

MÔNICA MARIA FERNANDES DE LIMA, MAÍSA FERNANDES DUTRA VELOSO E GLEICE AZAMBUJA ELALI

## A dobradura de papel no auxílio à percepção visual e à concepção da forma arquitetônica

*The paper folding in aid to visual perception and conception of architectural form*

**Mônica Maria Fernandes de Lima**

Graduada em Arquitetura e Urbanismo (1985), mestre em Engenharia Mecânica (1990) e doutora em arquitetura e urbanismo (2017) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Começou sua carreira acadêmica em 1994 na Universidade Potiguar e em 1996 ingressou na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, hoje é professora adjunta do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Desenvolve estudos na área de Representação e Linguagem e ministra as disciplinas de Representação Gráfica de 2005 a 2018.

*Undergraduate in Architecture and Urban Planning (1985), Master's degree in Mechanical Engineering (1990) and Ph.D. in Architecture and Urban Planning (2017) by the Federal University of Rio Grande do Norte. She began her academic career in 1994 at the Potiguar University and in 1996 she joined the Federal University of Rio Grande do Norte and is now an adjunct professor of the Architecture and Urban Planning Course. She develops studies in the area of Representation and Language and teaches the disciplines of Graphic Representation from 2005 to 2018.*

**monicamfl@gmail.com**

**Maísa Fernandes Dutra Veloso**

Possui graduação em Arquitetura pela Universidade Federal de Pernambuco (1985), mestrado em Desenvolvimento Urbano pela Universidade Federal de Pernambuco (1992) e doutorado em Géographie, Aménagement du Territoire et Urbanisme - Université de Paris III (Sorbonne-Nouvelle) (1996). Fez pós-doutorado na École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA-Marseille, 2013). Atualmente, é Professora Titular do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), atuando na graduação e nos Programas de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (mestrado acadêmico e doutorado) e em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente (Mestrado Profissional).

*Undergraduate in Architecture by the Federal University of Pernambuco (1985), Master's degree in Urban Development by the Federal University of Pernambuco (1992) and Ph.D. in Géographie, Aménagement du Territoire et Urbanisme - Université de Paris III (Sorbonne-Nouvelle) (1996). She did postdoctoral École Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA-Marseille, 2013). Currently, she is a Professor of the Architecture Department of the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), working in the undergraduate and postgraduate programs in Architecture and Urban Planning (academic master's and doctorate) and in Architecture, Design, and Environment Professional Master's).*

**maisaveloso@gmail.com**

### **Gleice Azambuja Elali**

Arquiteta e Urbanista (UFRN, 1982), psicóloga (UFRN, 1987), mestre e doutora em Arquitetura e Urbanismo (USP, 1996, 2002). Docente na UFRN desde 1994, atualmente é professora e pesquisadora nas áreas de projeto de arquitetura e psicologia ambiental.

*Architect and Urban Planner (UFRN, 1982), psychologist (UFRN, 1987), master's degree and PhD in Architecture and Urban Planner (USP, 1996, 2002). Professor in UFRN since 1994 actually is teacher and researcher in areas of Architectural Project and Environmental Psychology.*

**gleiceae@gmail.com**

### Resumo

No ensino universitário contemporâneo, a aprendizagem precisa ser vivenciada como fruto de um processo de construção contínuo, no qual o aprender ocorre por meio de processos dinâmicos de buscas e deve ser adquirido de forma integrada. O presente artigo é um recorte de uma pesquisa de doutorado já concluída, que analisa técnicas de dobradura em papel como instrumento de auxílio ao desenvolvimento da percepção visual e da concepção formal dos alunos no primeiro ano do curso de Arquitetura e Urbanismo. Entende-se que as técnicas de dobraduras são instrumentos capazes de colaborar com a apreensão do conhecimento da geometria e promover o desenvolvimento das habilidades relacionadas à visualização e concepção da forma. Assim, a fim de discutir o potencial da dobra como ferramenta que favorece o processo de criação, oficinas foram realizadas com estudantes de graduação em Arquitetura e Urbanismo, nas quais foram aplicadas técnicas de Paper Folding, Surface Development, Origami e Tessellation. Este artigo apresenta parte dos resultados das experimentações realizadas nessas oficinas. Verifica-se o potencial da dobra como ferramenta de concepção, uma vez que permitiu: a exploração do conceito de continuidade e complexidade; o favorecimento do processo de criação e a otimização da relação ensino/aprendizagem. Os referidos resultados indicaram a potencialidade do uso da maquete de papel e a função das oficinas como experiências capazes de favorecer os processos de concepção. Além destes fatores, foi possível perceber a presença do mimetismo e da geometria nos momentos iniciais de concepção da forma, por meio de um exercício de integração, definido pela metodologia. Estes resultados fundamentaram as recomendações para o ensino de projeto de arquitetura voltado para os períodos iniciais.

**Palavras-chave:** Ensino. Projeto. Dobradura. Percepção Visual. Concepção Formal.

### Abstract

*In contemporary university education, learning must be experienced as the result of a process of continuous construction, in which learning takes place through dynamic search processes and must be acquired in an integrated way. This paper is a cross-section of a doctoral research that presents paper folding techniques as an aid to the development of visual perception and the formal conception of the students in the first year of the architecture and urbanism course. It is understood that the folding techniques are instruments able to collaborate with the apprehension of the knowledge of the geometry and to promote the development of the abilities related to the visualization and conception of the form. Thus, in order to discuss the potential of the fold as a tool that favors the creation process, workshops were held with undergraduate students in Architecture and Urbanism, in which Paper Folding, Surface Development, Origami and Tessellation techniques were applied. This article briefly summarizes the results of the experiments carried out in these workshops in order to demonstrate the importance of the use of paper folding in the teaching / learning process in the initial design disciplines. We verified the potential of the fold as a tool of conception, since it allowed: the exploration of the concept of continuity and complexity; the favoring of the creation process and the optimization of the teaching / learning relationship. These results indicated the potentiality of the use of the paper model and the function of the workshops as experiences capable of favoring the design processes. Besides these factors, it was possible to perceive the presence of mimicry and geometry in the initial moments of conception of the form, through an integration exercise, defined by the methodology. These results supported the recommendations for the teaching of architectural design focused on the initial periods.*

