

## ESTUDO SOBRE O ORIGAMI: MÉTODOS DO DESIGN DE DOBRAS E CREASE PATTERN NO PROCESSO CRIATIVO

### *STUDY OF ORIGAMI: FOLDING DESIGN AND CREASE PATTERN METHODS IN THE CREATIVE PROCESS*

Samanta Aline Teixeira<sup>1</sup>

Milton Koji Nakata<sup>2</sup>

#### Resumo

A presente pesquisa busca investigar o novo papel científico e projetual que o origami está desempenhando globalmente e como o design de dobras pode auxiliar no processo criativo. Para tal, são consideradas duas principais vertentes: 1) citar e analisar os principais componentes estruturais do origami, seu histórico de comunicação, métodos e aplicações; 2) citar e analisar os diferentes registros bibliográficos do origami, seus métodos de design e alcance de inovação. Procura-se entender os três elementos compositivos do origami: dobras-vale, dobras-montanha e *crease pattern*. A pesquisa possui dois tipos de caráter investigativo: um momento teórico e um momento prático. O estudo teórico se foca na leitura e seleção de diversos artigos de periódicos e congressos, para elucidar as diferentes possibilidades de ação do origami e o método do *crease pattern*. O estudo prático trata-se da construção de algumas formas específicas baseadas no estudo teórico para a comprovação tátil e visual dos métodos e composição do origami. Busca-se uma contribuição geral no sentido de solidificar mais e melhor o conceito do design de dobras e a pesquisa do origami no Brasil.

**Palavras-chave:** origami; design; *crease pattern*; processo criativo; método.

#### Abstract

The present research investigates the new role which science and design inspired in origami is performing globally and how the folding design can assist the creative process. For this purpose, are considered two main areas: 1) to cite and analyze the main structural components of origami, your communication history, methods and applications; 2) to cite and analyze the different bibliographic records about origami, its methods for design and range of innovation. We seek to understand the three compositional elements of origami: valley folds, mountain folds and crease pattern. The research has two types of investigative character: a theoretical moment and a practical moment. The theoretical study focuses on reading and selecting various journal articles and conferences, to elucidate the different origami possibilities of action and method of

---

<sup>1</sup> Mestranda, Pós Graduação em Design de Produto – FAAC – UNESP, laranjasat@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Doutor, Departamento de Design – FAAC – UNESP, milton@faac.unesp.br

the crease pattern. The practical study focuses on the construction of some specific forms based on theoretical study for tactile and visual evidence of the methods and composition belonging to the origami. We seek a general contribution to solidify more and better the concept of folding design and the origami research in Brazil.

**Keywords:** origami; design; crease pattern; creative process; method.

## 1. Introdução

Nos últimos quinze anos, o origami vem expandindo consideravelmente seu alcance enquanto ferramenta metodológica científica e projetual, trazendo inovações e descobertas em milhares de áreas do conhecimento internacionalmente.

[...] o origami é, ao mesmo tempo, uma velha e nova arte. A sua nova fase é um tanto surpreendente. Afinal, a dobradura vem sendo uma forma de arte há cerca de quinze séculos. Ela é ancestral; não se esperava que 98 por cento da sua inovação surgisse nos últimos 2 por cento de existência desta forma de arte! (LANG, 2003, p. 3, tradução dos autores).

Pesquisadores veteranos no assunto (LANG, 2003, 2009; LANG; IVERSON; YIM, 2011; STEWART, 2007) desempenham fundamental papel neste momento, pois iniciam elaborações de novas teorias e eventos de divulgação, no esforço de organizar e elencar as inovações com origami que acontecem em diversos lugares e em diferentes escalas simultaneamente. Um desses esforços é o Encontro Internacional de Ciências do Origami, Matemática e Educação (*International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education*)- iniciativa criada pelo físico, pesquisador e origamista Robert J. Lang, que afirma:

Os conceitos de origami e ciência parecem estar tão distantes dentro dos campos humanos de atuação quanto você possa imaginar: o primeiro, uma arte, um fazer manual, associado a uma tradição japonesa de centenas de anos atrás; o último, uma rigorosa e racionalista forma do conhecimento. Mas, curiosamente, ambos os campos entrelaçam-se influentemente um no outro, apresentando conexões de diversas maneiras. E, de fato, eles têm feito isso há décadas. (LANG, 2009, p. ix, tradução dos autores).

