

## **Painel pré-moldado em bambu, garrafas pet e argamassa calfitice para aplicação em Habitação de Interesse Social**

### *Pre-molded panel in bamboo, PET bottles and “calfitice” grout for application in Social Housing*

**Sara Dotta Correa, (UFSC)**

dotta.sara@grad.ufsc.br

**Andrea Jaramillo, M.Sc. (UFSC)**

andresalome@gmail.com

**Lisane Ilha Librelotto, Dra. (UFSC)**

lisiane.librelotto@gmail.com

### **Resumo**

A pesquisa de tecnologias, novos sistemas construtivos e tipologias habitacionais para Habitação de Interesse Social, surge da necessidade de aliar em um mesmo projeto agilidade de construção, sustentabilidade, viabilidade e conforto. Dado o contexto de grandes desigualdades sociais, déficit habitacional, situações precárias e degradação ambiental vivenciadas atualmente, o desenvolvimento de novas técnicas construtivas que garanta uma moradia de qualidade aliada aos três pilares da sustentabilidade – social, econômico e ambiental- é essencial. Com o intuito de buscar materiais alternativos para inserção na construção civil, de baixo custo e sustentáveis, esse trabalho voltou-se para o uso do bambu e da terra, associado com materiais recicláveis, formando um componente de vedação em forma de painel modular. Dessa forma, o painel foi modelado e construído, após a análise e verificação da composição dos seus elementos, e em seguida foi avaliado, com o intuito de demonstrar a potencialidade e as limitações do processo adotado.

**Palavras-chave:** Sistemas Construtivo Modular; Bambusa Tuldoídes; Painel pré-fabricado

### ***Abstract***

*The research of technologies, new construction systems and housing typologies for Social Housing arises from the need to combine agility of construction, sustainability, viability and comfort in the same project. Given the context of large social inequalities, housing deficits, precarious situations and environmental degradation currently experienced, the development of new construction techniques that guarantees a quality housing allied to the three pillars of sustainability - social, economic and environmental - is essential. In order to find alternative materials for insertion in low cost and sustainable construction, this work turned to the use of bamboo and earth, associated with recyclable materials, forming a modular panel-shaped fence component. In this way, the panel was modeled and constructed, after the analysis and verification of the composition of its elements, and then it was evaluated, in order to demonstrate the potentiality and limitations of the adopted process.*

***Keywords:*** *Modular Construction; Bambusa Tuldoídes; Prefabricated panel*

## 1. Introdução

Esta pesquisa desenvolveu um painel modular para uso como elemento de vedação na construção de Habitações de Interesse Social. O painel é constituído de uma estrutura em trama formada por fasquias de bambu tratado em solução aquosa com ácido bórico e Bórax preenchida por uma composição de CAL, FIBRAS, TERRA e CIMENTO, denominada de CALFITICE. Para amarração da trama de bambu, utilizou-se a garrafa PET aquecida com soprador de calor. Desta forma buscou-se um componente de baixo custo (materiais disponíveis na região do Estudo), com pouca energia incorporada e de baixa toxicidade (por exemplo, para tratar o bambu contra a ação de organismos xilófagos, usou-se produtos não tóxicos), que possa minimizar o desperdício de materiais durante a construção, evitando quebras e que possa manter o emprego de mão de obra de forma a promover a equidade social. Desta forma o painel proposto integra em sua formulação a proposição da Sustentabilidade pelo equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental. (LIBRELOTTO, 2012)

A seguir descreve-se-á cada componente utilizado no painel: o bambu (da colheita ao tratamento), o projeto e confecção da fôrma, a montagem do painel, o estudo do solo e sua composição granulométrica.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Bambusa Tuldoídes

A espécie utilizada na pesquisa, para a construção do painel é a *Bambusa Tuldoídes*, que existe em abundância na cidade de Florianópolis, Santa Catarina. Pode-se observar na figura 1, o comprimento útil, diâmetro, massa e comprimento entre nós da espécie selecionada para o estudo.

