

PAVILHÃO FAB!t: PROPOSTA PORTÁTIL PARA INSERÇÃO DA CULTURA MAKER NO ENSINO TRADICIONAL

ARTIGO

FAB!t Pavilion: a portable proposal to include the maker culture in traditional education

Giordana Dileta Pacini¹, Andrés Martín Passaro¹, Gonçalo Castro Henriques¹

RESUMO: O Pavilhão FAB!t é um pavilhão portátil que pretende promover a inclusão da cultura maker na educação tradicional, introduzindo o conceito de indústria 4.0 nos programas da escola elementar, justificados pela mudança dos sistemas produtivos, especialmente relativamente à manufatura e à nova relação produto-consumidor. Neste contexto, dissemina através da cultura maker os avanços tecnológicos e democratiza o seu acesso na educação tradicional. Esta pesquisa contribui para atualizar o ensino de tecnologia nas escolas, introduzindo fundamentos da cultura maker, de maneira rápida, barata e igualitária. Como metodologia analisamos vários laboratórios existentes, designados como Fab Labs, identificando as atividades e ferramentas utilizadas em seus espaços. Com base neste estudo, desenvolvemos um sistema modular que permite criar espaços personalizados adaptáveis aos requisitos funcionais dos equipamentos e às atividades com eles associadas. Propomos uma plataforma de construção montável e desmontável com base num sistema que permita a expansão e retração da estrutura, que assim se adapta aos futuros desejos e necessidades da comunidade.

PALAVRAS-CHAVE: Cultura Maker; Fabricação Digital; Desenho Paramétrico; Arquitetura Temporária; Educação Maker.

ABSTRACT: Fab!t Pavilion is a portable pavilion to foster the inclusion of the maker culture in traditional education, introducing in the elementary school's programs the concept of industry 4.0, approaching the shift in the productive systems, especially regarding the manufacture and its implication on the new relationship consumer-product. In this scenario, the so-called maker culture intends to disseminate these technological advances and democratizing its access in traditional education. This work intends to update the teaching of technology in schools by introducing the fundamentals of the maker culture, it in a fast, cheap and egalitarian way. As methodology, we studied and analysed several existing laboratories known as Fab Labs to identify their activities and the tools used in their spaces. Based on the study we developed a modular system to enable customized spaces that comply with the equipment's functional requirement and related activities. For that, we propose a mountable and demountable construction platform and a system to enable the expansion and retraction of the structure, to adapt for future reuse of the community.

KEYWORDS: Maker culture; Digital fabrication; Parametric design; Temporary architecture; Maker education.

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - PROURB - FAU - UFRJ

How to cite this article:

PACINI, G. D.; PASSARO, A. M.; HENRIQUES, G. C. Pavilhão FAB!t: proposta portátil para inserção da cultura maker no ensino tradicional. **Gestão e Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v.14, n.1, p.76-89, set.2019. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v14i1.148143>

Fonte de financiamento:

Declaro não haver

Conflito de interesse:

Declaro não haver

Submetido em: 13/07/2018

Aceito em: 21/02/2019



PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS

No século XXI, com a introdução do conceito de “indústria 4.0”, o consumidor deixa de ser um ator passivo na produção de objetos e passa a ser um participante ativo no processo de design e da personalização em massa (*mass customization*), até a fabricação digital (GERSHENFELD, 2005). A indústria 4.0 propõe uma automação intensiva da produção, introduzindo maior customização e flexibilizando as tecnologias produtivas. Essas alterações estão relacionadas com o desenvolvimento tecnológico recente, nomeadamente com os avanços da inteligência artificial, sistemas ciberfísicos, internet das coisas, comunicação máquina-a-máquina, *big data* e nuvem de dados (DIEZ, 2012).

Paralelamente, a cultura maker – uma extensão da cultura do Do-It-Yourself (DIY ou “faça você mesmo”) surgidas nos Estados Unidos nos anos 1960 – tem superado barreiras financeiras e institucionais na democratização das novas tecnologias. Essa cultura está intimamente conectada com a cultura hacker, embora tenham diferentes focos; enquanto a cultura hacker se centra na manipulação de softwares, a cultura maker parte da manipulação de materiais, sistemas e máquinas. A cultura maker também está interessada em hardware open-source, ou código aberto, que permitem a apropriação e modificação de uma técnica ou maquinário buscando sua disseminação e aperfeiçoamento. Uma ideologia que preza pelo fazer, pela experimentação e pela tentativa e erro.

Neil Gershenfeld procurou um ambiente educacional onde as potencialidades dessa indústria e dessa cultura pudessem ser testadas e exploradas, fundando em 2001 o primeiro Laboratório de Fabricação Digital, ou Fab Lab, no Center for Bits and Atoms (CBA), no Massachusetts Institute of Technology (MIT). Em 2016, o programa já contava com 680 laboratórios em 67 países. Segundo a Fab Foundation – organização ligada ao CBA que regulamenta e administra esta rede mundial de laboratórios – “um fab lab é uma plataforma técnica de prototipagem para a inovação e a invenção, estimulando o empreendedorismo local. Um fab lab é também uma plataforma de aprendizagem: um lugar para jogar, criar, aprender, orientar, inventar” (What is a Fab Lab, FAB FOUNDATION, 2016). Originários da cultura maker, os makerspaces surgem concomitantes aos fab labs, com ideais semelhantes, mas sem estarem limitados à fabricação digital e não estando vinculados ao MIT.