**Keywords:** Teaching. Project. Folding. Visual Perception. Formal Conception.

## Introdução

A revisão de literatura indicou que, nos primeiros semestres dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo brasileiros, os alunos, em geral, apresentam dificuldades na compreensão dos conteúdos de geometria. Constatou-se também, em alguns casos, pouca integração dos conteúdos das áreas de “representação e linguagem” e “projeto de arquitetura”, o que prejudica a compreensão da bidimensionalidade e da tridimensionalidade pelo alunado. Assim, entender as questões de espacialidade é uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos alunos que ingressam nos cursos superiores de Arquitetura do Brasil.

Diante deste contexto, defendemos uma revisão do ensino de geometria aplicada à arquitetura, visto que, nos cursos de graduação, este ainda é, em grande parte, praticado de forma tradicional. Neste sentido, Marcos Pereira Diligenti (2006, p.12) recomenda “[...] uma reavaliação e uma transformação tanto no caminho de concepção de objeto científico usualmente construído nessa área, quanto nas decorrentes abordagens pedagógicas que se constituem a partir deste parâmetro de compreensão de ciência”. Ademais, o autor propõe a vitalização do ensino de geometria, por meio de uma análise integrada, apontando a necessidade de uma reflexão voltada para este aspecto, tanto na elaboração do currículo dos programas de graduação, quanto na definição das atividades pedagógicas.

Ao apontar caminhos a serem trilhados na vitalização do ensino de geometria, José Euzébio Costa Silveira (2008) discorreu sobre alguns problemas relacionados à forma tradicional do ensino da geometria descritiva (tais como: a abordagem dissociada da arquitetura e da prática profissional; a disciplina classificada como teórica; os exercícios de figuras geométricas isoladas; e a bibliografia de difícil apreensão). O(A) autor(a), expôs as seguintes alternativas a este modelo: apresentação de exemplos que simulam a prática da arquitetura; exploração dos conteúdos abstratos por meio de modelos tridimensionais, que podem ser vistos como elementos arquitetônicos; proposição de soluções de coberturas a partir do conteúdo de intersecções de planos; e estudos de sombra, utilizando plantas e fachadas.

As dificuldades dos alunos nesse campo também se devem ao fato da habilidade de visualização formal não ter sido suficientemente desenvolvida no ensino fundamental e médio. Embora softwares com recurso de “desenhos em movimento” sejam ferramentas capazes de promover a superação das dificuldades de assimilação das propriedades geométricas e matemáticas das questões de espacialidade, não se pode prescindir da atividade manual e lúdica. Esta facilita a aprendizagem por meio da maleabilidade, permitindo ao aluno realizar um processo de aquisição de conteúdos partindo do concreto para chegar ao abstrato, enquanto que a ludicidade desperta o interesse. Assim, a aplicação do exercício da maquete, com técnicas de dobraduras em papel, se enquadra neste tipo de atividade que, por suas características, pode vir a estimular a criatividade do aluno.

Segundo Doris Catharine Cornélie Knatz Kowaltowski (2011), para ser criativo, é preciso possuir um pensamento flexível, além de uma capacidade de análise e de síntese. Além disso, Wilson Florio e Ana Tagliari (2009) comentam a necessidade de, nesse campo, trabalhar as incertezas, fazer experimentações e romper com a tradição. Ressaltam ainda a importância do estímulo, da motivação e da persistência (FLORIO, TAGLIARI, 2009). Neste sentido, apresentamos, nesse artigo, algumas experiências pedagógicas, que tiveram a dobra como ferramenta de auxílio à concepção e à visualização formal.

Segundo Rick Beech (1982, p.10), “a dobradura de papel surgiu na China em torno do 1o ou 2o século a.C., e alcançou o Japão no 6o século [...]”<sup>1</sup>, e a partir do século VIII, as dobraduras passaram a ser utilizadas nas cerimônias xintoístas, representando divindades adoradas pelos japoneses. Para Thaís Regina Ueno (2003), no século VIII d.C., os mouros já teriam empregado técnicas de dobraduras no ensino de geometria. Em 1797, foram publicadas as primeiras instruções escritas por meio da obra “Senbazuru Oriката” (Como Dobrar Mil Garças). No início, essa técnica era transmitida de pais para filhos e, em 1876, passou a ser ministrada nas escolas do Japão. Ricardo Lourenço (2011, p.27) afirma que “[...] no Japão, em meados do século XIX, o origami começou a ser aplicado como recurso didático para a educação artística [...]”. Segundo o autor, “[...] o origami aplicado na educação no Japão sofreu grande influência de Friedrich Wilhelm August Fröbel (1782-1852), um educador alemão que utilizava as dobras para desenvolver formas geométricas [...]”. (LOURENÇO, 2011, p.27). No entanto, após a primeira Guerra Mundial, as aulas de origami foram eliminadas nas escolas japonesas.

O origami também foi empregado como uma ferramenta pedagógica na Bauhaus, escola alemã de arquitetura e design, segundo informam Erik Demaine e Martin Demaine (2015, s.p.) “[...] a mais antiga referência conhecida de escultura curva-vincada é o trabalho de um estudante na Bauhaus, a partir de um curso preliminar de estudo com papel, ensinado por Josef Albers em 1927-1928”<sup>2</sup>.

Contemporaneamente, as técnicas de dobraduras de papel são exploradas por diversas áreas do conhecimento e tem contribuído para o avanço tecnológico, como se constata por meio das relações entre origami, matemática e ciências ocorridas na atualidade.

