

Bambu, um material alternativo para trilhar caminhos conscientes e sustentáveis

Bamboo, an alternative material to tread conscious and sustainable paths

Juarez Ramos da Silva^{1, 2}, Greice Hellen de N. Barbalho¹

¹Universidade Santa Cecília - UNISANTA

Departamento de Exatas – Mestrado em Engenharia Mecânica

²Universidade Católica de Santos - UNISANTOS

Departamento de Exatas – Bacharelado em Engenharia Civil

{greiceengenharia@gmail.com , juarezramosdasilva@gmail.com}

Resumo. Habitação de baixo custo é uma constante problemática em vários países emergentes, sendo a moradia uma condição básica para o Homem. Mesmo com os grandes centros urbanos crescendo e modernizando-se, ainda sim os problemas sociais e habitacionais estão cada vez mais agravados. Sendo muito oneroso, utilizar o concreto como material construtivo primordial para essas residências, onde além do alto custo, existem também problemas ambientais ocasionados desde o processo de fabricação do cimento, que acabam poluindo o meio ambiente e são responsáveis por impactos ambientais relevantes e elevado consumo energético em seu processo de transformação e fabricação. Surge então como uma alternativa viável para minimizar essas problemáticas, o bambu. Sendo este um recurso renovável, plenamente disponível e com custo acessível. Então esse é o momento de materializar e construir com esse material simples e nobre, com grande potencial sustentável e contribuindo para a preservação do planeta Terra. O bambu não aspira substituir ou excluir os costumes e práticas construtivas atuais, mas se coloca como uma alternativa viável para aqueles que pretendem trilhar por caminhos mais conscientes e sustentáveis.

Palavras-chave: habitação, bambu, sustentável.

Abstract. Low-cost housing is a constant problem in several emerging countries, being a unique source for Man. The main building of modernization, modernism, still, the social problem and boomers are not aggravated. Being very costly, use concrete as primordial constructive material for these residences, where in addition the high cost, the same problems are caused by the cement manufacturing process, energetic in its process of transformation and manufacturing. It then emerges as a viable alternative to silence these problems, the bamboo. Being this a renewable resource, complete available and with affordable cost. What is the time to materialize and build with this simple and noble material, with great sustainable potential and contribution to the conservation of planet Earth. Bamboo does not aspire or exclude current customs and constructive practices, but it is as a viable alternative for those who wish to tread on more conscious and sustainable paths.

Keywords: housing, bamboo, sustainable.

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade

Vol. 8 no 1 – Dezembro de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>
E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

“As mudanças climáticas são a tela sobre a qual a história do século XXI será pintada” (LYNAS, 2008). Quem se previne com antecedência arma-se com antecedência, onde podemos raciocinar que o mal é menos mal se previsto, e o bem, é bem melhor se antecipado.

O concreto é um material muito empregado na construção civil, sendo este a resultante da mistura em quantidades dimensionadas, contendo agregados (areia e pedra), aglomerante (cimento) e água, onde em alguns casos para o aumento da resistência ou outras propriedades e características, pode-se acrescentar aditivos ou adições que modificam as características mecânicas e físicas.

A mistura do concreto é realizada por betoneiras eletromecânicas ou manualmente, no próprio canteiro, onde após a mistura, o concreto fresco precisa possuir plasticidade suficiente para o manuseio, transporte e lançamento em formas, contraindo assim resistência e coesão durante o tempo e processo de cura, devido às reações que acontecem entre água e aglomerante.

Dados da Nações Unidas (1995) apontam que a construção civil consome 40% de toda energia, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 25% da água e ocupa 12% das terras. Quanto às emissões atmosféricas, a construção civil responde por 1/3 do total de emissões de gases de efeito estufa, notadamente o CO₂. Com base na necessidade corroborativa para com a sustentabilidade da Terra, acaba sendo imprescindível a utilização de matérias que não comprometam o meio ambiente, e neste ponto o bambu pode ser uma possível saída para a preservação do planeta.