Espécies	Colmo			
	Comprimento útil (m)	Diâmetro (cm)	Massa (kg)	Compr. internódios (cm)
<i>Bambusa vulgares</i>	10,70	8,10	12,50	32,00
<i>Bambusa vulgaris var. vittata</i>	9,30	7,20	10,30	34,00
<i>Bambusa oldhami</i>	9,90	6,90	8,40	41,00
<i>Bambusa nutans</i>	10,00	5,80	7,80	38,00
<i>Bambusa tulda</i>	11,90	6,60	11,90	49,00
<i>Bambusa beecheyana</i>	9,00	7,80	10,50	28,00
<i>Bambusa stenostachya</i>	15,10	8,20	17,50	35,00
<i>Bambusa tuldoídes</i>	9,20	4,30	3,80	46,00
<i>Bambusa textilis</i>	8,10	4,80	3,30	44,00
<i>Bambusa ventricosa</i>	9,30	4,80	4,50	44,00
<i>Bambusa maligensis</i>	7,40	4,30	3,50	28,00

**Figura 1: Valores médios dos colmos de *Bambusa Tuldoídes* Fonte: (SALGADO, 1994 apud TEIXEIRA, 2013)**

As varas selecionadas para a fabricação do painel apresentavam líquens e cor verde escura e não possuíam sílica (talco) ou bainhas (folhas marrons), apontando bambus aptos para serem cortados (ou seja, a partir de 3 anos). A espécie foi selecionada em função da grande disponibilidade na região de estudo.

Após a poda, as varas de bambu foram limpas e lixadas com lixa comum, para

retirada dos líquens, e colocados em uma piscina de tratamento, em uma mistura de ácido bórico e Bórax na proporção 2kg de ácido bórico e 1kg de Bórax para 100 litros de água. Como utilizou-se 40 litros de água foram usados 800g de ácido bórico e 400g de Bórax. Esse tratamento foi realizado para evitar o apodrecimento e invasão de insetos que se alimentam do amido presente no bambu. O tratamento durou 3 dias, aguardando-se 60 dias para emprego do bambu no painel. Esse painel em bambu, combinado com outros elementos, como por exemplo, a garrafa pet, além de proporcionar um uso consciente para a reciclagem da PET (Politereftalato de etileno), também oferece opções de impermeabilização e amarração para o bambu.

Caso queira-se evitar a tira de PET para amarração da trama, a palha é outro exemplo de material que pode ser associado ao bambu para compor um elemento construtivo sustentável. O bambu é um material que caiu em desuso com a popularização do concreto, entretanto é um elemento que permite uma construção ecologicamente correta, sendo um ótimo isolante térmico e acústico, além de ser viável economicamente.

A figura 2 mostra os ensaios mecânicos realizados com a espécie *Bambusa Tuldooides* no que se refere a resistência à compressão, tração, massa específica aparente e teor de umidade. Ensaios mecânicos com essa espécie já foram realizados, conforme mostra a figura 2:

<b>Resistência à compressão:</b>	
Bambu Seco ao ar:	$f_{ck} = 26,76 \text{ MPa}$
Bambu Verde:	$f_{ck} = 57,01 \text{ MPa}$
<b>Resistência à tração:</b>	
Bambu Seco ao ar:	$f_{tk} = 131,82 \text{ MPa}$
Bambu Verde:	$f_{tk} = 127,34 \text{ MPa}$
<b>Massa específica aparente:</b>	
Bambu Seco ao ar:	$\bar{\delta}_s = 0,073 \text{ g/cm}^3$
Bambu Verde:	$\bar{\delta}_u = 1,10 \text{ g/cm}^3$
<b>Teor de umidade:</b>	
Bambu Seco ao ar:	H% = 9,54
Bambu Verde:	H% = 89,11

**Figura 2: Dados levantados em ensaios mecânicos na espécie *Bambusa Tuldooides* (Fonte: ALVES, 2004 apud TEIXEIRA, 2013)**

Abaixo podem ser observadas, nas figuras 3, 4 e 5, a poda na touceira de bambu, a realização de furos nos nós dos colmos do bambu, para facilitar a penetração do tratamento, e a piscina de tratamento com as varas submersas, respectivamente.



