

WIKI MAKER

anteprojeto de Anexo Maker para Escolas de Referência
do Ensino Médio em Recife/PE

“O espaço funciona como um impulsionador e facilitador para o processo de ensino e aprendizagem do estudante. Para adaptar a escola a esses novos alunos, algumas instituições preferiram recomeçar do zero, derrubar paredes e repensar todo o espaço escolar.” (SANTOS, G. S. 2015, p. 106)

“Schools manifest how they value a particular activity by building a space for it. [...] Only then can likeminded students gather together, hang out, do projects, talk about them, and create a productive subculture in schools.” (BLIKSTEIN, P, 2013)

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Arquitetura e Urbanismo

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Recife, 2023

autora: Juliana Cadidé Nery
orientadora: Letícia Teixeira Mendes
coorientador: Pascal Machado

Nery, Juliana Cadidé.

WikiMaker: anteprojeto de Anexo Maker para Escolas de Referência do Ensino Médio em Recife/PE / Juliana Cadidé Nery. - Recife, 2023.

140 p. : il., tab.

Orientador(a): Leticia Teixeira Mendes

Coorientador(a): Pascal Machado

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Arquitetura e Urbanismo - Bacharelado, 2023.

1. Makerspaces. 2. WikiHouse. 3. Ensino Público. 4. Fabricação Digital. 5. Prototipagem Rápida. I. Mendes, Leticia Teixeira. (Orientação). II. Machado, Pascal. (Coorientação). III. Título.

720 CDD (22.ed.)

resumo

O presente trabalho consiste na exploração, pesquisa e concepção de anteprojeto de anexo de makerspace para Escolas de Referência do Ensino Médio de Recife/PE, utilizando a fabricação digital como principal sistema construtivo e partido arquitetônico no projeto. Nesse sentido, faz-se o uso de manufatura subtrativa em chapas de compensado naval usinadas através de fresadoras CNC (Computer Numeric Control), sendo uma adaptação do sistema construtivo proposto pelo WikiHouse em método open-source. Tal sistema consiste em peças de compensado usinadas de modo a formar um sistema de encaixes por fricção, que juntos compõe o projeto arquitetônico e estrutural e que demonstram o potencial das tecnologias de fabricação digital na resolução de demandas do cotidiano, adaptando-se a diversas necessidades e contextos. Tendo em vista as novas demandas colocadas pela introdução da tecnologia no ensino e no cotidiano, espaços que promovam a co-operação, criatividade e o acesso a equipamentos de fabricação digital se fazem necessários nas escolas públicas de modo a possibilitar a inclusão digital. Apropriando-se da temática atrelada à tecnologia e a importância do espaço físico no desenvolvimento e aprendizado dos alunos, o trabalho visa potencializar, através da arquitetura o ensino e a inclusão digital deles. Para tanto, de modo a responder a diferentes demandas impostas ao projeto, fez-se necessário que este contivesse conceitos de modularidade e flexibilidade que permitissem a adaptação e transformação constantes destes à diferentes escolas.

PALAVRAS-CHAVE: Makerspaces. Ensino Público. Wikihouse. Fabricação Digital. Prototipagem Rápida.

agradecimentos

abstract

This project entails the exploration, research, and development of a project draft for a makerspace annex designed for High School Reference Schools in Recife/PE. The proposed project employs digital fabrication as the principal construction system and architectural approach. Specifically, the project utilizes subtractive manufacturing techniques on naval plywood sheets machined via CNC (Computer Numeric Control) milling machines, adapting the open-source construction system proposed by WikiHouse. This system employs plywood parts that are machined to fit together through friction, ultimately forming the architectural and structural design. The project's design demonstrates the potential of digital fabrication technologies in solving everyday demands while accommodating various needs and contexts. Given the new demands stemming from the integration of technology in education and daily life, public schools require spaces that foster cooperation, creativity, and accessibility to digital fabrication equipment, enabling digital inclusion. This project endeavors to improve student education and digital inclusion through architecture by leveraging the theme of technology and physical space's significance in student development and learning. Therefore, the project integrates concepts of modularity and flexibility to ensure adaptability to different schools' specific requirements and changing demands.

KEY WORDS: Makerspaces. Public Education. Wikihouse. Digital Frabrication.

Aos meus pais, que acreditaram e sonharam comigo diariamente, de modo que se fizeram presentes mesmo na distância física. Aos meus irmãos, que em suas diferenças me ensinaram no cotidiano a importância da minha profissão escolhida.

À Mateus, companheiro e fiel ouviente de todas as minhas indagações e descobertas.

À Letícia e Pascal, que com paciência e competência me mostraram novas possibilidades em arquitetura e que o ensino, pode, sim, ser mais leve e dinâmico. À Letícia agradeço por ter me aberto as portas de uma arquitetura prática, sensível e divertida.

Aos grandes profissionais que encontrei pelo caminho, obrigada pelos aprendizados, confiança e sensibilidade quando precisei.

Às grandes amigas que encontrei em Recife, cidade que me abraçou e tanto me ensinou. À Cristina, grande presente que a graduação me proporcionou.

À UFPE, universidade que me marcou profundamente e me transformou por completo.

sumário

01 introdução **09**

02 contextualização **13**

inclusão digital no ensino público
makerspaces

03 novos sistemas construtivos **25**

introdução aos conceitos CAD/CAM
fabricação digital e prototipagem rápida
wikihouse
referências projetuais

04 projeto

55

programa de necessidades

zoneamento

espaços

diretrizes

estrutura

05 manual de montagem

81

volume 1

volume 2

prototipagem

06 considerações finais

129

referencial



problemática

O crescimento do mercado digital e suas transformações no cotidiano vêm acompanhados do aumento significativo dos temas e discussões envolvendo a introdução das tecnologias digitais nos currículos escolares e da necessidade por profissionais aptos a responder às novas demandas introduzidas. As experiências adquiridas a partir do contato com tecnologias digitais no ensino básico contribuem para a construção do conhecimento, além de favorecer o protagonismo do aluno nas tomadas de decisões, impactando de forma significativa para a resolução dos novos problemas introduzidos pela indústria 4.0¹. Desse modo, espaços como *makerspaces*² tornam-se essenciais no sentido de fornecerem o acesso às tecnologias digitais como a fabricação digital e a prototipagem rápida. De acordo com Pupo (2009), a revolução digital vem provocando grandes mudanças no processo de concepção e produção de produtos. A fabricação digital e a prototipagem rápida mudam o modo de conceber e pensar projetos, desde seu planejamento ao processo de confecção, conferindo diminuição do tempo de produção, a realização de testes e protótipos e o aumento da qualidade das soluções, tornando acessível a elaboração e execução de um projeto ou produto. Assim, torna-se essencial que os estudantes do ensino público possam ter acesso a tais tecnologias, de modo a serem introduzidos no mercado digital e na construção e resolução das demandas de uma sociedade em rede (CASTELLS, 1999). Em contrapartida a isso, de acordo com o Censo Escolar de Educação Básica de 2016 realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesqui-

1 Também conhecido como 4ª Revolução Industrial, baseia-se no atual desenvolvimento de processos para automação e troca de informações.

2 Segundo Taylor et al (2016) são espaços de criação que disponibilizam de ferramentas e equipamentos que possibilitam o desenvolvimento e criação de projetos e produtos individuais ou colaborativos em que as pessoas podem colaborar e compartilhar de conhecimentos para sua realização.

sas Educacionais (INEP), das escolas que oferecem os últimos anos do ensino fundamental, 67,8% possuem laboratórios de informática, e somente 25,8% possuem laboratórios de ciências. Além disso, fica evidente, também, as diferenças sociais e educacionais ao se observar que, apesar do crescimento das tecnologias digitais e seu mercado, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), 4,3 milhões de estudantes brasileiros presenciaram a pandemia da Covid-19 sem acesso à internet, e, desses, 4,1 milhões estudavam na rede pública de ensino (PAMPLONA, 2021). Nesse sentido, a inserção de makerspaces no ensino público tem papel fundamental na democratização do acesso à informação digital, corroborando para a inclusão social e capacitação profissional para o mercado da tecnologia.

Segundo Blikstein (2013), as escolas demonstram a importância que dão a determinada atividade escolar a partir da criação de espaços físicos próprios, que propiciem não somente a realização das atividades que serão exercidas, mas também a criação de uma subcultura sobre determinado assunto no âmbito escolar. A cultura *maker*, essencial para os espaços *maker*, é fundamental para o comprometimento e engajamento de professores, alunos e comunidade no desenvolvimento e conservação do espaço. É fundamental, assim, para o sucesso da iniciativa a realização de um espaço *maker* próprio, destinado para as atividades referentes às tecnologias digitais e sua interdisciplinaridade, portando equipamentos de fabricação digital e prototipagem rápida. Há, também, na literatura autores que defendem que o espaço físico atua como terceiro professor, refletindo diretamente no desempenho, aprendizado e comprometimento dos alunos com as atividades ali exercidas; o espaço físico pode, então, atuar como catalizador no processo de ensino e aprendizagem, segundo Santos (2015, p. 106), oferecendo as diversas ferramentas que corroborem para o completo aprendizado. Nesse sentido, as tecnologias de Desenho Assistido por Computador (CAD) e Manufatura Assistida por Computador (CAM) em arquitetura, representam mudanças significativas no âmbito que vai desde a concepção à construção de projetos tridimensionais, corroborando para a construção de projetos inovadores, que reflitam as novas

tendências e demandas da sociedade informacional.

A introdução de fabricação digital na produção da arquitetura do espaço *maker*, utiliza-se da adaptação dos sistemas construtivos disponibilizados em método *open-source* pelo WikiHouse. Desse modo, contribuindo para o contato dos alunos com as possibilidades da tecnologia, em um ambiente que demonstra o potencial das atividades ali exercidas e ministradas de modo interdisciplinar e interativo.

objetivos

A partir disso, o objetivo geral do presente trabalho consiste na realização de um anteprojeto de anexo de makerspace para Escolas de Referência em Ensino Médio do Recife-PE, adaptando o sistema construtivo desenvolvido pelo Wikihouse.

objetivos específicos

- Elaborar um panorama sobre tecnologias digitais no ensino público da Região Metropolitana do Recife (PE);
- Pesquisar diretrizes e recomendações que direcionem o processo projetual de makerspaces;
- Analisar as tecnologias construtivas do WikiHouse, e propor adaptações no contexto da cidade do Recife (PE);
- Elaborar anteprojeto de anexo de makerspace utilizando tecnologia subtrativa em compensado naval, a partir da manipulação das tecnologias WikiHouse;

justificativa

A crescente discussão pela introdução da formação tecnológica nos currículos escolares do ensino público, tem demonstrado a latente necessidade por iniciativas que promovam o acesso às tecnologias informacionais. A Lei nº 14.533, sancionada no ano de 2023, que institui a Política Nacional de Educação Digital (PNDE) e que tem por objetivo, entre eles, a inclusão digital e educação digital nas escolas, demonstram a tendência pela necessidade de aperfeiçoamento e desenvolvimento da educação digital no Brasil.

Cabe ressaltar que diversas iniciativas, em âmbito nacional e regional, têm sido criadas, no sentido de ampliar o acesso e promover a inclusão de estudantes da rede pública às tecnologias digitais, como, por exemplo, os Espaços 4.0¹ em Pernambuco. No cenário nacional, a maior *startup* de tecnologia na educação da Índia, BYJU's *Future School*², tem mostrado interesse em apoiar o ensino brasileiro, promovendo o ensino de programação para crianças e adolescentes. Desse modo, o projeto em questão se faz relevante ao promover a inclusão digital de estudantes da rede pública de ensino do Recife (PE), a partir da criação de makerspaces que fomentem a criatividade e aprendizado e que disponibilizem equipamentos e ferramentas digitais, democratizando o acesso às tecnologias de fabricação digital.

1 Unidades de inovação que promovem o acesso à equipamentos de fabricação digital em um ambiente colaborativo.

2 Plataforma de tecnologia de educação online com aulas de lógica, pensamento algorítmico, entre outros.

02

contextualização

inclusão digital na rede pública de ensino

De acordo com Santos (2006), a inclusão digital é uma faceta da inclusão social, representando não somente o acesso às tecnologias informacionais, mas a sua apropriação pelo usuário de modo a transformar ou aumentar a qualidade de vida da população, a partir do uso de tais ferramentas. Nesse sentido, na atual era da sociedade em rede (CASTELLS, 1999), sendo a população a principal produtora e modificadora das tecnologias (CASTELLS, 2003), adaptando-as às suas demandas e necessidades de modo a contribuir na resolução de problemas do seu cotidiano e nas mudanças nas práticas políticas (ASSUMPÇÃO E MORI, 2006), o acesso às tecnologias digitais, através da inclusão digital, tem importante papel na autonomia e criticidade da sociedade que a utiliza. Assim, de modo a transformar e participar da sociedade informacional, promovendo a inclusão social, é de suma importância que, para além do ensino básico à informática, sejam promovidas habilidades digitais que possibilitem ou potencializem a transformação da comunidade ou região. Nesse contexto, Assumpção e Mori afirmam que a inclusão digital deve ser promovida de modo que:

a tecnologia seja utilizada na melhoria da qualidade de vida das pessoas, e não no aprendizado da informática isoladamente. Algumas sugestões neste sentido são o uso da tecnologia para a solução de problemas básicos: saúde, saneamento, meio ambiente; formação de redes cooperativas entre pessoas com o uso da tecnologia; produção e circulação de informações locais, como jornais e outros veículos de comunicação comunitários; registro e difusão de cultura local por meio das tecnologias, entre outros (ASSUMPÇÃO & MORI, 2006 apud GROSSI, 2013, p.71).

Considerando isso, de acordo com Assumpção e Mori (2006) a inclusão digital vai além da oferta de *softwares*, ou o acesso a *hardware* e equipamentos digitais. Consonante a isso, Rebêlo (2005) também afirma que incluir digitalmente implica na melhoria da qualidade de vida da comunidade, a partir da apropriação da tecnologia, de modo a responder às demandas da população. “Somente colocar computadores nas mãos das pessoas ou vendê-los a um preço menor não é, definitivamente, inclusão digital. É preciso ensiná-las a utilizá-los em benefício próprio e coletivo” (REBÊLO, 2005, p.2).

No cenário atual brasileiro, entretanto, ainda são observados aproximadamente 38 milhões de domicílios sem acesso à internet, de acordo com o Centro Regional para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic), em 2021. De acordo com a mesma instituição somente 39% dos domicílios possuem algum computador (2021). Os dados demonstram, que, apesar do crescimento das discussões frente à importância das tecnologias informacionais para a sociedade em rede e a indústria 4.0, o Brasil ainda possui um longo caminho para inclusão digital. Ao serem observados os dados referentes ao acesso às tecnologias informacionais na educação pública, de acordo com o IBGE 4,3 milhões de estudantes brasileiros vivenciaram a pandemia da Covid-19 sem acesso à internet, sendo destes, 4,1 milhões estudavam em escolas públicas (PAMPLONA, 2021). Ainda de acordo com o Cetic, apenas 42% das escolas públicas (municipais, estaduais e federais) em 2020 no Brasil possuíam *desktops* em funcionamento em laboratórios de informática. Apesar das desigualdades quanto ao acesso às Tecnologias Digitais da Informação (TIDICs) em território brasileiro, segundo o Banco Mundial, até 2024 serão criadas 420 mil novas vagas de emprego na área da tecnologia.

Em Recife/Pernambuco, no Porto Digital¹, principal porto tecnológico do Nordeste, no final do ano de 2020 foram contabilizadas mais de 2.500 vagas ociosas, demonstrando não somente o crescimento do mercado informacional, mas, também, a alta demanda por profissionais capacitados para responder as demandas da indústria 4.0.

Nesse sentido, a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) brasileira foi desenvolvida, entre suas diretrizes, para que sejam incluídas em suas propostas os temas das Tecnologias Digitais da Informação (TIDIC) considerando, principalmente, a resolução de problemas, levando em conta a tecnologia como essencial no processo de inclusão social, como destaca a competência geral 5:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (BNCC, 2018).

Desse modo, em consonância com os autores já citados sobre inclusão digital, o Currículo de Referência em Tecnologia e Computação (2018), criado pelo Centro de Inovação para a Educação Brasileira ²(Cieb), ao estabelecer eixos de atuação alinhadas à

1 O parque tecnológico foi fundado no ano 2000 com o objetivo de manter os profissionais qualificados na cidade e revitalizar o bairro do Recife Antigo, onde está localizado. Atuando principalmente nas áreas de tecnologia da informação e comunicação e economia criativa, contém mais de 350 empresas e representa faturamento de R\$ 4,75 bilhões. (Wikipedia)

2 O Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB) é uma organização da sociedade civil, sem fins lucrativos, que apoia as redes públicas de ensino básico a realizar uma transformação sistêmica nos processos de aprendizagem, gerando mais qualidade para a educação, por meio do uso eficaz das tecnologias digitais (CIEB, 2023)

BNCC, voltadas exclusivamente ao desenvolvimento de habilidades e competências digitais nas escolas, a considera como meio de auxílio pedagógico, mas, também, como um fim em si, promovendo a democratização ao acesso das tecnologias e a inclusão digital dos estudantes na indústria 4.0.

O autor Warschauer (2005, apud GROSSI, 2013, p.77) afirma que:

A instalação de computadores nas escolas, por exemplo, é uma das alternativas que se mostram mundialmente eficientes nos países em desenvolvimento – desde que sejam levados a sério, com instrutores, equipamentos funcionando e diretrizes sérias, o aluno não apenas aprende o que tem que aprender na sala de aula, mas também sai da escola com um ofício. A longo prazo, é notória a inclusão social que ações assim podem gerar.

Desse modo, para além do ensino à informática básica, a resolução de problemas cotidianos dos estudantes ou de suas comunidades contribuem não somente no processo de inclusão digital destes, como também na transformação e modificação da própria tecnologia e no aumento da qualidade de vida individual e coletiva. Nesse contexto, autores que tratam da inclusão digital nas escolas defendem cada vez mais a introdução de *Makerspaces* no ambiente escolar, que, em consonância com as diretrizes do Novo Currículo Escolar Brasileiro, possibilitam o ensino das disciplinas utilizando a tecnologia como potencializador da educação. Além disso, permitem a democratização do acesso às TIDIC's e o desenvolvimento de habilidades e competências relativas ao uso das tecnologias informacionais, promovendo a inclusão digital a partir da experimentação e colaboração.

A democratização do acesso às tecnologias informacionais atreladas à universalização do conhecimento sobre a indústria 4.0 e suas possibilidades, contribuem diretamente para a inclusão social. Isso se dá pelo fato de o acesso possibilitar a autonomia e criticidade na resolução dos problemas cotidianos da própria comunidade, participação nas práticas públicas e transformações sociais, além da introdução ao mercado de trabalho informacional.

Silva, Souza e Teixeira (2020) defendem a aproximação de jovens e professores a ambientes tecnológicos:

A incipiência de equipamentos tecnológicos em ambientes educacionais clássicos é um motivador para que alunos e professores procurem e ocupem makerspaces e se tornem makers. Ademais, a inserção de discentes em um habitat de inovação que promova competências e estimule práticas inovadoras, mais do que apenas promover capacidades individuais, integra essas pessoas dentro do contexto ecossistema de inovação de forma atuante. (SILVA, SOUZA & Teixeira, 2020, p. 343).

Em Pernambuco, através da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (SETIC), os Espaços 4.0 são iniciativas que demonstram a latente necessidade de adaptação do ensino público frente à introdução de temas relacionados às tecnologias informacionais em currículos escolares. Estes são espaços de inovação que disponibilizam equipamentos de fabricação digital como impressoras 3D, cortadoras a laser, *scanners* 3D, kits de arduíno¹, entre outros. Os espaços estão presentes em Escolas Técnicas Estaduais (ETE's) e em Escolas de Referência em Ensino Médio (EREM) e contam com laboratório de tecnologias da comunicação e informação e laboratório maker, envolvendo os eixos de Criatividade, Inovação e Em-

¹ Kits de Arduíno são plataformas de hardware e software open source que, no ensino, possibilitam a realização de aulas transdisciplinares, de qualidade e baixo custo, a partir do aprendizado por experiências o aluno é colocado como consumidor e modificador das tecnologias. (CASTRO e SANTOS, 2020)

preendedorismo (CEI) e Habilidades do Futuro (HF).

A iniciativa, de modo a contribuir com o desenvolvimento do ecossistema local, busca, seguindo os preceitos de Makerspaces, expandir as atividades ali desenvolvidas para além dos limites da escola. Um exemplo disso é que a ETE Cícero Dias, na qual foi implantada um Espaço 4.0, recebeu, em parceria com *startup* criada em Recife, uma *IoT*Tree, árvore da internet das coisas, que possui placas solares, carregadores usb, entre outros elementos que podem ser modificados pelos alunos e que está ligada ao ensino sobre sustentabilidade.



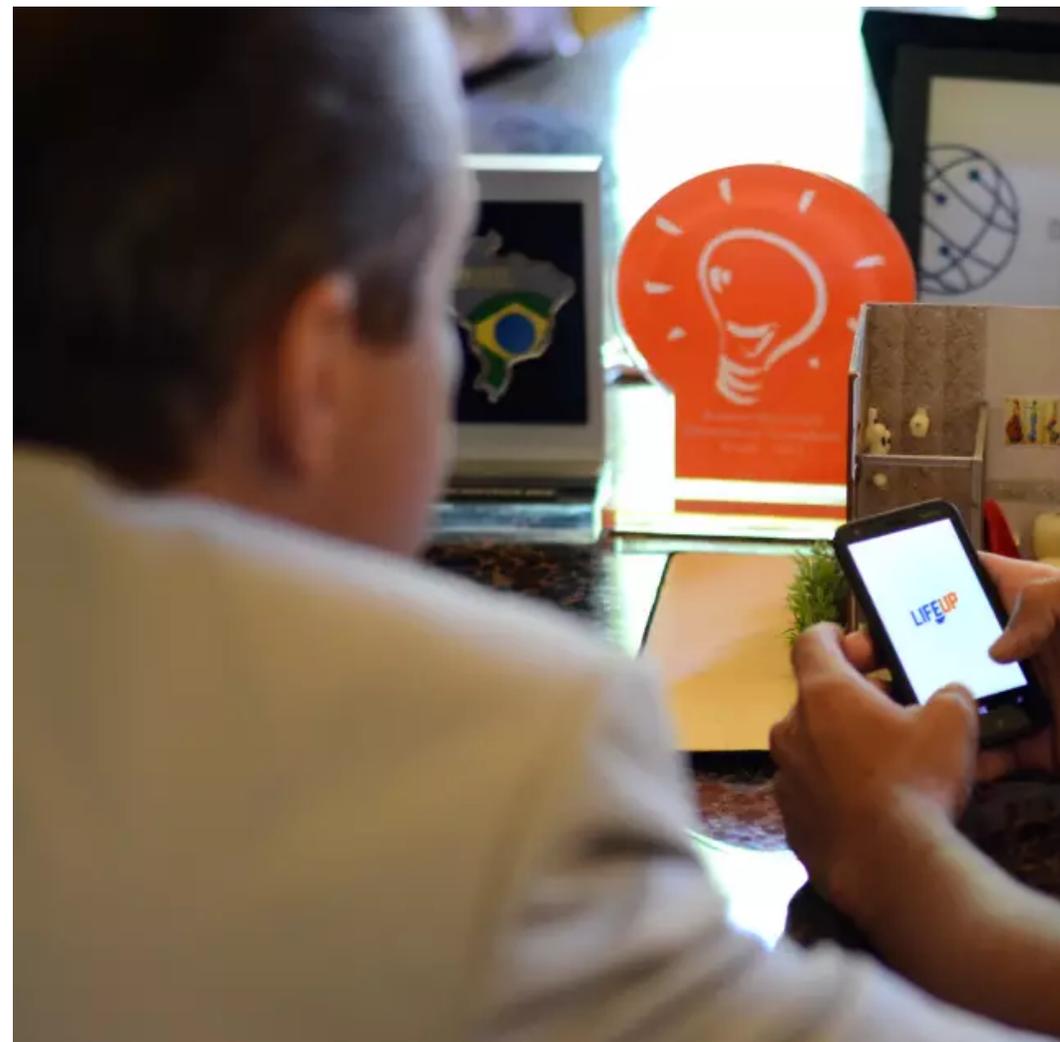
(F1) IoTTree - Árvore da internet das coisas localizada na ETE Cícero Dias. Fonte: <https://www.pti.org.br/>

A ETE Cícero Dias também faz parte do Núcleo Avançado em Educação (NAVE), parceria da Secretaria do Estado de Educação de Pernambuco e a Oi Futuro¹. No NAVE cursos de programação de jogos e multimídia são ministrados e os alunos são estimulados a ingressarem no mercado da área digital. O programa também contou com a colaboração do CESAR (Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife), importante centro de inovação, sendo uma instituição âncora do Porto Digital do Recife, um dos maiores parques tecnológicos do Brasil, no desenvolvimento e implementação do programa. O aumento das discussões sobre o tema e as conexões que vêm sendo realizadas para a inovação do ensino público demonstram o interesse também do setor privado no desenvolvimento de profissionais aptos a integrarem o mercado digital.

Ainda em Recife, a Escola Técnica Estadual Professor Agamenon Magalhães (ETEPAM) ficou entre as finalistas na categoria de Inovação do prêmio World's Best Schools, que reconhece as principais escolas que realizaram impactos significativos na educação, oferecendo um prêmio de 50 mil dólares. O projeto Life Up, desenvolvido desde 2010 na ETEPAM, tem por principal cerne o desenvolvimento de projetos e soluções que beneficiem a comunidade ao qual a escola está inserida. Em um ambiente colaborativo e participativo, através de uma metodologia ativa², os alunos são estimulados a desenvolver soluções para seu próprio cotidiano, atrelando conhecimento técnico à prática. Nesse sentido, foram desenvolvidos, cobertores biológicos para o combate aos deslizamentos de morros, software para alunos autistas que promovam os estudos e a comunicação, entre outros.

1 “[...] instituto de inovação e criatividade da Oi para impacto social, atua como laboratório para cocriação de projetos transformadores nas áreas de Educação e Cultura (Oi Futuro, 2023)”

2 As metodologias ativas são abordagens pedagógicas que colocam o estudante como protagonista do seu processo de aprendizagem, promovendo a participação ativa e colaborativa em atividades práticas. A metodologia está intimamente relacionada movimento maker.



(F2) Life Up - Aprendizado através de projetos.
Fonte: <https://fundacaotelefonivivo.com.br>

makerspaces

O crescimento da discussão sobre a inclusão digital no cotidiano da população e a disseminação de novas tecnologias que permitem a experimentação, ensino e prototipagem de novos produtos, corroboram para o surgimento de espaços de criação caracterizados pela colaboração e cooperação. Esses espaços de produção são oficinas de criação, equipados com ferramentas de fabricação digital, prototipagem rápida, robótica e/ou ferramentas tradicionais e são caracterizados pelo compartilhamento de conhecimentos e criação colaborativa. Existem três principais termos que se referem à estes ambientes segundo César García Sáez (2017):

- **Fablab:** projeto do MIT criado em 2001 por Neil Gershenfeld, são espaços de experimentação com uma série de equipamentos compartilhados e um código de funcionamento comum, Fab Charter¹ e que foi desenvolvido primeiramente visando o empreendedorismo local, a partir da disponibilidade de ferramentas de fabricação digital
- **Hackerspaces:** espaços independentes direcionados a pessoas que já possuem certo conhecimento sobre programação e eletrônica, e que são destinados principalmente ao desenvolvimento de *software livre*² e *open hardware*³
- **Makerspaces:** espaços independentes que oferecem equipamentos de fabricação digital, prototipagem rápida, equipamentos tradicionais e que estimulam o aprendizado a partir da criação de soluções colaborativamente, assim, apresentam características mais voltadas à educação.

1 <https://fab.cba.mit.edu/about/charter/>

2 *Softwares* livres concedem liberdade de modificação, acesso e execução de seu código fonte, de modo a permitir a distribuição de cópias modificadas ou não (Wikipedia)

3 *Open hardwares* são equipamentos eletrônicos que concedem liberdade de modificação e construção dos equipamentos, através da disponibilização irrestrita sobre seu projeto de *hardware*. (Wikipedia)



(F4) UNSW MAKERSPACE - The University of New South Wales. A presença de formas e cores em projetos de makerspaces corrobora com o conceito de dinamicidade, flexibilidade e inovação.
Fonte: <https://www.belmadar.com.au/>

Considerando a democratização do acesso à equipamentos digitais, bem como o teor educacional dos espaços *maker*, a introdução de Makerspaces no ensino mostra-se eficiente no processo de desenvolvimento da educação, inclusão digital e inovação social. Entre as características desse espaço estão o compartilhamento do conhecimento em rede, o ensino pautado na experimentação, a criação de produtos em benefício individual e coletivo.