Na cidade do Rio de Janeiro, segundo levantamento próprio feito em 2016, existem oito makerspaces ou fab labs em atividade. Aplicando aos dados recolhidos a categorização proposta por Eychenne e Neves (2013), do total levantado, cinco possuem caráter acadêmico (servem exclusivamente a escolas ou universidades) e três possuem caráter profissional (o acesso às atividades é pago). Não existe nenhuma instituição com caráter social, onde o laboratório seja de acesso público à comunidade em geral – a exemplo do programa que acontece em São Paulo desde 2014 nas 12 unidades do Fab Lab Livre SP (ITS BRASIL, 2016), por exemplo.

Mesmo nesse contexto, as instituições de educação em geral não têm conseguido acompanhar as inovações tecnológicas. Foram analisadas escolas de diferentes realidades, a partir dos aspectos físicos e pedagógicos das instituições. De acordo com o Censo Escolar de Educação Básica de 2016 realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), das escolas que oferecem os anos finais do ensino fundamental, 67,8% possuem laboratório de informática, enquanto somente 25,2% possuem laboratório de ciências (INEP, 2017). Segundo Blikstein (2013), em geral, as escolas demonstram o valor que dão a determinadas atividades através da construção de um espaço específico para que elas ocorram, como um ginásio para esportes ou um salão de música com instrumentos musicais. Esse tipo de espaço específico permite não só que as atividades relacionadas sejam desenvolvidas, mas também cria uma subcultura sobre esses assuntos no ambiente escolar. No entanto, sob a ótica do espaço físico, sabe-se que é financeiramente oneroso às escolas adquirir equipamentos voltados ao

ensino de ciência e tecnologia e, que uma vez adquiridos, não há manutenção e atualização dos mesmos. Desse modo, trabalhar um laboratório seguindo a lógica móvel e itinerante se adapta às necessidades atuais das instituições de ensino, promovendo uma solução temporária dos problemas espaciais relacionados com a prática e o ensino de ciência e tecnologia.

Pedagogicamente, a dificuldade das escolas em introduzir tecnologia em seus programas deve-se também à abordagem de ensino. Segundo Rezende (2000), no enfoque tradicional, amplamente adotado, o aluno é um receptor passivo e as disciplinas são particionadas e independentes. Em contrapartida, na abordagem construtivista (REZENDE, 2000) a aprendizagem é entendida como um processo de construção e o aluno possui controle sobre ela; o ambiente é interdisciplinar e as habilidades e conhecimentos são desenvolvidos nos contextos nos quais serão aplicados.

Dentre muitos pedagogos e inovadores conhecidos como Maria Montessori (1870-1952), Jean Piaget (1896-1980) e Paulo Freire (1921-1997), é de destacar Seymour Papert (1938-2016) que foi um matemático e educador pioneiro em unir tecnologias digitais e educação. Trabalhou diretamente com Piaget, baseando-se no construtivismo para elaborar o seu construcionismo, em que afirma que o desenvolvimento do conhecimento é melhor quando os alunos fazem com suas próprias mãos e compartilham publicamente os objetos criados (BLIKSTEIN, 2013).

Esses estudos foram postos em prática desde os anos 1990, através de ferramentas desenvolvidas especialmente para o ensino de tecnologia para crianças, como a linguagem LO-GO (1999), idealizada por Papert, os kits Lego Mindstorms, de 1998, e a plataforma Scratch, desenvolvida pelo MIT Media Lab em 2007. Baseada nessas experiências e no extenso material acadêmico disponível, conclui-se que estas perspectivas pedagógicas se mostram adequadas ao ensino através da cultura maker, já que prezam e estimulam a curiosidade e a imaginação através do fazer, propondo um ambiente “incompleto o bastante para que [a criança] se aproprie e transforme esse espaço através de sua própria ação” (BUITONI, 2009).

Esta pesquisa adotou a ideia “fab lab is the new lanhouse” – por analogia ao aparecimento das lanhouses nos anos 1990, espaços que ampliaram o acesso ao computador e à Internet e perduram até hoje, especialmente em comunidades de baixa renda – e investigou formas de introduzir a cultura maker como atividade educativa. Procuraram-se estratégias que fossem rápidas, baratas, igualitárias e adaptáveis para possibilitar a inserção da tecnologia no ensino básico, a fim de democratizar seu acesso e disseminar seu uso.

METODOLOGIA DE PESQUISA

Definida como linha pedagógica do projeto o construtivismo e construcionismo, fizemos o levantamento de iniciativas existentes com abordagens similares, buscando projetos de fab labs e makerspaces voltados à educação infanto-juvenil e à integração da fabricação digital em escolas. Focou-se nas iniciativas que também partem da ideia de um laboratório móvel e/ou compacto, para assim compreender programas, áreas, máquinas e atividades compatíveis com a proposta. Nessa pesquisa foram levados em conta o levantamento da rede de Fab Labs da própria Fab Foundation (Labs Map, FAB FOUNDATION, 2016), o catálogo Homo Faber (SPERLING, 2015) e o mapeamento colaborativo The Maker Map (THE MAKER MAP, 2016), que, por sua vez, levaram a outros exemplos de relevância. A escolha dos exemplos, identificados na Tabela 1, deu-se pelos seguintes critérios: diversidade de localização, mobilidade da proposta, perfil de usuário buscado e variedade de atividades realizadas.

Nome	Aconcagua FabLab	MIT Mobile FabLab	Pronto 3D	Mobile Hackerspace	Pop-Up FabLab
Localização	Chile	Estados Unidos	Brasil	Canadá	Espanha
Espaços	Espaço para maquinário	Espaço para maquinário	Espaço para maquinário e trabalho	Espaço para maquinário e trabalho	Espaço para maquinário
Mobilidade	Caminhonete	1 contêiner grande	Kombi	Trailer	Caixas desmontáveis
Usuários	Comunidade e escolas	Comunidade	Comunidade	Escolas, bibliotecas, comunidade e eventos	Feirantes e comunidades
Corte a laser	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Corte de vinil	Não	Sim	Não	Não	Sim
Fresa grande	Não	Sim	Não	Sim	Não
Fresa pequena	Sim	Sim	Não	Não	Não
Eletrônica	Não	Sim	Não	Sim	Não
Impressão 3D	Sim	Não	Não	Não	Sim
Vacuum former	Não	Não	Sim	Não	Não
Scanner 3D	Sim	Não	Não	Não	Não

Tabela 1: Estudos de caso: Fab Labs Móveis e Itinerantes

Fonte: Autores.