**[...] além do campo da arquitetura e do design, as técnicas de dobraduras têm contribuído para a evolução tecnológica promovendo soluções de problemas de engenharia espacial, da mecânica, e da medicina. Fato ocorrido devido às interseções entre origami, matemática e ciência percebidas por Robert Lang, físico norte-americano e origamista que classificou a referida técnica de dobradura em três categorias: Origami matemática: descreve as leis básicas de origami; Origami computacional: algoritmos e teoria dedicada à solução de problemas, e Origami tecnologia: dobradura para a solução de problemas que surgem em engenharia, design industrial, e tecnologia em geral. Desde então as técnicas de dobraduras têm favorecido o potencial de criatividade e originalidade em projetos contemporâneos nos referidos campos. (LIMA, 2015, p.3).**

Diante das questões acima descritas e da observação decorrente da experiência no ensino de Geometria Gráfica 01 e da vivência nos congressos e eventos da área, entendemos que essa temática pode ser trabalhada de modo integrado entre os componentes curriculares das áreas de “Representação e linguagem” e de “Projeto de Arquitetura”.

A partir desse entendimento, em uma pesquisa de doutorado já concluída, verificou-se o potencial da geometria e, mais particularmente, da técnica de dobradura em papel, como instrumento de auxílio à percepção visual e à concepção formal no primeiro ano do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde atuamos como docentes. Com esse estudo, esperamos contribuir para o

<sup>1</sup> Do original: “Paper folding originated in China around the 1st or 2nd century AD, and reached Japan in the 6th century.” (BEECH, 1982, p.10).

<sup>2</sup> Do original: “The earliest known reference of curved-crease sculpture is from a student’s work at the Bauhaus, from a preliminary course in paper study taught by Josef Albers in 1927-1928.” (HISTORY..., 2015, s.p.).

avanço do conhecimento na área de geometria aplicada ao projeto, campo determinante da formação do arquiteto, a partir de uma investigação balizada pela integração e, voltada para aprimorar o conhecimento dos alunos.

## Procedimentos Metodológicos

Apoiada em pesquisa bibliográfica sobre os temas “ensino de geometria”, “ensino de projeto arquitetônico” e “técnicas de dobraduras”, a pesquisa empírica correspondeu a um estudo de caso, aplicado no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), e realizado por meio de minicursos - denominados “Técnicas de Dobraduras” -, cujo objetivo foi investigar a visualização formal dos participantes e apresentar a dobra enquanto técnica (dobra material, ou seja, dobradura) como uma possibilidade de desenvolvimento da concepção formal aos alunos iniciantes. A atividade, com duração de 12 horas, foi dividida em sessões e abrangeu quatro oficinas (descritas a seguir), que exploraram a utilização das técnicas: Paper folding – teste que utiliza dobraduras feitas em um papel quadrado que é perfurado;

- Surface development – teste que se baseia na imaginação e/ou visualização de uma dobradura a partir da planificação de um objeto, idealizadas por Harry H. Harman et al (1976), empregadas para o desenvolvimento da visualização formal;
- Origami (e suas variações) – arte japonesa de dobradura de papel.

No início e no final de um minicurso, os alunos responderam questionários. No primeiro momento (antes das oficinas) buscava-se averiguar se, ao ingressar no curso, os alunos praticavam alguma atividade que exigisse habilidades de visualização formal e influenciasse o resultado dos exercícios aplicados. Esse questionário foi baseado em Norma Boakes (2011) -, tendo averiguado informações demográficas básicas (perfil) do aluno e seu envolvimento com atividades atreladas a habilidade “visualização formal”. Na adaptação do instrumento à realidade local, a etnia foi desconsiderada devido a pouca incidência de alunos estrangeiros no início do curso estudado, sobretudo provenientes de países orientais, onde a prática do origami é mais difundida. Após as oficinas, foi aplicado outro questionário para os estudantes avaliarem os testes aplicados e indicarem dificuldades vivenciadas.

### Primeira oficina: dobraduras e visualização formal

Com base nos testes de referência e nas atividades apresentados por Elizabeth Hernández Arredondo (2007), foram realizados dois exercícios na primeira oficina.

- Exercício 1: partindo de quadrados de papel, os alunos fizeram dobras e os perfuraram uma vez. Depois, desenharam o resultado antes de desdobrar o mesmo. Foi solicitado que se fizessem três exercícios com uma, duas e três dobras. Este tipo de exercício exigiu concentração na fase das dobras e visualização formal na fase de desenho do resultado da perfuração, além da noção de dois conceitos geométricos: reflexão e simetria.
- Exercício 2: teve como referência o surface development test e a versão computadorizada do mesmo, e consistia na planificação de um objeto, sendo que, ao invés de números, foram utilizadas cores nas arestas que deveriam ser identificadas na perspectiva. O aluno precisou escolher, dentre as alternativas apresentadas, quais as que informavam corretamente a posição das arestas marcadas na planificação.

**Segunda Oficina: origami**

Para introduzir as noções básicas de origami, dois exercícios foram realizados, buscando familiarizar o aluno com a leitura dos diagramas.

O primeiro exercício era a construção de uma face triangular, elaborada a partir de um papel quadrado para se confeccionar um tetraedro e uma pirâmide e suas peças de conexão.

O segundo exercício correspondeu à construção das peças de conexão necessárias para a construção do tetraedro e da pirâmide de base quadrada.

**Terceira oficina: tessellation**

Como os padrões empregados nos projetos de dobradura são essencialmente definidos por meio de simetrias, nessa oficina, foram utilizados quatro tipos básicos de simetria bidimensional: translação, reflexão, rotação e deslizamento de reflexão.

