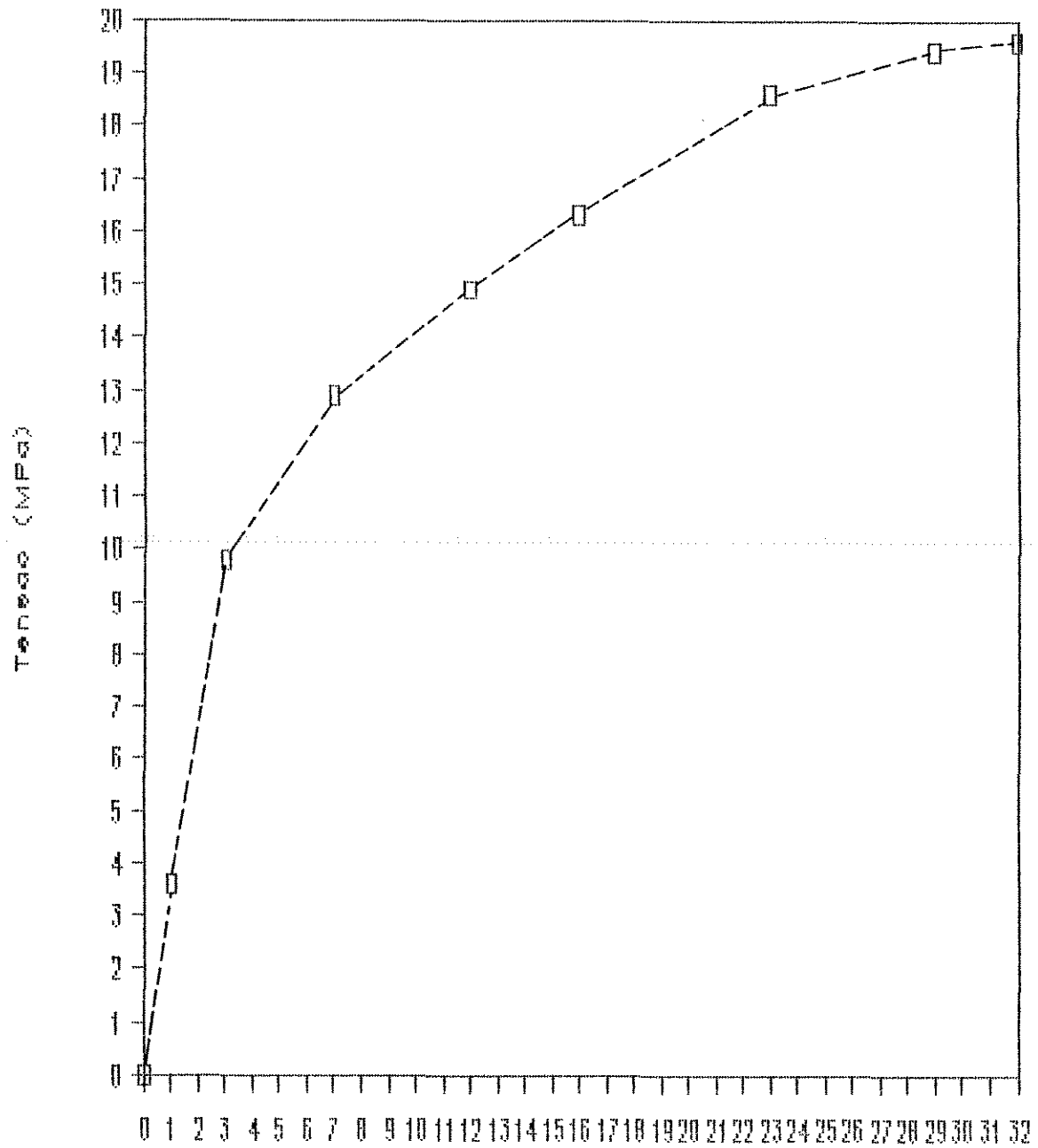


FIGURA 5.- CURVA DE ABRAHMS - Ensaio de compressão

3.2. MÉTODOS

3.2.1. VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DE CORPOS DE PROVA DE BAMBU

Antes de ser utilizado nos experimentos conduzidos em laboratório, realizou-se um estudo prévio que possibilitou uma estimativa do comportamento do bambu quando submetido a condições de umedecimento e secagem.

Os parâmetros avaliados foram: a espessura das paredes externas do colmo, o diâmetro externo, a perda e o ganho de água durante processos de secagem e umedecimento.

A pesagem dos corpos de prova cilíndricos foi feita, com o auxílio de uma balança eletrônica, para acompanhar a perda de umidade do bambu durante a secagem, bem como avaliar o ganho de umidade durante o umedecimento.

Considerou-se como peso inicial o registrado no mesmo dia da coleta das varas e corte dos cilindros. De cada grupo de 9, de cada parte da vara ("Base", "Meio" e "Ponta"), 3 foram secos ao ar livre no laboratório e 6 foram secos em estufa (a 105°C), tomando-se diariamente o peso das amostras até que elas apresentassem peso constante.

A perda de umidade em um dado intervalo de tempo é calculada, através da pesagem das amostras, da seguinte maneira:

$$\text{Teor de umidade} = ((P_u - P_s) / P_u) * 100$$

onde: P_u = Peso úmido da amostra.

P_s = Peso seco da amostra.

A secagem é considerada satisfatória quando os valores obtidos para as perdas de umidade se tornam bastante próximos de zero.

Para se acompanhar as variações volumétricas sofridas pelo bambu, causadas pela perda e ganho de umidade, registrou-se os valores da espessura das paredes e do diâmetro externo de cada cilindro, no instante chamado "inicial" (quando da colheita das varas e corte dos cilindros).

A espessura das paredes de cada amostra foi medida tomando-se, com o auxílio de um paquímetro, 4 medidas de cada face de um cilindro que, considerado circular, representam os valores das espessuras em posições diametralmente opostas e ortogonais entre si.

A média dessas 8 medidas tomadas por cilindro representa a espessura do corpo de prova no instante (dia) da tomada das medidas.

O diâmetro externo de cada corpo de prova foi medido, de forma semelhante à medição da espessura, tomando-se duas medidas de cada face, nas "posições" "Norte-Sul" e "Leste-Oeste".

	Face 1	Face 2
posição "Y-Y'":	ϕ AC	ϕ EG
posição "X-X'":	ϕ BD	ϕ FH

A média dessas 4 medidas tomadas por cilindro, representa o diâmetro externo do corpo de prova no instante (dia) da tomada das medidas.

O esquema adotado para tais medições encontra-se na Figura 6.

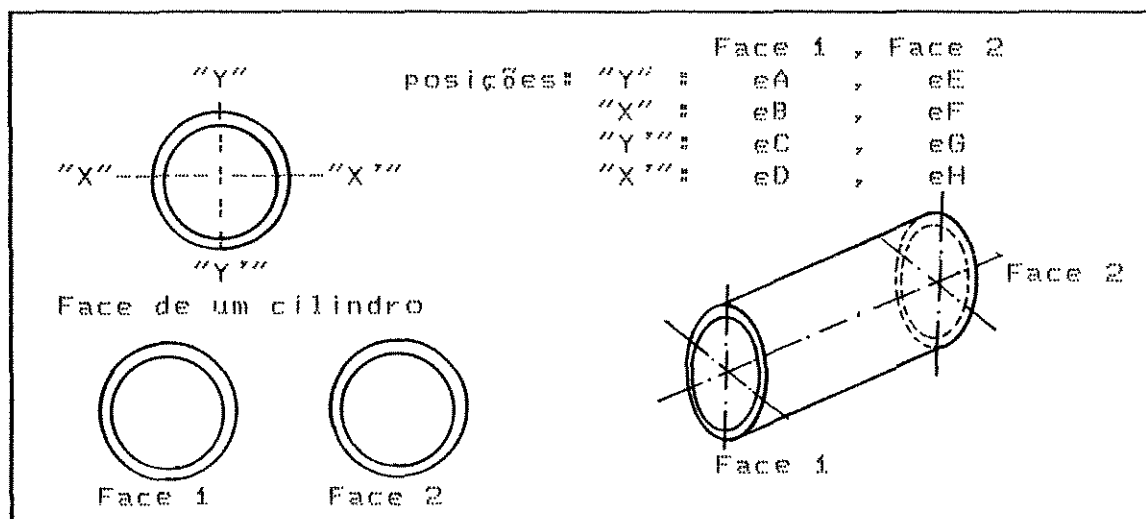


FIGURA 6. - Esquema adotado para a medição da espessura das paredes e do diâmetro externo dos corpos de prova cilíndricos de bambu.

Com os valores de perda e ganho de unidade, fornecidos pelo registro dos pesos dos corpos de prova, e com as

respectivas estimativas para as medidas de espessura das paredes e diâmetro externo no "instante inicial" e no "instante final" do período considerado, pode-se proceder a uma avaliação das variações volumétricas sofridas pelo bambu, quando submetido a processos de umedecimento e secagem.

Assim sendo, após o registro dos parâmetros mencionados (peso em grama, espessura das paredes e diâmetro externo em milímetro) no "instante inicial", os corpos de prova foram separados e submetidos a diferentes condições de secagem e umedecimento, conforme os critérios identificatórios mostrados no Quadro 3.

As amostras do tipo "X" compreendem os cilindros de números "1" a "3" que, no "instante inicial", foram colocados em estufa a 105°C e pesados a cada 24 horas, durante um período de 72 horas. Ao serem retirados da estufa, foram novamente medidos e os valores registrados no que chamou-se "instante intermediário". Após a secagem, foram então enterados em areia úmida saturada por uma semana, período ao final do qual foram novamente medidos e pesados (os valores registrados no que chamou-se "instante final" do intervalo de tempo de acompanhamento).

As amostras do tipo "Y" compreendem os cilindros de números "4" a "6" que, por sua vez, foram submetidos às mesmas condições de secagem e umedecimento das amostras do tipo "X", variando apenas no "instante intermediário" quando foram "rachados ao meio" (seccionados longitudinalmente) após a pesagem e a medição.

O corte se deu pelos eixos "DH" e "BF" de modo a transformar cada cilindro em duas taliscas de 10 centímetros de comprimento cada, que foram então enterradas em areia saturada e novamente medidas e pesadas no "instante final".

A espessura de cada talisca (amostra do tipo "Y" seccionada longitudinalmente) foi tomada como sendo a média de 6 valores (3 medidas em cada face, tomadas uma em cada extremidade e outra no meio da seção).

A medida do diâmetro externo foi substituída, após o seccionamento longitudinal, pela medida da largura de cada talisca, avaliada tomando-se a média de 3 valores (um em cada face e outro no meio do comprimento da talisca, a 5 centímetros de cada extremidade) com o auxílio de um paquímetro.

Partiu-se do princípio que, se o bambu não sofresse variação volumétrica durante o processo de umedecimento e secagem, então a largura dos corpos de prova do tipo "Y" no "instante final" teria o mesmo valor que o diâmetro externo desses mesmos corpos de prova no "instante inicial".

As amostras do tipo "Z" compreendem os cilindros de números "7" a "9" que, após o "instante inicial" (quando foram devidamente medidos e pesados), foram deixados a secar ao ar livre, numa bancada do laboratório, até que o valor referente à perda de umidade de cada corpo de prova se aproximasse bastante de zero, quando então foram novamente pesados e medidos, sendo esses valores computados ao "instante final".

O acompanhamento da perda de unidade foi feito tomando-se o peso das amostras a cada 24 horas a partir do "instante inicial", por um período de 15 dias, e daí a cada 72 horas até o "instante final" (15 dias após os 15 primeiros dias).

Através desse estudo preliminar, chegou-se, entre outras, a uma conclusão que norteou a determinação do tempo de secagem do bambu, que seria usado nos testes de arrancamento e flexão.

3.2.2. DEFINIÇÃO E APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

O delineamento estatístico utilizado foi o de "blocos casualizados", sendo que os tratamentos compreenderam:

- (TT) - Testemunha
- (PA) - Piche com Areia
- (GC) - Grampos de Cerca
- (AF) - Arame Farpado
- (RC) - Ranhuras na Casca

Para cada tratamento foram testadas 3 profundidades de ancoragem diferentes: 10, 20 e 30 centímetros, com 3 repetições cada uma.

A escolha dos tratamentos observou alguns critérios básicos, de tal forma a incentivar o uso do bambucreto nas construções rurais, a saber:

- facilidade de execução, contribuindo para isso a facilidade de manuseio e a disponibilidade dos materiais envolvidos, sendo que todos os tratamentos são facilmente executáveis dentro de qualquer propriedade rural do país, dispensando o uso de instalações, máquinas e equipamentos que não sejam nelas comumente encontrados;

- baixo custo do produto final, uma vez que os tratamentos não encarecem o produto final (bambucreto) de maneira significativa.