O termo Makerspace tornou-se popular em 2011 para referir-se a espaços que, além de disponibilizarem equipamentos digitais, são responsáveis pela geração de uma rede de criação colaborativa, conhecida como cultura *maker*. O movimento, intrínseco ao crescimento dos laboratórios de fabricação digital, é uma extensão da cultura “Do It Yourself” e baseia-se na construção, criação, conserto ou modificação pelo próprio consumidor final utilizando ferramentas tradicionais ou digitais (COSTA, PELEGRINI, 2017).

O movimento maker é uma extensão tecnológica da cultura do “Faça você mesmo”, que estimula as pessoas comuns a construir, modificarem, consertarem e fabricarem os próprios objetos, com as próprias mãos. Isso gera uma mudança na forma de pensar [...] Práticas de impressão 3D e 4D, cortadoras a laser, robótica, arduino, entre outras, incentivam uma abordagem criativa, interativa e proativa de aprendizagem em jovens e crianças, gerando um modelo mental de resolução de problemas do cotidiano. É o famoso “pôr a mão na massa” (SILVEIRA, 2016, p.131).

Ao introduzir a cultura *maker* na educação, a partir dos espaços *maker*, promove-se o desenvolvimento da autonomia e senso crítico dos alunos quanto às demandas individuais ou coletivas do seu próprio dia a dia, promovendo transformações socioeconômicas em sua comunidade. Os laboratórios incentivam o empreendedorismo, a economia criativa¹, novas possibilidades na educação, promovendo a inclusão digital e social dos alunos. Segundo Koh-tala (2016), espera-se que os usuários de tais ambientes atuem de forma independente, compartilhando dos conhecimentos e produzindo colaborativamente; utilizando os equipamentos de forma a potencializar a criação de novos produtos e experimentações. Segundo Fressoli e Smith (2015), esses espaços têm o papel de corroborar com o desenvolvimento socioeconômico da região.

¹ Economia criativa consiste nas dinâmicas econômicas formadas pelas indústrias criativas, que se utilizam das habilidades criativas de indivíduos ou grupos como insumo primário (Wikipedia)

Em consonância a isso, também, segundo Gershenfeld (2005), um dos objetivos dos laboratórios de fabricação é diminuir a desigualdade digital entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, a partir da resolução de problemas locais utilizando a tecnologia.

Segundo César García Sáez (2017) alguns elementos são essenciais para um espaço maker:

- **Entidade legal:** atrás de todo espaço maker há uma entidade que o sustente legalmente, tendo direitos e obrigações;
- **Infraestrutura:** os equipamentos utilizados são disponíveis para todos, de forma colaborativa, dando acesso às ferramentas que dificilmente poderiam ser adquiridos individualmente, corroborando no processo de democratização do acesso a instrumentos e conhecimentos digitais;
- **Comunidade:** as pessoas são o elemento chave dos makerspaces. São elas que cuidam do espaço, continuam criando projetos e desenvolvendo novas ideias. No âmbito acadêmico, o fortalecimento de uma cultura de criação nas escolas é importante para a consolidação do makerspace no ambiente escolar, propiciando a continuidade dos projetos e atividades ali realizadas;
- **Atividades:** são essenciais para formar novos usuários e para àqueles que já trabalham no local, capacitando-os e facilitando a incorporação no espaço.

No sentido de consolidar o espaço maker como um ambiente de encontro em que as pessoas se organizam colaborativamente para criar, compartilhar e construir, evidenciam-se entre os elementos chave a comunidade e as atividades. De acordo com Sáez (2017), cada *makerspace* conterá atividades que melhor respondam às demandas dos usuários do espaço. Nesse sentido, o espaço além de ser utilizado pelos alunos e professores, pode abrir atividades direcionadas para a participação da comunidade, consequentemente levando os benefícios do espaço para a região, empoderando o comércio e cultura locais. Algumas das atividades que podem ser exercidas nos laboratórios de criação, segundo Pacini, et. al. (2019), são:

- Aulas e conferências;
- Robótica e programação;
- Fabricação digital e prototipagem rápida;
- Economia criativa;
- Exposições e workshops;
- Laboratório de informática;
- Biohacking;
- Eletrônica.

A partir das demandas e interesses dos usuários do *makerspace*, de modo a esse ser amplamente utilizado e a aproximação com o espaço seja facilitada, é possível traçar as atividades e, consequentemente, os equipamentos e infraestrutura necessárias para o ambiente. Segundo García Sáez (2017), alguns *makerspaces* adotam temáticas, trabalhando com tipos específicos de materiais e equipamentos. No caso da introdução de *makerspaces* em esco-

las, o autor considera fundamental a análise do currículo pedagógico de modo a adotar uma temática apropriada para o ambiente escolar. Desse modo, além de facilitar a apropriação dos alunos e professores, contribui para a interdisciplinaridade entre aulas tradicionais ministradas e as atividades realizadas nos *makerspaces*. A partir das diferentes temáticas, podem ser delimitados os equipamentos necessários. Alguns destes são:

- Computadores, laptops ou tablets dotados de softwares de código aberto;
- Máquinas de fabricação digital: impressoras 3D, cortadoras a laser, fresadoras CNC, equipamentos para modelagem e fundição;
- Kits de peças tipo lego: ajudam no desenvolvimento de protótipos antes de serem introduzidos em computadores;
- Componentes eletrônicos;
- Materiais de papelaria;
- Elementos de organização e armazenamento.

A disponibilização de tais equipamentos para alunos, professores e comunidade local, a partir de eventos, *workshops* e exposições, corroboram para a democratização do acesso às tecnologias digitais e a inclusão digital. O direcionamento de atividades que seja compatíveis às demandas da escola e da comunidade corroboram diretamente para a consolidação do espaço. A confecção de produtos e soluções realizados para as demandas locais impactam nas transformações socioeconômicas do entorno. Desse modo, o autor defende a abertura dos *makerspaces* para a introdução de novos membros e usuários, através dos eventos e aulas de capacitação constantes para a comunidade, além da apresentação e divulgação das discussões que acontecem no espaço.

Considerando as diferentes atividades que serão exercidas no espaço, segundo o manual “Cómo Hacer un Makerspace” (2017), o laboratório deve ser dividido em zonas, a depender dos equipamentos a serem utilizados:

- **Zonas Sujas:** áreas destinadas aos equipamentos ruidosos e que possam emitir poeira ou outros elementos nocivos. Necesita de ventilação apropriada. Alguns equipamentos que se enquadram nessas características são as cortadoras a laser e fresadoras CNC.
- **Zonas Limpas:** área separada fisicamente da zona suja, onde serão alocados computadores e outros equipamentos de fabricação digital poucos nocivos em seu uso. O espaço pode converter-se em ambiente de formação a partir da redistribuição de layout flexível, prevendo mesas que possam ser deslocadas e espaço para projeção de apresentações. Nessa zona podem ocorrer cursos, aulas e workshops para alunos e comunidade.

As zonas limpas devem prover de infraestrutura para escrever e pensar de modo colaborativo, permitindo lugares para criar coisas rapidamente, escrever e compartilhar ideias. Para a realização de múltiplas atividades, convém ao espaço ser flexível de modo a compatibilizar os usos nas distintas zonas. O autor Buitoni (2009), defende a “incompletude” do *makerspace* para que seja permitida sua flexibilidade e dinamismo, estimulando os alunos e usuários na transformação do espaço *maker* ao longo do tempo, corroborando para a apropriação do espaço. Desse modo, o ambiente funcionaria como catalisador, atuando como segundo professor, como afirmam Moyses, Monta’Alvão e Zattar (2019) inspirando a criatividade e colaboração entre os usuários. A flexibilidade do ambiente possibilita as constantes modificações de layout necessárias para um espaço de criação e colaboração.

Blinkstein (2013) defende a construção de espaços próprios para *makerspaces*, ao afirmar que as escolas demonstram a im-

portância que dão a determinada matéria a partir da criação de um espaço para ela, pois assim é possível criar uma subcultura de criação nas escolas, no qual os alunos demonstrem o mesmo interesse e corroborem para a continuação das atividades ali exercidas. Segundo Santos (2015, p.106):

A espaço funciona como um impulsionador e facilitador para o processo de ensino e aprendizagem do estudante. Para adaptar a escola a esses novos alunos, algumas instituições preferiram recomeçar do zero, derrubar paredes e repensar o todo escolar.



(F5) NOVO ESPAÇO NA BIBLIOTECA VILLA LOBOS - São Paulo.
Fonte: <https://marolacomcarambola.com.br/biblioteca-parque-villa-lobos-em-sao-paulo/>



Espaços que estimulem a criatividade e demonstrem as possibilidades da tecnologia e experimentações influenciam positivamente na compreensão e educação dos alunos. Áreas para escrever e pensar em conjunto: lugares para criar coisas rapidamente, escrever e compartilhar ideias, podendo ser utilizados para workshops, aulas, entre outros, são necessários no processo de dinamismo da criação colaborativa e experimentalista.

03

novos sistemas
construtivos

introdução aos conceitos CAD/CAM

Segundo Karim Hadjri e Jamal Al-Qawasmi (2007), a arquitetura vem sendo profundamente modificada pela introdução das tecnologias informacionais, possibilitando a reaproximação dos arquitetos do ofício de mestre de obras. Segundo Herinques (2016), as modificações da introdução das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) nos escritórios são marcadas por cinco fases. A primeira fase é caracterizada pelo surgimento do *software* AutoCAD, que significou uma mudança de representação dimensional dos projetos, tornando-se essencial aos escritórios que buscavam o aumento de produtividade nas representações 2D, sem modificar radicalmente os processos tradicionais de desenho devido à sua semelhança com os métodos analógicos.

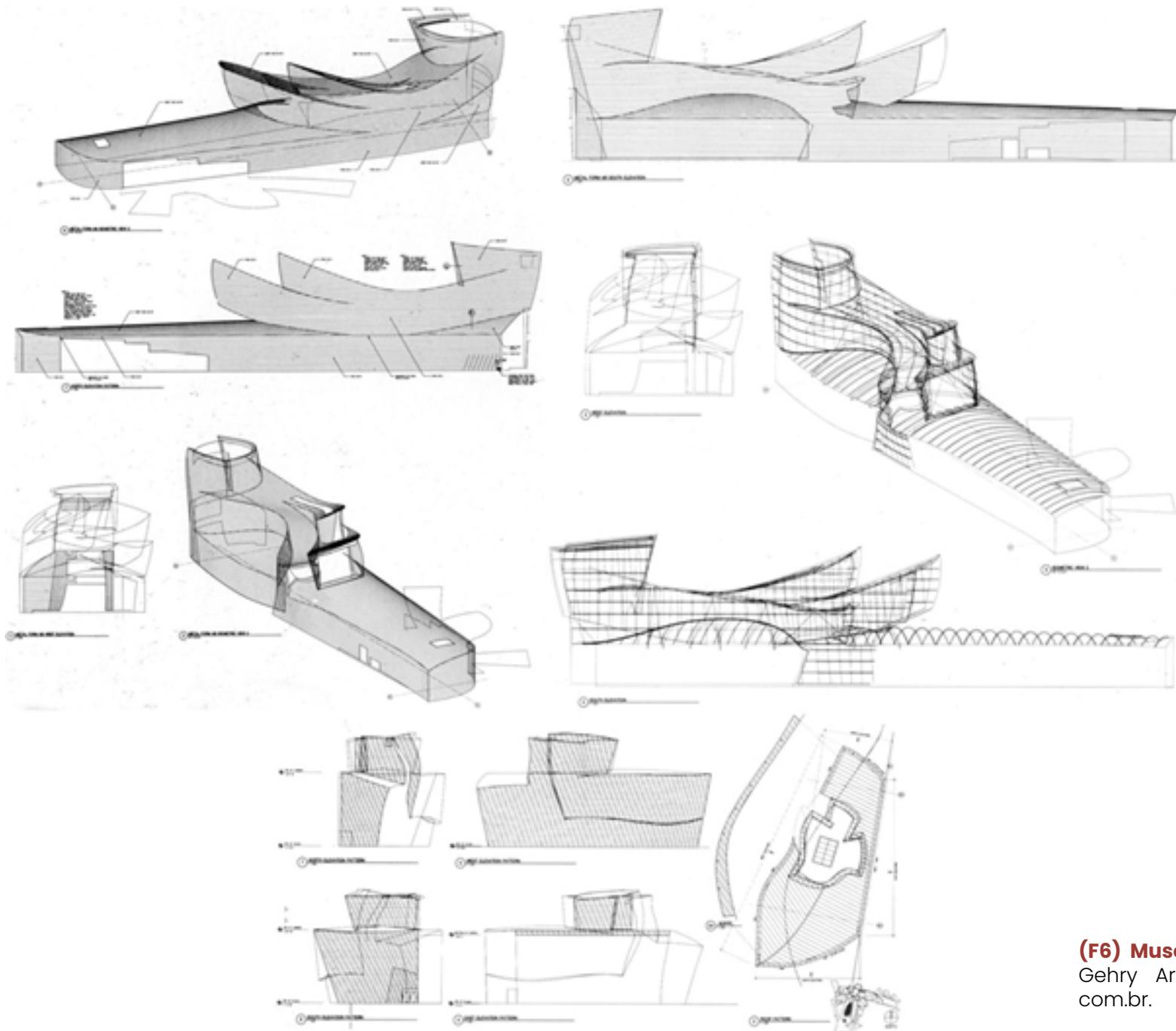
A segunda fase, datada do final dos anos 1980, é caracterizada pelo início das experimentações da manipulação de novas formas em arquitetura antes consideradas para além das habilidades imaginativas dos arquitetos, possibilitada pelo uso das ferramentas digitais. Segundo Herinques (2016), entretanto, as especulações sobre novas possibilidades de manipulação das geometrias, não demonstraram ser uma modificação no processo criativo dos profissionais, sendo incorporado ainda como representação final das soluções. A terceira fase é marcada pelo início da manipulação de geometrias tridimensionais em arquitetura. Segundo Gonçalo:

Uma terceira face no início dos anos 90 o computador começou a ser utilizado como parte do processo criativo surgindo processos generativos como o Morphing, modelação paramétrica, sistemas evolutivos em que computador passou a ser utilizado em projeto para encontrar soluções múltiplas, que não era previstas a prior. Deixa assim de ser utilizado apenas na fase final de projeto. Entre os exemplos destacam-se projetos de arquitetos como Greg Lynn, Karl Chu, Kaas Oosterhuis, NOX, etc. (HENRIQUES, 2016, p.4)

No final de 1990, a quarta fase tem como característica a mudança expressiva no processo de concepção do arquiteto a partir do domínio de tecnologias CAD¹ CAM², não restringindo-se somente ao projeto final. A mudança culminou em projetos que passaram a ser desenvolvidos utilizando as ferramentas digitais, considerando-as essenciais na elaboração conceitual, representativa e física do projeto. Consequentemente, edifícios como o Museu Guggenheim de Bilbao, do arquiteto Frank Gehry, desde sua concepção, utilizou-se para a viabilidade criativa, imaginativa e construtiva do projeto, da utilização de softwares CAD/CAM, juntamente com a introdução da fabricação digital a partir de fresadoras CNC³ e do escaneamento 3D de modelos físicos. As possibilidades de experimentações de formas complexas que podem ser viabilizadas pela utilização dos computadores na fabricação das peças altamente individualizadas e customizadas, possibilitou a criação de um edifício dinâmico em sua completude. Fica evidente em sua arquitetura a inovação de uma sociedade informacional, viabilizada pelo domínio das tecnologias digitais em construção civil. As experimentações realizadas a partir do estudo da volumetria em escala reduzida, permitidas pela prototipagem rápida, modifica significativamente a concepção projetual.

1 Computer Aided Design (Projeto Assistido por Computador) ferramentas utilizadas para representações de desenhos dimensionais, tridimensionais e, atualmente, até realidade virtual (4D).

2 Computer Aided Manufacturing (Manufatura Assistida por Computador) ferramentas que auxiliam na fabricação/produção de componentes ou peças desenvolvidas em ferramentas CAD.



(F6) Museu Guggenheim de Bilbao, Frank Gehry Architects. Fonte: <https://archdaily.com.br>.

A última fase consiste no uso de parametrização dos processos que envolvem o desenvolvimento dos projetos, usados conjuntamente com tecnologias de fabricação digital que possibilitam a criação dos componentes pré-fabricados. As TICs não somente transformaram o modo de conceber os projetos como também o modo de se representar suas soluções. Devido a sua complexidade, os desenhos passaram a não ser representadas de modo convencional, tornando essenciais também as tecnologias nessa etapa. No design, a utilização de tecnologias computacionais em arquitetura corrobora para a criação de projetos que considerem diferentes variáveis simultaneamente, contribuindo para o desenvolvimento de soluções projetuais elaboradas através de uma compreensão macro e dinâmica das demandas existentes.

As tecnologias de Desenho Assistido por Computador e de Manufatura Assistida por Computador, têm tornado necessárias novas abordagens do profissional de arquitetura. Para além da representação projetual das soluções, as tecnologias influenciam no desenvolvimento de formas cada vez mais complexas e customizadas, que antes eram somente conseguidos no design industrial automobilístico, aeronáutico e naval, segundo Kolarevic (2004). A aproximação da precisão do detalhe industrial com o processo de concepção arquitetônica e a possibilidade de confecção em série de elementos e formas únicas, altamente customizadas, têm colocado em xeque alguns conceitos básicos do Modernismo, como a busca pela simplificação das formas, funcionalidade e economia, que antes estavam amplamente atrelados a criação de espaços e objetos abstratos, geométricos e mínimos.

Segundo Catherine Slessor:

A noção de que a singularidade é agora tão econômica e fácil como obter a repetição, desafia as hipóteses simplificadoras do Modernismo e sugere o potencial de um novo paradigma p \tilde{o} e industrial baseado nas capacidades criativas da eletrônica e não da mecânica (SLESSOR, 2000 apud KOLAREVIC, p. 53)

Segundo Kolarevic (2004), influenciados pelos paradigmas fordianos de fabricação industrial, os arquitetos do período Modernista do século XX, seguiram a lógica da standardização e padronização das soluções arquitetônicas. Isso culminou em elementos de geometria simples e o uso repetitivo de componentes standardizados de baixo custo, produzidos em massa. De acordo com Joseph Pine (1993), o paradigma pós-fordiano, o *mass customization* caracteriza-se pela produção em massa de bens e serviços altamente customizáveis que, viabilizados pelas tecnologias digitais, não têm aumento de valor correspondente às diversas variáveis customizáveis. “[...] (it is as easy and cost-effective for a CNC milling machine to produce 1,000 unique objects as to produce 1,000 identical ones).” (KOLAREVIC, 2004, p.84). Na perspectiva da construção, os componentes pré-fabricados de um edifício podem ser fabricados em série sem acréscimo expressivo de valor, mesmo sendo altamente customizáveis, de modo a que respondem eficientemente a demandas específicas de cada local e estão alinhados à novas demandas de uma sociedade em rede (CASTELLS, 1999).

A influência das tecnologias CAD e CAM no desenvolvimento projetual dos arquitetos têm reaproximado os profissionais do detalhe construtivo (necessário à confecção de peças altamente customizadas) e do canteiro de obras.



(F7) NATIONALE-NEDERLANDEN BUILDING, Frank Gehry Architects. A forma dinâmica e complexa da fachada é conseguida a partir do uso de tecnologias CAD/CAM de peças ligeiramente diferentes entre si. Fonte: <https://archello.com>.

fabricação digital e prototipagem rápida

No processo da customização em massa, a fabricação digital e a prototipagem rápida se tornam essenciais ao assegurar, a partir da aproximação entre concepção projetual e construção, a complexidade das formas geradas pelas tecnologias CAD, viabilizando-as tecnicamente e economicamente (NARDELLI, 2014). Segundo Pupo (2009), a confecção de protótipos pode-se dar a partir de escalas personalizadas, seja para realização de estudos de volumetria e soluções projetuais, seja para avaliação do projeto ou representação física destes, ou em escalas 1:1. Por sua vez, a fabricação digital, segundo a autora, consiste na produção final do edifício inteiro, partes ou componentes do edifício através da realização de fôrmas para a confecção de peças e elementos do projeto.

Quanto à prototipagem rápida, Mark Burry, em "Architecture in Digital Age: design and manufacturing" (2004) afirma: "Rapid prototyping provides affordable opportunities to investigate a design within an interactive process: both words 'rapid' and 'prototyping' in this conjunction imply a physical testing of concept somewhere along a path of design refinement". A realização de protótipos permite ao arquiteto identificar e prever com maior assertividade possíveis falhas estruturais, compatibilizações necessárias, mudanças de concepção formais do edifício, acarretando o refinamento de suas soluções.

A investigação das soluções arquitetônicas, a partir de modelos físicos em escalas reduzidas ou 1:1, viabiliza ao arquiteto a realização de propostas cada vez mais desafiadoras. Isso se dá pelo fato de as diversas experimentações do edifício permitir a previsão e correção de erros, que antes, poderiam inviabilizar a construção de soluções complexas, muitas vezes, nunca antes testadas. Segundo Sass e Oxman (2006):

Simondetti presented RP and CADeCAM methods of manufacture for small-scale 3D printed objects to full-scale 3D printed objects to full-scale design representation. He noted that full-scale models advance the cognitive processes of design by physical demonstration of structural behavior as well as visual presentation (Simondetti, 2002). (SASS e OXMAN, 2006, p.331).

Em resumo, Pupo (2009) define, a prototipagem rápida e fabricação digital em:

O primeiro inclui todas as técnicas de prototipagem rápida (sobreposição de camadas), corte a laser, fresas e corte com vinil, para a produção de maquetes em escalas reduzidas e protótipos 1:1. O segundo termo, a Fabricação Digital, inclui técnicas destinadas à produção de edifícios ou partes deles (file-to-factory, metal e tube bending). Estas são, por sua vez, destinadas à produção de fôrmas ou peças finais de edifícios, com equipamentos de CNC (PUPO, 2009, p.9).

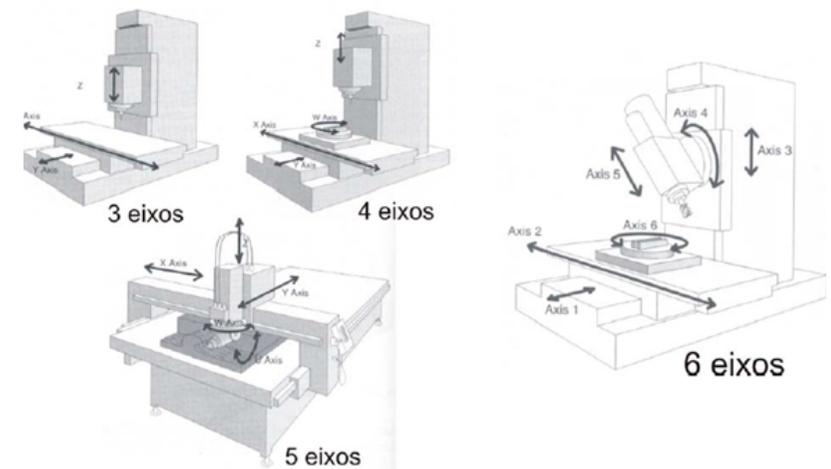
Quanto aos modos de produção das manufaturas automatizadas, a autora subdivide as tecnologias em subtrativas, aditivas¹ e formativas². O trabalho em questão tem por objeto de estudo as tecnologias subtrativas utilizando compensando naval. Na produção de objetos a partir do sistema subtrativo o material é desbastado até adquirir sua forma final e os principais exemplos de máquinas que realizam essa técnica são as fresadoras CNC e as cortadoras. Diversos materiais podem ser utilizados, tais quais metais, chapas de acrílico, madeira. O anteprojeto desenvolvido no trabalho em questão utiliza, principalmente, de sistemas subtrativos para sua fabricação. Alguns exemplos destas são as cortadoras a laser, a jato d'água e a plasma. O corte a plasma, segundo Kolarevic (2005), consiste no corte de materiais condutores elétricos (como metais, por exemplo) geralmente mais espessos do que as outras cortadoras, e que é possível a partir do plasma que é gerado pela interação de descargas elétricas com gases ionizáveis. O corte a jato d'água, em resumo, como indicado pelo nome, utiliza-se da água em alta pressão para o corte de materiais mais espessos, com alta eficiência de acabamentos.

As cortadoras a laser, por sua vez, utilizadas no processo de prototipagem em escala reduzida do presente trabalho, consistem em um método bidimensional de corte ou gravação de materiais de diferentes espessuras, utilizando-se de um feixe de laser. A utilização de diferentes materiais é possível através das configurações de potência e velocidade de movimento sobre o material, em que, quanto mais espessos os objetos a serem cortados ou gravados, maior deve ser a potência do laser e menor a velocidade do deslocamento. O processo de manufatura utilizando cortadoras a laser consiste na realização de projetos desenvolvidos em ferramentas

1 Segundo Pupo (2009) as tecnologias aditivas consistem na fabricação de objetos por meio da adição de material camada por camada, a partir de um modelo digital tridimensional. Exemplo disso são as impressoras 3D.

2 Segundo Campolongo (2019) o sistema formativo “[...] consiste na deformação de materiais utilizando forças mecânicas, calor e umidade, com o intuito de gerar formas complexas na arquitetura (CAMPOLONGO, 2019,p.15)

CAD salvos em formato DXF³ e enviados para o software de cada cortadora. As fresadoras CNC consistem no desbaste de diferentes materiais, que, com a adição de mais eixos de trabalho, culmina em objetos com maior variedade de formas e complexidade.



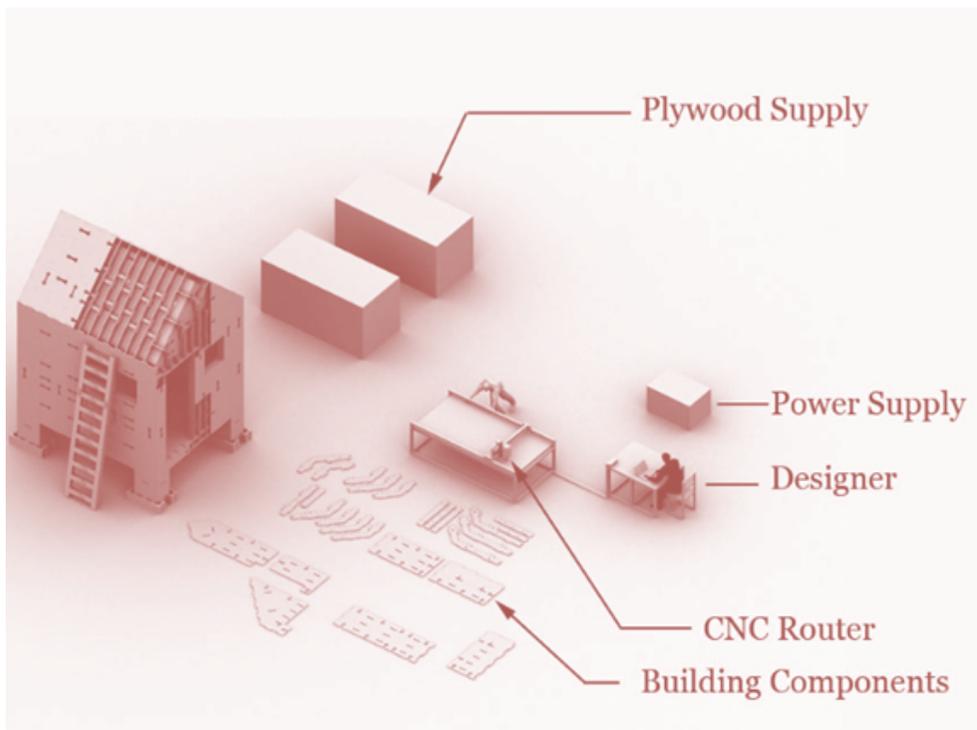
(F8) FRESADORA DE 3 A 6 EIXOS. Fonte: Campolongo (2019)

Atualmente, as máquinas de corte computadorizado, segundo Kolarevic (2005) são as ferramentas mais utilizadas para a fabricação e prototipagem rápida em arquitetura. As cortadoras a laser, por exemplo, têm se tornado cada vez mais acessíveis, sendo comercializadas em apresentações de diversos tamanhos e valores, adaptando-se a diversos perfis de usuários e contribuindo para a democratização do acesso às tecnologias digitais. Somado a isso, a vasta disponibilidade de *softwares* em código aberto, corroboram para a criação de uma rede de compartilhamento de projetos e soluções. Nesse sentido, a disponibilização de *hardware* em código aberto possibilita, à muitos usuários, a construção ou modificação de maquinário próprio, como afirmam Pacini, Passaro e Henriques (2019), corroborando para disseminação do uso das tecnologias de manufatura automatizadas subtrativas tais quais as fresadoras CNC e as cortadoras a laser.