**Quarta oficina: elemento arquitetônico**

Na quarta oficina, os alunos utilizaram técnicas de dobraduras para criar um elemento arquitetônico. Um dos exercícios realizados na oficina em questão foi o seguinte: com base na técnica de dobradura origami, os alunos fizeram prismas retos de bases variadas para criar um sólido composto com a justaposição de suas faces laterais.

## Resultados e Discussões

As experiências didáticas ocorreram ao longo de 2015 a 2016 (Quadro 1), envolvendo um total de 65 alunos, a maioria do gênero feminino e com idade entre 19 e 23 anos. A investigação de precedentes informou, por um lado, pouco envolvimento prévio dos participantes com dobraduras de papel, planificação e modelagem de sólidos e origami; raros revelaram ter alguma experiência com origami. Por outro, a maioria afirmou realizar ao menos uma vez por semana jogos eletrônicos e de armar, desenho, pintura e outras atividades que requerem o uso de visualização de objetos 2D ou 3D. Ao final do processo, verificou-se que: a atividade dobradura de papel foi considerada como de dificuldade moderada; a planificação e montagem dos sólidos como razoavelmente fácil; houve alguma dificuldade com relação ao origami. A dificuldade mais significativa foi relacionada à oficina tessellation, devido à complexidade do uso/emprego dessa técnica, fato esperado, visto que seu desenvolvimento exige mais tempo.

Os resultados, a seguir, serão relatados conjuntamente, e ilustrados por meio de situações observadas durante o processo. Para facilitar a leitura, optamos por ilustrar os resultados pela apresentação de trabalhos elaborados por alguns estudantes, que serão identificados como “exemplos”, numericamente ordenados (Ex1, Ex2, etc.).

**QUADRO1 -Experiências didáticas realizadas.**  
Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

Experimento	Período	Participantes
1	26 a 29/10/2015	Início: 6 Final: 5
2	11/11/2015	22
3	17 e 18/03; 21 e 22/03/2016	16
4	06/04/2016	21



### Resultado da primeira oficina

As atividades “papel dobrado e perfurado” e “planificação e desenvolvimento de sólidos” (figuras 1 e 2) foram compreendidas sem dificuldades. No primeiro caso, na sequência do exercício os alunos dobraram e perfuraram o papel (Figura 1, à esquerda), depois desenharam suas dobras (Figura 1, ao centro) e imaginaram o resultado desdobrando como ficaria o papel desdobrado (Figura 1, à direita).

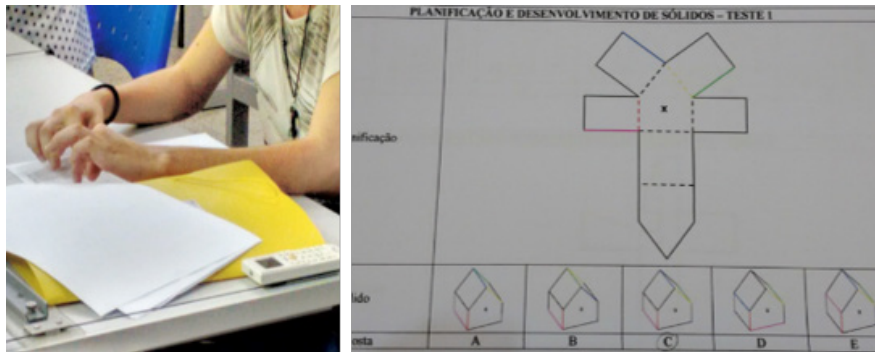
FIGURA 1 - Atividade papel dobrado e perfurado.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



FIGURA 2 - Planificação e desenvolvimento de sólidos.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



### Resultado da segunda oficina

Para se familiarizarem com a simbologia e os tipos de dobras por meio da leitura dos passos a passos dos diagramas de origami (Figura 2), os participantes construíram uma pirâmide de base quadrada a partir do diagrama apresentado por Maria Evanir Nogueira da Silva (2009).

FIGURA 3 - Construção de uma pirâmide.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

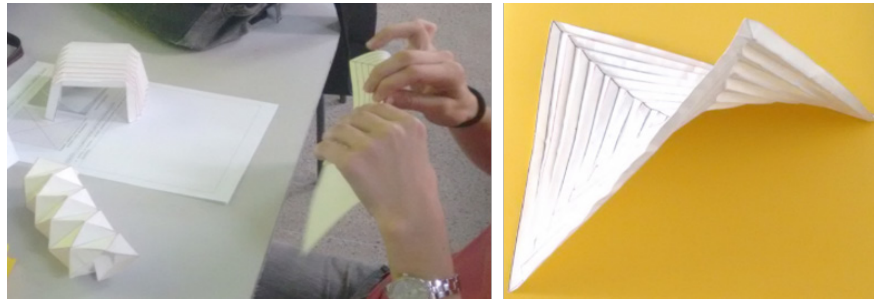


### Resultado da terceira oficina

A oficina tessellation teve como referencial teórico o livro *Folding Techniques for designers* (JACKSON, 2011), e abrangeu três exercícios: uma seção cilíndrica denominada pelo autor de forma-X, um teto plano por meio do uso de duas linhas de dobras-V e uma parábola hiperbólica (Figura 4).

