



CONDIÇÕES ESTRUTURAIS DE SUPERFÍCIES AUXÉTICAS: MATERIAIS E APLICAÇÕES EM ARQUITETURA

ANA CAROLINA KOGA

Universidade Estadual de Londrina- UEL

anac_koga@hotmail.com

orientador: ROVENIR BERTOLA DUARTE

Universidade Estadual de Londrina- UEL

rovenir@uel.br

CATEGORIA DO TRABALHO: Iniciação Científica em Arquitetura e Urbanismo

1. RESUMO

O progresso da fabricação digital reposiciona as superfícies auxéticas nos projetos de edificações em arquitetura. Em tempos mais recentes pode-se observar o crescimento de pesquisas nesta área (MIRANTE, 2015; FLEISCHMANN, 2012; GÜZELCI, ALAÇAM e BACINOĞLU, 2017), na busca de entender seu comportamento, sua fabricação e sua utilidade. Esta investigação partiu de uma revisão bibliográfica sobre o tema, procurando construir um estado da arte sistematizado desta produção atual. A tecnologia estudada aproxima materiais rígidos de baixo custo e fácil acesso, como madeira e papel, e cortes produzidos a laser pela máquina CNC, a fim de permitir a flexibilização dessa rigidez através de sulcos. Essa pesquisa explora a união de materiais sustentáveis e econômicos com softwares de grandes potenciais, como *Rhino*, *Grasshoper* e programação no *Arduíno*, a fim de mesclar o uso de materiais tradicionais locais com as inovações do mundo contemporâneo. A utilização desses softwares permite prever resultados, com especial atenção para o rendimento do comportamento de curvatura e curvilinearidade dos materiais de superfícies planar rígidos. Busca-se atender às demandas contemporâneas por usos mais flexíveis no âmbito estético e social e também as possibilidades tecnológicas, uma vez que a sociedade tem a necessidade de reinventar-se. Ao final espera-se produzir material propondo aplicações em arquitetura como apontar possíveis associações com os elementos for-





madores da arquitetura. A investigação de superfícies auxéticas reúne estas condições, algo que pode ser visto nas diversas investigações sobre seu funcionamento na contemporaneidade. Acredita-se que este trabalho ajudará no entendimento deste tipo de superfície para o suporte do desenvolvimento de metodologias de projeto para fabricação digital.

2. PALAVRAS-CHAVE

Simulação; prototipagem; materiais; cortes a laser; modelo interativo

3. INTRODUÇÃO

A introdução da Fabricação Digital no desenvolvimento de edifícios, mobiliários e vestuários, tem trazido uma série de transformações no modo de pensar as formas, estruturas e materiais destes. Essas alterações passam por modos de produção customizados, produzindo peça por peça. Nesta nova maneira de fabricação destacam-se os cortes através de comandos CNC, laser ou tupias, permitindo explorar de modo diferentes novas formas construtivas, como por exemplo, as estruturas auxéticas. Este tipo de estrutura é resultado de uma tecnologia que permite a flexibilização de materiais rígidos através de sulcos feitos através de cortes CNC, uma superfície que tem atraído a atenção de diversos pesquisadores em arquitetura e design (NABONI e MIRANTE; 2017; KONAKOVIĆ et al., 2016; NABONI e PEZZI, 2016; MIRANTE, 2015).

A presente proposta visa relacionar as capacidades de expansão e compressão destas superfícies auxéticas para produções de arquitetura e design, com especial atenção às experimentações e customizações por intermédio de softwares de parametria. Com o intuito de potencializar os usos dessas superfícies, aproveitando suas deformações, esse trabalho explora as capacidades do software *Grasshoper* e a utilização de cortes a laser, com especial atenção para o aumento do rendimento do comportamento de curvatura e curvilinearidade dos materiais de superfícies planar rígidos. O





estudo paramétrico facilita novas possibilidades e implementações na arquitetura, uma vez que o mesmo concede a aplicação em diferentes escalas e também a alteração prévia esquemática através de simulações e prototipagem. Dessa forma, espera-se relacionar o comportamento mecânico dos materiais com sua devida utilização e seus efeitos estéticos. Acredita-se que este estudo poderá contribuir na área de fabricação digital no cenário brasileiro sobre o emprego de superfícies auxéticas, produzindo uma reflexão sobre padrões auxéticos 2D ou 3D através da cortadora a laser CNC. Busca-se também explorar materiais locais e de baixo custo que possam ter usos flexíveis, assim como o estudo de suas resistências e aplicações em diferentes escalas. Assim, tem-se como objetivo a compreensão dos comportamentos de deformação destes materiais, através de plataformas eletrônicas paramétricas e da cortadora a laser CNC, bem como a conciliação de seus usos na arquitetura. Como objetivos secundários, propõe-se a elaboração de um mostruário que, de modo didático, gere um entendimento rápido das características e potencialidades das superfícies auxéticas em arquitetura e design e a investigação sobre as possíveis aplicações das superfícies auxéticas em arquitetura e design a partir de suas propriedades físicas e estéticas (com atenção para novos materiais, potenciais ecológicos e aproveitamento de material local).

4. METODOLOGIA

(ação 1) Revisão de literatura sobre superfícies auxéticas e suas utilizações em arquitetura; (ação 2) Organização dos tipos de superfícies e suas aplicações em arquitetura; (ação 3) Seleção de materiais e desenhos para cortes de superfícies na CNC Laser; (ação 4) Montagem do mostruário (definindo e classificando os tipos de superfícies auxéticas em arquitetura); (ação 5) Investigação sobre possíveis aplicações em arquitetura (elementos de arquitetura); (ação 6) Elaboração do artigo para disseminação.