A “Instant House”, projeto desenvolvido por Lawrence Sass e Marcel Botha, no MIT em 2006, é um exemplo do uso de fabricação digital e prototipagem rápida em arquitetura. O projeto se inicia com o intuito de introduzir na construção de habitações emergenciais o uso de tecnologias CAD/CAM de modo a viabilizar a reconstrução de habitações em Nova Orleans, Estados Unidos, após o furacão Katrina 2006. A decisão por se utilizar de tecnologias informacionais no projeto se deu pela possibilidade de elaborar projetos customizáveis que pudessem ser construídos sem aumento equivalente de preço. O projeto foi elaborado, também, de modo a não necessitar de maquinário pesado para a fabricação e transporte das peças; somado a isso, a facilidade de montagem dos componentes do projeto, também corroboram para o baixo custo da obra. Desse modo, Sass e Botha recorrem ao uso de chapas de compensado 18mm usinadas em fresadoras CNC para a confecção de peças componentes da habitação que são montadas através de encaixes por fricção somente; sem uso de equipamentos e objetos ligantes (pregos, parafusos, cola, conexões metálicas), que poderiam acarretar o aumento de custos e necessidade de mais fontes de energia. A utilização de um único material para a construção da

edificação por encaixes só se torna possível devido a alta precisão que os sistemas CAD/CAM. Vários protótipos em escalas reduzidas foram confeccionados com o intuito de testar as soluções estruturais, analisar a viabilidade arquitetônica do projeto, prever o tempo de duração de produção das peças. Segundo Lawrence Sass e Marcel Botha (2006), algumas vantagens do uso da fabricação digital aplicadas a Instant House são:

- A não necessidade de maquinário pesado: somente são necessários os materiais a serem usinados, fresadora CNC, fonte de energia e computador;
- Possibilidade da autoconstrução;
- Simplificação do processo construtivo: o sistema de montagem viabilizado pela introdução das tecnologias CAD/CAM desde a idealização do projeto, que segue a lógica de quebra-cabeça, culmina em um novo modo de se compreender a edificação, não dependendo de mão de obra qualificada na montagem final da habitação;
- Maior economia e sustentabilidade ao englobar nas peças os sistemas de encaixe, não sendo necessários elementos de junção que necessitariam de mais energia, e tempo para sua confecção final;
- Concepção e fabricação no mesmo local de montagem das habitações oferecem ciclos mais curtos de mudanças e maior participação e customização da construção.



(F9) The Instant House - Esquema do processo de produção das moradias, SASS e BOTHA, 2006, p.113.

Segundo os autores, no projeto desenvolvido, a Instant House, foram necessários somente 4 pessoas para montagem em um mês, e cinco equipamentos de fácil acesso, barateando as construções, também pelos fatores antes citados. Além disso, a fabricação digital também se apresenta como uma solução para construções mais limpas, representando menos desperdícios de bens renováveis e não renováveis ao considerar elementos que possam ser montados e desmontados à medida que forem necessários (SASS & BOTHA, 2006). Segundo Kolarevic, em tradução livre pela autora:

Um número crescente de projetos concluídos com sucesso, que variam consideravelmente em tamanho e orçamento, demonstram que a fabricação digital pode oferecer oportunidades produtivas dentro de cronogramas e orçamentos que não precisam ser extraordinários. (KOLAREVIC, 2003, p.50).

Apesar do maquinário leve e da baixa necessidade de fonte de energia no processo de confecção das peças, se faz necessário alto grau de conhecimento sobre os *softwares* e *hardware* de fabricação digital e prototipagem rápida envolvidos na tecnologia subtrativa em questão. Desde o processo de desenvolvimento de encaixes à elaboração de protótipos realizados para aperfeiçoamento e funcionalidade das soluções, à manipulação adequada do compensado e confecção de manual para montagem. Apesar do crescimento em número de projetos realizados utilizando a fabricação digital (KORAREVIC, 2003), o conhecimento sobre o tema ainda encontra-se restrito à minoria de arquitetos com acesso ao conhecimento sobre as tecnologias envolvidas.

WikiHouse

Em consonância à essa tendência, o projeto de código aberto WikiHouse, iniciado em 2011, pelo arquiteto Alastair Parvin, com sede em Londres (Inglaterra), tem por objetivo democratizar moradias em sua concepção, fabricação e montagem, possibilitando a autoconstrução de habitações únicas a partir de códigos paramétricos ou modelagem 3D, atrelados à fabricação digital e softwares de código aberto de fácil manuseio. Ao considerar o sistema modular para as moradias, o WikiHouse possibilita a fácil montagem, customização e evolução da habitação. Segundo a própria WikiHouse:

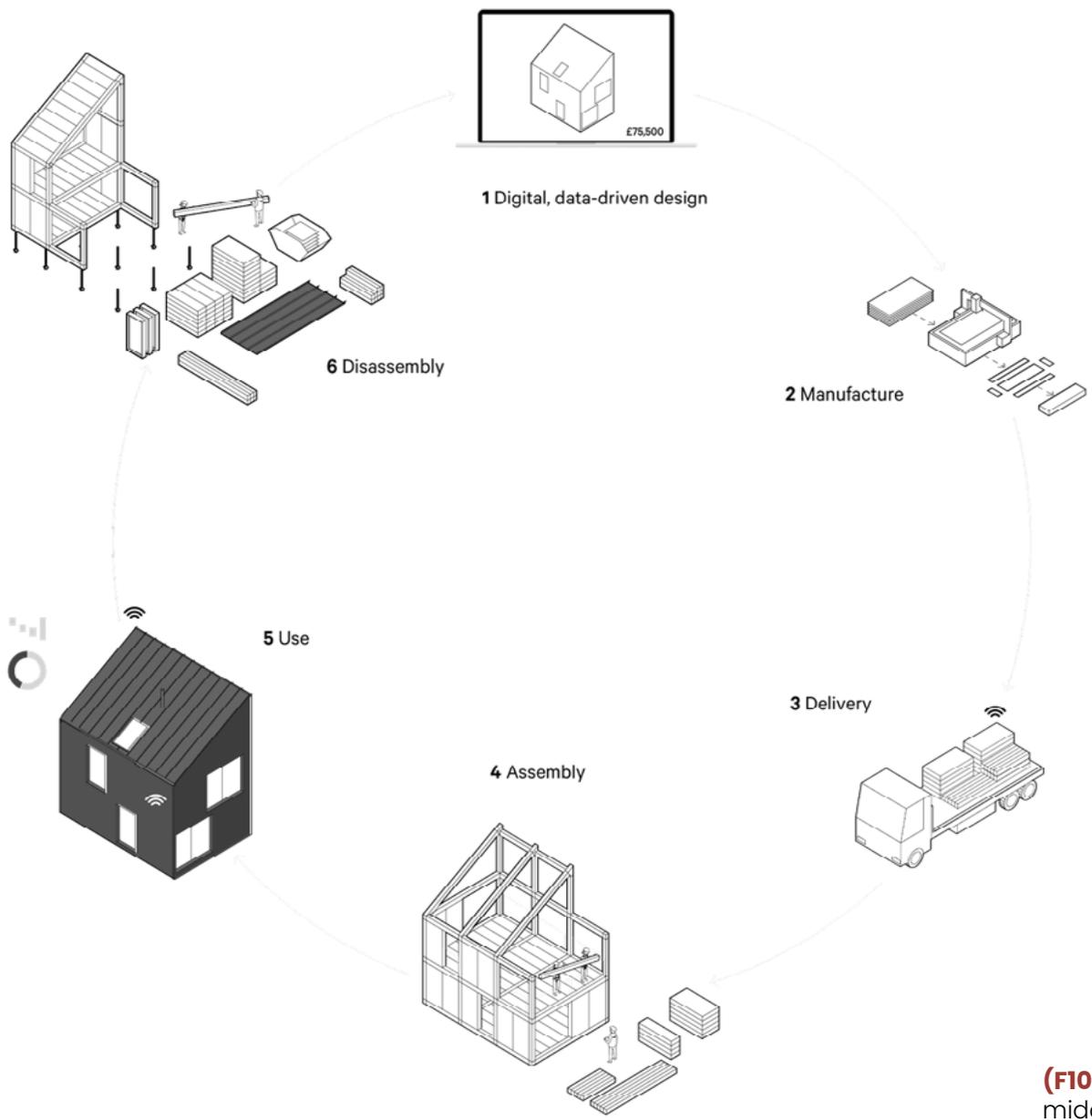
A WikiHouse é um projeto de código aberto para reinventar a maneira como construímos casas. É desenvolvido por arquitetos, designers, engenheiros, inventores, fabricantes e construtores que colaboram para desenvolver as melhores, mais simples, sustentáveis e tecnologias de construção de alta performance que qualquer um possa usar e aprimorar. Nosso objetivo é que essas tecnologias se tornem novos padrões da indústria, os tijolos e argamassas da era digital. (WIKIHOUSE, 2017 apud CAMPOLONGO, 2019, p.75)

A WikiHouse Foundation disponibiliza em código aberto o download de manuais de montagem, e kits de design, que são arquivos contendo todos os blocos em uma única modelagem 3D que exemplifica o funcionamento dos encaixes dos componentes entre si. Os arquivos são disponibilizados em vários formatos para diferentes softwares, demonstrando o comprometimento da fundação com o caráter colaborativo do sistema open-source. Nesse sentido, o WikiHouse foca no desenvolvimento do sistema de construção em si, não focando em projetos específicos como produto final. O movimento de código, ao permitir o acesso, uso e modificação do sistema pelos usuários, além de possibilitar a criação de soluções personalizáveis, corrobora para o desenvolvimento das soluções do WikiHouse, a partir do compartilhamento de novas soluções para o sistema de encaixes, formas e códigos proposto a priori. Segundo Campolongo:

Desta forma, a WikiHouse se tornou o sistema mais popular quando se trata da construção de habitações em madeira com uso de técnicas de fabricação digital. Diversos projetos já foram construídos ao redor do mundo utilizando esta tecnologia de construção (CAMPOLONGO, 2019, p.77).

O sistema construtivo criado pelo WikiHouse utiliza a produção automatizada subtrativa (PUPO, 2009) em chapas de compensado naval usinadas em fresadoras CNC. A construção modular consiste em peças que encaixam entre si para formar a estrutura e fechamentos da edificação por fricção, seguindo os preceitos de Sass e Botha (2016), sem a necessidade de componentes ligantes entre as peças.

De modo a possibilitar a autoconstrução e aproximar o usuário do processo de customização das moradias, a Fundação WikiHouse busca simplificar o modo de produção das construções. Nesse sentido, através da introdução das tecnologias informacionais é possível a diminuição das etapas necessárias, desde de sua concepção até sua montagem e posterior desmontagem, como indicado:



(F10) MODELO DE PRODUÇÃO DAS CONSTRUÇÕES - modelo resumido em 6 etapas Fonte: Open Systems Lab, 2019.



material

O material utilizado por todos os sistemas construtivos propostos pelo WikiHouse é o compensado estrutural naval nas dimensões 2440mm x 1220mm x 18mm. Desse modo, a modularidade do sistema construtivo está intimamente ligada às dimensões das chapas comercializadas e a área de trabalho das fresadoras CNC disponíveis para usinagem. O compensado, de acordo com a fundação, foi escolhido como principal matéria do sistema construtivo devido a:

- Captura de carbono: ao contrário de construções em tijolo, concreto e aço, que emitem carbono em sua produção, a madeira captura o carbono da atmosfera, podendo ser considerado um sistema de carbono negativo;
- Características termoacústicas: a madeira tem capacidade de isolamento térmico e acústico;
- Acessível: material de alta disponibilidade e de baixo custo, que não requer maquinário pesado para seu transporte;
- Fácil manipulação: a possibilidade de usinagem em fresadoras CNC permite a modulação das peças para fácil fabricação e montagem do produto final;
- Reuso de materiais: o compensado pode ser reciclado para diversos usos, mesmo depois de utilizado na construção.



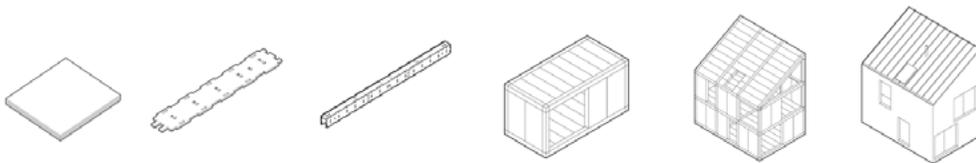
(F11) THE HUAXIA STAR LIBRARY - projeto realizado pelo Dot Architects foi construído em sete dias. A utilização da madeira corrobora, também, para o conforto psicológico dos usuários.

tecnologias construtivas WikiHouse

A Fundação baseia-se no conceito de Design para Fabricação e Montagem (DfMA). Nessa perspectiva, os diversos elementos que compõe o projeto são compreendidos como componentes ou partes que se conectam e interrelacionam, e desse modo, são desenhados de modo a apresentarem maior eficiência e possibilidade de fabricação e montagem. O DfMA tem sido amplamente utilizado na indústria, na confecção de produtos de alta complexidade em alta qualidade e larga escala.



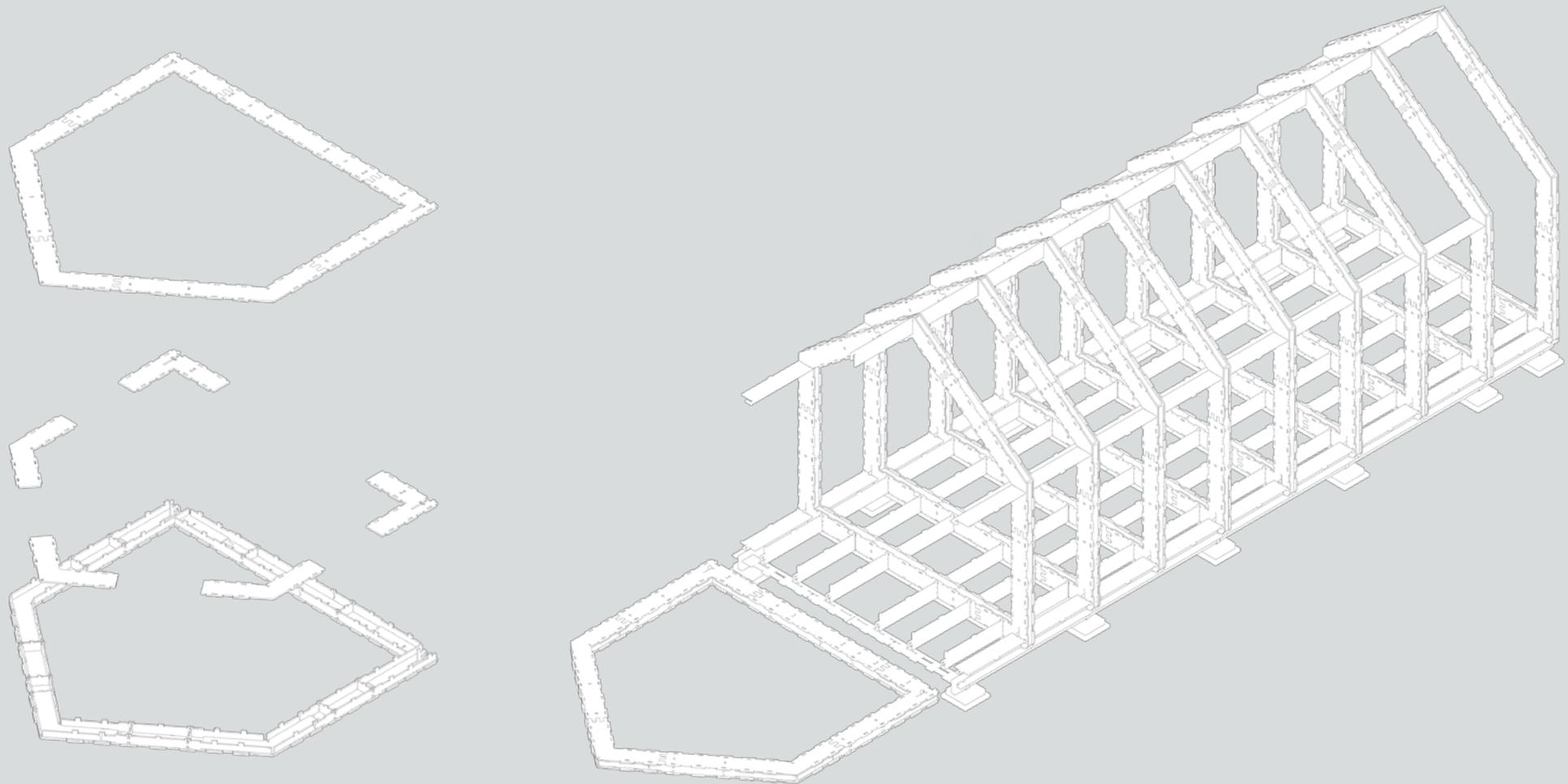
(F12) ESQUEMA DE PRODUÇÃO DE CARROS. Fonte: Opcen Systems Lab, 2019.



(F13) ESQUEMA DE PRODUÇÃO DE MORADIA - Esquema realizado a partir do design para fabricação e montagem, utilizando o sistema Black Bird como exemplo. Fonte: Opcen Systems Lab, 2019.

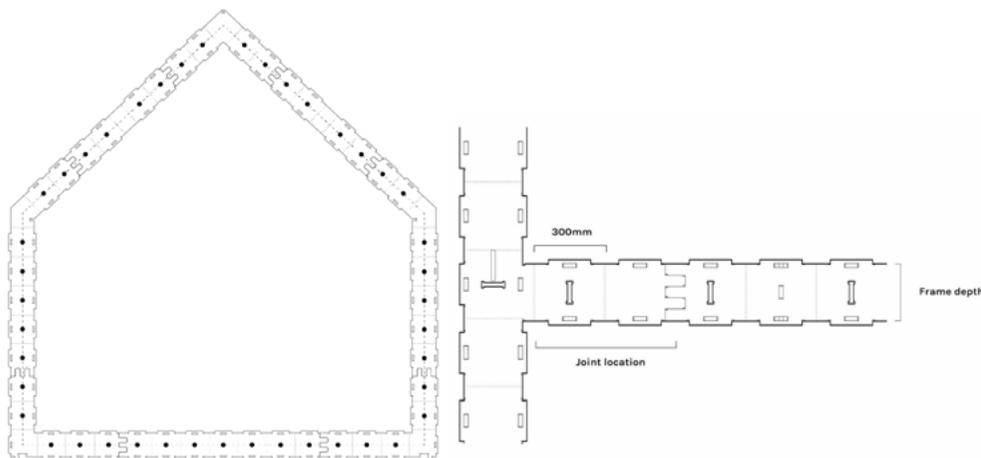
Nos sistemas WikiHouse, o conceito tem sido aplicado na pré-fabricação de componentes como vigas, colunas, entre outros, transformando a maneira de se entender a construção, para um projeto composto de várias partes que, ao serem montadas, trabalham conjuntamente entre si de modo a formar um sistema construtivo, que a partir de sua personalização, tem-se o produto final, a habitação.

Diferentes tipos de tecnologias foram lançados pela Fundação WikiHouse, considerando as constantes atualizações dos sistemas. São estes os sistemas Wren, BlackBird, Skylark 200 e Skylark 250, em ordem de lançamento. No presente trabalho, a tecnologia construtiva adotada para o projeto foi a BlackBird, desse modo, as outras tecnologias serão tratadas apenas em seus aspectos gerais, de modo a traçar as principais modificações no decorrer do desenvolvimento destas. O sistema denominado “Wren”, consiste na existência de um módulo base que se replica ao longo do eixo longitudinal, o pórtico.



(F14) TECNOLOGIA WREN - Perspectiva isométrica individual do pórtico e replicação deste no sentido longitudinal. Fonte: acervo próprio.

Este é possível a partir da serialização das peças ao longo de um eixo comum e a existência de um conjunto de soluções de encaixes que são repetidos em diferentes componentes do pórtico, e que asseguram a modularidade do sistema ao seguir, em todos as partes do sistema, medidas padrão. Graças a essas dimensões foi possível a construção de um alfabeto do pórtico (SILVA, 2019), ao qual as soluções de pisos, fechamentos e acabamentos, devem seguir, de modo a poderem ser encaixados no decorrer da construção.

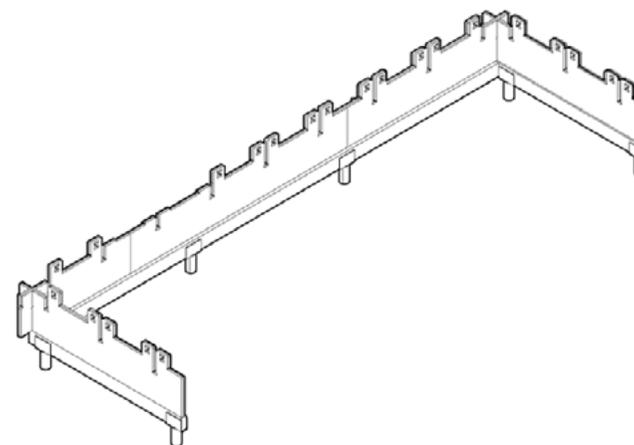


(F15) TECNOLOGIA WREN - Encaixes das peças dos pórticos a partir de seus eixos e dimensões dos encaixes em cada peça. Fonte: WikiHouse, 2017.

A criação de uma linguagem de encaixes que podem ser utilizados em diferentes peças permite, a criação de novas peças customizadas com maior facilidade, de modo a responderem a diferentes demandas projetuais.

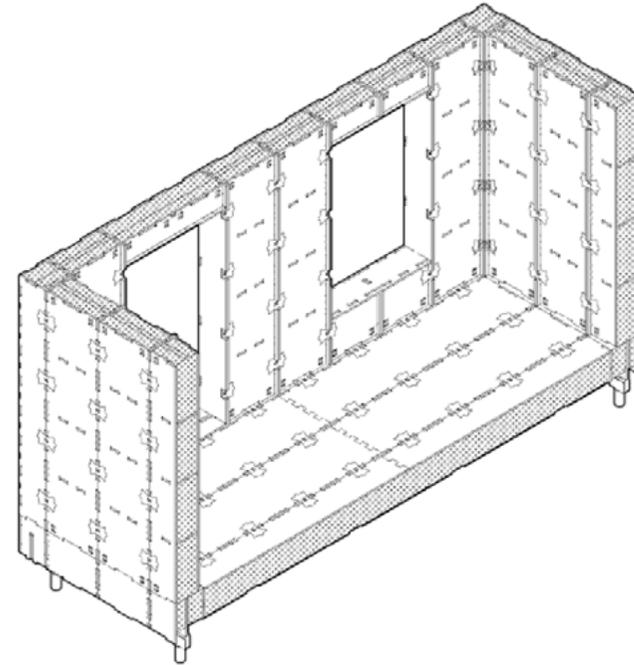
Os sistemas Skylark 200 e Skylark 250 diferem do sistema Wren em vários aspectos. O principal é a substituição dos pórticos pelo sistema de vigas, pilares e paredes estruturais que conferem ao sistema novo modo de montagem. No primeiro, os pórticos são

levantados após sua montagem individual, para serem encaixados em outros pórticos **(F12)**. No segundo, o sistema é composto por "Combs" pentes que fazem a conexão entre pisos e paredes, ajudando a conectá-los horizontalmente, e que são travados por blocos "End" e pelo encaixe dos blocos de piso.



(F16) TECNOLOGIA SKYLARK - Perspectiva isométrica do posicionamento dos pentes "Combs". Fonte: <https://www.wikihouse.cc/>

Os blocos de paredes estruturais são disponibilizados em diversos tamanhos de modo a adaptarem-se a existência de janelas, portas, e a partir das necessidades de desenho da cobertura, permitindo diferentes alturas. Além disso, o último lançamento da Fundação, utiliza de blocos de paredes mais espessos, podendo conter 250mm de materiais de isolamento térmico ou acústico.

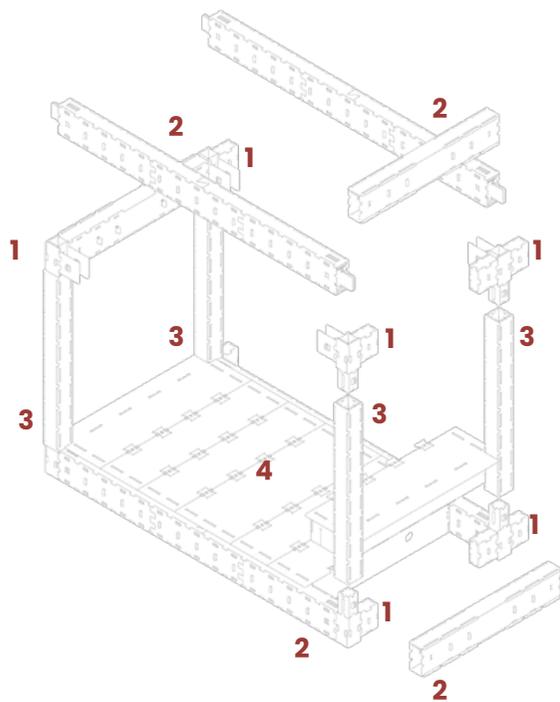


(F17) TECNOLOGIA SKYLARK - Perspectiva isométrica com instalação de paredes contendo portas e janelas. Fonte: <https://www.wikihouse.cc/>

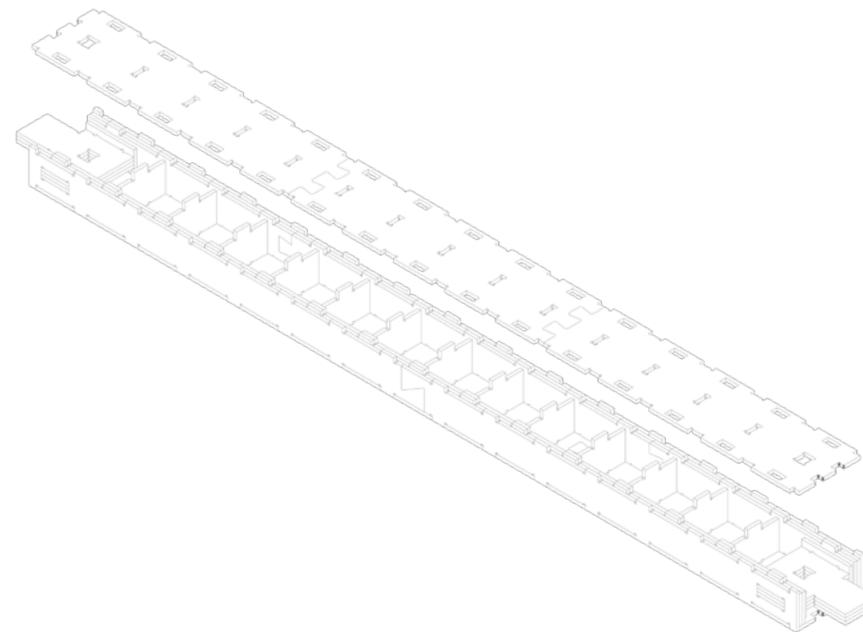
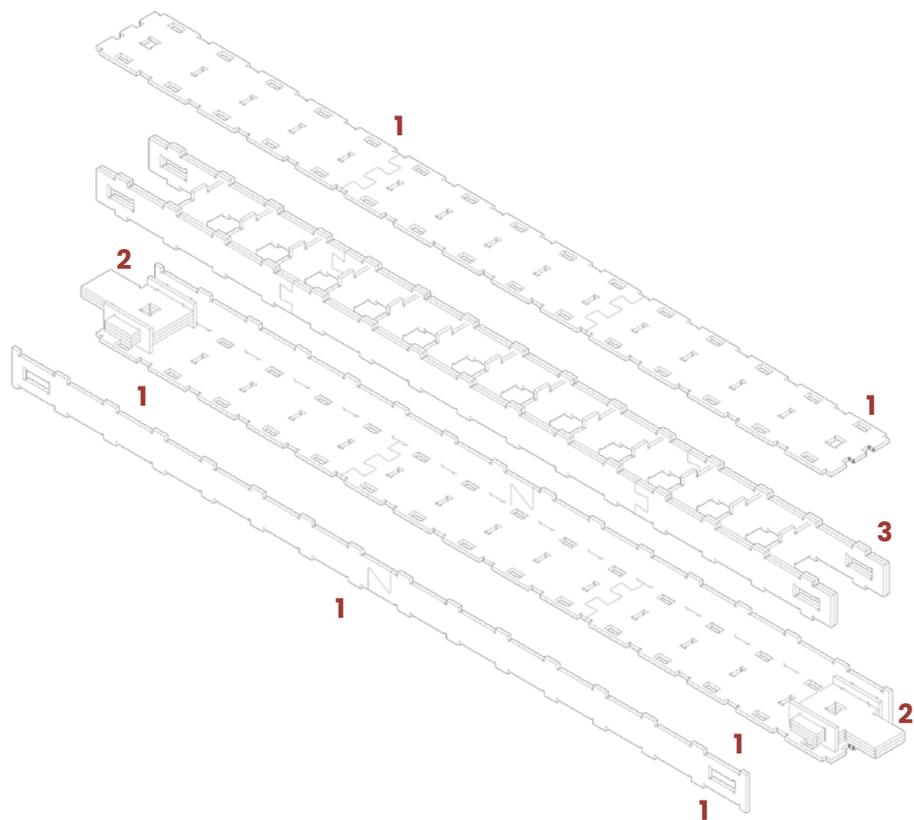
A diferença entre as versões de Skylark está na espessura de suas paredes e coberta. Como indicado pelo nome, O Skylark possui espessura de 250mm, enquanto a outra versão possui 200mm de espessura, sendo indicado para projetos com menor requisito de carga estrutural e desempenho térmico mais baixo. A versão 250 é capaz de construir edificações de até três pavimentos, enquanto a versão 200 um pavimento.