Sendo o bambu um recurso renovável, com crescimento rápido e possuindo as características necessárias para aplicação em obras e arquitetura, pois suas fibras possuem considerável resistência mecânica, suportando principalmente aos esforços de tração quando solicitadas em um sistema construtivo com papel estrutural, comprovadas em diversas pesquisas e estudos, que também apontam a viabilidade técnica, ambiental, social e econômica para o seu uso singular como material construtivo.

O bambu (taquara ou taquari) é muito utilizado desde longa data pelos índios nativos do Brasil, e com isso tornou-se um dos materiais mais antigos e populares empregados nas habitações, utensílios, armas e artesanatos. Porém, o uso e a aplicação do bambu se iniciou em meados do século XV, onde os colonizadores portugueses trouxeram a cultura de uso ao Brasil, porém o desenvolvimento dessa tecnologia própria, como material de qualidade construtiva somente ocorreu nas últimas três décadas, quando se iniciou a discussão mundial sobre a sustentabilidade. Na engenharia civil e arquitetura sua aplicação ocorreu a partir de 1987, porém de uma maneira tímida e discreta, onde passou a ser utilizado em variadas obras brasileiras.

A aplicação do bambu nas múltiplas áreas da engenharia, é uma alternativa para o desenvolvimento socioeconômico justo e equilibrado, pois esta gramínea sequestra dióxido de carbono (CO₂) e libera oxigênio (O₂) na atmosfera (Beraldo e Pereira, 2016. p.57), favorecendo a manutenção ambiental do planeta. Na construção civil o bambu pode ser aplicado parcial ou totalmente no lugar de materiais convencionais como o concreto, aço e madeira, visto que este possui grandes atributos de resistência e durabilidade, superando ou equivalendo-se aos materiais mais utilizados como o concreto, porém o bambu coopera com o meio ambiente ao contrário do concreto. Atualmente os países asiáticos são os maiores disseminadores da cultura de utilização

do bambu, com majestosos modelos de edificações vernaculares, usando o material em sua forma natural. Mas ultimamente, na América Latina, em países como a Costa Rica, Colômbia e Equador, possuem projetos e obras bem-sucedidos, desde edifícios de grande porte como hotéis, pavilhões de exposições, igrejas até residências populares com finalidade social.

Diante de tantas qualidades proporcionadas por uma planta, é de extrema importância que esta seja difundida em cenários acadêmicos, técnicos, sociais, culturais e políticos e principalmente nas Normas Brasileiras (NBRs da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas), onde a carência de uma Norma própria e específica, se faz necessário para amparo técnico e normativo, pois sua inexistência impede a evolução e aplicação desse material sustentável no Brasil. Portanto, se faz urgente um maior número de pesquisas e testes sistemáticos envolvendo o bambu, para enriquecimento prático, de forma a propor adaptações, melhorias e aprimoramento desta planta, que de acordo com Beraldo e Pereira (2016. p.103) possui milhares de usos catalogados para o bambu. Assim, esse artigo tem o objetivo de cooperar com a arquitetura e engenharia sustentável, difundindo e anunciando o bambu como um material que atua com responsabilidade socioambiental, que pode sim, mudar para melhor as práticas construtivas e auxiliar na preservação ambiental e mitigar o *stress* ambiental que passamos.

1. Surgimento do bambu e concreto

A espécie vegetal conhecida vulgarmente por bambu pertence à família das *Gramineae* e apresenta mais de mil espécies espalhadas pelo mundo, conforme explica Beraldo e Pereira (2016. p.88). A maioria das espécies encontra-se distribuída nos Continentes Asiático e Americano, sendo a Ásia o maior centro de biodiversidade do bambu e a América do Sul a detentora da maior floresta de bambus.

