



ORIGAMI COMO PRINCÍPIO GERADOR DE SUPERFÍCIES COMPLEXAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E METASSÍNTESE

ORIGAMI AS A GENERATING PRINCIPLE COMPLEX SURFACES: A SYSTEMATIC REVIEW AND METASYNTHESIS

ALMEIDA, Marcela Alves de¹,
BRITO, Maycon Soares².

Resumo

O origami é uma arte ancestral de dobradura em papel que pode ser utilizada como técnica para geração de formas complexas. Este artigo apresenta uma revisão sistemática sobre o processo de geração da forma baseado em dobraduras. O objetivo é verificar as relações entre o processo de geração de superfícies complexas analógicas e superfícies complexas digitais paramétricas em arquitetura. Foram investigados artigos da base de dados Cumincad no período de 2012 a 2022 utilizando as palavras de pesquisa: origami, dobradura, grasshopper, Kangaroo. As perguntas de pesquisa foram elaboradas e respondidas bem como foram destacados achados da pesquisa utilizando uma metodologia exploratória. Conclui-se que os estudos e aplicações têm objetivos muito variados, como a execução de grandes vãos, estruturas leves e portáteis, estruturas cinéticas. Grande parte dos textos apresenta o desenvolvimento de protótipos por meio da fabricação digital, demonstrando interrelações entre a dobradura de papel, o modelo digital e o protótipo.

Palavras-chave: Revisão sistemática; Origami; Dobradura; Arquitetura digital.

Abstract

Origami is an ancient art of paper folding that can be used to generate complex shapes. This article presents a systematic review of the process of generating shapes based on folding. The objective is to verify the relationships between generating analog complex surfaces and parametric digital complex surfaces in architecture. It investigates articles from the Cumincad database from 2012 to 2022 using origami, folding, grasshopper, and kangaroo search words. Research questions were elaborated and answered, and research findings were highlighted using an exploratory methodology. The conclusion is that the studies and applications have very varied objectives, such as the execution of large vaults, lightweight and portable structures, and kinetic structures. Most of the texts present the development of prototypes through digital fabrication, demonstrating interrelationships between paper folding, the digital model, and the prototype.

Keywords: Systematic review; Origami; Folding; Digital Architecture.

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, <https://orcid.org/0000-0002-7893-911X>,
marcela.almeida@ufes.br

² Universidade Federal do Espírito Santo, <https://orcid.org/0000-0002-7893-911X>,
mayconbrito08@gmail.com

1 Introdução

O origami é uma arte de dobradura em papel em que o plano ganha forma, resistência e estrutura por meio das dobraduras. De origem ancestral do oriente, China e Japão, fundamenta-se em dobrar e modelar papéis, sem cortes ou cola, a fim de conceber formas simples figurativas ou abstratas. Robert J. Lang, físico e origamista, destaca que apenas nos últimos trinta anos esta arte milenar passou a ser objeto de estudos científicos (Lang, 2003 como citado em Teixeira et al., 2017, p.30).

Os conceitos de origami e ciência são aparentemente distantes: o primeiro, uma arte, um fazer manual, associado à tradição e o último, uma rigorosa e racionalista forma do conhecimento. Mas, curiosamente, os campos apresentam diversas conexões (Lang, 2003 como citado em Teixeira et al., 2017, p.31).

Ao relacionar o origami a uma linguagem científica e projetual, Paul Jackson (2011), descreve que as ideias e formas vão sendo construídas a partir do manuseio do papel, material acessível e fácil de trabalhar. Quanto mais movimentos forem feitos, mais complexos são os resultados. Este caráter experimental da dobradura em papel está associado ao processo generativo. A dobra como processo generativo no projeto arquitetônico é essencialmente experimental: agnóstica, não-linear e de baixo para cima. Nosso interesse está no processo morfogenético, a sequência de transformações que afeta o objeto (Sophia Vyzoviti, 2003, p.8). Além disso, a dobradura pode ser utilizada como recurso para que os materiais ganhem resistência, já que a forma é, muitas vezes, mais determinante que o próprio material (Rebello, 2000).

É possível utilizar esta técnica de dobradura manual no processo de geração da forma arquitetônica para atender a demandas funcionais bem como conferir complexidade à forma arquitetônica. Na atualidade, muito se tem investigado sobre como obter complexidade da forma, por meio de ferramentas digitais. Branko Kolarevic (2003, p.17) argumenta que a parametria pode substituir o processo estável pela variável, a singularidade pela multiplicidade. Na dobradura, todos os elementos que compõem a forma, mantém relações entre si, conferindo flexibilidade formal. Esta é uma característica fundamental em processos de projeto paramétricos digitais. Deste modo, observa-se que o origami e a parametria digital, compartilham de características fundamentais para geração da forma. Deste modo, este artigo versa sobre o processo de geração da forma digital baseado em dobraduras apresentando uma revisão sistemática da literatura no período de 2012 a 2022 na base de dados CuminCad.