Figura 3  
(Fonte: autoral)



Figura 4



Figura 5

Após 3 dias, os bambus foram retirados da estação de tratamento e colocados para secar em local seco e arejado por 2 meses. Foram realizados testes com diferentes materiais associados ao bambu e diferentes formas de agrupamento das varas e/ou tramas.

No painel, a trama tem a função de evitar as trincas e fissuras devidas a retração do solo na secagem e garantir a estabilidade do componente.

Além da trama, foram estudadas várias opções de preenchimento do painel, visando a melhor aproveitamento dos materiais e garantia de qualidade do painel. Considerando que os painéis na construção civil oferecem soluções rápidas e eficientes para os problemas na construção, como por exemplo, redução de resíduos, organização do canteiro de obras, rapidez e agilidade, fácil execução, economia de recursos, entre outros, também proporciona que a edificação seja executada em série e com qualidade elevada. A opção pela pré-moldagem ainda assegura o emprego da mão de obra e pode ser utilizado em casos de construção em auto-ajuda ou mutirões.

Assim, o uso do bambu na forma de painéis vem crescendo amplamente. Pesquisas apontam que o painel é uma das formas mais práticas e vantajosas de utilizar o bambu, pela sua rápida produção, manejo e durabilidade, respeitando as corretas formas de corte, tratamento, conservação e fabricação.

## 2.2 Painel pré-fabricado

Primeiramente projetou-se uma forma nas medidas 50x50x10cm (altura x largura x profundidade) no software Google Sketchup. A forma possui 0,025m<sup>3</sup>. A forma foi projetada para ser inteiramente desmontável e ajustável para larguras maiores, com intuito de ser mais prática, permitindo a configuração de novos módulos para painéis maiores, caso sejam necessários no momento do projeto e execução da edificação. A forma do painel possui madeiras de 3cm nas extremidades, para facilitar a montagem e o encaixe entre painéis já prontos. Estas ripas moldam os encaixes do tipo macho-fêmea nas extremidades do painel. Nas figuras 6, 7 e 8, abaixo, pode-se perceber o modelo da forma e os encaixes, respectivamente. As madeiras paralelas horizontais que servem de gravatas para a fôrma do painel foram furadas de 10 em 10 cm para permitir o ajuste da fôrma para módulos maiores, substituindo-se os painéis laterais em compensado revestido por chapas

de aço galvanizado, por painéis maiores ou utilizando um painel maior no mesmo comprimento da gravata (diferente da ilustração da figura 6).

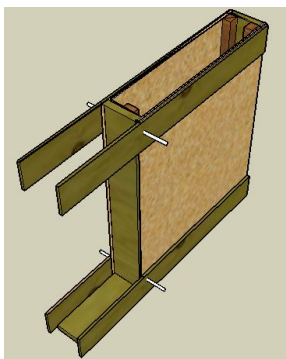


Figura 7  
6

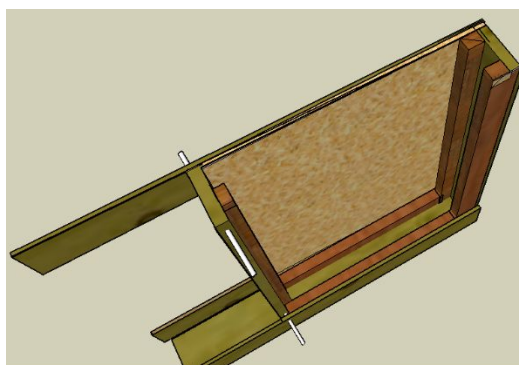


Figura 8



(Fonte: autoral. Desenhos realizados no Software Google Sketchup 2015)

Após o estudo de composição e fôrma e busca por melhores resultados através de revisão bibliográfica, optou-se pelo modelo de painel, que mostra a figura 9 abaixo, onde observa-se o modelo com a trama de bambu + garrafas pet nas junções na trama, para obtenção de um prévio resultado do agrupamento entre bambu, pet e argamassa do tipo calfitice:

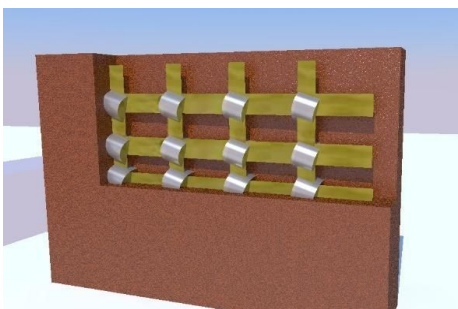


Figura 9: Interior do painel.(Fonte: autoral. Desenhos realizados no Software Google Sketchup 2015, renderizado no Kerkythea)

Como mostra a figura 10, após a desforma do painel, os encaixes projetados tipo macho-fêmea, tornam possível agrupá-los entre si. Dado o fato da forma ser desmontável, a confecção de vários tipos de painel é possível, como a confecção de um painel que encontra um pilar em concreto armado por exemplo, como ilustra a figura 11 e permite a amarração dos painéis com juntas desencontradas. Salienta-se que o elemento estrutural deve possuir encaixa em fêmea para inserção do painel. Outra opção é que os painéis de encontro com a estrutura tenham a face de união plana, neste caso a ligação painel estrutura deve ser assegurada com o chapiscamento da superfície de contato e fixação com argamassas com expansores.

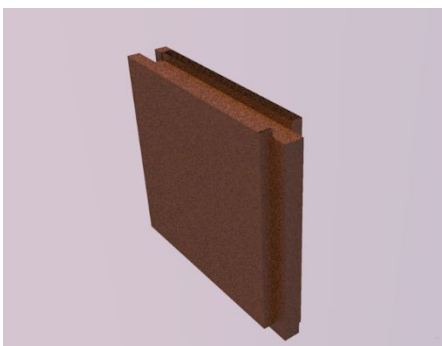


Figura 10 : Produto esperado.

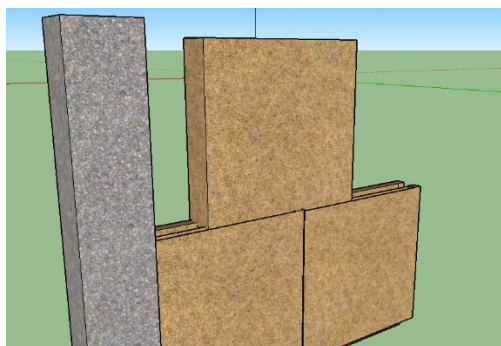


Figura 11: Agrupamento de painéis formando uma parede

(Fonte: autoral. Desenhos realizados no Software Google Sketchup 2015, renderizado no Kerkythea)

Como proposta para composição do painel, além da trama de bambu + garrafa pet, o fechamento proposto é uma argamassa do tipo calfitice, que é composta por cal, fibra, terra (areia + argila, em porcentagens variáveis), e cimento. (*Calfitice: cal + fibra + tierra + cemento* em espanhol). A calfitice tem origem na Colômbia, onde foi aprimorada pelas mãos do Engenheiro Luis Carlos Rios. Para essa argamassa utilizou-se uma mistura de terra, fibra vegetal de palha arroz, cal virgem e cimento Portland do tipo CPIV.

### 3. Processo construtivo do painel

Para confecção do painel, foi realizado o corte das ripas de bambu para a confecção da trama. A trama foi construída com 9 ripas de bambu espécie *Bambusa Tuldoide*, secos e tratados, sendo 4 ripas na vertical e 5 ripas na horizontal. As garrafas pet de 250ml de água mineral foram cortadas em tiras e colocadas no encontro entre duas ripas, formando uma junção. Posteriormente as tiras de pet foram aquecidas com um soprador térmico, por cerca de 1 minuto, dessa forma elas se tornaram fixas e rígidas na junção entre as ripas. Abaixo as fotos 12, 13 e 14 ilustram a serragem das ripas na serra tico-tico de bancada, a trama já confeccionada e o detalhe da junção com pet.