Recentemente foram introduzidos no Brasil os gêneros *Sasa* e *Phyllostachys*, trazidos por imigrantes asiáticos. Ambos são bambus de crescimento alastrante, ou seja, se alastram por entre a área plantada, sendo o *Phyllostachys pubescens*, popularmente conhecido como Mosô, a fonte de renda para construtores em bambu, visto que seu uso é muito empregado na construção civil, devido sua grande resistência.

O concreto contemporâneo empregado na construção de distintos tipos de estrutura, é produto do trabalho de inúmeros homens, que no decurso de milhares de anos analisaram a natureza e se aprimoraram por melhorares técnicas, formas estruturais, materiais e teorias. O concreto, marca digital da Humanidade nos séculos XX e XXI é a tentativa de criar a "rocha artificial", com as vantagens de plasticidade e flexibilidade de moldagem ao nosso bel prazer, aliados a resistência e durabilidade e custos acessíveis. Todavia, há o viés ambiental, não atendido por esse material.

2. Comparativo do gasto energético para produção do bambu e concreto

Na Terra, a biografia do movimento sustentável está intrinsecamente associada à produção industrial e seus impactos ao meio ambiente e à saúde humana. Parte do trabalho da construção institucional em torno do meio ambiente foi permeada por questões decorrentes como poluição, degradação, gasto energético e entre outros.

Com base nesses fatores a inclusão do bambu no meio construtivo, colabora para com os aspectos de consumo energético, pois para sua produção o gasto energético é praticamente nulo ao se comparar com materiais convencionais como o concreto.

Em 1992, o Professor Ghavami, realizou um estudo comparativo de gasto energético do bambu com as matérias-primas mais utilizadas na engenharia civil, onde o resultado comprova a eficiência energética ao se trabalhar com essa planta como material construtivo.

O experimento foi realizado através da prerrogativa da energia consumida em Mega Joule (MJ), para a produção de 1 m³ de unidade de tensão do: aço, bambu, concreto e madeira. Analisando os dados do autor, o concreto gasta 8 vezes mais energia que o bambu, se comparar com o aço esse valor passa a ser 50 vezes maior, para uma melhor visualização e com embasamento nos valores alcançados pelo autor citado, ilustrou-se a Figura 1.

Figura 1. Comparativo de gasto energético.



Fonte: Autores, 2018.

Em vista da economia de energia apresentada na produção do bambu, tem-se a sucinta análise de que as suas aplicações em obras minimizariam os gastos energéticos, tornando assim uma possível alternativa para as crises energéticas que o Brasil tem enfrentando sucessivamente nas últimas décadas. Com essa qualidade e vantagem competitiva, o grau de viabilidade econômica e ambiental aumentam, quando comparado aos materiais mais utilizados nos projetos de arquitetura e engenharia civil.

3. Materiais e métodos para confecção dos CPs de bambu e concreto

Para os ensaios nos Corpos de Prova, foram confeccionados 4 CPs de forma cilíndrica (aproximada) de bambu e mais 4 CPs cilíndricos de concreto. Para posteriormente realizar os ensaios de cargas axiais centradas e distribuídas nos corpos de provas.

Confecção dos Corpos de Prova de concreto: Utilizou-se 3 kg de cimento CII F32, 9,5 kg de pedrisco de 4,8 mm a 9,5 mm e 3,5 kg de areia seca e 4,5 litros de água. Para misturar o material utilizou-se uma betoneira elétrica Zanooni série 03 modelo 120. Conforme a Figura 2 demonstra.

Figura 1. Separação dos materiais para confecção do concreto.



Fonte: AUTORES, 2018.

Para iniciar o processo de montagem dos corpos de prova do concreto é importante seguir as premissas da NBR 5738 - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto - Método de ensaio, a NBR 67:1998 - *Slump Test* ou Teste de abatimento e a NBR 5738:2015 - Concreto procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

Para a determinação da consistência da massa do concreto é realizado o *Slump Test* em que é medido o fluxo, ou seja, a mobilidade da massa do concreto (fluidez, não resistência), o *Slump* é a medida do seu "abatimento" ou achatamento realizado no ensaio, conforme a Figura 3.