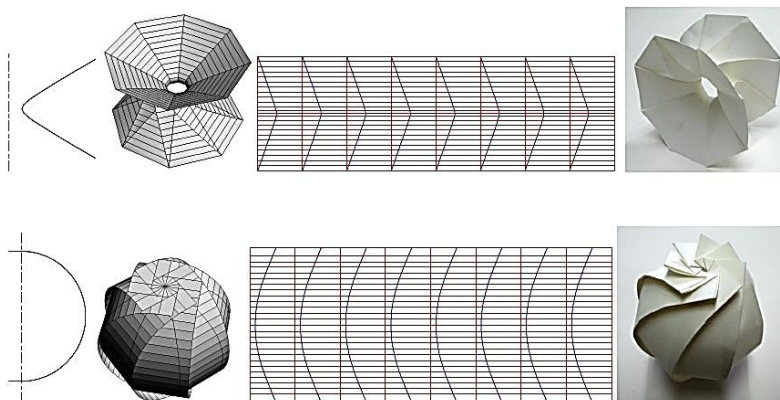
Para citar alguns exemplos desse entrelaçamento, têm-se hoje pesquisas do origami aplicado nas ciências da computação (MITANI, 2009), na educação (MENGES, 2015; ANDREAS, 2011), na medicina (KURIBAYASHI; YOU, 2003, 2009; YOU, 2011), na robótica (DEMAINE et al., 2010), na astronomia (HYDE et al., 2002), na biologia molecular (ROTHEMUND, 2006; KOMIYAMA et al., 2011), etc. O programa Ori-Revo, por exemplo, constrói o origami através da varredura rotacional, técnica comumente utilizada em sistemas CAD e CG. De acordo com Mitani, o Ori-Revo possibilita uma liberdade de criação entre duas e três dimensões que pode ser aplicada tanto artística quanto industrialmente (MITANI, 2009, p. 79). O programa foi desenvolvido em Java Script e é *open source*, disponível para download no site do criador<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Cf. [http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/ori\\_revo/](http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/ori_revo/)

Na Figura 1, da esquerda para a direita observa-se: o desenho feito no programa Ori-Revo, seu respectivo modelo 3D, o *crease pattern*<sup>4</sup> gerado e, por fim, o modelo final dobrado fisicamente. O próximo trabalho baseado no origami foi desenvolvido na Lawrence Livermore National Laboratory, em Livermore, Califórnia (HYDE et al., 2002).

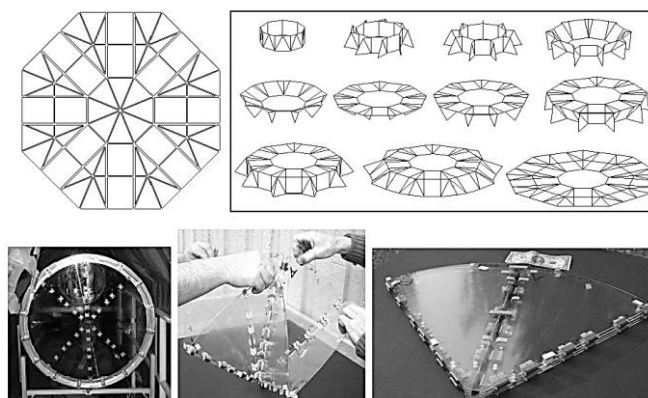
Figura 1: O software Ori-Revo, criado por Jun Mitani.



Fonte: MITANI (2009).

Na primeira linha da Figura 2, da esquerda para a direita tem-se o *crease pattern* das lentes e a trajetória de dobragem do telescópio. Nas três fotos da segunda linha tem-se o registro de montagem em escala 1x1 do telescópio, feito com vidro (HYDE et al., 2009, p. 28). O projeto surgiu com a intenção de deixar o telescópio pequeno para a viagem e grande para o destino, como Lang coloca (2009), ou seja, dobrado para entrar no foguete e desdobrado para quando chegar ao espaço. As dobras do telescópio possibilitam que sua forma desdobrada seja maior do que telescópios comuns; dessa maneira, o Eyeglass consegue capturar imagens de planetas e estrelas com maior resolução e detalhes.

Figura 2: O telescópio espacial Eyeglass, criado por Robert J. Lang.

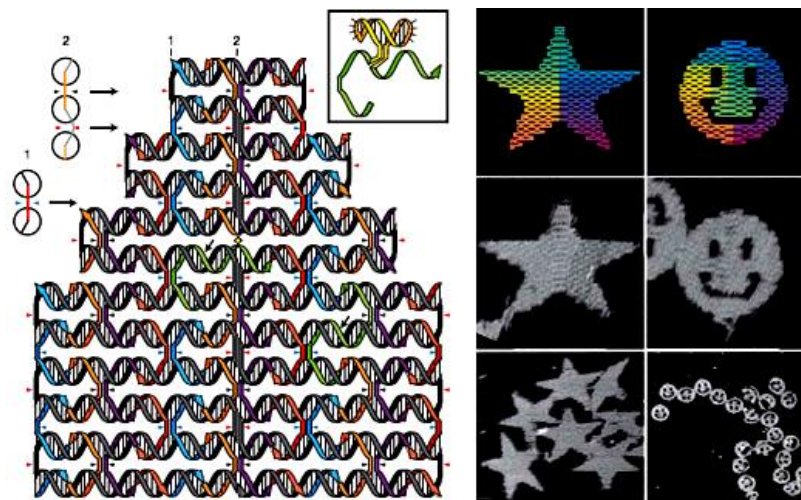


Fonte: HYDE et al. (2002).

