

347

Design & Narrativas criativas
nos Processos de Prototipagem

A INFLUÊNCIA DOS INSTRUMENTOS COMPUTACIONAIS NA COMPLEXIDADE DA FORMA: Experiência do Laboratório de Objetos Urbanos Conectados

SOBRE OS AUTORES

Tarciana Araújo Brito de Andrade | andrade.tarci@gmail.com

Graduada em Design pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (2009) e em Administração de Empresas pela Universidade de Pernambuco (2011). Concluiu o mestrado em Design (UFPE) com investigação relacionada com estratégias de design para a inovação (design-driven innovation) e o papel dos significados como fonte de promoção da competitividade para a Economia Criativa de Pernambuco. Coordenou o makerspace do Porto Digital (Laboratório de Objetos Urbanos Conectados - LOUCO). Atualmente, desenvolve investigação de doutorado em Design, na Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, sobre fachada adaptável e responsiva por inspiração no movimento das plantas e design paramétrico. Biomimética, design computacional, fabricação digital e inovação são áreas de interesse para investigação.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1348534901792282>

Hermano Venâncio Ramos Junior | ramoshermano@gmail.com

Dinâmico e interdisciplinar, tenho paixão por formas inovadoras de resolver problemas. Trabalho com inovação, ux design, design de serviços e produção executiva de projetos. Tecnólogo em Análise de Sistemas (UFPE), Bacharel em Design (UFPE), MBA em Gestão da Inovação e Tecnologia (UPE) e mestrando em Design (UFPE), ao longo de minha carreira trabalhei com projetos de inovação, desenvolvimento de software, web design, ux design, gestão comercial, logística de produção, gestão de projetos e produção musical. Hoje atuo como Coordenador Técnico do Maker Lab na Unicap-Icam International School e como Designer de Serviços na Orbe Service Design Lab.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4070149340522944>

Pablo Felipe Marte Bezerra | pablobezerra88@gmail.com

Graduado em Administração de Empresas (Universidade de Pernambuco) e Mestre em Design (Universidade Federal de Pernambuco). Minha pesquisa investigou a conexão entre o Design, Branding, o desenvolvimento de produtos locais e seu impacto na economia. Estudei assuntos como Design Estratégico, Design da Experiência, Economia da Experiência e Branding, sob a orientação do Prof. PhD Amilton Arruda. Durante o meu mestrado, fui professor-estagiário, ensinando Design Estratégico, além de realizar palestras e aulas em eventos e outras instituições. Tenho experiência profissional trabalhando em empresas como Coca-Cola e TIM. Desde 2016 tenho me envolvido com startups como Gerente de Projetos, Designer Estratégico e Empreendedor.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9425103993379967>

Cahú Victor de Andrade Rodrigues Silva | kahuvictor@gmail.com

Trabalha com inovação desde 2013, e suas habilidades incluem adaptabilidade e comunicação. Engenheiro Eletricista com ênfase em Eletrônica (UFPE). Em sua carreira trabalhou com projetos de inovação, desenvolvimento de software para sistemas embarcados, Desenvolvimento de circuitos eletrônicos para Energy Harvesting, Desenvolvimento de circuitos de áudio e fabricação de circuitos impressos, possui também vasta experiência em fabricação digital por ter sido suporte técnico da LOUCo. Atualmente atua como Gestor de Projetos do Porto Digital, sendo o Gestor do convênio de convênios com a ABDI e Accenture.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0420865701984581>



A INFLUÊNCIA DOS INSTRUMENTOS COMPUTACIONAIS NA COMPLEXIDADE DA FORMA: EXPERIÊNCIA DO LABORATÓRIO DE OBJETOS URBANOS CONECTADOS

The role of computational tools on the shape's complexity: the experience of "L.O.U.Co" - Laboratory of Connected Urban Objects

Tarciana Araújo Brito de Andrade | Hermano Venâncio Ramos Junior |
Pablo Felipe Marte Bezerra | Cahú Victor de Andrade Rodrigues Silva

Resumo

As tecnologias digitais modificaram a forma como os projetos de design, arquitetura, e engenharia são pensados, analisados e representados. Modelagem 3D, design paramétrico e fabricação digital são alguns dos recursos originados por tal avanço. O presente artigo abordará o processo histórico da influência dos instrumentos computacionais na evolução da complexidade formal e demonstrará o estudo de caso do makerspace "Laboratório de Objetos Urbanos Conectados (L.O.U.Co)", inaugurado em 2016 pelo Parque Tecnológico Urbano do Porto Digital, em Recife-PE. Apresentaremos projetos desenvolvidos, entre 2017 e 2018, sob diferentes técnicas e processos de fabricação digital.

Palavra Chave: Fabricação Digital; Makerspace; Porto Digital.

Abstract

Digital technologies have modified the way design, architecture, and engineering projects are thought, analyzed, and represented. 3D modeling, parametric design and digital fabrication are some of the features arising from the enhancement of digital technologies. The present paper will address the historical process of how computational instruments have influenced the evolution of formal complexity, through the case study of the makerspace "Laboratory of Urban Objects Connected (L.O.U.Co)", opened in 2016 by the Urban Technology Park of Porto Digital, in Recife (Brazil). We demonstrated the projects developed, between 2017 and 2018, under different techniques and processes of digital fabrication.

Keywords: Digital Fabrication; Makerspace; Porto Digital

INTRODUÇÃO

Por volta dos anos 50, pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* [MIT] conectaram um computador a uma fresadora, de modo a criar a primeira máquina de controle numérico, conhecida por *Computer Numeric Control* [CNC] (Gershenfeld, 2012). No final do século XIX, os desenhos convencionais começaram a ser questionados por arquitetos como Gaudi (1852 – 1926) (Figura 01); Isler (1926-2009); Otto (1925 -) e Musmed (1926 -1981), que levavam em consideração a complexidade das estruturas, a investigação da forma e dos materiais (Tedeschi, 2018). Estes procuraram se inspirar na natureza para propor novas soluções aos seus projetos.



Figura 1. Estudo das forças de Gaudi. Batizado por Catenária (Catená, do latim significa corrente, ou seja, formato da corrente suspensa), no Museu de Gaudi. Fonte: autora.

Em 1963, Ivan Sutherland criou no âmbito acadêmico o *Sketchpad*, a primeira aplicação do computador para arquitetura que lançou as bases para o sistema CAD (*Computer-Aided Design*), em português 'desenho assistido por computador'. O sistema CAD consiste no uso dos sistemas computacionais (softwares) para confeccionar desenhos técnicos e/ou modelos 3D dos projetos (Tedeschi, 2018), utilizando a mesma lógica de adição de informações dos desenhos tradicionais. O designer insere "[...] digitalmente os signos ou geometrias primitivas na folha digital/espço digital e controla as camadas CAD [...]"¹ (Tedeschi, 2018, p. 16 tradução livre). Ou seja, a abordagem do sistema CAD consiste em adicionar complexidade à medida que se sobrepõe traços no papel (desenho tradicional) e/ou informações no ambiente digital.

No início dos anos 90, foram concebidas novas dimensões para práticas de projetos em arquitetura que possibilitaram a produção de artefatos físicos (como: maquetes em escala; protótipos em tamanho real; ou até mesmo peças finais para a construção civil) a partir do Sistema CAD/CAM (Mitchell & McCullough, 1995), onde CAM significa *Computer-Aided Manufacturing* (em português, manufatura assistida por computador). Por meio do avanço nas tecnologias CAD/CAM, foi possível revolucionar a complexidade geométrica para além dos limites de variedade formal tratados pelos métodos geométricos tradicionais (Pottmann, Asperl, Hofer, & Kilian, 2007; Pottmann, Eigensatz, Vaxman, & Wallner, 2015) e possibilitou que a modelagem virtual fosse utilizada como instrução a processos de controle numérico para a prototipagem rápida (Mitchell & McCullough, 1995), pois até recentemente, "[...] a produção e construção de formas muito complexas [...] eram muito difíceis e caras de projetar, produzir e montar usando tecnologias de construção tradicionais"² (Mitchell & McCullough, 1995, p. 418 tradução livre).