Os dados resultantes (Tabela 1) foram cruzados com o modelo ideal proposto pela Fab Foundation (Tabela 2). Comparando o modelo ao que de fato foi implementado nos casos estudados, percebeu-se que, para atender às demandas espaciais e funcionais de um dispositivo móvel, o programa deveria ser reduzido afim de ocupar um espaço pré-definido, de tamanho fixo e viável. Pelo mesmo processo, constatou-se que não há necessidade de utilizar todos os equipamentos em todas as atividades a desenvolver no laboratório, já que os exemplos estudados adaptam a escolha de seu maquinário às atividades propostas. Assim, criou-se um sistema de programa adaptável a espaços e demandas pedagógicas diversos, dividindo o programa em módulos de atividades que se combinam para atender a diferentes propósitos.

A definição desses módulos passou pela listagem tanto das atividades quanto do maquinário ideal para um ambiente itinerante. Quanto ao maquinário foram escolhidos equipamentos de pequeno porte e que

dispensam uma grande infraestrutura de operação. A relação entre custo e uso do equipamento também foi considerada, o que excluiu o scanner 3D e a máquina de silkscreen, por exemplo.

Espaço	Dimensões (m)	Área (m²)
Cortadora a Laser	6x8	48
Aulas e conferências	6x6	36
Modelagem e fundição / Silkscreen	5,2x2,5	13
Área central de trabalho e depósito para projetos	5x6	30
Eletrônica	5,2x4,3	22,36
Fresadora CNC	6x4,5	27
Impressora 3D	3,5x5	17,5
Administração, estoque de material e área de exibição	18x2	36
Total	18x20	360

Tabela 2: Programa ideal sugerido pelo site da Fab Foundation

Fonte: How to Start a Fab Lab, FAB FOUNDATION, 2016.

Quanto ao programa de atividades, foram consideradas as definições do MIT para seus fab labs. Manteve-se assim a divisão proposta na Tabela 2 entre áreas de fabricação com maquinário específico e áreas de trabalho coletivo e aulas. Áreas de estoque, depósito e administração foram suprimidas ou incorporadas às áreas de fabricação, por se entender que o projeto desfrutaria de uma base de trabalho externa às escolas onde essas atividades poderiam se concentrar. Mantiveram-se todas as demais áreas propostas: corte a laser, modelagem e fundição (transformada em área de moldagem), eletrônica (a qual foi incorporada robótica), fresadora CNC (dividida em grande e pequena) e impressora 3D. Baseado na proposta de makerspace, foram adicionadas áreas para ferramentas (manuais e de metal-marcenaria), tecidos (para trabalho com corte e costura) e biohacking (para atividades simples de laboratório).

Baseando-se em guias online de maquinário indicados para atender a essas atividades elaborados pela Fab Foundation (2016) e Makerspaces. com (MAKERSPACES, 2016), foram escolhidas as seguintes máquinas, com indicativos de referências comerciais de modelos existentes: impressora 3D (Makerbot Replicator Mini), cortadora a laser de bancada (Universal System VLS 3.50), fresadora pequena (milling CNC) (G-Weike WK 3030), fresadora grande de bancada (router CNC) (ShopBot Desktop Max), cortadora de vinil (Roland Stika SV-13), máquina de costura (Singer Stylist 7258) e vacuum former (Formech 300XQ).

Outra questão observada no estudo de caso foi o amplo uso de caminhões-contêiner e veículos de transporte, seguindo a lógica do trailer e do motorhome. As propostas são funcionais quando considerado o caráter de evento. No entanto, falham na integração com a arquitetura, na adaptabilidade ao espaço e na possibilidade de manipulação do ambiente pelos alunos, além de não deixarem legado físico que possibilite a continuidade das atividades a longo prazo.

De acordo com o tema da conferência FAB 12 – The 12th Fab Lab Conference and Symposium, Fabricating the Future, realizada em Shenzhen, China, em 2016 –, seguiu-se o conceito de Fab Lab 2.0, que privilegia “a capacidade de usar as próprias ferramentas de fabricação digital para produzir outro fab lab e para produzir as máquinas de fabricação do futuro”. Assim, para pesquisar a forma ideal para o pavilhão foram

estudados, a partir de Kolarevic (2003), os princípios de fabricação digital e suas estratégias específicas (Tabela 3), para escolher a técnica com maior aplicabilidade no cenário dado.

