

Jéssica de Oliveira, Luis Carlos Paschoarelli*

* **Jéssica de Oliveira** Mestre em Design pela UNESP (2022), com graduação em Design de Moda pelo Instituto Educacional do Estado de São Paulo (2014), especialização em Comunicação Empresarial e Marketing Digital (2018) e Design de Moda: Gestão e Desenvolvimento de Produtos (2019). Atua nas áreas de Design de Moda e Ergonomia, abordando os seguintes temas: design, ergonomia, design ergonômico do vestuário e manipulação e inovação têxtil.
j.oliveira2@unesp.br
ORCID 0000-0002-9494-8673

Luis Carlos Paschoarelli Professor Titular no Departamento de Design da UNESP (desde 2017), Livre-Docente em Design pela UNESP (2009); possui Pós-doutorado em Ergonomia (2008) e Design (2024) pela ULISBOA; Doutorado em Engenharia de Produção (2003) pela UFSCar; Mestrado (1997) e Graduação (1994) em Desenho Industrial pela UNESP. Co-líder no Grupo de Pesquisa “Design Ergonômico: Projeto e Interfaces”. Atua no Departamento de Design e Laboratório de Ergonomia e Interfaces, como docente no curso de graduação em Design e do Programa de Pós-graduação (mestrado e doutorado) em Design da UNESP e é Bolsista PQ-CNPq. Tem experiência na área do design, ergonomia, design ergonômico, design de produto e design gráfico.

luis.paschoarelli@unesp.br
ORCID 0000-0002-4685-0508

Design de estrutura baseado no origami

Miura-ori: desempenho e aplicabilidade no design de moda

Resumo O origami padrão Miura-Ori apresenta-se como uma alternativa estrutural no Design de Moda. Entretanto, algumas propriedades dos tecidos (composição) e processo (tempo de prensagem/cozimento) podem influenciar seu desempenho e aplicabilidade. O objetivo do presente estudo foi verificar o desempenho e aplicabilidade do origami padrão Miura-Ori, para diferentes composições dos tecidos e tempos de prensagem/cozimento. Para o experimento foram analisadas amostras obtidas por “molde sanduíche”, com tecidos 100% Algodão, 100% Poliéster e 97-3% Poliéster-Elastano, as quais foram submetidas a três diferentes tempos de prensagem/cozimento (30, 60 e 90 segundos), em temperatura média de 150°C. Após testes de tração (sair da posição natural) e compressão (voltar à posição natural), os quais verificaram a memória de forma, as amostras com poliéster apresentaram melhor desempenho, exigindo menor tempo de prensagem/cozimento. Seu emprego em um protótipo contribuiu para perceber o comportamento do origami Miura-ori, demonstrando sua aplicabilidade no Design de Moda.

Palavras Chave Origami, Memória de forma; Design de Moda; Modelagem.

Structure design based on Miura-ori origami: performance and applicability in fashion design

Abstract *The Miura-Ori origami pattern is a structural alternative for fashion design. However, some fabric properties (composition) and process (cooking time) can influence its performance and applicability. The aim of this study was to verify the performance and applicability of the Miura-Ori origami pattern for different fabric compositions and cooking times. For the experiment, samples obtained using a “sandwich stylemould” were analysed, with 100% Cotton, 100% Polyester and 97-3% Polyester-Elastane fabrics, which were subjected to three different cooking times (30, 60 and 90 seconds) at an average temperature of 150°C. After tensile tests (leaving the natural position) and compression tests (returning to the natural position), which verified shape memory, the polyester samples performed better, requiring less pressing/cooking time. Its use in a prototype helped to understand the behaviour of Miura-ori origami, demonstrating its applicability in fashion design.*

Keywords *Origami, Shape Memory; Fashion Design; Modelling.*

Diseño de estructuras basado en el origami Miura-ori: desempeño y aplicabilidad en el diseño de moda

Resumen *El origami Miura-Ori es una alternativa estructural para el diseño de moda. Sin embargo, algunas propiedades del tejido (composición) y del proceso (tiempo de cocción) pueden influir en su rendimiento y aplicabilidad. El objetivo de este estudio era verificar el desempeño y la aplicabilidad del patrón de origami Miura-Ori para diferentes composiciones de tejido y tiempos de cocción. Para el experimento, se analizaron muestras obtenidas utilizando un “molde sándwich”, con tejidos 100% Algodón, 100% Poliéster y 97-3% Poliéster-Elastano, que se sometieron a tres tiempos diferentes de proceso/cocción (30, 60 y 90 segundos), a una temperatura media de 150°C. Tras las pruebas de tracción (dejando la posición natural) y de compresión (volviendo a la posición natural), que verificaron la memoria de forma, las muestras de poliéster se comportaron mejor, necesitando menos tiempo de prensado/cocción. Su uso en un prototipo ayudó a comprender el comportamiento del origami Miura-ori, demostrando su aplicabilidad en el diseño de moda.*

Palabras clave *Origami, Memoria de Forma; Diseño de Moda; Modelaje.*

Introdução

O origami, arte japonesa de dobrar papel, é uma importante fonte de inspiração para o desenvolvimento de novos sistemas e produtos, sendo encontradas aplicações nos campos das Engenharias, da Arquitetura e Design, entre outros.

Seu conceito pode se tornar aplicado, tanto em escalas macroscópicas, incluindo o projeto de painéis solares e/ou estruturas espaciais (ZIRBEL et al., 2013), quanto em escala microscópica, incluindo o desenvolvimento de estruturas nanométricas, por exemplo, utilizadas nas áreas médicas (XU, SHYU e KOTOV, 2017).