<sup>4</sup> O termo *crease pattern* indica o padrão de dobras do papel, aspecto que será explicado melhor nos próximos capítulos.

O trabalho de Paul Rothemund, ilustrado na Figura 3, baseou-se em aplicar o raciocínio do origami em uma cadeia de DNA da proteína Scaffold. No lado esquerdo consta a estratégia de dobragem. No lado direito constam os resultados: na primeira linha a exploração de formas com as dobras no computador e nas duas linhas seguintes as fotos do DNA dobrado final, com o auxílio do Microscópio de Força Atômica (AFM). Rothemund acredita que a manipulação de formas do DNA evitam problemas de estequiometria e purificação, estes não sendo evitados com eficácia pelo DNA comum, cuja estrutura é simples e plana.

Figura 3: O DNA origami, criado por Paul W. K. Rothemund.



Fonte: ROTHEMUND (2006).

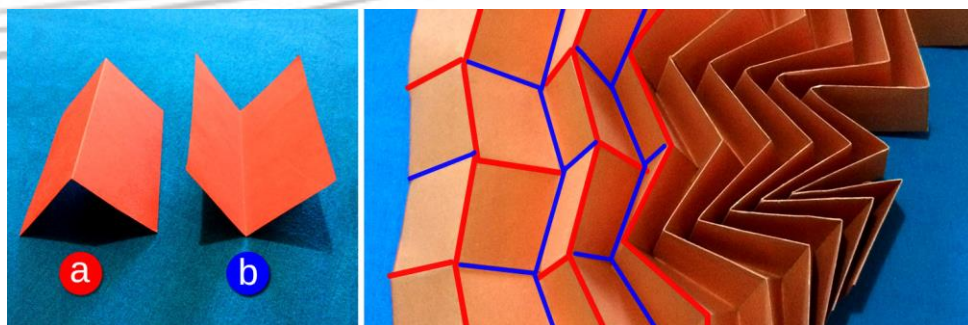
Tendo ilustrado alguns projetos inovadores em meio a muitos outros que estão acontecendo constantemente, a seguir cabe procurar entender como o origami funciona e como é aplicado projetualmente. Para tal, é feita uma elucidação de como é composta a estrutura das dobraduras, do que se trata o *crease pattern* e seus principais métodos de ação projetual.

## 2. O *Crease Pattern* e seus Principais Métodos de Ação Projetual

A primeira característica fundamental do origami é que todo modelo em dobradura possui dobras-vale e dobras-montanha em suas configurações, segundo Lang (2009). O que torna um origami mais ou menos complexo é a combinação/interação entre suas dobras-vale e dobras-montanha. Na **Figura 4**, à esquerda tem-se o papel com as duas configurações mais básicas que compõem qualquer tipo de origami. Em 4 a) está a dobra-montanha representada pela cor vermelha e em 4 b) está a dobra-vale representada pela cor azul.

À direita tem-se um origami começando a se dobrar de acordo com as dobras-vale e as dobras-montanha, estas dispostas de uma determinada maneira ao longo do papel. Esta “maneira” é caracterizada, por sua vez, pelo chamado *crease pattern*, explicado a seguir.

Figura 4: Dobras-Montanha e Dobras-Vale: as unidades mais básicas do origami.

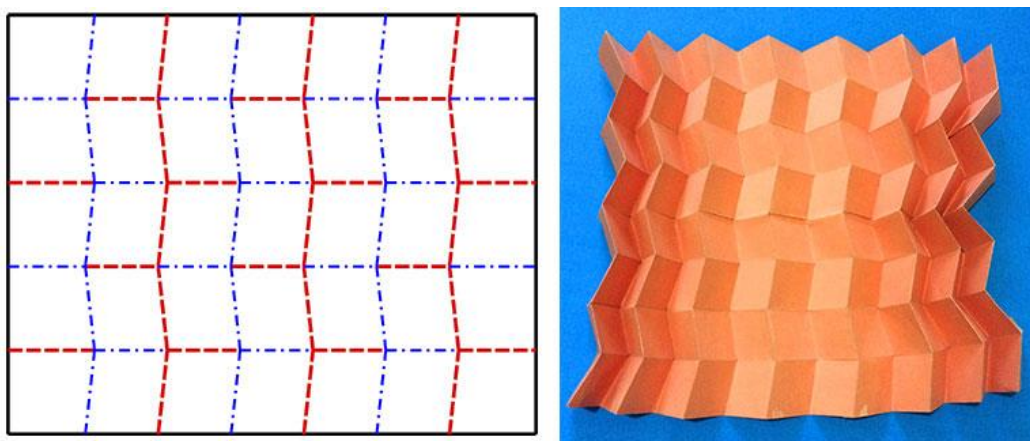


Fonte: Elaborado pelos autores (09/05/2016).