Dave Lee & Brian Leounis (2011, p. 25) apresentam o Rhinoceros e Grasshopper como

[...] uma ferramenta de manipulação de superfície que pode transformar qualquer arranjo de superfícies planas dobráveis sem a necessidade de programação personalizada para cada instância. [...] torna possível projetar e testar qualquer configuração de padrão dobrável simplesmente

criando um padrão de mosaico plano. Porque o algoritmo é inerentemente sem escala. Ele tem o potencial para ser implementado em uma ampla gama de aplicativos incluindo paredes retráteis, estruturas de telhado, estruturas, tendas, móveis e robótica.

Os scripts tornam-se recursos para desenvolvimento e análise de desempenho de formas arquitetônicas como arcos, domos, abrigos temporários dobráveis e texturas. Além de “sistemas cinéticos que têm sido usados por arquitetos como uma abordagem que incorpora inteligência de computação para criar espaços arquitetônicos flexíveis e adaptáveis de acordo com as necessidades e desejos em constante mudança dos usuários” (Osório, Paio & Oliveira, 2014, p. 201).

2 Definição do protocolo

2.1 Palavras-chave e string de busca

Foi realizada uma busca no Google Scholar em 27 de maio de 2022, com as palavras-chaves origami, folding, grasshopper, kangaroo e Cumincad, no intervalo de 2012 a 2022 (uma década). Optou-se por utilizar o Google Acadêmico e não a plataforma Cumincad como motor de busca, pois o funcionamento dos operadores booleanos desta plataforma não estava claro para os pesquisadores, tendo em vista que muitos artigos da busca realizada no Cumincad não atendiam ao objetivo da revisão. O Cumincad foi a base de dados escolhida para a revisão sistemática, pois reúne todos os artigos dos principais eventos em gráfica digital em arquitetura com revisão por pares e reconhecida relevância acadêmica. A busca retornou um total de 74 artigos. Aqueles que não estavam indexados na base de dados Cumincad foram descartados, chegando-se a um total de 49 (todos os artigos das referências com exceção das referências números 4, 27, 34, 35, 37, 43, 51, 55).

2.2 Critérios de exclusão

A seleção foi realizada por ambos pesquisadores em três fases: i) Leitura do título, resumo e palavras-chave. Verificou-se que as palavras-chaves da busca não poderiam ser utilizadas como critério de exclusão, pois a maioria dos textos seriam descartados; ii) Busca das palavras-chaves no corpo do texto, a fim de observar em qual contexto estavam inseridas. Nesta fase alguns artigos foram descartados por terem baixa aderência ao tema ou apenas citar a palavra; iii) Leitura integral de todos os textos para verificação completa da pertinência.

O termo origami é o objeto principal de pesquisa. Sendo assim, foram descartados os textos que contém a palavra origami, mas que não o trazem como fundamento, temática principal da pesquisa. Nestes artigos, a palavra aparece no texto, mas com pouca adesão [8, 57], por exemplo: citar o origami como contextualização para abordar outros temas como Kirigami [12, 13]; uma frágil associação com plantas [15]; citar um projeto que tem

apenas a palavra origami no título [1, 18, 47]; ou apenas apresentar referências que contém o termo origami no título [7, 14, 31, 41, 50] entre outros.

A maioria dos textos excluídos abordam o origami como um elemento dentro de um contexto mais amplo sobre dobradura, com pouca investigação sobre o origami. De modo geral, artigos que abordam o origami também abordam dobradura, mas o oposto não é verdadeiro. Estes artigos foram excluídos enquanto aqueles foram mantidos. Foi ainda descartado um White Paper [46]. Os artigos excluídos citados acima, foram lidos em sua íntegra e, apesar de excluídos, apresentam discussões interessantes correlatas a esta revisão. Após as exclusões, um total de 35 textos foram analisados. A busca também retornou artigos indexados em outras bases de dados que foram descartados.

2.3 Perguntas de pesquisa

No contexto da arquitetura paramétrica que aborda a geração de superfícies complexas que têm o origami como princípio gerador, foram estabelecidas as seguintes perguntas de pesquisa: 1) A dobradura em origami auxilia na solução de quais problemas de projeto? 2) Quais são os softwares mais utilizados no desenvolvimento das formas baseadas em origami e como colaboram com o processo de projeto?

3 Análise

Em uma abordagem exploratória qualitativa, foram verificados assuntos recorrentes: processo de projeto, forma, fabricação digital, conforto ambiental, fachada, desempenho do material que foram utilizados para classificar os textos de modo a organizar as respostas às perguntas de pesquisa. Posteriormente os pesquisadores leram integralmente todos os artigos e realizaram uma análise crítica dos documentos para responder às perguntas de pesquisa e estabelecer os achados.