O presente trabalho utiliza a tecnologia Blackbird como sistema construtivo do projeto em questão. A principal diferença entre o sistema BlackBird e os outros sistemas analisados anteriormente, é sua semelhança ao sistema de vigas e pilares comumente utilizados nas construções tradicionais. A possibilidade de planta livre e a fácil manipulação das soluções de fechamento através de maiores vãos conseguidos pela estrutura viga-pilar, permitiu a adaptação da tecnologia, desenvolvida para climas temperados, ao clima tropical úmido e a demanda por flexibilidade e dinamicidade do uso de Makerspaces. De modo a responder eficientemente às forças existentes na construção, a tecnologia parte do princípio da lógica de componentes conectores que têm por objetivo a ligação estrutural entre vigas e pilares.

Os componentes do sistema – vigas, pilares, conectores e lajes/piso – seguem a mesma lógica das outras tecnologias desenvolvidas pela Fundação. Nesse sentido, os componentes consistem em um conjunto de peças externas “Fins”, peças de reforço “Reinforcers” e as almas de pilares e vigas “Spacers” (CAMPOLONGO, 2019). A lógica utilizada culmina em componentes de miolo oco, pelo qual é possível a passagem de infraestrutura (hidráulica e elétrica) e a adição de materiais isolantes (térmico ou acústico).

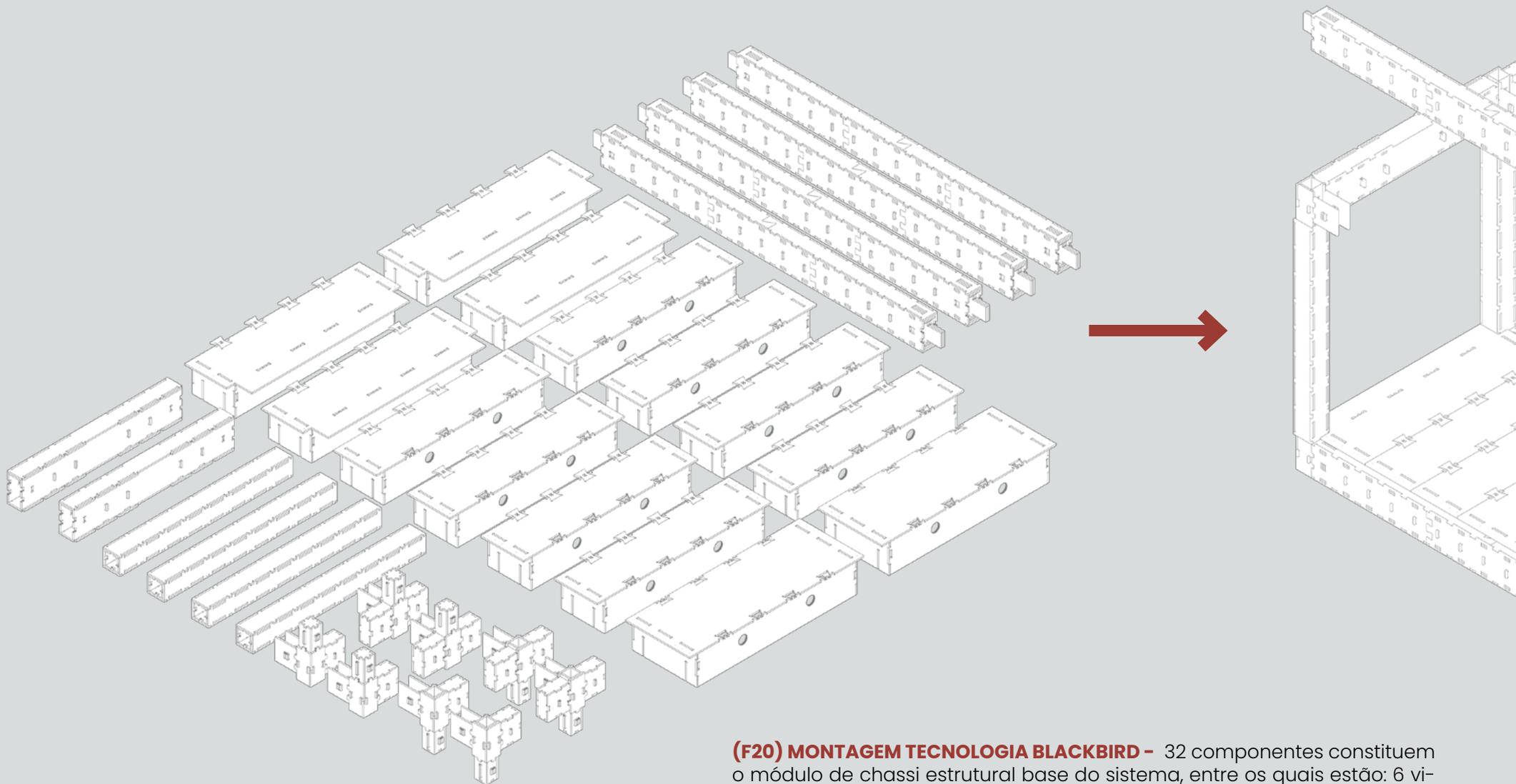


(F18) TECNOLOGIA BLACK-BIRD - Perspectiva isométrica explodida do sistema BlackBird. Na imagem, é possível observar os conectores (1), vigas (2), pilares (3) e módulos de piso (4). Fonte: acervo próprio.

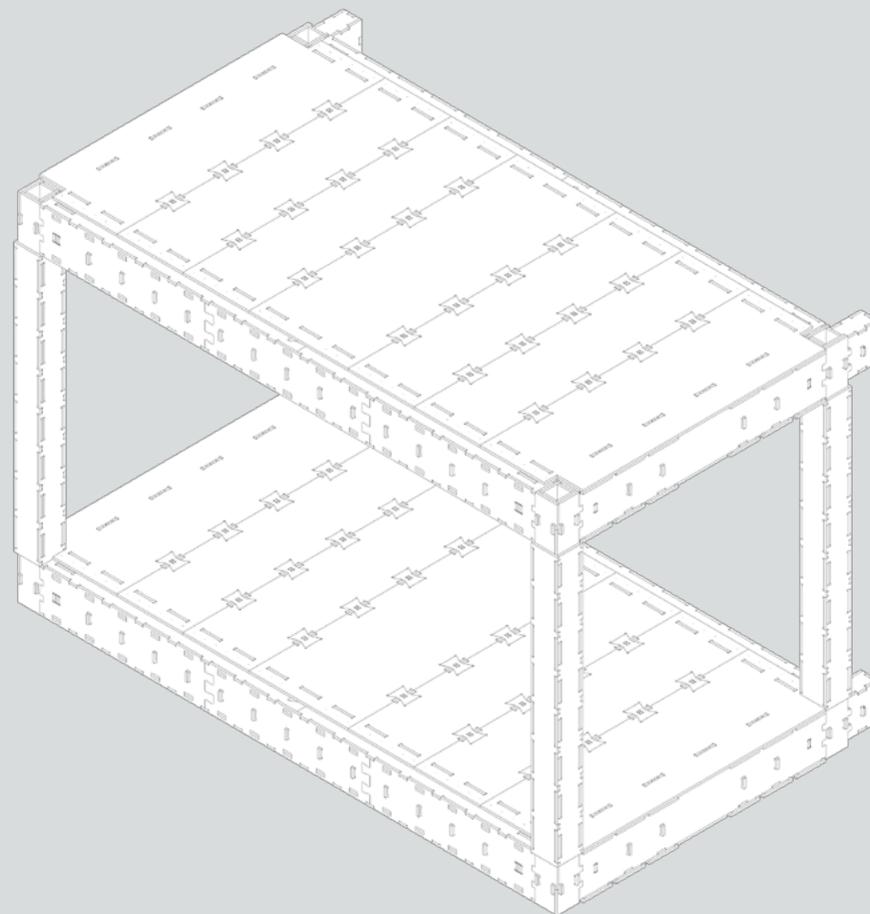
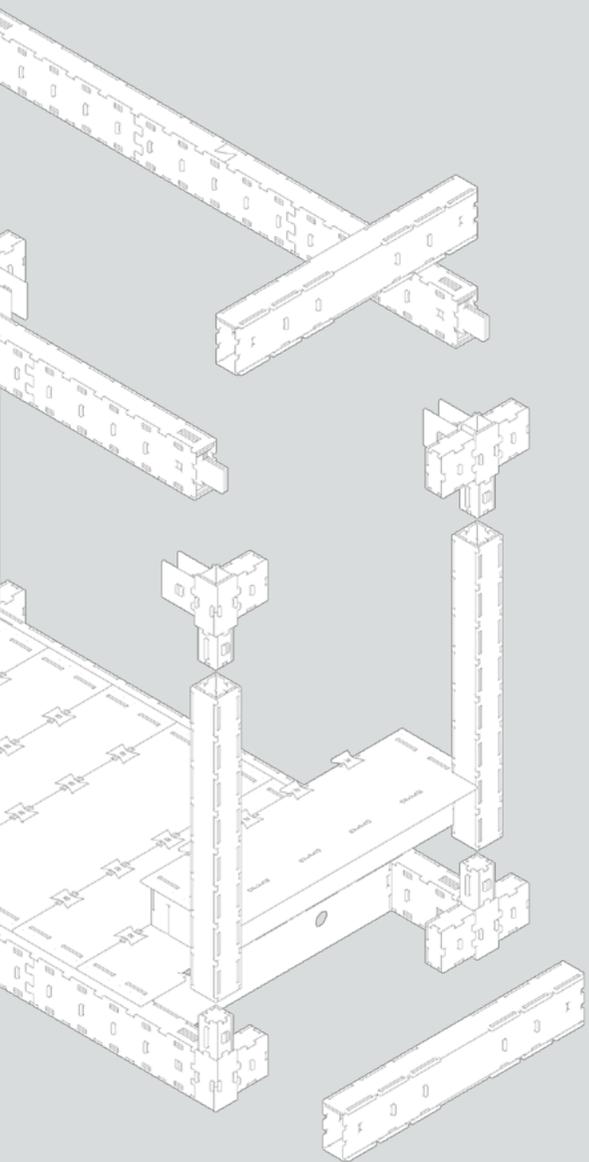


(F19) TECNOLOGIA BLACKBIRD - Perspectivas isométricas explodidas de viga. Na imagem, é possível observar as peças "Fins" (1), "Reinforcers" (2) e "Spacers" (3). O encaixe das peças culmina em um miolo oco, que corrobora, entre outros fatores, na fácil manipulação das peças montadas, devido à diminuição de peso.

O processo de montagem das peças se dá, primeiramente, a partir da montagem dos componentes individualmente (vigas, pilares, conectores e lajes/piso), para posterior encaixe entre si, de modo a formar o chassi estrutural base do sistema construtivo.



(F20) MONTAGEM TECNOLOGIA BLACKBIRD - 32 componentes constituem o módulo de chassi estrutural base do sistema, entre os quais estão: 6 vigas, 8 conectores, 4 pilares, e 14 blocos de piso/laje.

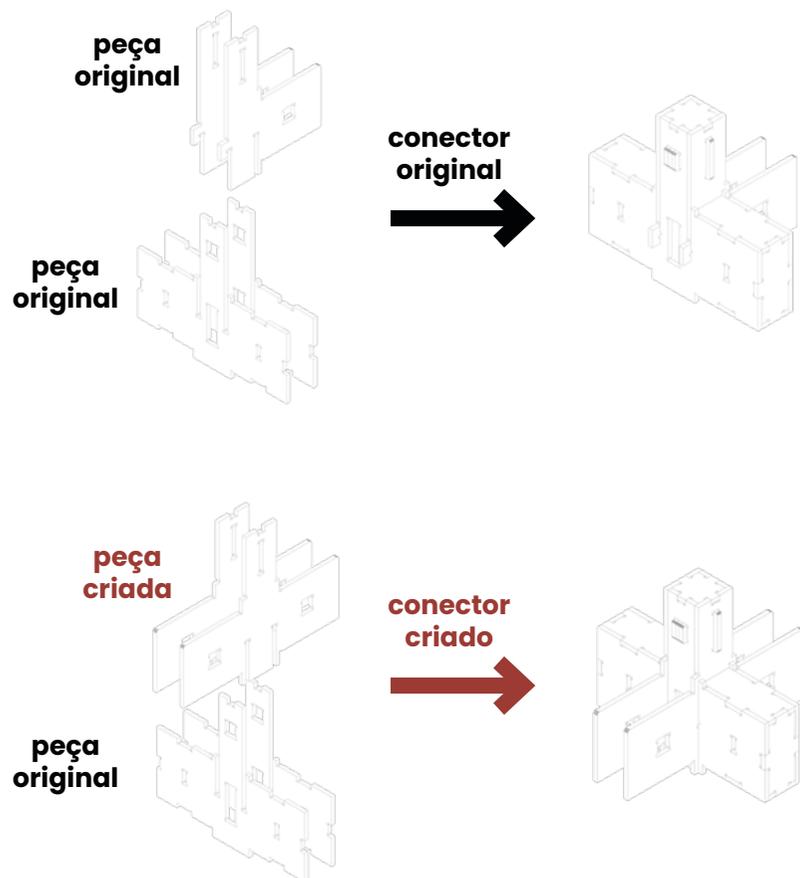


O processo de montagem completo das peças e a lógica de encaixes para formação do chassi está presente no **Manual de Montagem**.

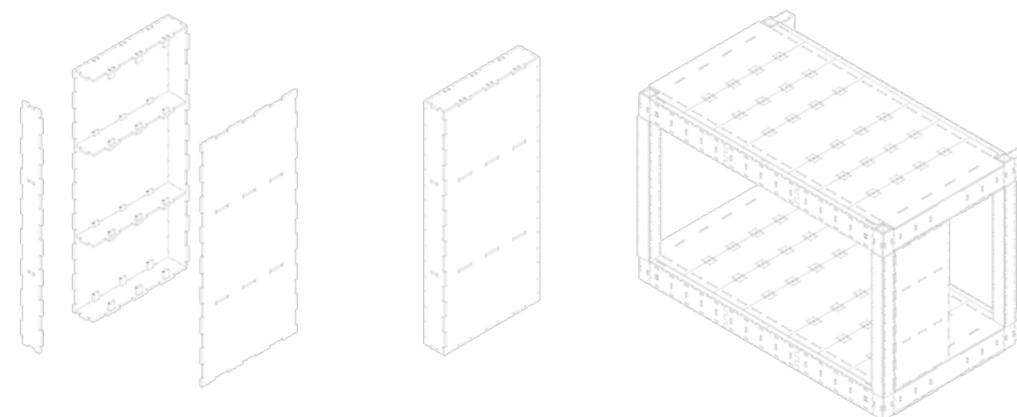
Semelhantes à tecnologia Wren, o módulo chassis estrutural base do sistema pode ser adicionado, de acordo com a necessidade por área construída, no sentido longitudinal da construção. A existência de conectores entre vigas e pilares, somado à disponibilidade de modificações das peças pelo método open-source, por sua vez, possibilita a adição de novos eixos de crescimento da habitação, adaptando-se a diversas demandas projetuais.

fechamentos e vedações

No sistema BlackBird, os fechamentos internos e externos consistem em componentes, também em compensado estrutural naval, formados por peças externas “Fins” e “Spacers” conectadas por encaixes do tipo macho e fêmea, que possuem seu interior oco para a instalação de isolantes ou passagem de infraestrutura da edificação. Os fechamentos atuam como paredes não estruturais da edificação. Esses fechamentos são parafusados no módulo chassis da construção, podendo ser adicionados ou retirados com facilidade durante e após obra.



(F21) CONEXÃO PISO PILAR - Criação de novo componente conector a partir da confecção de nova peça que permite o crescimento da edificação novo eixo. Fonte: acervo próprio.



(F20) CONEXÃO PISO PILAR - Perspectiva isométrica dos fechamentos e suas respectivas peças, “Fins” (1) e “Spacers” (2). Fonte: acervo próprio.

A presença da madeira como material principal do sistema construtivo torna necessária a elaboração de mecanismos de proteção da estrutura do contato com água. É possível encontrar, entre os projetos concluídos com as tecnologias construtivas do WikiHouse, uma gama de soluções arquitetônicas para os fechamentos externos. Entre eles, tem-se o uso de chapas cimentícias, polícarbonato alveolar, telhas trapezoidais, entre outros. Dependendo da solução, faz-se necessária a utilização de estrutura auxiliar para instalação do material escolhido. Conjuntamente às soluções de fechamento para proteção da madeira do contato direto com água, aplica-se camada de membrana hidrofóbica em seus componentes de modo a contribuir com a proteção à umidade.

No Brasil, a Casa Conectada, projeto desenvolvido pelo escritório Guto Requena, para exposição realizada em São Paulo, o CASACOR SP 2021, ao utilizar o sistema construtivo “Wren”, utilizou, para os fechamentos externos, telhas de fibras vegetais impermeabilizadas, que utiliza o papel reciclado em sua composição. A solução, além de proteger a madeira, contribuiu com o conceito de sustentabilidade proposto pelo projeto.

(F22) CASA CONECTADA - À esquerda, telhas de fibras vegetais conferem proteção à madeira. Fonte: <https://gutorequena.com/casaconectada/>



O projeto Community Cafe (2020), realizado pelo escritório Axis Design Architects em Birmingham (Inglaterra), utilizou a sistema construtivo BlackBird, e, para isolamento da madeira, utilizou do revestimento de metal simples que posteriormente foi pintado pela comunidade local. No projeto, foram utilizadas 255 placas de compensado 18mm, que foram usadas em duas semanas em fresadora CNC. A montagem das peças individuais foi realizada em uma semana e o encaixes das peças em loco foi realizado, também, em uma semana.



(F23) COMMUNITY CAFE - 2020. Fonte: <https://www.pulp-build.uk/>



(F24) COMMUNITY CAFE - Montagem do projeto utilizando a tecnologia BlackBird, 2020. Fonte: <https://www.pulp-build.uk/>

referências projetuais

Serão apresentados projetos que se destacam na arquitetura por aplicarem de forma prática os fundamentos da prototipagem, fabricação digital e projeto modularizado, os quais oferecem inúmeras possibilidades na área.

escritório Sede LIVE, 2020



A nova sede da Live foi projetada pelo Estudio Guto Requena e teve como premissa de projeto um espaço híbrido, flexível e adaptável às diferentes demandas, sem postos fixos de trabalho, antecipando a tendência global de mudança dos espaços corporativos pela expansão do home-office. A identidade visual da marca foi integrada ao ambiente utilizando uma seleção objetiva de materiais e cores, demonstrado na estante que se estende do térreo ao mezanino. A estante é um elemento protagonista do projeto, foi criada com prateleiras leves produzidas em chapa metálica perfurada, bem como painéis de cortiça e suportes estrategicamente posicionados para abrigar diversos tipos de materiais de apoio para o dia a dia e para eventos, além do mobiliário desmontável projetado especificamente para o projeto. A linha de móveis Live, por Estudio Guto Requena, é composta por três tipos de mesa e dois modelos de banco, todos construídos em compensado de Paricá, com detalhes de encaixe recortados em CNC. As peças podem ser combinadas e recombinadas para atender diferentes funções do espaço, assim como podem ser desmontadas e recolhidas individualmente na estante, nos seus respectivos apoios.

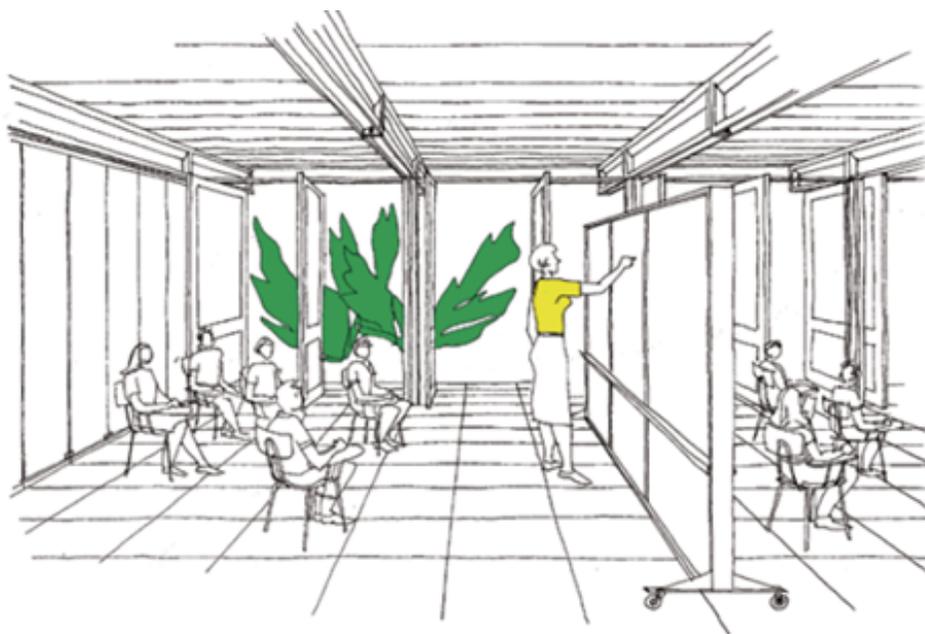
A flexibilidade do layout é conseguida, somdo ao mobiliário recolhível, a partir do uso de cortinas que permitem o fechamento da estante, mantendo os equipamentos e mobiliário escondidos, possibilitando e a realização de eventos com maior conforto.

(F25) SEDE LIVE - Estante protagonista do escritório Live e seu mobiliário desmontável (a mesa, bancos e mesa lateral). Fonte: <https://www.archdaily.com.br/>



(F26) SEDE LIVE - Cortina fechando conjunto de prateleiras Fonte: <https://www.archdaily.com.br/>

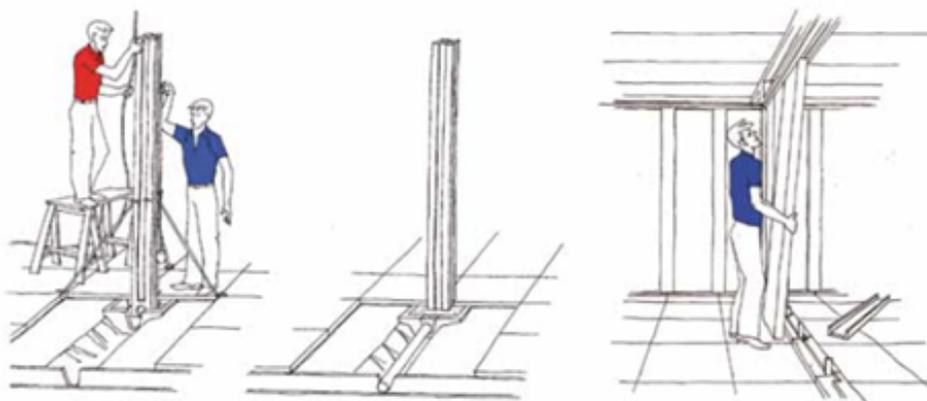
escola transitória de Albadiânia, 1982



Concebido por João Filgueiras Lima mais conhecido Lelé, as Escolas Transitórias foi iniciativa conjunta e voluntária para o projeto AMA (Ação do Município de Albadiânia) em Goiás e é um grande modelo de projeto construído com participação e mobilização popular. O edifício foi projetado em uma malha de 114,5x114,5cm e seu submúltiplo de 57,5x57,5cm e sua orientação foi definida no sentido Norte-Sul e permitiu uma melhor iluminação e ventilação natural nas salas de aula. Além disso, a escolha de um terreno plano foi fundamental para evitar custos adicionais com a movimentação de terra durante a construção. Foram utilizados dezesseis componentes que incluíam por exemplo: calhas para águas pluviais, pilares, vigas, telhas, sheds, divisórias e caixa d'água. Também, foi elaborada uma cartilha ilustrada para auxiliar os trabalhadores locais e não especializados responsáveis pela construção das escolas.

O uso de sistemas pré-fabricados foi amplamente empregado no projeto, que ofereceu uma área de 155m², 180m² e 275m² para 30, 45 e 60 alunos respectivamente. Um dos principais feitos de Lelé foi promover a utilização da argamassa armada em projetos sociais e equipamentos comunitários.

Além da modularidade e do sistema que possibilite auto-construção **(F27)**, o projeto busca a conexão do ambiente interno das salas de aula com o ambiente externo, através de portas pivotantes, garantindo da permeabilidade visual e física entre os ambientes.



(F27) ESCOLA TRANSITÓRIA - Ilustração da montagem das colunas da Escola Transitória e fixação dos painéis. Fonte: João Filgueiras Lima (1984).

Centro Poliesportivo em Sa Indiotería, 2005

A intenção do projeto do escritório Jordi Herrero & Sebastián Escanellas é a dinamicidade e permeabilidade conseguidas entre espaço interno e externo. A permeabilidade entre espaços faz com que o verdadeiro protagonista do projeto não seja a própria quadra esportiva, mas sim o fluxo de atividades que ocorrem ali: os de jogadores, o público, transeuntes.

A utilização de material translúcido (policarbonato) permite, juntamente com as mudanças exercidas pelo fluxo de usuários, a modificação da própria construção a partir das diferentes formas de incidência da luz. A permeabilidade da luz dentro e fora do projeto se misturam, já que sua cobertura se prolonga sobre os passantes externamente à quadra. A modificação da obra pela incidência da luz, além de trazer constante dinamicidade, permite diferentes experiências sensoriais com o passar do dia e através da iluminação artificial. O policarbonato translúcido colorido em determinados pontos da construção corrobora para a criação de sombras evidentemente diferentes. A proteção solar é assegurada pela presença de grandes vãos nas fachadas sudeste e sudoeste. A quadra esportiva não possui janelas, as trocas de ar ocorrem através dos pátios e aberturas de saída de ar quente na cobertura.

(F28) CENTRO POLIESPORTIVO - Quadra Poliesportiva evidenciando as diferentes experiências que o policarbonato translúcido proporciona durante o dia (figura a esquerda) e a noite (figura a direita). Fonte: <https://www.archdaily.com.br/>.



Unir, pensar, fazer...