Quando aplicados com materiais leves, são denominados Soft Origami (BRUTON et al., 2016), os quais contribuem para a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias em airbags automotivos, filtros de ar, paraquedas, estruturas de toldos, guarda-chuvas e no vestuário humano (WHEELER e CULPEPPER, 2016; PALMER e RUTZKY, 2011). A vantagem deste tipo de aplicação relaciona-se à possibilidade de compactação dimensional, leveza e adaptabilidade a diferentes funções e formas. O Soft Origami também proporciona expressivo impacto no Design de Moda (OLIVEIRA, PASCHOARELLI e MOTA, 2021), contribuindo com o segmento Tessellations (TEIXEIRA e NAKATA, 2017), sendo o padrão Miura-Ori um dos mais conhecidos para esta aplicação (GARDINER, 2018; TACHI, 2010). Na prática, sua adaptação por diferentes materiais (MORGAN, MAGLEBY e HOWELL, 2016) influenciam o design de superfície de estruturas têxteis (DING et al. 2013); suas aplicações estilísticas e/ou artísticas (PALMER e RUTZKY, 2011).

Quanto aos padrões de dobras em tecidos destaca-se o origami tessellations, descrito por Kume (2015), o qual se caracteriza como uma série de plissados, com diferentes níveis de elaboração, tendo como unidade identitária padrões geométricos ao longo da superfície do material (OLIVEIRA, PASCHOARELLI e MOTA, 2021; TEIXEIRA e NAKATA, 2016; KUME, 2015; FERREIRA, 2016).

Existem algumas técnicas para a aplicação e fixação desses padrões na superfície têxtil, de maneira que mantenham sua memória de forma e que vão desde o auxílio de costura, com pequenos pontos de amarrações para criação dos vértices de cada forma geométrica (PALMER e RUTZKY, 2011), até a prensagem/cozimento do tecido modulado, que pode ser por imersão em água quente ou vapor d'água, combinado com aquecimento por condução térmica (KUME, 2015). Entretanto, pouco se conhece sobre o comportamento das dobras obtidas pela prensagem/cozimento do tecido modulado, quando aplicadas sobre tecidos com diferentes composições (matéria-prima), os quais podem (ou não) influenciar a manutenção (sustentação) da estrutura do Origami Tessellations.

O objetivo do presente estudo foi verificar o desempenho da estrutura do Origami Tessellations, em um padrão Miura-Ori, para diferentes composições de tecidos e tempos de prensagem/cozimento, bem como sua aplicabilidade em um protótipo de verificação.

Materiais e Métodos

Características, Desenho e Variáveis do Estudo

O presente estudo baseia-se em raciocínio indutivo, no qual utilizou-se da experimentação de uma situação particular da realidade concreta, permitindo a análise e interpretação dos resultados e suas prováveis generalizações (HEIT, 2007). Neste sentido, o estudo caracterizou-se por uma abordagem quantitativa e qualitativa, com características exploratórias e aplicadas.

O desenho experimental foi organizado em três (03) etapas: Etapa 1. desenvolvimento e produção do origami padrão Miura-Ori em amostras de tecidos beneficiados; Etapa 2. avaliação das amostras de tecidos beneficiados, a partir da abordagem quantitativa; e Etapa 3. aplicação das amostras de tecidos beneficiados em um protótipo na modelagem do vestuário, caracterizando uma abordagem qualitativa.

Na abordagem quantitativa, as variáveis independentes foram a composição das amostras de tecidos (100% Algodão, 100% Poliéster e 97-3% Poliéster-Elastano); e tempo de prensagem/cozimento (30, 60 e 90 segundos) em temperatura média de 150°C. E as variáveis dependentes foram as forças de tração e de compressão aplicadas ao padrão Miura-Ori.

Na abordagem qualitativa, foi observado o comportamento do padrão em prováveis condições de uso em um vestuário, bem como sua eficácia funcional.

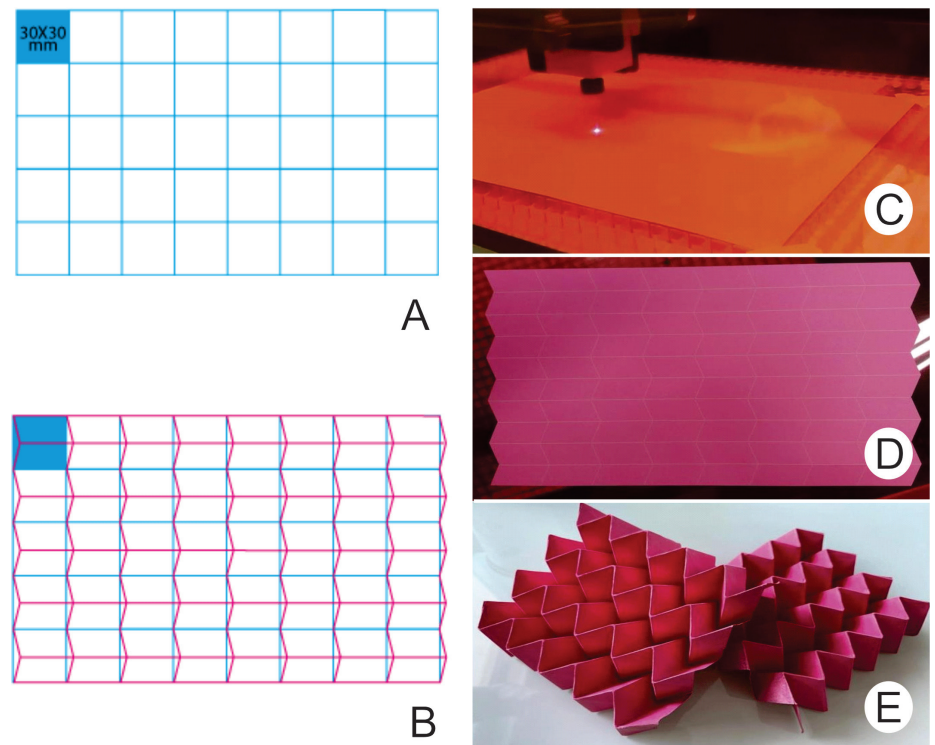
Etapa 1. Desenvolvimento/Produção dos Moldes e Amostras