Figura 3. *Slump Test*.



Fonte: AUTORES, 2018.

Posteriormente aplicou-se óleo mineral internamente nas formas cilíndricas de 20x10 cm, para que os CPs pudessem ser desformados sem comprometer o concreto (evitar agarramento lateral).

Durante todo o processo de montagem dos CPs, utilizou-se com base a NBR 5738 de 2015 - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto - Método de ensaio.

Após 24 horas desformou-se os corpos de prova, retirando-os da forma e colocando-os em uma câmara úmida, para a cura do concreto ao longo de 28 dias, consoante com a NBR 9479 de 1993 - Câmaras úmidas para cura de corpos-de-prova de cimento e concreto - Especificação.

Confeção dos Corpos de Prova de bambu: Como não existe normatização no Brasil para os bambus, foi necessário usar como base a NBR 5738 de 2015 - Concreto procedimento para moldagem e cura de Corpos de Prova, que descreve que qualquer

CP cilíndrico deve possuir a altura com o dobro do diâmetro ($H = 2 \varnothing$), assim então ensaiou-se CPs com 20 cm de comprimento e diâmetro (\varnothing) de 10 cm.

O método utilizado foi cortar uma vara de bambu Mosô, aproveitando sua estrutura circular, para simular o CP cilíndrico. Após o corte esse bambu passou 14 dias imerso em 10 litros de água, para reduzir a quantidade de amido de milho no material. Posteriormente esses CPs de bambu ficaram mais 14 dias expostos à luz solar para ocorrer a secagem dos mesmos.

4. Ensaio de compressão do bambu x concreto

A resistência do concreto é realizada pela técnica do ensaio de compressão axial, que deve ser embasada pela NBR 5739 de 2007 - Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, para tanto aplicou-se a mesma norma para o bambu, reforçando que o mesmo não possui uma NBR da ABNT, por isso seguiu-se os mesmos ensaios do concreto, até mesmo para avaliar o comportamento de ambos naquele esforço por similaridade e equivalência do método.

Os ensaios de compressão são empregados quando se almeja avaliar o comportamento, de um material submetido a grandes e permanentes deformações na fase elástica, passando posteriormente à fase plástica com colapso do CP. Basicamente este ensaio consiste na aplicação de uma carga compressiva uniaxial, ou seja, uma força axial para dentro, que é disseminada de maneira uniformemente distribuída em toda seção transversal do Corpo de Prova (Tensão = Força/Área, em MPa).

Iniciou-se o rompimento após 28 dias de cura de ambos os CPs de bambu e concreto. Após os testes, tem-se os resultados abordados nas Figuras 4 e 5.

Figura 4. Ensaio de compressão no bambu e seus respectivos resultados em toneladas.



Fonte: AUTORES, 2018.

Figura 5. Ensaio de compressão no concreto e seus respectivos resultados em toneladas.



Fonte: AUTORES, 2018.

5. Análise dos resultados obtidos

Com os valores obtidos nos ensaios de compressão axial nos 8 CPs de bambu e de concreto, juntamente com os valores dos diâmetros das peças de bambu Mosô, foram obtidas as áreas, e com isso foi possível obter os valores em Mega Pascal (MPa) que é a unidade de medida padrão em ensaios científicos conforme as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Resultados em MPa dos CPs com o material bambu. (AUTORES, 2018).

