

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO BAMBU NA CONSTRUÇÃO UTILIZANDO REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Zaira Postal Tirelli¹

1 – RESUMO O bambu possui alto desempenho sustentável, físico e mecânico para ser aplicado na construção civil. Ele pode ser cultivado em qualquer tipo de solo e com altitudes que variam do nível do mar até quatro mil metros. Fato, este, que possibilita geração de renda em comunidades carentes. Para atingir seu máximo desempenho, alguns cuidados devem ser tomados com a colheita, cura, secagem, tratamento, as dificuldades de aderência com outros materiais e de efetuar ligações.

Palavras chaves: Bambu, desempenho, sustentabilidade.

EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE BAMBOO IN THE CONSTRUCTION USING BIBLIOGRAPHICAL REVISION

1 – ABSTRACT: the bamboo has high sustainable, physical and mechanical performance to be applied in the civil construction. It can be cultivated in any type of ground and with altitudes that vary of the level of the sea up to four a thousand meters. Fact this that makes possible generation of income in devoid communities. To reach its maximum performance some cares must be taken with the harvest, cure, drying, treatment, the difficulties of tack with other materials and to effect linkings.

Words keys: Bamboo, performance, sustainable.

2 – INTRODUÇÃO –Bambu é o nome que se dá às plantas da subfamília Bambusoideae, da família das gramíneas (Poaceae ou Gramineae). Essa sub-família se subdivide em duas tribos, a Bambuseae (os bambus chamados de lenhosos) e a Olyrae (os bambus chamados herbáceos). É um material eco sustentável, ou seja, ecologicamente correto, pois possui facilidade de cultivo, manejo e produção de insumos. Bem como possibilita a diminuição considerável com gastos de energia. Além disso, possibilita, em áreas degradadas, a recuperação de solos, contenção da erosão e aumento da umidade relativa do ar onde for plantado, dando suporte ao crescimento das espécies nativas. A partir de alguns ensaios, não padronizados, pode-se estimar resistência à compressão, à tração, flexão e cisalhamento. Os resultados dos ensaios são influenciados pela espécie, Idade, tipo de solo, condições climáticas, época da colheita, corte, teor de umidade da amostra, cura e secagem. Portanto, este artigo tem por objetivo, a partir de uma revisão bibliográfica, avaliar o desempenho do bambu na construção sob o ponto de vista da sustentabilidade, desempenho estrutural e as possibilidades de associação com outros materiais.

3 – SUSTENTABILIDADE -Pode-se se dizer que o bambu é uma planta que segue os requisitos de material sustentável, entre tantos, por 5 motivos:

3.1– É UMA CULTURA NATIVA – O Brasil possui em torno de 250 espécies nativas. Enquanto que, no mundo, as opiniões variam muito porque novas espécies e variedades são acrescentadas ano a ano, calcula-se que existam cerca de 1250 espécies, espalhadas entre 90 gêneros, presentes de forma nativa em todos os continentes menos na Europa. Habitam uma alta gama de condições climáticas (zonas tropicais e temperadas) e topográficas (do nível do mar até acima de 4000 ms).

O bambu é a planta de maior crescimento na terra. Em pesquisa, chegou-se ao maior recorde aos arredores de kioto com o *Phyllostachys bambusoides* (Ueda, apud Lopez, 1974) que mede 121 cm em 24h com diâmetro de 12 cm de colmo. No Brasil o

Dendrocalamus giganteus com 39 cm em 24h com 14 cm de diâmetro basal (PUC – RJ / 03/1995), (Lopez e Azzin et al, 1969).

Com período de crescimento máximo:

Leptomorfo – 30 a 60 dias

Paquimorfo – 80 a 180 dias (Lopez, 1974).

80 a 110 dias (Nomuia et al, 1986).