	Corte	Subtração	Adição	Transformação
Base	Elementos planos 2D	Volume existente	Camadas bidimensionais	Material deformável e molde
Máquinas	Cortadora a laser, a jato d'água ou a plasma	Fresadora e Roteadora CNC	Impressora 3D	Modeladora por calor ou vapor
Acessibilidade*	5	3	5	1
Precisão	5	4	4	3
Geração de resíduos	3	5	1	1
Custo*	2	3	2	4
Vantagens	Acabamento, possibilidade de gravação da superfície, além de cortar	Fabrico de grandes elementos, pode gerar formas e superfícies complexas	Máquinas silenciosas e compactas, linguagem acessível	Produção em massa, reaproveitamento de molde
Desvantagens	Limitado à espessura do material que a máquina pode cortar e ao tamanho comportado pela máquina	Alta geração de resíduos, necessita de mão-de-obra especializada para geração dos códigos CNC	Processo acumulativo de erros, limitado a objetos pequenos, longo tempo de processo	Acessibilidade, pré-requisito de molde e a precisão depende do molde

*Dentro do contexto estudado

Entre os *makerspaces* e fab labs estudados no Rio de Janeiro, as ferramentas mais comuns são as máquinas de corte a laser e as impressoras 3D, compatíveis com os princípios de corte e de adição ilustrados. A impressora 3D tem especial popularidade, dada a sua portabilidade e o resultado de produtos mais palpáveis à primeira vista. No entanto, esse maquinário não comporta a dimensão física de construção do projeto – sendo que a produção em geral se destina a protótipos de pequenas dimensões –, e não pode ser facilmente aplicado a materiais mais duradouros e ecologicamente responsáveis. Portanto, optou-se pelo uso de métodos subtrativos via fresadora CNC, que suporta maiores formatos – no caso, chapas de madeira compensada – e apresenta considerável disponibilidade no contexto estudado.

RESULTADOS

Forma do Pavilhão

Em contraposição à forma dos casos estudados e de acordo com a abordagem pedagógica escolhida, procurou-se uma forma base em que não só fosse aplicável a fabricação digital, mas que também se aproximasse da linguagem do público alvo, facilitando a interação aluno-estrutura e despertando a curiosidade dos usuários de modo lúdico e imaginativo. Foram estudados alguns exemplos de pavilhões construídos e observou-se a recorrência do formato da casa com telhado em duas águas, arquétipo intimamente ligado ao imaginário infanto-juvenil e provavelmente funcional, como ilustrado nos projetos do Fab Pavilion (FAB LAB SEOUL,

Tabela 3: Avaliação dos princípios da fabricação digital baseada nas definições de Kolarevic (2003), Iwamoto (2009) e Dunn (2012). (Escala crescente de menor-0 para maior-5)

Fonte: Autores.

2016) e do Clubhouse (REMY, T.; VEENHUIZEN, R, 2009). Aliado ao material e à forma, procurou-se um método de construção que se adaptasse à lógica móvel, sendo desmontável, à necessidade de personalização dos espaços e ao uso da fabricação digital, possibilitando tanto o reaproveitamento da estrutura como sua expansão ou retração, estudado nos projetos Casa Revista (PASSARO, ROHDE, 2016) realizados por estudantes da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro e TwoxTwo (2016), também realizado por estudantes da Iowa State University.

Programa e sistema construtivo proposto

Associando a forma com o programa, foi definida uma série de parâmetros fixos e variáveis para assegurar diferentes soluções, promovendo versatilidade e adaptação rápida, que orientaram a construção do projeto utilizando o software Rhinoceros + Grasshopper. Essa abordagem de desenho possibilitou a customização em massa do projeto, já que a base algorítmica facilitou a concepção de diferentes soluções para o sistema proposto.

Para atender às diferentes demandas do programa, foram definidos cinco perfis derivados do perfil base, buscando o aumento dos espaços horizontal e vertical e da área total de piso, maior iluminação natural e ventilação cruzada (Figura 1). A partir da combinação de todos esses perfis, criou-se uma família de formas, as quais atendem todo o programa proposto e suas especificidades (Figura 1).

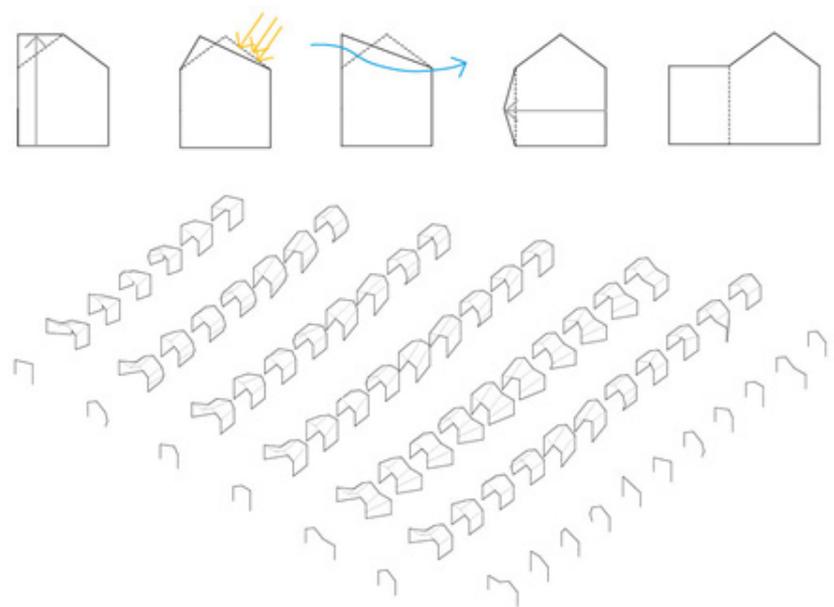


Figura 1: Perfis base (acima) e família de formas (abaixo)

Fonte: Autores.

Além da forma, o programa também foi sistematizado, dividido em dez módulos programáticos independentes, sendo um fixo (sala de aula), cinco essenciais (ferramentas, impressora 3D, cortadora a laser, fresadora pequena e fresadora grande) e quatro opcionais (eletrônica e robótica, tecidos, moldagem e biohacking). Esses módulos foram separados em três subcategorias, pequeno, médio e grande, de acordo com a área necessária para funcionamento e seguindo o tamanho da chapa de compensado padrão (1,60x2,20m). Foram atribuídos de um a três perfis por módulo, considerando a especificidade e o tamanho e buscando a melhor integração entre módulos. Também foram propostos sete variações de conjuntos desses módulos, que pretendem atender a diferentes demandas de espaço, de tempo de permanência, de público alvo e de disponibilidade financeira.