### 2.1. O Mapeamento de Dobras

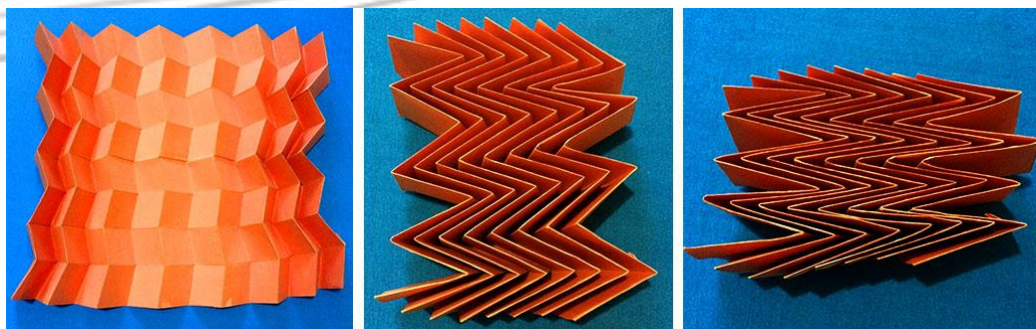
Se as dobras-vale e dobras-montanha compõem o primeiro princípio de ação do origami, o *crease pattern* é o segundo princípio, especialmente quando se diz respeito à criação de modelos específicos em dobras. *Crease pattern* pode ser traduzido literalmente como padrão de dobras ou padrão de vincos. Porém, não se trata essencialmente de um “padrão”: tal palavra dá a ideia de repetição, o que não acontece em todos os casos. Trata-se, antes de tudo, de um mapeamento, um esquema estratégico de desenho para montagem de determinados modelos de origami. Por isso, utiliza-se neste artigo a adoção da palavra em inglês, uma vez que suas traduções não condizem plenamente com seu significado prático. O *crease pattern* é um conjunto de linhas desenhadas ao longo do papel planificado. As linhas são a representação das dobras-vale e dobras-montanha. Alguns *crease patterns* possuem linhas de cor diferente para diferenciar as vales das montanhas e, assim, facilitar a montagem – ver Figura 5. O origami pronto pode ser visto na Figura 6.

Figura 5: O *crease pattern* do origami Miura-Ori.



Fonte: Elaborado pelos autores (09/05/2016).

Figura 6: O origami Miura-Ori, criado por Koryo Miura.



Fonte: Elaborado pelos autores (09/05/2016).

Na Figura 5, ao lado esquerdo consta o *crease pattern* do origami Miura-Ori, modelo criado por Koryo Miura. Ao lado direito consta o papel já com as marcas das dobras feitas através do mapeamento do *crease pattern*. O Miura-Ori, mundialmente conhecido, é produto de um estudo de dobras para aplicação em grandes membranas espaciais (MIURA, 1985).

## 2.2. A Difusão Comunicacional do Origami: os Métodos de Criação e Reprodução das Dobraduras

Com o panorama histórico descrito por Hull e Lang (2005), têm-se algumas trajetórias específicas que as dobraduras japonesas percorreram ao longo dos tempos. O aprendizado do origami começou de pessoa a pessoa, das mãos do mestre às mãos do aluno. Depois surgiram os diagramas ilustrativos, quando a impressão no papel em série se tornou uma realidade moderna. Mais à frente, próximo à nossa realidade atual, surgiu o computador e a internet e, com eles, o origami divulgado digitalmente. Simultaneamente, o pensamento do *crease pattern* começou a ser explorado com a adoção do origami aplicado às pesquisas científicas.