Os projetos orientados digitalmente (Sistema CAD/CAM) caracterizam-se pela dinamicidade e imprevisibilidade, e promovem consistentes transformações das estruturas tridimensionais, as quais dão origem a novas possibilidades arquitetônicas (Kolarevic, 2003). Frank Gehry foi um dos precursores na concepção e produção de projetos por CNC. Seu processo se baseou na prototipagem física manual como principal ferramenta para explorar a forma, impulsionando o desenvolvimento projetual para além das restrições da lógica euclidiana. Em um segundo momento, utilizava a reconstrução digital (recursos CAD/CAM). Tal processo permitiu criar um conjunto de regras e operações para lidar com os materiais (estratégias de construção), de modo a viabilizar a exequibilidade dos projetos em escala real (Shelden, 2002). Gehry produziu, em 1992, o projeto *Fish Sculpture*, para a Vila Olímpica, em Barcelona, composto por superfícies difíceis, até então, de serem concebidas.

A partir da experiência de Gehry, as tecnologias de fabricação digital CNC, desenvolvidas para atender as indústrias automotiva, aeroespacial e de animação de *Hollywood*, foram integradas ao processo de construção e permitiram a exatidão entre o que fora planejado e o produzido, de modo a contribuir para ampliação do potencial criativo e de prototipação (Kolarevic, 2003; Shelden, 2002), (ver Figura 02).

O avanço das tecnologias digitais modificou a prática como os projetos de design, arquitetura e engenharia são pensados, analisados e representados (Oxman, 2006, 2008; Peters & Peters, 2013). Por exemplo, a geometria associativa no desenho paramétrico possibilita o estabelecimento de relações de dependência, ou codependência, e controla o comportamento dos modelos sob transformações que mantêm características topológicas e podem também condicionar o comportamento do modelo às variáveis ambientais (Oxman, 2008).

1 "[...] digital signs or geometric primitives on digital sheet/space and controlling CAD layers [...]". (Tedeschi, 2018, p. 16).

2 "It allows fabrication of complex shapes that would be very difficult or impossible to describe and produce in traditional ways". (Mitchell & McCullough, 1995, p. 418)

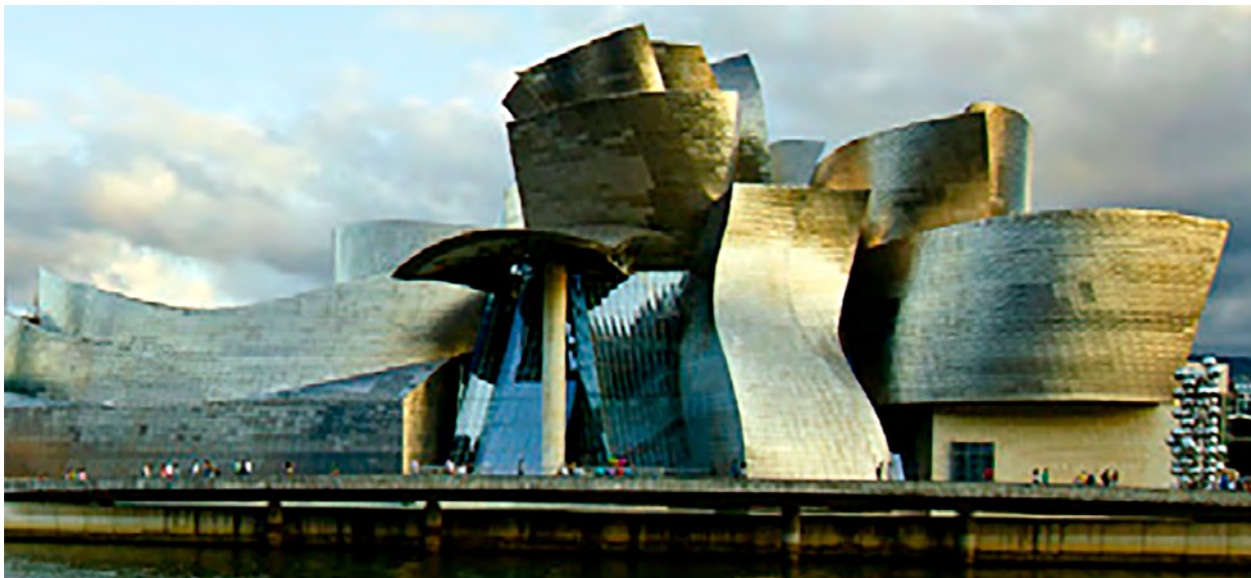
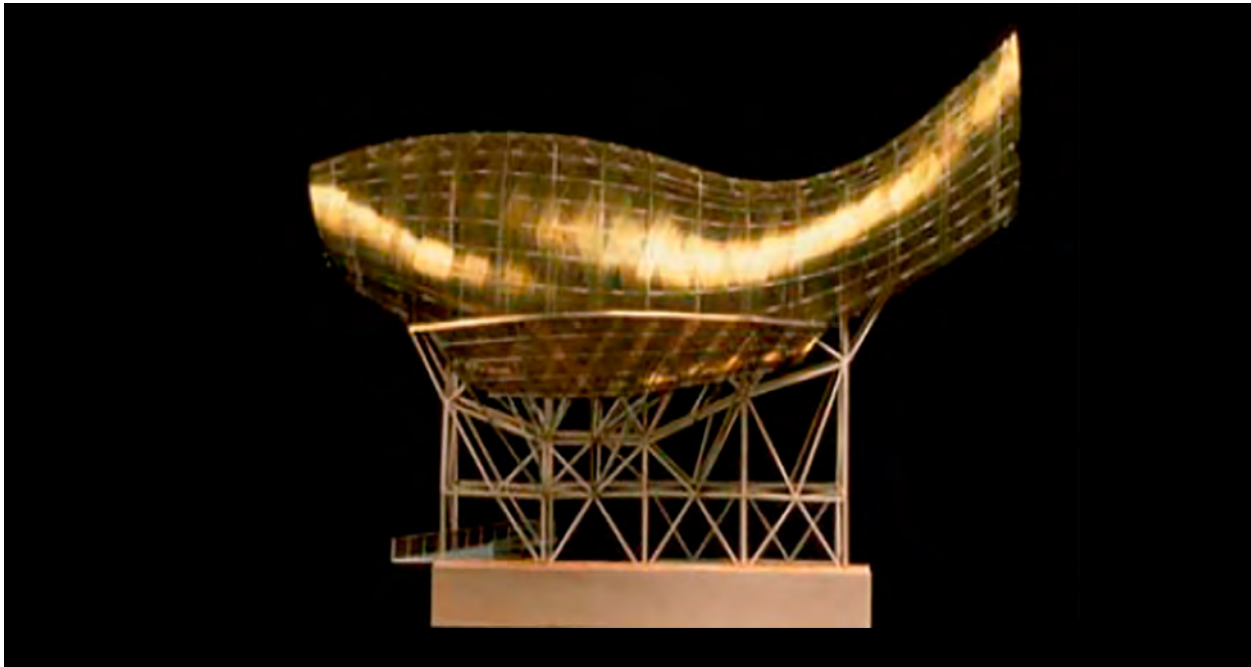


Figura 2. (A) Fish Sculpture, para a Vila Olímpica, em Barcelona (escultura de 50 metros de comprimento de malha de aço inoxidável, fixado em uma estrutura de aço estrutural) Fonte: (Shelden, 2002, p. 27);

(B) Guggenheim Bilbao Museum. Fonte: <http://www.bilbaobizkaia-card.com>. Acesso em 26 de dezembro de 2018.

De acordo com Pottmann et. al. (2015, construções que envolvem geometrias complexas tornam-se edifícios de referência na atualidade (ver Figura 03). Contudo, não basta ampliar a complexidade da forma, sem delinear processos de construção coerentes com a prática contemporânea (Shelden, 2002). A intenção das tecnologias digitais é: (a) revelar a simplicidade dentro da complexidade geométrica; (b) buscar racionalizar a forma, de modo exequível a menores custos (Pottmann et al., 2015), (c) possibilitar a criação de uma imensa variedade de soluções em conformidade com a capacidade performativa de seus resultados (Oxman, 2006) (d) promover a personalização em série (Pine, 1993) e (e) entregar soluções com uma liberdade artística e performativa.