04

projeto

programa de necessidades

O programa de necessidades dos anexos de *makerspaces* foi definido a partir da análise da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em conjunto com as diretrizes para a criação de *makerspaces* contidas em “*Cómo hacer un espacio maker*” (Sáez, 2017). De modo a contemplar os temas da tecnologia e computação na implementação da própria Base Curricular no ensino público, o Centro de Inovação para Educação Brasileira (CIEB) formulou o Currículo de Referência em Tecnologia e Computação, que tem por objetivo auxiliar os gestores e docentes no desenvolvimento de habilidades e práticas pedagógicas envolvendo temáticas digitais a serem desenvolvidas de acordo com a BNCC.

O Currículo de Referência em Tecnologia e Computação divide-se em três eixos, pelos quais diferentes habilidades podem ser desenvolvidas **(F28)**, considerando as temáticas da Tecnologia da Informação e Comunicação aplicadas ao ensino. Demonstrando a tendência pelo desenvolvimento de competências através do ensino construcionista, baseado na experimentação, as diretrizes elaboradas partem da lógica do ensino a partir da resolução de problemas do cotidiano dos alunos e da comunidade ao qual a escola está inserida. Desse modo, a construção do conhecimento se dá a partir do protagonismo dos alunos frente às problemáticas do cotidiano, através não somente do uso, mas da apropriação e modificação das tecnologias digitais disponíveis.

(F29) EIXOS DO CURRÍCULO DE REFERÊNCIA EM TECNOLOGIA E COMPUTAÇÃO - Tabela com eixos e seus respectivos conceitos desenvolvidos e unidades curriculares. Fonte: Acervo próprio.

EIXOS		
<p style="text-align: center;">CULTURA DIGITAL</p> <p><i>Relações humanas mediadas por tecnologias e comunicações digitalmente</i></p> <p style="text-align: center;">CONCEITOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Letramento digital • Cidadania digital • Tecnologia e sociedade <p style="text-align: center;">UNIDADE CURRICULAR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empreendedorismo; • E-sports; • Diagramação e editoração; • Autoria digital; • Ambiência e tecnologia; • Letramento midiático; • Segurança digital; • Ciência e pesquisa; • Ética e direito digital • Desenho técnico e vetorial; 	<p style="text-align: center;">PENSAMENTO COMPUTACIONAL</p> <p><i>Conhecimentos e práticas da computação na resolução de problemas</i></p> <p style="text-align: center;">CONCEITOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento de padrões • Decomposição • Algoritmos • Abstração <p style="text-align: center;">UNIDADE CURRICULAR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Programação de computadores • Tecnologias para internet • Ciência de dados • Design de aplicativos • Jogos digitais e analógicos • Robótica • Internet das coisas • Simulação de fenômenos naturais 	<p style="text-align: center;">TECNOLOGIA DIGITAL</p> <p><i>Funcionamento de computadores e suas tecnologias</i></p> <p style="text-align: center;">CONCEITOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Representação de dados • Hardware e software • Comunicação e redes • Tecnologia e sociedade <p style="text-align: center;">UNIDADE CURRICULAR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montagem e manutenção de computadores • Tecnologias e o mundo do trabalho • Realidade misturada • Criptografia e cibersegurança • Fotografia digital • Fabricação digital • Inteligência artificial • Modelagem 3D

Os eixos do Currículo de Referência em Tecnologia e Computação permitiram delimitar, a partir da análise das atividades realizadas nas iniciativas já em desenvolvimento no Recife (NAVE, Espaços 4.0), atividades com temáticas comuns. Na tabela a seguir constam as atividades que já se mostram em vigência nos espaços de inovação da capital pernambucana, agrupadas pelo eixo em comum.

ATIVIDADES (com base nos projetos em desenvolvimento no Recife)

- Economia criativa;
- Economia circular;
- Negócios 4.0;
- Story telling;
- Audiovisual;
- Oficinas comunidade;
- Ensino aprendizagem/ território;
- Empreendedorismo.

- Desenvolvimento de games;
- Inteligência artificial;
- Ciência de dados;
- Criação de sites;
- Robótica.

- Manufatura avançada;
- Gamificação;
- Aprendizagem por projetos;
- Modelagem 3D;
- Cultura maker.

(F30) ATIVIDADES POR EIXO – Tabela com atividades realizadas em centros de inovação em Recife e agrupadas em seus respectivos eixos comuns. Fonte: Acervo próprio.

Analisando as diretrizes assinaladas por Sáez (2017) no que tange ao zoneamento de zonas sujas e limpas, foi realizado o zoneamento dos usos de acordo com o nível de periculosidade das atividades. Considera-se, nesse sentido, as atividades realizadas pelo eixo de tecnologia digital, que utilizam equipamentos de fabricação digital que produzem ruídos sonoros, materiais tóxicos e sujeira, como atividades mais perigosas em relação às práticas da cultura digital. A tabela ao lado **(F30)** demonstra o programa de necessidades adotado. Considerando as atividades realizadas em cada eixo, também foram delimitados os equipamentos necessários nos três grupos.

O programa de necessidades em questão refere-se não somente as atividades que serão realizadas pelos docentes e discentes, mas, também quanto às recomendações referentes à abertura esporádica do espaço *maker* para a comunidade, assinaladas por García (2017).

Desse modo, faz-se ainda mais necessária a divisão dos espaços para que as atividades que sejam realizadas nos espaços de maior periculosidade não impossibilitem a realização das visitas e workshops com alunos e comunidade simultaneamente, o que inviabilizaria sua abertura ao público externo. Nesse sentido, o zoneamento adequado dos espaços contribui para a segurança e funcionalidade do makerspace, para que as aulas possam acontecer paralelamente ao uso de equipamentos e ferramentas que produzam resíduos.

De modo a corroborar com a maior apropriação dos espaços pelos alunos, as salas aqui delimitadas a partir dos eixos foram denominadas em espaços unir (cultura digital), pensar (computacional) e fazer (tecnologia digital).

(F31) PROGRAMA DE NECESSIDADES - tabela realizada a partir dos eixos do Currículo de Referência em Tecnologia e Computação, análise das atividades realizadas em centros de inovação no Recife e as diretrizes para construção de Makerspaces. Fonte: Acervo próprio.

PROGRAMA DE NECESSIDADES		
CULTURA DIGITAL	PENSAMENTO COMPUTACIONAL	TECNOLOGIA DIGITAL
<p>PROGRAMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de exposições; • Laboratório de informática; • Sala de aula flexível (aulas e workshop); • Armazenamento de equipamentos (audiovisual e papelaria); • Central multimídia. <p>EQUIPAMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notebooks/tablets; • Equipamentos de audiovisual (câmeras, fundo infinito, entre outros). 	<p>PROGRAMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sala de aula flexível (brainstorm/workshop/robótica); • Espaço de descompressão; • Laboratório informática; <p>EQUIPAMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computadores/notebooks; • Retroprojektor. 	<p>PROGRAMA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laboratório de fabricação digital; • Armazenamento de EPI; • Armazenamento de materiais e ferramentas; • Mostruário de projetos; • Workshop; • Área de descompressão. <p>EQUIPAMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impressoras 3D; • Kit de ferramentas; • Scanner 3D; • Equipamentos arduino; • Mesa digitalizadora; • Estação soldadora; • Caneta 3D; • Multímetro; • Cortadora a laser; • Tablets/ celulares; • Notebooks/computadores.
<p>NÍVEL DE PERICULOSIDADE</p> <p>Aberto à comunidade Usado sob supervisão</p>		

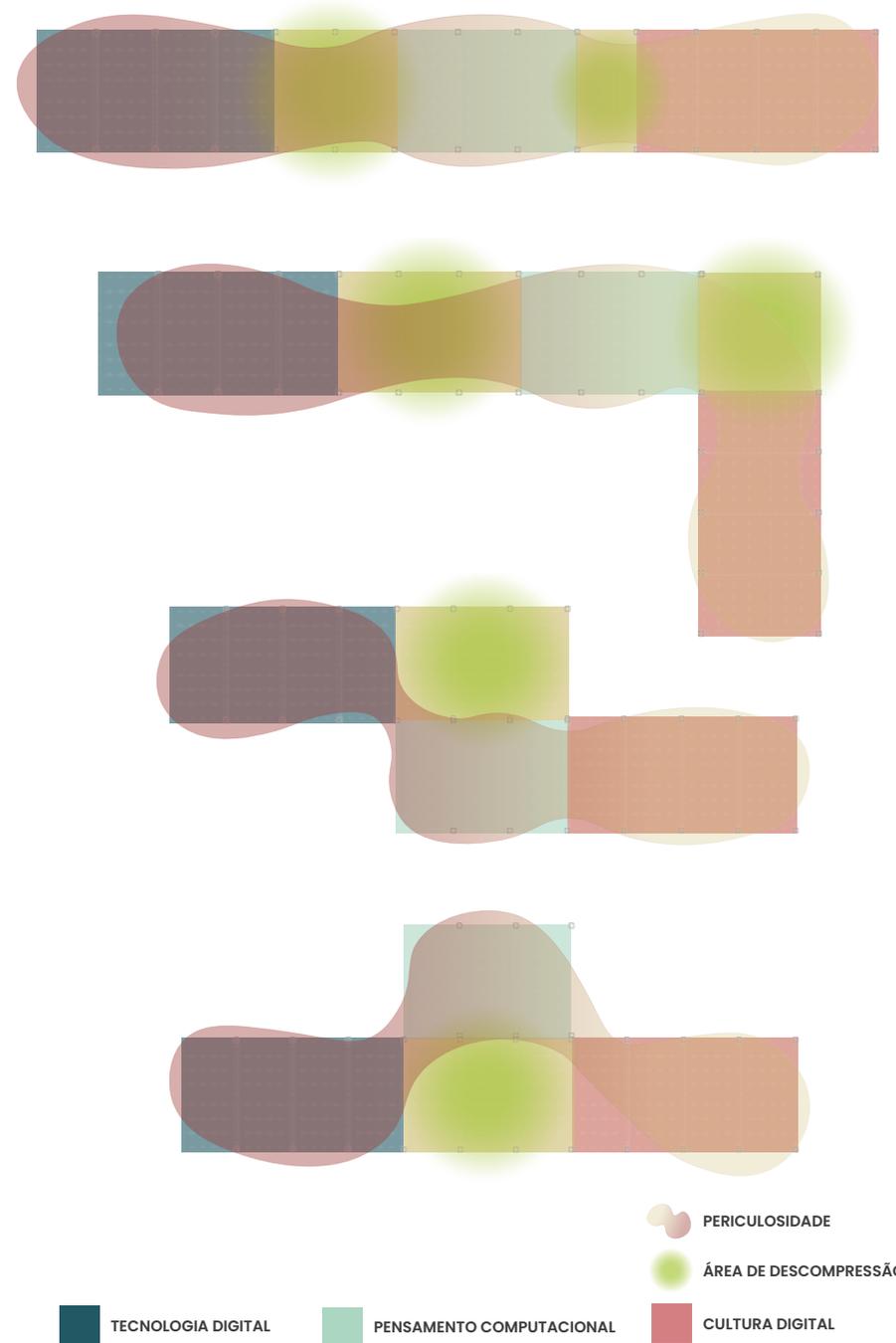
zoneamento

A divisão do programa a partir de eixos com temáticas comuns, atrelada à necessidade de zoneamento dos espaços de acordo com as atividades desenvolvidas em cada ambiente, culminou na criação de três módulos de sala que se comunicam de modo a formar o anexo. Considerando a necessidade por adaptação a diferentes contextos escolares, a adoção de um sistema modular tornou-se essencial, de modo a contemplar a disponibilidade de área de cada escola e sua forma.

O uso do sistema construtivo BlackBird para o projeto contribuiu, também, com a modularidade da proposta, levando-se em conta a serialização das peças e do chassi estrutural principal da tecnologia. Cada sala do anexo pode apresentar mais ou menos módulos do chassis utilizado, de acordo com a demanda e disponibilidade de área.

A partir das demandas advindas da necessidade de zoneamento dos espaços de acordo com os níveis de periculosidade de cada ambiente, foi desenvolvido o módulo de descompressão. Além de cumprir o papel de recepção de alunos, professores e outros usuários, apresenta-se como importante atenuador entre os espaços de maior produção de resíduos, corroborando para o conforto das outras salas. As áreas de descompressão, abertas ao ambiente externo, permitem, também, a realização de atividades ao ar livre, corroborando para uma maior flexibilidade dos usos que serão adotados para o anexo.

(F32) DIAGRAMA DOS MÓDULOS - exemplos de disposição dos módulos de cultura digital, tecnologia digital e pensamento computacional. Salas dispostas considerando ventilação predominante vindas do sudeste, em que os resíduos das zonas de maior periculosidade não sejam transportados para as outras salas. Fonte: Acervo próprio.



espaços

De modo a simular a disponibilidade de espaço para a construção da opção de modulação de anexo de *makerspace* escolhido, a EREM Ageu Magalhães, localizado no bairro de casa amarela, foi utilizada como exemplo.



(F33) EREM AGEU MAGALHÃES - Simulação de implantação do anexo a ser desenvolvido. Área disponível: 1400m². Fonte: Acervo próprio.

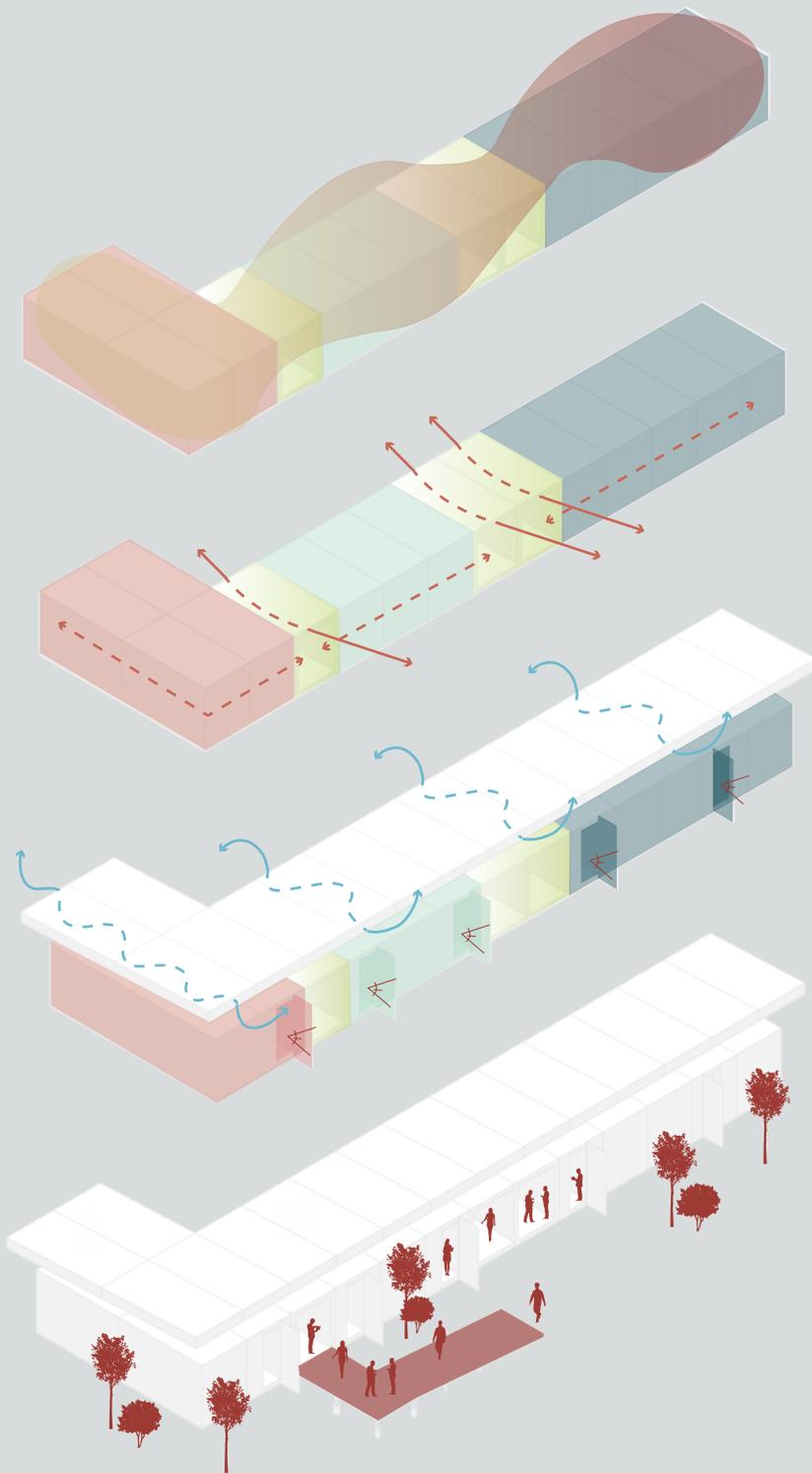
diretrizes

De modo a desenvolver um anteprojeto de anexo *maker*, foi escolhido, para elaboração mais profunda, o desenvolvimento de um tipo de conformação das salas. Na opção a ser desenvolvida no trabalho em questão as salas de aula se comunicam formando um "L". Considerando a modularidade do sistema, as soluções desenvolvidas para a proposta a ser detalhada em questão podem ser aplicadas a outras disposições de salas.

De modo a conceber um espaço que demonstre aos alunos as possibilidades do uso da tecnologia na resolução de demandas individuais e coletivas, a estrutura realizada a partir das tecnologias CAD/CAM possuem importante função de exemplificação e ensino, de forma prática, do potencial das aulas ministradas e das habilidades que ali podem ser desenvolvidas.

Por sua vez, sendo uma tecnologia desenvolvida em países de clima temperado, há a necessidade de adaptação do sistema, de modo a responder eficientemente ao clima tropical úmido do Recife. Desse modo, levou-se em consideração as diretrizes presentes no "Roteiro para Construir no Nordeste"¹ (1976), como as recomendações para criar sombras, recuar paredes, abrir portas, continuar espaços e conviver com a natureza.

¹ Roteiro desenvolvido para o Mestrado de Desenvolvimento Urbano pela Universidade Federal de Pernambuco (1976) tendo como autor Armando de Holanda, contém técnicas que permitem a construção e projeto de edificações com desempenho a amenização do clima tropical.



1 A disposição das salas segue o nível de periculosidade adotado no presente trabalho. Entre as diferentes salas, aqui denominadas espaços unir (eixo cultura digital), pensar (eixo pensamento computacional) e fazer (eixo tecnologia digital), existem os espaços de decompressão.

2 Os fluxos, de modo a responderem as demandas de flexibilidade e adaptação dos usos de *makerspaces*, são construídos de forma a possibilitar a integração dos espaços, através das áreas de decompressão, em um único anexo permeável, quando necessário.

3 De modo a adaptar a tecnologia BlackBird ao clima tropical úmido, busca-se criar sombras, através de beirais, promover a continuação dos espaços a partir da abertura de grandes janelas e portas, e, de modo a assegurar a ventilação natural, solta-se a coberta do bloco principal.

4 Por fim, o projeto busca, a partir da permeabilidade de seus acessos, fachadas, e escolhas de materiais translúcidos, a conexão com o ambiente externo de modo a demonstrar seu caráter receptivo e sustentável.

(F34) DIAGRAMA - sequência de diretrizes.
Fonte: Acervo próprio.



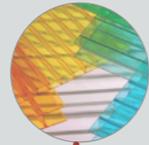


(R1) PERSPECTIVA - Maquete digital
Fonte: Acervo próprio.

telha sanduíche



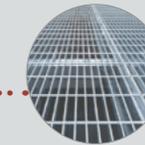
chapa de policarbonato alveolar



chapas de acrílico



piso metálico industrial



SOBE

5,71%

proj. coberta

A

D

C

B

+0,70m

FAZER +0,70m

FAZER +0,70m

DESCOMPRESSÃO +0,70m

PENSAR +0,70m

DESCOMPRESSÃO +0,70m

UNIR +0,70m

E

E

+0,70m

5,71%

SOBE

(F35) PLANTA BAIXA - a escolha dos materiais se deu, entre outros fatores, por sua possibilidade de usinagem (chapas), e fácil manuseio.
Fonte: Acervo próprio.



A

D

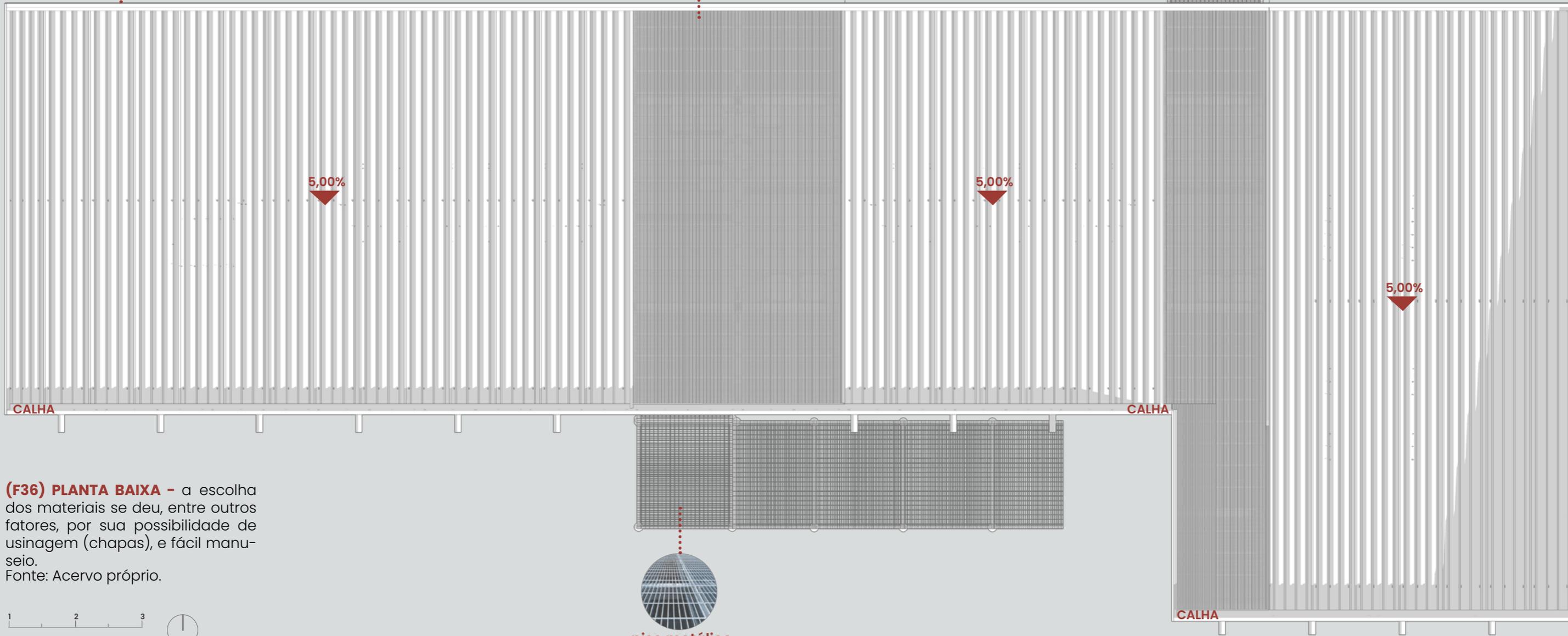
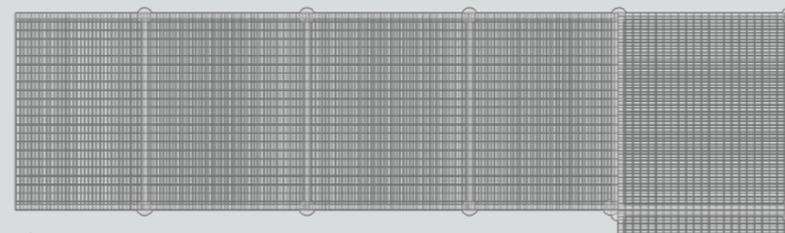
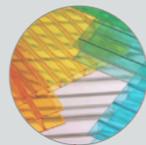
C

B

telha sanduíche



chapa de policarbonato alveolar



(F36) PLANTA BAIXA - a escolha dos materiais se deu, entre outros fatores, por sua possibilidade de usinagem (chapas), e fácil manuseio.
Fonte: Acervo próprio.



piso metálico industrial





(R2) PERSPECTIVA - Maquete digital
Fonte: Acervo próprio.

A flexibilidade e adaptação dos espaços é conseguida através de um conjunto de soluções que permitem a modificação do layout das salas de acordo com as atividades que serão exercidas. Desse modo, o mobiliário foi desenvolvido seguindo, também, assim com a construção, o design para montagem de desmontagem.

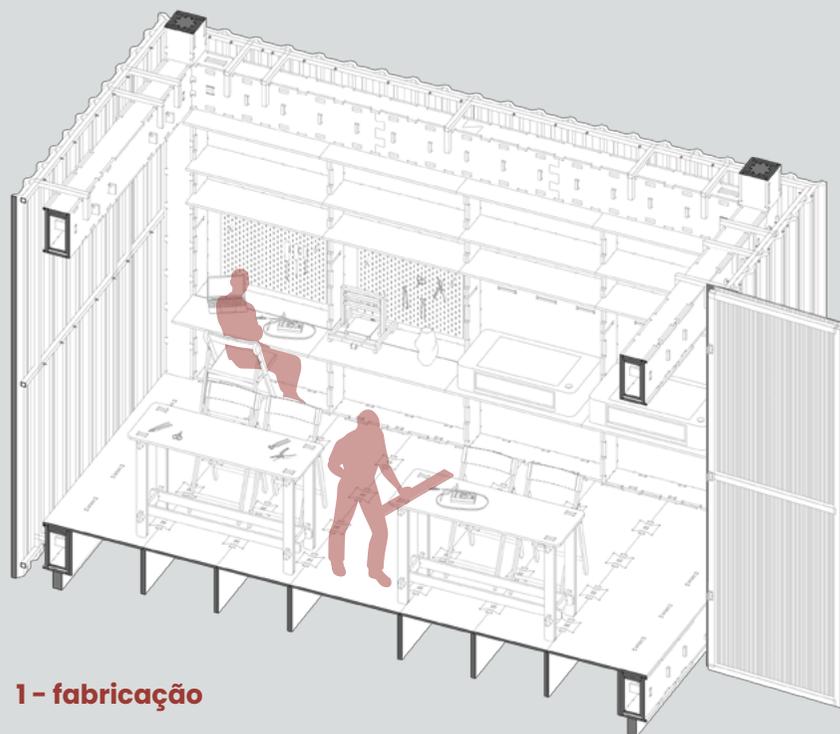
Utilizando-se do temática *maker* presente no anexo, o mobiliário tem importante papel no contato direto dos alunos com as possíveis manipulações do espaço construído através da tecnologia. A confecção do “micro” da construção mobiliza o estudante a protagonizar nos espaços em que está inserido.

A perspectiva pedagógica de um espaço *maker* implica na proposta de um ambiente “incompleto o bastante para que [a criança] se aproprie e transforme esse espaço através de sua própria ação” (BUIIONI, 2009).

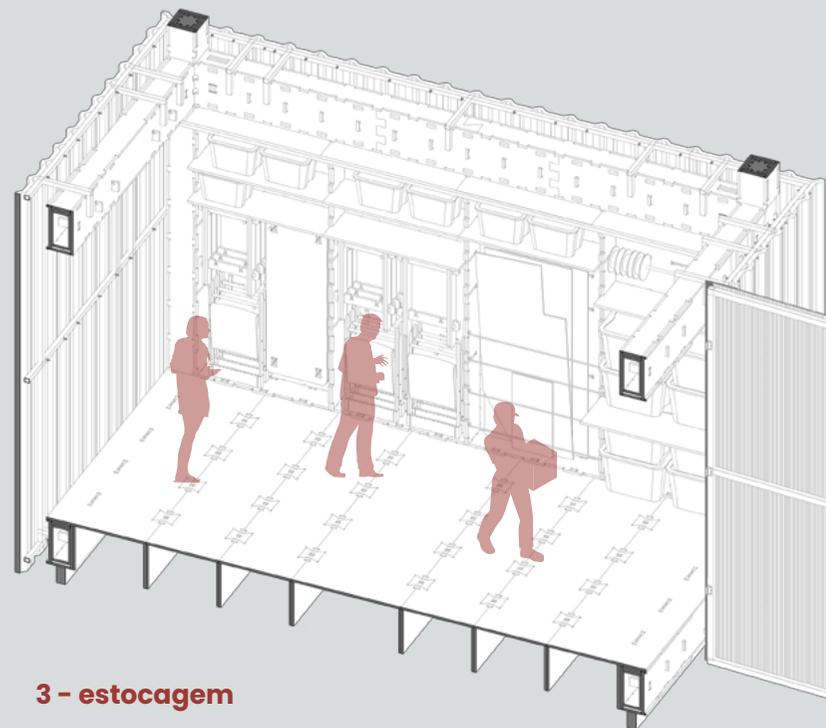
Também é possível que todo o mobiliário seja recolhido para dar espaço a eventos e exposições.