FIGURA 4 - Forma-x, teto plano e parábola hiperbólica.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

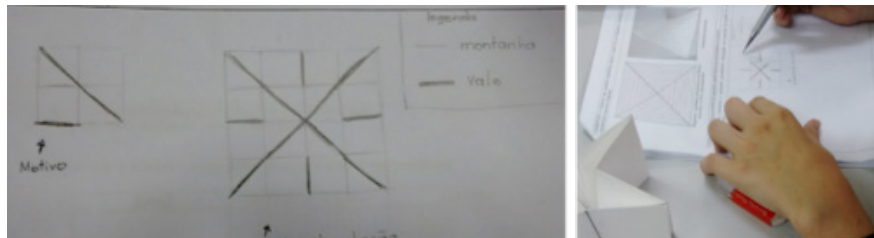


O quarto exercício foi a criação de um padrão de repetição a partir da técnica de dobradura tessellation. Solicitou-se que os alunos descrevessem os elementos e as operações geométricas empregadas. O processo iniciava com a definição de um motivo e a escolha de uma simetria para definição do padrão de dobras. Após este passo, os alunos decidiam os tipos de dobras, montanha e vale, a partir dos teoremas Maekawa e Kawasaki. Em seguida, desenhavam em uma folha de papel seus padrões, os recortaram e os dobraram. Os exemplos a seguir detalham esse exercício:

- Ex1 utilizou a simetria rotação para desenvolver seu tessellation. Para tanto, dobrou seu padrão, o analisou e o alterou invertendo algumas dobras, acabando por modificar o desenho inicial (Figura 5). Como resultado, o tessellation satisfaz os dois teoremas, a diferença entre as dobras vale e montanha foi igual a dois e a soma dos ângulos alternados foi  $180^\circ$ . Durante o processo, além de se evidenciar a potencialidade do elemento tridimensional como ferramenta de concepção (COSTA, 2013), foi possível observar a relação entre concepção e representação (PERRONE, 2014) e a reflexão na ação (SCHÖN, 2000).

FIGURA 5 - Tessellation Ex1 - Alteração das dobras.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



- Ex2 desenvolveu o tessellation utilizando a simetria deslizamento de reflexão (Figura 6), mas as condições dos teoremas Maekawa<sup>3</sup> e Kawasaki<sup>4</sup> não foram satisfeitas em alguns vértices. Apesar de não ter êxito na definição dos dois tipos de dobras (montanha e vale), o(a) estudante também investigou outras possibilidades sem redesenhar o padrão, busca feita diretamente no papel, ao tentar dobrar o tessellation com a modificação e ou inversão das dobras pré-definidas. Nota-se, assim, que alguns vincos foram criados forçadamente e outros deixados sem dobra (Figura 7).

<sup>3</sup> Arelado ao tipo de dobra que compõem um vértice, o teorema indica que, em qualquer vértice, a diferença entre o número de dobras valley e mountain é sempre dois em qualquer direção.

<sup>4</sup> Trata-se de “um princípio importante na matemática do origami [...], segundo o qual a soma dos ângulos alternados formados por dobraduras em volta de um único vértice em um origami desdobrado será sempre  $180^\circ$ . Isso vale para cada vértice do papel desdobrado de uma figura plana, e não necessariamente de formas não achatadas. [...] Pode-se ver que sempre teremos um número par de ângulos, para cada vértice.” (A MATEMÁTICA..., 2011, s.p.).

- Ex3 escolheu a simetria rotação, mas além de rotacionar seu motivo em torno de um ponto central, resolveu repetir o padrão (motivo rotacionado), utilizando a simetria translação. Ao corroborar a literatura, o trabalho mostrou a percepção do(a) estudante durante o ato de concepção da forma (BOUDON, 2000) e sua reflexão no decorrer do processo (SCHÖN, 2000), resultando no redesenho da proposta. Nesse caso, o teorema Kawasaki foi satisfeito em todos os vértices, embora em algumas situações o teorema Maekawa não tenha sido atendido.

FIGURA 6 - Reprodução do tessellation Ex2.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.

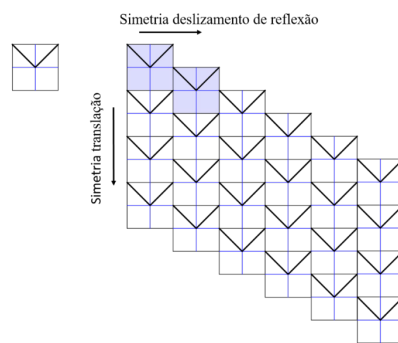
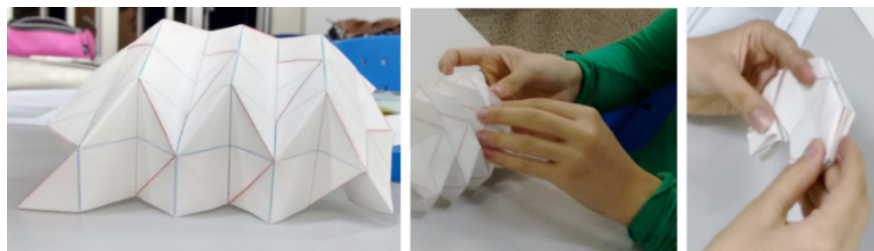


FIGURA 7 - Investigação das dobras.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.



- Em Ex4, verificou-se a repetição do modelo a partir das simetrias rotação e reflexão, e atendimento às condições exigidas pelos teoremas Maekawa e Kawasaki (Figura 8).
- Ex5, a princípio, utilizou simetria de reflexão aliada à simetria translação para fazer a repetição do motivo no sentido vertical (Figura 9). Como o trabalho não atendeu aos teoremas Maekawa e Kawasaki, em alguns vértices a dobra foi impossibilitada.

FIGURA 8 - Reflexão e rotação.

Fonte: Aluna A4, adaptada pela autora, 2015.