Individualmente, os tratamentos aplicados referiam-se a:

- (TT) - Testemunha, ou seja, taliscas sem qualquer tratamento (Figura 7).

- (PA) - Piche com Areia, ou seja, taliscas imersas em piche "a quente" e salpicadas com areia de textura média (Figura 8).

Neste caso, o piche é aquele normalmente utilizado para a fabricação do asfalto, aquecido até a fervura num recipiente metálico, colocado sobre uma fonte de calor (fogão a gás).

As taliscas foram então imersas no piche e, logo em seguida, salpicadas com areia média, que ficou a ele aderida.

Na execução deste tratamento, há que se ter cuidado para que a camada de piche sobre a talisca não seja muito grossa, o que poderia exercer um efeito contrário ao desejado, isto é, a diminuição da aderência entre o bambu e o concreto.

- (GC) - Grampos de Cerca, ou seja, grampos de cerca cravejados sobre a talisca (Figura 9).

A execução deste tratamento requer cuidados pois, ao se cravarem os grampos, as taliscas podem rachar-se, principalmente se suas dimensões não forem suficientemente adequadas para sustentarem tanto os grampos quanto o impacto do martelo sobre eles, durante a execução.

Os grampos foram cravejados de 2,5 em 2,5 centímetros, alternadamente em cada face, de modo que, sobre cada uma, a distância entre os grampos era de 5 centímetros.

- (AF) - Arame Farpado, ou seja, arame farpado pregado sobre as taliscas (Figura 10).

Com o auxílio de um alicate, cortou-se e esticou-se o arame farpado, sobre cada uma das duas faces da talisca, pregando-o sobre elas e deixando que os pregos a atravessassem. Deste modo, além das farpas do arame, as taliscas terão as pontas dos pregos, usados para fixá-lo, como componentes físicos promotores de um aumento de aderência entre o bambu e o concreto. Neste tratamento, há que se ter cuidado para que as taliscas não se rachem durante a operação.

- (RC) - Ranhuras na Casca, ou seja, ranhuras feitas na casca das taliscas (Figura 11).

Com o auxílio de uma serra elétrica de lâmina circular, foram executadas ranhuras na casca do bambu, a fim de propiciar um aumento de aderência com o concreto; as ranhuras foram executadas a cada 2,5 centímetros, apenas sobre a face onde se encontrava a casca do bambu.

Tendo em vista os 5 tratamentos definidos, as 3 profundidades de ancoragem, e o número de repetições igual a 3, as taliscas de bambu foram separadas aleatoriamente e identificadas seguindo os critérios apresentados no Quadro 4.



FIGURA 7.- Tratamento "Testemunha" (TT), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples.

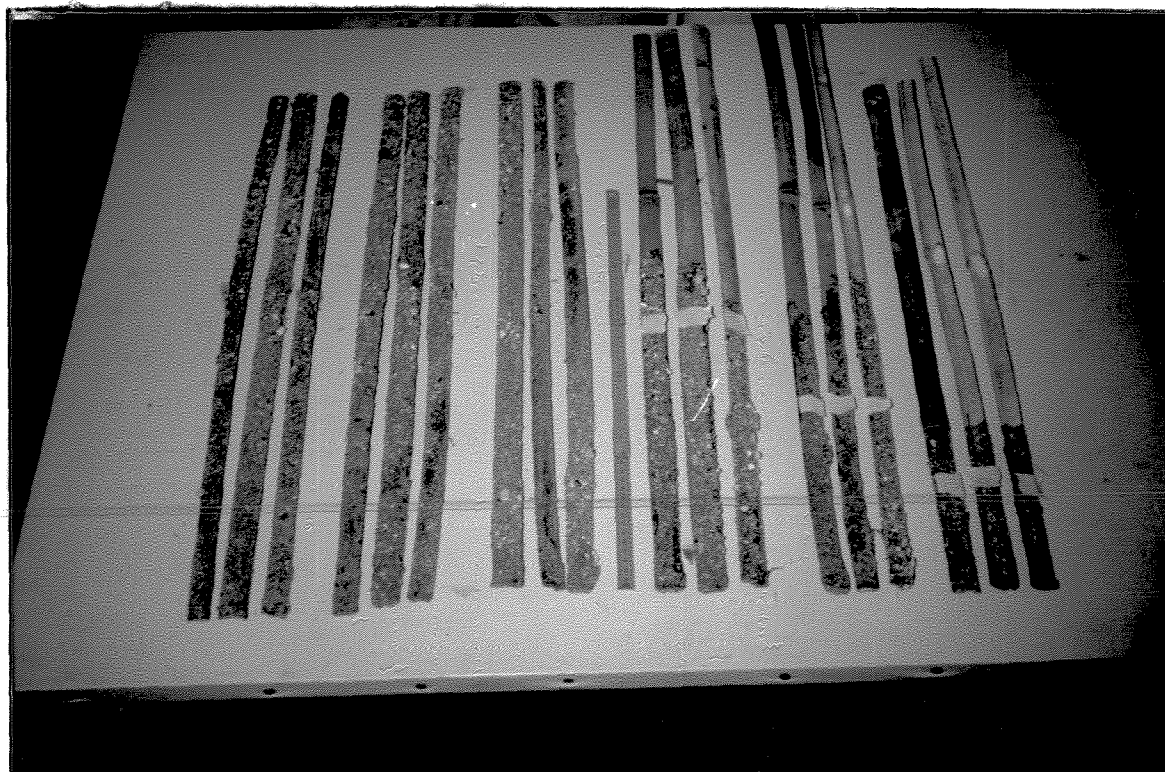


FIGURA 8.- Tratamento "Piche com Areia" (PA), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples.



FIGURA 9.- Tratamento "Grampos de Cerca" (GC), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples.



FIGURA 10.- Tratamento "Arame Farpado" (AF), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples.

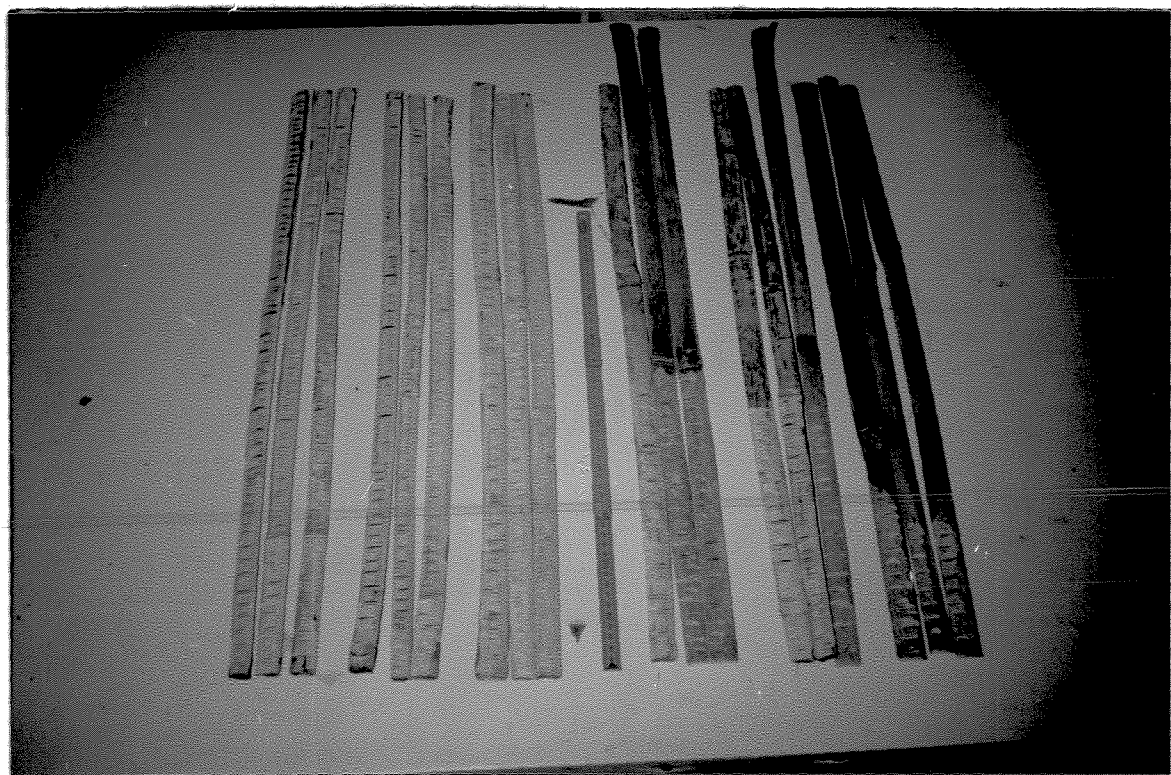


FIGURA 11.- Tratamento "Ranhuras na Casca" (RC), aplicado sobre as taliscas de bambu utilizadas nos testes de arrancamento e de flexão simples.

QUADRO 4. - Critérios identificatórios das taliscas de bambu usadas no teste de arrancamento.

TRATAMENTOS	Repet	PROFUNDIDADE DE ANCORAGEM (cm)		
		10	20	30
TT - TESTEMUNHA	1	11	21	31
	2	12	22	32
	3	13	23	33
PA - PICHE COM AREIA	1	11	21	31
	2	12	22	32
	3	13	23	33
GC - GRAMPOS DE CERCA	1	11	21	31
	2	12	22	32
	3	13	23	33
AF - ARAME FARPADO	1	11	21	31
	2	12	22	32
	3	13	23	33
RC - RANHURAS NA CASCA	1	11	21	31
	2	12	22	32
	3	13	23	33

Desta forma, o corpo de prova (TT)11 refere-se à primeira repetição do tratamento "Testemunha", com talisca engastada a 10 centímetros de profundidade.

- (PA)22 à 2ª repetição, "Piche e Areia" a 20 cm.
- (GC)33 à 3ª repetição, "Grampos de Cerca" a 30 cm.
- (AF)21 à 1ª repetição, "Arame Farpado" a 20 cm.
- (RC)12 à 2ª repetição, "Ranhuras na Casca", 10 cm.
- ... e assim por diante.

O encravamento das taliscas de bambu se deu com o concreto ainda fresco (imediatamente após a moldagem), seguindo os critérios de classificação dos blocos. Para manter as na profundidade de ancoragem desejada, foram usadas pre-silhas que ligavam-nas às bordas das fôrmas, e impediam que elas se movimentassem durante o endurecimento do concreto.

A desforma se deu 48 horas após a concretagem, quando então os corpos de prova foram deixados em cura, por imersão, durante 28 dias; a imersão, em tanque com água, abrangia apenas o concreto, ficando as taliscas encravadas livres do contato com a água, como se observa na Figura 12.

Após a cura e adequada secagem ao ar livre, os corpos de prova foram submetidos ao teste de arrancamento.

3.2.3. TESTE DE ARRANCAMENTO ("PULL-OUT")

O teste de arrancamento ("pull-out") consiste em submeter taliscas de bambu, engastadas em corpos de prova de concreto, a uma força de tração (aqui chamada "Força de Arrancamento") que tende a arrancá-las dos referidos corpos de prova, ou a rompê-las, caso a aderência entre as taliscas e o concreto seja maior que a força de arrancamento empregada.

