

KIRIGAMI 3D APLICADO: UMA PROPOSTA EM DESIGN DE PRODUTO DOBRÁVEL

Giulia Mizue Otsu¹
Thaís Regina Ueno Yamada²

Resumo: O origami e o kirigami são duas formas de arte em papel. Atualmente, profissionais diversos usufruem de suas técnicas para solucionar questões atuais no campo da medicina e engenharia, por exemplo, atingindo um alto potencial de inovação. No design de produto pode-se alcançar resultados originais com a aplicação das estratégias de dobras e cortes em diferentes materiais, sendo possível obter-se estruturas flatfoldable, termo designado a objetos que podem se “achatar” totalmente com o ato de abertura e fechamento. Aplicada esta técnica, consegue-se solucionar principalmente questões de economia de espaço em lugares que comportam poucos produtos. Assim, buscando-se resolver esse tipo de obstáculo, e também de fabricação e transporte, o presente trabalho consiste em estudos para a criação de uma estrutura fundamentada nas técnicas do kirigami 3D com característica flat foldability aplicada em um produto, relatando-se potencialidades e limitações detectadas, a fim de auxiliar no primeiro passo de pesquisadores que visam estudos nesta área.

Palavras-chave: design de produto, *kirigami* 3D, *flat foldability*, técnicas de dobra, economia de espaço.

Abstract: Origami and kirigami are two kind of arts on paper. Nowadays, professionals of diverse areas use their techniques to find solutions to current issues in the field of medicine, engineering and architecture, for example, reaching a high potential for innovation. In product design it is possible to achieve original results with the application of folding and cutting strategies in different materials in order to obtain flatfoldable structures, which is a denomination to objects that can completely flatten with opening movements and closure. When this technique is applied, it is possible to solve space saving issues in places that cannot support many

¹ Curso Bacharelado em Design, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, email: mizuotsu@gmail.com.

² Departamento de Artes e Representação Gráfica, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, email: thais.ueno@unesp.br

products. This way, in order to solve this type of obstacle, as well as of manufacturing and transportation, the present work consists of studies of the creation of a structure based on the Kirigami 3D techniques with flat foldable characteristic applied in a product, reporting possibilities and limits observed during this practical experiment in order to help other researchers that aim studies in this area.

Keywords: product design, 3D kirigami, flat foldable, folding techniques, space saving.

1 Introdução

A atuação das técnicas de dobras e cortes do origami e do *kirigami* vem ganhando cada vez mais força e espaço nos dias atuais, visto que carregam uma ampla gama de possibilidades para dar soluções a inúmeras áreas como a medicina, engenharia, arquitetura, entre muitos outros.

O Design tem grande atuação em termos de inovação e criação de produtos funcionais que atendam a necessidade de acordo com o desejo do usuário. Além disso, ele dá a liberdade de investigar e fazer experimentos com a aplicação de conceitos de diversas áreas, técnicas e artes pouco exploradas. Segundo Munari (2008), “a experimentação de materiais, técnicas e, portanto, também de instrumentos, permite recolher informações sobre novas utilizações de um produto inventado com um único objetivo”, e ressalta que:

Destas experiências resultam amostras, conclusões, informações que podem levar à construção de modelos demonstrativos de novas utilizações com fins particulares. Estas novas utilizações podem destinar-se à resolução de subproblemas parciais que, por sua vez, em ligação com outros, concorrerão para a solução global. (MUNARI, 2008, p. 60)

Neste trabalho, o origami e o kirigami serão abordados no design de produto, na qual podem colaborar no encontro de saídas para problemas de espaço no ambiente, por exemplo. Hoje, pensa-se cada vez mais no melhor aproveitamento do espaço, tentando equilibrar a insuficiência de área e a necessidade de móveis no ambiente. A proposta do projeto foi criar um móvel dobrável que, usando a técnica do *kirigami* 3D, pode-se, conseqüentemente, solucionar essa questão. Além disso, projetar um móvel com peças em módulos pode facilitar sua produção e sua montagem.

O projeto iniciou-se com uma revisão bibliográfica para conhecimento dos tipos de *kirigami* 3D, assim como as técnicas de aplicação em diferentes materiais. Ademais, buscaram-se as soluções possíveis para que a execução em elementos rígidos fosse

realizável, preparando-se para elaborar um projeto de acordo com os conceitos definidos: desenvolvimento virtual de um móvel dobrável empregando as técnicas do *kirigami* 3D.

O *kirigami* 3D foi classificado em quatro tipos, segundo Chatani (1983), de acordo com seus respectivos ângulos de abertura: 0°, 90°, 180° e 360°. No tipo de 90°, em que é baseado este projeto, a estrutura é obtida somente com uma única folha de papel, ou seja, não há necessidade de acrescentar material e também não há desperdício algum. Chegando muito perto disso quando transformado em produto, este é um dos pontos em que o projeto pode resolver um problema dos dias atuais: resíduos descartados na produção.

Após essa pesquisa, tomou-se conhecimento sobre o origami rígido, no qual é aplicada a técnica de dobras e cortes em materiais não flexíveis. Para que isso seja possível, existem estratégias de articulações que também foram abordados no projeto.

Pesquisas nesta área aqui no Brasil que envolvem produtos em geral e *orikiri*, termo que engloba o design com dobras e cortes, ainda é muito escassa. Este projeto teve como base o método de estudos de Yamada (2016), o único encontrado em português que abrange essas duas esferas. Assim, no primeiro momento focou-se no projeto em si, encontrando problemas surgidos, e então se apontou os pontos importantes para que isso pudesse ser solucionado.

O objetivo deste estudo é desenvolver virtualmente um projeto de um produto *flatfoldable* em madeira que envolva *kirigami* 3D e Design de Produto, investigando métodos e aprofundando o conhecimento nesta área para que possa servir de referência para os pesquisadores futuros. Dessa forma, o trabalho destina-se às pessoas que querem começar uma proposta que envolva essas duas esferas, e ajudará como primeiro passo a evitar erros que podem surgir, poupando-se assim o tempo do pesquisador. Assim, o trabalho apresenta nas seções 2 e 3 um breve estado da arte sobre os elementos essenciais para o embasamento teórico do projeto e na seção 4 os materiais, métodos e as etapas dos procedimentos experimentais definidos para a pesquisa. Em seguida, os resultados são apresentados juntamente com algumas discussões.

2 Kirigami 3D

O *Kirigami* 3D é uma arte que surgiu com a junção de duas técnicas: o Origami e o *Kirigami*. O Origami contribuiu com a dobra, que quando feito sucessivamente, pode-se obter figuras diversas, tais como animais, flores, objetos, etc. Já o *Kirigami*

tradicional cooperou com a técnica do corte, em que a remoção de algumas partes do papel resulta em desenhos planos, como uma mandala, por exemplo.