Em resposta à primeira pergunta observou-se que a flexibilidade inerente à dobradura permite que as formas geradas possam ser exploradas para resolver diversos problemas de projeto. Entre eles: i) Formas cinéticas. Fachadas cinéticas para controle de iluminação de insolação que se adaptam às necessidades do usuário e também contribuem para o desempenho do edifício [16, 28, 42, 48]; cobertura cinética [5] e formas cinéticas [36]; ii) Solução de problemas acústicos. Paredes flexíveis com tesselação em origami para resolução de problemas acústicos e divisórias leves [56]; painéis de absorção e reflexão variáveis pode ser configurada para atingir uma ampla gama de tempos de reverberação, oferecendo oportunidades para vários usos de programas dentro de um espaço [53]; controle da qualidade e a percepção do som [29]; iii) Leveza das estruturas. Verifica-se que materiais planos são os mais utilizados. Destaque para a madeira [23, 45, 49]. Também são utilizados gesso acartonado [30], plástico [21], laminado de alta pressão [11], metal [19, 44, 57] e polietileno (PE-500) [52] que, além de ser leve e com bom desempenho

estrutural como a madeira e o metal, oferece resistência à água sem a necessidade de tratamento/acabamento do material.

A madeira possibilita ainda a execução de grandes vãos, como abóbadas com 20m de vão livre [45]. Além disso, há também projetos que desenvolvem a dobradura com estruturas pneumáticas que são leves, portáteis, adaptáveis e reutilizável [2, 40].; iv) Execução de estruturas temporárias de pequeno porte. Abrigos [21, 52] se tornam fáceis de montar, pois são utilizados materiais leves e dobráveis que resolvem problemas de logística; v) Customização em massa. A flexibilidade da forma é capaz de atender a diferentes contextos de implantação, condições climáticas, requisitos funcionais e situações de emergência [52].

Em resposta à segunda pergunta observa-se que há uma variedade de plugins associados ao Grasshopper no processo de projeto das dobraduras que são escolhidos em função do problema de pesquisa. Destaca-se o Kangaroo que permite a simulação das forças exercidas no plano para a emergência da dobradura, simulação da capacidade de ampliação de uma área ao puxar a superfície em direções opostas, simulação interativa, otimização e form-finding [2, 3, 6, 21, 33, 36, 38, 53, 54, 57]. O plugin Weaverbird é utilizado para fazer a transição de malha para linha e vice-versa [38], importante para estruturas pneumáticas [2]. Ivy foi utilizado para análises das tensões e planificação da estrutura para fabricação [21].

Observa-se que os artigos que investigam o desenvolvimento de fachadas responsivas, utilizam mais plugins e softwares, para além do Rhinoceros, Grasshopper e Kangaroo, tendo em vista que além do desenvolvimento da forma, executam testes para análise de desempenho vinculados à responsividade [42] como DIVA [16] para análise térmica, da luz do dia e da radiação solar, Ecotect, Autodesk Flow design para simulação de ventos; Geco para conexão com o Ecotect. Ladybug é utilizado para simulações solares [10].

Outros softwares que não estão vinculados ao Grasshopper encontrados são Freeform Origami [21], Origamizer [21, 32], Rigid Origami Simulator [21, 29], ShapeOp [45]. AutoCAD e o plugin RhinoNest são utilizados para o processo de fabricação digital [20]. Abaqus foi utilizado para análise de elementos finitos [32] e Sketchup para experimentações formais [33].

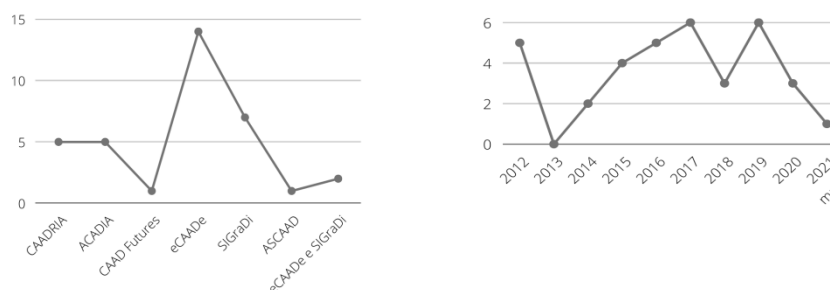
No que diz respeito a protótipos cinéticos identifica-se a utilização do microcontrolador Arduino, e os softwares para a correlação entre sensores e modelos digitais: Gobetwino para comunicação entre o Arduino e Processing IDE [42]; GHOWL para coletar dados processados pelo arduino e enviá-lo ao modelo paramétrico [42]. Firefly é utilizado para comunicação com o arduino no caso de modelos cinéticos [38, 40].

Observa-se que o eCAADe é o evento com maior número de publicações - 14 (Gráfico 1) e que o número máximo de publicações ao longo dos anos é de 6 textos em 2017 e 2019 (Gráfico 2).

Figura 1 - Dimensionais, Diagonais e Diametraais do Hexaedro

Gráfico 1 - Quantidade de artigos por evento, no total de 35 textos.

Gráfico 2 - Quantidade de publicações no período de 2012 a maio de 2022.



3.1 Achados de pesquisa

Estruturas em origami são consideradas um tipo de estrutura auxética [35]. Materiais auxéticos são considerados meta materiais que adquirem funcionalidade e propriedades emergentes artificialmente, podendo ser explorados em no processo de projeto digital e na fabricação digital para a execução de superfícies bidimensionais [35]. Essa capacidade é que traz mobilidade à forma, permitindo estruturas cinéticas ou adaptáveis.

