

Fab!t, Pavilhão Itinerante de Ensino: Proposta para inserção da cultura maker no ensino tradicional

Fab!t, Itinerant Teaching Pavilion: a proposal to include the maker culture in traditional education

Giordana Dileta Pacini

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Brasil
pacini.giordana@gmail.com

Andrés Martin Passaro

Universidade Federal Rio Janeiro, LAMO, PROURB
andrespasaro@fau.ufrj.br

Gonçalo Castro Henriques

Universidade Federal Rio Janeiro, LAMO,
PROURB
gch@fau.ufrj.br

Abstract

This project intends to introduce the maker culture into traditional education. The goal is to make technology teaching available in elementary education in a fast, cheap and egalitarian way, seeking to democratize its access and use it to integrate maker culture's principles into traditional school. For that several existing makerspaces and fab labs programs' were studied to identify the core activities and equipments to support this proposal. Its contribution is an adaptable modular system with a demountable construction platform to foster customized spaces. The system is manufactured to enable the expansion and retraction of the structure allowing its future reuse.

Keywords: Maker culture; Digital fabrication; Parametric design; Temporary architecture; Maker education

Introdução

No século XXI, com o novo conceito de "indústria 4.0", há uma revisão dos sistemas de produção com alteração significativa na relação entre consumidor e produto, onde o primeiro é retirado de seu estado passivo na produção e passa a ser ativo e participante nas diferentes etapas do processo, desde o design, customizado em massa, até a produção através da fabricação digital (GERSHENFELD, 2012). A indústria 4.0, também designada como quarta revolução Industrial, propõe uma automação intensiva da produção, introduzindo maior customização e flexibilizando as tecnologias produtivas. Estas alterações estão relacionadas com o avanço tecnológico recente, nomeadamente com avanços na inteligência artificial, sistemas ciber-físicos, internet das coisas, comunicação máquina-a-máquina, *big data* e nuvem de dados.

Paralelamente, a cultura *maker* - uma extensão da cultura do *Do-It-Yourself* (DIY ou "faça você mesmo") baseada no uso de tecnologias surgida nos Estados Unidos nos anos 1960 - tem conseguido superar barreiras financeiras e institucionais. Esta cultura está intimamente conectada à cultura *hacker*, mais interessada na manipulação de software, estando a *maker* mais focada na manipulação de materiais, sistemas e máquinas. A cultura *maker* também está interessada em *hardware open-source*, ou em código aberto, que permitam a apropriação e modificação de uma técnica ou maquinário buscando sua disseminação e aperfeiçoamento. É uma ideologia do fazer, da experimentação e do errar livremente.

Buscando um ambiente educacional onde as potencialidades dessa indústria e dessa cultura pudessem ser exploradas e

testadas, em 2001 Neil Gershenfeld fundou 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 regulariza e administra esses laboratórios ao redor do mundo - "um *fab lab* é uma plataforma técnica de prototipagem para inovação e invenção, estimulando o empreendedorismo local. Um *fab lab* também é uma plataforma de aprendizagem e inovação: um lugar para jogar, criar, aprender, orientar, inventar". Tendo sua origem na cultura *maker*, surgem concomitantes aos *fab labs* os chamados *makerspaces*, espaços com ideais semelhantes, mas sem estarem limitados à fabricação digital, e não vinculados ao MIT.

Na cidade do Rio de Janeiro, segundo levantamento próprio, existem oito *makerspaces* ou *fab labs* em atividade (dados de 2016). Seguindo a categorização de 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 e gratuito à comunidade em geral - programa que acontece em São Paulo desde 2014 nas 12 unidades do Fab Lab Livre SP, por exemplo.

