

# RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES

Projeto de Pesquisa: PIBIC/2015-2016

**Título: Avaliação e desenvolvimento de componentes industrializados aplicados a construção de habitação de interesse social - etapa 2**

Bolsista: Sara Dotta Correa

Orientadora: Lisiane Ilha Librelotto

## Introdução

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 e de importância para a área. Com o intuito de buscar materiais alternativos para inserção na construção civil, de baixo custo e sustentáveis, a pesquisa voltou-se para o uso do bambu, associado com materiais recicláveis, entre outros. O bambu é uma madeira ecológica, que cresce rápido e tem grande resistência, além de existir em grande abundância na América Latina.

## Objetivos

Objetivou-se criar um protótipo pré-fabricado com bambu, que combinado com outros elementos, por exemplo, a garrafa pet, além de proporcionar um uso consciente para esse material reciclável, também oferece opções de impermeabilização e amarração para o bambu. A palha é outro exemplo que pode ser associado ao bambu para compor um elemento construtivo e sustentável, material esse que caiu em desuso com a popularização do concreto. É um elemento que permite uma construção ecologicamente correta, sendo um ótimo isolante térmico e acústico, além de ser viável economicamente.

O painel deve passar por uma análise do sistema construtivo e avaliação para verificação da viabilidade de produção industrial do mesmo. Será realizada a compilação dos exemplos construtivos mais significativos que resultarem da pesquisa, com vistas a sua aplicação na construção civil.

## Material e métodos

A espécie utilizada na pesquisa, para a construção do painel é *Bambusa Tuldooides*, que existe em abundância a cidade de Florianópolis, Santa Catarina. Abaixo, na Tabela 1 pode-se observar como procedeu-se a verificação da espécie da touceira, localizada nas dependências do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Santa Catarina – CA/UFSC.

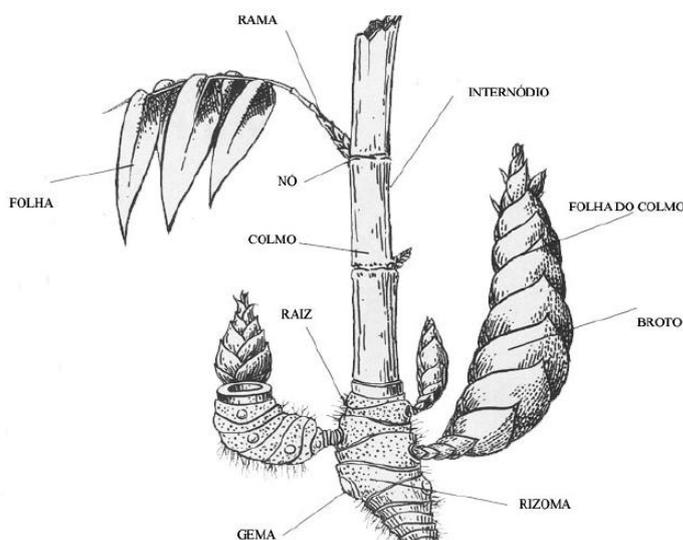
Tabela 1 Dimensões e massa de colmos de diversas espécies (valores médios)

Fonte: (SALGADO, 1994 apud TEIXEIRA, 2006)

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

Foi realizado poda da touceira no CA/UFSC com auxílio dos funcionários a serviço da Coordenação de Áreas Verdes da UFSC, que autorizou o recolhimento de 4 varas de *Bambusa Tuldoides* para a confecção do painel. A poda realizou-se pela manhã, no mês de fevereiro, após as varas escolhidas serem marcadas com fita. As varas selecionadas apresentavam líquens e cor verde escura e não possuíam sílica (talco) ou bainhas (folhas marrons), apontando bambu aptos para serem cortados. (A partir de 3 anos).

Partes do bambu - Figura 2



Fonte: (NMBA, 2004 apud TEIXEIRA, 2006)

Após poda os bambu foram limpos e lixados com lixa comum de parede, para retirada dos líquens, e colocados em uma piscina de tratamento, em uma mistura de ácido bórico e borax. na proporção 2kg de ácido bórico e 1kg de bórax para 100 litros de água. Como se utilizou 40 litros de água foi usado 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.