Estrutura tipo do pavilhão proposto

O volume base do pavilhão proposto resulta da interpolação das curvas dos perfis principais (loft das curvas, em inglês), definidos a priori. Os perfis intermediários são extraídos por cortes transversais seriados (contour), que têm entre si a distância da espessura do material a ser utilizado – neste caso, sarrafos de madeira 7x2cm. As arestas dos perfis foram selecionadas alternadamente, dando origem as peças que estruturam os pórticos. Essas peças possuem furos circulares nas interseções, por onde é feito o encaixe com um tubo galvanizado rosqueável 1 1/2". Esses também serão feitos em lugares estratégicos ao longo dos perfis, para dar passagem à infraestrutura de eletricidade, iluminação e água, de acordo com a necessidade do programa, e para adição de mobiliário. Na cumeeira, é feito um encaixe sob medida para cada angulação de sarrafo (Figura 2). Por fim, horizontalmente e em espaçamentos de 1,60m, ocorrem peças horizontais que garantem o travamento da estrutura.

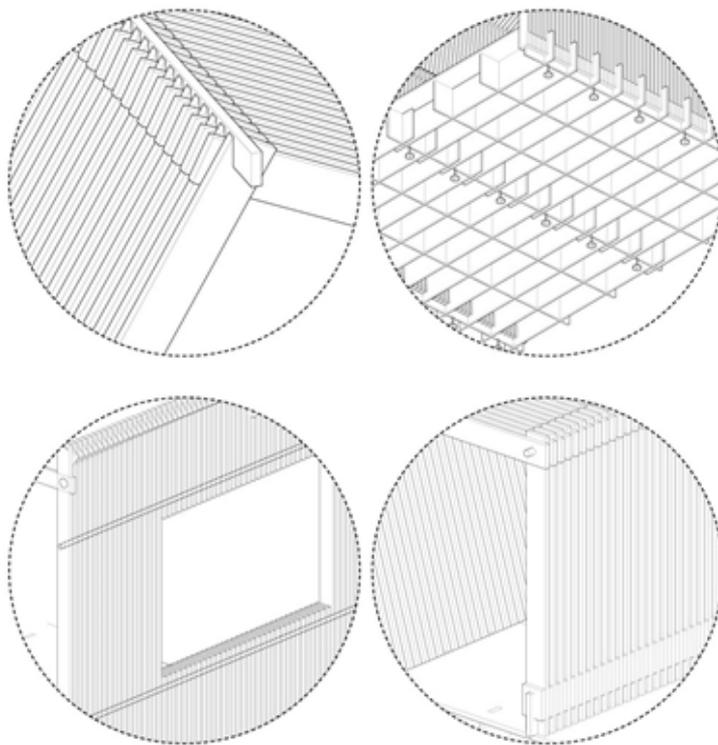


Figura 2: Detalhes construtivos da cumeeira e piso (acima), e aberturas laterais e mobiliário (abaixo)

Fonte: Autores.

O pórtico é encaixado na armação do piso, cuja estrutura foi baseada na “Casa Revista” (PASSARO, ROHDE, 2016) e utilizando o algoritmo desenvolvido no trabalho “Ferramenta Generativa para Wiki House” (MENDONÇA, 2016) ambos projetos desenvolvidos e construídos no Laboratório de Modelos e Fabricação Digital do Programa de Pós Graduação em Urbanismo da FAU UFRJ. Essa estrutura é composta por peças longitudinais e transversais que se encaixam via fêmea-e-fêmea. Nas laterais, são utilizadas peças longitudinais que recebem o pórtico, que é travado com auxílio de espaçadores. As demais peças longitudinais encaixam no piso através de encaixe macho-e-fêmea. O fechamento da cobertura é feito com telha translúcida. A princípio, não foi considerado um fechamento lateral, porém pode haver fixação de lonas ou telas por fora da estrutura. O fechamento das extremidades pode ser feito através de chapas de compensado em formato de porta camarão. Também podem ser feitas aberturas de vãos de janela seguindo os mesmos princípios do pórtico.

O mesmo processo de criação do pórtico possibilita a anexação de volumes à estrutura principal, em forma de mobiliário interno ou externo. Nesse caso, são desenhados os perfis desejados e aplicados à mesma sequência algorítmica. Uma das propostas pedagógicas é que os usuários possam construir peças e partes de mobiliários facilmente de acordo com a demanda, utilizando tanto o maquinário do laboratório como a definição pré-estabelecida.

Esses princípios foram aplicados ao programa, a fim de simular formas possíveis. O processo resultou na modelagem paramétrica dos dez módulos propostos (Figura 3), a partir dos quais foi possível estudar propostas de uso interno, layout, mobiliários e infraestrutura necessária, como instalação hidráulica e elétrica. Para o mobiliário complementar, não contemplado na mesma lógica de construção do pórtico, foram utilizados designs open-source disponíveis gratuitamente online.

