

BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO

III Congresso Online de Engenharia de Materiais. inscrições encerradas, 4^a edição, de 27/04/2021 a 30/04/2021
ISBN dos Anais: 978-65-89908-00-5

BARROS; Gabriela Santos Pereira Lopes de¹

RESUMO

1. RESUMO

Este artigo comunica os resultados de uma pesquisa bibliográfica sobre os benefícios na utilização de tubos de papelão estrutural como sistema construtivo. Tendo em vista a necessidade de controlar a quantidade de resíduos que a construção civil gera, se justificou a realização do estudo. Buscou-se discutir as aplicações desse elemento como uma alternativa para integrar o sistema construtivo das edificações, concluindo-se que há diversas vantagens da utilização desse material.

2. ABSTRACT

This article communicates the results of a bibliographic research on the benefits of using structural cardboard tubes as a construction system. In view of the need to control the amount of waste that civil construction generates, the study was justified. We sought to discuss the applications of this element as an alternative to integrate the construction system of buildings, concluding that there are several advantages of using this material.

3. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a necessidade de controlar a quantidade de resíduos que a construção civil gera, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, a fim de verificar se há benefícios na utilização de tubos de papelão estrutural como sistema construtivo. O objetivo geral do estudo foi discutir as aplicações desse elemento como um material alternativo para integrar o sistema construtivo das edificações. Para que este objetivo fosse alcançado, foi necessário analisar quando e onde os tubos de papelão estrutural podem ser utilizados; identificar vantagens, desvantagens e os impactos da utilização desse elemento e sintetizar parâmetros para direcionar projetos que pretendem utilizar esse material como sistema construtivo.

4. METODOLOGIA

Pesquisa bibliográfica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 APLICAÇÕES DOS TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL

De acordo com Ayan (2009), as culturas egípcia e japonesa foram as primeiras a utilizar o papel como material construtivo. Até o segundo século antes de Cristo (a.C.), os egípcios haviam desenvolvido o papiro, e por volta do século IX a.C., os japoneses o utilizavam como elemento para portas de correr e paredes deslizantes. Esse mesmo autor afirma que, no século XIX, na França, o papel começou a ser utilizado na produção de móveis e, posteriormente, no revestimento das paredes, servindo como elemento decorativo. Em 1856, o papel ondulado – papelão - foi utilizado por empresários britânicos na produção de chapéus, servindo como estrutura para o objeto. Os mesmos empresários obtiveram mais tarde, a patente

¹ USCS - Universidade de São Caetano do Sul, arquitetagabrielabarros@gmail.com

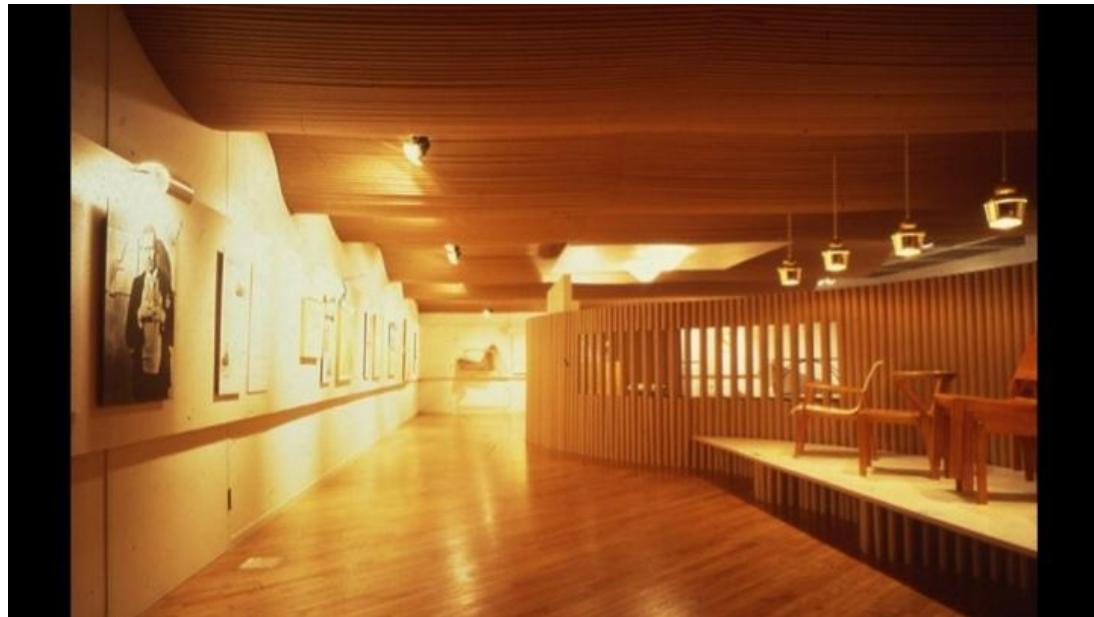
para a utilização do papelão como embalagens de artigos frágeis. As novas utilizações levaram à criação da primeira máquina de ondulação contínua, em 1895. Ele afirma ainda que, durante a primeira Guerra Mundial, o papel estava sendo utilizado na elaboração dos componentes de aviões e tanques. Por meio de uma combinação de folhas de celulose com amido ou outro adesivo similar, o papel era moldado e servia como um substituto das chapas de alumínio das asas de aviões. Neste momento, foi descoberto um dos problemas do papel com relação a questões de expansão e encolhimento. Quando comparado às chapas de alumínio, o papel demonstrava maior tendência para expandir e encolher, principalmente quando exposto à umidade.