**Figura 12/Corte das varas    Figura 13/Trama em bambu com pet    Figura 14/ Detalhe junção com pet**  
 (Fonte: autoral)

A amarração com os anéis de PET necessitou de um estudo prévio, sendo a colocação realizada do canto da extremidade direita para o canto esquerdo, acrescentando-se cada tira de bambu individualmente e posicionando os anéis de PET nos nós progressivamente para que não houvessem cortes nas tiras de PET. Com a trama confeccionada, partiu-se para o estudo da terra e demais materiais que compõem a calfitice). Ensaios de caracterização do solo são fundamentais para a construção com terra. Para obter a composição e porcentagens de areia, silte e argila do solo, foram realizadas análises granulométricas, segundo a NBR 7181:1984 (ABNT, 1984b), com peneiras aço Inox - GRANUTEST. O material restante em cada uma das peneiras pode ser observado abaixo, na figura 15.



**Figura 15: Porcentagens restantes nas peneiras. (Fonte: autoral)**

O peneiramento foi manual e na seguinte ordem de diâmetro de peneiras, de modo a obter as porcentagens retidas em cada uma: 4,38mm > 2,38mm > 1,19mm > 0,6mm > 0,3mm > 0,15mm > 0,106mm > 0,053mm, conforme mostra a tabela 1, gerando a curva granulométrica mostrada no gráfico 1, e os resultados, da tabela 2.



PENEIRA	Abertura (mm)	Massa Retida(g)	Fração Retida	Porcentagem em Retida	Fração Passante	Porcentagem Passante %
4	4,8	0	0	0	100	100
8	2,38	20,02	0,1001	10,01	0,8999	89,99
16	1,19	27,08	0,1354	13,54	0,7645	76,45
30	0,6	24,9	0,1245	12,45	0,64	64
50	0,3	16,85	0,08425	8,425	0,55575	55,575
100	0,15	25,04	0,1252	12,52	0,43055	43,055
140	0,075	26,03	0,13015	13,015	0,3004	30,04
	0,053	10,58	0,0529	5,29	0,2475	24,75
<b>Fundo</b>		<b>49,5</b>	<b>0,2475</b>	<b>24,75</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
		200				

Tabela 1: Porcentagens retidas em cada peneira (Fonte: autoral usando Microsoft Excel)

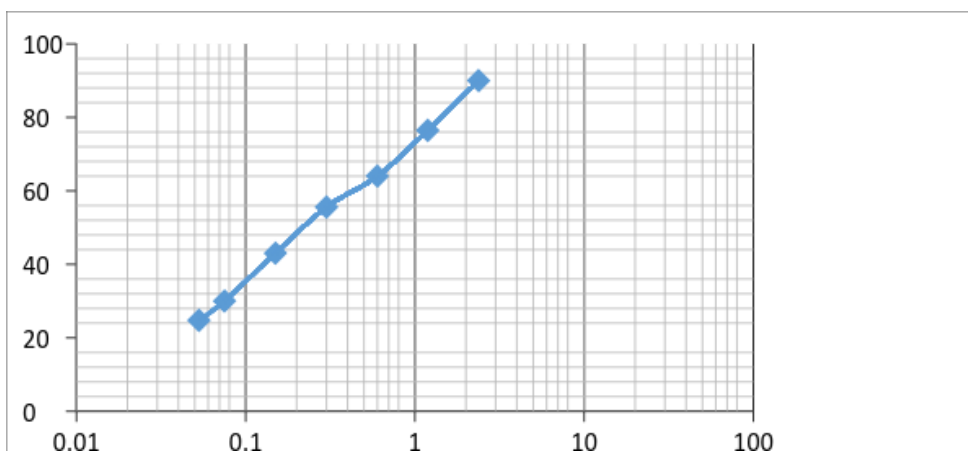
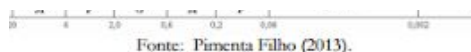


Gráfico 1: Curva Granulométrica do solo (Fonte: autoral usando Microsoft Excel)  
Resultados da caracterização granulométrica do solo.