Para o desenvolvimento dos moldes e amostras, adotou-se a modulação de Origami Tessellations do padrão de dobras Miura-Ori, preconizado por Teixeira, Yamada, Botura Junior (2019). Este padrão foi escolhido devido à sua fácil montagem, boa compactação, além da difusão acerca de sua aplicabilidade e modulação (CHU e KEONG, 2017; MORGAN, MAGLEBY, HOWELL, 2016; TEIXEIRA e YAMADA 2018; GARDINER, 2018; MELONI et al.; 2022).

No desenvolvimento dos moldes, esta modulação adotou a proporção do padrão de vincos, juntamente com a neutralização espacial de construção, sendo constituída por unidades de quadrados de 30 x 30 mm, organizados em 8 x 5, resultando em 40 unidades de grid (Figura 01 - A e B).

Para a produção dos moldes macho e fêmea, foram utilizadas folhas de papel tamanho A4, gramatura 120. Os vincos foram realizados por uma máquina cortadora a laser Due Nxt, programada com velocidade de 75%, potência 35% e 1 passe; e para o corte, o equipamento foi programado com velocidade de 20%, potência 100% e 1 passe (Figura 01 - C). O resultado do papel, cortado e vincado (Figura 1 - D), possibilitou a “dobragem” e os moldes prontos (Figura 1 - E).

Figura 1 Desenvolvimento e produção das amostras. A - desenvolvimento do grid base; B - desenvolvimento do padrão de vincos; C - corte e vincos à laser; D - resultado do papel cortado e vincado; E - resultado dos moldes prontos.
Fonte Autores, 2024.



Para a produção das amostras de tecidos beneficiados, ou seja, estruturados conforme o padrão de dobras Miura-Ori, cada um dos tecidos (100% Algodão, 100% Poliéster e 97-3% Poliéster-Elastano) foi cortado no tamanho 150 x 240mm; e foi inserido manualmente entre os dois moldes de papel (Figura 2 - A e B), formando um “sanduíche” (Figura 2 - C). Sob uma superfície plana e estável, o “sanduíche” foi prensado com um ferro de passar a vapor, de 1200 watts, em temperatura média de 150oC (Figura 2 - D e E). O tempo de prensagem/cozimento foi de 30, 60 e 90 segundos, distribuídos igualmente em cada um dos lados (15-15 segundos, 30-30 segundos e 45-45 segundos). Após esta etapa, o “sanduíche” foi mantido estabilizado com prendedores, até seu completo resfriamento (Figura 2 - F).

Ao total, foram produzidas nove (09) amostras de tecidos beneficiados finais, sendo três para cada tipo de tecido, cada uma delas submetidas a um tempo de prensagem/cozimento.

Etapa 2. Avaliação das amostras dos tecidos beneficiados

Para a avaliação das amostras de tecidos beneficiados, foram aplicados testes de compressão/tração, visando observar o quanto as amostras podem se deslocar, sem perder a memória do padrão de dobras. Utilizou-se um dinamômetro AFG500 e uma base com marcações milimétricas, verificando a variação da força (variável dependente, em Kgf), em relação à abertura do padrão, quando sujeita à tração e/ou compressão. As amostras foram fixadas à base e ao dinamômetro por argolas, em lados opostos ao sentido de deslocamento (Figura 3 - A). Uma vez fixadas, as amostras foram

sujeitas a compressão máxima (Figura 3 - B) e, na sequência, as amostras foram sofrendo deslocamentos a cada 10 mm, com a leitura do valor no dinamômetro, e seu registro; e o inverso ocorreu, no sentido da compressão. Este procedimento foi repetido três vezes para cada amostra. Os dados foram tabulados e submetidos a uma análise estatística descritiva, com apresentação de média e desvio-padrão.

Figura 2 Produção das amostras de tecidos beneficiados. A - Posicionamento do tecido entre os moldes, formando o “sanduíche”; B - compactação do “sanduíche”; C - formação do “sanduíche”; D - estabilidade da amostra; E - posicionamento e pressão do ferro de passar roupa sobre a amostra, confirmando a prensagem/cozimento do tecido; e F - estabilização do “sanduíche” com prendedores, até seu completo resfriamento.

Fonte Autores, 2024.