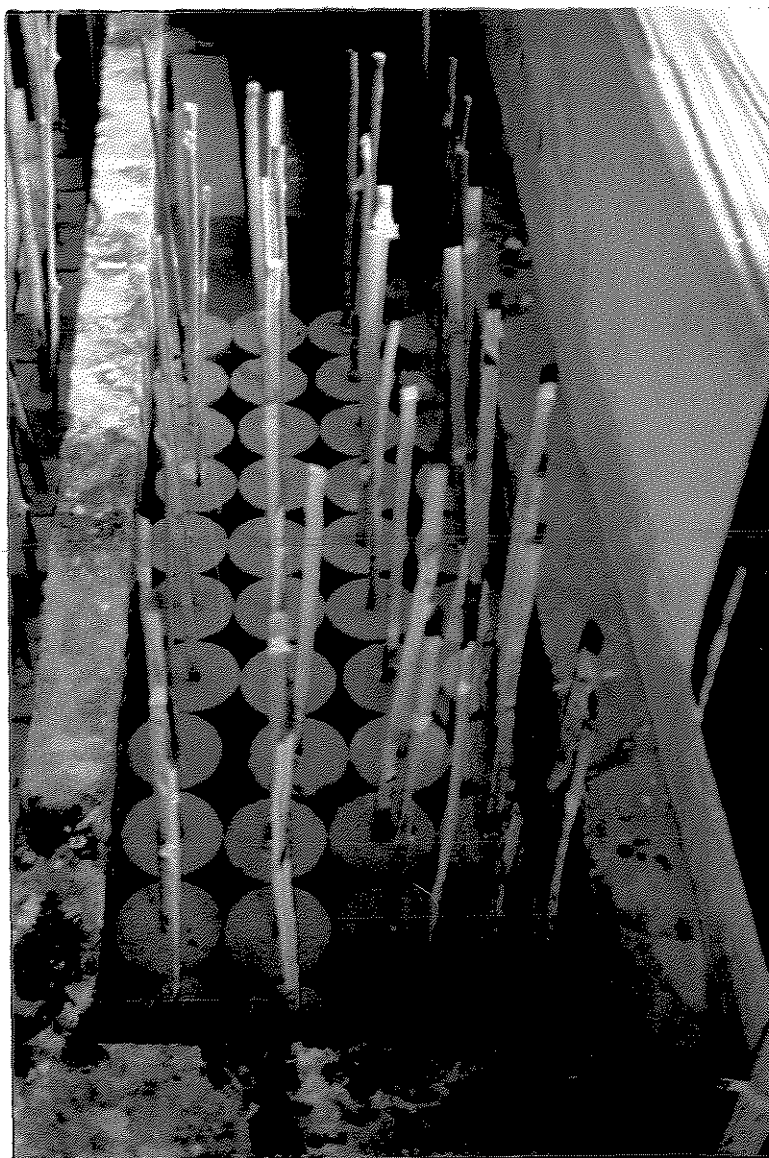


FIGURA 12.- Cura por imersão dos corpos de prova utilizados nos testes de arrancamento (1º plano), e de flexão simples (2º plano).

Todos os bambus, foram submetidos a um pré-tratamento em água fervente a fim de diminuir-lhes sua concentração de açúcares e amidos.

Assim, após a obtenção das taliscas, foram elas colocadas num recipiente adequado (Figura 4), contendo água fervente, e nele deixadas por um período de 30 minutos, após o que foram retiradas e postas a secar ao ar livre durante um mês.

Para a fervura da água foi ateadada uma fogueira em baixo do "caldeirão" metálico, queimando-se lenha e varas secas de bambu de forma a manter a água em ebulição até o fim do processo.

Após o pré-tratamento e secagem, as taliscas foram consideradas prontas para serem usadas no teste.

Foram separadas ao acaso 45 taliscas, cujas áreas e perímetros das seções transversais foram medidos, e os seus valores registrados antes que elas fossem submetidas a qualquer tratamento.

Para o registro de tais valores, foi necessário "desenhar" a seção transversal de cada talisca sobre uma folha de papel, e então medir a área com o auxílio de um planímetro e o perímetro de todas elas, com o auxílio de um curvímetro.

As 45 taliscas foram distribuídas ao acaso entre os 5 tratamentos definidos, totalizando 9 taliscas para cada tratamento (Figura 13).

A força de tração ("Força de Arrancamento") aplicada sobre a talisca de bambu encravada no concreto, foi proporcionada através de uma adaptação feita nos encaixes de uma máquina hidráulica de tração, dotada de manômetro, normalmente usada para ensaios de resistência à tração, como mostram as Figuras 13, 14 e 15.

As adaptações consistiram em fixar, com correntes, o corpo de prova de concreto ao encaixe inferior da máquina, cujas garras não seriam utilizadas (Figura 14). Dessa forma, o encaixe superior exerceria sobre a talisca de bambu, encravada no concreto (fixo pelas correntes), uma força de "arrancamento" que seria medida e registrada, caracterizando a aderência desenvolvida entre o bambu e o concreto naquele corpo de prova.

3.2.4. TESTE DE FLEXÃO SIMPLES

Para se avaliar o ganho de resistência proporcionado pela armação com bambu foram rompidas 18 vigas de concreto, sendo 15 armadas com taliscas de bambu, e 3 sem qualquer armação.

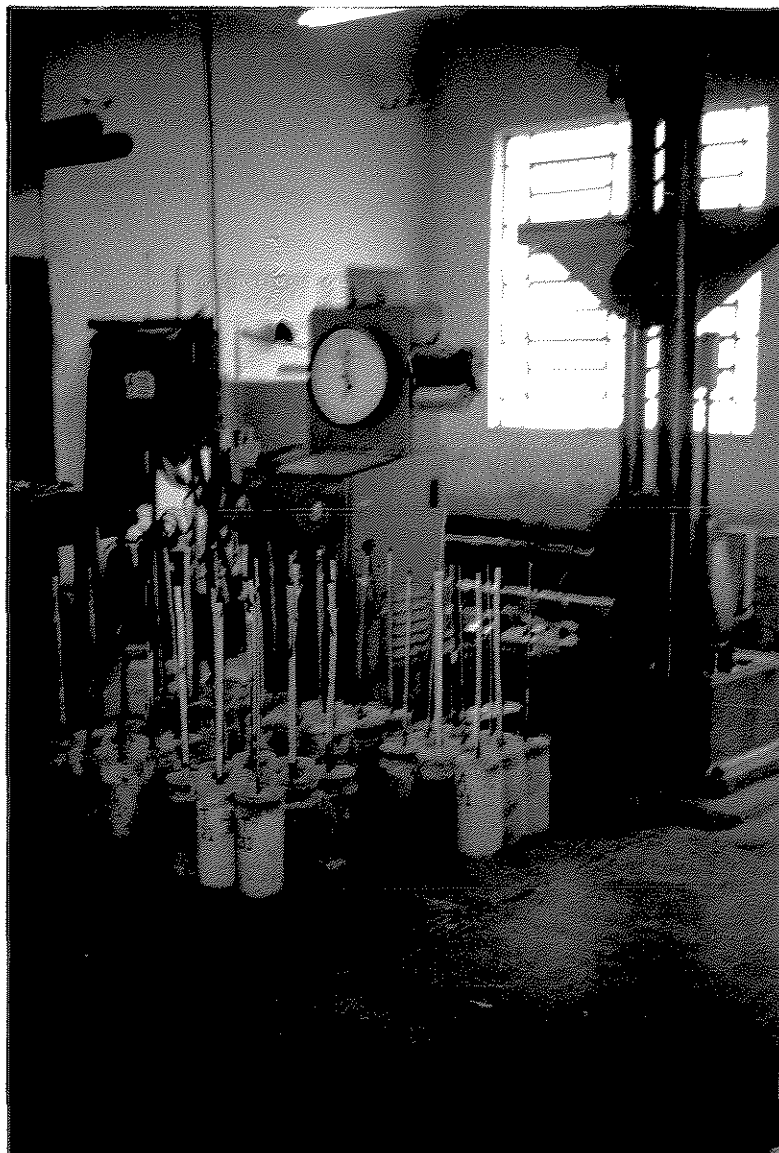


FIGURA 13.- Corpos de prova utilizados no teste de arrancamento (1º plano), e máquina hidráulica de tração dotada de manômetro (2º plano).

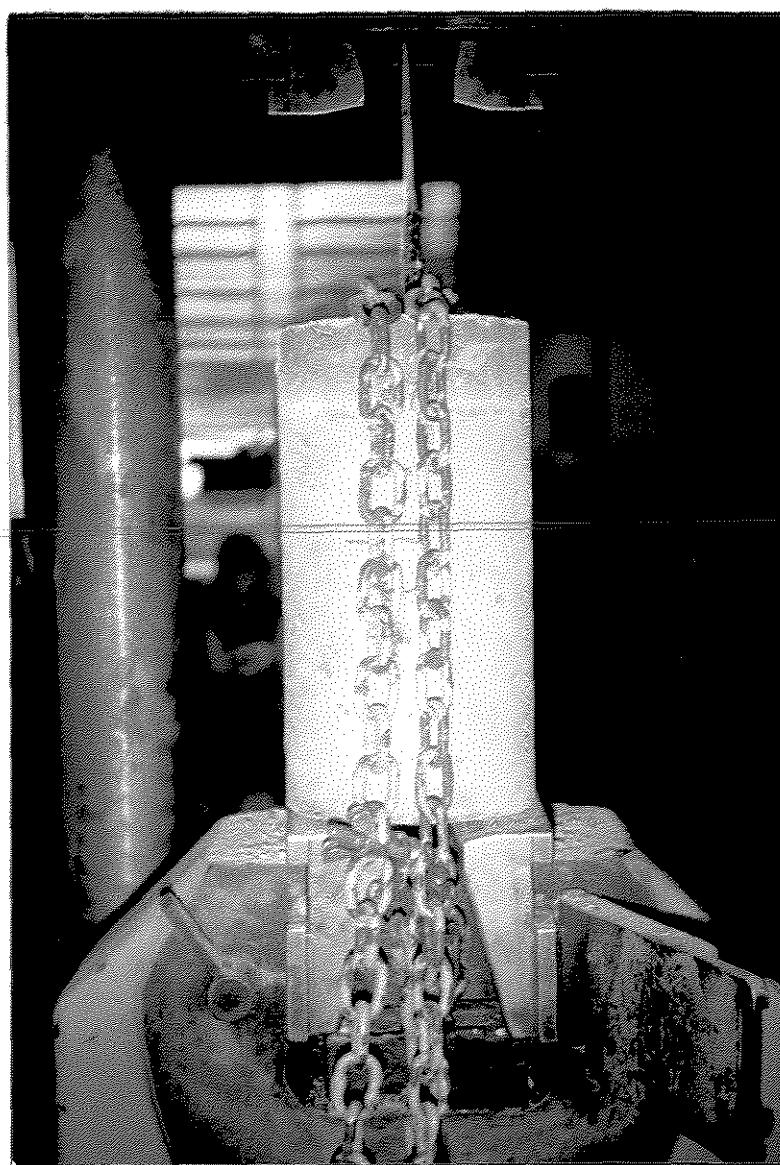


FIGURA 14.- Adaptação com correntes nos encaixes da máquina hidráulica de tração.

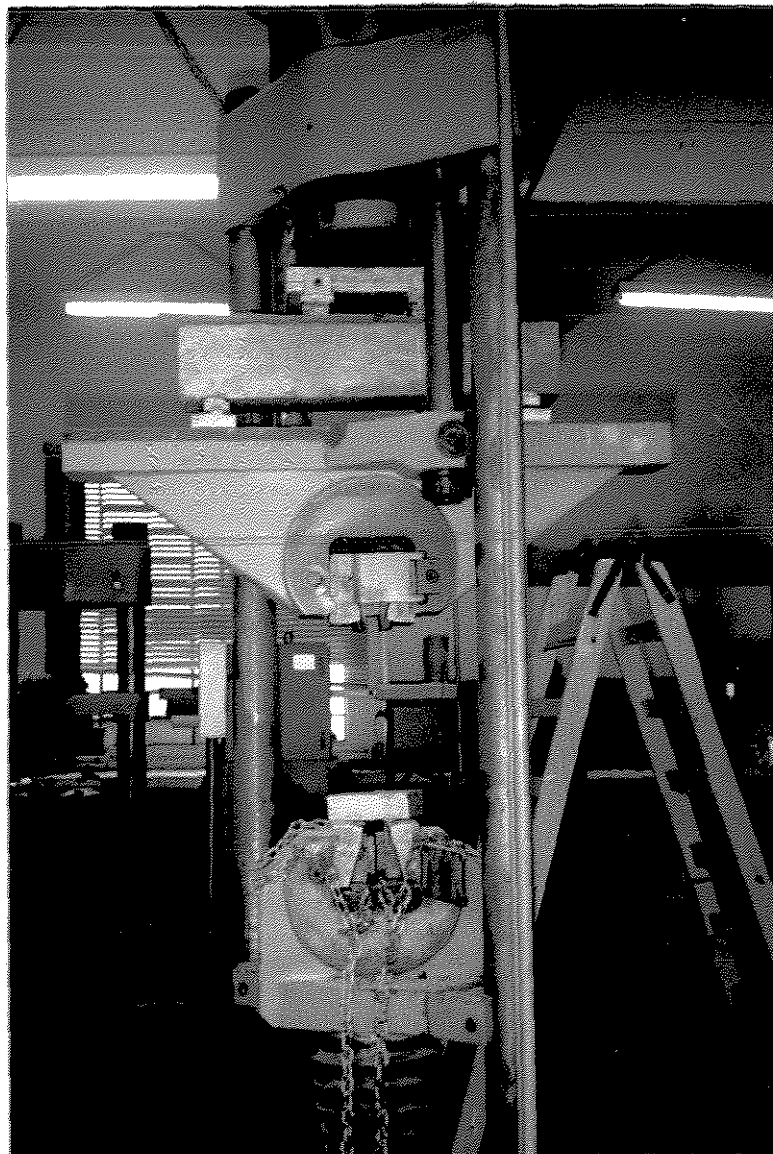


FIGURA 15.- Máquina hidráulica de tração (1º plano), e viga de prova pronta para o teste de flexão simples (1º plano ao alto). Máquina hidráulica de compressão (2º plano).