Mesmo nesse contexto, as instituições de educação em geral não têm conseguido acompanhar as inovações tecnológicas. Foram analisadas escolas de diferentes realidades, estudando os aspectos físicos e pedagógicos das instituições. De acordo com o Censo Escolar de Educação Básica de 2016 realizado pelo 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. Sob a ótica do espaço físico, sabe-se que é financeiramente oneroso às escolas adquirir equipamentos voltados ao ensino de ciência e tecnologia e, uma vez adquiridos, não é realizada constantemente a atualização dos mesmos. Desse modo, trabalhar um laboratório seguindo a lógica móvel se adapta às necessidades atuais das instituições de ensino, promovendo uma solução temporária aos problemas espaciais relacionados à prática e ao ensino da ciência e tecnologia.

Pedagogicamente, a dificuldade das escolas em introduzir tecnologia em seus programas deve-se também à abordagem de ensino. Segundo Rezende (2000), na abordagem tradicional, amplamente adotada, o aluno é um receptor passivo e as disciplinas são particionadas e independentes. Em contrapartida, na abordagem construtivista - baseada no trabalho do psicólogo suíço Jean Piaget sobre o desenvolvimento da inteligência nas crianças -, a aprendizagem é uma construção e o aluno possui controle sobre ela; o ambiente é interdisciplinar e as habilidades e conhecimentos são desenvolvidos no contexto onde serão utilizados. Esta última mostrou-se bastante adequada ao ensino através da cultura *maker*, já que preza e estimula 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 propõe adotar a ideia “*fab lab is the new lanhouse*” - por analogia ao aparecimento deste tipo de espaços nos anos 1990, que ampliou o acesso ao computador e à internet – e investigou formas de introduzir a cultura *maker* como atividade educativa. Procurou-se estratégias que fossem rápidas, baratas, igualitárias e adaptáveis para inserir a tecnologia no ensino básico e médio, a fim de democratizar seu acesso e disseminar seus usos.

Metodologia de pesquisa

Programa

Após definida a linha pedagógica do projeto, fez-se 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, para assim compreender programas, áreas, máquinas e atividades compatíveis com a proposta.

Os dados resultantes (tabela 1) foram cruzados com o modelo ideal proposto pela *Fab Foundation* (tabela 2). Assim, percebe-se que, para atender às demandas espaciais e funcionais de um dispositivo móvel, o programa deveria ser reduzido 10 vezes em relação ao ideal proposto, chegando a 36m². Pelo mesmo processo, percebeu-se que não havia necessidade de utilizar todos os equipamentos em todas as atividades a desenvolver no laboratório, já que muitos dos 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 que se combinam para atender diferentes propósitos de atividades.

A definição desses módulos passou pela listagem tanto das atividades quanto do maquinário ideal para um ambiente itinerante. Quanto ao maquinário, escolheu-se equipamentos de pequeno porte e que dispensassem uma grande infraestrutura para operar. Também foi levado em conta a relação entre custo e uso do equipamento, o que excluiu o *scanner* 3D e a máquina de *silkscreen*, por exemplo.

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

Nome	Aconcha-gua 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	Caminhoneiro	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 peq.	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 2: Programa ideal sugerido pelo site da *Fab Foundation*

Espaço	Dimensões (m)	Área (m ²)
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	23

Fresadora CNC	6x4,5	27
Impressora 3D	3,5x5	17,5
Administração, estoque de material e área de exibição	18x2	36
Total	18x20	360

Quanto ao programa de atividades, foram levadas em consideração as definições do MIT para seus *fab labs*. Manteve-se assim a divisão proposta em áreas de fabrico com maquinário específico e área de trabalho coletivo e aulas. Áreas de estoque, depósito e administração foram suprimidas ou incorporadas às áreas de fabrico, por se entender que o projeto disfrutaria de uma base de trabalho externa às escolas onde essas áreas poderiam se concentrar. Manteve-se todas as demais área propostas: corte a laser, modelagem e fundição (transformada em área de moldagem), eletrônica (ao 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).