Figura 3. Projeto Heydar Aliyev Center, de Zaha Hadid Architects, no Azerbaijão (construção de 2007 a 2012). Fonte: <http://www.zaha-hadid.com/architecture/heydar-aliyev-centre/>. Acesso em: 08 de janeiro de 2018.

O conceito de *mass customization* (personalização em série), criado por Stanley Davis, em 1987, no seu livro "*Future Perfect*", foi definido por Pine (1993, p.588) como: "[...] um processo em que as empresas, de diferentes setores, aplicam métodos tecnológicos e de gerenciamento, para fornecer variedade e personalização de produtos por meio da flexibilidade e rápida capacidade de resposta".

A diferença entre os métodos de produção em massa (da indústria em escala) e os métodos baseados em modelos digitais é "que estes últimos não se destinam a produzir cópias idênticas de um mesmo produto. Pelo contrário, constituem-se em sistemas suficientemente adaptáveis para produzir um grande espectro de formas diferentes" (Celani & Pupo, 2008). Neste sentido, os avanços das tecnologias digitais

possibilitaram a democratização da fabricação de produtos sendo possível que qualquer indivíduo recorra aos equipamentos CNC, e possa colocar em movimento linhas de montagem na China, dispondo apenas de: um laptop, uma boa ideia e expertise (Anderson, 2010), pois as barreiras produtivas não são mais intransponíveis e podem permitir o desenvolvimento de soluções personalizáveis e novas oportunidades para os empreendedores interessados no movimento maker (adeptos ao DIY - “do it yourself”, faça você mesmo), que se insere no universo da fabricação digital.

De acordo com Pottmann et al. (2007) e Pupo (2009), o conceito de *Digital Fabrication* (Fabricação Digital, em português) corresponde à convergência entre o uso de um equipamento CNC para a execução de elementos construtivos que serão encaminhados diretamente à obra. Atualmente, no entanto, o termo fabricação digital vem sendo utilizado, de modo genérico para descrever o uso das tecnologias de controle numérico (CNC), a partir da transferência de dados de um programa de modelagem para um equipamento CNC, que possibilita a confecção de objetos, peças e sistemas personalizáveis (Gershenfeld, 2012).

As tecnologias destas máquinas podem ser classificadas como: subtrativas (caracterizado pelo desbaste do material, como fresa CNC, cortadora a laser, jato de água, etc.), aditivas (sobreposição de camada de um dado material, até formar um produto tridimensional, as impressoras 3D) ou formativas (conformação de material) (Pupo, 2009). Os braços robóticos vêm sendo amplamente utilizados na arquitetura, por ser versátil na execução de tarefas (seja, subtrativo, aditivo ou formativo), com elevada precisão. Por haver um menor desperdício de materiais, o sistema aditivo e o formativo vêm sendo considerado abordagens mais sustentáveis. Existem diferentes tipologias de processos aditivos, como: modelagem por deposição de filamentos fundidos, estereolitografia, sinterização seletiva a laser, impressora de pó, manufatura de objetos em lâminas e impressão por jato de tinta (Pupo, 2009).

Conhecer a potencialidade dos equipamentos de fabricação digital e seu *modus operandi* “permite que os arquitetos [e designers] projetem especificamente para as capacidades dessas máquinas” (Kolarevic, 2003, p. 50). Na atualidade tais recursos vêm sendo utilizados para projetar formas orgânicas, complexas e personalizáveis para cada projeto (Pottmann et al., 2015). Neste sentido, o presente artigo irá elucidar a experiência do Laboratório de Objetos Urbanos Conectados, por meio da demonstração de projetos desenvolvidos em parceria com o laboratório durante o ano de 2017 e 2018, a serem explicitados a seguir.

ESTUDO DE CASO: LABORATÓRIO DE OBJETOS URBANOS CONECTADOS

O Porto Digital (PD) consiste em um parque tecnológico urbano, que surgiu em 2000, em Recife-PE, para compor um sistema local de inovação em empresas, como projeto de desenvolvimento econômico para Pernambuco. Apresenta-se na atualidade como um dos principais parques tecnológicos e ambientes de inovação do Brasil, sendo reconhecido nacionalmente pela Associação Nacional de Promotoras de Empreendimentos Inovadores ANPROTEC, em 2007, 2011 e novamente em 2015, como o melhor Parque Tecnológico de Inovação do Brasil, e internacionalmente como um dos dez parques tecnológicos do mundo onde o futuro está sendo criado (Porto Digital, 2019b).

A atuação do PD contempla eixos de software e serviços de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e Economia Criativa (com ênfase nos segmentos de games, cine-vídeo-animação, música, fotografia e design) (Andrade, 2014). A partir de 2015, este parque tecnológico passou a atuar como área estratégica no setor de tecnologias urbanas (Porto Digital, 2019b). Instalado no centro histórico do Bairro do Recife e nos bairros de Santo Amaro, Santo Antônio e São José, o PD totaliza uma área de 171 hectares e tornou possível a requalificação urbana e recuperação do patrimônio histórico edificado, em parceria com iniciativas públicas e privadas, sendo restaurados cerca de 84 mil metros quadrados de imóveis históricos em toda a extensão territorial do parque (Porto Digital, 2019b). Atualmente, a extensão territorial do parque contempla 300 empresas, organizações de fomento e órgãos de Governo, e cerca de 9.000 trabalhadores, ainda segundo autor. Através das iniciativas junto ao governo, mercado e universidade, o PD busca requalificar o espaço urbanos e promover o bem-estar dos habitantes nas cidades, a partir da: recuperação do patrimônio histórico do Recife, proposição de projetos para o setor de mobilidade, criação de um ambiente próspero à economia criativa e promoção ao empreendedorismo (Porto Digital, 2018).

No intuito de disponibilizar ao ecossistema um makerspace aberto ao público e que pense a cidade, em maio de 2016, o Porto Digital inaugurou o **Laboratório de Objetos Urbanos Conectados (L.O.U.Co)**, que consiste em um espaço colaborativo para prototipagem rápida e experimentação de soluções inovadoras, que buscam melhorar a qualidade de vida das pessoas nas cidades e gerar novos negócios, a partir de tecnologias de fabricação digital e internet das coisas (IoT). Muito embora, o desenvolvimento de soluções em IoT seja objetivo do laboratório, o presente artigo não abordará estes desenvolvimentos, visto que a intenção do paper é explorar projetos que lidem com a forma tridimensional, o universo de fabricação digital.

O L.O.U.Co funcionou durante sete meses na Galeria de Artes Digitais do Portomídia (sediado na Rua do Apolo, 181, no Bairro do Recife, no espaço de 100 m²), com o intuito de experimentar o seu modelo de negócio enquanto o seu espaço definitivo passava por reformas (Figura 04). Esta primeira experiência foi tida como a versão beta do laboratório.

Figura 4. Laboratório de Objetos Urbanos Conectados, na versão beta, no Rua do Apolo, 181. Fonte: cedidas pelo L.O.U.Co





Em janeiro de 2017, passou a ser sediado na Rua do Apolo, 235, em uma área de 151,82 m², com capacidade para 35 pessoas (Figura 05).





A partir de recursos advindos de órgãos de fomento provenientes do Banco Nacional do Desenvolvimento [BNDES], Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco [FACEPE] e Financiadora de Inovação e Pesquisa [FINEP], o Porto Digital pôde disponibilizar infraestrutura física e tecnológica à sociedade, composta por: impressoras 3D, cortadora a laser, fresadora CNC, scanner 3D, e biblioteca de componentes e sensores capazes de trocar informações entre si, com as pessoas ou com ambiente, como as cidades (Figura 06).