Ainda de acordo com Ayan (2009), em 1920, nos Estados Unidos, o papel começou a ser usado como isolante elétrico. Os laminados de celulose foram introduzidos na indústria, e começaram a aplicar resinas no papel para criar proteção contra a umidade e outros agentes químicos. Após o desenvolvimento das resinas, o papel como elemento construtivo se difundiu.

A fabricação é simples, explica McQuaid, começa com a polpa saturada em água, logo se corta em tiras e se coloca para saturar com cola. Em seguida são passadas em um espiral em uma barra metálica que quando retirado, no final, cria um espaço interno oco. Pode ser fabricado em diferentes diâmetros, espessuras e comprimentos, dependendo do uso. Reciclados, criam um ciclo sem fim de reuso. (CAMPOS, 2008, p. 1).

Na área da arquitetura, conforme Salado; Sichieri (2006), a maior contribuição veio do arquiteto japonês Shigeru Ban. O mesmo começou a utilizar tubos de papelão em suas obras em 1986 para a mostra de Alvar Aalto, em Tóquio. No início, utilizava-os com tratamento contra o fogo e a água, e formava apenas divisórias internas.

Figura 1 – Mostra de Alvar Aalto



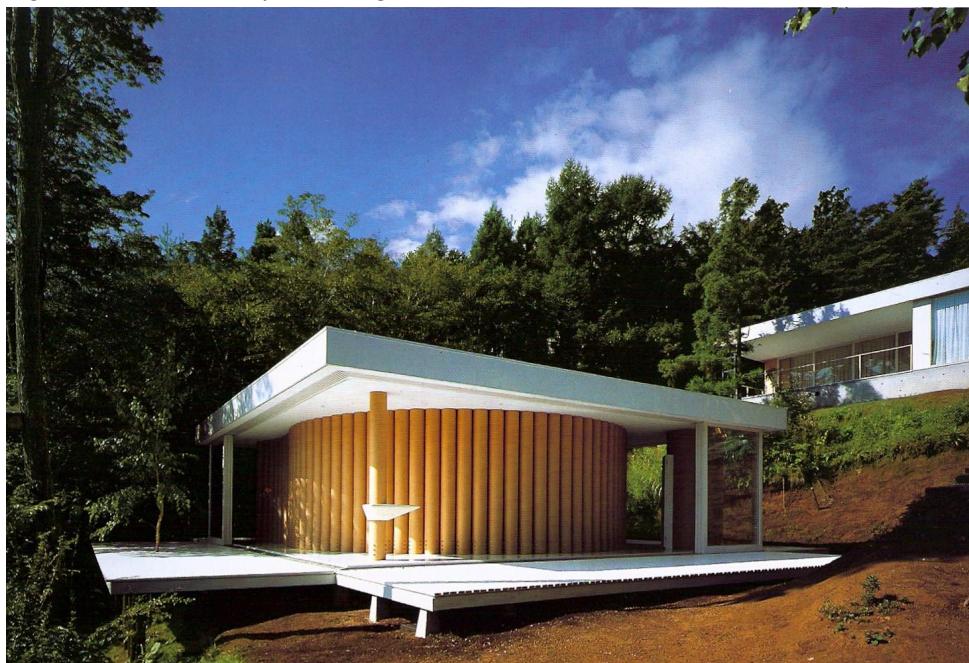
(WALTERS, 2018, *online*)

Esses autores afirmam que, o arquiteto utilizou esse sistema como painéis de vedação externos, em conjunto com a estrutura metálica do salão construído para comemorar o aniversário da cidade de Odawara, em 1990, no Japão. Essa foi a primeira construção temporária feita com tubos de papelão. Foram utilizados 330 tubos com diâmetro de 55 centímetros e 12 tubos com diâmetro de 120 centímetros na vedação externa.