Assim, foram escolhidas as seguintes máquinas - indicando referências comerciais de modelos existentes - para atender às atividades propostas: 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 e na possibilidade de manipulação do ambiente pelos alunos, além de não deixarem nenhum legado físico no local 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* (Shenzen, 2016), *Fabricating the Future*, seguiu-se o conceito de *Fab Lab 2.0*, onde privilegiam "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 os princípios de fabricação digital e suas estratégias específicas (tabela 3), para escolher a técnica com maior aplicabilidade no cenário dado.

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 mostra 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 -, além de que não pode ser facilmente aplicado a materiais mais duradouros. Assim sendo, optou-se pelo uso de métodos subtrativos via fresadora CNC, por suportar maiores formatos - no caso, chapas de madeira compensada - e apresentar considerável disponibilidade no contexto estudado.

Tabela 3: Avaliação dos princípios da fabricação digital baseada nas definições de Iwamoto (2009) e Dunn (2012). (Escala de 0-5)
*Dentro do contexto estudado

	Corte 2D	Subtração 3D	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

Forma do pavilhão

Ainda em contraposição à forma dos casos de estudo e de acordo com a abordagem construtivista, procurou-se uma forma base em que não só fosse aplicável a fabricação digital, mas que também se aproximasse da linguagem dos usuários, 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 infante-juvenil e provavelmente funcional, como ilustrado nos projetos do Fab Pavilion (FabLab Seoul, 2016) e do Clubhouse (Atelier Remy&Veenhuizen, 2009). Aliado ao material e à forma, procurou-se um método construtivo que se adaptasse não só à lógica móvel, sendo desmontável, mas também à necessidade de personalização dos espaços e o uso da fabricação digital, possibilitando tanto o reaproveitamento da estrutura como sua expansão ou retração, estudado nos projetos da Casa Revista (Clarice Rohde, 2015) e TwoxTwo (Iowa State University, 2016).

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 do espaço horizontal, o aumento do espaço vertical, maior iluminação natural, ventilação cruzada e aumento da área total de piso (figura 1). A partir da combinação de todos esses perfis, criou-se uma família de formas, as quais podem atender todo o programa proposto e suas especificidades (figura 1).

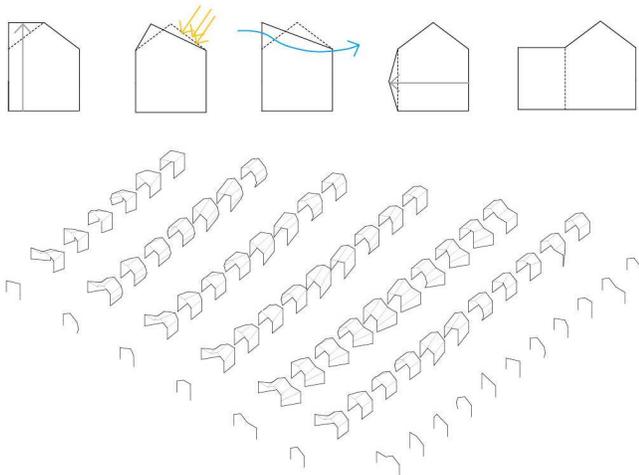


Figura 1: Perfis base (acima) e família de formas (abaixo)

Além da forma, o programa também foi sistematizado, sendo dividido em dez módulos 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*). Estes 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, levando em conta a sua especificidade e tamanho e buscando a melhor integração entre módulos. Também foram propostos sete conjuntos de programa que pretendem atender a diferentes demandas de espaço, tempo de permanência, público alvo e 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 são selecionadas alternadamente, dando origem a 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 furos ocorrem também 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.