Tanto o concreto quanto os bambus utilizados para este teste, foram submetidos aos mesmos procedimentos preliminares impostos ao teste de arrancamento.

As vigas tinham seção transversal quadrada, com 15 cm de lado, e mediam 75 cm de comprimento. Estavam bi-apoiadas, com os apoios distantes 60 cm entre si, e cada um localizado a 7,5 cm de cada extremidade, como se pode observar ao alto da Figura 15 e na Figura 16.

Cada viga foi armada com 3 taliscas de bambu, distanciadas 3 cm da face inferior, as laterais distanciadas 2cm de cada extremidade e a outra, ao meio, equidistante das duas laterais. As vigas não foram estribadas para que se avaliasse apenas a contribuição do bambu à resistência a esforços de flexão simples, o que, de uma certa forma, dificultou o posicionamento da armadura durante o adensamento, na concretagem (Figura 17).

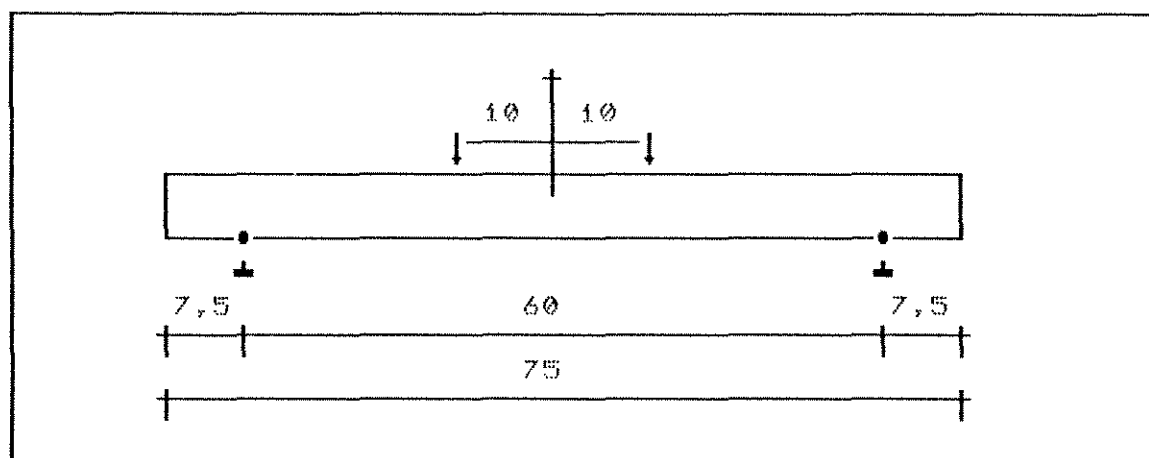


FIGURA 16. - Esquema estático do carregamento imposto às vigas de prova no teste de flexão simples (medidas em cm).

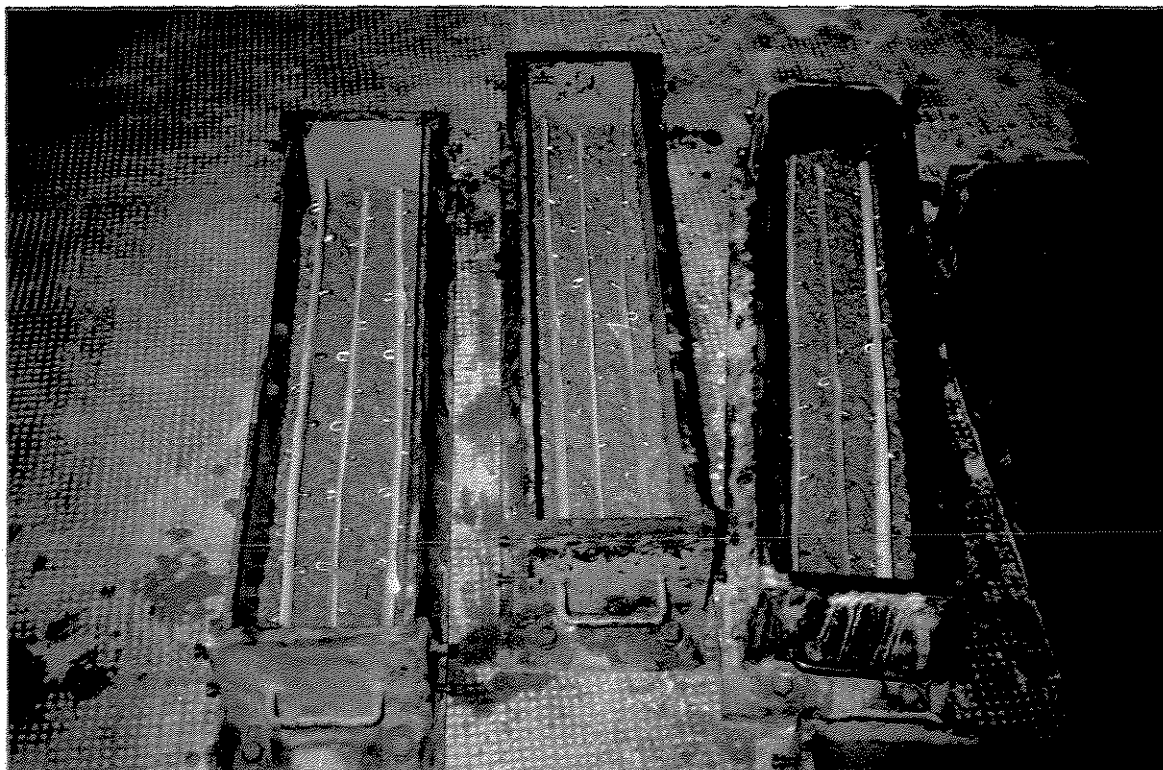


FIGURA 17.- Posicionamento das armaduras nas vigas de prova utilizadas no teste de flexão simples.

Todas as vigas foram submetidas a duas forças concentradas, localizadas a 10 cm de cada lado do meio do vão (consequentemente, distantes 20 cm entre si). O esquema estático descrito está apresentado nas Figuras 15 e 18.

O teste consistiu em aplicar uma força, através de uma máquina hidráulica de pressão (a mesma usada no teste de arrancamento, apresentada na Figura 15), sobre as vigas, até rompê-las.

Os apoios e os dispositivos de aplicação das cargas constituíram-se de semi-cilindros de aço, devidamente acoplados à máquina de tração hidráulica usada no teste como mostram as Figuras 15, ao alto, e 18.

Esses dispositivos permitiram a distribuição da carga axialmente, ao longo da largura da viga, de modo que ela pudesse girar livremente durante a flexão. As distâncias entre os apoios e entre as cargas foram mantidas constantes durante todo o ensaio.

As 15 vigas armadas foram distribuídas entre os 5 tratamentos definidos para o teste de arrancamento; desse modo, foram usadas 3 vigas para cada tratamento, sendo cada viga armada com 3 taliscas, totalizando 9 taliscas por tratamento.

Neste teste, as taliscas foram tratadas em todo seu comprimento, ou seja, 75 cm, diferentemente das usadas no teste de arrancamento, quando foram tratadas apenas na extremidade que seria encravada (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 e 16).



FIGURA 18.- Viga de prova submetida ao teste de flexão simples.

Além das 15 vigas armadas, foram rompidas mais 3 vigas sem qualquer armação, para que se pudesse comparar os valores obtidos na ruptura.

O Quadro 5 apresenta as 18 vigas numeradas e distribuídas entre os tratamentos.

QUADRO 5. - Distribuição das taliscas de bambu e identificação das vigas de bambucreto utilizadas no teste de flexão simples.

TRATAMENTOS	Numeração			
	VIGA	TALISCAS DE BAMBU		
TT - TESTEMUNHA	1	1	2	3
	2	4	5	6
	3	7	8	9
PA - PICHE COM AREIA	4	1	2	3
	5	4	5	6
	6	7	8	9
GC - GRAMPOS DE CERCA	7	1	2	3
	8	4	5	6
	9	7	8	9
AF - ARAME FARPADO	10	1	2	3
	11	4	5	6
	12	7	8	9
RC - RANHURAS NA CASCA	13	1	2	3
	14	4	5	6
	15	7	8	9
SA - SEM ARMAÇÃO	16	-	-	-
	17	-	-	-
	18	-	-	-

Desta forma,

a viga nº1 foi armada com 3 taliscas (TT), nºs 1,2,3;
a viga nº5 foi armada com 3 taliscas (PA), nºs 4,5,6;
a viga nº9 foi armada com 3 taliscas (GC), nºs 7,8,9;
... e assim por diante.

As vigas nºs 16,17,18 não foram armadas.

4. RESULTADOS

Amostras do tipo "Z" (secas ao ar livre) e amostras do tipo "X" e "Y" (respectivamente, secas em estufa e umedecidas roliças e secas em estufa e umedecidas rachadas), apresentaram os valores presentes nos Quadros 6 e 7, relativos ao teor de umidade, segundo cada região (base, meio ou ponta) do bambu, sendo os valores do Quadro 6 referentes às amostras do tipo "Z", e os do Quadro 7 às amostras dos tipos "X" e "Y", que após terem sido secas em estufa a 105°C por 72 horas, foram em seguida umedecidas em areia saturada por 8 dias.

A evolução dos valores referentes ao teor de umidade das amostras, segundo cada região da vara, encontra-se representada nas curvas apresentadas nas Figuras 19, 20 e 21.

As curvas tipo "Z" referem-se à secagem ao ar livre, enquanto que as curvas dos tipos "X" e "Y" retratam a secagem das amostras em estufa (a 105°C por 72 horas), seguida de umedecimento em areia saturada por 8 dias.

As variações volumétricas ocorridas na espessura das paredes dos corpos de prova por ocasião da secagem ou umedecimento foram anotadas e seus valores registrados logo após a colheita, após secagem em estufa a 105°C por 72 horas, e

QUADRO 6. - Teores de umidade, em porcentagem, dos corpos de prova cilíndricos de bambu submetidos a secagem ao ar livre (amostras tipo "Z").

TEOR DE UMIDADE (%) SECAGEM AO AR LIVRE - AMOSTRAS TIPO "Z"			
Período	BASE	MEIO	PONTA
Após colheita	49,01	43,22	41,72
Após 1 dia	46,85	39,51	36,78
Após 3 dias	41,57	30,35	25,41
Após 7 dias	34,18	18,40	11,90
Após 14 dias	21,32	4,87	3,58
Após 21 dias	7,64	1,57	1,95
Após 28 dias	5,53	1,83	2,35

QUADRO 7. - Teores de umidade, em porcentagem, dos corpos de prova cilíndricos de bambu submetidos a secagem em estufa a 105°C, e posterior umedecimento em areia saturada por 8 dias.

TEOR DE UMIDADE (%) AMOSTRAS TIPOS "X" e "Y" SECAGEM EM ESTUFA - UMEDECIMENTO EM AREIA SATURADA						
Período	BASE		MEIO		PONTA	
	"X"	"Y"	"X"	"Y"	"X"	"Y"
Após colheita	50,45	50,58	46,74	47,54	45,51	45,04
Após 1 dia	1,25	1,14	0,85	0,91	0,75	1,28
Após 2 dias	0,48	0,20	0,38	0,37	0,41	0,91
Após 3 dias *	-	-	-	-	-	-
Umedecimento	33,42	32,54	37,96	35,49	40,79	36,98

(*) - teores de umidade admitidos como sendo zero.