Com intuito de explorar o bambu e suas potencialidades, está sendo realizada revisão bibliográfica, de pesquisadores que se tem dedicado composições de painéis de bambu, e/ou pesquisa do uso do bambu

na construção civil. Ensaio mecânicos com essa espécie já foram realizados, conforme mostra a Tabela 2:

Tabela 2: Análise da espécie Bambusa Tuldóides

<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:	$\delta_s = 0,073 \text{ g/cm}^3$
Bambu Verde:	$\delta_u = 1,10 \text{ g/cm}^3$
<b>Teor de umidade:</b>	
Bambu Seco ao ar:	H% = 9,54
Bambu Verde:	H% = 89,11

Fonte: (ALVES, 2004 apud TEIXEIRA, 2006)

Abaixo podem ser observadas fotos (autorais) do processo de marcação das varas e poda.



Para colocação no tratamento, após limpeza, primeiramente furaram-se os nós com auxílio de furadeira elétrica. Os furos facilitam a penetração do líquido.



Após 3 dias, os bambus foram retirados da estação de tratamento e colocados para secar em local seco e arejado por 2 meses.

F foram realizados testes com diferentes materiais associados ao bambu e diferentes formas de agrupamento das varas e/ou tramas para que se alcance os os objetivos desejados. Foi sendo estudado o melhor encaixe nas laterais do painel e como se dará o revestimento do mesmo. Abaixo pode –se observar fotos (autorais) da estação de trabalho e das montagens realizadas no laboratório.



## Modelos de composição

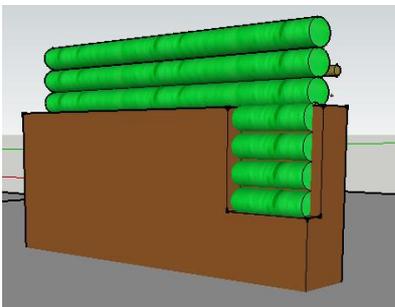
Considerando que oferecem soluções rápidas na construção, como por organização do canteiro de execução, economia de recursos e com qualidade elevada, os painéis de bambu vêm crescendo. O painel é uma das formas de bambu, pela sua rápida fabricação. Abaixo são mostrados alguns modelos possíveis de como o painel final será composto. Durante a revisão bibliográfica foram estudadas essas soluções que direcionaram a tomada de decisão e critérios analisados para a montagem final.



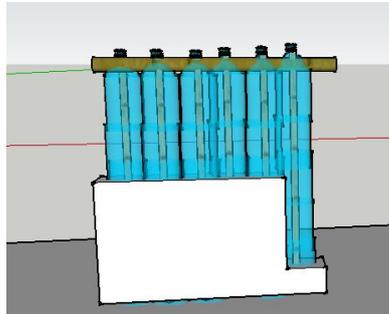
## de painéis

os painéis na construção civil e eficientes para os problemas na obra, como redução de resíduos, rapidez e agilidade, fácil acesso a recursos, entre outros, também a edificação seja executada em série e Assim, o uso do bambu na forma de amplamente, pesquisas mostram que o mais práticas e vantajosas de utilizar o produção, manejo e durabilidade, formas de corte, tratamento, conserva e podem-se observar alternativas para o painel final será composto. Durante a

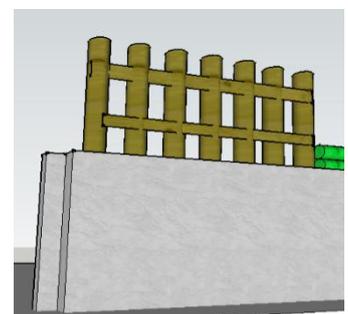
Bambus horizontais + terra



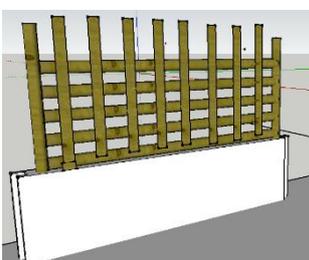
Bambus verticais+ pet+argamassa



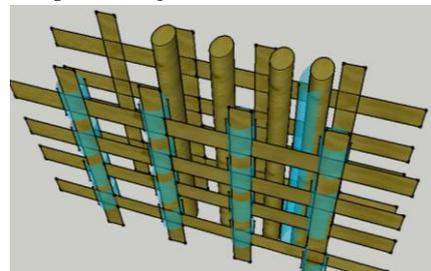
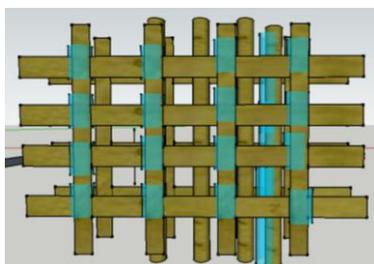
Bambu verticais +argamassa