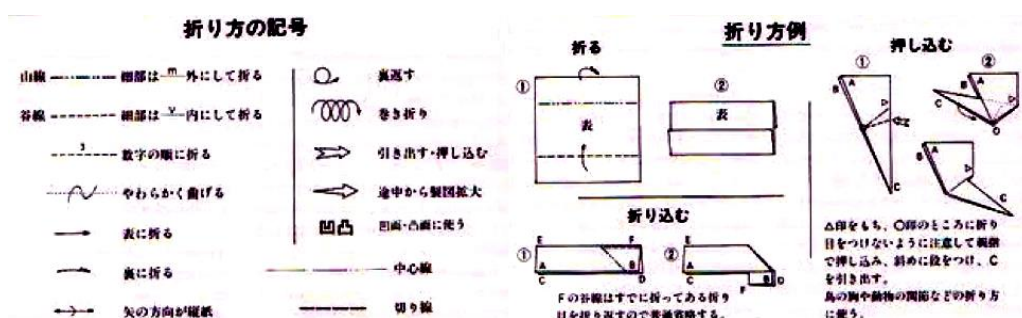
O origami como é conhecido nos dias de hoje (e sua conseqüente difusão para o mundo todo) se construiu por meio de um longo processo de adoção de novas linguagens comunicacionais no período moderno (LANG; HULL, 2005). Essas novas linguagens foram especialmente focadas nos diagramas ilustrativos, quer dizer, nos desenhos de símbolos e esquemas passo a passo que organizavam todo o processo de criação do origami de maneira clara e universal. O Processo de difusão do origami com os diagramas ilustrativos começou com Akira Yoshizawa e depois foi adotado por diversos outros origamistas (FUSE, 2010; MONTROLL, 2002; MUKERJI, 2008), fazendo com que o origami saísse tanto da esfera geográfica japonesa quanto da restrita divulgação passada de pessoa a pessoa. É nesse momento que o origami passa a ser uma forma de arte mundial:

[...] o origami moderno, no sentido do que encontramos quando olhamos para um típico livro de instruções de origami, surgiu apenas entre 1940 e 1950. Foi quando milhares de indivíduos como o mágico Robert Harbin, na Inglaterra, Lilian Oppenheimer (a vovó do origami nos EUA), em Nova Iorque, e o mestre do origami Akira Yoshizawa, no Japão, se encarregaram em comunicar e popularizar esta arte

para o resto do mundo. (LANG; HULL, 2005, p. 92, tradução dos autores).

Um origami pode ser criado e reproduzido por quatro diferentes maneiras: 1) diagramas ilustrativos, em livros e imagens online; 2) vídeos na internet, a forma mais nova de comunicação do origami; 3) aulas e oficinas de origami, comunicação que requer a reunião e presença física das pessoas; 4) esquematização do *crease pattern*. Quando o origami é criado ou reproduzido através dos métodos de ensino como as aulas em vídeo, diagramas ilustrativos ou oficinas, o processo de ação se foca no esquema do passo a passo, como ilustram as Figura 7, 8 e 9.

Figura 7: O diagrama ilustrativo do origami, criado por Akira Yoshizawa.



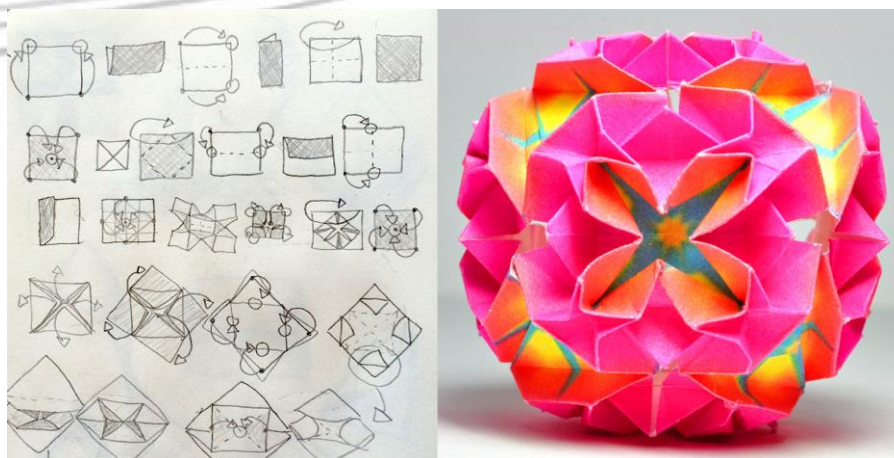
Fonte: YOSHIZAWA (1984).

Figura 8: Estudos do origami através de oficinas desenvolvidas na UNESP, em 2014 e 2015.



Fonte: Elaborado pelos autores (14/12/2014 e 08/11/2015).

Figura 9: Criação do origami Hana através de diagrama ilustrativo, por Samanta Teixeira.



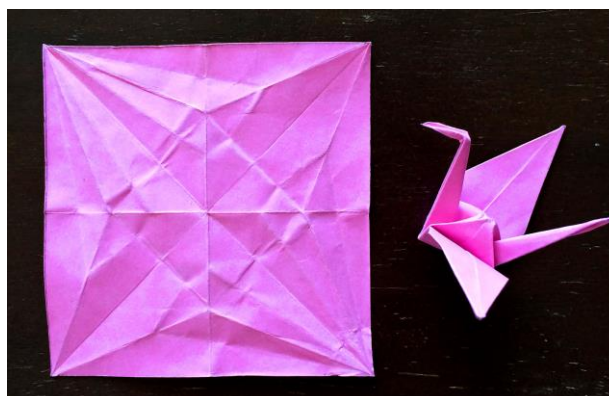
Fonte: Elaborado pelos autores (08/06/2014).