Em 1981, o arquiteto professor doutor do Instituto Tecnológico de Tóquio, Masahiro Chatani, criou o *Kirigami* 3D, nomeado por ele de *Origamic Architecture*, ou Origami Arquitetônico (1983). Essa arte consiste na combinação da técnica de dobras e cortes que possibilita a transformação de uma folha de papel bidimensional em algo tridimensional. Além desses dois termos, existe também outra nomenclatura para esta arte, que é *pop-up*. Porém, para não haver confusão, neste projeto será referido como *Kirigami* 3D.

Chatani começou seus estudos fazendo cartões divertidos para seus conhecidos, e isso fez com que suas habilidades se despertassem. Ele juntou design arquitetônico e o *Kirigami* 3D, o que resultou, inicialmente, em interpretações tridimensionais da arquitetura usando somente uma folha de papel.

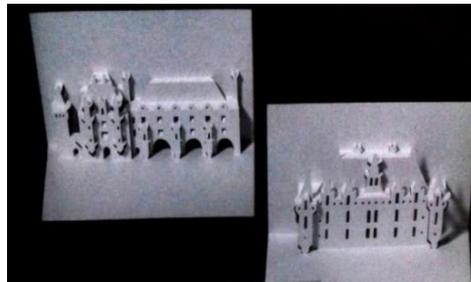


Figura 1 - Modelos “Chateau Chenonceau” e “Chateau d’Azay-le-Rideau”
Fonte: Chatani (1988)

2.1 Tipos de *Kirigami* 3D

Chatani (1983) classificou o *kirigami* 3D em quatro tipos de acordo com a abertura de seus respectivos ângulos: 0° , 90° , 180° e 360° . Nas figuras abaixo, pode-se observar os modelos de cada categoria:

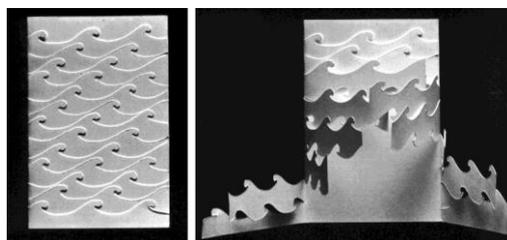


Figura 2 – Modelo 0°
Fonte: Chatani (1983)

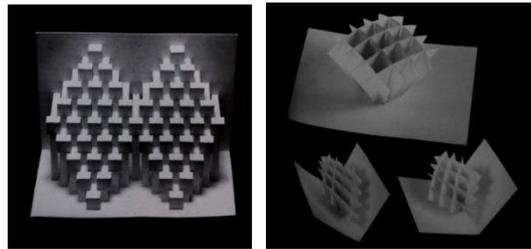


Figura 3 – Modelos 90° e 180°, respectivamente.
Fonte: Chatani (1986)

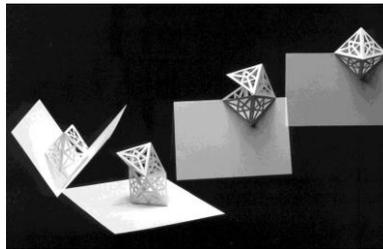


Figura 4 – Modelo com abertura de 360°
Fonte: Chatani (1994)

Para este projeto, será estudada apenas a categoria de 90°. Esse é o tipo mais popular e que tem uma gama maior de possibilidades de exploração. Um destaque desta modalidade é que ela tem 100% do aproveitamento do material, portanto nada é desperdiçado. Isso pode ser notado quando abrimos totalmente o cartão em 180° e ele volta ao seu formato original - uma folha de papel plana como se pode ver na figura abaixo:

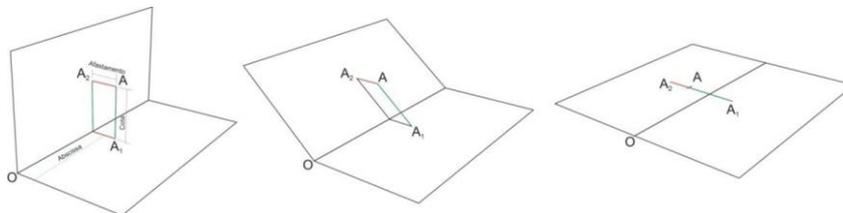


Figura 5 – Movimento de abertura de 90° para 180°
Fonte: Ueno (2011)

3 Noções básicas

3.1 Design *Orikiri*

Esse termo foi criado por Yamada (2016), a qual diz que, diferente de ter um significado somente de “desenho”, ele engloba planejamento e produção, dando relevância à complexidade da concepção e do pensamento envolvidos durante todo o processo.

O *orikiri* vem da palavra *oru*, que significa dobrar em japonês, e *kiru*, cortar. Yamada (2016) explica que:

O termo *orikiri* atribui ao design as qualidades essenciais do origami com as do *kirigami*, fundindo as técnicas de dobra (oru) e as de corte (kiru) em uma só denominação, eliminando o *kami*, que não faz mais sentido nesta proposta, pois o material do design *orikiri* não se restringe mais ao papel. (Yamada, 2016, p.74)

O *kirigami* 3D se insere neste termo já que é composto por dobras e cortes que requerem muito planejamento. Para sua construção é preciso estudar sobre os elementos estruturais básicos como proporção, movimento e forma, além de ponto, linha, plano, volume, posição, etc.

Yamada (2016) diz que, após a compreensão dos elementos, conceitos e princípios que regem o design *orikiri*, é preciso conhecer as técnicas de dobra e corte utilizados como estratégias para a criação de novos modelos, justificando que “o objetivo do conhecimento profundo do origami e do *kirigami* não se restringe mais à produção do que já tem, mas elaborar desenhos originais e autorais, de acordo com as necessidades do designer”. (YAMADA, 2016, p.78)

3.1.1 Aplicações no Design

Essa técnica que constitui o *Kirigami* 3D, pode contribuir bastante para a área do Design, e como diz Yamada (2016), “[...] a aplicação dos princípios do origami e do *kirigami* pode ser uma estratégia com alto potencial de inovação”. (YAMADA, 2016, p.106)

Hoje, pensa-se cada vez mais no melhor aproveitamento do espaço, em que o balanço da falta de área e a necessidade de mobiliário no ambiente são muito relevantes, pois se torna um problema quando o espaço não suporta tudo que é essencial para compô-lo. Por esta razão, as pessoas buscam cada vez mais por objetos compactos e práticos.

Nesse meio, a técnica do *kirigami* 3D entra como solução, já que quando ele se fecha se compacta, transformando em um objeto “achatado”. Isso também se torna vantajoso visto que facilita no momento da armação do produto pelo cliente, pois o fornecedor pode entregá-lo já montado, cabendo ao usuário só “desdobrá-lo”. Além disso, essa facilidade dá a opção ao cliente de poder montá-lo somente quando necessário.