20 a 100 dias (Liese, 1987)

Pode crescer até 30m de altura, a partir daí amadurecem entre três e seis anos, atingindo seu máximo de resistência, interferindo a época do ano e condições climáticas de quando foi colhido. Como espécie vegetal que cresce de forma rápida, ele tem alto poder de seqüestro de carbono (CO₂) e reflorestamento de áreas devastadas.

No equador, na Colômbia e na costa rica, os bambus servem como matéria prima para a construção de casas para população carente.

3.2 -PROMOVE GERAÇÃO DE RENDA - O Bambu Viabiliza, com o plantio, também o incremento de renda nas comunidades onde for produzido, pois apresenta subprodutos com interesse comercial, que vão desde alimentos, vestuário até moradias. No equador, na Colômbia e na costa rica, os bambus servem como matéria prima para a construção de casas para população carente.

3.3 – POSSUI TECNOLOGIA ACESSÍVEL – O bambu serve para muitas utilidades na construção. É usado na estruturação como coluna, vigas e lastros. Serve como telha, forro e maçaneta. É adequado para determinados encanamentos de água. Possui custo reduzido de produção, com alta produtividade, facilidade de transporte e trabalhabilidade. É um material renovável de fácil plantio e, pode ser produzido em áreas inóspitas e degradadas, porque seu sistema de rizomas radiculares formam uma malha no solo, podendo ser utilizados para evitar erosão de encostas, o que impede o colapso de flancos, morros e margens de rios com possibilidade de desmoronamentos e se plantado nos locais onde se deseja edificar, minimiza o transporte e conseqüentemente diminuição de custo de construção. Os colmos podem ser industrializados ou manufaturados com equipamentos simples .

3.4 – PRODUÇÃO EM LARGA ESCALA - Em países como o Japão, China e Índia o bambu é componente forte da economia. Ele encontra-se presente nas construções e em torno de mais de mil produtos, manufaturados e industrializados. Mas o que chama muito a atenção foi a atitude da Costa Rica que, não possuía espécies adequadas de bambu para a construção, nem tradição de utilização, e com mudas levadas do Brasil, através da implementação de programa habitacional desenvolveu tecnologia construtiva, atingindo grande êxito e credibilidade, junto a vários órgãos e instituições de pesquisa. Hoje em dia, a produção habitacional em bambu gira em torno de 200casas por mês, as suas unidades apresentam desempenhos que atendem a todos os pré-requisitos exigidos pela ONU>.

3.5 – GERAÇÃO DE ENERGIA - No campo enérgico é possível o carvão de bambu e existem estudos de que pode-se produzir álcool etanol a partir do bambu.

4 – DESEMPENHO ESTRUTURAL

4.1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS - Estruturalmente, o bambu encanta e desencanta, ou seja, possui dois lados igualmente fortes que não possibilitam um estudo definitivo e deixa as portas da pesquisa em aberto. Positivamente, após dois anos e seis meses, ter brotado, o bambu possui resistência mecânica estrutural. Trata-se de uma forma tubular acabada, estruturalmente estável, baixa massa específica, geometricamente circular, oca, otimizada, em termos da razão, resistência mecânica pela massa do material. Em contrapartida, o bambu possui baixa durabilidade natural, possui variações consideráveis em presença de umidade, baixa aderência a aglomerantes, seções reduzidas, conexidade, e variabilidade das propriedades físico-mecânicas dos

colmos em função da amostragem. Possui, também, presença inibidora a pega do cimento, dificuldade de efetuar ligações.

4.2 – ETAPAS DE PRODUÇÃO QUE LEVAM AO MELHOR DESEMPENHO DA RESISTÊNCIA ESTRUTURAL DO BAMBU E SUA LONGEVIDADE.

A unanimidade em todos os pesquisadores é a época da colheita (corte), cura (secagem) e proteção contra inimigos naturais.