O processo passo a passo se foca no ensino e exploração do origami, procurando entender suas fases de mutação e modelagem através das dobras, sejam elas reproduções de modelos já existentes, ou criações de novos origamis. As etapas de criação e reprodução através do *crease pattern* apresentam uma trajetória diferente dos três métodos anteriores.

### 2.3. Conhecendo os Tipos de *Crease Pattern*: Consequência ou Estratégia

Apenas recentemente o *crease pattern* entrou no processo de criação e reprodução do origami, porém com uma metodologia mais científica e precisa do que as formas de comunicação anteriores. O *crease pattern* pode ser tanto uma estratégia quanto uma consequência da criação de um origami. O processo de consequência do *crease pattern* é observado através do desdobraimento de um modelo de origami, quer dizer, o retorno ao seu estado inicial planejado. O papel desdobrado apresenta as marcas das dobras (ou *crease pattern*) formadas como consequência do modelo e não como estratégia de sua criação. O tradicional origami *tsuru*, por exemplo, possui um *crease pattern* como consequência do seu processo de dobragem.

Figura 10: O origami *tsuru* e seu *crease pattern*.



Fonte: Elaborado pelos autores (12/05/2016).

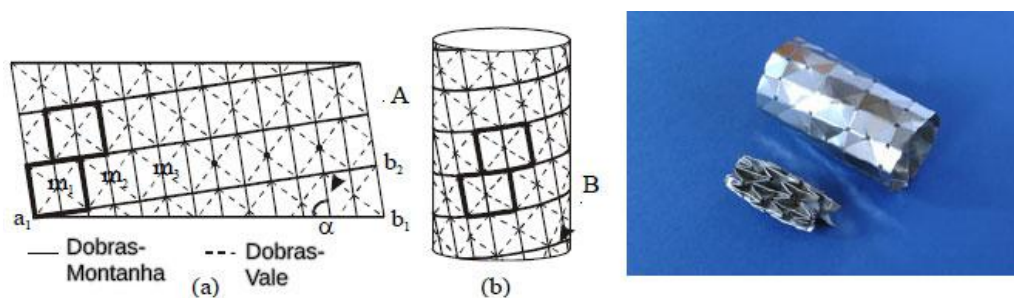


Os *crease patterns* passaram a ter papel ativo e serem pensados como estratégia de design a partir de estudos como o Miura-Ori para materiais especiais (MIURA, 1985), o programa Ori-Revo (MITANI, 2009) e o telescópio Eyeglass (HYDE et al., 2002). Tais projetos foram elaborados objetivando diferentes inovações com a mesma ferramenta: o mapeamento de dobras em busca de formas específicas.

#### 2.4. Método do *Crease Pattern*: Projetando Formas Específicas

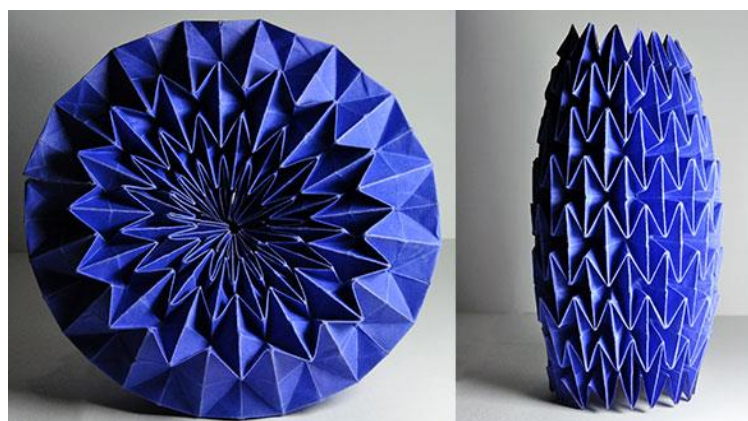
O método de modelagem do *crease pattern* pode ser útil para se alcançar determinadas formas específicas e auxiliar no processo de criação de algum produto. Essa forma de projeção através do mapeamento de dobras trouxe inovações como o Origami Heart Stent (Figura 11), um projeto medicinal desenvolvido por Kaori Kuribayashi e Zhong You (2003, 2009). O *stent* é um redesign do produto através do *crease pattern* das dobras escamas-de-peixe, estas criadas por Yuri e Katrin Shumakov (2001) com o origami Magic Ball (Figura 12).

Figura 11: O Origami Heart Stent, criado por Zhong You e Kaori Kuribayashi.