Como citado anteriormente, ela tem o material 100% aproveitado no projeto em papel, e quando transformado em produto, chega muito perto disso. Isso pode ser mais bem entendido pela figura 6. Em uma placa de material, os cortes podem ser vistos como uma espécie de planificação “consciente”, em que todas as peças

compõem o móvel todo, inclusive a parte da “borda”, que será a peça suporte do objeto dando mais firmeza a ele, assim, o descarte de material é mínimo.

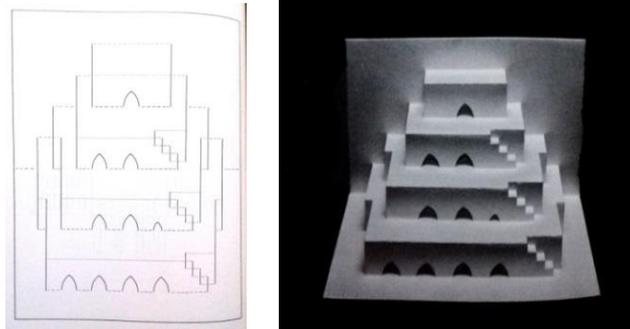


Figura 6 – Planificação do modelo “Cliff House”
Fonte: Chatani (1983)

Além da vantagem da aplicação dos conceitos do *kirigami* notada no processo de produção, é também vista no transporte e no armazenamento. Como diz Yamada (2016):

Quando se aplica a articulação em produtos com design *orikiri*, pode-se contribuir para facilitar o transporte e o armazenamento desses produtos, pois considera-se a economia de espaço, já que são transformáveis, e potencializa-se o uso pela flexibilização e versatilidade de suas formas. (YAMADA, 2016, p.120)

Atualmente, podem-se encontrar alguns artistas que exploram essas técnicas de dobra e corte. Dentro do design de produto destaca-se o designer holandês Van Embricqs (2016). Ele criou uma linha de móveis que, primeiramente, é um objeto plano, mas, ao articulá-lo, toma forma e resulta em uma peça tridimensional, como se pode ver na figura abaixo:



Figura 7 – Rising Chair e Rising Side Table de Van Embricqs
Fonte: Van Embricqs (2016)

Outro designer que usa a técnica de dobra e corte para conseguir um produto é o Félix Guyon & La Firme, que desenvolveu a cadeira Label Chair em 2011.



Figura 8 – Label Chair de Félix Guyon & La Firme
Fonte: Les Ateliers Guyon (2012)

No Brasil, o estudo nessa área ainda é bem escasso. Para este trabalho realizou-se pesquisas no *google* acadêmico em busca de artigos sobre o design de produto na área de estruturas e mobiliários ligados ao *kirigami*. O resultado que se obteve é de artigos feitos por estrangeiros e somente um por uma brasileira, a pesquisadora Yamada em 2016. Ela realizou uma pesquisa de tese de doutorado sobre estruturas *flat foldable* em Bambu Laminado Colado (BLaC) baseadas em técnicas de dobra e corte do origami e do *kirigami*, organizando um processo de construção para validar estratégias de aplicação apontando suas possibilidades e seus limites.

Outros trabalhos encontrados foram de estudos do *kirigami* e do origami falando a respeito de suas técnicas em si, apontando os conceitos e princípios para se conseguir uma criação original em materiais mais flexíveis. Isso mostra a carência de estudos acadêmicos brasileiros neste ramo, e a importância deste primeiro passo. Pesquisas neste campo podem colaborar no design, na arquitetura, engenharia e até mesmo na medicina, mostrando soluções diversas para a atual sociedade.

3.2 Flat Foldability

No universo do papel, o *Kirigami* 3D faz parte de uma categoria chamada *Flat Foldable*, que, segundo Yamada (2016), é “a habilidade de dobrar cada um dos planos poligonais entre si até ficarem completamente achatados”. (YAMADA, 2016, p.78)

Para que o *kirigami* possa ser inserido nessa esfera, é necessário explorar as técnicas de dobra e corte de modo que tenham uma simetria perfeita que, de acordo com Yamada (2016), “se ele for originário de um corte ou dobra simétrico em relação a uma linha de dobra central, a capacidade de achatamento estará presente”. (YAMADA, 2016, p.79)

No entanto, é possível uma estrutura assimétrica possuir a característica de *Flat Foldability*. Segue abaixo algumas dicas de Yamada (2016) para que isso seja possível no *kirigami* 3D:

Partindo do método de Ueno (2011), no modelo de 90° temos uma estrutura cujas coordenadas podem ser comparadas a do primeiro diedro do sistema ortogonal paralelo estabelecido por Gaspard Monge (1746 a 1818).

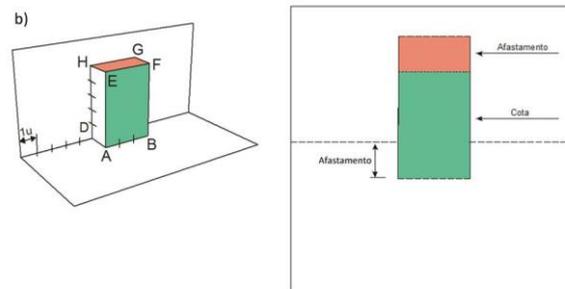


Figura 9 – Localização da cota, abscissa e afastamento.
Fonte: Yamada (2016)

Nela temos a Cota, que corresponde ao vértice FB; a abscissa, correspondente ao extremo da linha horizontal central à cota; e o afastamento, que é do ponto A até linha horizontal central.

Se as medidas do afastamento e da cota forem diferentes, que seria equivalente à assimetria, é fundamental que a distância do afastamento da linha central ao ponto A seja a mesma do afastamento superior GF para que a estrutura possa se achatar completamente.

Com isso, Yamada (2016) garante que “segundo essa estratégia, é possível desenhar modelos *flat foldable*, simétricos e assimétricos, simples e complexos, utilizando dobras e cortes horizontais, verticais ou diagonais”. (YAMADA, 2016, p.81)

Segue abaixo alguns exemplos de possibilidades:



Figura 10 – protótipo 1 do projeto 'Bilgaard' e Uiteindelijk resultaat de Ingrid Siliakus
Fonte: Ingrid Siliakus (1955)

3.3 Rigid Origami

No origami tradicional usa-se o papel, que é um material flexível e de fácil adaptação a inúmeras formas. Porém, quando usamos sua técnica em outros materiais mais rígidos, como placas de madeira, metal ou até mesmo papelões mais grossos, não obtemos o mesmo resultado. Assim, surgiu-se a necessidade de estudos nesta área do origami aplicado em materiais mais maciços e inflexíveis. Essa técnica foi nomeada de *Rigid Origami*, ou origami rígido, que segundo Watanabe e Kawaguchi (2009 apud YAMADA, 2016, p. 112), “[...] estuda os limites de padrões de dobra em materiais não deformáveis utilizando estratégias de articulações variadas”. Porém, Yamada (2016) ressalta que apenas as técnicas de dobra e de corte elencadas como *flat foldable* podem ser exploradas nesse sentido.