4.2.1 – COLHEITA (CORTE) - Primeiramente, é necessário saber para que se destina e, neste caso, a idade é fator importante. Enquanto que, para fins de tecelagem, pela alta flexibilidade, bambus jovens e imaturos são os indicados, para fins de construção, pela experiência, deve-se usar os bambus maduros, mas não podres, com cerca de três a quatro anos, quando atingiram sua resistência ideal. Sendo que estudos mostram que a resistência à compressão e a tração do bambu aumenta quando possui por volta de seis anos. A resistência à flexão máxima em torno dos oito anos (30 MPA a 170mpa).

Para assegurar o desempenho de resistência e longevidade o cuidado com a época da colheita é imprescindível; contudo, o colmo cortado ainda estará úmido por dentro, e, desejando utilizar-se o bambu para fins de construção de objetos ou estruturas, deve-se secá-lo, eficazmente, para aumentar o ganho físico e mecânico e, assim, evitar a perda de massa por insetos.

Segundo publicações das NAÇÕES UNIDAS (1972), para reduzir ao mínimo os ataques de insetos deve-se efetuar o corte dos bambus, com níveis mais baixos de concentração de amido, fase correspondente à primeira parte da temporada de inverno. Nesta época do ano, o bambu guarda a maior parte de suas reservas nas raízes (rizomas), o momento antes do aparecimento dos novos brotos. Portanto, com menos açúcar, que é o alimento dos insetos e fungos, que aparecem menos no inverno., nos meses de maio, junho, julho e agosto no nosso hemisfério. Segundo MARTINEZ & GONZALEZ (1992), se não for executado desta forma, o teor de umidade pode ser muito alto provocando alguns defeitos na secagem, como fissuras, rachaduras e deformações. As fissuras ocorrem somente nos entrenós, e são menores que as rachaduras e podem inutilizar a peça toda. Já as deformações são as torceduras do bambu no sentido longitudinal da peça.

4.2.2 – CURA - a cura é utilizada para tornar o material menos propenso ao ataque de insetos pois ocorre nesta etapa a expulsão da seiva, reduzindo a concentração de amido pela transpiração das folhas. Há, até o presente momento, consagrado dois tipos de cura:

4,2,2.1 – CURA NA MATA – consiste em colocar os talos cortados verticalmente sem remover as ramas e as folhas, ficando devidamente isolados do solo, sobre pedras ou suportes. Representa o processo mais adequado de cura, pois conserva a cor natural do bambu evitando manchas de fungos e rachaduras.

HIDALGO, (1981). A etapa de cura na mata é 4 a 8 semanas.

4.2.2.2 – CURA POR IMERSÃO – consiste em submergir os talos na água, retirando a seiva do interior das paredes do bambu. A cura por imersão tem uma duração de 4 semanas.

4.2.3 - A SECAGEM - Em função da umidade, é o momento em que existem variações dimensionais e de massa específica. Quando recém cortado apresenta 80% de umidade, após 4 meses de secagem ao ar a umidade cai para 10% a 15%, dependendo da espessura da parede do colmo. A secagem correta permite reduzir consideravelmente a massa do colmo, proporciona melhoria nas propriedades mecânicas. Esta é a operação que determina as etapas seguintes de processamento do bambu, tais como: a colagem e a composição com outros materiais.

GALVÃO (1967) – concluiu que o período de tempo necessário à secagem de colmos de bambu até um teor de umidade de equilíbrio com o ambiente, foi de 51 dias para peças roliças. As estacas rachadas requerem 14 dias, em lugar abrigado e em época certa para atingir a umidade de equilíbrio.

De acordo com GREGORIE (1974) a secagem pode ser feita através de 3 processos:

4.2.3.1 – SECAGEM AO AR LIVRE - De acordo com as NAÇÕES UNIDAS (1972), o período de secagem do bambu ao ar livre é de 6 a 12 semanas para se atingir maior resistência e evitar fissuras. Os bambus armazenados devem estar cobertos e isolados do solo em plataformas elevadas de 30 cm, ou na vertical, permitindo inspecionar o material.