Figura 5. Infraestrutura do L.O.U.Co, na Rua do Apolo, 235, a partir de janeiro de 2017. Fonte: cedidas pelo L.O.U.Co.

Figura 06: Equipamentos disponíveis no âmbito do L.O.U.Co. Fonte: (Porto Digital, 2017).



(a) Impressora 3D Stratasy's uPrint SE Plus - Usa a tecnologia *Fused Deposition Modeling* (FDM) para criar peças em termoplástico ABSplus, com material de suporte solúvel.



(b) Impressora 3D Ultimaker 2 Extended.



(c) Cortadora a laser Trotec Speedy 100.



(d) Modeladora 3D MDX-40A com tecnologia SRP (Prototipagem Rápida por Subtração);



(e) Scanner 3D Next Engine.

Dentre os componentes que compõem a biblioteca do laboratório estão inclusos: placas Arduíno, placas Raspberry Pi 2, Placas Lilypad, sensores de movimento, sensores de distância, sensores de cor RGB, leds RGB, Xbee, Shields de joysticks, scanner biométrico, módulos GPS, módulos GPRS, módulos Wifi, Módulos de reconhecimento de voz, módulos Bluetooth, entre outros.

O L.O.U.Co busca atuar de forma integrada com instâncias de ensino, ciência e tecnologia, com o setor produtivo e alinhado com as estratégias públicas para complementar a capacidade tecnológica local e ampliar as possibilidades de indução de uma nova dinâmica econômica baseada na criatividade, no conhecimento e na inovação. Entre as atividades desempenhadas pelo laboratório, de acordo com (Porto Digital, 2019a:

- Estabelecer parcerias com instituições de ensino, projetos de pesquisa e empresas do mercado interessadas em desenvolver projetos em consonância com o laboratório;
- Promover encontros com profissionais de referência do mercado que façam uso de IoT e fabricação digital, por meio de workshops, palestras, cursos e promoção de eventos;
- Promover o acesso aos equipamentos e biblioteca de componentes e sensores para prototipagem de projetos ao público;
- Acelerar negócios inovadores, baseados em tecnologias de fabricação digital e internet das coisas.

Por meio de parcerias foram desenvolvidos cursos e formações na área de modelagem 3D (Rhynoceros, Revit, Solidworks, 3dMax, dentre outros) e design paramétrico (Rhynoceros, Grasshopper), prototipagem rápida (processos subtrativos e aditivos), internet das coisas, robótica e realidade virtual. E firmadas parcerias com oito grupos de pesquisa e extensão de universidades, nomeadamente:

- CARRANCA 22/UPE: A Carranca 22 é uma equipe de robótica com ênfase na Robótica de Combate e tem sede na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI – UPE)
- EQUIPE MANGUE BAJA/UFPE: Equipe multidisciplinar para estimular o desenvolvimento de veículos de competição off-road;
- LABORATÓRIO DE MODELOS DE PROTOTIPAGEM/UFPB: Laboratório que visa desenvolver soluções para participar do Solar Decathlon América Latina para competição internacional que promove pesquisa para o desenvolvimento de casas eficientes;
- LIKA/UFPE - Laboratório de Imunopatologia Keizo Asami (LIKA): instituto de pesquisa em doenças tropicais no Nordeste brasileiro, criado em 1986, envolve Departamento de Ciências Farmacêuticas do Centro de Ciências da Saúde (CCS), do Departamento de Antibióticos do Centro de Biociências (CB) e do Centro Acadêmico de Vitória (CAV);
- MANDACARU AERODESIGN / UFPE: Equipe multidisciplinar do departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, com o intuito de participar da competição SAE Brasil Aerodesign.
- MARACATONICS/UFPE: Equipe de Robótica Maracatronics foi criada em junho de 2012 como um projeto de extensão do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade;
- MUSTIC/UFPE - Música, Tecnologia, Interatividade e Criatividade: Grupo de pesquisa do curso de Engenharia de Computação e Ciência da computação da UFPE;
- NAVÍCULA BOAT DESIGN/UFPE: Equipe de extensão de Engenharia Naval da UFPE que desenvolve embarcações de alto desempenho para participar no HYDRO contest. (Porto Digital, 2017, p. 6–7)

De acordo com Porto Digital (2017), o laboratório busca envolver um perfil transdisciplinar de pessoas, de áreas como: ciência da computação, eletrônica, design, urbanismo, medicina e áreas correlatas; empresas de tecnologia da informação, eletrônica e economia criativa, e grupos temáticos nas áreas de urbanismo, sustentabilidade e meio ambiente. Para estimular a experimentação e prototipação de soluções, o laboratório disponibiliza descontos a depender do enquadramento dos perfis de usuários que são:

- USO COMERCIAL - Para qualquer empresa com objetivos comerciais;
- EMPRESAS EMBARCADAS - Aproximadamente 20% de desconto para empresas embarcadas, ou seja, empresas residentes e cadastradas no Porto Digital;
- ORGANIZAÇÕES SEM FINS LUCRATIVOS E STARTUPS NÃO EMBARCADAS - Aproximadamente 50% de desconto para Organizações e Instituições Sem Fins Lucrativos e empresas recém-criadas com modelo de negócio escalável, repetível, baseado em inovação;

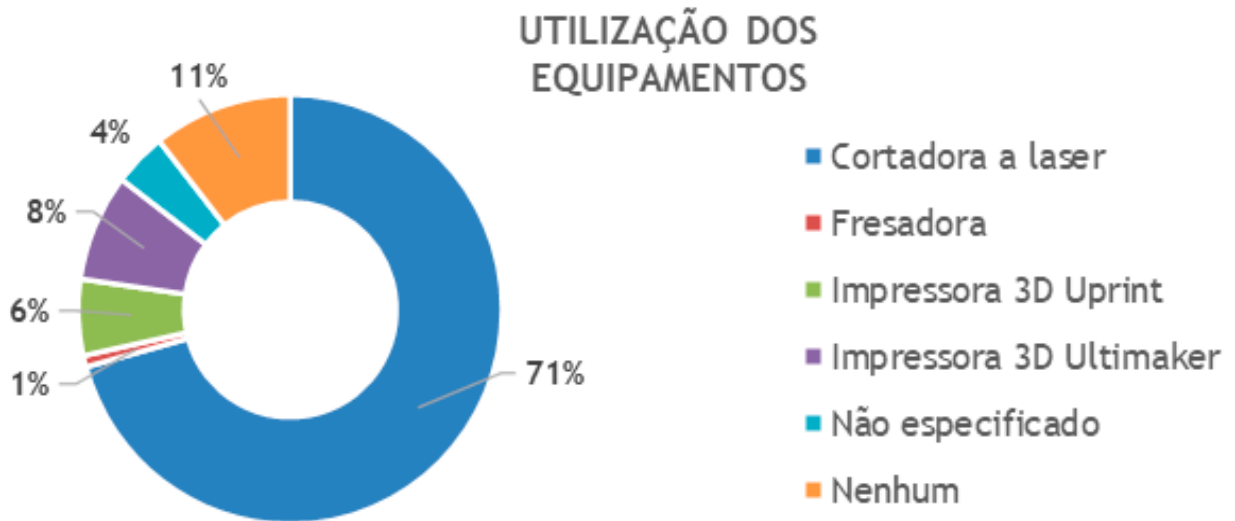
- **STARTUPS DO PORTO DIGITAL, ONGS SEM FINS LUCRATIVOS E PROFISSIONAIS** - Aproximadamente 80% de desconto para empresas recém-criadas com modelo de negócio escalável, repetível, baseado em inovação e embarcadas no PD, ONGs que desempenham assistência social e profissionais (pessoas físicas, autônomos). profissionais;
- **ESTUDANTES OU RECÉM EGRESSOS DA UNIVERSIDADE** - Aproximadamente 90% de desconto sobre o uso comercial para desenvolvimento de projetos para fins estudantis e recém-formados. No caso de projetos estudantis é necessário obter autorização do professor que comprove a natureza do projeto (Porto Digital, 2019c, p. 1).