A execução das estruturas e sua materialidade é tema de investigação de muitos textos: execução de protótipos e modelos reduzidos [20, 23, 29, 38, 39, 48, 49], protótipos e modelos reduzidos cinéticos [26, 40, 42] e execução em escala real [9, 19, 21, 45]. A espessura do material influencia na execução das dobradiças, quantidade de arestas por nó, pois quanto mais arestas e por consequência faces interconectadas em um nó [45, 49, 52], mais complexa se torna a dobradura e execução da forma. A geometria das faces (trapézios, triângulos) e dos nós também são estudados para uma melhor estabilidade e execução da forma [52].

Dois textos apresentam projetos para a vida extraterrestre [2, 17]. Alguns trazem analogias com as plantas [5, 32, 36] e biomimética [26]. Ainda, os diferentes padrões de origami são investigados para cumprir requisitos de projeto: Ano (36), Yoshimura ou Miura-Ori [5, 29, 45, 54].

4 Ameaças à validade e limites

Alguns fatores podem ameaçar a validade desta revisão de literatura, entre eles o projeto de pesquisa, metodologia, análise e interpretação. As palavras-chaves utilizadas na pesquisa são muito amplas. Com exceção de origami e Kangaroo, folding e grasshopper são palavras que certamente estarão presentes em textos que abordam a dobradura e processo de projeto digital. Por outro lado, como se trata de uma revisão de caráter

exploratório e de meta síntese, os pesquisadores optaram por manter estes termos de modo a obter um panorama geral.

O objetivo da pesquisa tinha como fundamentos i) investigar a dobradura em papel, origami, como princípio fundamental para a geração de superfícies complexas digitais e ii) investigar a relação entre o analógico e o digital neste processo. A partir de uma abordagem exploratória, as perguntas de pesquisa foram elaboradas após a leitura dos documentos, sendo assim, expressam uma síntese subjetiva dos pesquisadores frente ao tema e aos fundamentos estabelecidos. As perguntas estabelecidas são abrangentes, sendo que poderiam ter sido elaboradas perguntas mais específicas.

A validade do estudo também é limitada, pois se restringe a publicações indexadas pelo Cumincad. Certamente, o universo de documentos sobre o tema é muito mais amplo se mais bases de dados fossem incluídas no protocolo de pesquisa.

Quanto às análises e sínteses, uma possível ameaça é que alguns temas não tenham sido considerados nas respostas às perguntas de pesquisa e nos achados de pesquisa. Para minimizar esta ameaça, os pesquisadores trabalharam em conjunto, debatendo sobre os documentos.

5 Conclusão

Thomas Cormen (2002, p.03) declara que o algoritmo descreve um procedimento computacional específico que relaciona a entrada com a saída. Descrever problemas arquitetônicos em forma de algoritmos é o grande desafio da arquitetura digital. Ainda que muitos textos apresentem o processo de projeto, observa-se que poucos artigos apresentam scripts [2, 3, 6, 22, 29, 54]. Na maioria dos casos, os algoritmos de projeto não são declarados. Este seria um material de grande importância, especialmente para pesquisadores que estão iniciando estudos no tema, que poderiam se basear em aprendizados adquiridos por outros pesquisadores.

Percebemos que a maioria dos estudos investiga a materialidade e viabilidade de execução ao desenvolverem protótipos físicos, resultando em aprendizado prático sobre o processo de projeto digital. Além disso, as análises dos modelos digitais tornam o processo dinâmico e avançado ainda nas fases iniciais de projeto. A dobradura de papel é o ponto de partida que digitalmente ganha escala arquitetônica, flexibilidade, passa por simulações para depois retornar à materialidade em forma de protótipos e objetos em escala real fechando o ciclo entre o analógico e o digital.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq por financiar esta pesquisa.