Ainda segundo Salado; Sichieri (2006), em 1989, o arquiteto Shigeru Ban iniciou a construção de um caramanchão composto por tubos de papelão autoportantes. Foi a primeira construção arquitetônica em que esse material passou a ter função estrutural. Para isso, o arquiteto realizou ensaios em laboratório, a fim de determinar as características do material. Identificou que os tubos de papelão resistem a 10 Mega Pascal (MPa), quando submetidos à compressão e a 15 MPa, à flexão. À medida que a complexidade estrutural dos projetos mudava, novos testes eram elaborados para garantir a integridade da construção específica.

Após seis meses que o caramanchão havia sido construído, a estrutura foi desmontada para testes. Apesar de ter ficado totalmente exposta a intempéries, sua resistência aumentou por conta do endurecimento da cola utilizada no seu processo de fabricação. Depois do sucesso desse protótipo, o arquiteto obteve aprovação oficial das autoridades competentes do Japão para construir sua casa, em 1995, utilizando o mesmo sistema estrutural. A construção é permanente e foi envolta em paredes de vidro para garantir a resistência contra às ações das chuvas e da neve.

Figura 2 – Casa do arquiteto Shigeru Ban



(GALILEU, 2018, *online*)

De acordo com AD EDITORIAL TEAM (2014), utilizando a mesma tecnologia, o referido arquiteto construiu abrigos emergenciais em alguns países, após desastres naturais, como o Japão, Turquia, China, África e Índia.

Uma escola temporária também foi construída após um terremoto que ocorreu na cidade de Ya'na, Sichuan, na China, em abril de 2013. A cidade foi danificada e a edificação que servia como escola ficou inabitável. Então, o arquiteto projetou uma escola temporária, com capacidade para atender às crianças daquela região. As dimensões da base são de 6 por 21 metros, com estrutura composta por tubos de papelão, vínculos de madeira, cantoneiras metálicas e cabos de aço.

O formato tubular do papelão tornou possível criar um vão livre no interior do edifício, sem pilares. A construção foi realizada com a ajuda de voluntários, da população local e de estudantes do curso de arte e *design* de Kyoto, liderados pelo arquiteto Shigeru Ban.