Fonte: KURIBAYASHI, YOU (2009).

Figura 12: O Origami Magic-Ball, ou Dragon's Egg, criado por Yuri Shumakov e Katrin Shumakov.



Fonte: Elaborado pelos autores (08/06/2014).

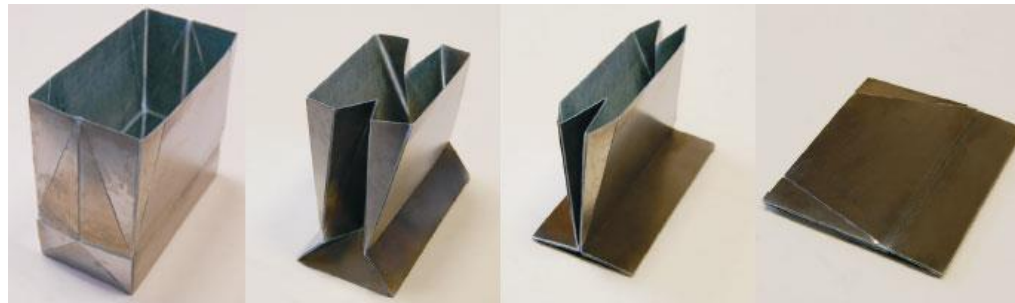
As dobras escamas-de-peixe possuem um potencial de expansão e compactação muito interessante do ponto de vista do designer – sua natural mutação de forma faz com que projetos como o Origami Heart Stent sejam possíveis de se concretizar. De

acordo com Kuribayashi e You (2003), o *stent* trata-se de um tubo flexível comumente usado em certos processos medicinais cirúrgicos, auxiliando no tratamento de câncer no esôfago/duto biliar, problemas intestinais e bloqueios cardiovasculares causadores de infarto. Os pesquisadores afirmam ainda que os *stents* antigos são rígidos e limitados em sua forma, feitos de uma malha metálica com ou sem membrana de revestimento externo. O diferencial do Origami Heart Stent está na sua estrutura dinâmica.

O projeto nasceu do método de *crease pattern* com a intenção de se auto-dobrar, trazendo dois estados de forma: compactação e expansão. O *stent* se compacta ao ser inserido dentro da pessoa (buscando o mínimo de desconforto no processo), e se expande quando chega ao problema identificado (desbloqueando uma veia entupida de gordura, por exemplo). O projeto medicinal de Kuribayashi e You é uma consequência indireta da arte de Yuri e Katrin Shumakov através da conexão entre os *crease patterns*, indicando assim a importância desse método de design.

A adoção de um novo *crease pattern* possibilitou também o redesign de sacola de compras, desenvolvido por Zhong You e Weina Wu (2011). A adição de algumas marcas em cima das sacolas comuns fez com que a compactação planejada da sacola ocupasse menos espaço no estoque. O novo *crease pattern* também foi pensado para que a sacola pudesse ser dobrada em um material rígido, como chapas de metal, sem prejudicar a sua forma durante o armazenamento ou uso.

**Figura 13: Sacola dobrável com material rígido, criada por Zhong You e Weina Wu.**



Fonte: YOU, WU (2011).

### 3. Considerações Finais

A presente pesquisa buscou duas vertentes principais: 1) elucidar e descrever os principais componentes de ação do origami, seu histórico, métodos e aplicações; 2) elencar e entender os diferentes registros científicos e projetuais do origami para compreender melhor os métodos de design do origami e seu alcance de inovação. Alguns trabalhos de áreas distintas foram citados e analisados, na tentativa de esclarecer o caráter multidisciplinar do origami. Foi visto que, para entender a ação projetual do origami e seu potencial inovador, é preciso estar ciente dos três elementos compositivos das dobraduras: dobras-vale, dobras-montanha e *crease pattern*.

Quando desenvolvido o estudo teórico através dos diversos artigos de periódicos e congressos, ficaram claras as diferentes possibilidades do design de dobras. A transformação do plano 2D para o plano 3D e, conseqüentemente, da forma simples para a forma complexa, tornam-se evidentes com a adoção visual e tátil do *crease pattern*. O origami é o principal componente de referência para diversos tipos de

projetos em pesquisa no mundo todo. Este artigo buscou também uma contribuição no sentido de solidificar mais e melhor a pesquisa do origami científico no Brasil, apontando alguns pilares de conhecimentos adquiridos atualmente com as dobraduras japonesas para que, com estes pontos iniciais, façam-se muitas outras pesquisas bibliográficas e experimentais com o origami em solo nacional.

## Referências

ANDREAS, Boruga. Origami art as a means of facilitating learning. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Sinaia, v. 11, p. 32-36, 2011. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811000309>>. Acesso em 11 Abr. 2016.