Bambu em grelha +Solo cal



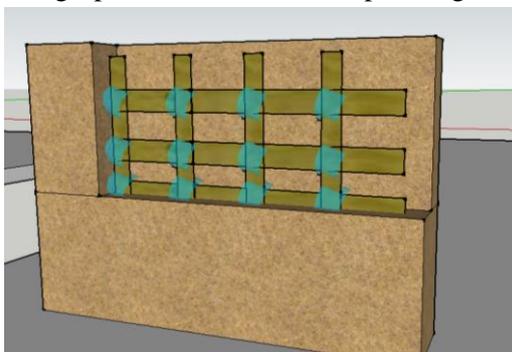
Bambu em grelha + pet na amarração + palha +argamassa



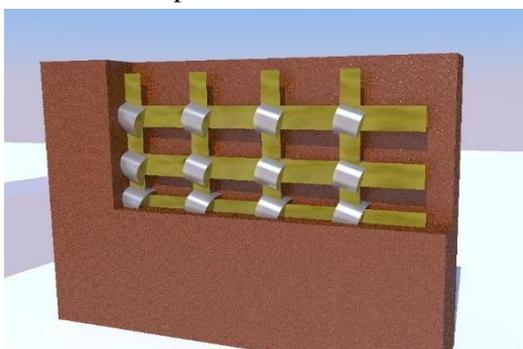
Fonte: Desenhos no Software Sketchup Make 2014 – elaborados pela bolsista

## A proposta do painel

Após estudos de composição e forma e busca por melhores resultados através da revisão bibliográfica, optou-se pelo modelo de painel. Foi projetado também no Software Google Sketchup, o modelo do painel com a trama de bambu + pet em seu interior, para obtenção de um prévio resultado do agrupamento entre bambu, pet e argamassa do tipo calfitice:



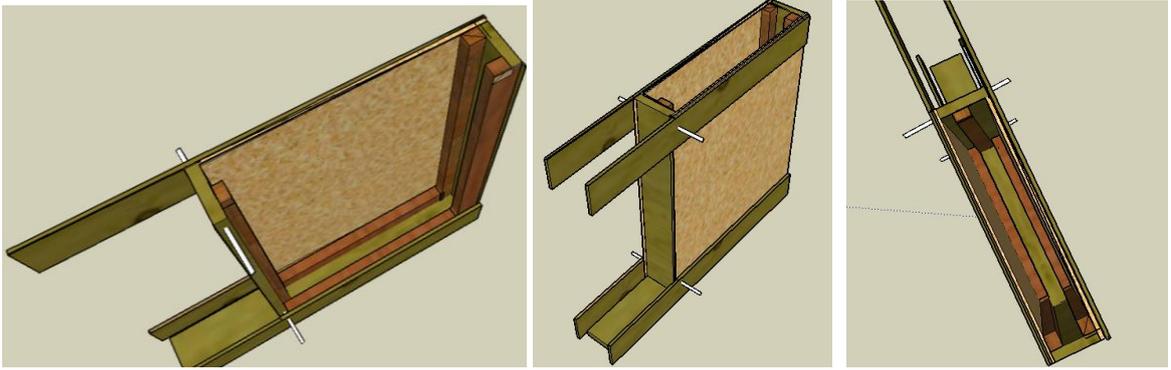
O resultado esperado, com vista do interior era:



### **A Forma do Painel**

Primeiramente, então, para a construção do painel de bambu e argamassa de Calfitice projetou-se uma forma nas medidas 50x50x10cm ( altura x largura x profundidade) no software Google Sketchup. A forma possui 0,025m<sup>3</sup>.