Desse modo, a técnica do *Rigid Origami* pode ser explorada de diversas formas, mudando-se o material da placa, sua espessura e a estratégia de articulação.

Como o método propõe um material inflexível, tem-se que levar em consideração alguns pontos como: espaçamento entre uma placa e outra; a área que a peça de articulação requer para sua instalação e seu bom funcionamento; o ângulo de corte necessário para que a estrutura se “feche”, dependendo da espessura do material usado; dentre outros pontos.

Um exemplo de análise nesse sentido são os estudos de Tachi (2010), que pesquisou sobre o origami dobrável com materiais rígidos e espessos. Quando se utiliza painéis rígidos para estruturas cinéticas em grande escala, é necessário considerar mecanismos que permitam painéis grossos se movimentarem. Assim, o pesquisador propôs uma alternativa para chegar ao origami rígido ideal, que seria o *origami* de espessura zero.

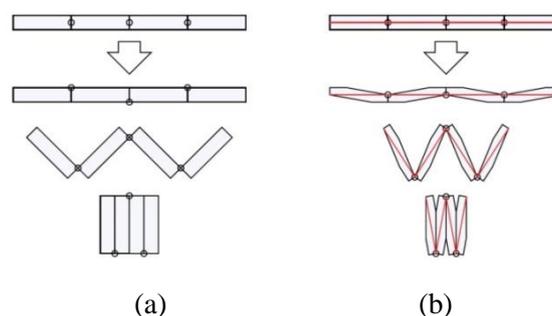


Figura 11 - Duas abordagens para permitir a dobra em painel grosso
Fonte: Tachi (2010)

Nesta imagem, a figura (a) é um modelo com eixo alternado; e a (b) é um método proposto baseado no corte por planos bissectantes. A linha vermelha representa o

caminho do origami ideal sem espessura. Observa-se que na figura (a) os pontos de articulação se encontram alternado, enquanto que na figura (b) eles se encontram alinhados, ambas com os eixos rotacionais localizados nas bordas do origami. Porém, na figura (a) em relação a (b), o movimento é estimado apenas pela cinemática de um origami ideal. Assim, Tachi considera a alternativa (b) como sendo mais vantajosa, além do que, comparando as vistas laterais quando fechada, observa-se que a espessura é menor.

Segundo Yamada (2016):

As possibilidades de combinação e usos de diferentes estratégias de articulações e modificações na geometria das unidades modulares (painéis) constituintes dessas estruturas são muitas, e apresentam vantagens para a engenharia, a arquitetura cinética e o design de produtos transformáveis. (Yamada, 2016, p.112)

Na arquitetura cinética, o *rigid origami* é aplicado para se conseguir o controle de entrada de raios solares, que pode ser vista, por exemplo, nas Torres Al Bahar assinado por Aedas Architects em Abu Dhabi.



Figura 12 - Torres Al Bahar (2013)
Fonte: Architizer (2009)

No design de produto, o principal motivo de sua aplicação é a economia de espaço, que podemos ver nos exemplos a seguir:



Figura 13 – Mesa Dobrável
Imagem: Open Up! (2018)



Figura 14 – Pick Chair de Dror Benshetrit
Imagem: Studio Dror (2010)

3.4 Dobradiças e outros tipos de articulações

3.4.1 Dobradiças

A dobradiça será uma das peças principais para que o conceito do projeto possa ser alcançado. Ela que tornará possível a articulação do banco assim como dará sustentação a ele. Existem muitos tipos de dobradiças constituídas de materiais diferentes, cada um com uma finalidade, por isso há muitos detalhes a serem analisados.

O primeiro deles é o material, que dependendo da finalidade do projeto, significará muito para que tenha longa duração, pois a vida útil do material é influenciada por inúmeras variáveis como sol e a umidade. Geralmente, as dobradiças são feitas de ferro, alumínio ou aço inox, sendo esses dois últimos menos afetados por intempéries comparadas com as de ferro.

As dobradiças de alumínio funcionam muito bem em objetos com peso semelhante a uma porta de madeira, por exemplo. Porém, para os mais pesados é preferível que use as dobradiças de aço inox. Para lugares com alto índice de umidade ou exposto ao sol com frequência, é recomendada a utilização de dobradiças fabricadas em latão.

As dobradiças também podem variar no seu formato, cabendo ao consumidor escolher a que melhor se encaixa em seu projeto. Elas são divididas em três linhas: a leve, que é recomendada para peças que pesam até 30 kg; a média, que é adequada para peças com até 45 kg; e a pesada, que é a ideal para peças que chegam a 70 kg.

O segundo ponto que temos que levar em consideração é a dobradiça. Existem variados tipos e tamanhos (com diferentes espessuras, larguras e comprimentos). Porém, dependendo do projeto, terá que ser escolhida a mais adequada no requisito de encaixe para que não fique “sobrando”, e somado a isso, a resistência do material.

A vantagem das dobradiças é que elas têm uma gama de variedades tanto no tamanho quanto na resistência do material. Além disso, não é preciso fazer grandes variações no projeto para seu encaixe.

Seguem abaixo alguns tipos de dobradiças:

- Dobradiça comum: são frequentemente encontrados em portas e janelas e são achadas facilmente no mercado. Elas são feitas de duas chapas, comumente chamadas de asas, e são interligadas por um eixo vertical, conhecido como pino.
- Dobradiça invisível: Esse tipo de dobradiça é embutido no objeto e permite um ângulo de abertura de 180°.
- Dobradiça contínua ou piano: Elas são distintas das outras somente pelo seu comprimento. Esse tipo de dobradiça distribui uniformemente o peso que suportam e contribuem para um maior grau de resistência a intempéries, pois cobrem as áreas em que a umidade poderia passar para dentro de partes do objeto.
- Vai e vem: são dobradiças que possibilitam a abertura para ambos os lados e tem o seu fechamento automático para a posição original.

3.4.2 Outros tipos de articulações

Existem outras maneiras de se conseguir articulações. Uma delas é fazer uma espécie de “sanduíche” usando-se um tecido ou qualquer outro material que seja flexível e maleável.



Figura 15 – Rising Shell de Van Embricqs
Imagem: Van Embricqs (2016)

Yamada (2016) explica que:

O tecido é usado como um substituto do papel no quesito maleabilidade e flexibilidade, servindo como um "recheio" de placas de outros materiais. A distância entre as camadas de placas deve ser determinada pela espessura das mesmas, a fim de tornar possível a

dobra total. Serve para todas as espessuras [...]. (YAMADA, 2016, p.121-122)

É possível também regular o ângulo e a direção de movimento. Para isso é fundamental que um lado do “sanduíche” seja mais fino do que o outro, assim como o espaçamento entre uma placa e outra deve ser equivalente a soma da espessura da placa mais fina.

Outra alternativa de articulação é com o uso de pinos ou cavilhas (figura 16). Para esse método é necessário que o projeto seja adaptado para seu encaixe, conforme mostra a figura 17.