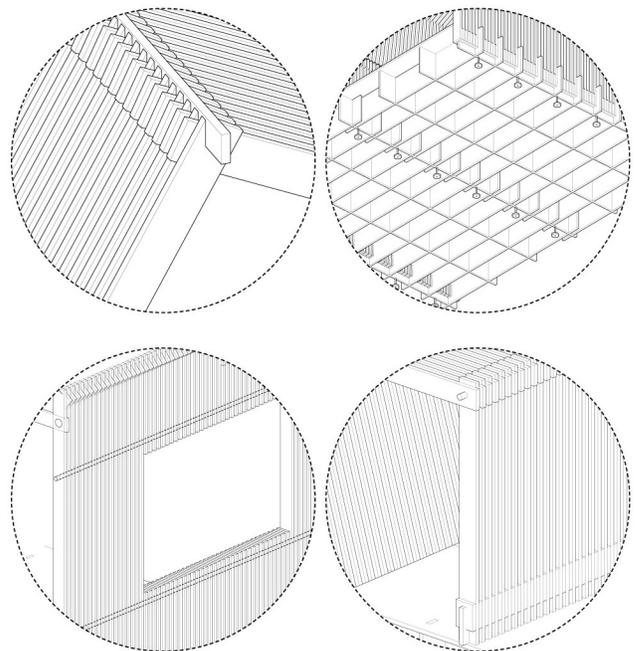


Figura 2: Detalhes construtivos da cumeeira e piso (acima), e aberturas laterais e mobiliário (abaixo)

O pórtico é encaixado na armação do piso, cuja estrutura foi baseada na *WikiHouse* construída no LAMO - Laboratório de Modelos e Fabricação Digital da FAU UFRJ, no Rio de Janeiro (Rohde, 2016). Essa estrutura é composta por peças longitudinais e transversais que se juntam via encaixe 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. Em 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 pode ser feito para anexar 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.

pilotis, pátios cobertos, quadras de esportes ou ainda salões da escola.

A modulação da estrutura permite facilmente que os módulos se conectem entre si em diferentes arranjos espaciais, podendo ser dos mais variados, desde linear, em "L", em "U" ou fechado, gerando um pátio interno para atividades (figura 4).