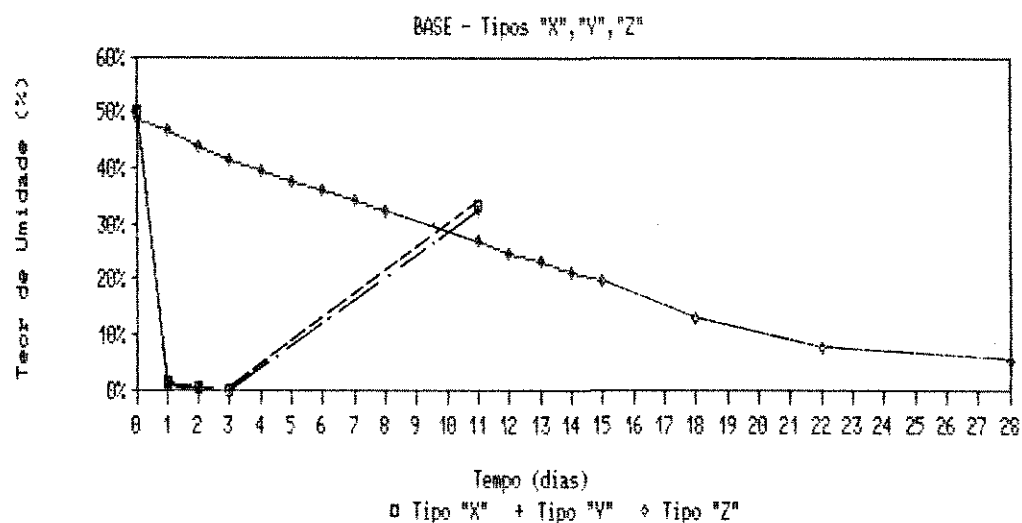


FIGURA 19.- Evolução dos valores referentes ao teor de umidade dos corpos de prova tipos "X", "Y", "Z", da "BASE" da vara.

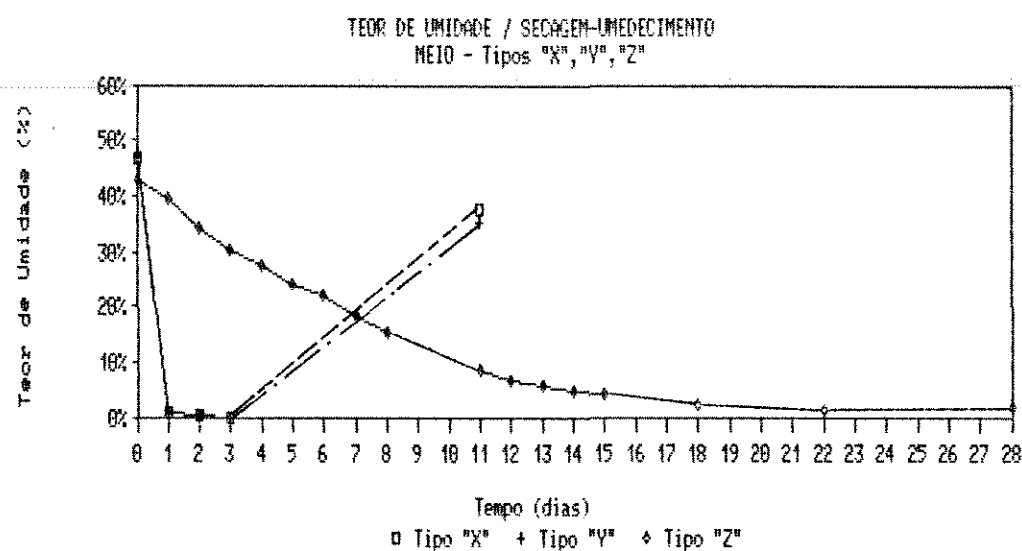


FIGURA 20.- Evolução dos valores referentes ao teor de umidade dos corpos de prova tipos "X", "Y", "Z", do "MEIO" da vara.

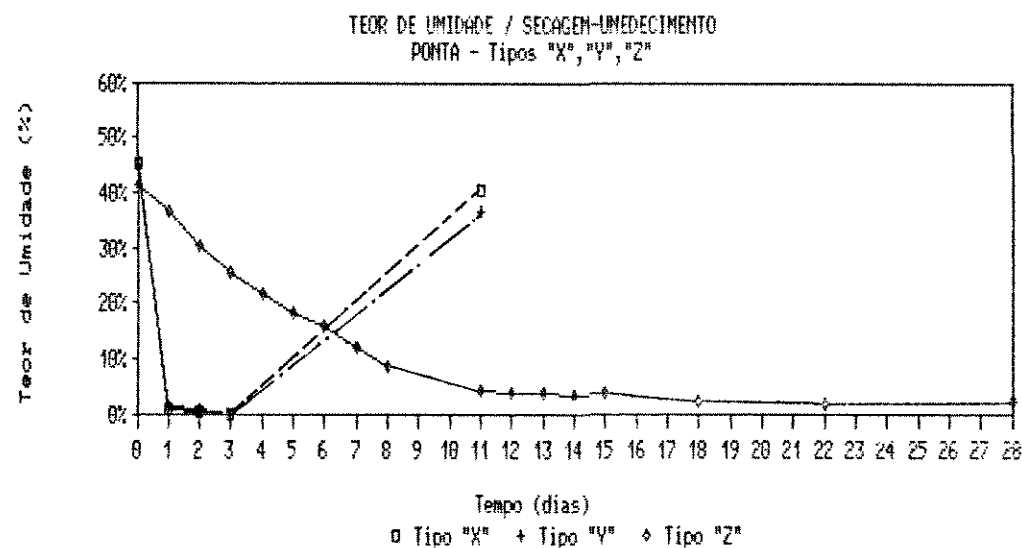


FIGURA 21.- Evolução dos valores referentes ao teor de umidade dos corpos de prova tipos "X", "Y", "Z", da "PONTA" da vara.

após umedecimento em areia saturada por 8 dias. Esses perfis representam respectivamente os dias "0", "3" e "11", que aparecem nas Figuras 19, 20 e 21.

A média dos valores das espessuras foi obtida a partir de 9 amostras, seguindo o delineamento inteiramente casualizado.

Os resultados, referentes a cada região da vara (base, meio e ponta), encontram-se nos Quadros 8, 9 e 10 para as amostras tipo "X", e nos Quadros 11, 12 e 13 para as amostras tipo "Y".

Adotando exatamente o mesmo procedimento relatado anteriormente para o caso das variações volumétricas ocorridas na espessura das paredes dos corpos de prova, foram registrados os valores referentes às variações volumétricas ocorridas nos seus diâmetros externos para cada região da vara (base, meio e ponta), estando os mesmos apresentados nos Quadros 14, 15 e 16 para as amostras tipo "X", e nos Quadros 17, 18 e 19 para as amostras tipo "Y".

As taliscas utilizadas no teste de arrancamento, após secagem ao ar livre durante o período de um mês, foram distribuídas ao acaso pelos 5 tratamentos. As áreas das seções transversais de cada talisca foram medidas com planímetro, e os valores obtidos estão expressos no Quadro 20.

Considera-se área superficial de uma talisca de bambu encravada, o valor obtido pela multiplicação do perímetro da seção transversal de cada talisca pela sua profundidade de ancoragem no concreto.

QUADRO 8. - Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "X" / "Base".

ESPESSURA (mm)					BASE - Tipo "X"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	7,84	5,96	5,96	6,52	7,84	6,52
2	7,24	5,77	5,77	6,22	7,24	6,22
3	9,09	7,63	7,63	8,11	9,09	8,11
4	6,91	5,85	5,85	6,23	6,91	6,23
5	8,51	7,20	7,20	7,49	8,51	7,49
6	7,64	5,97	5,97	6,60	7,64	6,60
7	10,66	9,47	9,47	10,07	10,66	10,07
8	9,83	8,93	8,93	9,22	9,83	9,22
9	8,11	6,99	6,99	7,71	8,11	7,71
Média	8,43 (*) 7,08		7,08	7,57	8,43	7,57
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			Após Colheita			
-			A.C.			
-			A.S.			
-			A.S.U.			
			Após Secagem			
			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 9. - Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "X" / "Meio".

ESPESSURA (mm)					MEIO - Tipo "X"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	4,30	3,62	3,62	3,91	4,30	3,91
2	4,44	3,66	3,66	4,23	4,44	4,23
3	4,96	3,99	3,99	4,61	4,96	4,61
4	4,57	3,79	3,79	4,11	4,57	4,11
5	4,43	3,66	3,66	4,06	4,43	4,06
6	5,36	4,39	4,39	4,76	5,36	4,76
7	4,93	4,37	4,37	4,71	4,93	4,71
8	4,70	4,29	4,29	4,63	4,70	4,63
9	5,63	4,97	4,97	5,36	5,63	5,36
Média	4,81 (*)	4,08	4,08	4,49	4,81	4,49
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			Após Colheita			
-			Após Secagem			
-			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 10. - Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "X" / "Ponta".

ESPESSURA (mm)					PONTA - Tipo "X"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	3,73	3,11	3,11	3,48	3,73	3,48
2	3,99	3,22	3,22	3,55	3,99	3,55
3	3,49	3,13	3,13	3,33	3,49	3,33
4	3,24	2,71	2,71	3,03	3,24	3,03
5	3,99	3,22	3,22	3,54	3,99	3,54
6	3,45	2,93	2,93	3,49	3,45	3,49
7	3,05	2,81	2,81	3,14	3,05	3,14
8	3,41	3,17	3,17	3,34	3,41	3,34
9	3,26	3,01	3,01	3,19	3,26	3,19
Média	3,51 (*)	3,03	3,03 (*)	3,34	3,51	3,34
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			Após Colheita			
-			A.S.			
-			A.S.U.			
			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 11 - Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "Y" / "Base".

ESPESSURA (mm)					BASE - Tipo "Y"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	6,59	5,23	5,23	5,61	6,59	5,61
2	7,98	6,76	6,76	7,04	7,98	7,04
3	7,85	6,04	6,04	6,60	7,85	6,60
4	6,78	5,49	5,49	5,66	6,78	5,66
5	6,67	5,44	5,44	5,64	6,67	5,64
6	7,42	6,09	6,09	6,24	7,42	6,24
7	8,03	6,86	6,86	6,94	8,03	6,94
8	7,18	6,22	6,22	6,48	7,18	6,48
9	7,27	6,24	6,24	6,54	7,27	6,54
Média	7,31 (*)	6,04	6,04	6,31	7,31 (*)	6,31
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			Após Colheita			
-			Após Secagem			
-			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 12 - Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "Y" / "Meio".

ESPESSURA (mm)					MEIO - Tipo "Y"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	5,37	4,48	4,48	4,68	5,37	4,68
2	4,97	4,11	4,11	4,22	4,97	4,22
3	4,77	4,03	4,03	4,27	4,77	4,27
4	5,06	4,29	4,29	4,56	5,06	4,56
5	4,82	3,98	3,98	4,23	4,82	4,23
6	4,29	3,59	3,59	3,91	4,29	3,91
7	5,18	4,54	4,54	4,82	5,18	4,82
8	5,39	4,74	4,74	4,97	5,39	4,97
9	5,56	4,87	4,87	5,19	5,56	5,19
Média	5,04 (*)	4,29	4,29	4,54	5,04 (*)	4,54
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :						
- A.C.			Após Colheita			
- A.S.			Após Secagem			
- A.S.U.			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 13 - Variações volumétricas da espessura das paredes externas dos corpos de prova tipo "Y" / "Ponta".

ESPESSURA (mm)					PONTA - Tipo "Y"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	3,54	3,02	3,02	3,22	3,54	3,22
2	4,48	3,91	3,91	4,06	4,48	4,06
3	4,28	3,73	3,73	3,71	4,28	3,71
4	4,09	3,51	3,51	3,71	4,09	3,71
5	3,46	3,11	3,11	3,01	3,46	3,01
6	3,77	3,26	3,26	3,30	3,77	3,30
7	3,84	3,48	3,48	3,52	3,84	3,52
8	4,22	3,89	3,89	4,12	4,22	4,12
9	4,88	4,50	4,50	4,55	4,88	4,55
Média	4,06 (*)	3,60	3,60	3,69	4,06	3,69
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			Após Colheita			
-			A.S.			
-			A.S.U.			
-			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 14. - Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "X" / "Base".

DIÂMETRO EXTERNO (mm)					BASE - Tipo "X"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	42,06	37,14	37,14	40,16	42,06	40,16
2	42,49	37,59	37,59	40,73	42,49	40,73
3	42,93	38,20	38,20	40,85	42,93	40,85
4	40,06	35,54	35,54	38,36	40,06	38,36
5	38,86	34,65	34,65	37,14	38,86	37,14
6	40,00	35,09	35,09	37,89	40,00	37,89
7	41,00	37,59	37,59	40,15	41,00	40,15
8	40,99	37,58	37,58	40,13	40,99	40,13
9	41,89	38,13	38,13	40,15	41,89	40,15
Média	41,14 (*)	36,83	36,83 (*)	39,51	41,14 (*)	39,51
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			- A.C. Após Colheita - A.S. Após Secagem - A.S.U. Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 15. - Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "X" / "Meio".