Referências

- [1] ABDEL-RAHMAN, Amira; MICHALATOS, Panagiotis. **Magnetic Morphing**. In ACADIA 2017: DISCIPLINES & DISRUPTION [Proceedings of the 37th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA). Cambridge, MA 2-4 November, 2017], pp. 18-27 <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2017.018>
- [2] AGIRBAS, Asli. **A proposal for the use of fractal geometry algorithmically in tiling design**. In Ji-Hyun Lee (Eds.) "Hello, Culture!" [18th International Conference, CAAD Futures 2019, Proceedings]. Daejeon, Korea, pp. 438-453. http://papers.cumincad.org/data/works/att/cf2019_055.pdf
- [3] AGIRBAS, Asli. **The Use of Simulation for Creating Folding Structures - A Teaching Model**. In Fioravanti, A, Cursi, S, Elahmar, S, Gargaro, S, Loffreda, G, Novembri, G, Trento, A (eds.), ShoCK! - Sharing Computational Knowledge! - Proceedings of the 35th eCAADe Conference - Volume 1, Sapienza University of Rome, Rome, Italy, 20-22 September 2017, pp. 325-332. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2017.1.325>
- [4] CORMEN, T. et al. (2002). Algoritmos: teoria e prática. Rio de Janeiro: Editora Campus.
- [5] BAERLECKEN, Daniel; SWARTS, Matthew; GENTRY, Russell; WONOTO, Nixon. **Bio-Origami: Form Finding and Evaluation of Origami Structures**. In Achten, Henri; Pavlicek, Jiri; Hulin, Jaroslav; Matejovska, Dana (eds.), Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference - Volume 1. Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture (Czech Republic) 12-14 September 2012, pp. 497-504. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2012.1.497>
- [6] VASCONSELOS, Tássia Borges de; BORDA, Ariadne Almeida da Silva, VECCHIA, Luisa Rodrigues Félix Dalla. **A parametrização como experiência prévia para a estruturação de métodos projetuais em arquitetura**. In SiGraDi 2014 [Proceedings of the 18th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics]. Uruguay - Montevideo 12 - 14 November 2014, pp. 297-301. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2014_338
- [7] BUELL, Samantha; SHABAN, Ryan; CORTE, Daniel; BEORKREM, Christopher. **Zero-waste, Flat Pack Truss Work: An Investigation of Responsive Structuralism**. In ACADIA 11: Integration through Computation [Proceedings of the 31st Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)]. Banff (Alberta) 13-16 October, 2011, pp. 138-143. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2011.138>
- [8] CARL, Timo; SCHEIN, Markus; STEPPER, Frank. **Sun Shades - About Designing Adaptable Solar Facade**. Fioravanti, A, Cursi, S, Elahmar, S, Gargaro, S, Loffreda, G, Novembri, G, Trento, A (eds.), ShoCK! - Sharing Computational Knowledge! - Proceedings of the 35th eCAADe Conference - Volume 2, Sapienza University of Rome, Rome, Italy, 20-22 September 2017, pp. 165-174. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2017.2.165>
- [9] CHENG, Nancy Yen-wen. **Shading With Folded Surfaces: Designing With Material, Visual and Digital Considerations**. In Achten, Henri; Pavlicek, Jiri; Hulin, Jaroslav; Matejovska, Dana (eds.), Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference - Volume 2. Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture (Czech Republic) 12-14 September 2012, pp. 613-620. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2012.2.613>
- [10] CHENG, Nancy Y.; KHORASGANI, Mehrnoush Latifi; WILLIAMS, Nicholas; PROHASKY, Daniel; BURRY, Jane. **Understanding Light in Building Skin Design**. In Emerging Experience in Past, Present and Future of Digital Architecture, Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2015) / Daegu 20-22 May 2015, pp. 323-332. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2015.323>
- [11] CHUA, Pamela Dychengbeng; HUI, Lee Fu. **Compliant Laminar Assemblies**. In ACADIA 19: UBIQUITY AND AUTONOMY [Proceedings of the 39th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA). (The University of Texas at Austin School of Architecture, Austin, Texas 21-26 October, 2019) pp. 642-653. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2019.642>
- [12] DANESH, Foroozan; BAGHI, Ali; KALANTARI, Saleh. **Programmable Paper Cutting - A Method to Digitally Fabricate Transformable, Complex Structural Geometry**. Kepczynska-Walczak, A, Bialkowski, S (eds.), Computing for a better tomorrow - Proceedings of the 36th eCAADe Conference - Volume 2, Lodz University of Technology, Lodz, Poland, 19-21 September 2018, pp. 489-498. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2018.2.489>

- [13] _____. **Digitally Fabricating Expandable Steel Structures Using Kirigami Patterns.** In SIGraDi 2018 [Proceedings of the 22nd Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics]. Brazil, São Carlos 7 - 9 November 2018, pp. 724-731. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2018_1879
- [14] DICKINSON, Susannah; WACHTER, Sheehan. **Nature as a Comprehensive Model: A Biomimetic Installation.** In Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture, Proceedings of the 19th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2014) / Kyoto 14-16 May 2014, pp. 627-636. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2014.627>
- [15] EL AHMAR, Salma; FIORAVANTI, Antonio. **Botanics and Parametric Design Fusions for Performative Building Skins - An application in hot climates.** In Thompson, Emine Mine (ed.), Fusion - Proceedings of the 32nd eCAADe Conference - Volume 2, Department of Architecture and Built Environment, Faculty of Engineering and Environment, Newcastle upon Tyne, England, UK, 10-12 September 2014, pp. 595-604. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2014.2.595>
- [16] ELGHAZI, Yomna Saad; MAHMOUD, Ayman Hassaan Ahmed. **Origami Explorations - A Generative Parametric Technique For kinetic cellular façade to optimize Daylight Performance.** In Herneoja, Aulikki; Toni Österlund and Piia Markkanen (eds.), Complexity & Simplicity - Proceedings of the 34th eCAADe Conference - Volume 2, University of Oulu, Oulu, Finland, 22-26 August 2016, pp. 399-408. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2016.2.399>
- [17] FOX, Michael; SCHULTZ, Marc; GERSHFELD, Mikhail; COHEN, Marc. **Full Integration: Closing the Gap on Technology Readiness.** In ACADIA // 2018: Recalibration. On imprecision and infidelity. [Proceedings of the 38th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)]. Mexico City, Mexico 18-20 October, 2018, pp. 98-107. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2018.098>
- [18] GÁMEZ, Oscar; MEYER, Julien; CLAUDE-BIGNON, Jean; DUCHANOIS, Gilles. **Interaction of analogic and digital workflows for architectural design and production.** In SIGRADI 2015 [Proceedings of the 19th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - vol. 1.] Florianópolis, SC, Brasil 23-27 November 2015, pp. 77-85. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2015_3.65
- [19] GEORGIU, M.; GEORGIU, O.; FERES, P.; EFTHIMIOU, E. **X-Max | A Digitally Fabricated, Component-Based, Scrap Metal Assembly.** In Abdelmohsen, S, El-Khouly, T, Mallasi, Z and Bennadji, A (eds.), Architecture in the Age of Disruptive Technologies: Transformations and Challenges [9th ASCAAD Conference Proceedings, Cairo (Egypt) [Virtual Conference] 2-4 March 2021, pp. 536-549. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?ascaad2021_122
- [20] GERBER, David; SOLMAZ, A. Senel. **PARA-Typing the making of difference: Associative parametric design methodologies for teaching the prototyping of material affect.** In Proceedings of the 17th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia / Chennai 25-28 April 2012, pp. 233-242. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2012.233>
- [21] GHANDI, Mona. **Designing Affordable, Portable, and Flexible Shelter for the Homeless and the Refugees.** In Kepczynska-Walczak, A, Bialkowski, S (eds.), Computing for a better tomorrow - Proceedings of the 36th eCAADe Conference - Volume 1, Lodz University of Technology, Lodz, Poland, 19-21 September 2018, pp. 307-316. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2018.1.307>
- [22] HEMMERLING, Marco; MAZZUCCHI, Alessio. **Colonna Curva: A case study on curved folding for the production of architectural components.** In SIGraDi 2016 [Proceedings of the 20th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics]. Argentina, Buenos Aires 9 - 11 November 2016, pp. 677-680. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2016_363