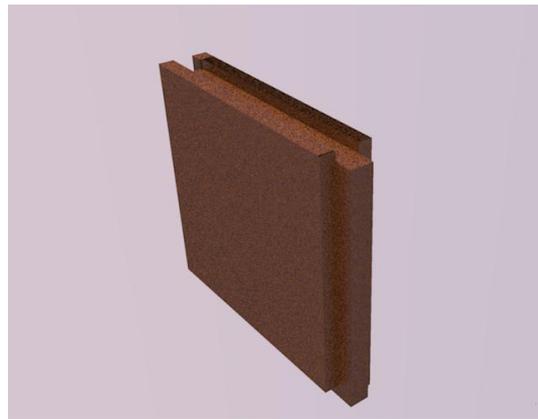
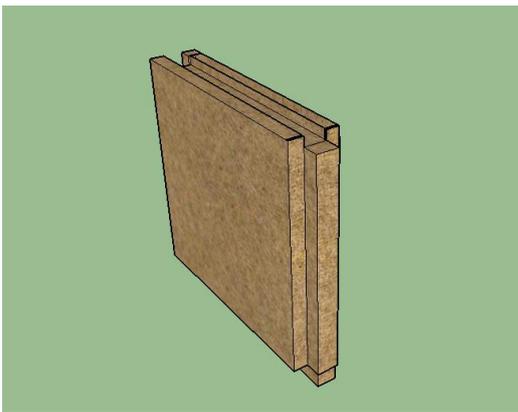
A forma foi projetada para ser inteiramente desmontável e ajustável para larguras maiores, com intuito de ser mais prática na ocasião de ser necessário um painel maior no momento da execução da edificação. A forma do painel possui madeiras de 3cm nas extremidades, para facilitar a montagem e o encaixe entre painéis já prontos. Nas figuras abaixo pode-se perceber o modelo da forma e os encaixes:



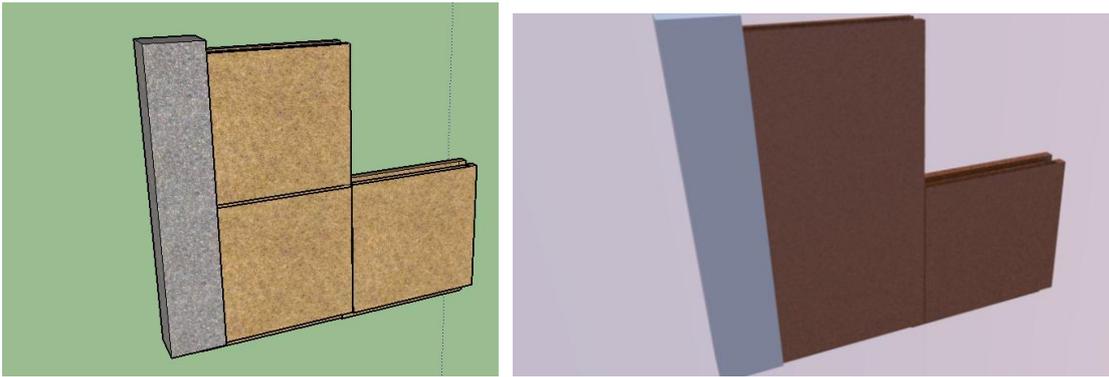
Encaixe:



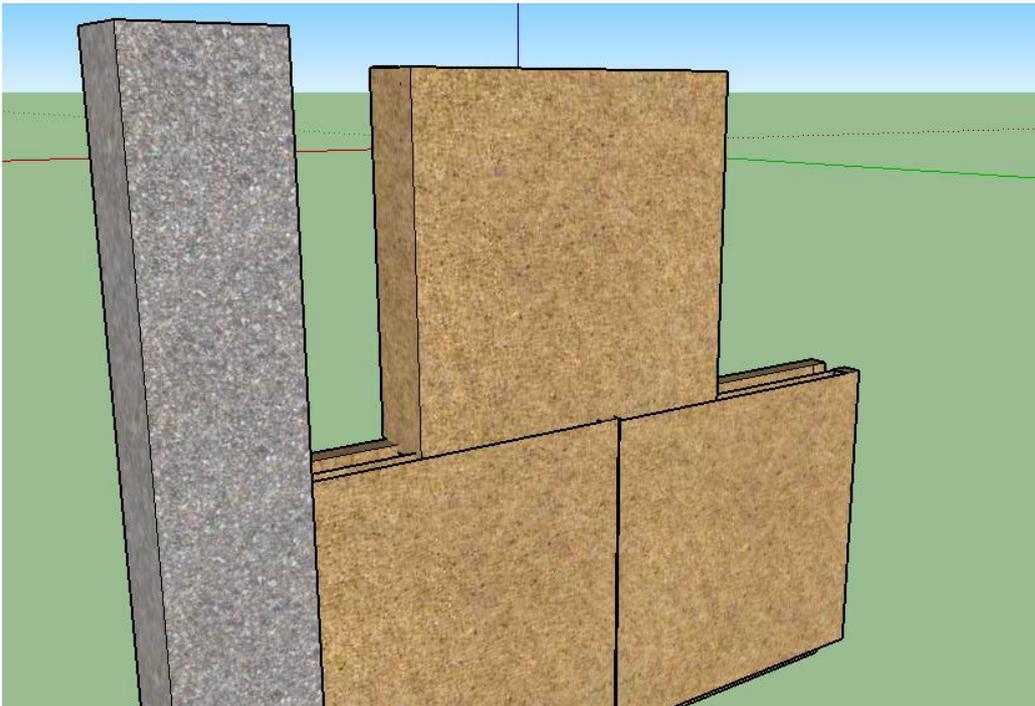
O painel pronto e desenformado, com os encaixes, resultaria na figura abaixo, sendo possível agrupá-los entre si através dos encaixes. Dado o fato da forma ser desmontável, a confecção de vários tipos de painel é possível, como a confecção de um painel que encontra um pilar por exemplo, como ilustra a figura.