Esses princípios foram

apl
fim
pos
res
par
mó
3),
pos
pro
lay
infr
cor
hid
o
cor
lóg
pór
des
dis
onl

Ir
A
imç
poc
dife
esc
priv
insi
de
ciê

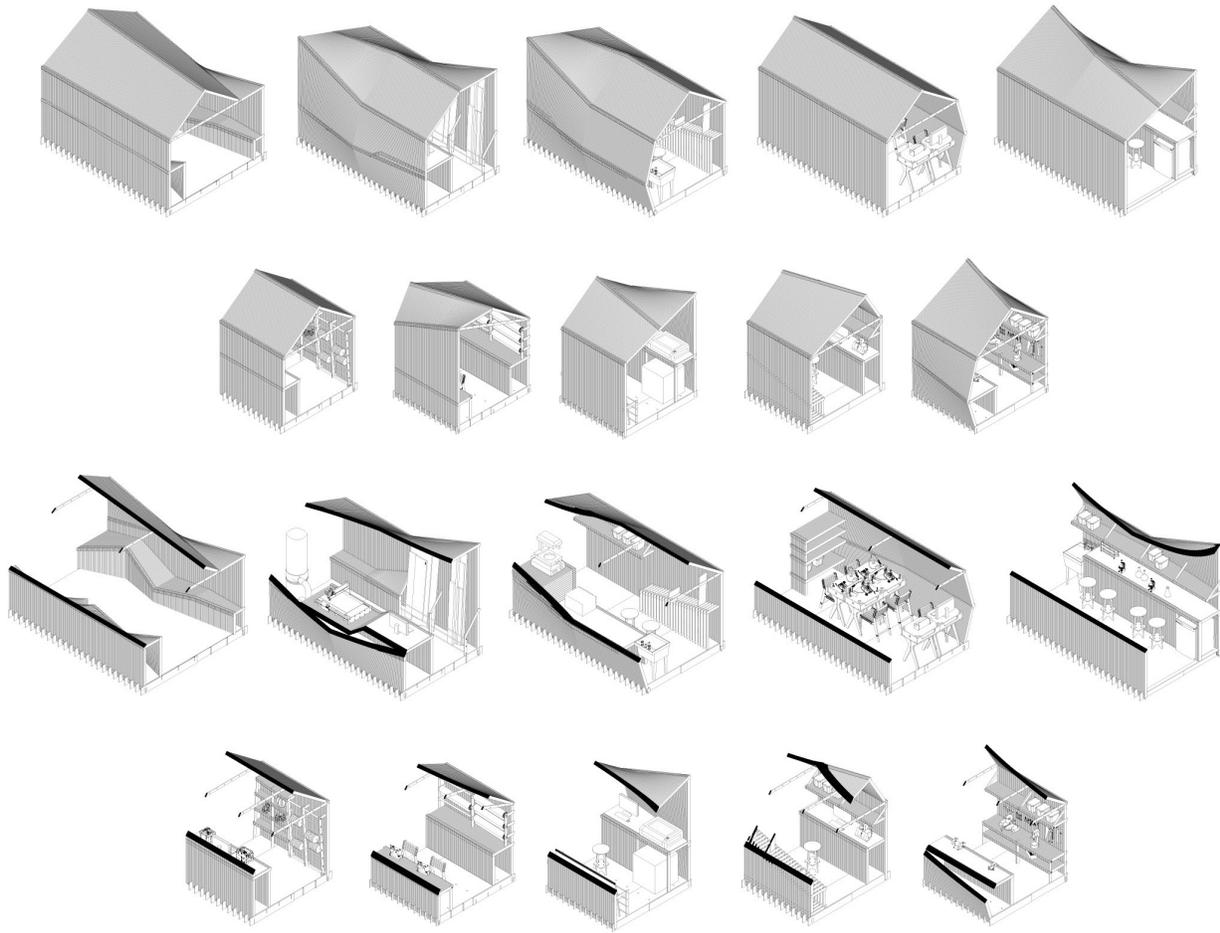


Figura 3: Módulos finais em ordem crescente de tamanho, mostrando o exterior (primeira e segunda fileira) e o interior (terceira e quarta fileira). Da esquerda para a direita: Aulas, Fresadora Grande, Moldagem, Eletrônica, Biohacking, Impressão 3D, Costura, Corte a Laser, Fresadora Pequena, Ferramentas.

soluções complexas de impermeabilização, isolamento termo-acústico e climatização na estrutura. Neste sentido, podem ser instalados em

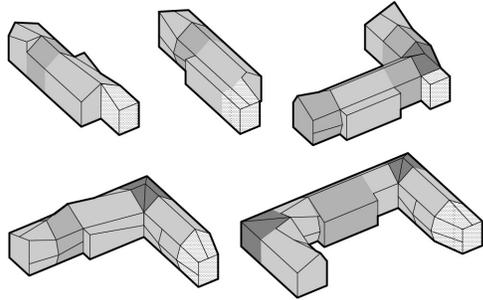


Figura 4: Possíveis arranjos espaciais

Prototipagem

Todo esse processo de criação de forma e estrutura é organizado em uma definição algorítmica utilizando o software Rhinoceros + Grasshopper (figura 5). O uso dessa ferramenta é importante para possibilitar a customização do projeto de maneira fácil e sem alterar as principais características do mesmo. Além de gerar a forma, pode-se extrair diretamente do modelo os arquivos planificados para corte e gerar o *nesting* (figura 5) 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. Foram feitos modelos na escala 1:10 e 1:5 (figura 7 e

8), que permitiram identificar problemas de encaixe e estruturação antes de um protótipo em escala 1:1.