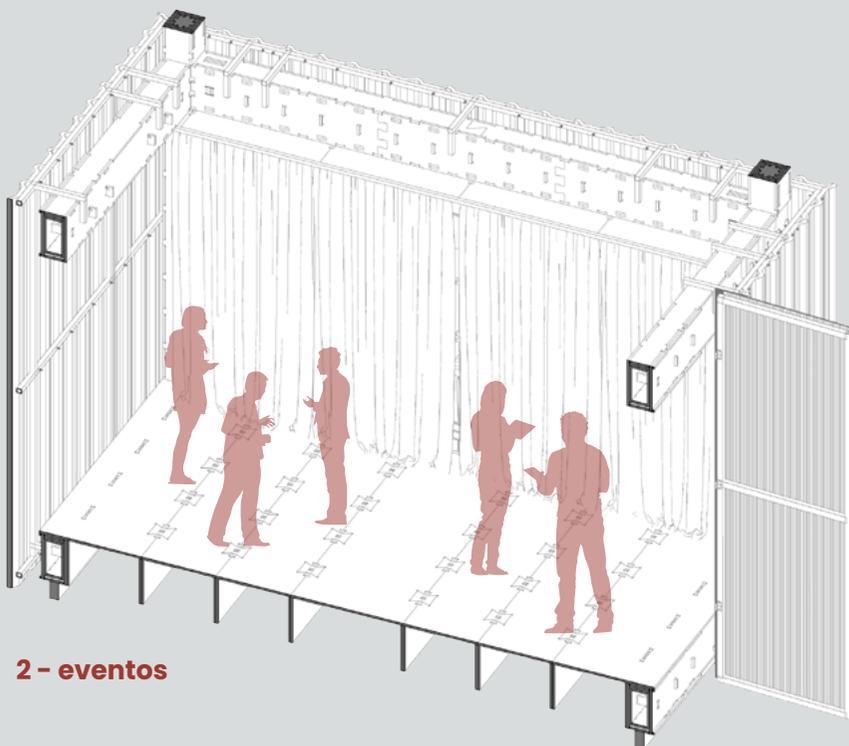
(F37) DIAGRAMA LAYOUT - diferentes layout conseguidos nos espaços.
Fonte: Acervo próprio.



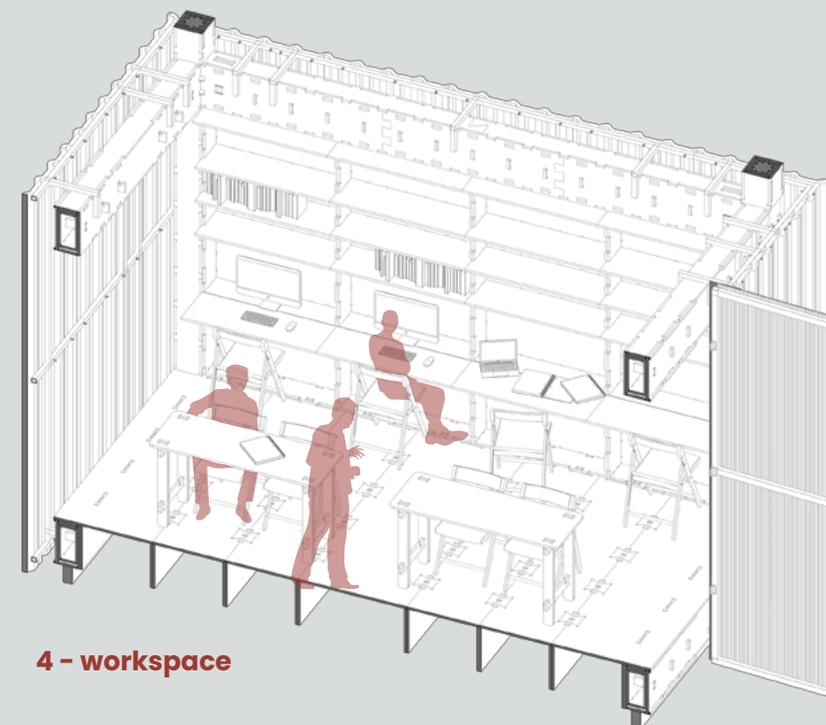
1 - fabricação



3 - estocagem



2 - eventos



4 - workspace

(F38) DIAGRAMA PRATELEIRAS:
 modificações conseguidas através do uso dinâmico das paredes.
 Fonte: Acervo próprio.

cortadoras a laser de
pequeno porte

armazenamento
de
materiais





(R3) PERSPECTIVA - Maquete digital
Fonte: Acervo próprio.

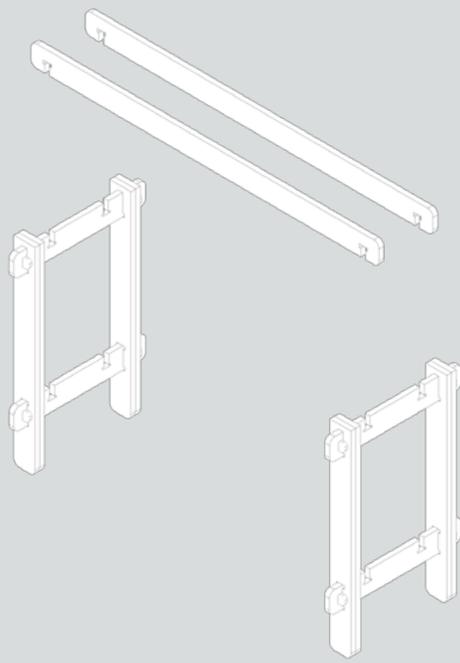




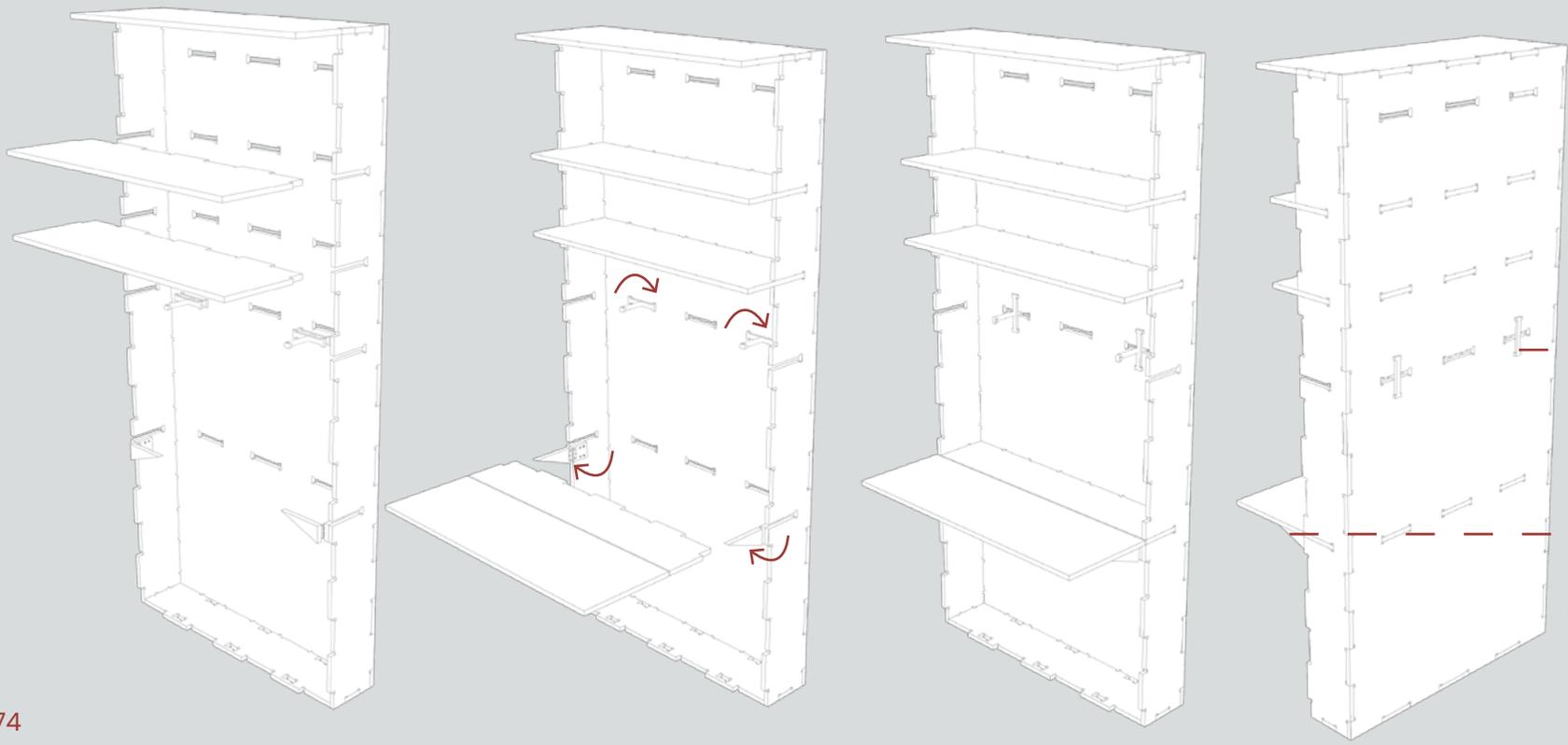
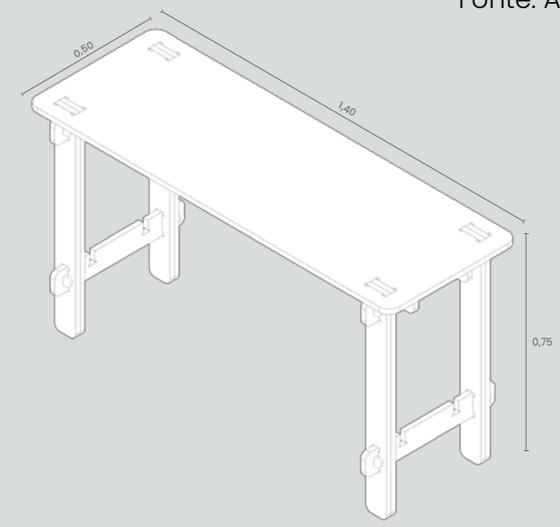
(R4) PERSPECTIVA - Maquete digital
Fonte: Acervo próprio.



travamentos fabricados em impressora 3D



(F39) MANUAL DE MONTAGEM MESAS
Mesas usinadas em fresadoras CNC utilizando compensado naval.
Fonte: Acervo próprio.

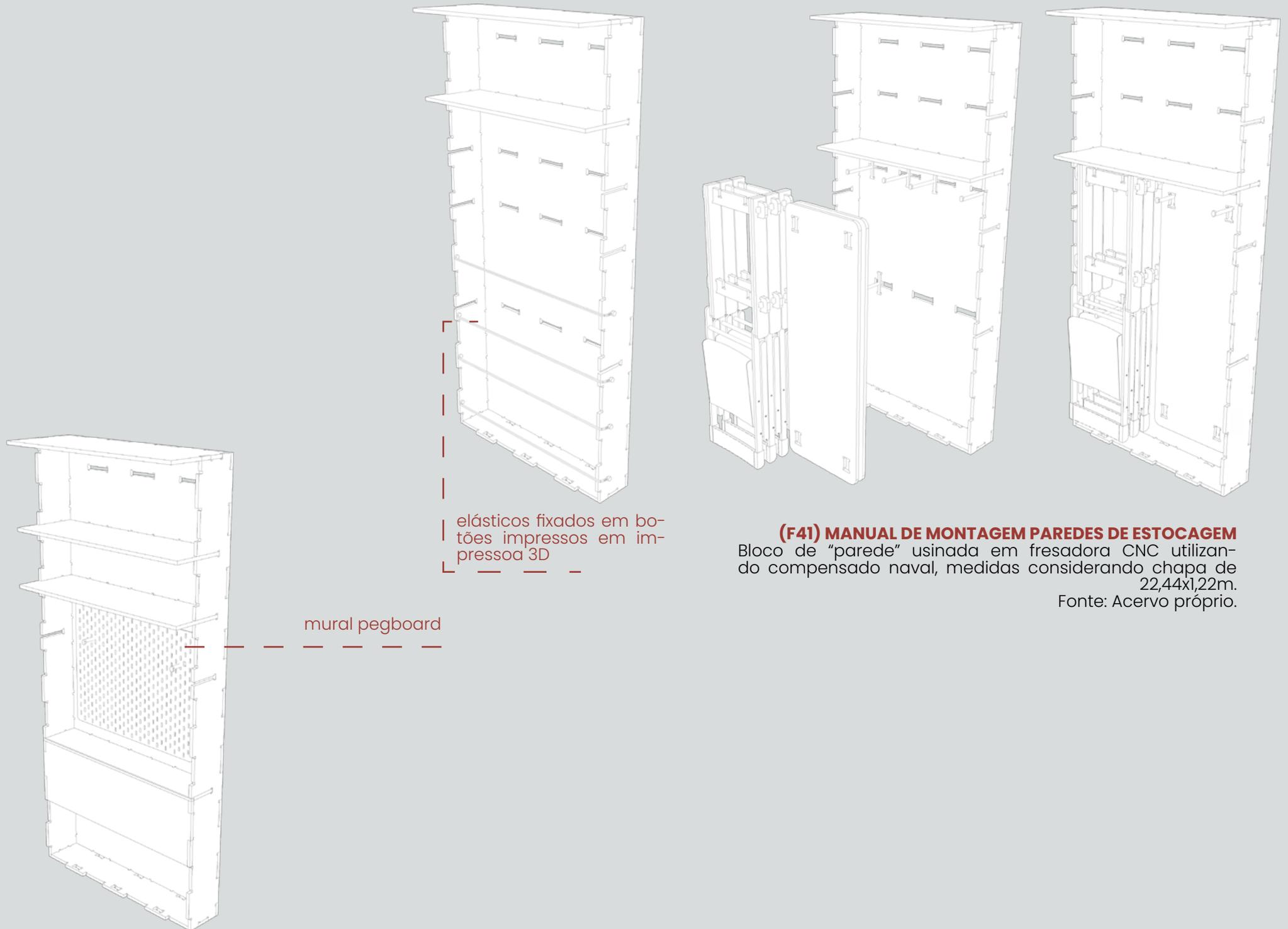


ganchos fabricados em impressora 3D

mão francesa fabricada em impressora 3D

(F40) MANUAL DE MONTAGEM PRATELEIRAS

Bloco de "parede" usinado em fresadora CNC utilizando compensado naval, medidas considerando chapa de 2,44x122m.
Fonte: Acervo próprio.



elásticos fixados em botões impressos em impressora 3D

mural pegboard

(F41) MANUAL DE MONTAGEM PAREDES DE ESTOCAGEM

Bloco de "parede" usinada em fresadora CNC utilizando compensado naval, medidas considerando chapa de 22,44x1,22m.

Fonte: Acervo próprio.





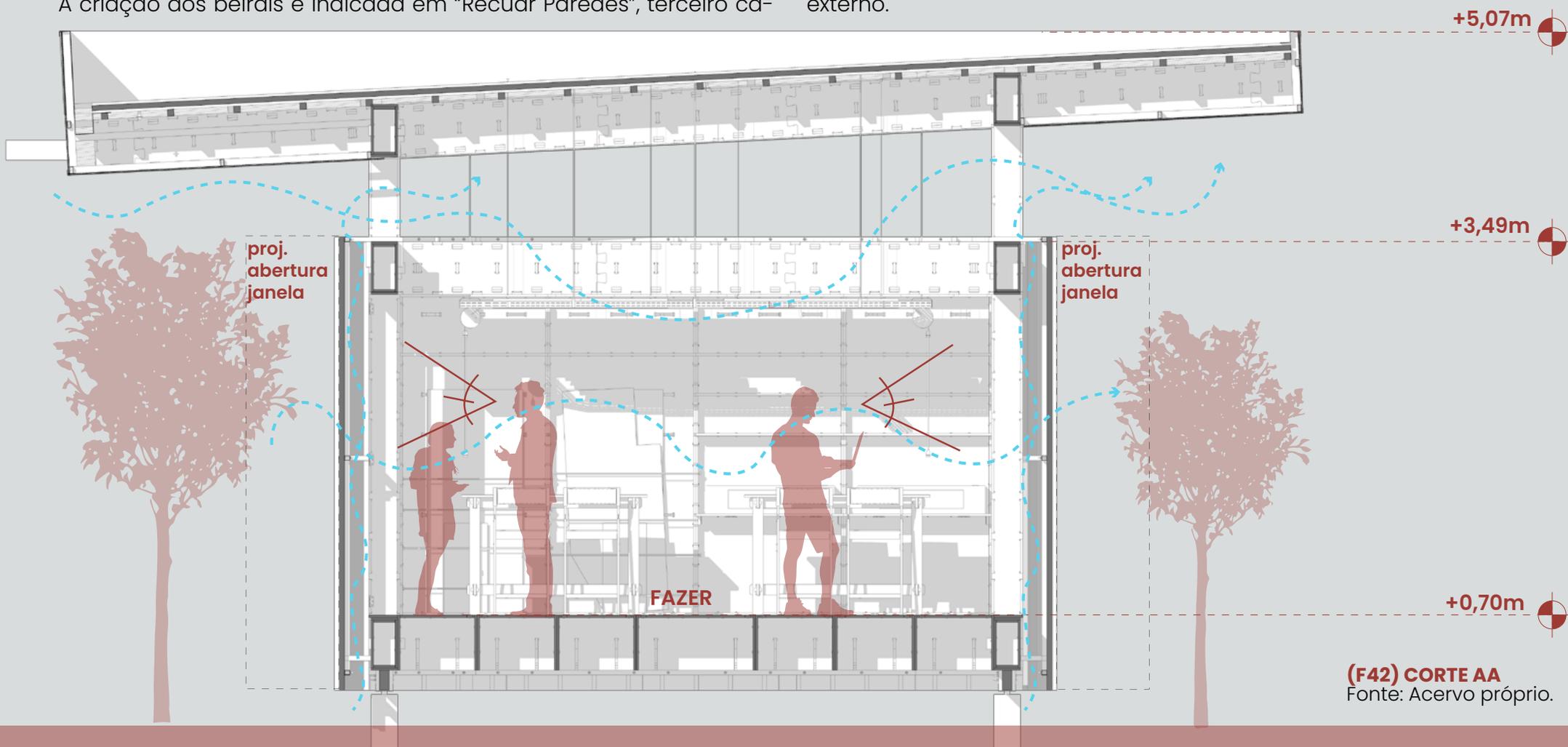
(R5) PERSPECTIVA - Maquete digital
Fonte: Acervo próprio.

A partir do “Roteiro para Construir no Nordeste” foi possível desenvolver as soluções para ventilação e proteção solar aplicadas ao projeto. Em “Criar Sombras”, primeiro capítulo do roteiro, são indicadas soluções para cobertas ventiladas. No anexo, o desprendimento da coberta em relação ao bloco principal culmina na criação da ventilação cruzada e no aumento do pé direito de modo a aumentar sua eficiência como isolante térmico.

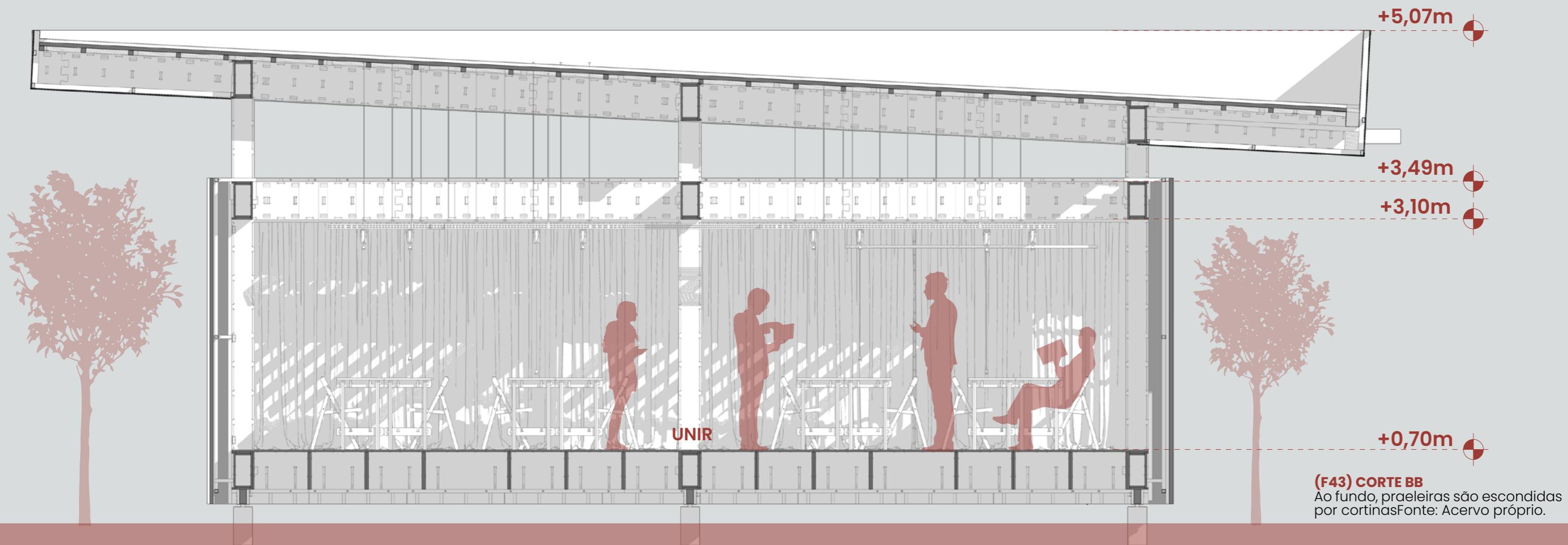
O recuo das paredes foi possibilitado a partir da modificação de encaixes nos componentes da tecnologia construtiva aplicada. A criação dos beirais é indicada em “Recuar Paredes”, terceiro ca-

pítulo do roteiro. De modo a contribuir com o isolamento térmico da construção e proteger o compensado do contato com água, os fechamentos foram desenvolvidos a partir de estrutura metálica que se “encaixa” nas vigas do anexo e é revestida por telhas sanduíche. O fechamento dista 20cm da face externa do anexo, culminando na criação de um colchão de ar que atua no isolamento e trocas de ar dos espaços.

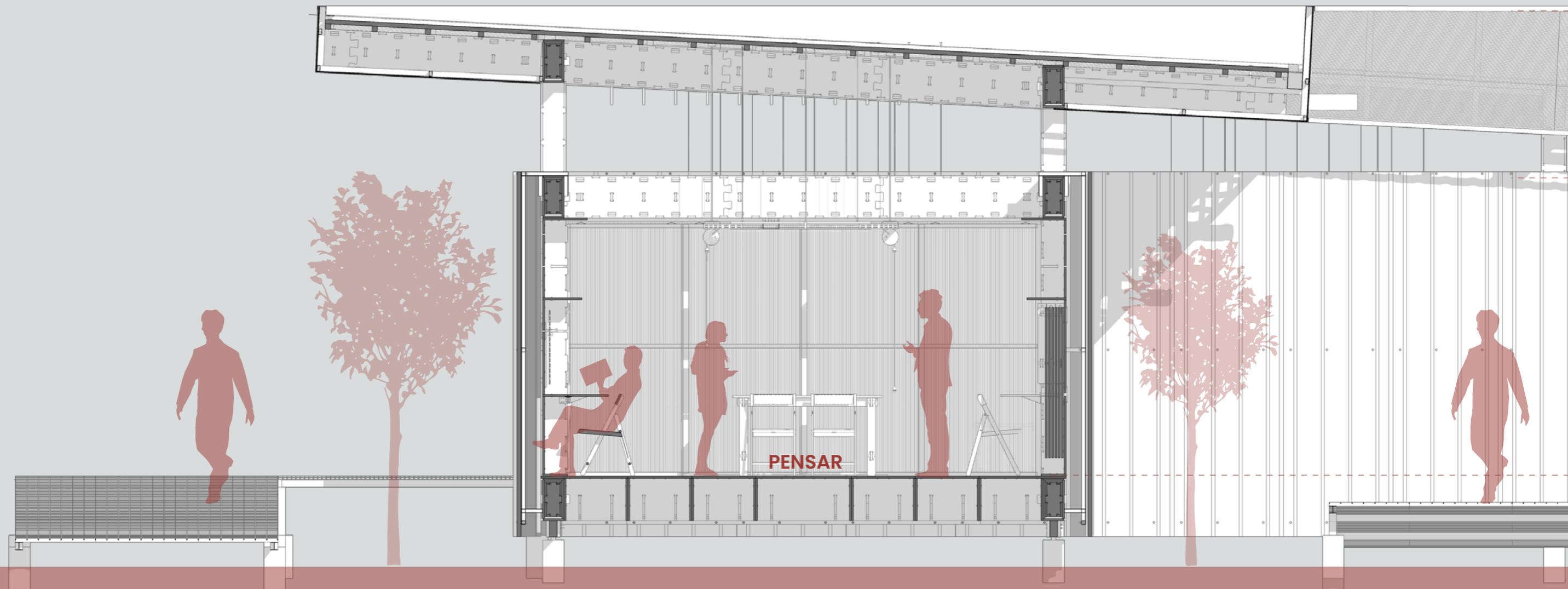
A utilização de materiais translúcidos e a escolha pela criação de grandes esquadrias assegura a integração com o ambiente externo.

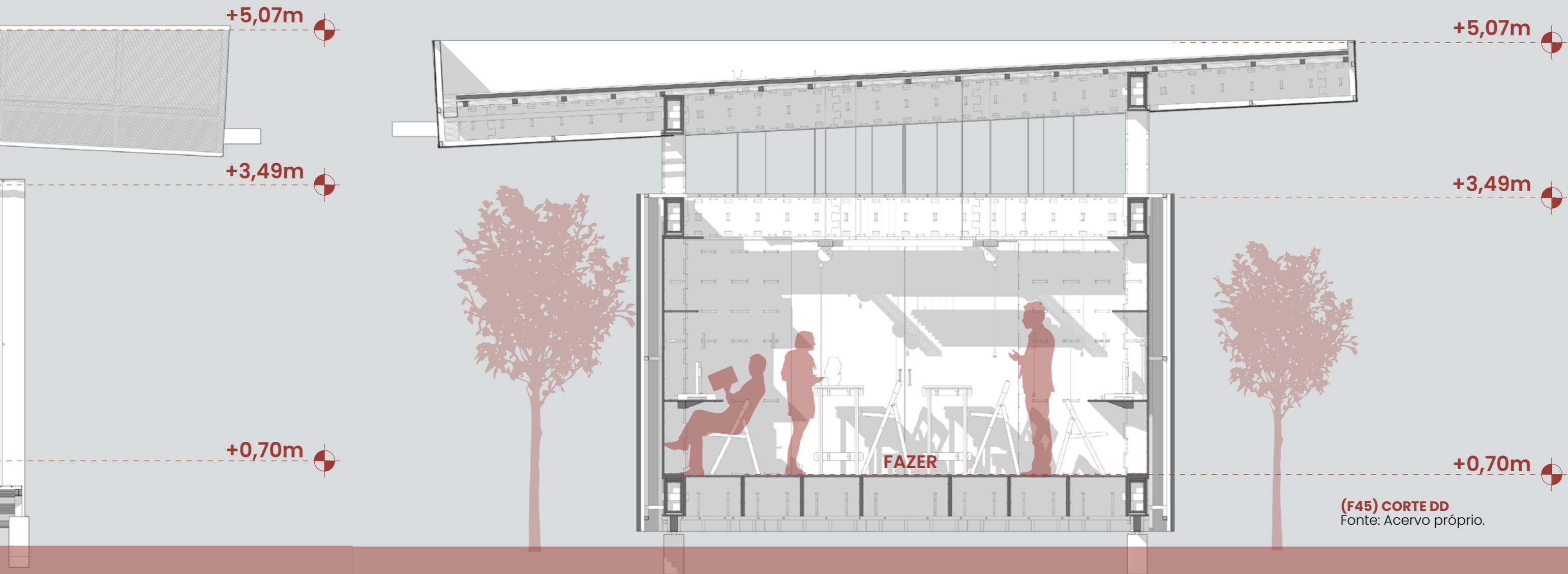


Equipamentos que necessitem de ventilação mecânica, como as cortadoras a laser, dispõem de exaustão para o ambiente externo através de dutos nos fechamentos laterais, como é possível visualizar no **corte EE'** no espaço fazer. No projeto em questão são utilizadas máquinas de corte a laser de porte pequeno, que não necessitam de sistema de ar condicionado.