4.2.3.2 - SECAGEM AO FOGO - Com fogo podem-se obter resultados mais rápidos, mesmo com climas mais frios e úmidos. Segundo Johan Van Lengen, do Instituto Tibã, no seu livro "Manual do Arquiteto Descalço": "faz-se um buraco pouco profundo e cobre-se o solo e as esquinas com tijolos, para que não perca calor. O bambu deve ser colocado a uns 50 cm acima do fogo. Para que seque de maneira uniforme. Deve-se virar os troncos de vez em quando. Com este método, a parede do tronco fica mais resistente aos insetos. É necessário, ter muito cuidado, pois se o fogo é muito forte pode abrir ou deformar os troncos." É indicado que antes dos bambus serem submetidos a este processo de secagem a umidade das peças de bambu sejam reduzidas em 50%. Os defeitos mais comuns para este tipo de secagem são: fissuras superficiais, extremidades, fendilhamento generalizado, deformações e mudança de coloração.

Este processo pode ser usado como forma de tratamento.

OHKE (1989), os bambus dispostos sobre a brasa eliminam lentamente a água e outros produtos indesejáveis através da superfície externa. Estas substâncias que vão sendo eliminadas devem ser removidas. O bambu em seguida deve ser submetido a raios infravermelhos, ficando com uma superfície brilhante, sem a perda da flexibilidade das fibras.

4.2.3.3 – SECAGEM EM ESTUFA – neste processo são utilizadas estufas convencionais semelhantes às empregadas para a secagem da madeira. Este sistema é mais rápido e eficiente para se obter teores de umidade desejados, porém envolve custos mais elevados. Eficiente para secagem em grande escala. Este processo pode ser feito em 2 a 3 semanas. Porém existe a possibilidade de ocorrerem mais defeitos nas peças devido à velocidade de secagem.

4.2.4 –TRATAMENTO – consiste em utilizar produtos químicos preservativos para proteger o bambu, pois a falta de tratamento compromete o desempenho favorecendo o apodrecimento por fungos, o ataque de insetos e as rachaduras.

4.2.4.1 – SUBSTITUIÇÃO DA SEIVA – sem cortar as folhas e as ramas, e depois de ter verificado se a seiva parou de sair pela parte inferior, colocar as peças dentro de um recipiente de 30 cm a 60 cm, na vertical com preservativo, que será absorvido pela transpiração das folhas. O processo de substituição deverá iniciar após a eliminação, de excesso, de seiva, pelo extremo do bambu. Segundo publicação das NAÇÕES UNIDAS (1972) , para se conseguir uma penetração adequada necessitam-se 1 ou 2 semanas.

4.2.4.2 – TAMPÃO – Coloca-se as peças do bambu, recém cortadas, em um recipiente em nível mais alto, com preservativo, a seiva será substituída por pressão hidrostática. A duração do tratamento leva de 5 a 6 semanas.

4.2.4.3 – BOUCHERIE – trata-se de uma melhoria da técnica de tampão, aumentando-se a pressão do líquido e reduzindo o tempo de tratamento. Aplica-se no bambu logo que ele é cortado, devendo retirar as ramas e as folhas. A pressão aplicada no reservatório de produto químico pode atingir 10 a 15 libras. O tratamento possui 2 a 3 semanas.

4.2.4.4 – MÉTODO DE IMPREGNAÇÃO POR IMERSÃO – Consiste em submergir total ou parcial as peças de bambu num depósito com preservativo. Quanto mais

tempo permanecer submerso, melhor será a eficácia. Este método é um dos mais econômicos, contudo a imersão é feita em produtos como pentaclorofenol (GALVÃO, 1967) e inseticida DDT ou BHC-ALDRIN- (SALGADO, 1985) COMBINADOS A ÓLEO DIESEL, que são produtos altamente tóxicos.