- [23] HUNTER, Jessica; CHENG, Alexandra; TANNERT, Thomas; NEUMANN, Oliver; MEYBOOM, AnnaLisa. **Extending the Perception of Wood - Research in Large Scale Surface Structures in Wood**. In Martens, B, Wurzer, G, Grasl T, Lorenz, WE and Schaffranek, R (eds.), Real Time - Proceedings of the 33rd eCAADe Conference - Volume 2, Vienna University of Technology, Vienna, Austria, 16-18 September 2015, pp. 427-437. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2015.2.427>
- [24] JACKSON, P.I. **Folding Techniques for designers: from sheet to form**. London: Laurence King Publishing Ltd, 2011.
- [25] KOLAREVIC, Branko. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. New York: Spon.
- [26] KORNER, Axel; MADER, Anja; SAFFARIAN, Saman; KNIPPERS, Jan. **Bio-Inspired Kinetic Curved-Line Folding for Architectural Applications**. In ACADIA // 2016: POSTHUMAN FRONTIERS: Data, Designers, and Cognitive Machines [Proceedings of the 36th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)]. Ann Arbor 27-29 October, 2016, pp.270-279. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2016.270>
- [27] LEE, D.; LEOUNIS, B. **Digital Origami: Modeling planar folding structures**. Parametricism (SPC) ACADIA Regional 2011 Conference Proceedings. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2011.x.o0g>
- [28] LERTSITHICHA, Surapong. **Fantastic Facades and How to Build Them**. In D. Holzer, W. Nakapan, A. Globa, I. Koh (eds.), RE: Anthropocene, Design in the Age of Humans - Proceedings of the 25th CAADRIA Conference - Volume 1, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 5-6 August 2020, pp. 355-364. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2020.1.355>
- [29] LO TURCO, Massimiliano; ZICH, Ursula; ASTOLFI, Arianna; SHTREPI, Louena; POAOLA, Matteo Botto. **From digital design to physical model - Origami techniques applied to dynamic paneling shapes for acoustic performance control**. In Fioravanti, A, Cursi, S, Elahmar, S, Gargaro, S, Loffreda, G, Novembri, G, Trento, A (eds.), ShoCK! - Sharing Computational Knowledge! - Proceedings of the 35th eCAADe Conference - Volume 2, Sapienza University of Rome, Rome, Italy, 20-22 September 2017, pp. 77-86. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2017.2.077>
- [30] LOYOLA, Mauricio; DOMÍNGUEZ, Pablo; ROSSEL, Diego; MADARIAGA, Nicolás; MONTIEL, Constanza. **GypsumFold: Un método para el plegado de paneles de yeso en ángulos variables para la fabricación de productos arquitectónicos**. In SIGraDi 2017 [Proceedings of the 21th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics]. Chile, Concepción 22 - 24 November 2017, pp.287-292. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2017_042
- [31] MATCHA, Heike. **From Designing Buildings from Systems to Designing Systems for Buildings**. In Herneoja, Aulikki; Toni Österlund and Piia Markkanen (eds.), Complexity & Simplicity - Proceedings of the 34th eCAADe Conference - Volume 1, University of Oulu, Oulu, Finland, 22-26 August 2016, pp. 237-240. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2016.1.237>
- [32] MESA, Olga. **Choreographed Matter**. In SIGraDi 2020 [Proceedings of the 24th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics. Online Conference 18 - 20 November 2020, pp. 894-902. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2020_894
- [33] MESA, Olga; MHATRE, Saurabh; SINGH, Malika; AUKES, Dan. **CREASE - Synchronized Gait Through Folded Geometry**. In Sousa, JP, Xavier, JP and Castro Henriques, G (eds.), Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution - Proceedings of the 37th eCAADe and 23rd SIGraDi Conference - Volume 3, University of Porto, Porto, Portugal, 11-13 September 2019, pp. 197-206. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2019.3.197>
- [34] NABONI, Roberto; BRESEGHELLO, Luca. **Fused Deposition Modelling Formworks for Complex Concrete Construction**. In SIGraDi 2018 [Proceedings of the 22nd Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics]. Brazil, São Carlos 7 - 9 November 2018, pp. 700-707. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2018_1648