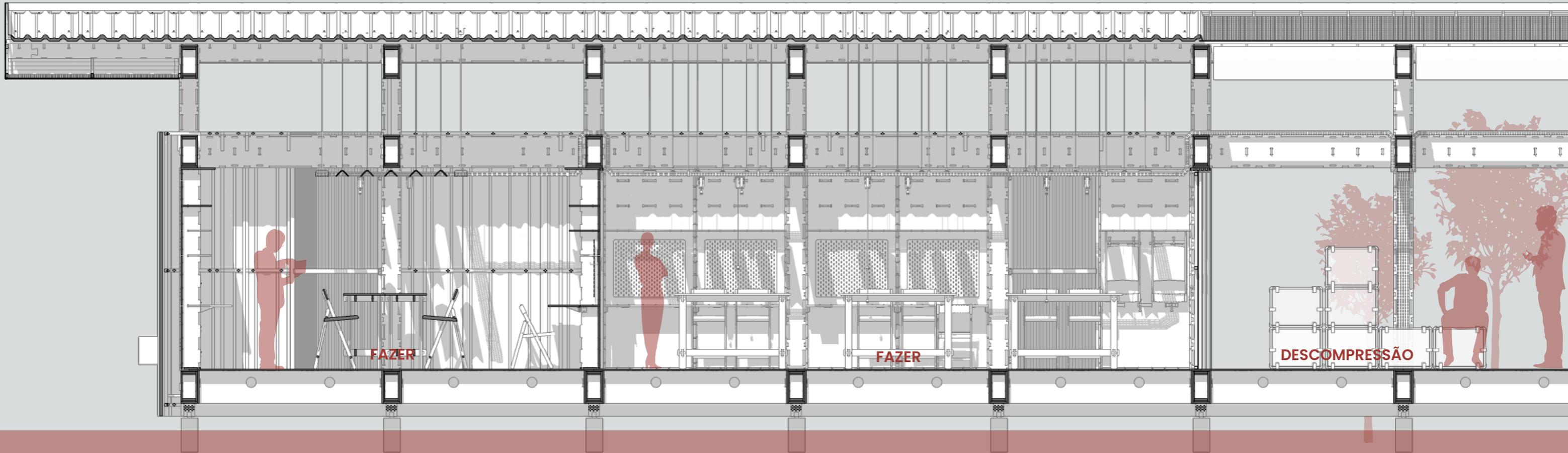


(F44) CORTE CC
Fonte: Acervo próprio.





(F45) CORTE DD
Fonte: Acervo próprio.





+5,07m

+4,12m

+3,49m

+3,10m

PENSAR

DESCOMPRESSÃO

UNIR

+0,70m

(F46) CORTE EE
Fonte: Acervo próprio.

1 2 3

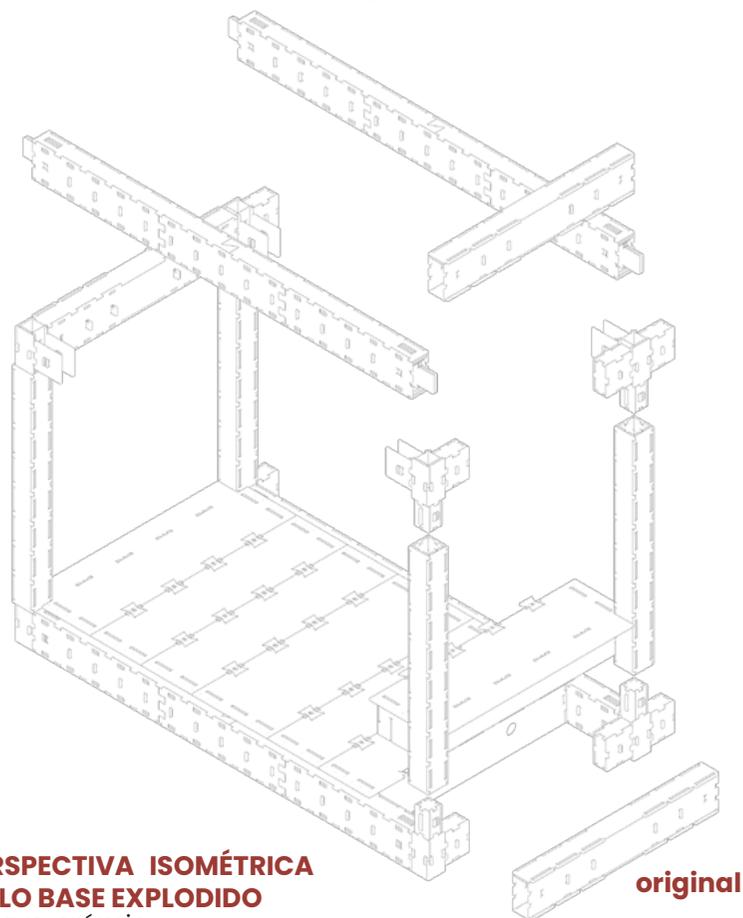




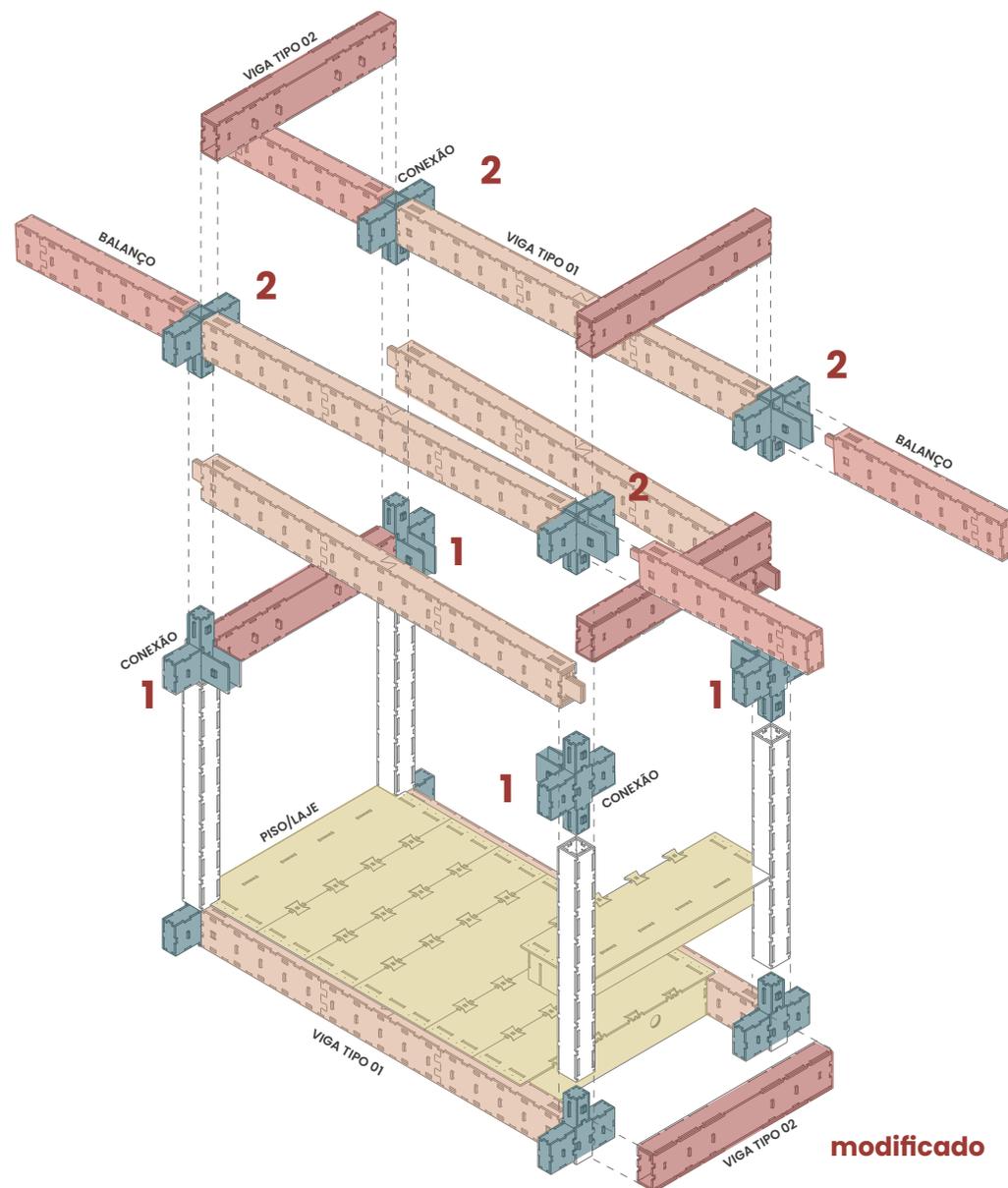
(R6) PERSPECTIVA - Maquete digital
Fonte: Acervo próprio.

estrutura

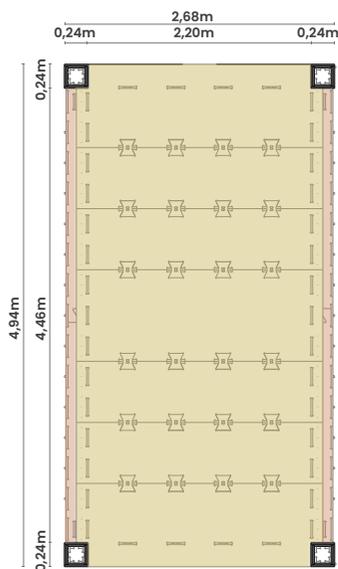
Na adaptação do chassi original da tecnologia BlackBird proposta pelo WikiHous, fez-se necessária a mudança dos componentes da cobertura. Desse modo, a partir do desenho de novos conectores (1) entre pilares e vigas, foi possível a elevação da cobertura. Os conectores da cobertura (2) foram criados de modo a adicionar mais um eixo de encaixe para os balanços do anexo.



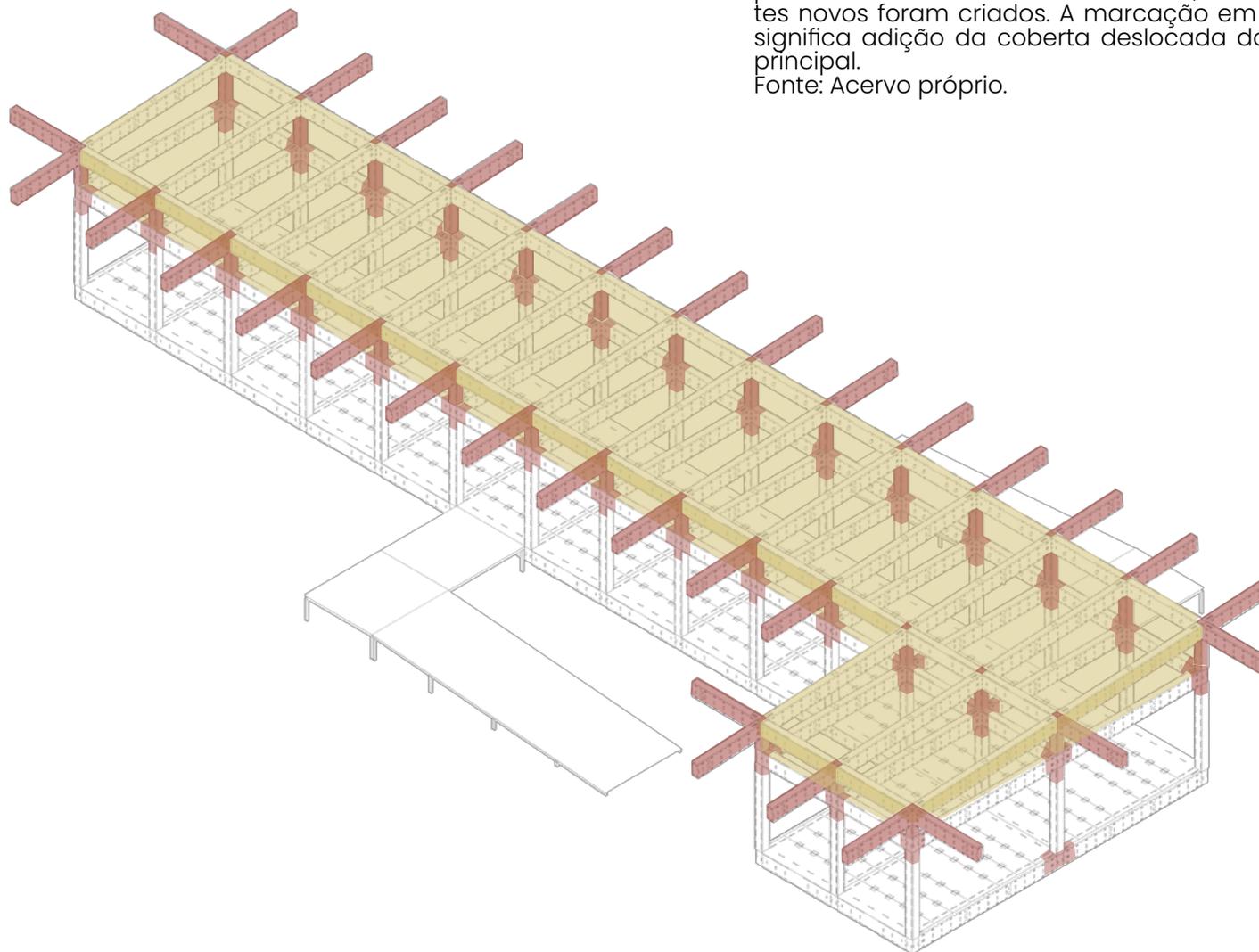
(F47) PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DO MÓDULO BASE EXPLODIDO
Fonte: Acervo próprio.



Também foram criadas vigas de balanço que, juntamente com os conectores **2** formam os beirais do projeto. As dimensões das vigas e pisos, por sua vez, não foram alteradas **(F)**.



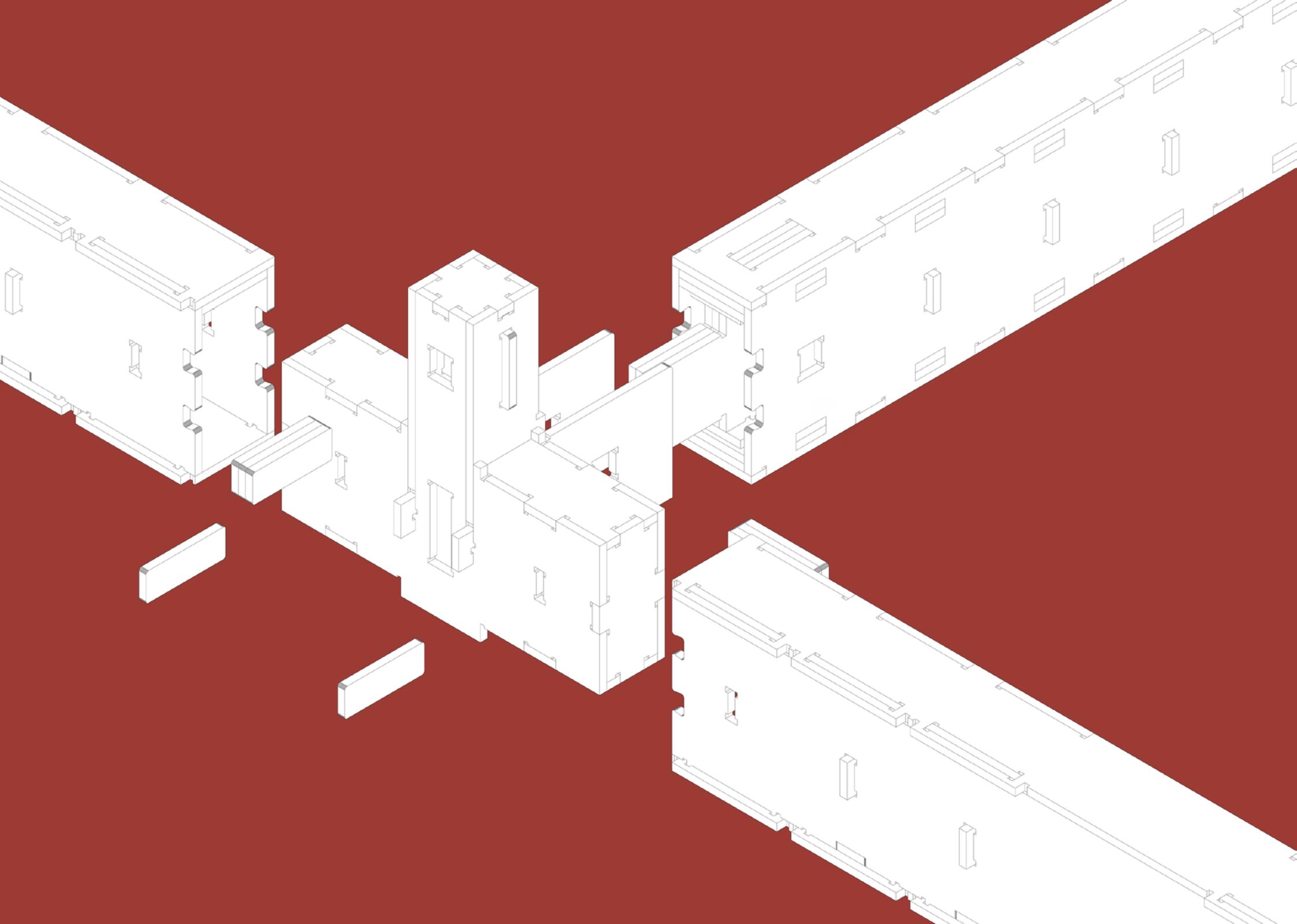
(F48) PLANTA BAIXA
Fonte: Acervo próprio.



(F49) PERSPECTIVA ISOMÉTRICA ESTRUTURAS MODIFICADAS

Os componentes marcados em vermelho foram modificados para o projeto. Vale ressaltar que apesar de terem sido modificados, os componentes repetem-se em cada módulo. Ao total, 8 componentes novos foram criados. A marcação em amarelo significa adição da cobertura deslocada do volume principal.

Fonte: Acervo próprio.

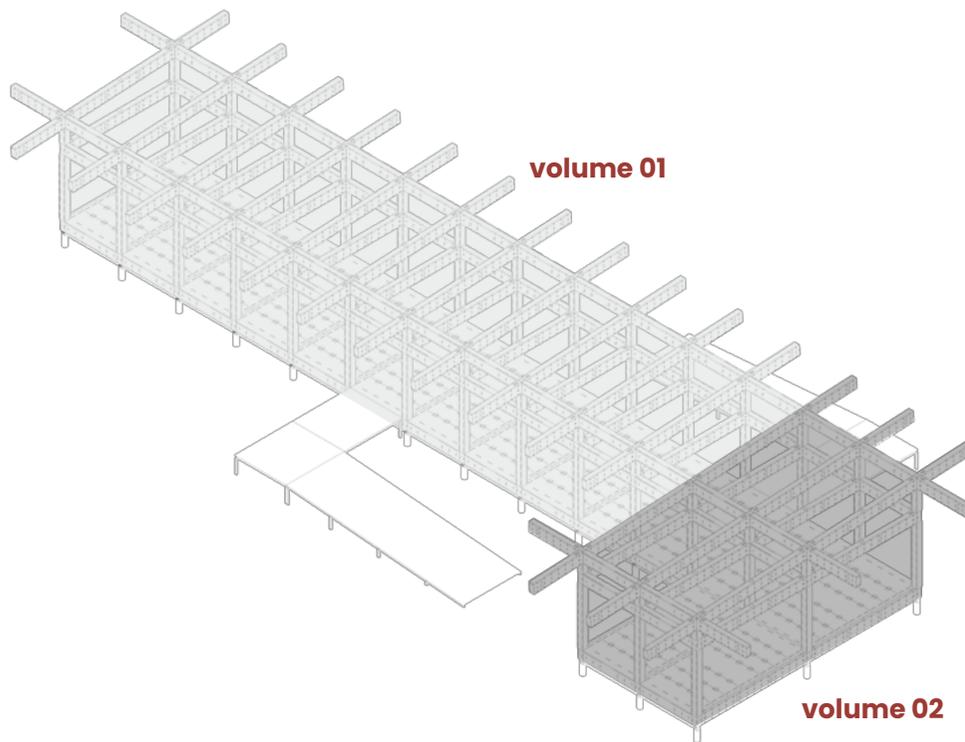


05

manual de montagem

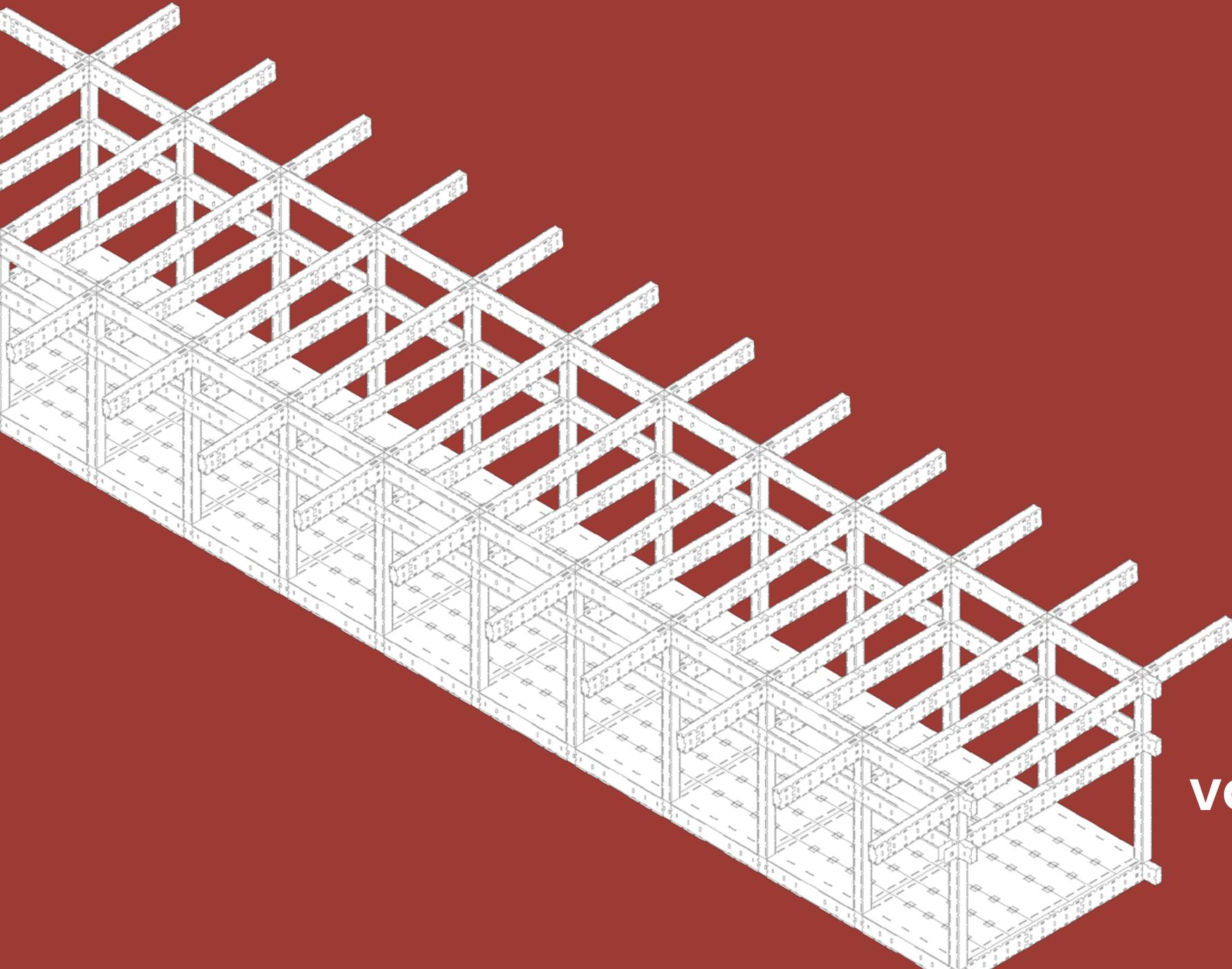
O manual de montagem do sistema Blackbird segue a ordem de encaixes dos componentes individuais (vigas, piso/laje, conectores) que posteriormente são encaixados entre si. A mesma metodologia para organização do manual será adotada no presente trabalho.

Considerando a existência de dois módulos de chassi distintos no projeto do anexo, o manual também divide-se no roteiro para encaixes do volume 01 e 02 separadamente, para melhor compreensão do projeto **(F50)**.

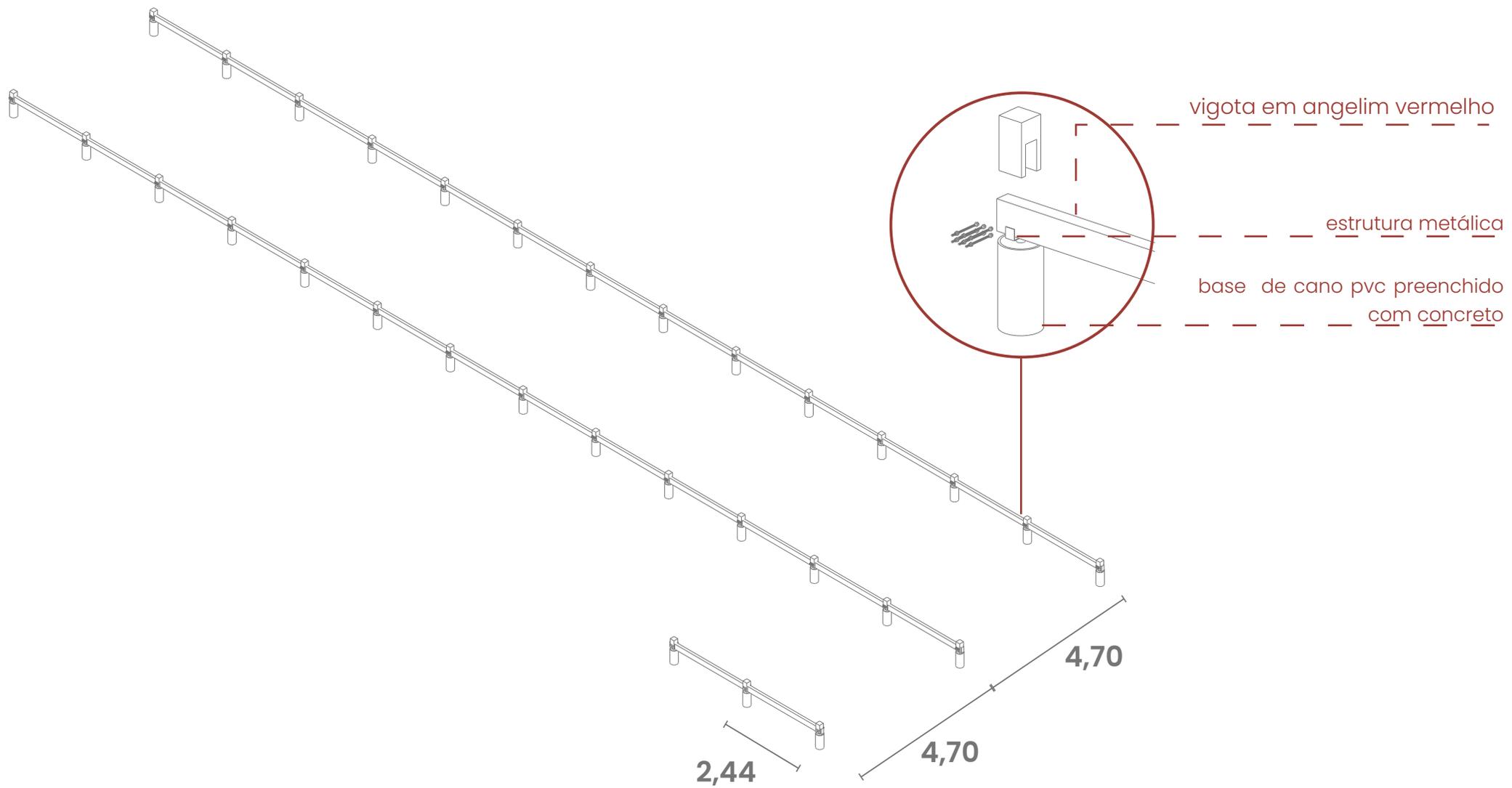


**(F50) PERSPECTIVA ISOMÉTRICA
DOS MÓDULOS 1 E 2**

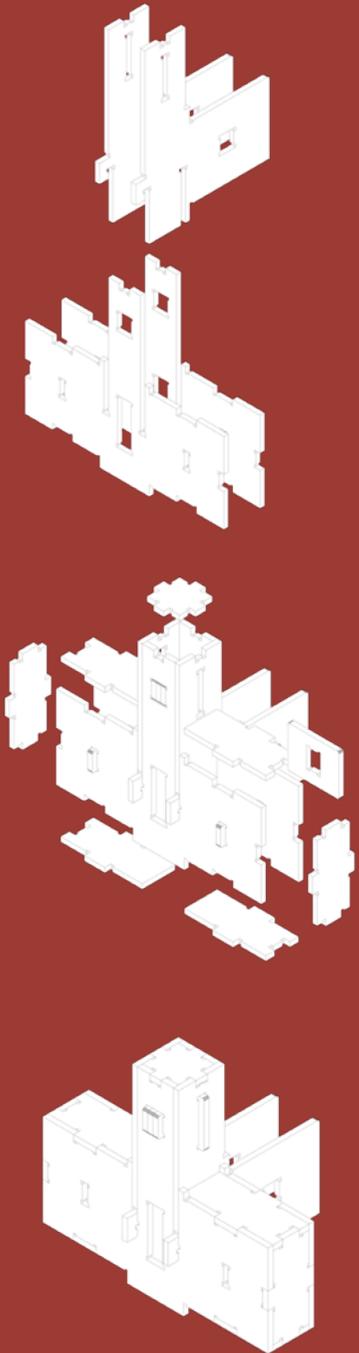
Fonte: Acervo próprio.