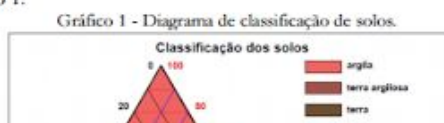
Areia (fina, média, grossa)	0,06 < d < 2	75,25%
Silte	0,002 < d < 0,06	24,75%

Tabela 2 (Fonte: autoral usando Microsoft Excel)

De acordo com o gráfico de classificação de solos (figura 16) e a tabela de dimensão de partículas abaixo (figura 17), esse solo é classificado como terra areno-argilosa.



partículas com mais de 2,0 mm não são mais consideradas, 2001; ABNT, 1984b). Assim, a classificação granulométrica de acordo com as proporções de argila, silte e areia, é a seguinte:



- Argila – solo de graduação fina constituída por com dimensões menores que 0,002 mm. Apresenta características marcantes de plasticidade; suficientemente úmido, molda-se facilmente em diferentes formas, quando seco, apresenta-se bastante resistente para construir torrões difíceis de desagregáveis por pressão dos dedos. Caracterizada por sua plasticidade, textura e consistência em seu estado natural (ABNT, 1995).

em resumo (Tabela 3):

**Figura 16/ Fonte: Moran (1984) apud Santos (2015)**

**Figura 17/ Nomenclatura (ABNT, 1984b)**

Foi realizado também um ensaio de caracterização de solo tipo “Teste de Pote”, que consiste em um teste simples para determinar a proporção de argila e areia no solo. Na metade do pote colocou-se a terra e a outra metade completou-se com água. Misturou-se bem e foi colocado para decantar por uma noite. A camada superior encontra-se a argila, a areia está abaixo, como ilustra a figura 18.



**Figura 18: Resultados do Teste do Pote. (Fonte: autoral)**

Foram elaborados corpos de prova de argamassa calfitece para obtenção de resultados prévios de textura, peso e consistência. O molde do corpo de prova utilizado foi tipo Molde Cilíndrico para Corpo de Prova, fabricado em aço zincado, medidas Ø 5X10cm. O corpo de prova resultante do teste pode ser observado na figura 19.



**Figura 19: Corpo de prova da argamassa calfitice (cal+fibra+terra+cimento). (Fonte: autoral)**

#### **Processo de Fabricação do Pannel**

Em posse da classificação do solo, foi preparada a argamassa calfitice na seguinte proporção: (segundo a proporção do Eng. Luis Carlos Rios, como o uso do cimento CIV

- Terra (25% silte, 75% areia) – 25kg
- 20% cal hidratada – 5kg
- 10% cimento CIV – 2,5 kg
- 5% fibra vegetal (palha de arroz)
- Água até obter pasta firme (16 litros)

Os materiais foram pesados em balança e acrescentados um a um, posteriormente tudo foi misturado e foi colocada a água até obter o ponto de pasta firme. Como ilustram as figuras 20, 21 e 22, respectivamente, foi realizada a aplicação de desmoldante na forma em madeira revestida com aço galvanizado, sobretudo nas partes em contato sem revestimento da chapa, a mistura dos componentes da argamassa calfitice e o material pronto para ser colocado no interior da forma. A mistura foi preparada manualmente, mas também poderia ter sido realizada em betoneira. A palha de arroz adicionada à mistura foi obtida junto à uma empresa de distribuição de alimentos, sendo um resíduo das embalagens de transporte de alimentos orgânicos.



**Figura 20 ( Forma)  
pronta)**  
(Fonte: autoral)



**Figura 21 ( argamassa sendo misturada )**



**Figura 22( argamassa  
pronta)**

O despejo da argamassa no interior da forma foi feito a manualmente com auxílio de uma concha. A compactação ou apiloamento foi manual de igual forma, com auxílio de um soquete de bambu. O processo de enchimento foi realizado na forma de camadas. A cada 10 cm de material despejado, compactava-se a argamassa com a vara de bambu, e assim até a forma estar completamente preenchida de argamassa. A primeira camada colocada foi de 5cm no fundo da forma, para formar o encaixe, após essa camada, a trama de bambu foi alocada no interior da forma, em posição centralizada, como observa-se na figura 23, abaixo. Após o preenchimento, a forma estava completa e pronta para receber a tampa, figura 24. O painel foi colocado para a secagem por 7 dias.



**Figura 23**  
(Fonte: autoral)



**Figura 24**

#### 4. Resultados

Abaixo pode-se observar as fotos 25, 26 e 27 que mostram o painel após a desforma, seus aspectos e textura, após secagem de 7 dias.