Entre maio 2016 e março 2018, foram realizadas 131 capacitações cujo principal objetivo era fomentar o networking e troca de conhecimento entre academia, mercado e governo, que beneficiaram 2.828 participantes e 98 empresas distintas. Para o período em questão, o laboratório contou com a participação de 999 usuários, que desenvolveram 532 protótipos e 89 projetos.

De acordo com o Diagnóstico do L.O.U.Co, para a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (Porto Digital, 2018), o laboratório obteve um número total de 675 utilizações no ano de 2017. O perfil de usuários predominantemente corresponde ao perfil de estudantes, com cerca de 61% das utilizações, que recorrem ao laboratório para desenvolver projetos acadêmicos e pessoais. O perfil destinado à utilização comercial apresenta-se como segundo colocado, com 14% dos usos (que inclui pessoas físicas e jurídicas), e 9% são referentes às empresas embarcadas no PD. Neste sentido, pode-se concluir que a maior parte dos usuários do laboratório estão em busca do conhecimento, sendo necessário estimular o desenvolvimento de ações que fomentem o uso do laboratório por profissionais multidisciplinares, a fim de intensificar a proposição de soluções para o mercado e a indústria, e desenvolver soluções e serviços em fabricação digital e IoT.

A cortadora a laser é o equipamento mais utilizado no *makerspace* L.O.U.Co, com 49% de todos os usos do laboratório (Porto Digital, 2018) (Figura 07). Este percentual deve-se, provavelmente, à facilidade de utilização que permite que usuário interaja diretamente com o equipamento, sem praticamente haver necessidade de recorrer aos consultores do laboratório. Isso acontece pelo tempo de utilização relativamente curto se comparado aos outros equipamentos (o que permite que um maior número de usuários a utilizem) e pelos arquivos poderem ser elaborados a nível bidimensional, que leva em consideração apenas o plano cartesiano x e y (projetos vetoriais). Deste modo, torna-se possível que os usuários operacionalizem seus próprios projetos e possam produzir diferentes versões de seus experimentos.

O processo aditivo por meio das impressoras 3D, tiveram cerca de 9,6% de utilização, no ano de 2017. Como necessitam de um maior tempo para produzirem as peças e de um prévio conhecimento em modelagem 3D, a procura por esse equipamento pautou-se na necessidade de concepção de peças com características específicas. Já a fresadora CNC, por ser uma máquina complexa que também exige conhecimento em modelagem 3D e elevado dispêndio de tempo, apresentou um uso de menos de 1%. Provavelmente, este resultado deve-se ao fato de que a maior parte dos experimentos do laboratório apresentam protótipos de baixa complexidade, e não requerem um alto nível de acabamento.



PROJETOS DESENVOLVIDOS NO ÂMBITO DO LABORATÓRIO

Figura 7. Taxa de utilização dos equipamentos. Fonte: Adaptado pelos autores de Porto Digital (2018).

A presente sessão apresentará quatro projetos, desenvolvidos em parceria com L.O.U.Co, durante ano de 2017 e primeiro semestre de 2018. Tais projetos utilizaram diferentes recursos de modelagem 3D e fabricação digital para trabalhar com a forma.

O primeiro projeto, foi desenvolvido pelo **Mandacaru Aerodesign**, grupo de extensão da Universidade Federal de Pernambuco, criado em 2000, para participar da competição SAE Brasil Aerodesign, que acontece anualmente na sede do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). A competição chega a envolver 1400 discentes distribuídos em 95 equipes de Aerodesign, provenientes de várias regiões do Brasil, da América Latina e da Europa (Mandacaru Aerodesign, 2019). O principal objetivo é projetar, desenvolver, prototipar e testar um avião cargueiro de pequeno porte rádio controlado, otimizando suas estruturas e reduzindo o peso, ainda segundo autor. Deverá, no entanto, respeitar os limites geométricos determinados nas regras da competição, e definir o motor e a hélices dentre os modelos pré-definidos para competição.

Os protótipos chamados de aerodesign são projetados em escala reduzida para serem controlados pelo usuário através de um controle remoto. O termo aerodesign não se assemelha à aeromodelo, que são cópias de avião de grande porte, sem necessariamente haver cálculo de engenharia atrelado ao seu processo de concepção. Foram desenvolvidos sete protótipos em parceria com o L.O.U.Co, dos quais o aerodesign com maior envergadura possuía 3,30m e área de asa de 1.8m² (Figura 08 e 09).

É necessário levar em consideração parâmetros geométricos da asa e das empenagens, bem como a determinação dos perfis aerodinâmicos, para o desenvolvimento, a fim de proporcionar a otimização do desempenho do aerodesign, além de prever as cargas atuantes no avião e da aeroelasticidade, a estabilidade e o projeto mecânico propriamente dito. O software utilizado para a modelagem dos projetos é o SolidWorks. Para atribuir leveza ao desenvolvimento e resistência ao

Figura 8. Processo de construção do avião para competição SAE Brasil Aerodesign, pelo grupo de extensão da UFPE MANDACARU AERODESIGN, a partir de corte a laser de partes em madeira balsa. Fonte: Cedidas pelo grupo Mandacaru Aerodesign.

avião com baixo peso utilizam madeira balsa na confecção de protótipos (cortados por processo subtrativo de corte a laser, a partir de placas bidimensionais de balsa de 3 a 4 pol/0,5m) e compósitos avançados (fibra de carbono e fibra de aramida). O elevado custo da matéria-prima faz com que seja necessário racionalizar ao máximo a forma do protótipo, de modo a otimizar os recursos e contribuir para maximizar o desempenho da solução.





Figura 9. Competição SAE Brasil Aerodesign. Fonte: Cedidas pelo grupo Mandacaru Aerodesign.

O segundo projeto, elaborado por Maria Eduarda Santoro, para conclusão de curso de arquitetura, utilizou o scanner 3D e a cortadora laser como recursos para prototipagem. Tal projeto, **Arquitetura da Dança**, objetivou o desenvolvimento de um espaço cultural portátil para apresentações de dança na cidade do Recife, com foco na concepção da forma a partir da análise do movimento humano, a luz da teoria de Rudolf Laban (Figura10).

Figura 10A. Ilustração posições do corpo relacionadas à forma tetraédrica.

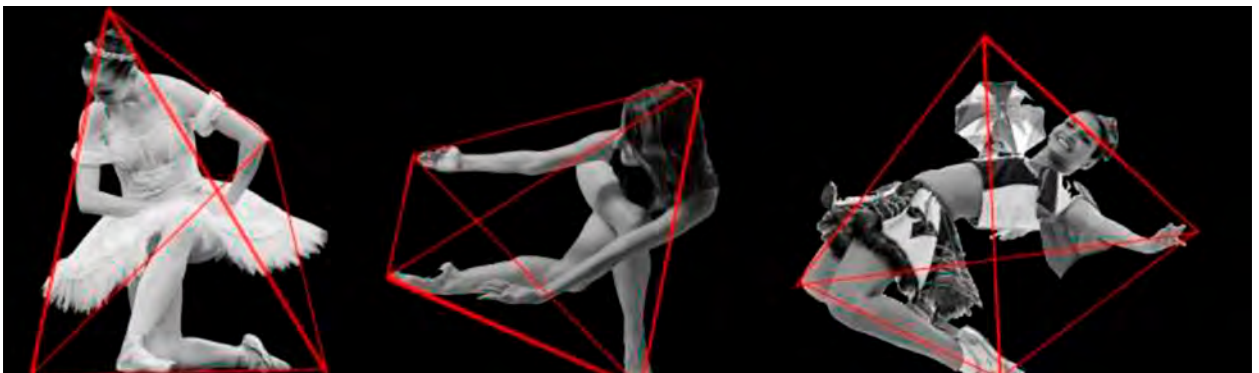
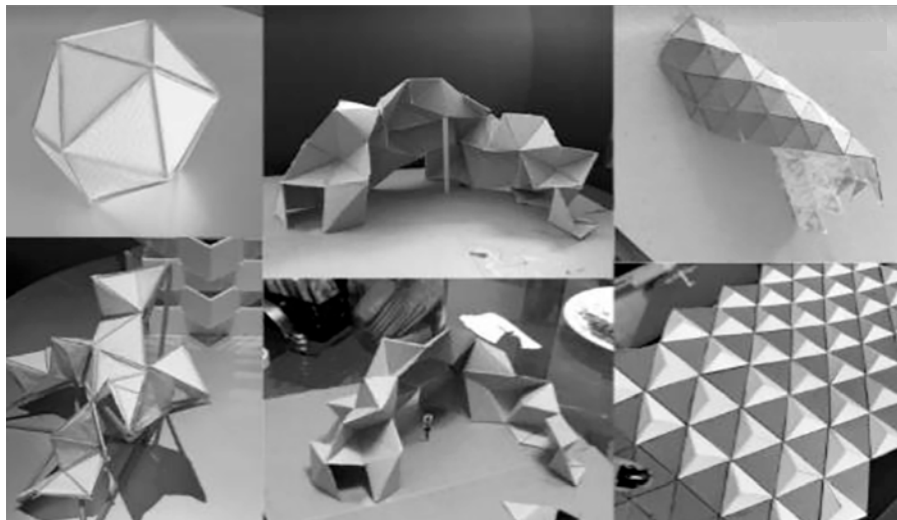