4.2.4.5 – BANHO QUENTE – De acordo com as NAÇÕES UNIDAS (1972), no processo de banho quente, os bambus secos ao ar são imersos em tanques abertos (processo similar ao processo da madeira) com solução de substâncias preservantes. Eleva-se a temperatura a 90°C, aproximadamente, durante certo tempo e depois se deixa esfriar, utilizando tambores abertos ao fogo. Neste método registrou-se uma absorção de creosoto de 70,40 kg/m³. No caso da utilização de substâncias preservantes que não suportam altas temperaturas, os bambus devem ser aquecidos anteriormente e logo depois de submergidos na solução química.

Diversas pesquisas com produtos químicos foram desenvolvidas, BOURNE (1978), AZZINI & SALGADO (1992b), OHKE (1989), PLINIO DE SOUZA FERNANDES E CLÓVIS RIBAS (1995), TAMOLANG et al (1980^a), E FANG & MEHTA (1978) comprovaram que, em geral, a variação da resistência do bambu em peças tratadas e sem tratar, foram sempre da ordem 3:1. Isto é que a resistência das peças tratadas é três vezes maior que nas não tratadas.

CAMBONERO et al (1991) – indica como melhor preservativo produtos a base de boro, por suas características a base de difusão, atingindo boa retenção e baixa toxicidade para humanos. Para se aumentar a retenção do líquido preservativo é necessário eliminar a maior quantidade de ar das paredes do bambu, pois o ar bloqueia os dutos por onde o líquido flui.

A lavagem em água corrente proporciona melhores resultados (ONU 1972).

4.3 – PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO BAMBU

4.3.1 – PROPRIEDADES FÍSICAS

Os colmos possuem forma troco cônica, com espessura de parede e espaçamento entre nós variáveis em função da altura. Os nós se alternam ao longo do comprimento dos colmos e ramos. Os nós conferem maior resistência estrutural pela amarração transversal.

4.3.2 – PROPRIEDADES ANATÔMICAS - As camadas dos colmos são recobertas, externamente, por uma espécie de verniz natural e internamente por tênue membrana. Ambas não apresentam boa compatibilidade adesiva. Estruturalmente, quando se utiliza apenas a camada interna do colmo, obtém-se a maior resistência mecânica devido a maior concentração de feixes e fibras (40%), o que representa durabilidade e menor concentração de células de parênquima (50%). (Liese, 1987).

4.3.2.1 - As fibras celulósicas ou esclerenquimatosas são longas, estreitas e relativamente rígidas em decorrência de suas espessas paredes celulares.

4.3.2.2 – A Densidade básica apresenta variações acentuadas entre colmos dentro de uma mesma espécie. Alguns autores salientam que cresce de dentro para fora e outros da base para a extremidade (Azzini, 1979), sendo exceção em algumas espécies como *Phyllostachys edulis* e *Sasa Kurylensis* (Tomazello filho e Azzini, 1988). No primeiro caso, devido à anatomia e feixes fibrovasculares, no segundo caso, aumento da quantidade de feixes fibrovasculares da base ao extremo do colmo. O que influencia nas propriedades físicas do colmo.

4.3.2 – PROPRIEDADES MECÂNICAS

A partir de alguns ensaios, não padronizados, pode-se estimar resistência à compressão, à tração, flexão e cisalhamento. Os ensaios são influenciados pela espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época da colheita, corte, teor de umidade da amostra, cura e secagem. Localização com relação ao ponto do colmo, presença e ausência de nós na amostra testada e o tipo de teste realizado. Todos

estes fatores combinados fazem com que exista uma grande variação de resultados dentro de uma mesma espécie.

Se, comparada com o aço, a alta dispersão de resultados é uma vantagem quando são consideradas cargas dinâmicas, como em terremotos e ciclones. O aço possui desvio padrão da DNG pequeno, qualquer erro de projeto ou na construção leva a um rápido colapso. Ao contrário à DNG no caso do bambu, para a qual o desvio padrão é maior.

A resistência específica do bambu é comparável a algumas madeiras como a TECA (*tectonagrandis*) e SAL (*shorea robusta*).