DIÂMETRO EXTERNO (mm)					MEIO - Tipo "X"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	39,69	34,93	34,93	38,26	39,69	38,26
2	41,06	36,40	36,40	39,50	41,06	39,50
3	41,84	36,68	36,68	40,19	41,84	40,19
4	38,14	33,56	33,56	36,80	38,14	36,80
5	39,29	34,73	34,73	37,64	39,29	37,64
6	39,16	34,38	34,38	37,68	39,16	37,68
7	37,35	34,85	34,85	36,88	37,35	36,88
8	36,45	34,19	34,19	36,11	36,45	36,11
9	39,63	36,51	36,51	38,58	39,63	38,58
Média	39,18 (*)	35,13	35,13 (*)	37,96	39,18	37,96
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			- A.C. Após Colheita - A.S. Após Secagem - A.S.U. Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 16. - Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "X" / "Ponta".

DIÂMETRO EXTERNO (mm)					PONTA - Tipo "X"	
Rep.	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	35,56	31,75	31,75	34,44	35,56	34,44
2	35,79	32,10	32,10	34,94	35,79	34,94
3	33,78	30,86	30,86	33,53	33,78	33,53
4	27,85	24,95	24,95	27,10	27,85	27,10
5	29,60	26,21	26,21	28,75	29,60	28,75
6	32,78	29,11	29,11	31,90	32,78	31,90
7	23,33	22,26	22,26	23,10	23,33	23,10
8	25,71	24,25	24,25	25,54	25,71	25,54
9	23,85	22,54	22,54	23,70	23,85	23,70
Média	29,80	27,12	27,12	29,22	29,80	29,22
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			Após Colheita			
-			A.S.			
-			A.S.U.			
			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 17. - Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "Y" / "Base".

DIÂMETRO EXTERNO (mm)					BASE - Tipo "Y"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	42,94	37,75	37,75	39,71	42,94	39,71
2	42,04	37,16	37,16	34,49	42,04	34,49
3	42,51	37,56	37,56	35,29	42,51	35,29
4	39,95	35,40	35,40	31,74	39,95	31,74
5	39,41	34,94	34,94	32,28	39,41	32,28
6	39,53	34,89	34,89	32,40	39,53	32,40
7	41,21	37,60	37,60	34,32	41,21	34,32
8	41,80	37,96	37,96	36,23	41,80	36,23
9	41,58	37,80	37,80	35,06	41,58	35,06
Média	41,22 (*) 36,78		36,78 (*) 34,61		41,22 (*) 34,61	
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :						
- A.C.			Após Colheita			
- A.S.			Após Secagem			
- A.S.U.			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 18. - Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "Y" / "Meio".

DIÂMETRO EXTERNO (mm)					MEIO - Tipo "Y"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	42,73	37,75	37,75	38,95	42,73	38,95
2	42,10	37,33	37,33	38,18	42,10	38,18
3	40,71	35,64	35,64	36,31	40,71	36,31
4	38,86	34,19	34,19	33,24	38,89	33,24
5	40,20	35,66	35,66	32,11	40,20	32,11
6	38,13	33,36	33,36	33,63	38,13	33,63
7	38,26	35,49	35,49	35,83	38,26	35,83
8	38,71	35,86	35,86	35,78	38,71	35,78
9	39,76	36,36	36,36	36,57	39,76	36,57
Média	39,94 (*) 35,74		35,74	35,62	39,94 (*) 35,62	
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			Após Colheita			
-			A.S.			
-			A.S.U.			
			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 19. - Variações volumétricas do diâmetro externo dos corpos de prova tipo "Y" / "Ponta".

DIÂMETRO EXTERNO (mm)					PONTA - Tipo "Y"	
Rep	Período					
	A.C.	A.S.	A.S.	A.U.	A.C.	A.S.U.
1	33,74	30,73	30,73	30,18	33,74	30,18
2	33,68	30,39	30,39	29,24	33,68	29,24
3	35,25	31,26	31,26	29,56	35,25	29,56
4	33,10	29,79	29,79	28,30	33,10	28,30
5	31,05	27,20	27,20	26,24	31,05	26,24
6	31,26	27,80	27,80	26,41	31,26	26,41
7	31,69	29,50	29,50	30,48	31,69	30,48
8	31,96	29,71	29,71	30,90	31,96	30,90
9	31,71	29,89	29,89	30,84	31,71	30,84
Média	32,60 (*) 29,58		29,58	29,13	32,60 (*) 29,13	
(*)	Médias significativamente diferentes - (N.S. = 5%)					
Legenda :			Após Colheita			
-			A.C.			
-			A.S.			
-			A.S.U.			
			Após Secagem			
			Após Secagem e Umedecimento			

QUADRO 20. - Áreas das seções transversais das taliscas de bambu encravadas em concreto.

ÁREA (cm ²)				
TRATAMENTOS	Repet	PROFUNDIDADE DE ANCORAGEM		
		10 cm	20 cm	30 cm
TESTEMUNHA	1	1,43	2,12	1,41
	2	1,69	2,09	2,67
	3	1,56	1,54	1,88
	Média	1,56	1,92	1,99
PICHE COM AREIA	1	1,91	1,62	1,83
	2	1,77	1,99	1,52
	3	1,40	1,26	1,19
	Média	1,69	1,62	1,51
GRAMPOS DE CERCA	1	1,22	2,18	1,03
	2	1,40	1,18	1,16
	3	1,23	1,11	1,20
	Média	1,29	1,49	1,13
ARAME FARPADO	1	1,36	1,33	1,33
	2	1,01	1,97	1,96
	3	1,48	1,36	1,53
	Média	1,28	1,55	1,61
RANHURAS NA CASCA	1	1,56	1,38	2,33
	2	1,63	1,28	1,31
	3	1,81	1,28	1,57
	Média	1,70	1,31	1,74

A medição, com curvímetro, do perímetro de cada talisca, se deu após a medição das respectivas áreas das seções transversais.

Os valores das áreas superficiais das taliscas de bambu encravadas e utilizadas neste teste estão expressos no Quadro 21.

Os valores obtidos para as forças de arrancamento aplicadas sobre as taliscas encontram-se apresentados no Quadro 22.

Por outro lado, os valores obtidos para as relações entre força de arrancamento e área das seções transversais, e força de arrancamento e área superficial dos diversos corpos de prova ensaiados, encontram-se respectivamente nos Quadros 23 e 24.

Por fim, os dados do teste de flexão simples encontram-se registrados no Quadro 25.

QUADRO 21. - Áreas superficiais das taliscas de bambu en-
cravadas em concreto.

ÁREA (cm ²)				
TRATAMENTOS	Repet	PROFUNDIDADE DE ANCORAGEM		
		10 cm	20 cm	30 cm
TESTEMUNHA	1	52,50	106,60	135,00
	2	55,00	110,00	172,50
	3	55,00	100,00	155,00
	Média	54,20	105,60	154,20
PICHE COM AREIA	1	55,00	101,60	150,00
	2	48,33	105,00	127,50
	3	43,33	98,33	112,50
	Média	48,90	101,70	130,00
GRAMPOS DE CERCA	1	43,33	116,60	100,00
	2	43,33	100,00	132,50
	3	42,50	100,00	112,50
	Média	43,10	105,60	115,00
ARAME FARPADO	1	52,50	93,33	135,00
	2	39,16	115,00	180,00
	3	54,16	103,30	127,50
	Média	48,60	103,90	147,50
RANHURAS NA CASCA	1	40,00	101,60	150,00
	2	40,83	96,66	127,50
	3	52,50	96,80	142,50
	Média	44,40	98,35	140,00

QUADRO 22. - Força de arrancamento aplicada sobre as talismas de bambu encravadas em concreto.

FORÇA DE ARRANCAMENTO (kN)				
TRATAMENTOS		PROFUNDIDADE DE ANCORAGEM		
		10 cm	20 cm	30 cm
TESTEMUNHA	Repetições			
	1	1,40	7,50	5,10
	2	2,90	15,60	11,60
	3	1,45	4,15	10,10
	Média	1,92	9,08	8,93
PICHE COM AREIA	1	4,00	10,90	13,70
	2	3,60	5,70	6,50
	3	2,80	7,40	8,10
	Média	3,47	8,00	9,43
GRAMPOS DE CERCA	1	4,70	12,70	8,50
	2	5,80	4,70	6,10
	3	2,60	2,70	6,50
	Média	4,37	6,70	7,03
ARAME FARPADO	1	3,15	5,10	9,35
	2	1,20	7,25	7,70
	3	4,15	4,65	2,10
	Média	2,83	5,67	6,38
RANHURAS NA CASCA	1	4,60	2,70	9,85
	2	2,00	3,00	2,90
	3	1,70	2,76	3,40
	Média	2,77	2,85	5,38

Obs.: 1 kgf " 10 N = 0,001 kN => 1kN " 100 kgf

QUADRO 23. - Relação entre força de arrancamento e área da seção transversal das taliscas de bambu encravadas em concreto.

FORÇA DE ARRANCAMENTO / ÁREA S. TRANSVERSAL (kN/cm ²)				
TRATAMENTOS	Repet	PROFUNDIDADE DE ANCORAGEM		
		10 cm	20 cm	30 cm
TESTEMUNHA	1	0,98	3,53	3,61
	2	1,72	7,47	4,35
	3	0,93	2,69	5,38
	Média	1,21	4,56	4,45
PICHE COM AREIA	1	2,09	6,72	7,47
	2	2,04	2,86	4,27
	3	2,00	5,89	6,81
	Média	2,04	5,16	6,18
GRAMPOS DE CERCA	1	3,84	5,83	8,22
	2	4,14	3,99	5,28
	3	2,07	2,43	5,42
	Média	3,35	4,08	6,31
ARAME FARPADO	1	2,32	3,82	7,01
	2	1,19	3,68	3,94
	3	2,80	3,43	1,37
	Média	2,11	3,65	4,11
RANHURAS NA CASCA	1	2,96	1,96	4,22
	2	1,22	2,35	2,21
	3	0,94	2,15	2,17
	Média	1,71	2,15	2,87

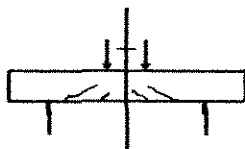
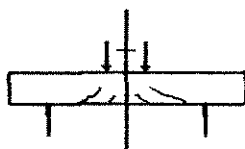
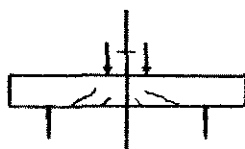
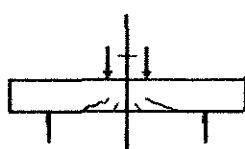
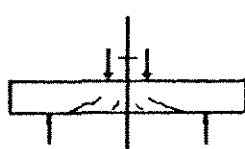
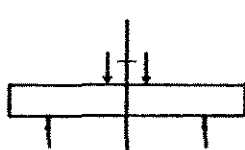
Obs.: 1 kgf ~ 10 N = 0,001 kN => 1 kN ~ 100 kgf

QUADRO 24. - Relação entre força de arrancamento e área superficial das taliscas de bambu encravadas em concreto.

FORÇA DE ARRANCAMENTO / ÁREA SUPERFICIAL (N/cm ²)				
TRATAMENTOS	Repet	PROFUNDIDADE DE ANCORAGEM		
		10 cm	20 cm	30 cm
TESTEMUNHA	1	26,7	70,3	37,8
	2	52,7	141,8	67,2
	3	26,4	41,5	65,2
	Média	35,3	84,5	56,7
PICHE COM AREIA	1	72,7	107,2	91,3
	2	74,5	54,3	51,0
	3	64,6	75,3	72,0
	Média	70,6	78,9	71,4
GRAMPOS DE CERCA	1	108,5	108,9	85,0
	2	133,8	47,0	46,0
	3	61,2	27,0	57,8
	Média	101,2	61,0	62,9
ARAME FARPADO	1	60,0	54,6	69,3
	2	30,6	63,0	42,8
	3	76,6	45,0	16,5
	Média	55,8	54,2	42,8
RANHURAS NA CASCA	1	115,0	26,6	65,7
	2	49,0	31,0	22,7
	3	32,4	28,5	23,9
	Média	65,5	28,7	37,4

Obs.: 1 kgf ~ 10 N

QUADRO 25. - Resultados obtidos no teste de flexão simples.