Figura 16 – Aplicação de pino em um produto
Figura: Mathieu Camillieri (2012)

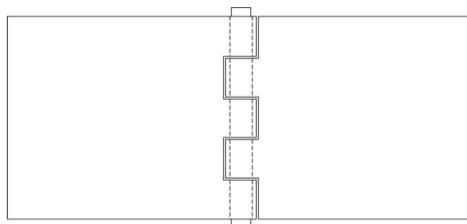


Figura 17 – Representação gráfica do uso de pinos para articulação de duas placas
Fonte: Yamada (2016)

3.4.3 Vantagens e desvantagens de cada articulação

Vantagens:

- Dobradiças: tem maior variedade de modelos com diferentes níveis de resistência, além de dispensar os cortes e furos extras para sua instalação.
- Articulação “sanduíche”: pode-se conseguir a maleabilidade e a flexibilidade como a de um papel; e possibilita a dobra máxima.
- Pinos ou cavilhas: maior resistência e estabilidade (firmeza)

Desvantagens:

- Dobradiças: não há dobradiças para espessuras inferiores a 10 mm; e não há dobradiças que rodam 360° em torno do seu eixo;

- Articulação “sanduíche”: para objetos com a função de suportar um peso elevado, é necessário um material de alta resistência, tanto para sustentação, quanto para resistir às intempéries.
- Pinos ou cavilhas: o projeto necessita de um ajuste considerável de cortes e furos para o encaixe dos pinos.

3.5 Madeira

A madeira é uma matéria prima ainda muito utilizada na construção de mobiliários, apesar de ter alternativas muito boas como placa de bambu laminado colado (BLaC). Ela possui uma variedade muito grande quanto às cores e texturas, assim como diversos tamanhos, formatos e composições. Dentre elas encontram-se madeiras de lei, placas de madeira reconstituída ou de reaproveitamento.

3.5.1 Madeiras maciças

Elas são de alta qualidade e utilizada em seu estado puro, ou seja, sem interferência de outros produtos. Algumas espécies como Cumaru são bem resistentes tanto a insetos e fungos quanto à umidade, e tem alta durabilidade. Porém, por ser uma madeira muito rígida, é difícil de ser trabalhada e tem o peso muito elevado. Em contraste a isso, têm-se madeiras mais leves e macias como o Pinus, que é fácil de ser trabalhada. No entanto, podem ser mais suscetíveis a ação de cupins. Na hora de avaliar a madeira, é interessante verificar-se seus nós, pois ela pode comprometer a sua peça em relação à resistência - quanto menor o nó, mais resistência terá.

3.5.2 Alternativas às madeiras maciças

Existem placas de madeira, conhecidas como MDF e MDP, que foram desenvolvidas para substituir a madeira maciça e diminuir a extração de árvores. Elas são resultado de aglutinação de fibras de madeira com mistura de resinas sintéticas. São acessíveis, fáceis de serem manuseadas, bastante versáteis e se encontram em diferentes tamanhos e espessuras.

O MDF é composto por fibras de madeira de média densidade prensada e ligada por resina sintética formando, assim, uma sucessão de chapas. Ela possui uma superfície estável com aspecto homogêneo e textura suave. Isso possibilita acabamentos diversos, além de ser maleável e versátil. Geralmente, usa-se o MDF na fabricação de peças que exijam cortes, relevos e entalhamentos detalhados. Sua flexibilidade permite a criação de móveis diferenciados, além de ter um preço acessível e ser ecologicamente correto. Por ser feito de fibras de madeira é importante

que evite vãos superiores a 60 cm, pois dependendo do peso que terá que suportar ele pode acabar empenando.

O MDP é resultado de partículas de madeira aglutinadas de média densidade unidas entre si por uma resina. Essa chapa tem a combinação de madeira em três camadas: a camada do meio é formada por partículas maiores e garantindo a resistência mecânica, e nas superfícies, por partículas menores, o que faz com que receba melhor o acabamento. Essa composição heterogênea dá ao material uma boa resistência estrutural e durabilidade. Assim como o MDF, ele é ecologicamente correto e barato. Porém, o MDP tem o uso limitado, pois não suporta cortes arredondados, boleados, receber relevos por ter riscos de suas partículas se separarem.

O compensado tem as chapas feitas a partir da junção de várias lâminas de madeira, montadas de forma cruzada para melhor fixação e resistência. No entanto, ele é mais trabalhoso, pois sua superfície não vem preparada, tendo que ser lixada antes de ser trabalhada.

4 Materiais e métodos

4.1 Métodos

Dentre diversos métodos, o tipo de pesquisa que corresponde a este projeto é a pesquisa aplicada, que segundo Barros e Lehfeld (2000):

A pesquisa aplicada tem como motivação a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com objetivo de “contribuir para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade”. (2000 apud VILAÇA, 2010, p. 64-65).

Além disso, Appolinário (2000 apud VILAÇA, 2010, p.65) salienta que “pesquisas aplicadas têm o objetivo de ‘resolver problemas ou necessidades concretas e imediatas’”.

Quanto ao procedimento metodológico, será empregado o estudo de caso, que de acordo com Yin (2010):

Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos.

Em outras palavras, você usaria o método de estudo de caso quando desejasse entender um fenômeno da vida real em profundidade, mas se esse entendimento englobasse importantes condições contextuais – porque eram altamente pertinentes ao seu fenômeno de estudo. (YIN, 2010, p. 39)

Assim, esta pesquisa contextualiza o objeto de estudo (mobiliário baseado nos conceitos do *kirigami* 3D) em meio ao contexto do tempo atual, sendo este a melhoria do aproveitamento do espaço reduzido buscando o equilíbrio com a necessidade de se ter móveis no ambiente.

Para o desenvolvimento do produto, será empregada a metodologia proposta por Yamada (2016), analisando os materiais, as técnicas e as etapas.

4.2 Etapas dos Procedimentos Experimentais

Para começar a elaboração do modelo, foram revisados os critérios do projeto, sendo estes:

- O produto será um assento coletivo ou individual;
- O produto será articulável, aplicando os princípios do *kirigami* 3D;
- Com peças em módulos para facilitar na produção e poder adaptar o modelo em diferentes tamanhos (comprimento);
- *Kirigami* 3D tipo 90° é o que melhor se encaixa no projeto no quesito de menos adição e descarte de material, além de ser o tipo em que a gama de possibilidades é mais ampla;
- O produto será projetado virtualmente para utilizar MDF por ser uma madeira mais versátil, com espessura de 20 mm (nem muito fino devido à resistência, mas também não muito grosso devido ao peso e volume);
- O produto será pensado para utilizar a prototipagem rápida de subtração para melhor aproveitamento do material, embora esta etapa não esteja prevista neste trabalho.