Produto esperado após a retirada de formas



Painéis que se encaixam entre si, junção com pilar. No encaixe com o pilar, a madeira da forma é substituída por uma sem encaixes, formando um lado liso que se conecta ao pilar.



### **Argamassa tipo Calfitice + trama de bambu**

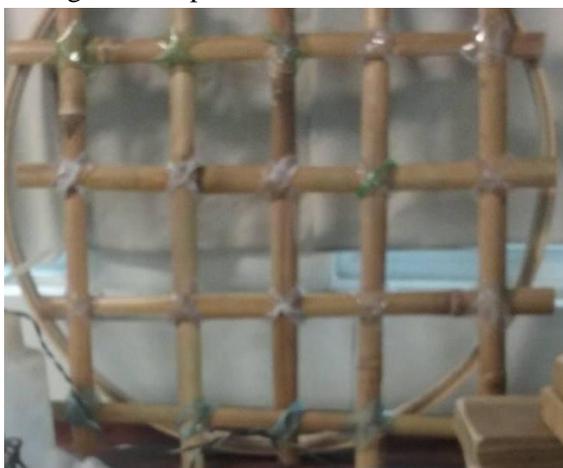
Como proposta para composição do painel, além da trama de bambu + pet, o fechamento proposto é uma argamassa do tipo calfitice, que é composta por cal, fibra, terra ( areia + argila, em porcentagens variáveis), e cimento ( cal + fibra + tierra + cemento em espanhol). Tem origem colombiana, onde foi aprimorada 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.

Assim, partiu-se para o corte das ripas de bambu para a confecção da trama. A trama foi construída com 9 ripas de bambu espécie Bambusa Tuldoíde, secos e tratados, sendo 4 ripas na vertical e 5 ripas na horizontal. As garrafas pet de 250mlde água mineral foram cortadas em tiras e colocadas no encontro entre duas ripas, formando uma junção. Posteriormente as tiras de pet foram derretidas com um soprador térmico, por cerca de 1 minuto de aquecimento, dessa forma elas se tornaram fixas e rígidas na junção entre as ripas. Abaixo as fotos ilustram

a serragem das ripas na serra tico-tico de bancada, a trama já confeccionada e o detalhe da junção com pet.



Serragem das ripas



Trama confeccionada



Detalhe junção entre ripas com pet já aquecidas com soprador térmico

Assim, com a trama confeccionada, partiu-se para o estudo da terra e demais materiais que compõem a Calfitice. Para obter a composição e porcentagens de areia, silte e argila do solo, foram analisadas as granulometrias de dois tipos diferentes de solo, segundo a NBR 7181:1984 (ABNT, 1984b)

resultando em diferentes classificações do mesmo. Ensaio de caracterização são fundamentais para a construção com terra.

Para a análise da granulometria do solo, foi utilizado um jogo Peneiras Granulométricas em aço Inox - GRANUTEST :