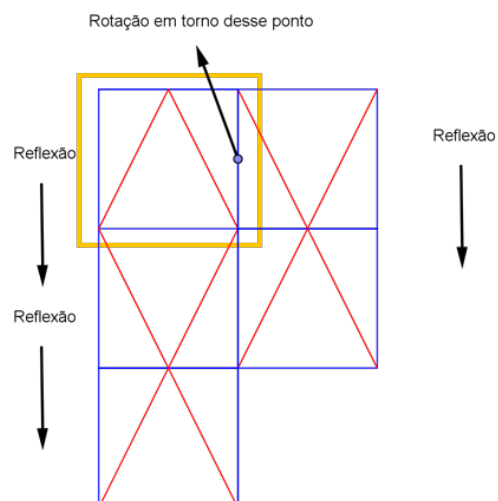
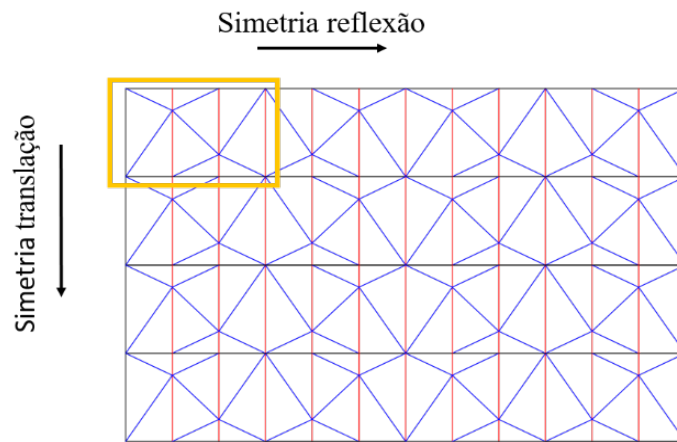


FIGURA 9 - Motivo e simetrias utilizadas por Ex5.

Fonte: Aluna A5, adaptada pela autora, 2015.

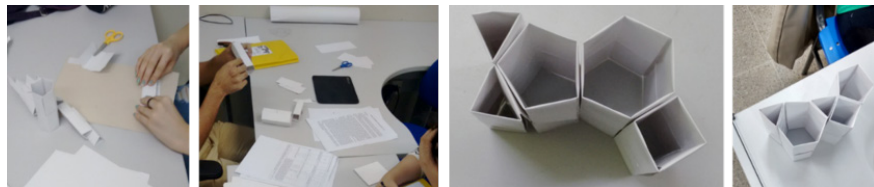


### Resultado da quarta oficina

Nessa oficina, os alunos voltaram a trabalhar com origami e, a partir de diagramas, criaram prismas retos de bases variadas que geraram sólidos compostos para subsidiar a última atividade, desenvolver um elemento arquitetônico, cujo tema era livre (Figura 10). Na ocasião, foi solicitado que explicassem suas propostas e informado que poderiam utilizar qualquer conhecimento adquirido nos exercícios realizados anteriormente.

FIGURA 10 - Prismas e sólidos compostos.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2015.








Ao retomar os exemplos relatados anteriormente e sintetizados na Quadro 2, ressaltamos que:

- Ex1 desenvolveu seu elemento arquitetônico a partir da criação de um sólido composto por quatro prismas de base triangular e um de base hexagonal (conteúdo da penúltima oficina), aos quais adicionou elementos curvos criados na ocasião, explicando o trabalho como inspirado em “[...] um nascer do sol por entre as montanhas [...]”. Portanto, realizou um processo de concepção mimético, no qual fez uma analogia visual a formas naturais.
- Ex2 usou como suporte as atividades de desenvolvimento de prismas e a oficina de tessellations. Trata-se de uma proposta significativa, uma vez que o(a) aluno(a) criou cilindros que ele não havia trabalhado anteriormente, além de reaproveitar seu padrão de dobras (que não havia dado certo como um tessellation) para criar um elemento de destaque em sua composição. Em termos propositivos, afirmou ter se “[...] inspirado em técnicas de dobradura, que lembram pássaros, [...]”. A geometria também se faz presente em seu discurso; “[...] externamente, ela é formada por dois prédios separados, com alturas na proporção de 1:2, os quais possuem formato cilíndrico, [...]”.

- Ex3 compôs um elemento arquitetônico, utilizando o conteúdo da oficina de geração de prismas, mas não acrescentou nenhum elemento novo. Fez três prismas de base quadrada adicionando paraboloides hiperbólicas (desenvolvidas na oficina tessellation) como cobertura, e dois prismas de menor altura de base pentagonal - em seu discurso equivocadamente afirmou ter feito hexágonos. Percebemos que o(a) mesmo(a) apenas se inspirou nas técnicas de dobraduras para realizar sua proposta arquitetônica, um shopping.
- Ex4 igualmente se inspirou nas técnicas de dobraduras, sendo esta mais rica do que a anterior, uma vez que a cobertura é um tessellation criado pelo(a) próprio(a).
- Na proposta desenvolvida por Ex5, não foi criado um elemento novo, correspondendo a uma composição de prismas de várias bases. Nela, encontramos mimetismo (uma analogia visual de formas naturais, que teria se “inspirado na forma usada pelas abelhas”), geometria (“seis hexágonos que dobram de tamanho cada vez que se afastam da entrada”) e técnicas de dobraduras (um volume seccionado baseado na forma-x).

QUADRO 2 - Elemento arquitetônico explicado pelo(a) estudante.

Fonte: acervo da pesquisa, 2015.

ALUNOS	DISCURSO DO(A) AUTOR(A)	MAQUETES
Ex1	"O elemento arquitetônico é um centro de exposições tropicais. Inspirado em um nascer do sol por entre as montanhas, o elemento conta com um espaço mais aberto para shows ou exposições ao ar livre e uma parte interna com várias salas."	
Ex2	"Meu elemento arquitetônico é uma escola para crianças autistas. Externamente ela é formada por dois prédios separados, com alturas na proporção de 1:2, os quais possuem formato cilíndrico, adquirindo uma estrutura mais leve e atraente para as crianças. Além disso, há um ornamento de fachada, inspirado em técnicas de dobradura, que lembram pássaros, além de ser uma parte cobertura; [...]interiormente, o cilindro menor é um espaço livre, com salas de jogos, brinquedotecas e todo espaço restante construído e elaborado de forma a dar liberdade de expressão as crianças. O cilindro maior é destinado às salas de aula, bem diferentes das convencionais, com espaços abertos e interativos."	
Ex3	"Minha Proposta é um shopping, com as partes hexagonais abertas, sendo a praça de alimentação e quiosques nesse espaço."	
Ex4	"As colunas em formas triangulares de acordo com a cobertura." "A área X serve como um espaço lúdico, usado para bares/lounges ou a área externa de um restaurante."	
Ex5	"O objeto arquitetônico é composto com 6 hexágonos que dobram de tamanho cada vez que se afastam da entrada e na parte de trás uma sétima forma em contato face a face, um volume seccionado baseado na forma-x. Inspirado na forma usada pelas abelhas, há um espaço hexagonal no centro para minicursos abertos, o elemento arquitetônico foi concebido para ser um centro de desenvolvimento de tecnologia espacial."	