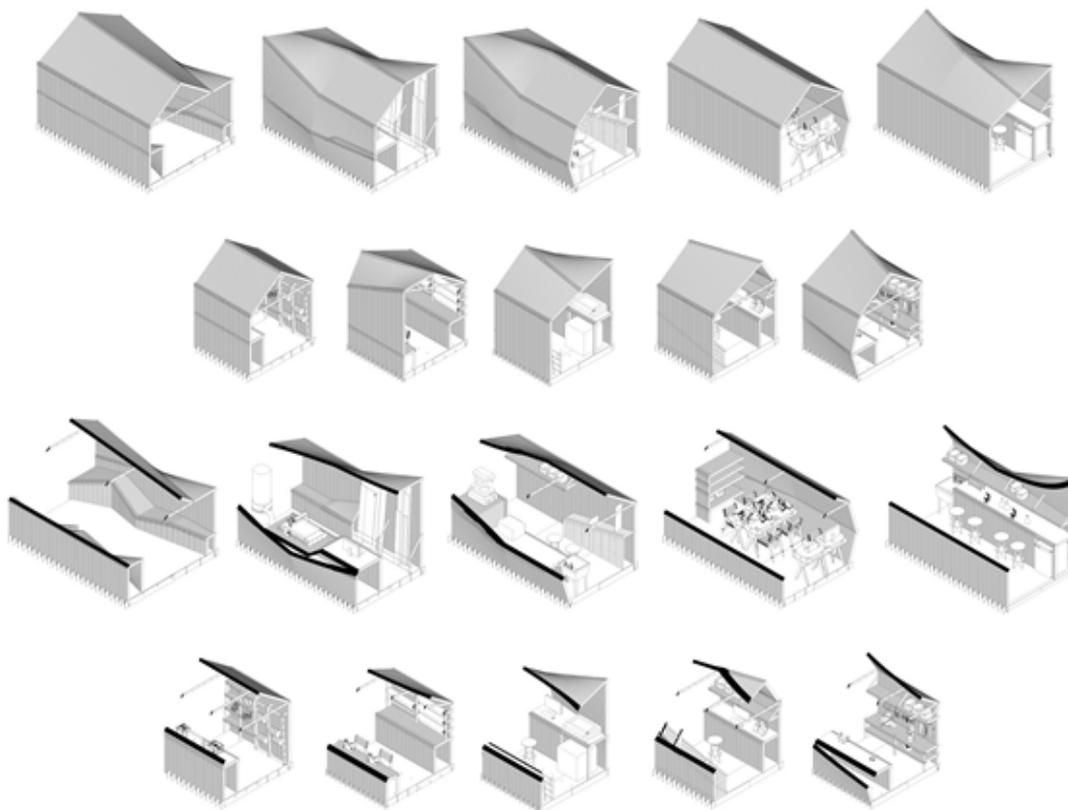


Figura 3: Módulos finais em ordem crescente de tamanho, mostrando o exterior (primeira e segunda fileira) e o interior (terceira e quarta fileiras). Da esquerda para a direita: Aulas, Fresadora Grande, Moldagem, Eletrônica, Biohacking, Impressão 3D, Costura, Corte a Laser, Fresadora Pequena, Ferramentas

Fonte: Autores.

Implantação

A proposta de implantação é genérica e pode ser montada em diferentes locais em escolas públicas ou privadas. A ideia de instalação do projeto vai de encontro a de feira de ciências ou estande e visa um local coberto e aberto, buscando assim evitar soluções complexas de impermeabilização, isolamento termo-acústico e climatização na estrutura. Neste sentido, podem ser instalados em pilotis, pátios cobertos, quadras de esportes ou salões nas escolas.

A modulação da estrutura permite que os módulos se conectem facilmente entre si formando arranjos espaciais variados, desde linear, em L, em U ou fechado, gerando um pátio interno para atividades (Figura 4).

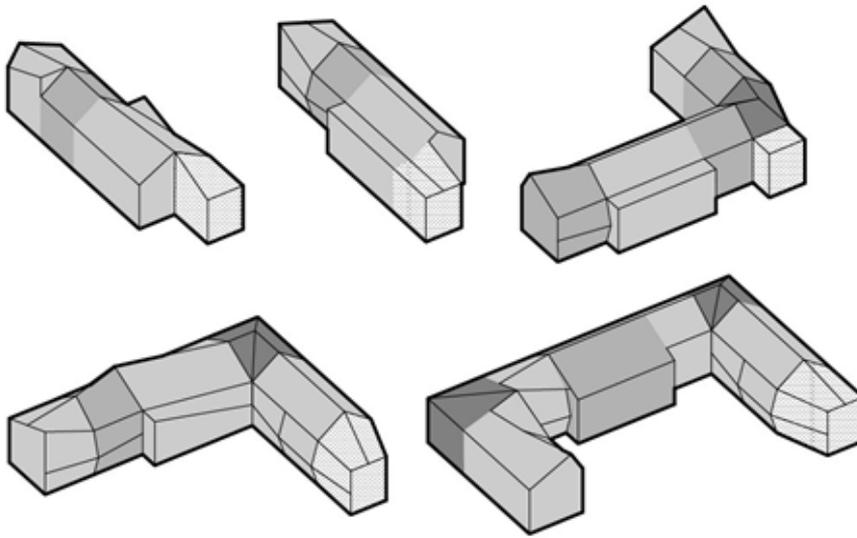


Figura 4: Possíveis arranjos espaciais

Fonte: Autores.

Prototipagem

O processo de criação de forma e estrutura é organizado em uma definição algorítmica utilizando o software Rhinoceros + Grasshopper (Figura 5). Essa ferramenta possibilita a customização do projeto de maneira fácil sem alterar as suas principais características. Além de gerar a forma, pode-se extrair diretamente do modelo os arquivos planejados para corte e gerar o nesting (Figura 6) das peças, que são devidamente nomeadas e numeradas para montagem. Isso permitiu a prototipagem do projeto em MDF 3mm, realizada na cortadora a laser do LAMO - PROURB. Foram feitos modelos na escala 1:10 e 1:5 (Figuras 7 e 8), que permitiram identificar problemas de encaixe e estruturação antes de um protótipo em escala 1:1.