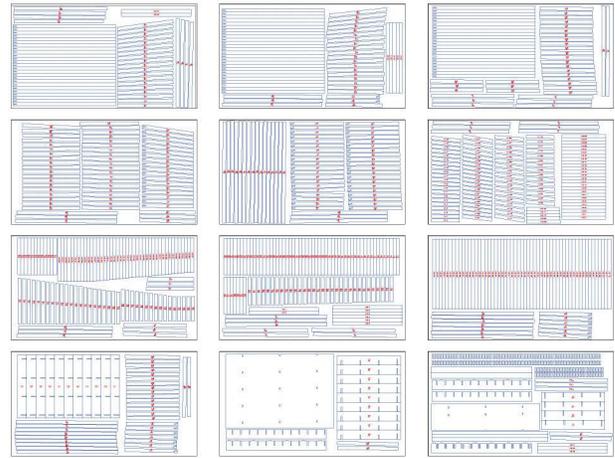


Figura 5: Nesting das peças para corte

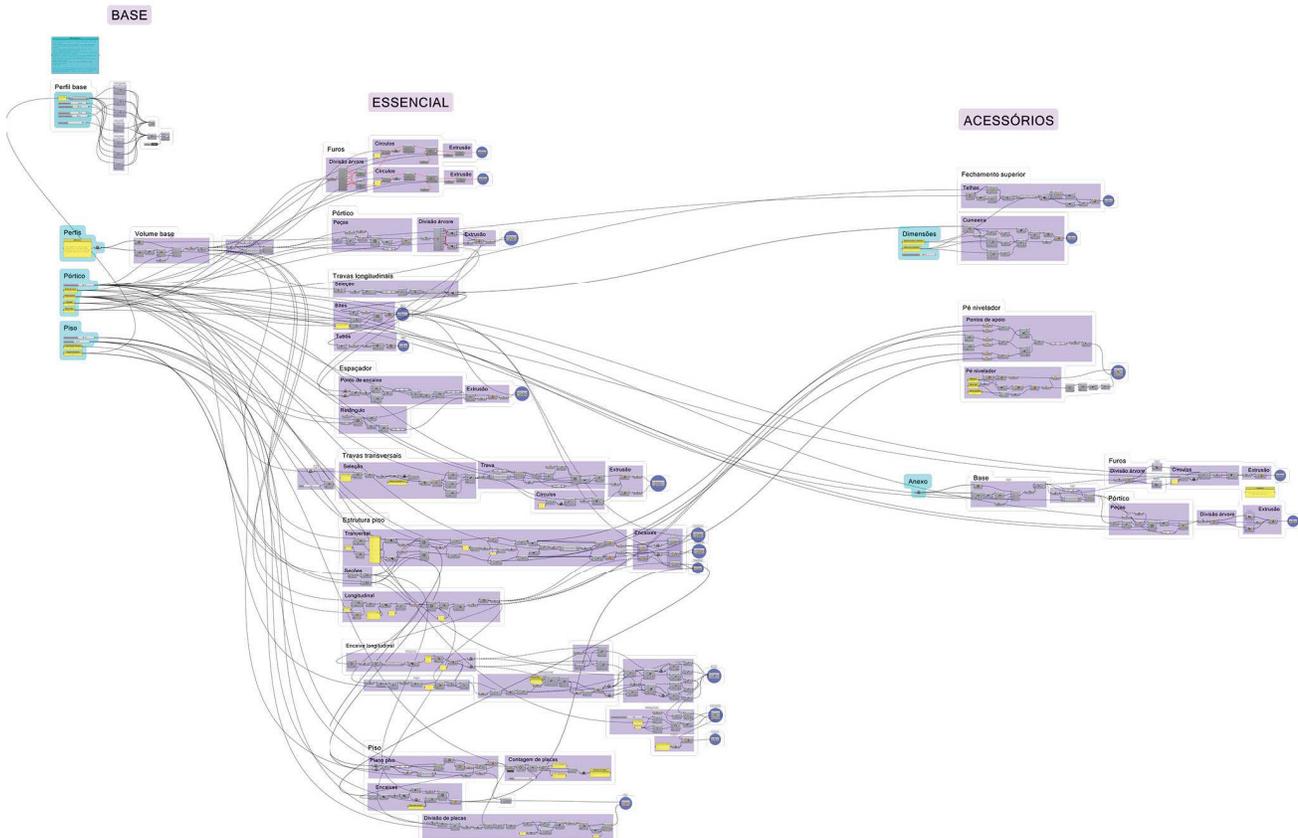


Figura 6: Definição algorítmica do projeto utilizando Rhinoceros + Grasshopper



Figura 7: Modelo em escala 1:5

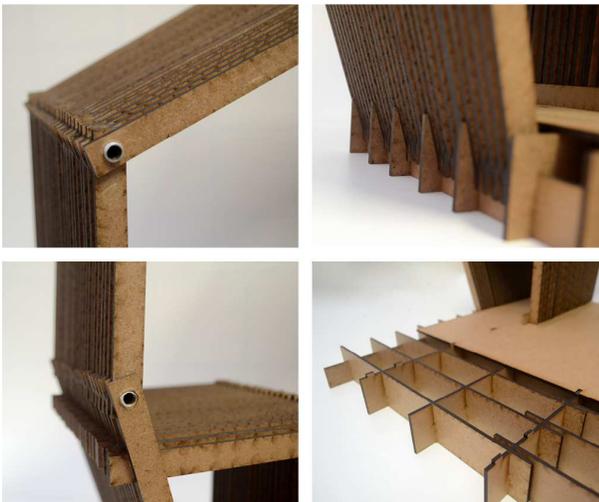


Figura 8: Detalhes do modelo em escala 1:5

Conclusão

O projeto é uma proposta a ser desenvolvida como projeto de extensão e testada preferencialmente em uma escola pública. Dados os objetivos propostos, ainda é preciso a construção em escala real para teste da estrutura, além do estudo mais a fundo da 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 são passíveis de melhor resolução e foram posteriormente alterados nos desenhos técnicos.

No âmbito do design paramétrico, muitas barreiras foram ultrapassadas a fim de criar uma definição racionalizada e 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.

Por fim, do mesmo modo em que as *lanhouses* foram essenciais na transição para a era da comunicação digital, os *fab labs*, *makerspaces*, *hackerspaces*, entre outros espaços do 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. Se hoje ainda não se tem acesso fácil a essas tecnologias é só pensar em como, há 20 anos, era difícil e caro o acesso à internet.