5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até agora foram selecionados padrões que buscassem um efeito estético e flexível em seus usos. Alguns deles foram cortados na máquina a laser CNC, de forma a observar suas deformações, resistências e aplicações. Um dos padrões permitiu que um papel couro (rígido) pudesse deformar-se de forma a permitir movimentos, estudo feito juntamente com o software Arduíno, que permite a programação através de prototipagem eletrônica. Com esse teste, instigou-se o estudo da possibilidade de tetos que pudessem se movimentar e criassem efeitos diferentes sob determinado padrão ou movimento solar, como medida a controlar a luminosidade em determinado horário. Assim, estamos buscando aprofundar as possibilidades desses desenhos de acordo com artigos já publicados, de forma a integrar com os usos na arquitetura. Algumas simulações de comportamentos de deformação foram estudadas no Rhino, através de softwares paramétricos, como o Grasshoper, que permite prototipagem e visualizações prévias e interativas de desempenho e movimentos. No momento, explora-se efeitos estéticos, aplicações na arquitetura, e discute-se seu funcionamento na contemporaneidade, uma vez que a sociedade muda constantemente e as criações exigem usos flexíveis e variáveis.

6. CONCLUSÕES

Os softwares que permitem métodos paramétricos, como o Grasshopper, trazem benefícios como a pré-visualização de protótipos, bem como a fácil alteração de valores, trazendo inovações na flexibilização durante o processo de criação, uma vez que concede a combinação de diferentes parâmetros de forma lógica. Esse processo estimula a criatividade e experimentação, já que essa modelagem possibilita a visualização interativa dos comportamentos dos materiais. Os padrões geométricos que podem ser cortados na máquina a laser CNC, trazem uma infinidade de usos na flexibilização de materiais rígidos, como uma madeira que pode tornar-se flexível como um tecido, porém resistente. Alguns padrões exploram essa curvatura de modo a valorizar





materiais mais simples que podem engrandecer ambientes, como a aplicação deles em móveis, iluminação ou até mesmo em uma escala urbana. Essas técnicas inovadoras podem trazer de volta materiais em desuso, bem como a valorização de materiais sustentáveis, modelagem geométrica e fabricação digital na arquitetura.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AISH, R. First build your tools. In: PETERS, B.; PETERS, T. (Eds.). **Inside smartgeometry: expanding the architectural possibilities of computational design**. Hoboken: Wiley, 2013. p. 36-49.

D'ACUNTO, P.; KOTNIK, T. **AA/ETH-Pavilion**. In: TENSINET SYMPOSIUM, 2013, Istanbul. Proceedings... Istanbul: TensiNet Association, 2013. p. 99-108.

FLEISCHMANN, M. (et. al.). **Material Behaviour: Embedding Physical Properties in Computational Design Processes**. In Material Computation: Higher Integration in Morphogenetic Design. Menges, A. ed. John Wiley and Sons, Chichester. pp. 46-40, 2012.

GREENBERG, E.; KÖRNER, A. Subtractive manufacturing for variable-stiffness plywood composite structures. In: **International Conference on Sustainable Design and Manufacturing**, 2014. Proceedings... Cardiff: Cardiff University, 2014. p. 50-66.

KONAKOVIĆ, Mina et al. Beyond developable: computational design and fabrication with auxetic materials. **ACM Transactions on Graphics**, New York. Vol. 35. Jul. 2016, p.1-11.

KOTELNIKOVA-WEILER, N. et al. Materials for actively-bent structures. **International Journal of Space Structures**, Thousand Oaks, v. 28, n. 3-4, p. 229-240, 2013.

KOTNIK, T.; WEINSTOCK, M. Material, form and force. **Architectural Design**, Hoboken, v. 82, n. 2, p. 104-111, 2012.

LIENHARD, Julian. **Bending-Active Structures, Form finding strategies using elastic deformation in static and kinetic systems and the structural potentials**. InstitutfürTragkonstruktionen und KonstruktivesEntwerfen, Stuttgart, 2014.

MIRANTE, Lorenzo. **Auxetic Structures: towards bending-active architectural applications**. Tese de Doutorado, Politécnico de Milano, 2015.





MOHOLY-NAGY, L. **The new vision**: fundamentals of bauhaus design, painting, sculpture, and architecture. New York: Dover Publications, 2005.

MUÑOZ, P. Diseño Basado en Investigación. In: Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, 17., 2013, Valparaíso. **Anales...** Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa Maria, 2013. p. 435-438.

NABONI, R.; MIRANTE, L. Desenho computacional e simulação de estruturas auxéticas de flexão-ativa. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 59-72, 2017.

NABONI, R.; PEZZI, S. S. Embedding auxetic properties in designing active-bending gridshells. In: congress of the iberoamerican society of digital graphics, 20, 2016, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, 2016. p. 720-726.

OXMAN, N. Structuring Materiality: Design Fabrication of Heterogeneous Materials. In: **The New Structuralism**. Oxman, R., Oxman, R., eds. John Wiley and Sons, Chichester, 2010.

RAFSANJANI, A. e PASINI, Damiano. Bistable Auxetic Mechanical Metamaterials Inspired by Ancient Geometric Motifs. **Extreme Mechanics Letters**. 9, Part 2. 291-296, 2016.

SCHÖNBRUNNER, A. et al. Design strategies for bending-active plate structures out of multiple cross-connected layers. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR SHELL AND SPATIAL STRUCTURES, 2015, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: IASS, 2015.

WESTON, M. Anisotropic operations. **International Journal of Architectural Computing**, Thousand Oaks, v. 10, n. 1, p. 105-120, 2012.

ZARRINMEHR, S. et al. Interlocked archimedean spirals for conversion of planar rigid panels into locally flexible panels with stiffness control. **Computers & Graphics**, Amsterdam, v. 66, p. 93-102, 2017.