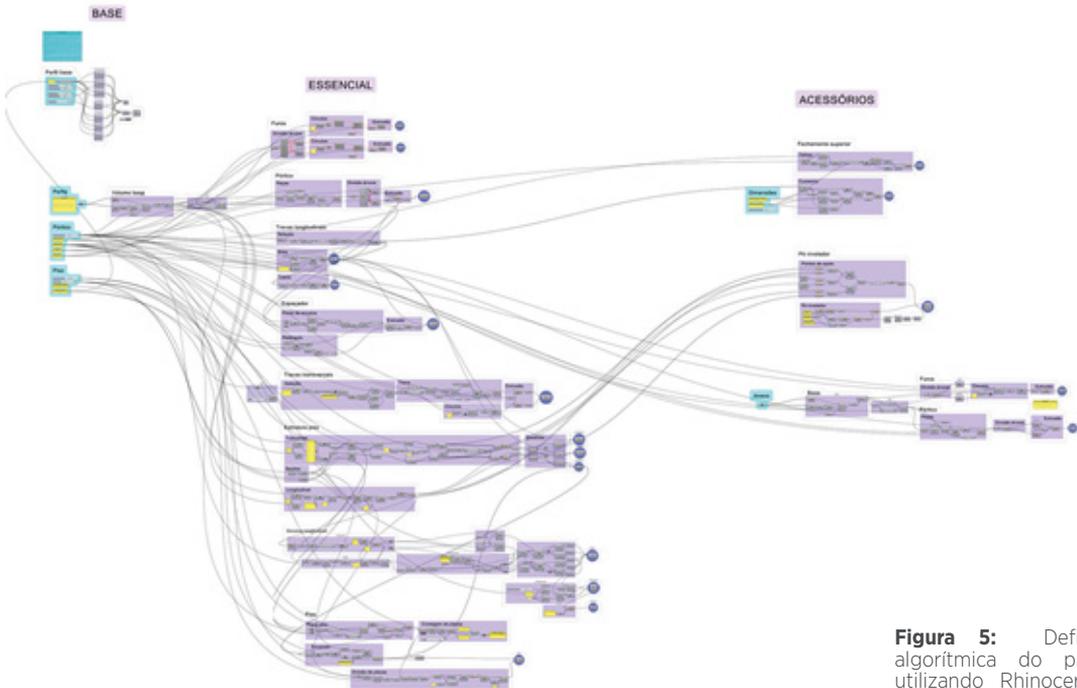


Figura 5: Definição algorítmica do projeto utilizando Rhinoceros + Grasshopper

Fonte: Autores.

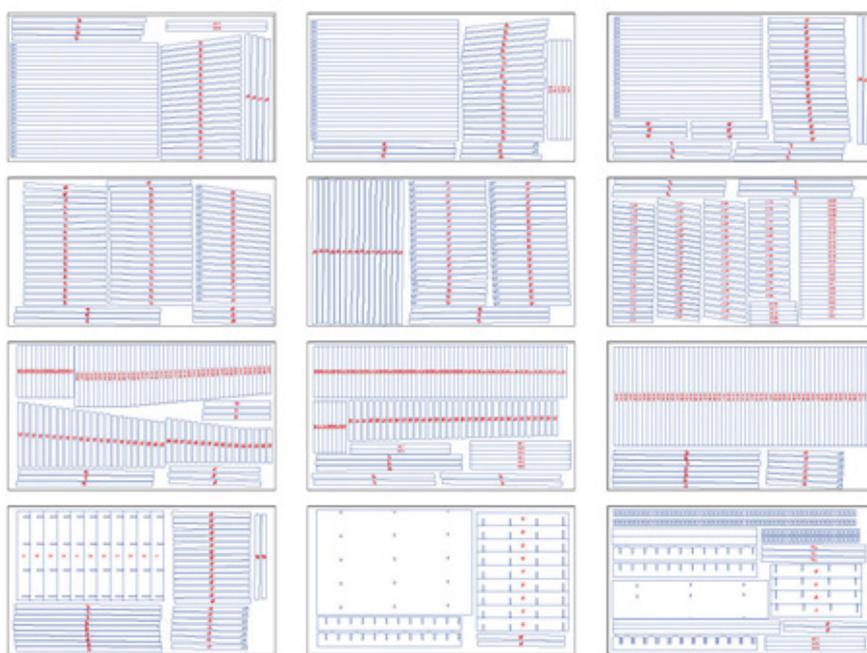


Figura 6: Nesting das peças para corte

Fonte: Autores.



Figura 7: Modelo em escala 1:5

Fonte: Autores.



Figura 8: Detalhes do modelo em escala 1:5

Fonte: Autores.

CONCLUSÃO

O projeto é uma proposta a ser desenvolvida e testada, preferencialmente em uma escola pública, como projeto de extensão. Dados os objetivos apresentados, ainda é preciso a construção em escala real para teste da estrutura, além de um estudo mais aprofundado sobre a implementação do projeto, como modos de transporte, custos fixos e variáveis e possíveis patrocinadores e apoiadores.

A realização do protótipo auxiliou na detecção de problemas pontuais; como a definição de fechamentos laterais e superiores, que ainda podem ser melhorados, e a otimização do uso de material para flexibilizar a viabilidade financeira. A nível de sistema construtivo, foi possível detectar problemas de encaixe, como na cumeeira e no mobiliário interno, que por isso foram posteriormente alterados nos desenhos técnicos.

No âmbito do design paramétrico, muitas barreiras foram ultrapassadas a fim de criar uma definição racionalizada, tão curta e maleável quanto possível. Esse processo foi retomado diversas vezes no desenvolvimento do objeto, sendo repetidamente reescrito e adaptado a novos obstáculos. Sabe-se, no entanto, que a mesma deverá sofrer adaptações, principalmente quanto ao nesting, quando for submetida à fabricação.