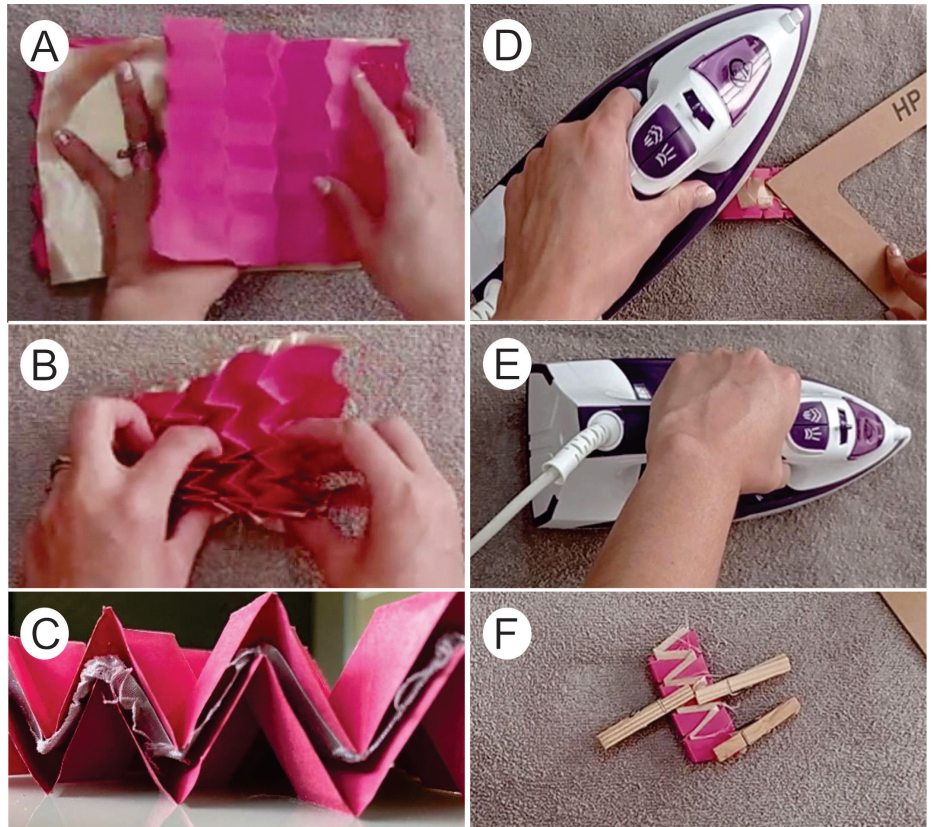
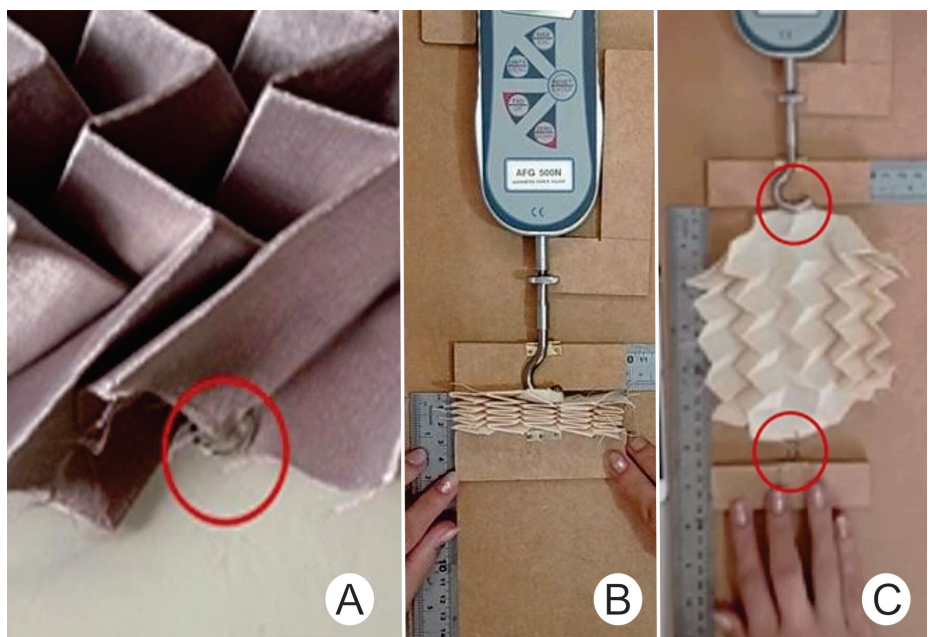


Figura 3 Avaliação das amostras de tecidos beneficiados. A - Posicionamento das argolas de fixação, nas amostras (destaca no círculo vermelho); B - compressão (verificada a cada 10 mm) das amostras; C - tração (verificada a cada 10 mm) das amostras.

Fonte Autores, 2024.

Figura 3 Avaliação das amostras de tecidos beneficiados. A - Posicionamento das argolas de fixação, nas amostras (destaca no círculo vermelho); B - compressão (verificada a cada 10 mm) das amostras; C - tração (verificada a cada 10 mm) das amostras.

Fonte Autores, 2024.



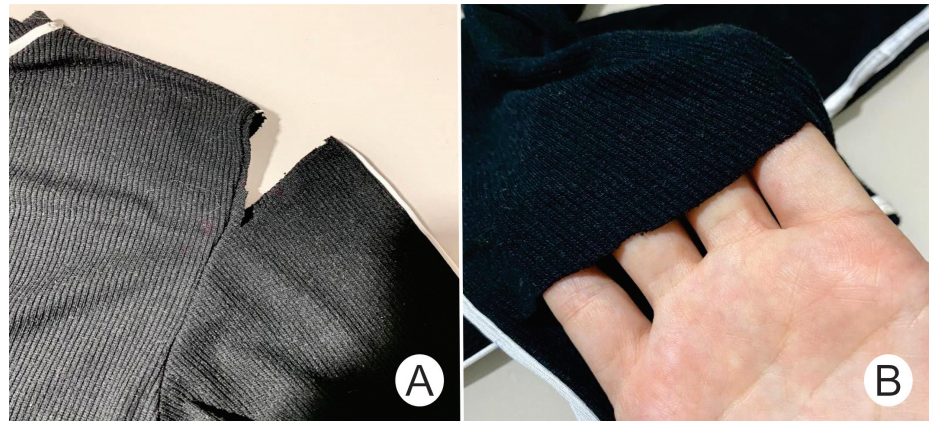
Etapa 3. Aplicação das amostras de tecidos beneficiados

Com vistas a verificar o comportamento das amostras em um protótipo de modelagem de vestuário, optou-se por aplicá-las em duas regiões distintas de articulação em uma peça de vestuário superior (long-sleeved t-shirt), a saber: ombro e cotovelo.