- [35] NABONI, Roberto; MIRANTE, Lorenzo. **Metamaterial computation and fabrication of auxetic patterns for architecture**. In SIGRADI 2015 [Proceedings of the 19th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - vol. 1]. Florianópolis, SC, Brasil 23-27 November 2015, pp.129-136. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2015_3.268
- [36] NGUYEN, Binh Vinh Duc; WATLOM, Thanonchai; PENG, Chengzhi; WANG, Tsung-Hsien. **Prototyping Adaptive Architecture - Balancing Flexibility of Folding Patterns and Adaptability of Micro-Kinetic Movements**. In Kepczynska-Walczak, A, Bialkowski, S (eds.), Computing for a better tomorrow - Proceedings of the 36th eCAADe Conference - Volume 2, Lodz University of Technology, Lodz, Poland, 19-21 September 2018, pp. 391-400. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2018.2.391>
- [37] OSÓRIO, Filipa; PAIO, Alexandra; OLIVEIRA, Sancho. KOS- Kinetic Origami Surface. In Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture, Proceedings of the 19th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2014) / Kyoto 14-16 May 2014, pp. 201-210. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2014.201>
- [38] OSÓRIO, Filipa; PAIO, Alexandra; OLIVEIRA, Sancho; CASALE, Andrea; VALENTI, Graziano; CALVANO, Michele. **Foldable Responsive Surfaces - Two Design Studios with a Comprehensive Workflow**. In Fioravanti, A, Cursi, S, Elahmar, S, Gargaro, S, Loffreda, G, Novembri, G, Trento, A (eds.), ShoCK! - Sharing Computational Knowledge! - Proceedings of the 35th eCAADe Conference - Volume 2, Sapienza University of Rome, Rome, Italy, 20-22 September 2017, pp. 355-362. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2017.2.355>
- [39] PASSARO, Andrés Martin; HENRIQUES, Gonçalo Castro; PARAIZO, Rodrigo Cury. **Sensitive Shelters: Poetics of Interaction**. In Herneoja, Aulikki; Toni Österlund and Piia Markkanen (eds.), Complexity & Simplicity - Proceedings of the 34th eCAADe Conference - Volume 1, University of Oulu, Oulu, Finland, 22-26 August 2016, pp. 537-548. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2016.1.537>
- [40] PASTERNAK, Agata. **Robotic Prototypes Optimization: Incorporation of Optimization Procedures in the Design Process**. In Achten, Henri; Pavlicek, Jiri; Hulin, Jaroslav; Matejovska, Dana (eds.), Digital Physicality - Proceedings of the 30th eCAADe Conference - Volume 2. Czech Technical University in Prague, Faculty of Architecture (Czech Republic) 12-14 September 2012, pp. 265-272. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2012.2.265>
- [41] PETERS, Brady; HOBAN, Nicholas; KRAMER, Krystal. **Sustainable Sonic Environments: The Robotic Fabrication of Mass Timber Acoustic Surfaces**. In D. Holzer, W. Nakapan, A. Globa, I. Koh (eds.), RE: Anthropocene, Design in the Age of Humans - Proceedings of the 25th CAADRIA Conference - Volume 2, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 5-6 August 2020, pp. 453-462. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2020.2.453>
- [42] PINTO, Hugo Rodrigues de Souza; QUEIROZ, Natália; CARDOSO, Adriano Rodrigo Barreto; SOUSA, Joana Pack Melo. **Developing a responsive system for building façade protection using the cobogó as reference**. In SIGRADI 2015 [Proceedings of the 19th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - vol. 2]. Florianópolis, SC, Brasil 23-27 November 2015, pp. 519-527. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2015_10.138
- [43] REBELLO, Y. (2000). **A concepção estrutural e a arquitetura**. São Paulo: Zigurate editora.
- [44] RADUCANU, Vlad Andre; COJOCARU, Vasile Danut; RADUCANU, Doina. **Structural Architectural Elements Made of Curved Folded Sheet Metal**. In Herneoja, Aulikki; Toni Österlund and Piia Markkanen (eds.), Complexity & Simplicity - Proceedings of the 34th eCAADe Conference - Volume 2, University of Oulu, Oulu, Finland, 22-26 August 2016, pp. 409-416. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2016.2.409>
- [45] ROBELLER, Christopher; WEINAND, Yves. **Realization of a Double-Layered Diamond Vault Made from CLT: Constraint-aware design for assembly, for the first integrally attached Timber Folded Plate lightweight structure, covering a column free span of 20 meters with only 45 millimeter thick CLT plates**. ACADIA 2017: DISCIPLINES & DISRUPTION [Proceedings of the 37th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA). Cambridge, MA 2-4 November, 2017), pp. 492- 501. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2017.492>