Figura 3 – Escola temporária na China

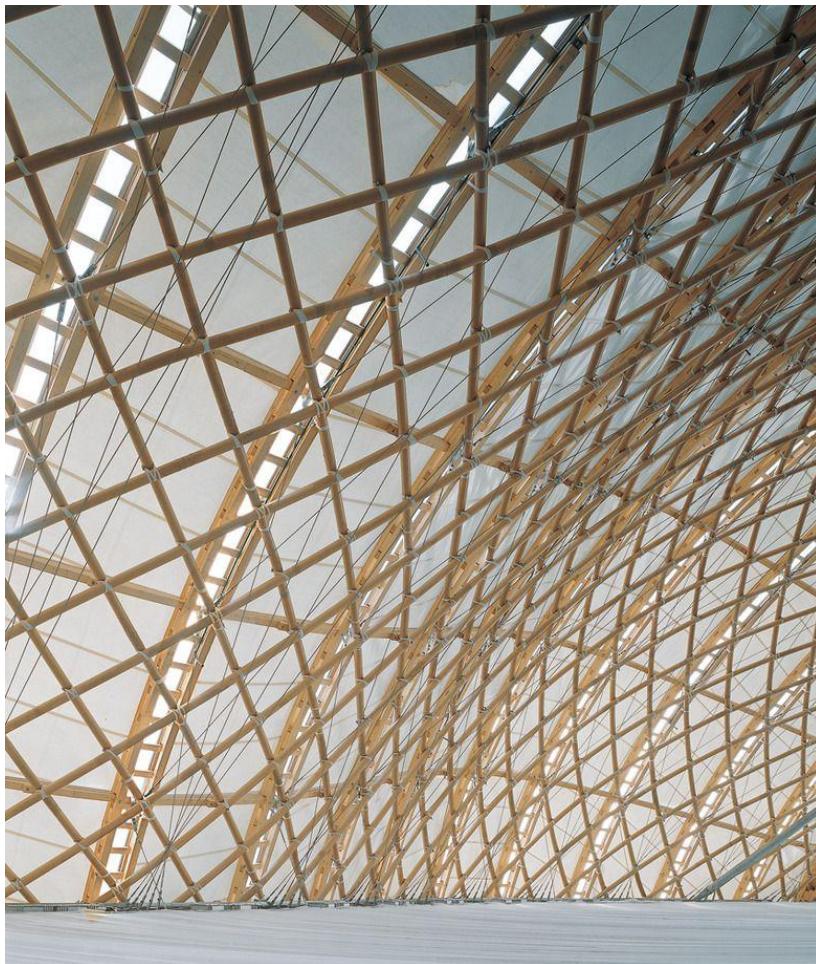


(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018a, *online*)

De acordo com Ban (2018), na exposição Hannover de 2000 na Alemanha, o mesmo foi convidado a projetar um pavilhão de papel reciclável, pois o tema da exposição estava relacionado a questões ambientais. O projeto foi desenvolvido em parceria com o arquiteto Frei Otto.

Segundo Salado (2006), foi uma das estruturas mais complexas construída com tubos de papelão. Os tubos de papelão foram entrelaçados com função estrutural, e os materiais especificados precisavam atender ao tema da feira de desenvolvimento sustentável. Era necessário que a construção pudesse ser o máximo possível reciclada e ou reutilizada. Para a cobertura foi desenvolvida uma membrana sem PVC a fim de não liberar dióxidos quando queimada.

Figura 4 – Pavilhão do Japão na exposição Hannover – Alemanha, 2000



(MILAZZO, 2018, *online*)

5.2 VANTAGENS, DESVANTAGENS E IMPACTOS NA UTILIZAÇÃO DO PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO

De acordo com Edwards (2005), a construção civil, em geral contribui com a destruição das reservas florestais devido à necessidade de seu abastecimento. É responsável pelo consumo de 60% de recursos naturais, 50% da energia, 50% da água, e 80% do solo cultivável, todos em contextos mundiais, tornando-se uma atividade bastante antagônica ao desenvolvimento sustentável.

Segundo Barros (2015), o ciclo de vida do papelão condiz com metabolismo circular proposto por Richard Rogers para as cidades, rumo ao desenvolvimento sustentável. Isso porque, apesar de todos os processos gerarem resíduos, no caso do papelão, os mesmos podem ser reutilizados ou reciclados, o que reduz a necessidade de consumo de novos recursos naturais e a quantidade de resíduos.

Segundo Ban (2018), por se tratar de um material pré-fabricado, o papelão pode ser facilmente impermeabilizado, e também é possível torná-lo à prova de fogo. Além disso, quando a edificação é demolida, seus resíduos podem ser reciclados. Ou, ao invés de demolir, é possível desmontar a edificação para remontar onde necessário.

Silva et al (2017) analisaram o protótipo construído pela engenheira Gerusa Salado, em 2011. Esse protótipo é constituído de painéis verticais de vedação de tubos de papelão com 2,4 metros de altura, vínculos de madeira compensada e fundação do tipo radier superficial com dimensões de 3,5 por 3,5 metros e 15 centímetros de altura. A cobertura foi feita com estrutura de madeira e telhas de fibras vegetais recicladas. A fixação das peças foi realizada por meio de barras roscadas de 8 milímetros, a fim de proporcionar resistência às cargas horizontais.

Baseados em Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), concluíram que o

protótipo apresentou condições satisfatórias para vedações com ou sem função estrutural, e não satisfatório, com relação à estanqueidade e permeabilidade, quando exposto a intempéries, sendo necessário empregar novas soluções de impermeabilização no conjunto. Duas pessoas levaram 17,8 horas para realizar a montagem do protótipo.