Figura 10B. Maquetes confeccionais durante o processo criativo. Fonte: (Santoro, 2017).



Para Santoro (2017):

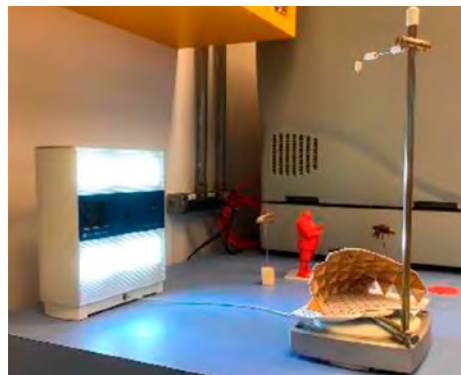
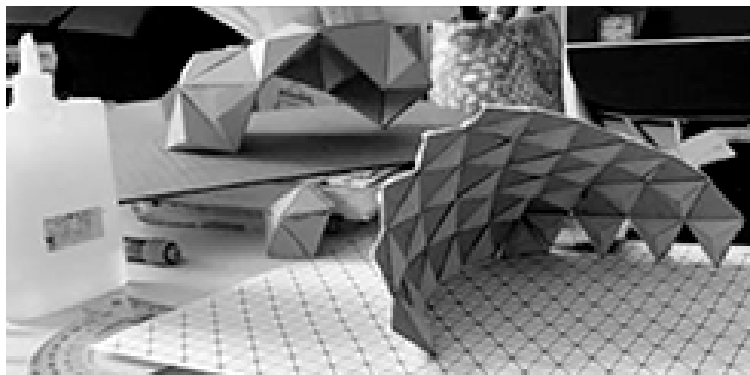
[...] as qualidades táteis na construção do modelo manual enriquecem a prática do projeto, indo além do desenho, e permitindo a manipulação da terceira dimensão. A realização do protótipo como meio de materialização da ideia, estimula os sentidos, a criatividade e a percepção, tanto espacial quanto tectônica (Santoro, 2017, p. 118).

3 De acordo com Iwamoto (2009), tesselação: (Tesselation, termo em inglês), consiste em um conjunto de peças que se encaixam sem apresentar lacunas entre si e formam um plano ou superfícies. Iwamoto, L. (2009). Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques. New York: Princeton University Press.

Figura 11. (A) Maquete manual. (B) utilização do Scanner 3D. Fonte: (Santoro, 2017).

Percebe-se uma semelhança entre o processo utilizado por Santoro e o de Frank Gehry (precursor do uso dos equipamentos CNC para arquitetura), pois ambos utilizaram a prototipagem manual como parte do processo de criação projetual, a fim de impulsionar o desenvolvimento projetual para além das restrições da lógica euclidiana, e só posteriormente recorreram às tecnologias digitais para reconstruir digitalmente os projetos (Figura 11).

A utilização das técnicas de *tessellation*³ (tesselação, em português) desencadeou a proposição de cinco possibilidades de composição para pavilhões, a partir de malha ortogonal de triângulos equiláteros, que são arranjados e manipulados resultando em diferentes formas (Figura 12). Foram propostos cinco pavilhões. A relação de peças para cada pavilhão obedece a uma progressão geométrica com razão igual a dois, ou seja, a cada pavilhão o número de peças é dobrado.



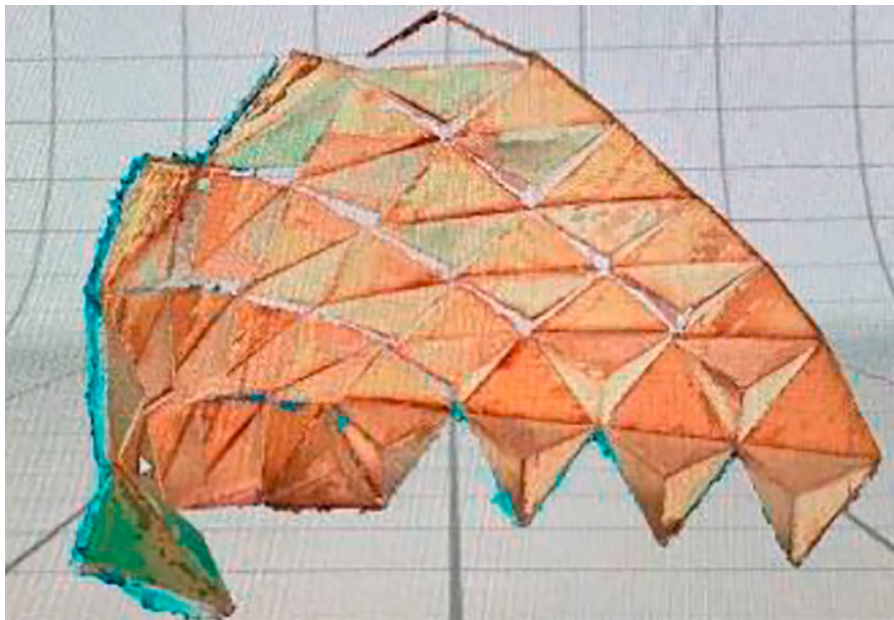


Figura 11C. Utilização do Scanner 3D. Fonte: (Santoro, 2017).