Para tanto, foram realizados cortes nos locais de movimento das articulações, sendo a parte superior dos ombros sob a costura da cava (Figura 4 - A); e na parte externa dos cotovelos (Figura 4 - B). Com o padrão de dobras posicionado de forma que seu deslocamento fosse paralelo aos cortes, as amostras foram alinhavadas para fixação e união das partes, efetuando esse processo nos dois lados paralelos da mesma.

Figura 4 Aplicação das amostras de tecidos beneficiados. A - Corte na parte superior dos ombros, sob a costura da cava e; B - corte na parte externa dos cotovelos.

Fonte Autores, 2024.



Resultados e Discussões

Os resultados de tração para todas as amostras de tecidos beneficiados podem ser observados na Tabela 01.

Os tecidos com composição 100% poliéster e prensagem/cozimentos 30' e 60', o acionamento do dinamômetro ocorreu somente a partir de 120 mm de deslocamento e o máximo valor médio foi 0,020 Kgf, aos 130 mm. Já para o mesmo material, mas com prensagem/cozimento de 90', o acionamento ocorreu a partir de 110 mm de deslocamento e o máximo valor médio foi 0,017 Kgf, aos 130 mm.

Os resultados de tração para tecidos com composição 70% poliéster e 30% elastano, e prensagem/cozimentos 30' e 60', o acionamento do dinamômetro ocorreu a partir dos 90 mm e o máximo valor médio foi 0,020 Kgf, aos 130 mm. E para o mesmo material, mas com prensagem/cozimento de 90', o acionamento ocorreu a partir de 120 mm de deslocamento e o máximo valor médio foi 0,010 Kgf, aos 130 mm. Por fim, os resultados de tração para tecidos com composição 100% algodão e prensagem/cozimento 30', o acionamento do dinamômetro ocorreu a partir de 50 mm e o máximo valor médio foi 0,110 Kgf, aos 130 mm. Já para prensagem/cozimento de 60', o acionamento do dinamômetro ocorreu a partir dos 10 mm e o máximo valor médio foi 0,127 Kgf, aos 130 mm. E, em 90' de prensagem/cozimen-

Tabela 1 Resultados de tração (em Kgf) para diferentes tempos de prensagem/cozimento e tecidos. O aumento da tração é destacado também pela intensidade das cores nas células.
 Fonte Autores, 2024.

PRENSAGEM /COZIMENTO (tempo em segundos)	DESLOCAMENTO (milímetros)	TRAÇÃO (Kgf)					
		COMPOSIÇÃO DE TECIDOS					
		100% POLIESTER		70% POLIESTER 30% ELASTANO		100% ALGODÃO	
		Média	d.p.	Média	d.p.	Média	d.p.
30	10	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-
	30	-	-	-	-	-	-
	40	-	-	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	0,007	0,005
	60	-	-	-	-	0,007	0,005
	70	-	-	-	-	0,010	0,000
	80	-	-	-	-	0,017	0,005
	90	-	-	0,003	0,005	0,020	0,000
	100	-	-	0,003	0,005	0,030	0,000
	110	-	-	0,007	0,005	0,040	0,000
	120	0,010	-	0,013	0,005	0,063	0,005
	130	0,013	0,005	0,020	0,000	0,110	0,014
60	10	-	-	-	-	0,003	0,005
	20	-	-	-	-	0,003	0,005
	30	-	-	-	-	0,003	0,005
	40	-	-	-	-	0,003	0,005
	50	-	-	-	-	0,007	0,005
	60	-	-	-	-	0,007	0,005
	70	-	-	-	-	0,010	0,000
	80	-	-	-	-	0,013	0,005
	90	-	-	0,003	0,005	0,017	0,005
	100	-	-	0,003	0,005	0,023	0,005
	110	-	-	0,007	0,005	0,037	0,009
	120	0,010	0,000	0,013	0,005	0,057	0,017
	130	0,020	0,000	0,020	0,000	0,127	0,009
90	10	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	-	-
	30	-	-	-	-	0,007	0,005
	40	-	-	-	-	0,010	0,000
	50	-	-	-	-	0,010	0,000
	60	-	-	-	-	0,010	0,000
	70	-	-	-	-	0,013	0,005
	80	-	-	-	-	0,017	0,009
	90	-	-	-	-	0,023	0,005
	100	-	-	-	-	0,030	0,008
	110	0,003	0,005	-	-	0,043	0,005
	120	0,010	0,000	0,007	0,005	0,060	0,000
	130	0,017	0,005	0,010	0,000	0,100	0,008

to, o dinamômetro foi acionado aos 30 mm de deslocamento e o máximo valor médio foi 0,100 Kgf, aos 130 mm. A partir destes resultados, pode-se inferir que o tecido com composição 100% poliéster apresentou menor resistência, se comparado ao tecido com composição 100% algodão. Dessa forma, é possível afirmar que, a porcentagem de poliéster contida no tecido exerce influência em um resultado de boa fixação de dobras por meio da técnica sanduíche. Esta condição pode ser explicada, com base nos estudos desenvolvidos por Kume (2015) e Cera et al. (2021). Em relação aos tempos de prensagem/cozimentos (30', 60' e 90'), para o tecido com composição 100% poliéster, não há grandes variações entre elas, demonstrando que o padrão de dobras presente no tecido já foi conservado (fixado) a partir dos primeiros 30' de prensagem/cozimento. Para o tecido com composição 70% poliéster / 30% elastano, notou-se ser necessário um maior tempo de prensagem/cozimento (90') para que o padrão de dobras fosse melhor fixado e demandasse menor força para o deslocamento. E para o tecido com composição 100% algodão, observa-se a necessidade de uma maior exposição ao