V I G A	Área de Bambu (%)	RUPTURA			
		Carga (kN)	Momento (kN/cm ²)	Módulo (N/cm ²)	Configuração da Viga
TT 1	2,27	17,20	172,00	305,8	
TT 2	2,16	19,80	198,00	352,0	
TT 3	2,30	19,00	190,00	337,8	
Média	2,24	18,67	186,67	331,9	
PA 4	2,05	23,40	234,00	416,0	
PA 5	2,60	23,85	238,50	424,0	
PA 6	2,49	26,00	260,00	462,2	
Média	2,38	24,42	244,17	434,1	
GC 7	2,68	25,00	250,00	444,4	
GC 8	1,81	21,00	210,00	373,3	
GC 9	2,68	21,00	210,00	373,3	
Média	2,39	22,33	223,33	397,0	
AF 10	2,72	37,25	372,50	662,2	
AF 11	2,57	50,15	501,50	891,6	
AF 12	2,90	49,25	492,50	875,6	
Média	2,73	45,55	455,50	809,8	
RC 13	2,22	25,00	250,00	444,4	
RC 14	2,24	22,40	224,00	398,2	
RC 15	2,51	20,70	207,00	368,0	
Média	2,32	22,70	227,00	403,6	
SA 16	-	18,00	180,00	320,0	
SA 17	-	15,80	158,00	280,9	
SA 18	-	16,00	160,00	284,4	
Média	-	16,60	166,00	295,1	

Obs.: 1 kgf ~ 10 N = 0,001 kN => 1kN ~ 100 kgf

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO

Os dados fornecidos pelos testes de arrancamento e de flexão, e aqueles obtidos a partir do estudo das variações volumétricas sofridas pelo bambu, quando submetido a processos de secagem e umedecimento, devem ser considerados levando-se em conta os procedimentos descritos no capítulo 3, principalmente no que se refere à fixação das variáveis envolvidas, como a espécie do bambu, as condições de colheita (climáticas e agronômicas), e os pré-tratamentos realizados.

5.1. - CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DAS VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS SOFRIDAS PELO BAMBU

Para se avaliarem as variações volumétricas sofridas pelo bambu, foram feitos os acompanhamentos de 3 características físicas a elas associadas: o teor de umidade durante a secagem e após o umedecimento, a espessura e o diâmetro externo, após a colheita, após secagem em estufa a 105°C por 72 horas, e após umedecimento em areia saturada por 9 dias.

Os valores dos teores de umidade para cada região (base, meio ou ponta) de corpos de prova de bambu, apresentados nos Quadros 6 e 7, foram obtidos considerando-se a média de 9 cilindros de cada região. Observa-se que as regiões menos úmidas do bambu (meio e ponta) apresentaram baixos teores de umidade após 20 dias de secagem, enquanto que a base necessitou de pelo menos 1 mês, para alcançar os mesmos níveis de umidade.

Baseado nessa observação, fixou-se em 1 mês o tempo de secagem ao ar livre para as taliscas usadas nos testes de arrancamento e de flexão.

A variação do teor de umidade das amostras menos úmidas é maior que a das amostras mais úmidas.

As curvas que representam as amostras tipo "Z" (Figuras 19, 20 e 21) são exponenciais, e indicam que o teor de umidade das regiões menos úmidas (meio e ponta) estabiliza-se a valores próximos de zero entre 15 a 20 dias de secagem ao ar livre, enquanto que os cilindros da base das varas necessitam de pelo menos 1 mês para alcançar resultados comparáveis.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que o bambu realmente é susceptível a processos de umedecimento e secagem, sofrendo variações volumétricas em maior ou menor grau, conforme seu teor de umidade.

Corpos de prova secos em estufa a 105°C apresentaram uma redução significativa (Nível de Significância Estatística = 5%) nas dimensões da espessura de suas paredes externas, bem como nas de seus diâmetros externos.

Corpos de prova umedecidos em areia saturada por 8 dias, após secagem em estufa, não apresentaram um aumento significativo na espessura de suas paredes externas (com exceção daqueles do tipo "X", tomados na região da "Ponta").

Corpos de prova tipo "Y" (umedecidos rachados), não apresentaram aumento de diâmetro externo após umedecimento.

Pode-se dizer, com base nos resultados acima declinados que, após uma secagem bem feita, ocorre uma redução significativa (N.S. = 5%) nos valores de espessura e diâmetro externo de taliscas de bambu. Por outro lado, o aumento desses valores não é significativo após submeterem-se as taliscas de bambu a um processo de umedecimento (como, por exemplo, durante a cura do concreto), reforçando a recomendação de se usar o bambu, como reforço ao concreto, em forma de taliscas.

Corpos de prova rachados ao meio, colocados em areia saturada por 8 dias, não apresentaram aumento significativo da espessura de suas paredes externas. Porém, apresentaram-se deformados, de tal modo que a largura dos colmos rachados (depois do umedecimento), não apresentou o mesmo valor do diâmetro do colmo original inteiro (antes do umedecimento), o que era de se esperar, caso não houvesse qualquer variação volumétrica.

5.2. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DOS TRATAMENTOS APLICADOS

Quanto aos efeitos dos tratamentos aplicados pode-se dizer que os que apresentaram melhores resultados foram: "Piche com Areia" e "Grampos de Cerca" com relação ao teste de arrancamento; "Arame Farpado" e "Piche com Areia", no teste de flexão simples.

É possível que a disposição do arame farpado (esticado e pregado ao longo das duas faces de cada talisca), tenha contribuído para o aumento da resistência à tração das vigas armadas com o referido tratamento.

Isso pode explicar a diferença, altamente significativa, entre as médias dos módulos de ruptura obtidos para o tratamento "Arame Farpado" e as obtidas para os demais tratamentos.

O tratamento "Piche com Areia" proporcionou bons resultados, tanto no teste de arrancamento como no de flexão simples, constituindo-se, assim, numa interessante opção de tratamento a ser considerada pelo usuário.

O tratamento "Grampos de Cerca" apresentou bons resultados no teste de arrancamento, apesar de algumas taliscas terem se arreventado por esgarçamento de suas fibras no arrancamento; esse fato ocorreu com todas as taliscas tratadas com "Arame Farpado".

Tanto o grampo de cerca quanto o arame farpado desenvolvem excelente aderência com o concreto. Isso faz com que as taliscas, ao serem "arrancadas" dos corpos de prova, tenham suas fibras arrebitadas pelo arame farpado ou rasgadas pelos grampos de cerca aderidos ao concreto, provocando sua ruptura durante o arrancamento.

O tratamento "Ranhuras na Casca" apresentou resultados semelhantes ao tratamento "Testemunha" (taliscas sem qualquer tratamento), não se recomendando a confecção de ranhuras na casca de taliscas a serem usadas no bambucreto, sendo preferível usá-las sem qualquer tratamento físico.

O uso de taliscas sem qualquer tratamento não deve ser preterido de imediato. Em muitos casos, pode apresentar vantagens, principalmente se levar-se em conta a facilidade de manuseio proporcionada ao usuário, eliminando os processos de confecção artesanal presentes nos demais tratamentos.

Essa vantagem torna-se ainda mais interessante na medida em que se pretenda usar um número grande de taliscas, como armação, em peças de concreto.

5.3. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO TESTE DE ARRANCAMENTO

Os dados fornecidos por este teste permitem a comparação entre 5 tratamentos físicos realizados sobre taliscas de bambu encravadas em concreto, com relação ao aumento de aderência.

As médias das áreas das seções transversais das taliscas de bambu utilizadas neste teste, apresentadas no Quadro 20, encontram-se entre o intervalo de 1,13 e 1,99 cm².

Essas médias, submetidas a uma análise estatística, não se mostraram significativamente diferentes entre si, seja quanto à distribuição pelos tratamentos, seja quanto à distribuição pelas profundidades de ancoragem, significando, na prática, que a distribuição, ao acaso, das taliscas pelos tratamentos, foi adequada.

O delineamento estatístico utilizado, neste e nos demais casos, foi o de "blocos casualizados", com nível de significância de 5%. A comparação entre as médias foi feita através do "teste de Tukey".

Com relação às áreas superficiais das taliscas de bambu encravadas, registradas no Quadro 21, é importante observar que tais áreas representam as áreas de contato entre o bambu e o concreto, região onde se desenvolverá a força de atrito que poderá conferir maior ou menor aderência entre os materiais intimamente relacionados.

As médias das áreas superficiais das taliscas de bambu utilizadas neste teste, encontram-se dentro do intervalo de 43,10 a 154,20 cm².

Obviamente, a média das áreas superficiais das taliscas engastadas a 10 cm de profundidade é significativamente menor que a das taliscas engastadas a 20 cm, e, ambas são significativamente menores que a das taliscas engastadas a 30 cm.

A aplicação da força de tração (ou força de arrancamento) sobre as taliscas, fez com que elas fossem arrancadas dos corpos de prova de concreto.

Em alguns casos as taliscas se romperam antes mesmo de serem totalmente arrancadas, como foi o caso dos corpos de prova tratados com arame farpado e alguns outros dos demais tratamentos.

A explicação para isto, está no fato das taliscas esgarçarem-se durante o processo de arrancamento, tracionando-se as fibras até o rompimento das taliscas.

A comparação estatística das médias das forças obtidas para cada tratamento (Quadro 22), segundo a profundidade de engastamento da talisca, sem levar em conta suas áreas superficiais nem as áreas das seções transversais de cada uma, mostra que não há diferenças significativas entre as médias das forças de arrancamento aplicadas sobre os 5 tratamentos.

As médias das forças aplicadas variaram apenas em função da profundidade de ancoragem da talisca. Taliscas engastadas a 20 ou a 30 cm, requereram, para o arrancamento do concreto, uma força maior que taliscas engastadas a 10 cm, porém não há diferenças significativas entre as profundidades de 20 e 30 cm de ancoragem.

Ao considerar-se, contudo, a relação entre força de arrancamento e área da seção transversal da talisca de bambu encravada (Quadro 23), pode-se dizer que os tratamentos que proporcionaram os melhores resultados foram os "Grampos de Cerca" e "Piche com Areia".

A aderência entre dois materiais quaisquer, está sempre, de alguma forma, relacionada com a superfície de contato entre eles.

A aplicação de uma força de arrancamento sobre uma talisca encravada proporcionará, como reação, uma força de atrito entre esta talisca e o concreto. Esta força de atrito será tanto maior quanto maior for a superfície de contato entre os materiais, ou seja, quanto maior a área superficial da talisca.

As médias das relações entre força de arrancamento e área superficial das taliscas não apresentam diferenças estatisticamente significativas, seja quanto aos tratamentos empregados, seja quanto à profundidade de ancoragem das taliscas.

5.4. CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO TESTE DE FLEXÃO SIMPLES

Os dados fornecidos por este teste permitem comparar, sob o aspecto de aumento de resistência à tração na flexão, os 5 tratamentos em que taliscas de bambu foram usadas como armadura em vigas de concreto, sendo possível avaliar se o aumento de resistência, com a inclusão das armaduras de bambu, é significativo, em comparação com vigas de concreto sem qualquer armadura.

O módulo de ruptura, parâmetro de avaliação da resistência à tração na flexão, é definido por:

$$r_f = 1,5 \times \frac{P \times (L - L_1)}{b \times h^2}$$

onde: r_f = Módulo de Ruptura

P = Carga de ruptura

L = Largura do vão entre os apoios

L_1 = Distância entre as duas cargas concentradas

b = Base da seção transversal da viga

h = Altura da seção transversal da viga

A porcentagem de armadura, em relação à seção transversal das vigas de concreto, variou entre 1,81% e 2,90%, com as médias, por tratamento, variando entre 2,24% e 2,73%, estatisticamente iguais entre si.

O tratamento que proporcionou os melhores resultados neste teste foi o "Arame Farpado", no qual a carga máxima de ruptura chegou a 50,15 kN, com média de 45,55 kN (momento fletor de 455,50 kN/cm²).

O módulo de ruptura obtido para este tratamento foi muito superior aos obtidos para os demais, variando entre 662,2 N/cm² e 891,6 N/cm², com média de 809,8 N/cm².

O tratamento "Piche com Areia" também apresentou bons resultados, com uma média, para a carga de ruptura, de 24,42 kN e, para o módulo de ruptura, de 434,1 N/cm².

Os demais tratamentos apresentaram resultados próximos a este. Vigas "SA" (sem armação) apresentaram uma média de 16,6 kN para a carga de ruptura, e 295,1 N/cm² para o módulo de ruptura.

O teste de flexão comprovou o acréscimo de resistência proporcionado por taliscas de bambu, quando usadas como reforço ao concreto.

O fato de ter-se optado pela armação, com taliscas, sem o estribamento das vigas de prova, criou algumas limitações ao teste, devido ao fato das taliscas terem se movimentado, durante o adensamento, na concretagem.