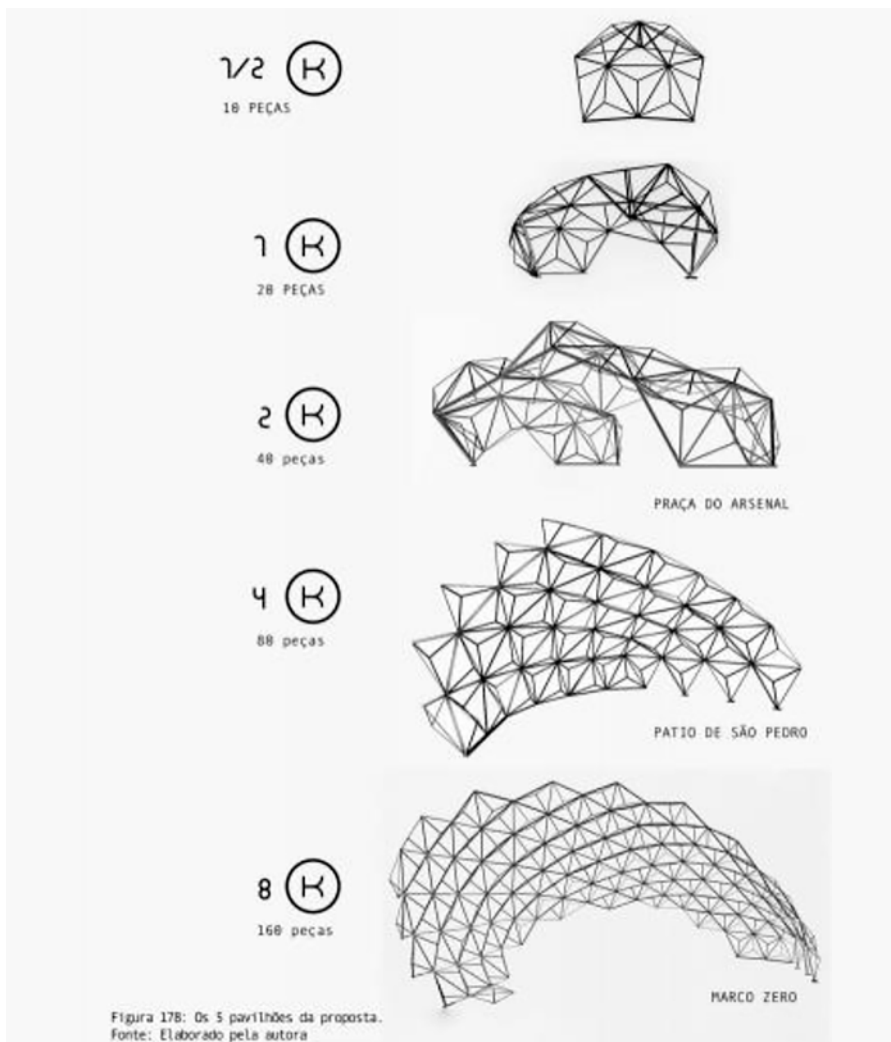
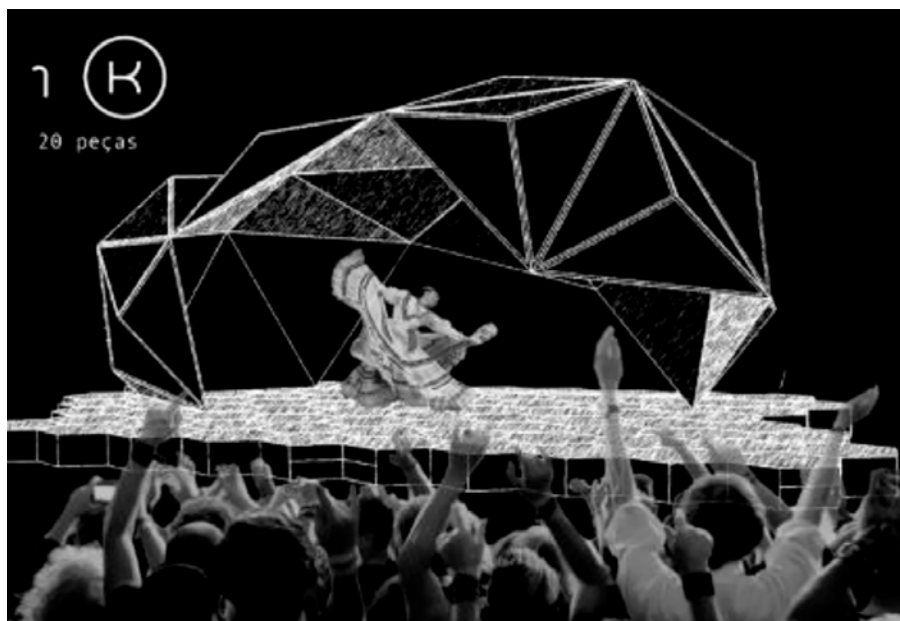


Figura 12A. Proposição de cinco pavilhões para diferentes espaços culturais do Recife. A cada pavilhão, o número de peças é dobrado. Fonte: (Santoro, 2017).



Desta forma, conferiu-se diferentes escalas e adaptabilidade ao projeto, que se adequa às diversas necessidades de uso, a partir de um único módulo. A cortadora a laser foi utilizada para reconstrução dos modelos finais em papel triplex.

O terceiro traz à tona a proposição do workshop de Arquitetura Biodigital que buscou estimular os participantes a desenvolverem uma proposta de arquitetura inspirada na natureza, com o uso de modelagem 3D, design paramétrico e cortadora a laser para prototipagem. O workshop foi promovido pelos arquitetos Paulo Carvalho e Isac Filho, em parceria com o L.O.U.Co.

Das cinco propostas desenvolvidas, duas utilizaram recursos paramétricos e os demais utilizaram recursos de modelagem 3D. Um dos projetos desenvolvidos foi o Projeto Hokai (Hogo significa proteção, e Kaiteki, conforto) (Figura 14), um abrigo para situações de emergência, inspirado em pinhas (estróbilo) e pinhões, sementes dos pinheiros.

Figura 13: Protótipos produzidos na cortadora a laser. Fonte: Cedido pelo L.O.U.Co

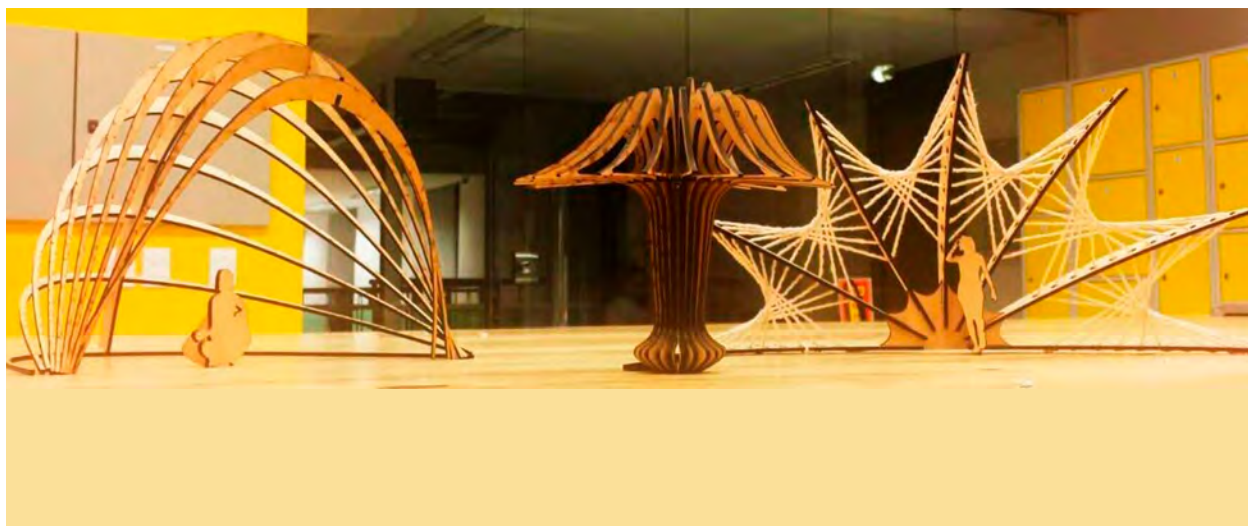




Figura 14: Projeto Hokai, inspirado no pinhão. Fonte: Cedidas por Paulo Carvalho.

A proposta, desenvolvida por Lissa Saruhashi e Antônio de Biase, tem como finalidade proteger as pessoas em seu interior ao se fechar, mas também oferecer conforto com a articulação de suas hastes que proporcionam seu fechamento. O protótipo de escala reduzida foi produzido a partir do uso da cortadora a laser, com mdf de 3 mm e papel triplex. As cascas do abrigo apresentavam dimensões que alteravam as dimensões parametricamente ao longo das hastes retráteis.

O quarto projeto, o **Projeto Além dos Olhos** é fruto do projeto de conclusão de curso Comunicação Social com ênfase em Fotografia, de Cristiana Soares, em parceria com o designer Arlindo Gomes, com a finalidade de reduzir o intervalo existente entre o vínculo dos cegos com as imagens (principalmente com as imagens impressas). Para tanto, desenvolveu-se o workshop de fotografia para um grupo de indivíduos cegos e com baixa visão, a partir de uma abordagem teórica (conceitos básicos de fotografia) e prática (produção de imagens pelo grupo).

Figura 15. Workshop de Fotografia.

(A) Teórico e B) Prático.