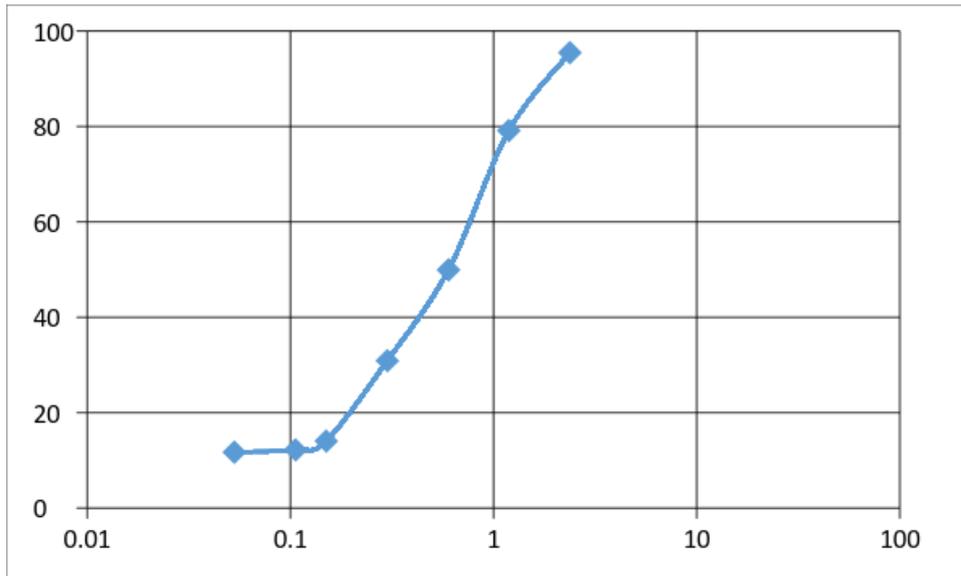


O peneiramento foi manual e na seguinte ordem de diâmetro de peneiras, de modo a obter as porcentagens retidas em cada uma: 4,38mm > 2,38mm > 1,19mm > 0,6mm > 0,3mm > 0,15mm > 0,106mm > 0,053mm.

Assim para a Terra 1 as porcentagens retidas foram:

PENEIRA	Abertura (mm)	Massa Retida(g)	Fração Retida	Porcentagem Retida	Fração Passante	Porcentagem Passante %
4	4,8	0	0	0	100	100
8	2,38	22,64	0,04528	4,528	0,95472	95,472
16	1,19	81,72	0,16344	16,344	0,79128	79,128
30	0,6	145,92	0,29184	29,184	0,49944	49,944
50	0,3	95,28	0,19056	19,056	0,30888	30,888
100	0,15	84,18	0,16836	16,836	0,14052	14,052
140	0,106	9,24	0,01848	1,848	0,12204	12,204
	0,053	2,49	0,00498	0,498	0,11706	11,706
Fundo		58,53	0,11706	11,706	0	0
		500				

Curva granulométrica Terra 1



Areia ( fina, média, grossa)	$0,06 < d < 2$	88,30%
Silte	$0,002 < d < 0,06$	11,70%

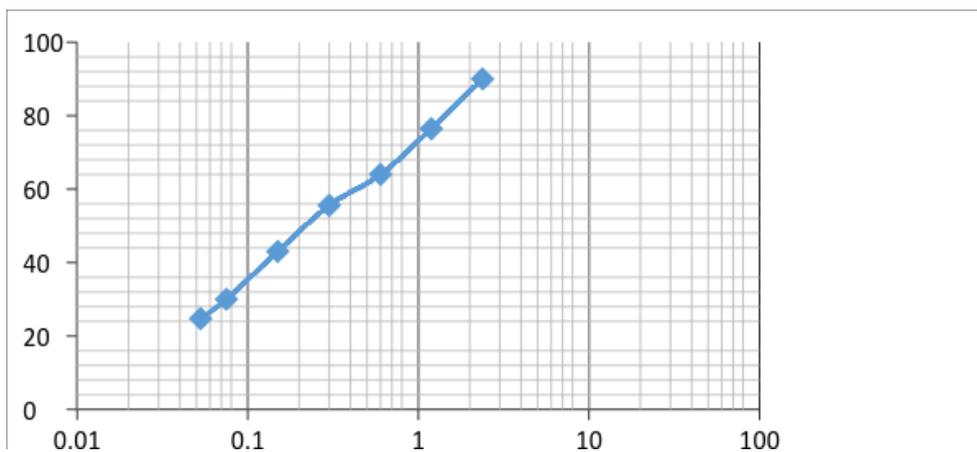


Porcentagens retidas nas peneiras Terra 1

Para Terra 2 as porcentagens retidas foram:

PENEIRA	Abertura (mm)	Massa Retida(g)	Fração Retida	Porcentagem 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
Fundo		49,5	0,2475	24,75	0	0
		200				