Assim como as lanhouses foram essenciais na transição para a era da comunicação digital, os fab labs, makerspaces, hackerspaces, entre outros espaços de fazer e aprender, também são imprescindíveis para a democratização do acesso à tecnologia da quarta revolução industrial. Cada vez mais iniciativas privadas e públicas têm surgido com o intuito de introduzir a população a esse novo modo de pensar e fazer. No entanto, a formação de base é tão ou mais importante. Como discutido, o acesso a essas tecnologias hoje não é amplamente difundido, da mesma forma, há 20 anos, o acesso à Internet era difícil e caro.

A fabricação digital não se limita ao uso de máquinas como a impressora 3D ou a fresadora CNC. O potencial desses ambientes é significativo no atual contexto de educação, produção e consumo. Muito além do domínio da técnica, esses espaços têm papel importante na disseminação da tecnologia de ponta e do consumo consciente, sendo uma poderosa ferramenta social

e intelectual. Sua abertura ao público fora das universidades é de extrema importância, já que “as instituições de ensino e pesquisa avançadas têm espaço para apenas alguns milhares dessas pessoas. Ao trazer ambientes acolhedores para inovadores onde quer que estejam, essa revolução digital possibilitará aproveitar uma fração maior do poder intelectual do planeta” (GERSHENFELD, 2012). O acesso à fabricação digital promove a produção, a criação e possibilita o domínio da tecnologia e das ferramentas para se construir o futuro.

AGRADECIMENTOS

Ao LAMO - PROURB e equipe, por disponibilizar o maquinário, o ambiente e o pessoal necessários para desenvolver esse projeto.

REFERÊNCIAS

- BLIKSTEIN, P. **Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention.** In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors.* Bielefeld: Transcript Publishers, 2013.
- BUITONI, C.S. **Mayumi Watanabe Souza Lima: a construção do espaço para a educação.** FAU USP: São Paulo, 2009.
- DÍEZ, T. **Personal Fabrication: Fab Labs as Platforms for Citizen-Based Innovation, from Microcontrollers to Cities.** *Digital Fabrication:* 457-68. *Nexus Network Journal.* Vol.14, No. 3, 2012.
- DUNN, N. **Digital Fabrication in Architecture.** Laurance King Publishing: Londres, 2012
- EYCHENNE, F. e NEVES, H. **Fab Lab: A Vanguarda da Nova Revolução Industrial.** São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2013.
- FAB 12 - The 12th Fab Lab Conference and Symposium. Disponível em: <<http://fab12.fabevent.org>>, 2016.
- FAB LAB SEOUL. *Fab Pavilion.* Disponível em: <<https://www.fablabs.io/projects/136>>, 2016.
- FAB FOUNDATION. **How to Start a Fab Lab: The Space.** Disponível em: <<http://fabfoundation.org/the-space/>>, 2016.
- FAB FOUNDATION. **Labs Map.** Disponível em: <<https://www.fablabs.io>>, 2016.
- FAB FOUNDATION. **What is a Fab Lab?** Disponível em: <<http://www.fabfoundation.org/index.php/what-is-a-fab-lab/>>, 2016.
- GERSHENFELD, N. **Fab: The Coming Revolution on Your Desktop – From Personal Computers to Personal Fabrication.** New York: Basic Books, 2005.
- GERSHENFELD, N. **How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution.** Cambridge: Foreign Affairs (91), 2012, pp. 43-57.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP. **Censo Escolar 2016.** Brasília: MEC, 2017.
- IOWA STATE UNIVERSITY. *two Xtwo* (2016). Disponível em: <<http://new.arch.iastate.edu/tag/twoxtwo/>>, 2016.
- ITSBRASIL. *Conheça o Fab Lab Livre SP.* Disponível em: <<http://fablab.itsbrasil.org.br/o-que-e>>, 2016.
- IWAMOTO, L. **Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques.** Princeton Architectural Press: Nova Iorque, 2009.
- KOLAVERIC, B. **Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age.** *Architectural Information Management – 05 Design Process 3.* 2003.
- MAKERSPACES. **MakedED Resources for School Makerspaces 2nd Edition.** Disponível em: <<https://www.makerspaces.com/makerspace-resources-ebook/>>, 2016.
- MAKERSPACES. **Resources For Starting and Running a Mobile Makerspace.** Disponível em: <<https://www.makerspaces.com/resources-for-starting-and-running-a-mobile-makerspace/>>, 2016.

MENDONÇA, D.; PÁSSARO, A.; HENRIQUES, G. C. **Ferramenta Generativa para Wiki House**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - FAU UFRJ: Rio de Janeiro, 2016.

PASSARO, A.; ROHDE, C. **Casa Revista: arquitetura de fonte aberta**. Gestão e Tecnologia de Projetos: São Carlos, v. 11, n. 2, p. 25-41 jul-set, 2016.

REZENDE, F. **As Novas Tecnologias na Prática Pedagógica Sob a Perspectiva Construtivista**. ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), Belo Horizonte: v. 2, n. 1, 2000, p. 70-87.

REMY, T.; VEENHUIZEN, R. Clubhouse (2009). Disponível em: <<http://www.remyveenhuizen.nl/work/public-space/clubhouse>>, 2016.

SPERLING, D.M.; HERRERA, P. C. **Homo faber: digital fabrication in Latin America**. CAAD futures 2015> the next city. 1. ed. São Carlos: Instituto de Arquitetura e Urbanismo, 2015.

The Maker Map. Disponível em: <<http://themakermap.com>>, 2016.

Giordana Dileta Pacini
pacini.giordana@gmail.com

Andrés Martín Passaro
andrespasaro@gmail.com

Gonçalo Castro Henriques
gch@fau.ufrj.br