Como etapas, a pesquisa iniciará com estudos de modelos físicos em papel, a fim de planejar bem as estruturas em termos de forma, volume e proporção. Definido o desenho do produto e levando em consideração que a previsão do material final será madeira MDF com espessura de 20 mm, o mesmo será totalmente modelado em software de modelagem 3D, desde dobradiças a cada peça do produto, observando as limitações e resultados.

4.3 Papel

Para os testes dos modelos físicos, utilizou-se o papel quadriculado no momento da criação, visto que a marcação dos quadrados facilitaria na verificação da proporção. O papel paraná e o vegetal também foram utilizados, o primeiro para analisar a espessura e problemas que poderiam ser encontrados; e o segundo para mudanças

no design do formato e passagem da planificação para o papel de 120g/m². Para a execução dos modelos físicos usou-se o papel com espessura de 120 g/m².

4.4 Articulações

Optou-se pela dobradiça comum por ter mais variedades tanto no tamanho como no material, e por ela não requerer grandes mudanças no projeto ao ser instalado. Neste estudo foi selecionado a dobradiça de aço de 3" (74,7 mm x 48,0 mm), que apesar de ser da linha leve, mostra uma boa resistência para o projeto.

4.5 Programa de modelagem

Para modelagem em software 3D, decidiu-se pelo *Solidworks*, e, para a planificação, *AutoCAD*, ambos por serem as ferramentas mais utilizadas pelas autoras, além de suprirem bem as necessidades que requer o projeto, como correção de medidas de peças já modeladas, simulação de movimentos, identificação de erros de colisão de peças e medidas, entre outros.

5 Resultados e discussões

Primeiramente, foram reproduzidos alguns exemplares já existentes para analisar melhor as estruturas e as possibilidades de dobras. Com isso, percebeu-se que é possível criar infinitas camadas (degraus) em qualquer eixo (x, y ou z) desde que o papel os viabilize, e as formas que se pôde criar também foram inúmeras.

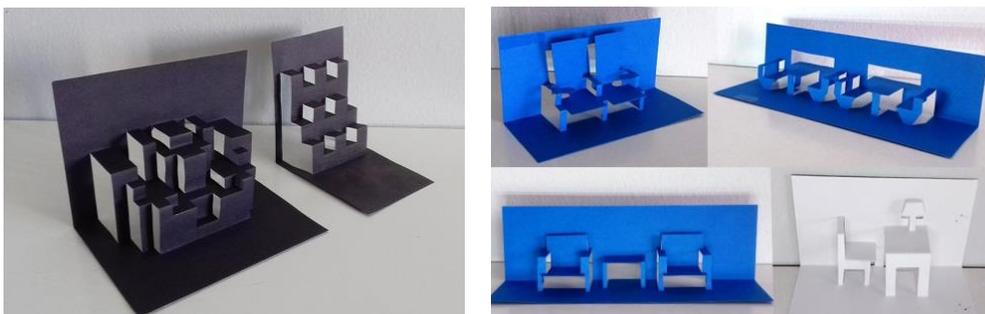


Figura 18 – Modelos de Ueno (2000) e Chatani (1986), executados pelos autores.
Foto dos autores

Após essa verificação, colocou-se em prática a criação dos modelos. A princípio, não houve preocupação quanto à viabilidade, no sentido de se apreender em materiais, processos de produção, etc. Apenas foram elaborados alguns exemplares testando a forma e as possibilidades. Segue abaixo alguns dos modelos criados

durante todo o processo, incluindo os que foram feitos conforme as falhas encontradas.

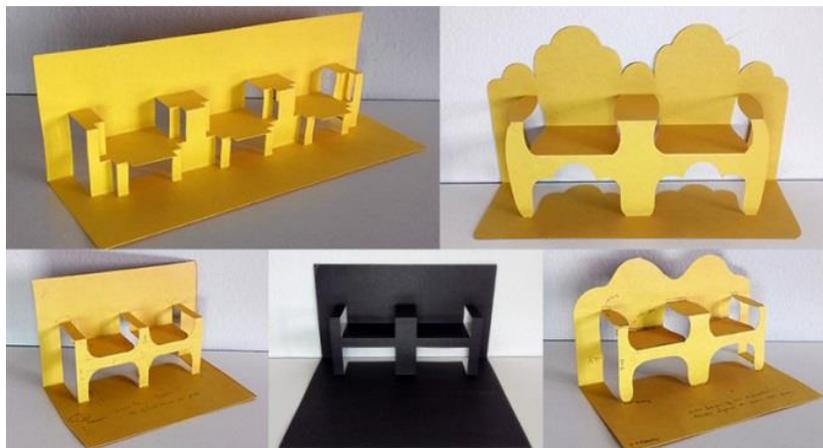


Figura 19 – Modelos para teste em papel de 120g/m² elaborado pelos autores.

Escolhido o modelo a ser executado, reproduziu-se o mesmo posteriormente no papel paraná para verificar a espessura. A princípio parecia que estava tudo bem, então se modelou no SolidWorks. Nesta etapa, notou-se um problema: a espessura do material influencia nas medidas do projeto. Como a dobradiça se instala na borda da madeira, acaba aumentando a quantidade de material que foi deslocado (medida da espessura do MDF).

Para certificar-se da falha, foi feito um teste em papelão, e como nota-se nas ultimas imagens da figura abaixo, para que o banco ficasse com 90 no assento, foi preciso compensar a espessura do material de alguma forma, e conseguiu-se isso removendo algumas partes.



Figura 20 – Testes em papel paraná e papelão elaborado pelos autores.

Outro problema notado no momento da modelagem virtual em que foram instaladas as dobradiças foi que estas também interviriam nas medidas.

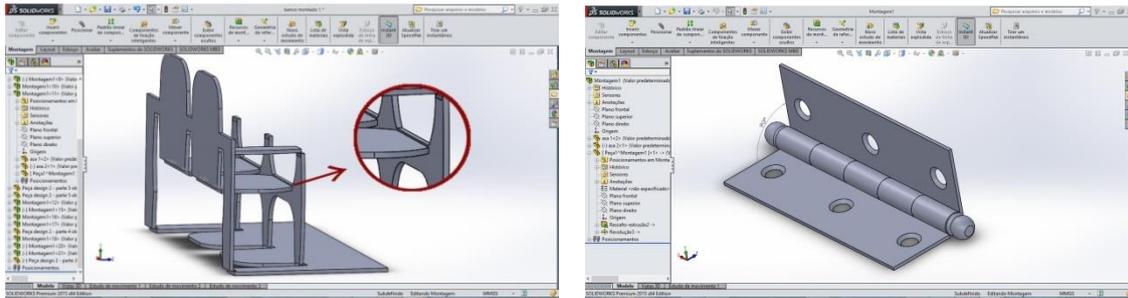


Figura 21 – Montagem do 3º modelo e dobradiça, respectivamente, executados pelos autores.