Curva granulométrica Terra 2

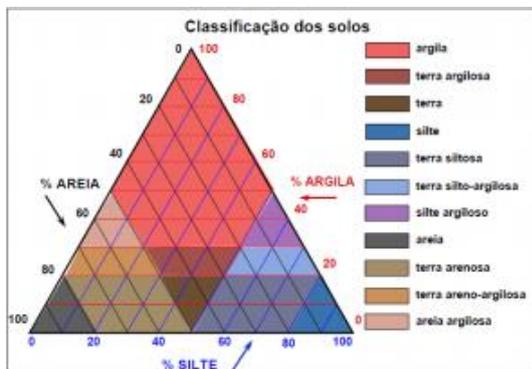


Areia ( fina, média, grossa)	0,06<d<2	75,25%
Silte	0,002<d<0,06	24,75%



Porcentagens retidas nas peneiras Terra 2

De acordo com o gráfico de classificação de solos e a tabela de dimensão de partículas abaixo, a Terra 1 é classificada como areia, já a Terra 2 é classificada como terra areno-argilosa.

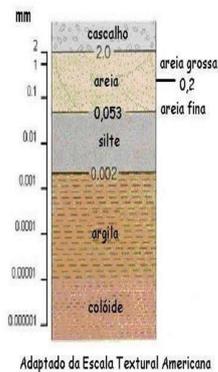


Fonte: Moran (1984) apud Santos (2015)

Nomenclatura e dimensão das partículas (mm)
20,0 < Pedregulho grosso < 60,0
6,0 < Pedregulho médio < 20,0
2,0 < Pedregulho fino < 6,0
0,6 < Areia grossa < 2,0
0,2 < Areia média < 0,6
0,06 < Areia fina < 0,2
0,002 < Silte < 0,06
Argila < 0,002

Fonte: (ABNT, 1984b).

### Classificação dos Solos: Textura do Solo



Classificação da textura dos solos de acordo com as frações granulométricas.	
Textura	Valores
Arenosa	argila+silte menor que 15%
Média	argila de 15 a 35%
Argilosa	argila maior que 35 até 60%
Muito argilosa	argila maior que 60%

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. A 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.



Foram elaborados corpos de prova de argamassa Calfitice com as duas terras analisadas, 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.



Foto do modelo para corpo de prova



Preparo da mistura para o corpo de prova em calfitice



Fotos corpos de prova, terras 1 e 2.

Após 7 dias, os corpos de prova foram desformados e obteve-se diferentes texturas, pesos e colorações. O corpo de prova da Terra 1 pesou 225g, já a Terra 2 pesou 283g. A Calfitice da Terra 1 resultou em um corpo liso e leve e consistente. Já a terra 2 formou um corpo mais pesado, com algumas falhas e com aspecto macio. Dado o fato que a Terra 1 era composta por cerca de 90% de areia, que, segundo a NBR 6502 é um material sem coesão e plasticidade, o

que pode leva o corpo a partir-se ou desfazer-se com facilidade, optou-se por misturar as duas terras, obtendo-se assim um solo com cerca de 70% areia e 30% de silte, resultando um solo classificado como areia argilosa.

Foi realizado também, testes de copo

Em posse da classificação do solo, foi preparada a argamassa Calfitice na seguinte proporção: (segundo a proporção do Eng. Luis Carlos Rios)

Terra ( 30% silte, 70% areia) – 25kg

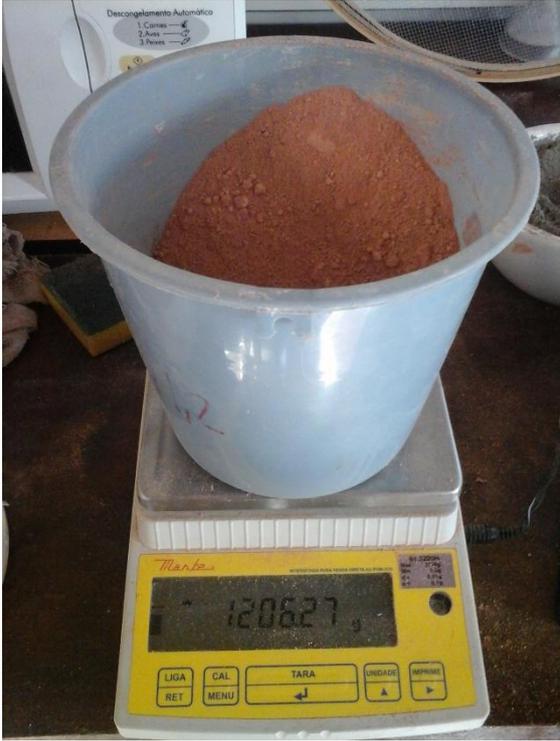
20% cal hidratada– 5kg

10% cimento CPI – 2,5 kg

5% fibra vegetal ( palha de arroz)

Água até obter pasta firme (16 litros)

Os materiais foram pesados em balança e acrescentados na mistura, posteriormente tudo foi misturado e foi acrescentado água até obter o ponto de pasta firme.