processo de prensagem/cozimento, uma vez que se observa resistência já nos primeiros milímetros de deslocamento, para todos os períodos de prensagem/cozimento. Os resultados de compressão para todas as amostras de tecidos beneficiados podem ser observados na Tabela 2. Os tecidos composição 100% poliéster e prensagem/cozimentos 30', 60' e 90', demonstraram resultados de máxima eficácia de memória de forma, visto que, em nenhum momento, o dinamômetro sofreu acionamento durante o procedimento, não sendo necessária nenhuma força para o retorno ao estado natural. Já quanto aos tecidos composição 70% poliéster / 30% elastano, os resultados gerais são similares ao 100% poliéster, demonstrando uma expressiva eficácia na memória de forma. Por fim, os resultados do tecido 100% algodão, independente do tempo de prensagem/cozimento, demonstraram uma perda de memória de forma, visto que, foi necessária força de compressão já a partir de 40 mm (30' = 0,017 Kgf; 60' = 0,023 Kgf e 90' = 0,020 Kgf) para finalização do deslocamento, até seu estado natural.

Tabela 2 Resultados de compressão (em Kgf) para diferentes tempos de prensagem/cozimento e tecidos. O aumento da compressão é destacado também pela intensidade das cores nas células.
Fonte Autores, 2024.

PRENSAGEM /COZIMENTO (tempo em segundos)	DESLOCAMENTO (milímetros)	COMPRESSÃO (Kgf)					
		COMPOSIÇÃO DE TECIDOS					
		100% POLIESTER		70% POLIESTER 30% ELASTANO		100% ALGODÃO	
		Média	d.p.	Média	d.p.	Média	d.p.
30	10	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	0,003	0,005
	30	-	-	-	-	0,010	0,000
	40	-	-	-	-	0,017	0,005
	50	-	-	-	-	-	-
	60	-	-	-	-	-	-
	70	-	-	-	-	-	-
	80	-	-	-	-	-	-
	90	-	-	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	-	-
	110	-	-	-	-	-	-
	120	-	-	-	-	-	-
	130	-	-	-	-	-	-
60	10	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	0,003	0,005
	30	-	-	-	-	0,013	0,005
	40	-	-	0,003	0,005	0,023	0,005
	50	-	-	-	-	-	-
	60	-	-	-	-	-	-
	70	-	-	-	-	-	-
	80	-	-	-	-	-	-
	90	-	-	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	-	-
	110	-	-	-	-	-	-
	120	-	-	-	-	-	-
	130	-	-	-	-	-	-
90	10	-	-	-	-	-	-
	20	-	-	-	-	0,007	0,005
	30	-	-	-	-	0,010	0,008
	40	-	-	-	-	0,020	0,008
	50	-	-	-	-	-	-
	60	-	-	-	-	-	-
	70	-	-	-	-	-	-
	80	-	-	-	-	-	-
	90	-	-	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	-	-
	110	-	-	-	-	-	-
	120	-	-	-	-	-	-
	130	-	-	-	-	-	-

Os resultados da aplicação das amostras de tecidos beneficiados ocorreu apenas com o de composição 100% poliéster, cuja eficácia demonstrou melhores resultados nos testes de tração e compressão.

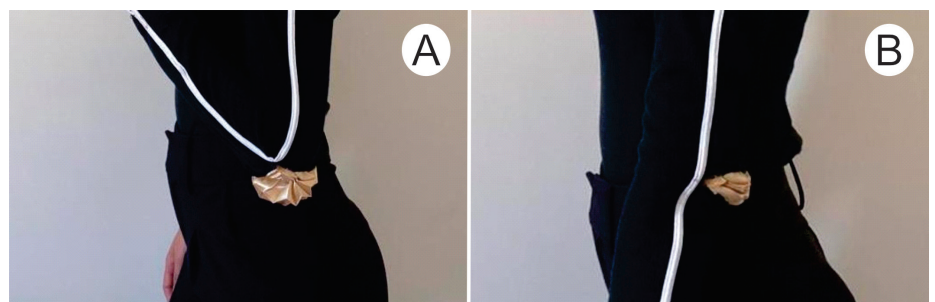
No caso da aplicação na região dos ombros, constata-se que estando braço em repouso (Figura 5 - A), o tecido beneficiado foi tracionado sem perder a memória do padrão de dobra. E movimentando-se o braço em abdução (Figura 5 - B), o tecido beneficiado foi comprimido, também mantendo sua memória do padrão de dobra. Este comportamento confirmou que este tipo de aplicação permite (dentre inúmeras possibilidades) minimizar a restrição de movimentos articulares, decorrentes de problemas relacionados à modelagem ou ao tipo de tecidos empregados nos vestuários.

Figura 5 Comportamento e manutenção da memória do padrão de dobras, dos tecidos beneficiados aplicados no vestuário - região dos ombros. A - braço em repouso e; B - braço em abdução.
Fonte Autores, 2024.



A mesma condição foi observada na aplicação do tecido beneficiado na região do cotovelo. Estando o antebraço em flexão (Figura 6 - A), o tecido beneficiado foi tracionado sem perder a memória do padrão de dobra; e estando o antebraço em extensão máxima (Figura 6 - B), o tecido beneficiado foi comprimido, também mantendo a memória do padrão de dobra.

Figura 6 Comportamento e manutenção da memória do padrão de dobras, dos tecidos beneficiados aplicados no vestuário - região do cotovelo. A - antebraço em flexão e; B - antebraço em extensão máxima.
Fonte Autores, 2024.