Ao retomar os exemplos relatados anteriormente e sintetizados na Quadro 2, ressaltamos que:

- Ex1 desenvolveu seu elemento arquitetônico a partir da criação de um sólido composto por quatro prismas de base triangular e um de base hexagonal

(conteúdo da penúltima oficina), aos quais adicionou elementos curvos criados na ocasião, explicando o trabalho como inspirado em “[...] um nascer do sol por entre as montanhas [...]”. Portanto, realizou um processo de concepção mimético, no qual fez uma analogia visual a formas naturais.

- Ex2 usou como suporte as atividades de desenvolvimento de prismas e a oficina de tessellations. Trata-se de uma proposta significativa, uma vez que o(a) aluno(a) criou cilindros que ele não havia trabalhado anteriormente, além de reaproveitar seu padrão de dobras (que não havia dado certo como um tessellation) para criar um elemento de destaque em sua composição. Em termos propositivos, afirmou ter se “[...] inspirado em técnicas de dobradura, que lembram pássaros, [...]”. A geometria também se faz presente em seu discurso; “[...] externamente, ela é formada por dois prédios separados, com alturas na proporção de 1:2, os quais possuem formato cilíndrico, [...]”.
- Na oficina Origami e na primeira atividade da oficina Tessellation igualmente não foram verificados problemas.
- Durante todo o processo, a maior dificuldade encontrada pelos alunos foi a criação de um padrão de dobras, a quarta atividade da referida oficina, o que provavelmente se relacionou ao tempo reduzido para sua realização. Talvez, o resultado fosse melhor caso houvesse mais uma aula destinada à correção dos padrões de dobras criados, reduzindo equívocos, principalmente os relacionados ao teorema Maekawa.
- A última oficina ‘Desenvolvimento de um Elemento Arquitetônico’ apresentou resultados satisfatórios, indicando a eficiência do minicurso.

Diante destes resultados, é possível afirmar que o uso de técnicas de dobradura revelou ser uma ferramenta adequada ao começo do curso de Arquitetura, a ser usada, principalmente, no componente curricular Geometria Gráfica 01, para desenvolver a visualização formal dos alunos ingressantes, e, de forma integrada, na disciplina introdutória de projeto (Espaço e Forma 01). Nesse sentido, notou-se que: (i) a atividade “Papel Dobrado e Perfurado” mostrou-se importante para o desenvolvimento da visualização formal dos alunos; (ii) a atividade “Planificação e Desenvolvimento de Sólidos”, manifestou-se como potencialmente indicada para fixar o conteúdo vistas ortográficas da geometria descritiva e, conseqüentemente, também facilitando o desenvolvimento da concepção formal; (iii) esses dois exercícios da oficina visualização formal são exemplos de possibilidades de integração entre os componentes curriculares Geometria Gráfica 01 e Espaço e Forma 01; e (iv) embora tenha sido a mais desafiadora para os alunos (maior grau de dificuldade), a terceira oficina (tessellation) foi a que mais ofereceu possibilidades de criação.

## Continuidade das Oficinas

A criação do elemento arquitetônico (último exercício dos minicursos) subsidiou um exercício adicional, aplicado no componente curricular Espaço e Forma 01, primeira disciplina na linha de Projeto Arquitetônico ministrada no curso em questão. Para testar a utilização dos conhecimentos adquiridos no minicurso em propostas elaboradas em outro contexto, em um exercício em classe os alunos receberam folhas de papel e lhes foi solicitado que fizessem uma proposta para um pórtico a ser colocado para marcar a entrada de um conjunto arquitetônico. Eles poderiam manipular o material conforme considerassem necessário: cortar, amassar, colar, dobrar, etc. O experimen-



to teve a duração de três horas (tempo de aula), no qual deveriam desenvolver uma maquete de concepção, desenhar a proposta (vista de topo e volumetria esquemática) e produzir um parágrafo de texto explicando o trabalho realizado e indicando a(s) fonte(s) de suas ideias.

A análise do material produzidos, sobretudo das maquetes, evidenciou o uso do papel da dobra como recurso de concepção, mesmo que de forma aleatória/intuitiva. Verificou-se, assim, que, apesar de não ter sido mencionada por vários alunos, as técnicas de dobradura trabalhadas no minicurso se fizeram presentes em suas propostas (Quadro 3), reproduzindo (ao menos parcialmente) alguns dos exercícios trabalhados nos minicursos. Tal fato aponta para a potencialidade do seu emprego como ferramenta de concepção formal nos primeiros períodos do curso de graduação, sobretudo se isso acontecer de modo orientado e como exercício aplicado no componente curricular.

Código	Maquetes	Observações
Ex4		Efeito de continuidade adquirido por meio da dobra feita na folha de papel.
Ex5		Apesar de não mencionar no discurso, a aluna utilizou a dobra para definir os pilares. Além disto, o conceito de continuidade é observado na cobertura.
Ex7		Neste caso, também, tem-se a utilização da dobra de maneira aleatória. O aluno conseguiu o efeito de continuidade adquirido por meio da dobra feita na folha de papel, com a intenção de quebrar a rigidez.
Ex14		Ressalta-se a dobra que definiu o cone.
Ex20		Efeito de continuidade adquirido por meio da dobra feita na folha de papel.
Ex21		Neste exemplo as ondas foram representadas por meio das dobras valley e mountain.