DEMAINE, Erik D. et al. Programmable matter by folding. **Proceedings of The National Academy of Sciences of the United States of America**, Estados Unidos, v. 107, n. 28, p. 12441-12445, jul. 2010.

FUSE, Tomoko. **Unit Origami Essence**. Japão: Nichibou Japan Publications, 2010.

HYDE, Roderick et al. Eyeglass: A Very Large Aperture Diffractive Space Telescope. In: Proceedings of SPIE Highly Innovative Space Telescope Concepts (Ed. Howard A. MacEwen). **Conferência...** Washington: SPIE The International Society for Optics and Photonics, 2002. (v. 4849), p. 28-39. DOI: 10.1117/12.460420. Disponível em:

<<http://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.460420>>. Acesso em 11 Abr. 2016.

KOMIYAMA, Makoto et al. Nanomechanical DNA origami 'single-molecule beacons' directly imaged by atomic force microscopy. **Nature**, Londres, v. 2, n. 44, p. 1-8, 2011. Disponível em:

<<http://www.nature.com/ncomms/journal/v2/n8/full/ncomms1452.html>>. Acesso em 11 Abr. 2016.

KURIBAYASHI, Kaori; YOU, Zhong. A novel origami stent. In: Summer Bioengineering Conference, 2003, Key Biscayne. **Conferência...** Florida: Tulane University, 2003.

Disponível em: <<http://www.tulane.edu/~sbc2003/pdfdocs/0257.PDF>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Expandable tubes with negative poisson's ratio and their application in medicine. In: Origami 4 - Fourth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education (org. Robert Lang), 2006, Pasadena. **Encontro Internacional...** Massachusetts: A K Peters, 2009.

LANG, Robert J. **Origami 4**: Fourth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education. Massachusetts: A K Peters, 2009.

\_\_\_\_\_. **Origami Design Secrets**: Mathematical Methods for an Ancient Art. 2. ed. Massachusetts: A K Peters, 2003.

LANG, Robert J.; HULL, Tom. Origami design secrets: mathematical methods for an ancient art. **Mathematical Intelligencer**, Estados Unidos, v. 27, n. 2, p. 92-95, 2005.

LANG, Robert J.; IVERSON, Patsy W.; YIM, Mark. **Origami 5**: Fifth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education. Massachusetts: A K Peters, 2011.

MENGES, Achim. Fusing the Computational and the Physical: Towards a Novel Material Culture. **Architectural Design**, São Francisco, v. 85, n. 5, p. 8-15, 2015. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ad.2015.85.issue-5/issuetoc>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

MITANI, Jun. A Design Method for 3D Origami Based on Rotational Sweep. **Computer-Aided Design and Applications**, Estados Unidos, v. 6, n. 1, p. 69-79, 2009. Disponível em: <[http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/dl/CAD\\_2009\\_3d\\_origami\\_based\\_on\\_rotational\\_sweep\\_mitani.pdf](http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/dl/CAD_2009_3d_origami_based_on_rotational_sweep_mitani.pdf)>. Acesso em: 31 mai. 2015.

MIURA, Koryo. Method of Packaging and Deployment of Large Membranes in Space. In: 31º Congress of the International Astronautical Federation. **Congresso...** Tóquio: ISAS The Institute of Space and Astronautical Science, 1985. (v. 618, n. 31), p. 1-9.

MONTELL, John. **A plethora of polyhedra in origami**. Nova York: Dover Publications, 2002.

MUKERJI, Meenakshi. **Ornamental origami**: Exploring 3D Geometric Designs. Reino Unido: A K Peters, 2008.

ROTHEMUND, Paul W. K. Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns. **Nature**, Londres, v. 440, n. 7082, p. 297-302, 2006. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v440/n7082/full/nature04586.html>>. Acesso em 11 Abr. 2016.

STEWART, Ian. Some assembly needed. **Nature**, Londres, v. 448, p. 419-419, jul. 2007.

SHUMAKOV, Katrin. SHUMAKOV, Yuri. **Origami Magic Ball Wonders**: From dragon's egg to hot air balloon. [S.l.]: Oriland, 2001.

YOSHIZAWA, Akira. **Sosaku Origami**: Creative Origami. Japão: NHK, 1984.

YOU, Zhong. 'Origami Engineer' flexes to create stronger, more agile materials. **Science Magazine AAAS**, Washington, v. 332, p. 1376-1377, jun. 2011. Disponível em: <<http://www.eng.ox.ac.uk/deployable/research/Science2011Merali13767.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

YOU, Zhong; WU, Weina. A solution for folding rigid tall shopping bags. **Proceedings of the royal society**, Londres, v. 467, p. 2561-2574, mar. 2011. DOI: 10.1098/rspa.2011.0120.