Figura 5 – Protótipo de tubos de papelão



(CASA FEITA..., 2018, *online*)

Esta construção experimental está exposta há 70 dias e, diante das tempestades que aconteceram recentemente aqui no interior de São Paulo, podemos afirmar que ela se mostrou bastante eficaz. No entanto, diante dos desastres que aconteceram no Rio, essa estrutura não oferece ainda a garantia de resistência, uma vez que nem o concreto armado ofereceu. [...] Em relação ao fogo, ela [Gerusa Salado] alerta que o material ainda precisa ser avaliado em relação ao tempo que o papelão pode levar para ser incinerado e se o fogo pode se extinguir sozinho. Os testes são realizados em laboratório e seguem normas técnicas nacionais e/ou internacionais. Sabemos que todos os materiais de construção são passíveis ao fogo, mas neste caso, precisamos averiguar se o tempo de propagação de um incêndio acidental possibilita que os usuários desocupem a edificação - diz Gerusa. (CASA FEITA..., 2018, *online*).

Conforme Buck, 1997 apud Campos (2018), os estudos das obras realizadas por Shigeru Ban permitiram que fosse detectada boa capacidade de isolamento térmico e acústico.

5.3 PARÂMETROS PARA DIRECIONAMENTO DE PROJETOS COM TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL

De acordo com AD EDITORIAL TEAM (2014), em Daanbantayan, Cebu, Filipinas, depois da devastação do tufão Haiyan em novembro de 2013, alguns abrigos temporários foram construídos. Neste projeto, o papelão foi incorporado, a fim de facilitar o processo de montagem. Por ser simples, a execução pôde ser feita pelos próprios moradores do local e estudantes da Universidade de San Carlos de Cebu. O processo facilitado também impactou num período de construção mais curto. As fundações foram compostas por caixas de cerveja cheias de sacos de areia e os painéis de piso feitos com madeira de coco e madeira compensada. Nas vedações, foram utilizadas folhas de bambu tecidas e a estrutura era de tubos de papelão. O telhado foi feito com folhas de palmeiras sobre uma lona de plástico.

Figuras 6 e 7 – Abrigo temporário nas Filipinas e processo construtivo



(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018b, *online*)

AD EDITORIAL TEAM (2014), em Kobe, no Japão, relata que foi construída uma igreja temporária de papelão por voluntários, cujo templo foi destruído por um terremoto em 1995. Os materiais foram doados por empresas locais e a construção foi concluída em apenas cinco semanas, com o auxílio de 160 voluntários. A base possui dimensões de 10 por 15 metros, vedação autoportante de tubos de papelão e chapas de policarbonato. Dentro dessa área, foram utilizados 58 tubos de papelão com 25 milímetros de diâmetro, 148 milímetros de espessura e 5 metros de altura, colocados em um formato elíptico. A construção foi desmontada em junho de 2005 e todos os materiais foram enviados para uma cidade em Taiwan, onde a igreja foi remontada e passou a ser uma construção permanente.

Figura 8 – Igreja de papel no Japão



(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018c, *online*)

Segundo esse mesmo autor, em Bhuj, na Índia, foi utilizado o entulho de edifícios destruídos para a fundação de abrigos, ao invés de caixas de cerveja, pois estas não puderam ser encontradas nessa região. A fundação foi revestida com camadas de barro. Para a estrutura do telhado, foram utilizadas vigas de bambu. Uma esteira de cana foi tecida e colocada sobre a estrutura do telhado, seguida por uma lona de plástico transparente para proteger contra a chuva, e em seguida, outra esteira de cana. A ventilação foi fornecida através dos pequenos buracos nas esteiras verticais. Essa ventilação também permitiu cozinhar no interior do abrigo, com o benefício adicional de repelir mosquitos com a fumaça.

Figura 9 – Casa de papel na Índia



(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018d, *online*)

Ainda de acordo com AD EDITORIAL TEAM (2014), em Kobe, no Japão, também foram construídas casas de papelão com a fundação de caixas de cerveja preenchidas com sacos de areia. A vedação é constituída por tubos de papelão com 4 milímetros de espessura e 106 milímetros de diâmetro. A cobertura foi instalada com tecidos. O custo estimado dos materiais para uma unidade de 52 metros quadrados está abaixo de U\$ 2.000, com unidades desmontáveis e recicláveis.

Figura 10 – Casa de papel no Japão



(SHIGERU BAN ARCHITECTS, 2018e, *online*)

6. CONCLUSÕES

Há diversos benefícios na utilização de tubos de papelão estrutural como sistema construtivo, pois o papelão é fácil de ser encontrado, seu processo de reciclagem é muito simples e não gera resíduos tóxicos. Isto garante a sustentabilidade da construção em todas as etapas do ciclo.