Então, além da compensação de medida em razão da espessura do MDF, foram feitas adequações para as dobradiças também. Portanto, resolvendo-se os problemas, a planificação ficou da seguinte forma: deixou-se um espaço entre as peças A e B, A e C, assim como na D e E, conforme mostra a figura abaixo, em que a cor preta mostra onde se localizam essas lacunas:

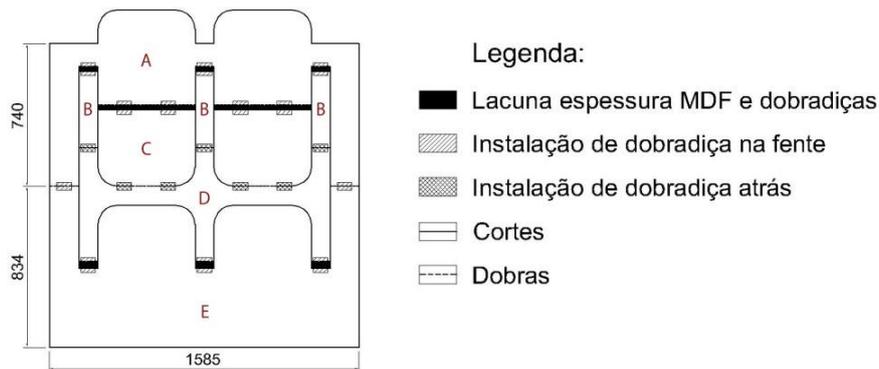


Figura 22 – Planificação do modelo final (medidas em mm), elaborado pelos autores.

Antes da execução dos modelos novos que apresentam curvas, foram feitas as planificações no software *AutoCAD* para certificar suas medidas. Assim, entre erros e acertos, chegou-se ao modelo final.

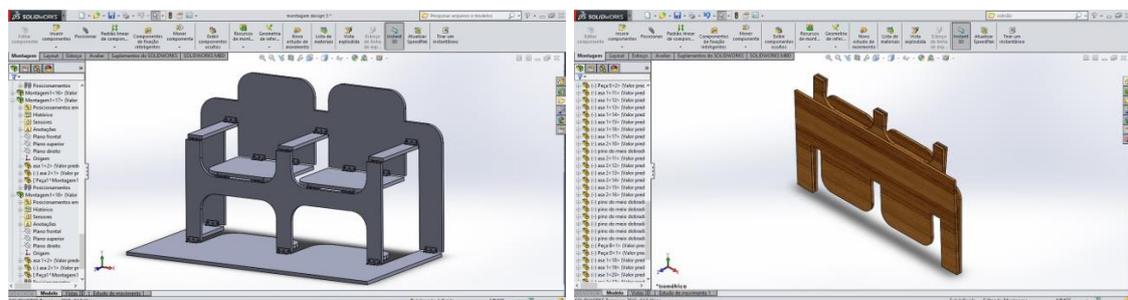


Figura 23 – Modelo virtual final aberto e fechado, respectivamente, executado pelos autores.

A modelagem virtual da dobradiça foi feita, porém notou-se uma pequena falha que precisará ser ajustada posteriormente antes da execução física. Ela não se fecha totalmente, como se pode ver no real. Isso poderá influenciar no mecanismo do objeto virtual e conseqüentemente no real.

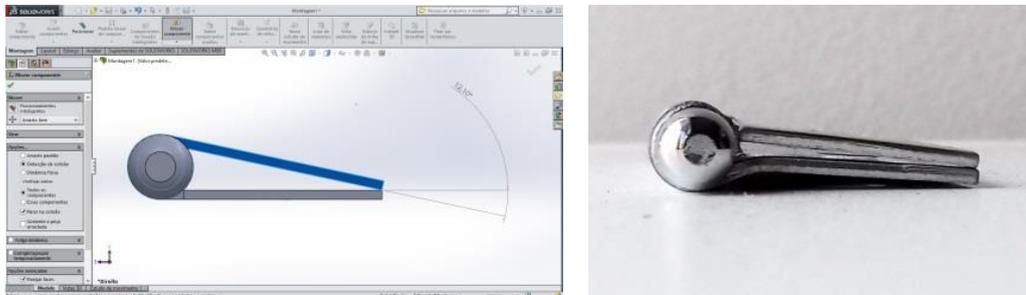


Figura 24 – Vista lateral das dobradiças virtual e real, respectivamente, elaborado pelos autores.

5.1 Especificações da dimensão

Para estabelecer as medidas do objeto, baseou-se em Panero (2002), que trata de dimensionamento ergonômicos para projetos de espaços interiores. Assim, seguindo a ergonomia, o banco foi projetado para ser construído em uma placa de MDF de 1,748 m x 1,585 m com espessura de 20 mm, e com peso aproximado de 41,3 kg. Segue abaixo a planificação e as vistas ortogonais com as principais medidas.

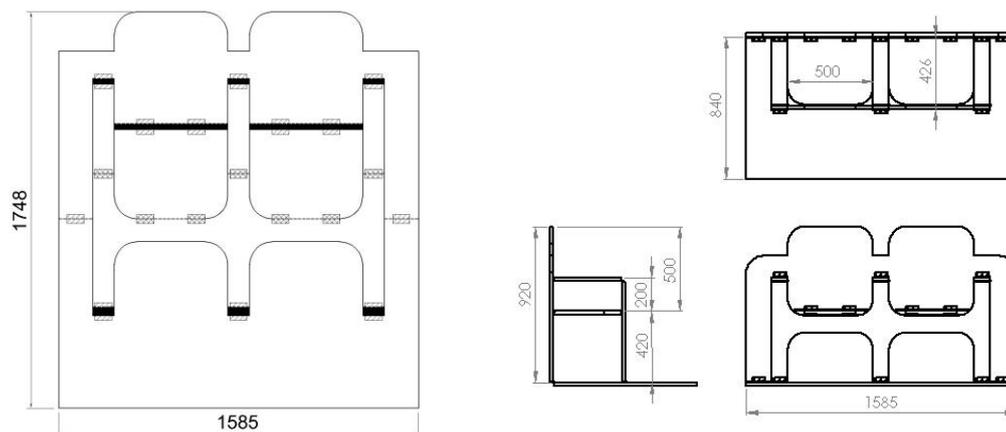


Figura 25 – Medidas principais (em mm) do objeto planificado e aberto em 90°, respectivamente, elaborado pelos autores.

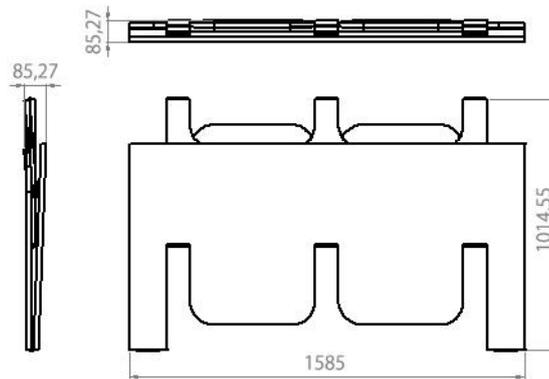


Figura 26 – Medidas principais do objeto fechado em mm, elaborado pelos autores.