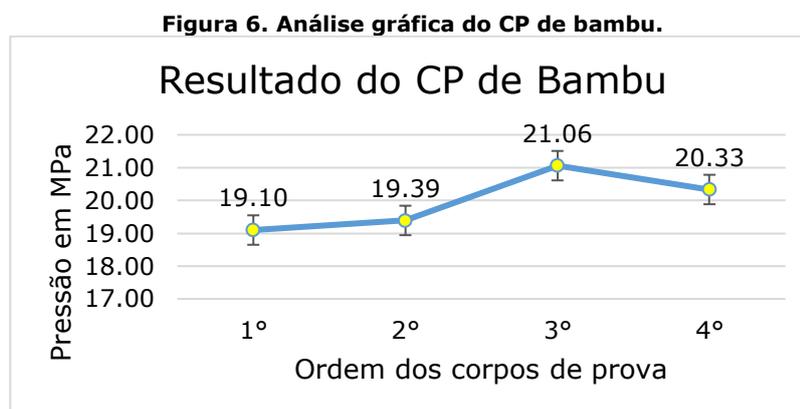
| CORPO DE PROVA (CP) DE BAMBU | | | | | | | |
|------------------------------|----------|-------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|
| (1 tf = 1000 Kgf) | | (0,10 Kgf = 1 N) | | (1 N/m ² = 1 Pa) | | (10 ⁶ Pa = 1 MPa) | |
| Nº do corpo de prova | Força tf | Diâmetro cm | n*d ² / 4 Área cm ² | Conversões | | | |
| | | | | Pressão tf/cm ² | Pressão em kgf/cm ² | Pressão N/m ² | Pressão em MPa |
| 1º | 15,00 | 10,0 | 78,54 | 0,19 | 190,99 | 19098548,51 | 19,10 |
| 2º | 15,23 | 10,0 | 78,54 | 0,19 | 193,91 | 19391392,92 | 19,39 |
| 3º | 16,54 | 10,0 | 78,54 | 0,21 | 210,59 | 21059332,82 | 21,06 |
| 4º | 15,97 | 10,0 | 78,54 | 0,20 | 203,34 | 20333587,98 | 20,33 |

Tabela 2. Resultados em MPa dos CPs com o material bambu. (AUTORES, 2018).

| CORPO DE PROVA (CP) DE CONCRETO | | | | | | | |
|---------------------------------|----------|-------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|
| (1 tf = 1000 Kgf) | | (0,10 Kgf = 1 N) | | (1 N/m ² = 1 Pa) | | (10 ⁶ Pa = 1 MPa) | |
| Nº do corpo de prova | Força tf | Diâmetro cm | n*d ² / 4 Área cm ² | Conversões | | | |
| | | | | Pressão tf/cm ² | Pressão em kgf/cm ² | Pressão N/m ² | Pressão em MPa |
| 1º | 10,38 | 8,5 | 56,75 | 0,18 | 182,91 | 18290748,90 | 18,29 |
| 2º | 12,92 | 10,0 | 78,54 | 0,16 | 164,50 | 16450216,45 | 16,45 |
| 3º | 13,82 | 10,0 | 78,54 | 0,18 | 175,96 | 17596129,36 | 17,60 |
| 4º | 14,57 | 10,0 | 78,54 | 0,19 | 185,51 | 18551056,79 | 18,55 |

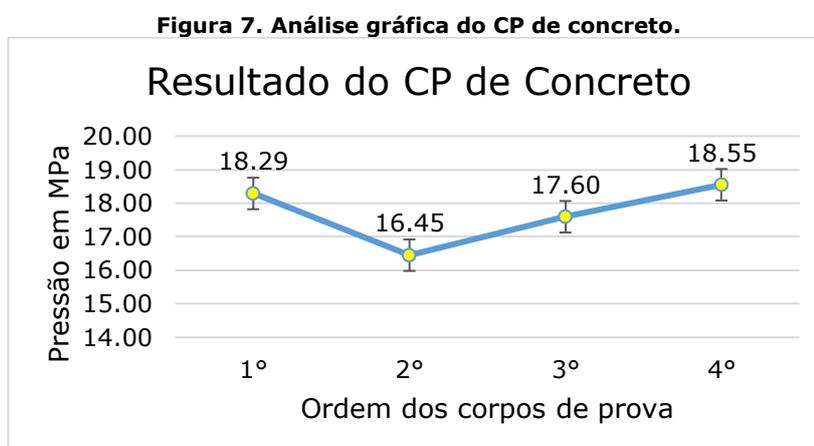
Analisando os resultados obtidos nos ensaios a curva média de tensão x deformação do corpo de prova de concreto situou-se na faixa de 17,72 MPa, enquanto que no bambu a faixa de rompimento situou-se em 19,97 MPa, ou seja, a uma diferença de 2,25 MPa do bambu para o concreto, demonstrando a eficiência mecânica.