- [46] SABIN, Jenny E.; MILLER, Martin; CELLUCCI, Daniel; MOORMAN, Andrew. **ColorFolds: eSkin + Kirigami - From Cell Contractility to Sensing Materials to Adaptive Foldable Architecture**. In Living Architecture Systems Group White Papers 2016. Riverside Architectural Press 2016: Toronto, Canada pp. 262-275. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?lasg_whitepapers_2016_262
- [47] SCHIMEK, Heimo; DOMINGUEZ, Emmanuel Ruffo Calderon; WILTSCHE, Albert; MANAHL, Markus. **Sewing timber panels: An innovative digitally supported joint system for self-supported timber plate structures**. In Proceedings of the 17th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia / Chennai 25-28 April 2012, pp. 213-222. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2012.213>
- [48] SROKA, Jeffrey; KIHONG Ku. **A Geometry Exploration of Flexagons: Designing a Tetrahedron Based Responsive Daylight Control System**. In Ji-Hyun Lee (Eds.) "Hello, Culture!" [18th International Conference, CAAD Futures 2019, Proceedings. Daejeon, Korea, pp. 223-233. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?cf2019_028
- [49] STAVRIC, Milena; WILTSCHE, Albert; BOGENSPERGER, Thomas. **Generative Design for Folded Timber Structures**. In Emerging Experience in Past, Present and Future of Digital Architecture, Proceedings of the 20th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2015) / Daegu 20-22 May 2015, pp. 673-682. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2015.673>
- [50] STOFELLA, Arthur; BERTOLI, Luiza Figueredo; VAZ, Carlos Eduardo Verzola; KÓS, José Ripper. **O desenvolvimento de um sistema de proteção de fachadas cinéticos: um protótipo responsivo ao comportamento do usuário**. In SIGraDi 2016 [Proceedings of the 20th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics]. Buenos Aires 9 - 11 November 2016, pp.550-555. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?sigradi2016_695
- [51] TEIXEIRA, S., NAKATA, M.; LANDIM P. C. **A prática da dobra: Como o paradigma do origami intermedia a busca pelo conhecimento, inovação e design contemporâneo**. *Projética*, 8(1), 29-44. <http://dx.doi.org/10.5433/2236-2207.2017v8n1p29>
- [52] TEPAVĚVÍĚ, Bojan; STOJAKOVIĚ, Vesna; MITOV, Dejan. **Mass Customization of Deployable Origami-based Structures**. In Sousa, JP, Xavier, JP and Castro Henriques, G (eds.), *Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution - Proceedings of the 37th eCAADe and 23rd SIGraDi Conference - Volume 1*, University of Porto, Porto, Portugal, 11-13 September 2019, pp. 163-170. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2019.1.163>
- [53] THÜN, Geoffrey; VELIKOV, Kathy; SAUVÉ, Lisa; MCGEE, Wes. **Design Ecologies for Responsive Environments: Resonant Chamber, an Acoustically Performative System**. In ACADIA 12: Synthetic Digital Ecologies [Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)]. San Francisco 18-21 October, 2012), pp. 373-382. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2012.373>
- [54] TUNG, Hong-Cing; HSU, Pei-Hsien. **An Algorithm of Rigid Foldable Tessellation Origami to Adapt to Free-Form Surfaces**. In M. Haeusler, M. A. Schnabel, T. Fukuda (eds.), *Intelligent & Informed - Proceedings of the 24th CAADRIA Conference - Volume 1*, Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 15-18 April 2019, pp. 311-320. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2019.1.311>
- [55] VYZOVITI, S.. **Folding Architectural: spatial, structural and organizational diagrams**. Amsterdam: BIS Publishers, 2003.
- [56] VYZOVITI, Sophia; REMY, Nicolas. **Acoustically Efficient Origami Based Partitions for Open Plan Spaces - Developing a Design Tool**. In Thompson, Emine Mine (ed.), *Fusion - Proceedings of the 32nd eCAADe Conference - Volume 1*, Department of Architecture and Built Environment, Faculty of Engineering and Environment, Newcastle upon Tyne, England, UK, 10-12 September 2014, pp. 487-494. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2014.1.487>
- [57] WANG, Xiang; GUO, Zhe; ZHANG, Xiao; JIN, Jinxi; YUAN, Philip F. **Design, Analysis and Robotic Fabrication of a Bending-Active Shell Structure with Thin Sheets Based on Curved-Crease-Folding Technique**. In M. Haeusler, M. A. Schnabel, T. Fukuda (eds.), *Intelligent & Informed - Proceedings of the 24th CAADRIA Conference - Volume 1*, Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 15-18 April 2019, pp. 63-72. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2019.1.063>