4.3.2.1 – COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS DO BAMBU

A resistência à compressão e a tração do bambu aumenta quando possui por volta de seis anos.

A curva de tensão pela deformação no ensaio a compressão é quase linear. A resistência à compressão situa-se na faixa de 20MPa e o módulo de elasticidade varia entre 2.6 GPA e 20 GPA.

(Beraldo, 1987). Para o *phyllostachys purpuratta* com diâmetro externos de 43 mm e diâmetro interno obteve uma resistência à compressão de 55 MPa. *Dhydrocalamus giganteus* : 93 MPa . *Phyllostachys purpuratta* de diâmetro externo de 22 mm e diâmetro interno 10 mm entre nós a 120 mm, apresentou valor médio de 65 MPa, para esta espécie observou que os corpos de prova que continham 3 nós obtinham uma resistência de 10% superior a de dois nós.

Jansen, Schniewind (1989), o bambu apresenta uma dependência estreita entre propriedades mecânicas e massa específica. . A resistência à compressão (MPa) pode ser estimada como igual ao produto de massa específica (kg/m³) por um fator 0,094. o valor da resistência depende da proporção das fibras existentes no corpo- de- prova.

Datta, apud Lopez (1974) – para corpos de prova de 30 cm de altura e 3 cm de diâmetro, encontrou uma tensão de ruptura de 80 MPa e um módulo de elasticidade em torno de 20 GPA. Em consequência, concluiu que o bambu poderia reforçar o concreto em obras secundárias. A ausência ou a presença de nós na região considerada e a posição e a distância entre os mesmos ao longo do colmo pode influir significativamente nos resultados de resistência a compressão.

4.3.2.2 - FENDILHAMENTO - A distribuição dos feixes vasculares de uma forma mais homogênea, por sua vez, favorece o fendilhamento do colmo.

4.3.2.3 – TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS DO BAMBU

(ONU, 1972). Teoricamente, a resistência de tecidos da região externa do bambu, submetidos à tração paralela, pode atingir valores da ordem de 260 MPa.

(Schniewind, 1989) A resistência à tração é de 2,5 a 3,5 vezes aquela obtida em ensaios de compressão .

A resistência à tração do bambu é elevada e, em algumas espécies, pode atingir até 370 MPa. Isso torna atrativo o uso do bambu como um substituto para o aço, especialmente quando for considerada a razão entre sua resistência à tração e sua massa específica. A razão entre a resistência do bambu e sua massa específica (s/g) é mais do que 2.34 vezes aquela obtida para o aço CA 50. Em geral, a resistência à tração do bambu, com ou sem nó, situa-se entre 40MPa e 215 MPa, e seu módulo de elasticidade varia entre 5,5 GPA e 18 GPA.

(Ghavami e Hombeck, 1981) Apesar dos ensaios à tração não dependerem da região do colmo, onde foi feita a amostragem,

(Lopez, 1974) Ela pode ser reduzida pela presença de nós. Os corpos de prova que possuem nós na região central tenderão apresentar resultados inferiores à média da espécie.

4.3.2.4 – FLEXÃO ESTÁTICA DO BAMBU

(Beraldo , 1994,) observou o efeito da baixa resistência das camadas superiores na região de compressão, o que o induzia a ruptura prematura dos corpos- de- prova.

(Lopez, 1974)- *Guadua angustifolia*, com inúmeros ensaios, não conseguiu o possível papel de desempenhado pela posição da camada externa durante os ensaios de

flexão, denotando não haver uma influência significativa desse fator nos resultados obtidos.

(Beraldo, 1987) – as diferentes espécies, ou amostras recolhidas de um mesmo colmo, apresentam diferenças na distância entre nós consecutivos, ou no número de nós consecutivos, ou no número de nós existentes na região do colmo situada entre os apoios. O módulo de elasticidade, contudo, é igual ao das madeiras de boa resistência.