Essas movimentações, ainda que pequenas, não puderam ser controladas. Verificou-se, posteriormente, que em algumas vigas, as taliscas se encontravam fora do lugar inicialmente pretendido, porém, nenhuma delas próxima da linha neutra da seção transversal da peça.

5.5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se afirmar que a utilização do bambu como reforço ao concreto pode ser viável nas construções rurais, desde que em peças que não desempenhem uma função vital no esquema da estrutura.

Peças que não sejam muito solicitadas, como painéis de concreto, mourões de cerca, estacas-guias (utilizadas no sistema construtivo de paredes monolíticas de solo-cimento), etc, podem ser confeccionadas com armação de bambu e constituírem-se em excelente opção para proprietários rurais.

Para a utilização do bambu, como reforço ao concreto, recomenda-se que se faça uma cuidadosa secagem, com o objetivo de minorar as variações volumétricas a que ele está sujeito durante o período de cura do concreto.

Recomenda-se pelo menos um mês de secagem ao ar livre, após o pré-tratamento por imersão em água fervente, visando diminuir a concentração de açúcares e amido das taliscas (ou varas) de bambu.

A possibilidade de se utilizar mais de um tratamento, na armação de uma só peça, não foi abordada neste trabalho; contudo, pode-se pensar na utilização de tratamentos mistos.

A armação de lajes ou painéis de bambucreto, por exemplo, poderia ser feita de forma tal que, na confecção da malha, algumas taliscas fossem tratadas com "Arame Farpado", ou "Piche com Areia", e outras não.

Outra solução intermediária poderia ser testada na armação de estacas-guias e mourões de cerca. Nesse caso, partes do bambu seriam tratadas e outras não.

Os tratamentos não seriam feitos necessariamente ao longo de toda a talisca, nem em todas as taliscas.

O uso do bambucreto pode ser viável para as pequenas construções rurais, sendo necessário que se incremente as investigações sobre o assunto. Para isso, é importante que se desperte o interesse dos técnicos e pesquisadores da área, das instituições de pesquisa e de fomento à pesquisa, e dos eventuais usuários, através de um trabalho de extensão e divulgação técnica.

O uso do bambu na construção civil é prática milenar no oriente. Ao resgatarmos técnicas como esta, e outras tantas, e melhorá-las com o uso da tecnologia contemporânea, pode-se obter resultados muito interessantes, na medida em que se consiga construir a custos menores, com materiais enraizados à cultura dos povos, habitações e instalações que enriqueçam a humanidade, fortalecendo sua identidade.

Não se deve criar polêmicas confrontando o uso de materiais e técnicas alternativas de construção com o uso de materiais e técnicas ligadas à industrialização da construção civil, principalmente porque, com o enorme déficit habitacional existente no mundo, todas as técnicas de construção devem ser consideradas como aliadas no combate à falta de moradias. Em segundo lugar, porque a utilização de materiais e técnicas alternativas de construção, que na maior parte das vezes remete à uma construção artesanal, tendo em vista os processos manuais envolvidos, não se coloca em contraposição às técnicas de construção industrializadas e sim como uma alternativa a elas.

Por fim, o estudo nesta área pode levar muitos materiais alternativos, hoje associados a técnicas artesanais de construção, a se transformarem em opções tecnológicas capazes de responder a uma grande demanda por construções, que caracteriza nossa sociedade atual.

Para tanto, é necessário que métodos racionais sejam desenvolvidos, à semelhança daqueles tradicionalmente usados na construção industrializada.

Isso tudo vem mostrar que a área de materiais e técnicas alternativas de construção deve ser cada vez mais estimulada, para que a sociedade, como um todo, possa dela beneficiar-se.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi realizado, os dados obtidos, analisados e interpretados estatisticamente, permitiram que se chegasse às seguintes conclusões:

- após 24 horas em estufa a 105°C, corpos de prova cilíndricos de bambu não atingiram o teor de umidade zero, chegando porém a valores bem próximos;

- o bambu sofre variações volumétricas quando submetido a processos de secagem e umedecimento, reduzindo significamente seu diâmetro externo e a espessura de suas paredes externas após a secagem, independentemente da região da vara que se considere;

- taliscas de bambu, engastadas a 20 e a 30 cm de profundidade, desenvolveram maior aderência do que aquelas engastadas a 10 cm, porém, não apresentaram diferenças significativas entre si, independentemente dos tratamentos aplicados sobre elas;

- ao se considerar a relação entre força de arrancamento e área superficial das taliscas de bambu encravadas, observou-se que os tratamentos, sob o ponto de vista do aumento de aderência, não apresentaram resultados significativamente diferentes entre si, independentemente do tratamento aplicado ou da profundidade de ancoragem considerada;

- vigas armadas com taliscas de bambu tratadas com arame farpado desenvolveram uma resistência à flexão simples significativamente maior que vigas sem qualquer armação, ou armadas com taliscas submetidas a quaisquer dos demais tratamentos testados;

- vigas armadas com taliscas tratadas com piche e areia desenvolveram uma resistência à flexão simples significativamente maior que vigas sem qualquer armação, ou armadas com taliscas submetidas aos demais tratamentos testados, com exceção do tratamento com arame farpado;

- vigas armadas com bambu, ao se romperem apresentaram fissuras na região mais solicitada pelo carregamento, ao contrário das vigas sem qualquer armação, que se romperam sem qualquer aviso.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZIZ, M.A.; PARAMASIVAM, P.; LEE, S.L. Natural fibre reinforced concretes in low-cost housing construction. The Journal of Ferrocement, Singapore, 17(3):231-40, jul. 1987.

_____, _____, _____. Prospects for natural fibre reinforced concretes in construction. The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, Singapore, 3(2):123-32, may. 1981.

AZZINI, A. & SALGADO, A.L.B.. Possibilidades agrícolas e industriais do bambu. O Agrônomo, Campinas, 33:61-80, 1981.

_____ et al. Avaliação quantitativa da massa fibrosa e vazios em colmos de bambu. Bragantia, Campinas, 49(1):141-6, 1990.

BOLETIM DA DIRETORIA DE OBRAS PÚBLICAS DE SÃO PAULO. Ensaio sobre o emprego do bambu em construções de concreto (extraído da revista "Der Bauingenieur" nº 24, jan. 1936). São Paulo, Bol. 4., p.34-50, jul. 1938.

CEPED, Bahia. Manual de Construção com solo-cimento. ABCP, São Paulo, 3. ed. atual., 147p. il., 1984.

CEPED, Bahia. Utilização de fibras vegetais no fibro-cimento e no concreto-fibra. BNH/DEPEA, 72p. il., Rio de Janeiro, 1982.

CHEMBI, A. & NIMITYONGSKUL, P. A bamboo reinforced cement water tank. Journal of Ferrocemnt, Tailândia 19(1):11-7 Jan. 1989.

CONCRETE AND CONSTRUCTIONAL ENGINEERING. Substitutes for steel reinforcement. Londres 36(3):109-17, mar. 1941.

CONCRETE AND CONSTRUCTIONAL ENGINEERING. Bamboo reinforcement. Londres, v(n):383-5, dec.1951.

FARRELY, David. The book of bamboo. Sierra Club Books, 332 p. il., São Francisco, E.U.A.. 1984.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. La Guadua, un regalo de la natureza. Colômbia, Bol. 72, 34 p.il., ago. 1990.

FERRÃO Nto., V.A.A. Assistência técnica: sua importância estratégica no aumento da produtividade global da agricultura e no controle da qualidade de seus produtos. Revista da ADEALQ, Piracicaba, SP, v(4):48-54, 1986.

GEYMAYER, H.G. & COX, F.B. Bamboo reinforced concrete.

Journal of the American Concrete Institute, Estados Unidos, 67(10):841-6, oct. 1970.

— GHAVAMI, K. & VAN HOMBEECK, R. Application of bamboo as a construction material. Proceeding of the Latin American Symposium Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing. São Paulo, v.1, p. 49-66, oct. 1981.

..... GLENN, H.E. Bamboo reinforcement of portland cement concrete structures. Clemson College Engineering Experiment Station. Clemson, Estados Unidos, Bul.4., p.123-7, may 1950.

GLEISINGER, Egon. A próxima era da madeira. (Título original: **The coming age of wood**. Londres, 1950.) Editorial Grijalbo Ltda., São Paulo, 265 p. il., 1968.

HIDALGO LOPEZ, O. Bambu: su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía. Estudios Tecnicos Colombianos Ltda, 318 p. il., Cali, Colômbia. 1974.

———. Nuevas técnicas de construcción con bambu. Estudios Tecnicos Colombianos, 137 p. il., Bogotá, Colômbia. 1978.

_____. Manual de construcción con bambu, Construcción Rural-I. Estudios Tecnicos Colombianos, 77 p. il., Bogotá, Colômbia. 1981.

KALITA, U.C.; KHAZANCHI, A.C.; THYAGARAJAN, G. Bamboocrete low-cost houses for the masses. Indian Concrete Journal, india v(n):309-12, oct. 1977.

KANCHANAWONG, S. & KONGANAN, S. Bamboo-cement boat.
Journal of Ferrocement, Tailândia 18(1):13-6, jan. 1988.

KOWALSKI, T.G. Bamboo-reinforced concrete. Indian Concrete Journal, Hong Kong 48(4):119-21, 1974.

KURIAN, N.P. & KALAM, A.K.A.. Bamboo-reinforced soil-cement for rural use. Indian Concrete Journal, 51:382-9. 1977.

MANSUR, M.A. & AZIZ, M.A. Study of bamboo-mesh reinforced cement composites. The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, Singapore, 5(3):165-71, aug. 1983.

MEHRA, S.R.; UPPAL, H.L.; CHADDA, L.R. Some preliminary investigations of bamboo for reinforcing concrete. Indian Concrete Journal, india v(n):20-1, jan. 1951.

SONDY, L. O bambu como estrutura e o seu aproveitamento no Brasil. Concreto, s.l. 35(6):51-2, 1940.

TANKRUSH, S. Bamboo-cement water tank - a solution to water shortage problem in Thailand. Journal of Ferrocement, Thailand, 11(3):255-8, Jul.1981.

VENKATACHARI, A.R. et al. Bamboo as substitute for steel in reinforced concrete works. Indian Concrete Journal, Madras v(n):126-8, may 1952.

VENKATESHWARLU, D. & RAJ, V. Development of bamboo based ferrocement roofing elements for low cost housing. Journal of Ferrocement, India, 19(4):331-7, oct. 1989.

WINARTO. Rainwater collection tanks constructed on self-help basis. Journal of Ferrocement, Indonésia 11(3):247-54, July 1981.

E.G.R.. Concreto de cimento Portland. Editora
103 ed., 307 p., il., Rio de Janeiro, RJ. 1983.

H.S.; AHUJA, B.M.; KRISHNAMOORTHY, S. Behaviour
rete reinforced with jute, coir and bamboo fibres.
International Journal of Cement Composites and
ight Concrete, India 5(1):3-13, feb. 1983.

A.L.B.; CIARAMELLO, D.; AZZINI, A. Bambu como
estrutural em moirões de cerca. O Agrônomo,
s, SP, 38(2):127-37, 1986.

Uso estrutural do bambu. Brasília, 1985. 27p.
ra proferida na Universidade de Brasília,
rafada).

& AZZINI, A. Bambu. In: CAMPINAS, Instituto
ico. Instruções Agrícolas para o Estado de São
2.ed. Campinas, IAC, 1982. (Boletim, 200).

& ———. Bambu: cultura e utilização.
s, Instituto Agrônomo, Seção de Plantas
s, 1983. 4p. (Mimeografado).

& CIARAMELLO, D. Bambu, cultura e utilização.
s, Instituto Agrônomo, 1985. 6p. (Folder).

SONDY, L. O bambu como estrutura e o seu aproveitamento no Brasil. Concreto, s.l. 35(6):51-2, 1940.

TANKRUSH, S. Bamboo-cement water tank - a solution to water shortage problem in Thailand. Journal of Ferrocement, Thailand, 11(3):255-8, Jul.1981.

VENKATACHARI, A.R. et al. Bamboo as substitute for steel in reinforced concrete works. Indian Concrete Journal, Madras v(n):126-8, may 1952.

VENKATESHWARLU, D. & RAJ, V. Development of bamboo based ferrocement roofing elements for low cost housing. Journal of Ferrocement, India, 19(4):331-7, oct. 1989.

WINARTO. Rainwater collection tanks constructed on self-help basis. Journal of Ferrocement, Indonésia 11(3):247-54, July 1981.