Ele apresenta condições estruturais para construções íntegras, sendo essas permanentes ou temporárias. Como o processo de instalação se dá através de encaixes e vínculos, torna-se fácil a desmontagem e remontagem, se houver necessidade de remanejamento. Além disso, por permitir uma instalação simples e rápida, não é necessário que a mão de obra seja especializada.

É um material leve e, portanto, não exige fundações muito robustas, diminuindo o tempo da construção e, consequentemente, seu custo, o que também facilita seu transporte e armazenamento. O formato tubular oferece a possibilidade de embutir os sistemas de hidráulica e elétrica, além de otimizar a resistência térmica e acústica, em função da parede de ar dentro do tubo. E, por questões de segurança, como se trata de um pré-fabricado, é possível torná-lo impermeável e ignífugo.

7. REFERÊNCIAS

AD EDITORIAL TEAM. The humanitarian works of Shigeru Ban. **ArchDaily**. 2014. Disponível em: <https://www.archdaily.com/489255/the-humanitarian-works-of-shigeru-ban?ad_medium=gallery>. Acesso em: 17 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Desempenho de edificações habitacionais. [Rio de Janeiro], 2013.

AYAN, Özlem. **Cardboard in architectural technology and structural engineering:** a conceptual approach to cardboard buildings in architecture. 2009. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Programa de Doutorado em Ciências, ETH Zurich.

BAN, Shigeru. Abrigos de emergência feitos de papel. 2013. Filme. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/shigeru_ban_emergency_shelters_made_from_paper?language=pt-br>. Acesso em: 1 dez. 2018.

BARROS, Gabriela Santos Pereira Lopes de. **Aplicações de papelão como sistema construtivo em áreas de vulnerabilidade na cidade de São Paulo.** 2015. Dissertação (Bacharel em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Cidade de São Paulo, São Paulo.

CAMPOS, Bruna Caroline Pinto. **Shigeru Ban e sua contribuição para a arquitetura efêmera.** 2009. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.115/5>>. Acesso em: 6 out. 2018.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a sustentabilidade.** 2. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2005.

CASA FEITA..., 2018, **O Globo**, [Rio de janeiro]. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/imoveis/casa-feita-com-tubos-de-papelao-em-fase-de-estudos-pode-ser-alternativa-na-construcao-civil-2837203>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

GALILEU. **Arquiteto que constrói casas de papelão para desabrigados ganha prêmio Pritzker.** Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Tecnologia/Inovacao/noticia/2014/03/arquiteto-que-constroi-casas-de-papelao-para-desabrigados-ganha-premio-pritzker.html>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

MILAZZO, Marco. **Pavilhão do Japão para a exposição Hannover – Alemanha** 2000. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/496310821408141833/?lp=true>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

SALADO, Gerusa de Cássia; SICHERI, Eduvaldo Paulo. A arquitetura em tubos de papelão de Shigeru Ban. **AE Ensaios**. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 1, n. 2, p. 1-16, out. 2006.

SALADO, Gerusa de Cássia. **Construindo com tubos de papelão:** um estudo da tecnologia desenvolvida por Shigeru Ban. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 2014. **Paper nursery school. Cidade Ya'an, Sichuan, China.** Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014_Paper_NurserySchool_Yaan/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018a.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 2014. **Paper temporary shelter. Cebu, Filipinas.** Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/2014_Paper_Emergency_Shelter-Philippines/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018b.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 1995. **Paper church. Kobe, Japão.** Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995_paper-church/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018c.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 2001. **Paper log house. Bhuj, India.** Disponível em:

<http://www.shigerubanarchitects.com/works/2001_paper-log-house-india/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018d.

SHIGERU BAN ARCHITECTS. 1995. **Paper log house. Kobe, Japão.** Disponível em: <http://www.shigerubanarchitects.com/works/1995_paper-log-house-kobe/index.html>. Acesso em: 17 nov. 2018e.

SILVA, Jéssica Santos da et al. Uso de tubos de papelão em vedações verticais. **Cadernos de graduação:** ciências exatas e tecnológicas. Maceió: UNIT- AL, v. 4, n. 2, p. 229-238, nov. 2017.

WALTERS, Helen. Buildings made from cardboard tubes: A gallery of Shigeru Ban architecture. **TEDBlog.** 2013. Disponível em: <<https://blog.ted.com/buildings-made-from-cardboard-tubes-a-gallery-of-shigeru-ban-architecture/>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

PALAVRAS-CHAVE: Tubos de Papelão, Construção sustentável, Papelão na Arquitetura