Observando o gráfico da Figura 6, é possível verificar uma curva quase linear, onde os resultados não tiveram grandes diferenças entre si, variando do menor ao maior valor de pressão em 1,96 MPa.



Fonte: AUTORES, 2018.

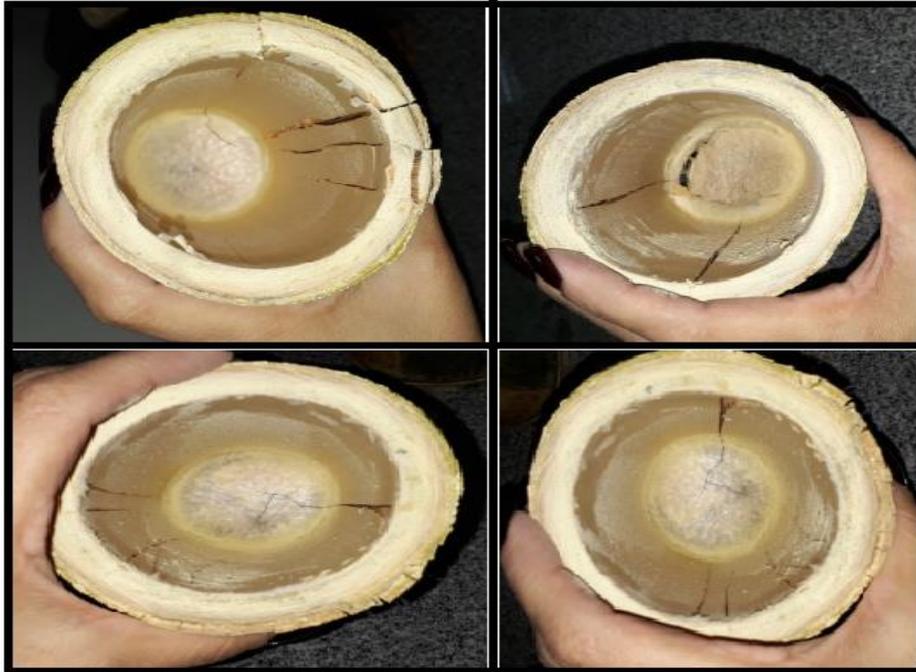
Observando o gráfico da Figura 7, é possível verificar uma curva não linear, onde os resultados tiveram grandes diferenças entre si, variando do menor ao maior valor de pressão em 2,10 MPa.



Fonte: AUTORES, 2018.

Após os ensaios de compressão axial, foi possível observar que durante o carregamento axial no bambu, os CPs não apresentaram redução de altura, em contrapartida houve a saturação das peças de bambu, em sua maioria nos colmos e nas paredes internas, nas quais é possível visualizar os pontos em que os CPs romperam na aplicação da maior carga axial, conforme a Figura 8 demonstra.

Figura 8. Rompimento do CP de bambu.



Fonte: AUTORES, 2018.

Após os ensaios de compressão, foi possível observar que durante o carregamento axial no concreto, os CPs apresentaram redução de altura, houve cisalhamento nas peças, que é possível visualizar nos pontos em que os CPs colapsaram e o momento de maior carga axial nos CPs, conforme a Figura 9 demonstra.