A resistência à flexão máxima em torno dos 8 anos.

O módulo de elasticidade (MOE) e a tensão de ruptura (MOR) são fortemente correlacionados com o comprimento das fibras.

4.3.2.1 – RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DO BAMBU

Resistência ao cisalhamento – quanto maior o teor de umidade do bambu, bem menor será sua resistência ao cisalhamento. Resistência ao cisalhamento transversal às fibras do bambu situa-se em torno de 30% de sua resistência a flexão que é igual a 32MPa (variação entre 20MPa e 65 MPa). Enquanto que a resistência ao cisalhamento longitudinal é de 15 % de sua resistência à compressão, em torno de 6 MPa com variação de 4 MPa e 10 MPa.

4.3.1 – ASSOCIAÇÃO DO BAMBU COM OUTROS MATERIAIS

Vários estudos em conjunto com concreto, apontando várias soluções principalmente no sentido de aumentar a aderência e problemas de fissuras. Como o bambu possui baixa aderência com o concreto e argamassas, alguns experimentos foram realizados onde se constatou algumas medidas que devem ser tomadas para aumentar a eficiência. Uma delas é a impermeabilização para evitar variações dimensionais, pela absorção de água, principalmente em contato com a argamassa de revestimento (muito utilizada no reboco dos painéis de bambu) e no banconcreto. Vários estudos em conjunto com concreto, apontando várias soluções principalmente no sentido de aumentar a aderência e problemas de fissuras. A seguir será apresentada a avaliação de uma série de pesquisadores:

KURIAN & KALAM (1977). O bambu por ser um material higroscópico, quando usado como reforço no concreto, absorve água, durante a cura aumentando as dimensões provocando microfissuras quando começa a secar. Quando começa a perder água se retrai e perde a aderência.

BERALDO (1987)- Quando se utiliza bambus imaturos, em geral, surgem fissuras no concreto antes que se desenvolva a aderência. Os colmos tratados quimicamente desenvolvem uma maior aderência do que os não tratados. No bambuconcreto, utilizou-se bambus maduros e tratados com emulsão asfáltica, desde que não seja em excesso, apresenta maior resistência do que o bambu não tratado ou imaturo.

BAUMANN apud BARMAK (1938) – Afirma que não é possível obter um conjunto solidário entre bambu e o concreto, pois não há nenhuma aderência entre os mesmos. O mesmo autor conclui que o bambu antes de ser utilizado com concreto deve ser impermeabilizado. O impermeabilizante deverá satisfazer as seguintes exigências:

que a impermeabilização se faça por meio de untamento ou revestimentos;
o produto impermeabilizante não deve produzir reações químicas prejudiciais, nem ao bambu, nem ao concreto.

Deve secar o mais rápido possível e

Quando a impermeabilização se fizer por meio de revestimento deve aderir fortemente ao bambu.

KURIAN & KALAM (1977) concluem que uma das maneiras mais eficientes para impermeabilizar o bambu é a aplicação de 3 camadas de uma solução de 40% de resina solúvel em álcool, seguido de uma demão de zarcão (óxido de chumbo), resultando na absorção de 1% de água em 24 horas. Aplicando-se o dobro da camada foi possível diminuir para 0,3% a absorção de água.

LIMA et al (1996) Utilizaram produtos à base de petróleo, Negrolin e arame. Após a aplicação do petróleo ou Negrolin, o bambu foi envolvido em uma camada de areia grossa. Em ambos os casos, produtos à base de petróleo foram desaconselhados para a região nordestina, pois devido à elevada temperatura, não houve total solidificação do produto, ocasionando o deslizamento da superfície de contato do concreto com bambu.

GHAVAMI & HOMBEECK (1981) colocam que os melhores resultados obtidos em experiências para impermeabilização do bambu, foram com cera e resina (Epóxi) porém ainda não foram considerados apropriados pelo alto custo e baixa aderência com concreto.