Constata-se que, do ponto de vista funcional que a aplicação dos sistemas de dobras do padrão Miura-Ori, na superfície têxtil com 100% poliéster, foi positiva. Na prática, a memória de forma contribuiu para uma amplitude de movimentação, das duas articulações analisadas (ombro e cotovelo).

O tipo de fixação e aplicabilidade verificado no presente estudo, aponta ainda que o design do origami adaptado pode contribuir para o desenvolvimento de soluções projetuais no design de moda (FERREIRA, 2016), garantindo uma melhor qualidade da modelagem do produto de vestuário e, conseqüentemente, em uma melhor satisfação de uso, especialmente naqueles indivíduos que apresentam restrições físicas de movimentos e necessitam de atenção especial no design de seus vestuários, conforme preconiza Grave (2004) e Neves et al. (2015, 2018).

De acordo com Saltzman (2004), todos e quaisquer recursos construtivos que corroboram para um bom uso de um vestuário, como por exemplo pregas, franzidos, plissados, vieses - e mesmo texturas e cores - são benéficos aos usuários.

Apesar dos achados do presente estudo, reconhece-se que os mesmos são estritamente preliminares, visto que apresenta algumas limitações metodológicas que merecem ser consideradas. De fato, trata-se de um estudo experimental, cujas limitações são habituais. Um exemplo está na pequena amostra das variáveis independentes (pequena variabilidade dos tipos de tecidos, dos tempos de prensagem/cozimento e da forma de aplicação do padrão de dobras). Outra limitação é a carência de um efetivo controle de temperatura, senão a descrita no termostato do equipamento utilizado para a prensagem/cozimento.

Para além destes aspectos técnicos, entende-se que a parte aplicada (Etapa 3) poderia ter sido ampliada, envolvendo a produção de protótipos mais elaborados, equacionando viabilidade técnica com qualidade estética, permitirão aplicar de testes de experiência de uso com a participação de usuários finais. Neste caso, acredita-se que a tecnologia de estruturas do Origami Tessellations possa contribuir, por exemplo, com vestuários para esportistas e/ou idosos, os quais necessitam de modelagens que diminuam as restrições de movimentos articulares, possibilitando então, confirmar a viabilidade irrestrita da aplicação dos sistemas de dobras do padrão Miura-Ori, no design de moda.

Considerações Finais

A aplicação de Design de Origami adaptado no vestuário pode proporcionar alternativas projetuais inovadoras, especialmente quando se pretende melhorar a vestibilidade e qualidade de uso de um produto de moda. O propósito deste estudo foi verificar o comportamento de fixação e aplicabilidade do sistema de dobras Miura-Ori, em diferentes composições de tecidos e tempos de prensagem/cozimento.

Os resultados apontam que tecidos com composições que apresentem maior porcentagem de Poliéster, demonstram melhor fixação de

dobras e, conseqüentemente, melhor memória de forma. O desfecho, demonstrado na forma de aplicação de um protótipo, reitera os resultados obtidos com testes mecânicos (tração e compressão); além de corroborar com uma efetiva contribuição para a modelagem e o Design de Moda e, provável adaptabilidade do vestuário aos corpos dos usuários.

De qualquer maneira, não se pode negar a importância da inovação empregada no âmbito metodológico, visto que não foram encontradas referências na literatura, nem mesmo algo próximo ao descrito no presente estudo e com as mesmas finalidades. Outra contribuição está intimamente associada à melhoria e aperfeiçoamento das tecnologias de processos na área têxtil e modelagem, as quais merecem atenção.

Para estudos futuros recomenda-se o constante aperfeiçoamento dos procedimentos metodológicos (visando sanar as limitações descritas anteriormente) e ampliar a avaliação deste tipo de inovação tecnológica, de forma aplicado no vestuário, compreendendo avaliações interdisciplinares, com a contribuição de conhecimentos das áreas do Design de Moda, Design Inclusivo, Design Ergonômico e Tecnologia Têxtil.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) Processo PROEX – 88887.464067/2019-00; e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - 308121/2022-8.

Referências

BRUTON, J. T.; NELSON, T. G.; ZIMMERMAN, T. K.; FERNELIUS, J. D.; MAGLEBY, S. P.; HOWELL, L. L. (2016). **Packing and deploying Soft Origami to and from cylindrical volumes with application to automotive airbags**. Royal Society Open Science, v. 3, n. 9, 160429, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.160429>

CERA, L.; GONZALEZ, G.M.; LIU, Q.; CHOI, S.; CHANTRE, C. O.; LEE, J.; GABARDI, R.; CHOI, M. C.; SHIN, K.; PARKER, K. K. **A bioinspired and hierarchically structured shape-memory material**. Nature Materials. vol. 20, p. 242-249, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41563-020-0789-2>

CHU, C. C.; KEONG, C. K. **Modeling of rigid origami tessellation using generative algorithm tool, Grasshopper**. Journal of Built Environment, Technology and Engineering, Vol. 2, p. 18-25, 2017.

DING, D.; ZHANG, F; LAN, S.; LIU, Y.; LI, S.; XIE, X.; CHE, Y. **Review of Materials for Origami in Fashion Design**. Advanced Materials Research, v. 821-2, 790-793, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.821-822.790>

FERREIRA, V. C. T. **Design de moda e tecnologia têxtil: projetos ergonômicos de Nanni Strada e Issey Miyake** [Mestrado em Design]. São Paulo, Universidade Anhembi Morumbi, 2016. <http://sitios.anhembi.br/tesdesimplificado/handle/TEDE/1667>

GARDINER, M. **On the Aesthetics of Folding and Technology: Scale, Dimensionality, and Materiality**. In: MIURA, K.; KAWASAKI, T. TACHI, T.; LANG, R.; UEHARA, R.; LANG, R. J.; WANG-I

VERSON, G. (eds). Origami II. Technology, Art, Education. Tokyo, American Mathematical Society, p. 635-645, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1090/mbk/095.2/24>

GRAVE, M.F. **A modelagem sob a ótica da ergonomia**. São Paulo, Zennex, 2004. 104p.