Após misturados, foi acrescentado a palha:



A argamassa de calfitice foi misturada manualmente com auxílio de uma enxada, por cerca de 20 minutos. Aplicou-se desmoldante DESMOL (proporção 1:5) à forma do painel e aguardou-se 1 hora de secagem para iniciar a colocação do material.



O despejo da argamassa no interior da forma foi feita manualmente com auxílio de uma concha. A compactação foi feita manualmente de igual forma, com auxílio de uma vara 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, na parte do meio.



Por fim, argamassa preencheu toda a forma, e assim colou-se a tampa.



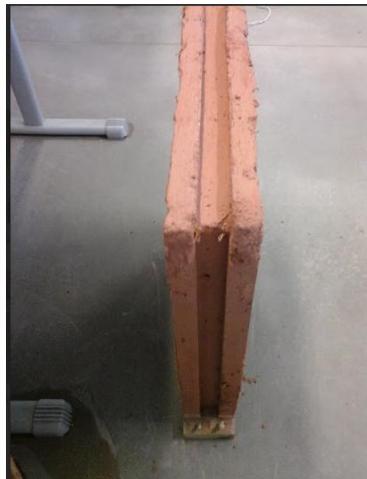
A mistura foi suficiente para encher 0,025m<sup>3</sup> da forma.  
Após 7 dias de secagem, a forma foi retirada:



Painel sendo desenformado

### Resultados e considerações

Abaixo pode-se observar algumas fotos do painel após a desforma, seus aspectos e textura.



O painel tem um acabamento suave em ambos os lados, com algumas imperfeições quanto pequenas bolhas de ar que são atribuídas à dificuldade foi a compactação das camadas de argamassa no molde durante a fabricação. No entanto, a principal observação é que o peso do painel em relação as suas dimensões, torna difícil o manuseio.

### **Recomendações**

A quantidade de terra usada pode ser reduzida, tanto para reduzir o peso do painel a 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 incluído 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 facilitar o desenvolvimento da argamassa de calfitice, a sua vibração e compactação no interior do molde; isso iria reduzir o tempo de fabricação.

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, no entanto, que 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 um 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.

### **Conclusões finais**

A oportunidade de participar de um projeto de pesquisa foi de grande valia para o amadurecimento na minha vida acadêmica, permitindo a agregação de conhecimento na área de tecnologias e de sustentabilidade na construção civil. A pesquisa tem me colocado diante de novas situações, como participar de Congressos, como o IV Encontro de Sustentabilidade em Projeto, onde tive um artigo aceito para apresentação oral, com foco em avaliação da sustentabilidade. Também está

sendo uma grande oportunidade para interagir com alunos da Pós-graduação, que atuam nessa área, proporcionando um aprendizado e experiência única de troca de conhecimento. Tenho conhecido pesquisadores que atuam na área de Bambu de outras universidades e estive em palestras sobre os benefícios e novas soluções para o uso do bambu na construção civil. O ENSUS 2016 recebeu pesquisadores da UTFPR que ministraram palestras de grande valia para a pesquisa. O manejo do bambu e a preparação da argamassa para construção do painel foi um desafio muito enriquecedor, poder participar da realização prática de um elemento construtivo e pensar em uma solução para a melhoria do mesmo é algo de extrema importância dentro de um curso de Arquitetura e Urbanismo. Por isso essa pesquisa me permitiu enxergar com outros olhos esses processos e tentar torna-los o mais prático possíveis.

## **Agradecimentos**

Ao CNPq pela bolsa PIBIC e Prof<sup>a</sup> Lisiane Ilha Librelotto pela orientação.

## **Referências**

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>>

Teixeira, A. (2013). Desempenho de painéis de bambus argamassados para habitações econômicas: aplicação na arquitetura e ensaios de durabilidade. Universidade de Brasília, Brasil. <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: 30 Jul. 2016.

<http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/>

acesso em 09/08/2016 às 16hs.