Figura 25



Figura 26



Figura 27 (Fonte: autoral)

O painel tem um acabamento suave em ambos os lados, com algumas imperfeições quanto pequenas bolhas de ar que são atribuídas à dificuldade de compactação das camadas de argamassa no molde durante a moldagem. No entanto, a principal observação é que o peso do painel em relação as suas dimensões, torna difícil o manuseio. A quantidade de terra usada pode ser reduzida, tanto para reduzir o peso do painel quanto para utilizar apenas a quantidade necessária para ter um elemento de construção eficiente. Mais estudos são necessários neste campo. A construção do molde removível para a fabricação do painel permitiu padronizar dimensões, quantificar o material utilizado e reduzir o desperdício. O processo de desmolde foi rápido.

Cada uma das medidas adotadas para preparar o painel pode ser incluída em uma cadeia de produção em série com montagem industrializada. Isso iria reduzir significativamente o tempo para fabricar. Uma vez caracterizado o tipo de solo é necessário prever dispositivos mecânicos para facilitar o desenvolvimento da argamassa de calfitice, a sua vibração e compactação no interior do molde, imprimindo maior produtividade para a confecção dos painéis.

#### 5. Considerações finais

Uma vez que se tenha as varas de bambu, garrafas de plástico, a montagem da trama de bambu não apresenta dificuldades. A preparação da argamassa de calfitice pode ser simplificada utilizando um misturador mecânico. Uma betoneira seria ideal. Para a aplicação da argamassa no molde (considerando a possibilidade de reduzir quantidade de

terra), pode-se considerar usar o molde junto a uma mesa vibratória, o que facilitaria a colocação. Outra opção a ser explorada é a possibilidade de reduzir as dimensões do painel se não for possível diminuir a quantidade de argamassa, de modo a ter um painel menos pesado, permitindo que uma pessoa possa carregá-lo sem dificuldade.

O acabamento do painel com encaixes na forma “macho e fêmea” facilita o agrupamento com outros painéis, mas não assegura a estabilidade de um painel sobre o outro, é necessário estudar este aspecto. O uso de materiais naturais e reciclados para a fabricação do painel permitiu reduzir os custos por um lado e por outro reduzir a quantidade de cimento na proposta. O *Bambusa Tuldoides* é abundante no Brasil, no entanto, para este estudo foi difícil encontrar um fornecedor de material certificado, por isso foram utilizados os recursos disponíveis na universidade. É necessário repensar a fonte fornecedora dos bambus e demais materiais para se pensar em uma produção em maior escala.

Um ponto que deve ser considerado é a sustentabilidade social dessa proposta, porque resgata umas técnicas de construção vernacular e adapta-se às exigências da população atual em relação à estética e qualidade. É necessário estudar, um revestimento protetor do painel para as intempéries, para aumentar a sua durabilidade.

## Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Solo - Análise granulométrica- ABNT NBR 7181:1984 - 30/12/1984

LIBRELOTTO, Lisiane I., et. al. **A teoria do equilíbrio: alternativas para a sustentabilidade na construção civil**. Florianópolis: DIOESC, 2012, 350 p.

SANTOS, Clarissa Armando dos. **Construção com terra no Brasil: panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada**. 2015. 290 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2015. Disponível em: <http://www.bu.ufsc.br/teses/PARQ0213-D.pdf>

TABACOW, José; GUERRA, BRUNA, Gilda Collet,; Abilio; CHACEL, Fernando Magalhães. **SOLVAY INDUPA DO BRASIL. Iniciativa Solvin 2006: arquitetura sustentável**. São Paulo: Romano Guerra, 2006. 112p. ISBN 858858509x.

TEIXEIRA, Anelizabeth Alves. **Desempenho de painéis de bambus argamassados para habitações econômicas: aplicação na arquitetura e ensaios de durabilidade**. 2013. 223, [26] f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) —Universidade de Brasília, Brasília, 2013. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/14821>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2015). **Bambu e PET**. *Jornal Universitario on-line*. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/patobranco/estrutura-universitaria/assessorias/ascom/noticias/acervo/2015/maio/bambu-e-pet/>. Acesso em: 20/09/2016  
<http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/> acesso em 15/10/2016 às 16hs