QUADRO 3 - Quadro 3- O uso da dobra de forma aleatória no exercício G.

Fonte: Acervo da pesquisa, 2016.

## Conclusões

A pesquisa realizada mostrou que o ensino de “Técnicas de Dobraduras” é indicado para atender ao propósito de introduzir o aluno no exercício de concepção arquitetônica a partir do conceito de dobras, notadamente por meio de exercícios de visualização e criação formal, com os apresentados nesse artigo. Nota-se, ainda, que os estudantes podem ser introduzidos nesse universo tanto no âmbito de componentes curriculares regulares das áreas de Representação e Linguagem, quanto de modo mais informal como minicursos ou oficinas.

Nesse campo vale salientar a importância do uso da maquete elaborada manualmente (de papel, isopor ou outros materiais) nas atividades com estudantes iniciantes do curso de AU. Tal recurso facilita a expressão das ideias dos estudantes iniciantes em um momento em que o domínio das técnicas de representação e dos processos de abstração necessários ao ato da criação ainda são incipientes. Portanto, nessa fase do curso, a opção por valorizar o raciocínio concreto por meio do manuseio do papel, ou seja, utilizando a dobradura para criar um elemento arquitetônico, mostrou ser uma experiência didático-propedêutica adequada, principalmente quando relacionada à introdução ao projeto arquitetônico.

## Referências

ARREDONDO, E. H. Tratamiento Instrumental de la Percepción Espacial, en Tareas de Predicción. In: **V CONGRESO SOBRE ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA ASISTIDA POR COMPUTADORA**, 5. Anais .... Costa Rica: ITCR. 2007, p. 1-8. Disponível em: <<http://docplayer.es/77256483-Tratamiento-instrumental-de-la-percepcion-espacial-en-tareas-de-prediccion.html>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

BEECH, R. **The practical illustrated encyclopedia of origami: the complete guide to the art of paperfolding**. London: Lorenz Books, 1982, 258p.

BOAKES, N. **Origami and Spatial Thinking of College-Age Students**. In: WANG-IVERSON, P.; LANG, R. J.; YIM, M. (Orgs.) **Origami 5 Fifth International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education**. New York: CRC Press. 2011, p.173-187.

BOUDON, P. et al. **Enseigner la Conception Architecturale - Cours D'Architecturologie**. Paris: Villette. 2000. 291p.

COSTA, J. F. de M. **Do modelo geométrico ao modelo físico: o tridimensional na educação do arquiteto urbanista**. Natal: UFRN, 2013, 235p.

DILIGENTI, M. P. **A geometria da complexidade**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, 170p.

FLORIO, W. e TAGLIARI, A. **Projeto, criatividade e metáfora**. Arquitetura Revista, v. 5, n. 2, p. 92-110, jul./dez. 2009.

HARMAN, H. H et al. **Manual for kit of factor-referenced cognitive tests**. Princeton: Educational Testing Service, 1976, 224p.

JACKSON, P. **Folding techniques for designers from sheet to form**. London: Laurence King Publishing, 2011, 224p.

KOWALTOWSKI, D. C. K.; Gouveia, A. P. S.; CAMARGO, A.L.N. Analogia e abstração no ensino do projeto em arquitetura. In: **15 SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO / 4 INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN**. Anais .... São Paulo: USP, 2001, p.1092-1101.



LIMA, M. M. F. de. **A potencialidade das técnicas de dobraduras no processo de concepção.** In: SEMINÁRIO PROJETAR 2015. Anais.... Natal: UFRN, 2015, p. 1-15. Disponível em: <<http://projedata.grupoprojetar.ufrn.br/dspace/bitstream/123456789/2096/1/P415.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

LOURENÇO, R. da C. **Origami: arte de dobrar papel.** Porto de mós/Portugal: ISSUU, 2011, 47p. Disponível em: <[https://issuu.com/ricardo\\_cl/docs/projecto\\_paginadofinal](https://issuu.com/ricardo_cl/docs/projecto_paginadofinal)>. Acesso em: 25 nov. 2015.

PERRONE, R. A. C.; Heliana C. V. (Org.). **Fundamentos de projeto: Arquitetura e Urbanismo.** São Paulo: EDUSP, 2014.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem.** Porto Alegre: Artmed, 2000. 256p.

SILVA, M. E. N.; SOUZA, J. L. **Dobrando também se aprende: construindo com os alunos da EJA a geometria de papel.** Norte Científico, Período de divulgação científica do IFRR, Roraima, v.4, n.1, p.113 -128, dez. 2009.

SILVEIRA, J. E. C. **Investigação de Metodologia de Ensino de Geometria Descritiva: uma experiência com estudantes de arquitetura e urbanismo.** In: GERALDINE, J. R. Jr., LANCHOTI, J. A.; SOUZA, R. T. de (Orgs.) **1ª Mostra Nacional de Boas Práticas Pedagógicas no ensino de Arquitetura e Urbanismo: Menções Honrosas e Diplomas de Mérito Especial.** Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura: Brasília/DF, 2008, p. 33-36.

UENO, T. R. **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. 103p.

KAWANO, C. **A matemática do Origami.** 2011. Disponível em: <<http://engenheirocalwill.blogspot.com.br/2011/06/matematica-do-origami.html>>. Acesso em: 27 nov. 2015.

DEMAINE, E.; DEMAIN, M. **History of Curved Origami Sculpture.** 2015. Disponível em: <<http://erikdemaine.org/curved/history/>>. Acesso em: 21 dez. 2015.

**DATA DE SUBMISSÃO DO ARTIGO: 13/12/2017 APROVAÇÃO: 11/05/2018**

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.