Fabricação digital vai muito além do uso de máquinas como a impressora 3D ou a fresadora CNC. O potencial desses ambientes é grande e 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 algumas 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). Dar acesso à fabricação digital é dar acesso à produção e à criação; é possibilitar dominar a tecnologia e não se deixar dominar por ela; é dar as ferramentas para se construir o futuro.

Agradecimentos

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

Referências

- BUITONI, C.S. Mayumi Watanabe Souza Lima: a construção do espaço para a educação. FAU USP: São Paulo, 2009.
- DUNN, N. Digital Fabrication in Architecture. Laurence 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>>
- FAB FOUNDATION. How to Start a Fab Lab: The Space. Disponível em <<http://fabfoundation.org/the-space/>>
- FAB FOUNDATION. What is a Fab Lab? Disponível em <<http://www.fabfoundation.org/index.php/what-is-a-fab-lab/>>

- GERSHENFELD, N. How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution. Cambridge: Foreign Affairs (91), pp. 43-57, 2012.
- INEP, Censo Escolar da Educação Básica 2016. Brasília, 2017. Disponível em <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/notas_estatisticas/2017/notas_estatisticas_censo_escolar_da_educacao_basica_2016.pdf>.
- 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. 117.
- 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. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte), Belo Horizonte: v. 2, n. 1, p. 70-87, 2000.