(C) e (E) Fotografia.

(D) e (F) obtenção de modelo tridimensional fresado pela CNC, em gesso. Fonte: Cedidas por Cristiana Soares e Arlindo Gomes.

Em um segundo momento, utilizou-se a fotometria (captura de várias imagens de um objeto ou espaço para reconstruir tridimensionalmente as imagens originais captadas pelos participantes), com a intenção de reproduzir fotografias táteis, em alto relevo (Figura 15 e 16). Após a fotometria, utilizou-se o software de escultura digital *Zbrush* para otimizar as soluções e configurar a extensão do arquivo para o formato .STL. As imagens foram prototipadas a partir de processo subtrativo, pela fresadora CNC em placa de gesso, que possibilitou a criação de seis peças em relevo, com elevado nível de acabamento.





Figura 16A. Fotografia. Fonte: Cedidas por Cristiana Soares e Arlindo Gomes



Figura 16B. Protótipo na fresadora CNC. Fonte: Cedidas por Cristiana Soares e Arlindo Gomes.

Quando as peças foram concluídas, efetuou-se a moldagem em silicone para conseguir reproduzir as imagens táteis. Houve um encontro com os participantes para que eles pudessem sentir suas próprias fotos, e assim compartilhar suas experiências. Por fim, as peças foram exibidas em exposição que aconteceu na Galeria de Artes do Apolo 235, durante duas semanas, para experiência tátil, a fim de que os participantes da mostra se colocassem no lugar das pessoas cegas e tentassem identificar as imagens.

CONCLUSÕES

O panorama de projetos desenvolvidos no âmbito do laboratório demonstra a versatilidade e possibilidade de personalização em série inerente aos projetos orientados digitalmente, sob diferentes processos e técnicas ao lidar com a forma, como: desenvolvimento de modelos manuais até a utilização de recursos digitais (projeto Arquitetura da Dança) e modelos construídos diretamente pelas ferramentas CAD/CAM. Os projetos do Mandacaru Aerodesign e o Hokai, foram prototipados essencialmente a partir de materiais bidimensionais sendo possível construir estruturas tridimensionais. Enquanto, o Projeto Além dos Olhos utilizou o processo subtrativo (fresadora CNC) para esculpir a forma tridimensional, com alto nível de acabamento. Na ocasião não foram demonstrados projetos a partir do uso do processo aditivo por questões de propriedade intelectual e direito de imagem, atrelado aos desenvolvimentos que eram pertinentes ao escopo do presente artigo.

Todos os projetos, de algum modo, utilizaram atividade manual para materializar o protótipo, seja durante o processo de concepção (a partir de sketch, protótipos de baixa complexidade a partir do papel); para fins de montagem da estrutura (Mandacaru Aerodesign e Hokai); ou ainda, para reprodução do artefato (a exemplo, modelos de silicone pelo Projeto Além dos Olhos). Sendo assim, considera-se que a atividade manual está inserida no processo de materialização de modelos físicos, sendo um recurso a ser valorado e utilizado em consonância com a utilização dos recursos de fabricação digital, uma vez que, uma adesão não aniquila a outra. Na realidade, eles se somam e se complementam.

O projeto Arquitetura da Dança poderia utilizar modelagem paramétrica no processo de desenvolvimento, pois a partir do estabelecimento de relações de dependência seria possível controlar parametricamente o comportamento da forma dos pavilhões, em função da quantidade de módulos. Isto não inviabiliza o processo de concepção de Santoro, apenas demonstra ferramentas e processos que poderiam ser utilizados para aprimorar a performance do projeto.

A complexidade da forma nos projetos desenvolvidos no âmbito do laboratório apresenta-se de modo tímido, e pode ser aprimorada a partir da intensificação do uso de ferramentas de modelagem 3D, design paramétrico e algoritmos evolutivos, por exemplo. Contudo, será necessária uma abordagem que estimule o domínio de ferramentas a princípio, para posteriormente estimular a liberdade criativa e performativa. Assim, aproximar profissionais de referência e intensificar formações que busquem estimular o domínio das ferramentas irá estimular os usuários a desenvolverem projetos para além da lógica da geometria euclidiana, pois o perfil preponderante de usuários do laboratório, os estudantes, estão em período de aquisição de competências e formação profissional. Por fim, acredita-se que a relevância do *makerspace* L.O.U.Co está no fomento de um ambiente colaborativo, que estimula a troca de conhecimento e a formação de equipes multidisciplinares, tornando possível a criação de projetos com reais contributos à sociedade. Acredita-se que tais ambientes visam transcender o espaço que oferece acesso à tecnologia e devem valorizar os profissionais e as pessoas de modo a promover relações entre os usuários e permitir o desenvolvimento de soluções para além do óbvio.

REFERÊNCIAS

- Andrade, T. A. B. de. (2014). **Estratégia de Significado para Economia Criativa: estudo de caso no Portomídia**. Universidade Federal de Pernambuco.
- Celani, Gabriela; Pupo, R. T. (2008). Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no Brasil. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, 31–41.
- Gershenfeld, N. (2012). How to make almost anything: The digital fabrication revolution. **Foreign Affairs**, 91(6), 43–57. <https://doi.org/10.1145/2775280.2792721>
- Kolarevic, B. (2003). Architecture in the digital age: design and manufacturing. (B. Kolarevic, Org.), **Spon Press** (Vol. 16). NewYork: Spon Press.
- Mandacaru Aerodesign. (2019). **Mandacaru Aerodesign UFPE**. Recuperado 2 de maio de 2019, de <http://mandacaruaerodesign.herokuapp.com/>
- Mitchell, W. J., & McCullough, M. (1995). **Digital Design Media** : Online Contents (2nd ed). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Oxman, R. (2006). Theory and design in the first digital age. **Town Planning Technion**, 27, 229–265. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.002>
- Oxman, R. (2008). Design :CurrentPracticesandResearchIssues. **International Journal of Architectural Computing**, 17. <https://doi.org/10.1260/147807708784640090>
- Pine, J. (1993, julho). Mass Customization: The New Frontier in Business Competition. **The Academy of Management Review**, 19(3), 588–593. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/258941>.
- Porto Digital. (2017). **Prospecto L.O.U.Co**: Laboratório de Objetos Urbanos Conectados. Recife.
- Porto Digital. (2018). **Diagnóstico do L.O.U.Co**: Avaliação das competências existentes; contraste com objetivos estratégicos e oportunidades de melhorias (T01.02). Recife: Porto Digital.
- Porto Digital. (2019a). **L.O.U.Co**. Recuperado 1 de maio de 2019, de <http://portodigital.org/diferenciais/equipamentos/louco>
- Porto Digital. (2019b). **O que é o Porto Digital**. Recuperado 1 de maio de 2019, de <http://portodigital.org/parque/o-que-e-o-porto-digital>
- Porto Digital. (2019c). **Tabela de Preço de Uso dos Equipamentos e Laboratórios**. Recife. Recuperado de http://portodigital.org/arqSite/L.O.U.Co__Tabela_de_Preco.pdf
- Pottmann, H., Asperl, A., Hofer, M., & Kilian, A. (2007). **Architectural Geometry**. (D. Bentley, Org.) (1ª ed). Pennsylvania: Bentley Institute Press.

Pottmann, H., Eigensatz, M., Vaxman, A., & Wallner, J. (2015). Architectural Geometry. *Computers & Graphics*, 47, 145–164.

Pupo, R. T. (2009). **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto:** um novo desafio para o ensino da arquitetura. Tese de doutoramento, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Santoro, M. E. (2017). **Arquitetura da dança:** experimentações compositivas da forma arquitetônica com base na harmonia espacial de Laban. Universidade Católica de Pernambuco.

Shelden, D. R. (2002). **Digital Surface Representation and the Constructability of Gehry's Architecture.** Department of Architecture. Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, USA.

Tedeschi, A. (2018). **AAD_Algorithms-Aided Design:** Parametric Estrategies using grasshopper. (F. Wirz, Org.). Italy: Le Penseur Publisher.