FANG & MEHTA (1978) tiveram resultados satisfatórios com aplicação de enxofre e areia, contudo seu uso provoca algumas trincas, após o terceiro dia.

BARMAK (1938) é necessário o uso de impermeabilizantes para evitar problemas de destacamento do bambu, devido à absorção de água do concreto, uma vez que a película externa do bambu não é totalmente impermeável. De acordo com mesmo autor o impermeabilizante que apresentou melhor resultado, a baixo custo, foi à massa "Mayotis", produto à base de alvaide adicionada a 10% de verniz, em duas camadas.

BARMAK (1938), em testes de arrancamento de tiras de bambu, constatou que aderência entre o bambu e o concreto atingiu, sem os nós, uma SI média de 0,35 MPa. Com a presença de nós, a aderência foi tão grande, no ponto de ação de carga a resistência à compressão, que o bambu atingiu 82,5 MPa. Após o rompimento do corpo-de-prova ficou constatado que o bambu permanecia no concreto. O concreto alcançou uma resistência de 20MPa.

CHEMBI & NIMITYONGSKUL (1989) – os problemas de absorção de água e mudança de volume dos colmos de bambus, em vários países da Ásia, foram solucionados por eles solucionados com a utilização de uma mistura de látex de seringueiras e cal virgem, como material enrijecedor. A mistura foi utilizada, no Asian Institute of technology, na impermeabilização da parede dos bambus para a produção de tanques.

Bambus tratados com negrolin, areia e arame aumentam a resistência aderência em até 90% , portanto é possível adotar este método de tratamento para estudos de vigas de concreto leve reforçados com bambu e lajes em forma permanente de bambu na PUC-RJ, e com uso do piche na UFPB (Barbosa filho e tal ,1993)

5 -CONCLUSÃO. O bambu não tem sido utilizado em larga escala no Brasil , pela falta de cultura de uso, pela falta de normalização e conseqüente certificação. Até o presente momento, isto não tem sido possível porque, embora muitos estudos vêm sendo feitos, as dificuldades são grandes de se obter resultados definitivos em ensaios, por ser um material natural e cada colmo ser único, com forma troco-cônica, ou seja apresenta variação de secção ao longo do colmo, e em presença de água, possui variações volumétricas e conseqüente perda de resistência. Apresentando, também, a dificuldade de aderência com outros materiais. Portanto, seria interessante, aprofundar estudos em resgatar técnicas milenares da cultura, chinesa, indiana e japonesa para possibilitar o uso do bambu em sua forma natural para compor edificações tirando partido da anatomia e as potencialidades formais que esta gramínea permite. A exemplo de países como a Espanha e Alemanha, que não possuem tradição, mas uso aparente do bambu pode ser visto em grandes estruturas. Outro caso é a Costa Rica, que hoje em dia, é considerado o país mais desenvolvido na produção de habitações em bambu. Devemos levar em conta que é um material que possui um treinamento de mão-de-obra fácil, sendo possível envolver as comunidades carentes em mutirão (BAMBUSETUM, 1994) e MORAN (1991) e assim viabilizar o incremento do número de edificações residenciais de baixo custo.

6 - Bibliografia:

- Starosta, P.; Crouzet, Y.; Bambus, Evergreen

- Suzuki, S.; process: Architecture, Japanese Landscape Design
- www.bambubrasileiro.com
- www.bambus-kultur.de
- www.ibama.gov.br/ambtec
- www.bambus.de
- Co. Beraldo A.; Freire W.: Tecnologias e materias alternativos de constrção, Ed. Unicamp, 2003. Pgs: 253 – 330
- Lengen, Johan Van – Manual do Arquiteto descalço –edição: livraria do arquiteto; Rio de Janeiro: TIBÁ, 2004. Pgs: 334 – 340.
- Junior, Rubens Cardoso: - Dissertação Mestrado em Arquitetura com Bambu – 2001 - PROPAP