HEIT, E. (2007) **What is induction and why study it?**. In: FEENEY, A.; HEIT, E. (eds). Inductive Reasoning: Experimental, Developmental, and Computational Approaches. Cambridge, Cambridge University Press. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511619304>

KUME, N. Y. **Texturas plissadas em materiais têxteis: artesanato, técnica e tecnologia** [Dissertação de Mestrado em Têxtil e Moda]. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2015. 344 f. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.100.2015.tde-05072015-181749>

MELONI, M.; QIAN, Z.; JOONSEOK, P; MANISH, N.B.; RUIJUN, M.; EMIL, B.; DANIEL SANG-HOON, L.; JIANGUO, C. **Designing origami tessellations composed of quadrilateral meshes and degree-4 vertices for engineering applications**. Automation in Construction, v. 142, n. 104482. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104482>

MORGAN, J.; MAGLEBY, S.; HOWELL, L. **An Approach to Designing Origami-Adapted Aerospace Mechanisms**. *Journal of Mechanical Design*, v. 138, n. 5, 0523012016. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4032973>

NEVES, E. P.; NARDONI, M. L.; PASCHOARELLI, L. C. **Elderly and Clothing: Considerations about Handling Trimmings**. *Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering*, v. 2, n. 1, 555579. 2018. DOI: <https://doi.org/10.19080/CTFTTE.2018.02.555579>

NEVES, E. P.; BRIGATTO, A. C.; MEDOLA, F. O.; PASCHOARELLI, L. C. **Biomechanics and Fashion: Contributions for the Design of Clothing for the Elderly**. *Procedia Manufacturing*, v. 3, p. 6337-6344, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.955>

OLIVEIRA J.; PASCHOARELLI, L. C. ; MOTA, M. J. **Origami tesselação e sua contribuição para o design de moda**. *Actas de Diseño*, n. 36, p. 228-231. 2021. DOI: <https://doi.org/10.18682/add>

PALMER, C. K.; RUTZKY, J. **Shadowfolds: Surprisingly Easy-to-make Geometric Designs in Fabric**. New York: Kodansha America, 2011. 128p.

SALTZMAN, A. **El cuerpo diseñado: la forma y el proyecto de la vestimenta**. Buenos Aires: Paidós, 2004. 174p.

TACHI, T. **Freeform Rigid-Foldable Structure using Bidirectionally Flat-Foldable Planar Quadrilateral Mesh**. In: CECCATO, C.; HESSELGREN, L.; PAULY, M.; POTTMANN, H.; WALLNER, J. (eds). *Advances in Architectural Geometry 2010*. p. 87-102. Viena: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-7091-0309-8_6

TEIXEIRA, S. A.; MOURA, M. ; BROEGA, A. C. L. **Avaliação sensorial de padrões de origami tessellations no design de superfície**. In: *Anais do 13º COLÓQUIO DE MODA*. São Paulo: Associação Brasileira de Estudos e Pesquisas em Moda, 2017. v. 10. p. 1-14. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/46660>

TEIXEIRA, S. A.; YAMADA, T. R. U. ; BOTURA JUNIOR, G. **Digital Folding Design and Deformation Test of Origami Tessellations**. In: *Geometrias'19: Polyhedra and Beyond - Aproved's 5th Internacional Conference*. Porto: Aproved - Associação dos Professores de Geometria e de Desenho, p. 63-66. 2019. DOI: <https://doi.org/10.24840/978-989-98926-8-2>

TEIXEIRA, S. A.; YAMADA, T. U. **Estudo do Design de Origami Tessellations: análise da compactação e complexidade estrutural de seis crease patterns**. *Boletim da Aproved*, v. 34., p. 79-83, 2018. DOI: https://doi.org/10.24840/2184-4933_2018-0034_0011

TEIXEIRA, S. A; NAKATA, M. **A evolução artística e científica do origami: Um estudo teórico e prático sobre a prática e técnicas das dobraduras**. *Palíndromo*, v. 9., n. 18, p. 142-163. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5965/2175234609182017142>

TEIXEIRA, S. A; NAKATA, M. **Estudo sobre o origami: métodos do design de dobras e crease pattern no processo criativo**. *Educação Gráfica*, v. 20, n. 2, p. 277-288, 2016.

WHEELER, C. M.; CULPEPPER, M. L. **Soft Origami: Classification, Constraint, and Actuation of Highly Compliant Origami Structures**. *Journal Mechanisms Robotics*, v. 8, n. 5, 051012, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4032472>

XU, L. Z.; SHYU, T. C.; KOTOV, N. A. **Origami and Kirigami Nanocomposites**. *ACS Nano*, v. 11, n. 8, p. 7587-7599, 2017. DOI <https://doi.org/10.1021/acsnano.7b03287>

ZIRBEL, S. A.; LANG, R. J.; THOMSON, M. W.; SIGEL, D. A.; WALKEMEYER, P. E.; TREASE, B. P.; MAGLEBY, S. P.; HOWELL, L. L. **Accommodating Thickness in Origami-Based Deployable Arrays**. *Journal of Mechanical Design*, v. 135, n. 11, 111005. 2013. <https://doi.org/10.1115/1.4025372>

Recebido: 30 de abril de 2024.

Aprovado: 27 de novembro de 2024.