6 Considerações finais

A ideia de se fazer este projeto surgiu no momento em que se notou a potencialidade do *kirigami* 3D ser aplicado em um produto para solucionar problemas muito vistos no dia a dia: a economia e o melhor aproveitamento do espaço.

Procurou-se nesta pesquisa seguir ao máximo os conceitos do *kirigami* 3D no quesito da estrutura ser composta somente por uma placa e ter a utilização dela por inteiro. Porém, no decorrer dos estudos surgiu o seguinte problema: devido à espessura do material (MDF) e ao espaço ocupado pela dobradiça, as medidas tiveram que ser alteradas.

Assim, a modelagem em software antes da execução física foi de grande importância, pois nele notaram-se os pontos de colisões de material provocado pela espessura da madeira que até então não tinham sido consideradas. Em razão disso, o design do banco foi mudado cinco vezes até chegar ao modelo final, sendo quatro delas modeladas no software 3D. A modelagem da dobradiça também foi fundamental, visto que sem ela a falha no momento da montagem física estaria garantida.

Um segundo ponto significativo foi que o *SolidWorks* permite a simulação dos movimentos, assim pôde-se observar onde a espessura do material influenciaria no projeto e qual alteração deveria ser feita para que isso pudesse ser solucionado.

Como descrito anteriormente, houve muitas mudanças no design da proposta, que foram feitas conforme as falhas encontradas no decorrer dos estudos. Assim, a observação que se conseguiu ser feita com todas essas mudanças foi que, como primeiro projeto de estudo, diminuir a quantidade de dobras e deixar somente as essenciais para sustentação do objeto foi positivo, pois foi possível observar melhor onde e em que fragmento a aplicação das dobradiças seriam fundamentais.

Como futuros desdobramentos desta pesquisa, estão a correção da modelagem da dobradiça, a execução e análise da etapa do corte do material na Router CNC, a montagem e verificação do mecanismo das dobras no modelo físico e a descrição do comportamento do objeto em relação aos materiais usados. Também será necessário pesquisar sobre o controle do mecanismo de abertura e fechamento do objeto a fim de evitar acidentes com o usuário, podendo ser necessário instalar algum apoio nas laterais ou ainda um sistema de travamento.

A continuidade deste projeto será muito significativa no âmbito dos estudos acadêmicos brasileiros, já que pesquisa nesta área é muito escassa no país.

Agradecimentos

A UNESP/PROEX/PIBIC pelo incentivo e apoio nesta pesquisa.

Referências

ARCHITIZER. **Al Bahr Towers**. 2018. Disponível em: <<https://architizer.com/projects/al-bahr-towers/>>. Acesso em: 20 mar 2018.

BENSHETRIT, D. **Dror for Pick Chair**. 2010. Disponível em: <<http://www.studiodror.com/>>. Acesso em: 20 mar 2018.

BLOG Bons Ventos. **Quais são os melhores tipos de madeira para móveis de área externa?**. 2017. Disponível em: <<http://macdesign.com.br/blog/>>. Acesso em: 26 mar 2018.

CAMILLIERI, M. **Woodmood Menuiserie Créative**. 2009. Disponível em: <<https://www.woodmood.fr/>>. Acesso em: 9 mar 2018.

CASA Show. **Dobradiças: conheça os tipos e como escolher**. 2018. Disponível em: <<https://blog.casashow.com.br/>>. Acesso em: 9 mar 2018.

CHATANI, M. **Origamic architecture of Masahiro Chatani**. Tokyo, Japan: Shokokusha Publishing Company Ltd., 1983.

CHATANI, M. **Paper Magic Pop-up Paper Craft**. Tokyo, Japan: Ondorisha Publishers Ltd., 1988.

CHATANI, M. **POP-up Greeting Cards**. Tokyo, Japan: Ondorisha Publishers Ltd., 1986.

GUYON, F. **Les Ateliers Guyon: Design Mobilier & Interieur**. 2016. Disponível em: <<http://www.lesateliers-guyon.com/>>. Acesso em: 27 abril 2018.

JAPONISTA. **Origamic Architecture**: a arte híbrida tridimensional. 2013. Disponível em: < <https://japonista.com.br/>>. Acesso em: 20 nov 2017.

LEO Indica. **Qual escolher: MDF, MDP ou compensado?**. 2018. Disponível em: < <https://leoindica.com.br/>>. Acesso em: 26 mar 2018.

LINEA Brasil Blog. **Móveis de madeira**: como avaliar a qualidade do material usado. 2017. Disponível em: <<http://blog.lineabrasil.com.br/>>. Acesso em: 26 mar 2018.

METALÚRGICA Rodrigues. **Tabela de especificações**. Disponível em: < <http://metalrodrigues.tempsite.ws/pt/default.asp>>. Acesso em: 15 mai 2018.

MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas** Trad. José Manuel de Vasconcelos. 2a ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

NAKAZAWA, K. **Pop-Up Best Greeting Cards**. Tokyo, Japan: Ondorisha Publishers Ltd., 1995.

PANERO, Julius. **Dimensionamento Humano Para Espaços Interiores**. Trad. Anita R. D. Marco. 1ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, SL, 2002.

SILIAKUS, Ingrid. **Ingrid Siliakus**: Paper architect/ artist. 1955. Disponível em: < <https://ingrid-siliakus.exto.org/>>. Acesso em: 22 fev 2018.

TACHI, T. Rigid-Foldable Thick Origami. In: Origami⁵, 5., 2010, Singapura. **Anais...** Nova York: A K Peters/CRC Press; 2011. P.253-264.

UENO, T. R. Criação de estruturas geométricas tridimensionais através da técnica do origami arquitetônico. In: VI World Congress on Communication and Arts. 2012, Geelong. **Anais ...** Geelong: COPEC, 2013. P. 183-187.

UENO, Thais Regina. **Do origami tradicional ao origami arquitetônico**: uma trajetória histórica e técnica do artesanato oriental em papel e suas aplicações no design contemporâneo. Bauru: UNESP, 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2003.

VAN EMBRICQS, R. **Robert Van Embricqs**: combining functionality with art. 2016. Disponível em: <<http://www.robertvanembricqs.com/>>. Acesso em: 27 abril 2018.

VILAÇA, M. L. C. **Pesquisa e ensino**: considerações e reflexões. E-crita Revista do Curso de Letras da UNIABEU, Nilópolis, v.I, Número2, Mai. –Ago. 2010. 59-74.

YAMADA, T. R. U. **Estruturas flat foldable em Bambu Laminado Colado baseadas em técnicas de dobra e corte do origami e do Kirigami**. Bauru: UNESP, 2016. 222 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e Métodos. Trad. Daniel Grassi. 2a ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.