Figura 9. Rompimento do CP de concreto.



Fonte: AUTORES, 2018.

6. Conclusão

Compreendendo o peso e importância do setor da construção civil na economia (cerca de 6,2% do PIB Brasileiro – FIBRA, 2017), e a importância da diminuição do custo das obras, mantendo a qualidade esperada e sua parcela de contribuição na mitigação dos problemas ambientais, o bambu pode contribuir para esse tipo de construção sustentável.

Onde a resistência mecânica superou o concreto de 22,5 MPa, uma característica marcante é a minimização dos gastos com energia fato que colabora com a manutenção e preservação do planeta Terra.

O bambu possui ampla potencialidade arquitetônica e estética, além de ser um material renovável e muito versátil, qualidades que não se encontra no concreto, visto que o mesmo não é renovável.

Apesar de ser uma planta, contribui diretamente para a redução do consumo de madeiras nativas, que usualmente são aplicadas em estruturas de coberturas, pisos, escadas e entre outros.

O desempenho do bambu no âmbito ecológico, revela-se como um adequado recurso a ser aplicado pela Arquitetura e Engenharia brasileira.

Em suma pode-se considerar que o bambu possui resistências para ser empregado em todas as etapas da construção civil, bem como substituir o concreto em algumas aplicações, de forma parcial ou total, o que fará a obra mais sustentável e natural.

Nesse sentido, este artigo buscou apresentar o potencial construtivo do bambu, com a finalidade de demonstrar uma nova forma, dentre outras já existentes como o concreto, a fim de alcançar a mesma produtividade a partir de materiais de baixo impacto ambiental e pegada de carbono. Além disso, estimulando a construção arquitetônica mais consciente, com a intenção global de preservação de recursos energéticos e naturais, com foco na sustentabilidade e melhor qualidade de vida.

Referências

- ANDRADE, L. R. M. **Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes**. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, R. Cerrado: correção do solo e adubação. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 416 p.
- BERALDO, L.A. e PEREIRA, R.A.M. **BAMBU DE CORPO E ALMA**. Canal 6 Editora. Bauru-São Paulo, 2016. p.52 – 252.
- FIBRA, 2017: <https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil>. Acesso em 30/10/2018.
- GHAVAMI, K. Bambu: **Um material alternativo na Engenharia**. In: Revista do Instituto de Engenharia. São Paulo: Engenho Editora Técnica, 1992, n.192, 13-27 p.
- GRAÇA, V. L. Bambu: **técnicas para o cultivo e suas aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1988. p.123.
- LYNAS, Mark. **Seis Graus**: o aquecimento global e o que você pode fazer para evitar uma catástrofe. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro, 2008.
- NAÇÕES UNIDAS. **Convenção sobre a Mudança do Clima. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima. Unidade de Informações sobre Mudanças do Clima (PNUMA) (IUC), secretariado Permanente da Convenção**.

Ministério da Ciência e Tecnologia com apoio do Ministério das Relações exteriores da República Federativa do Brasil. 1995.

____NBR 5738:2015 - Concreto procedimento para moldagem e cura de Corpos de Prova.

____NBR 5738:2015 - Concreto procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Método de ensaio. Rio de Janeiro.

____NBR 67:1998 - *Slump Test* ou Teste de abatimento.

____NBR 5738:2015 - Concreto procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

____NBR 9479 de 1993 - Câmaras úmidas para cura de corpos-de-prova de cimento e concreto – Especificação.

____NBR 5739 de 2007 - Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

SOUZA, B. E. **Estudo da viabilidade técnica para o cultivo de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) em Planaltina** - Distrito Federal, 2010. 70 p. Dissertação (Engenharia Agrônoma) - UPIS – Faculdades Integradas Departamento de Agronomia.

VÉLEZ, S. **Grow Your Own House: Simón Vélez and Bamboo Architecture**. Vitra Design Museum. Rhein, Alemanha, 2000.