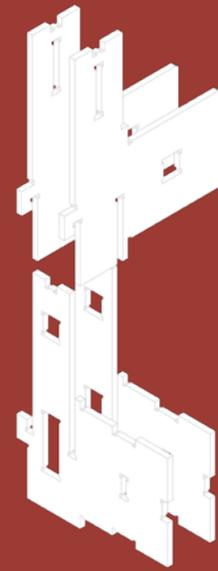
volume 01



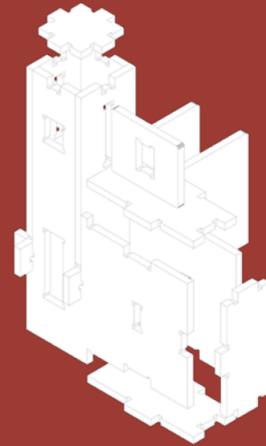
(F51) LOCAÇÃO DA FUNDAÇÃO
 Fonte: Acervo próprio.



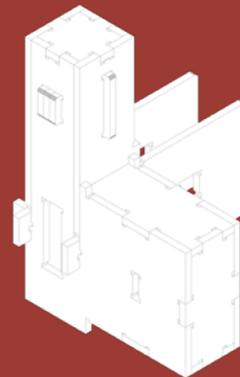
conec _p



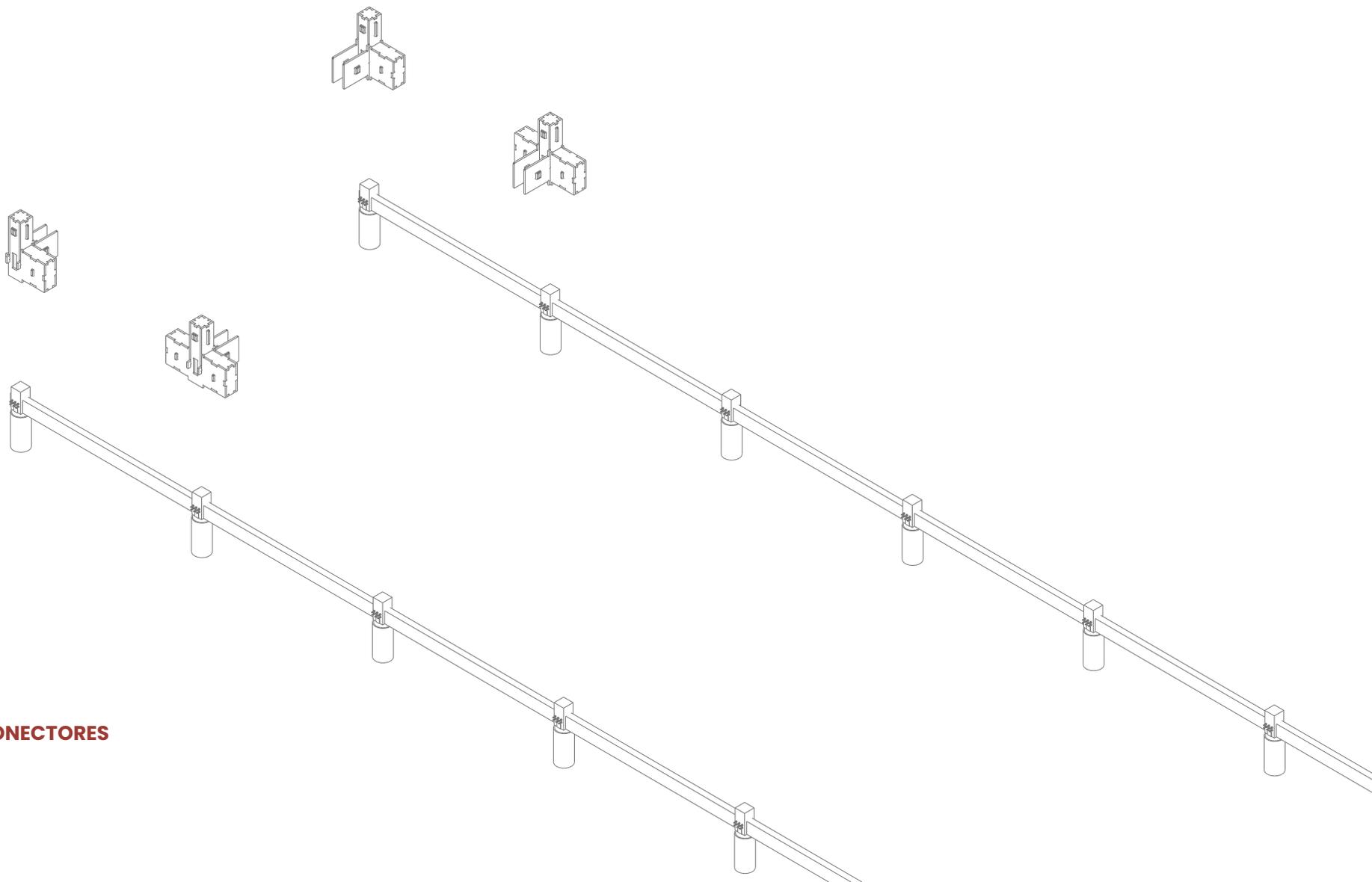
conec _p1



x2



x2

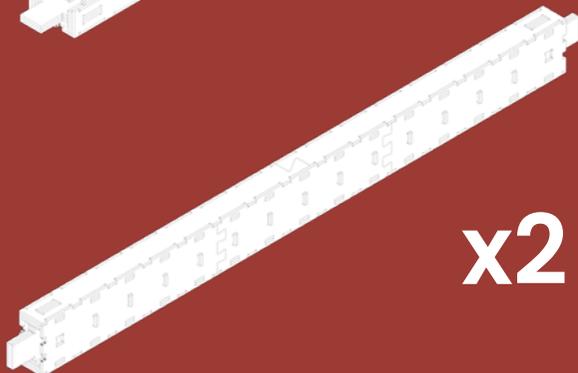
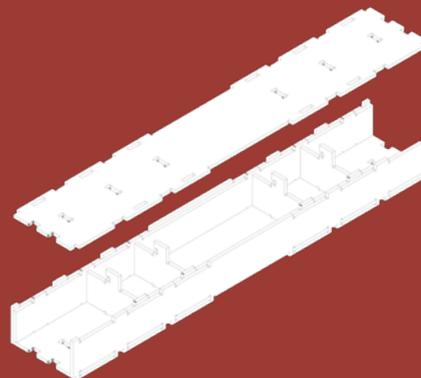
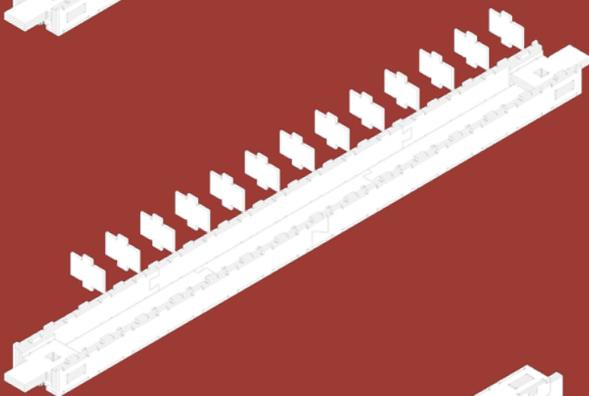
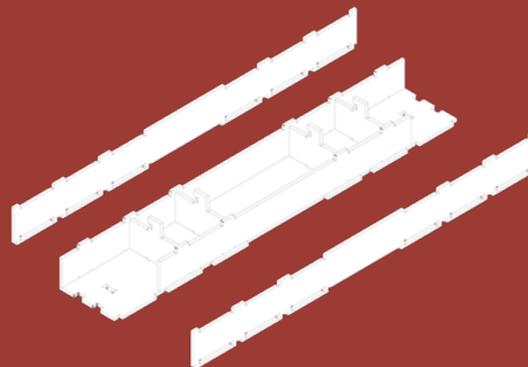
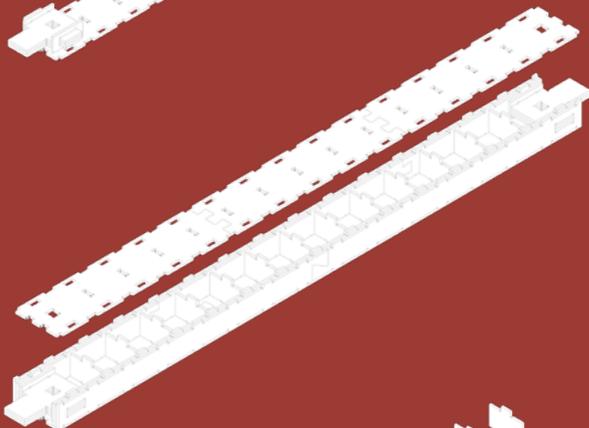
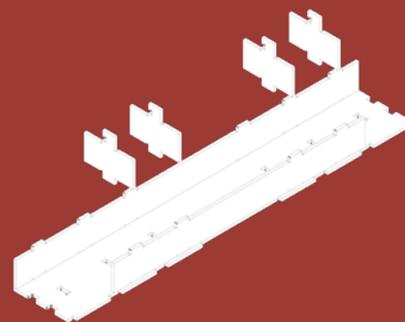


(F52) LOCAÇÃO DE CONECTORES

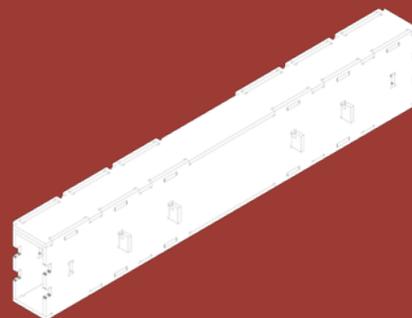
Fonte: Acervo próprio.

viga_p

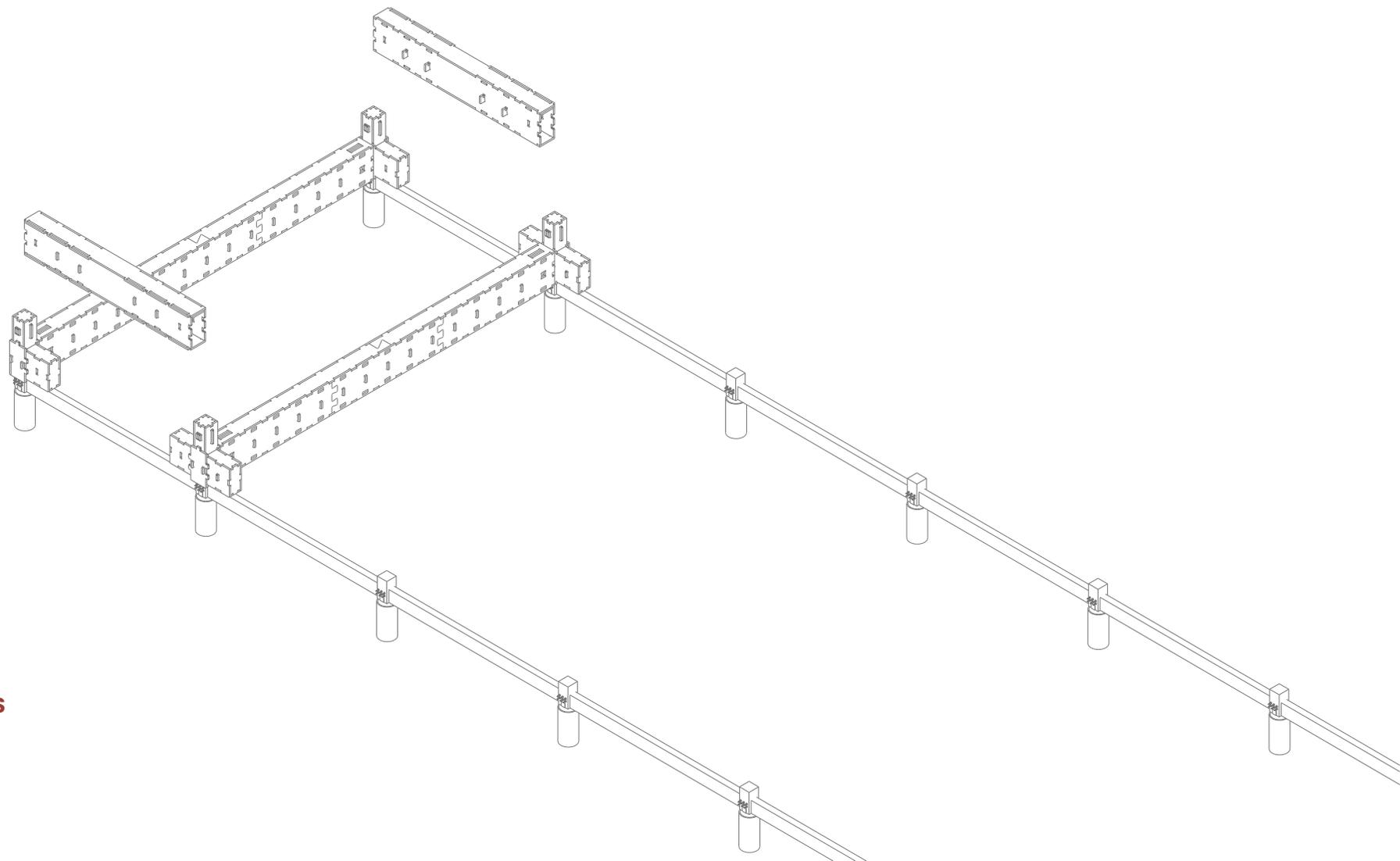
viga_p1



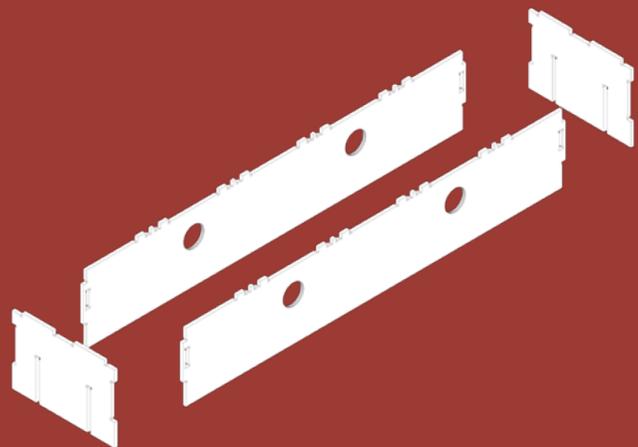
x2



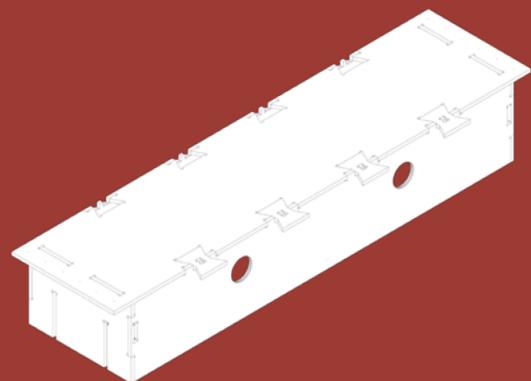
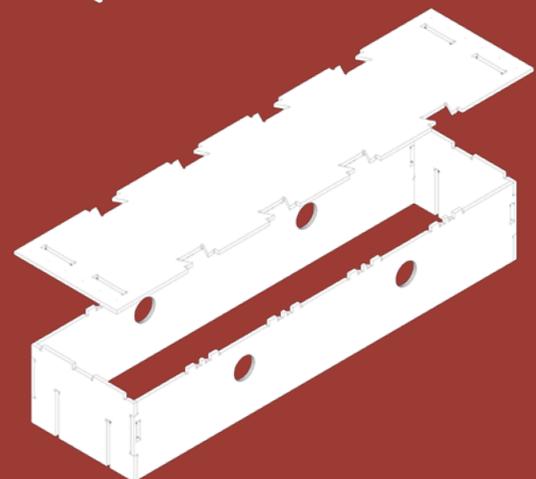
x2



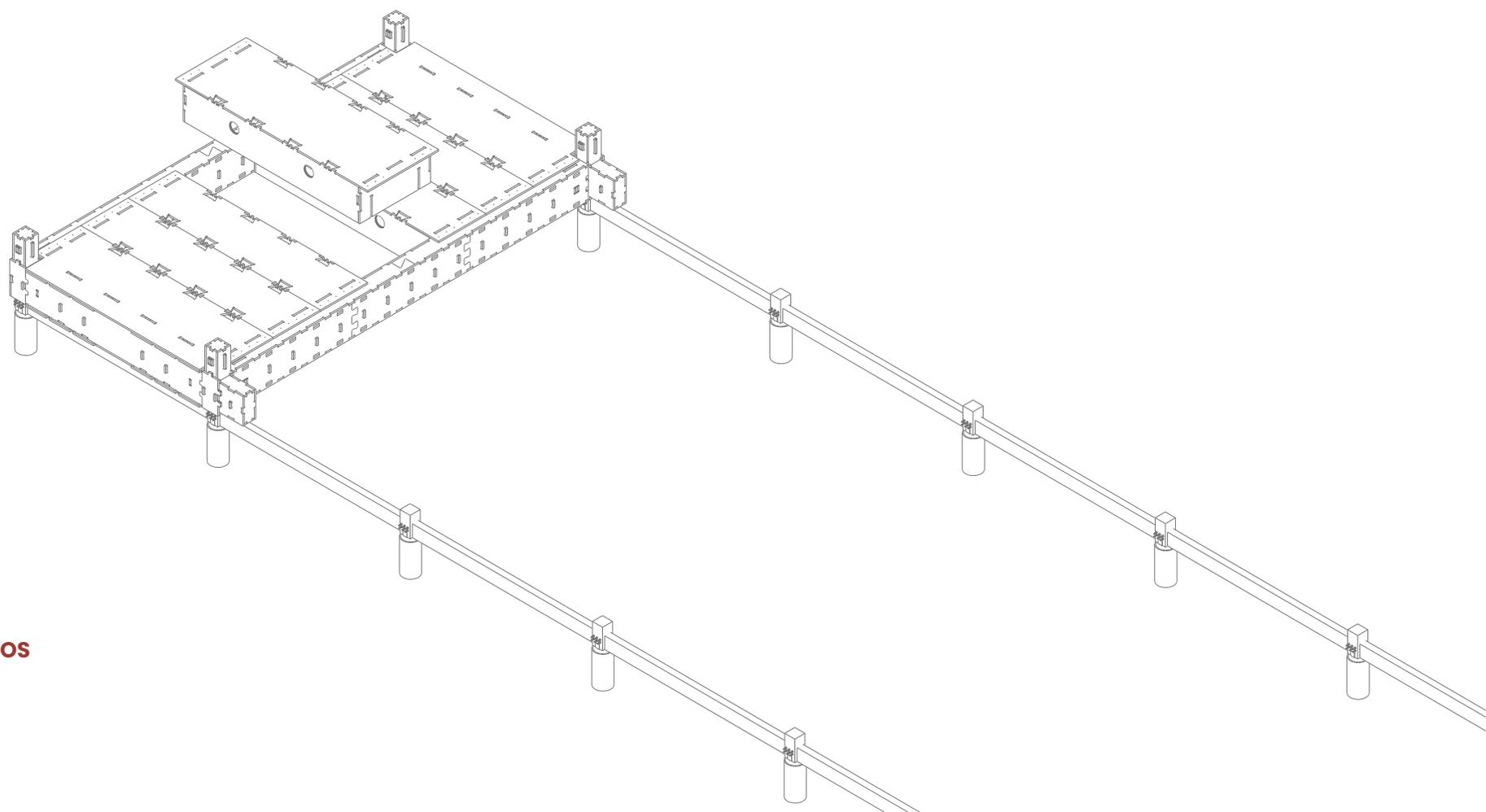
(F53) LOCAÇÃO DE VIGAS
Fonte: Acervo próprio.



pisso_c

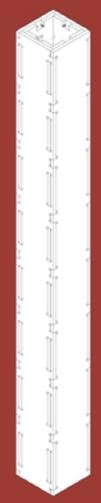
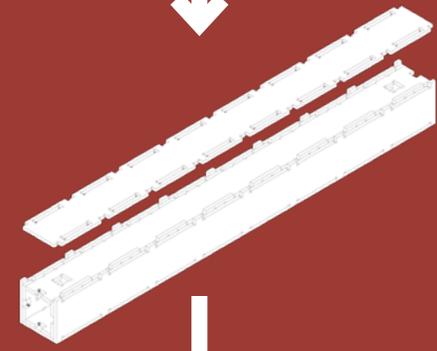
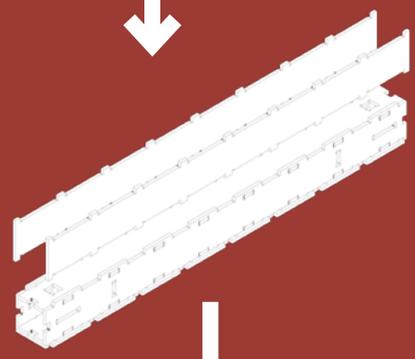
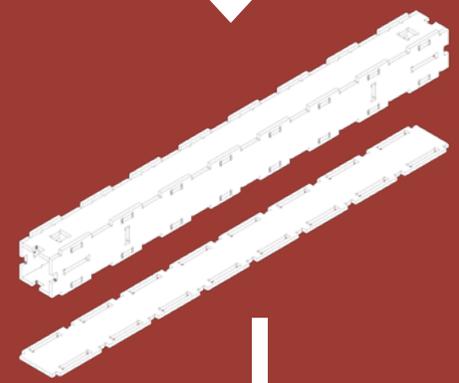


x7



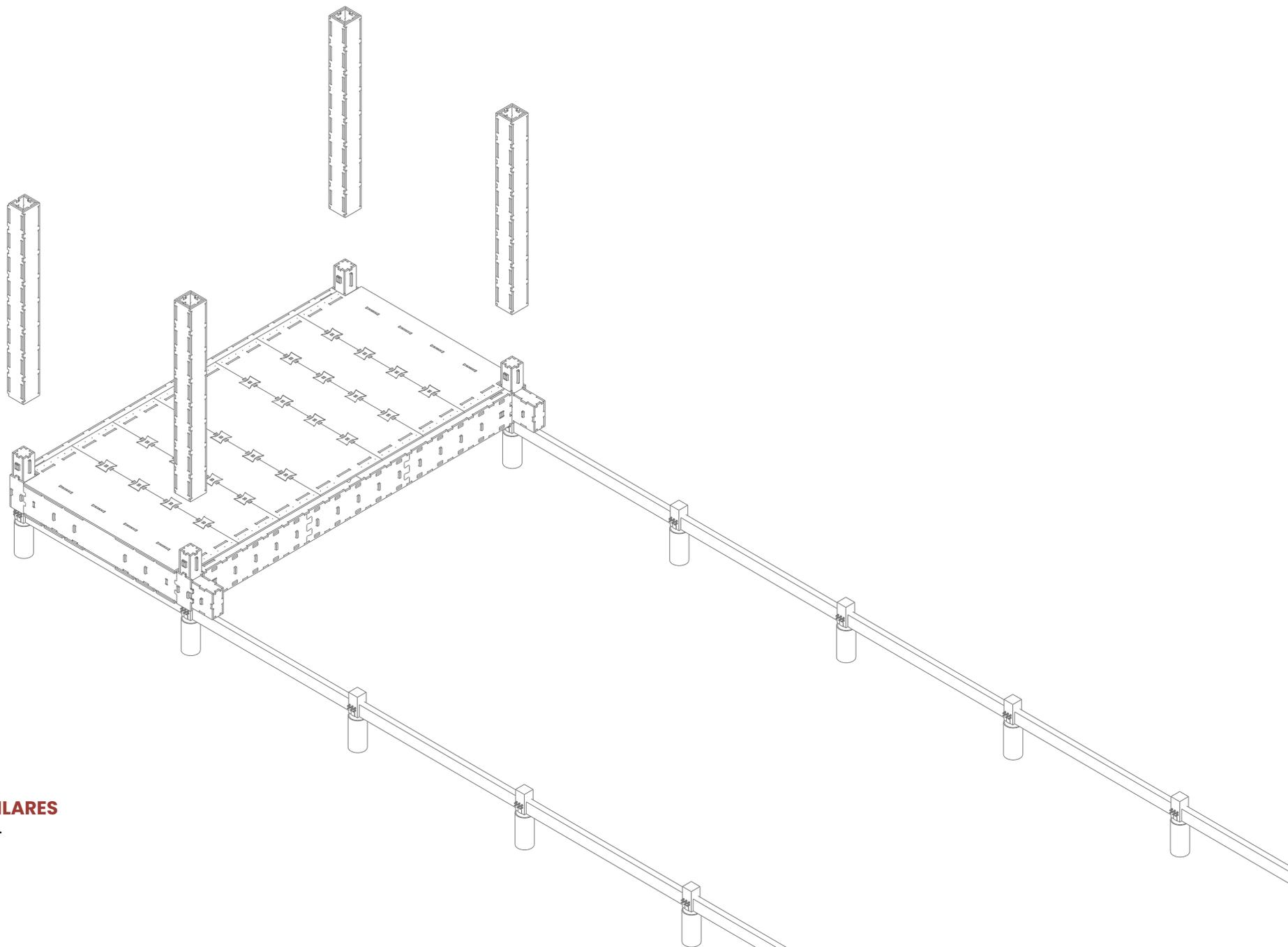
(F54) LOCAÇÃO DE PISOS

Fonte: Acervo próprio.



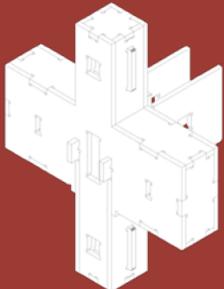
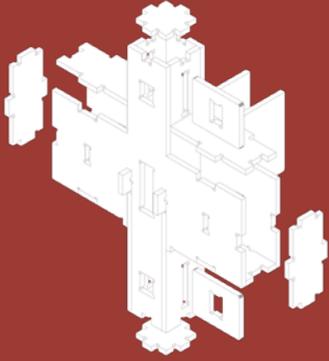
pilar_p

x4

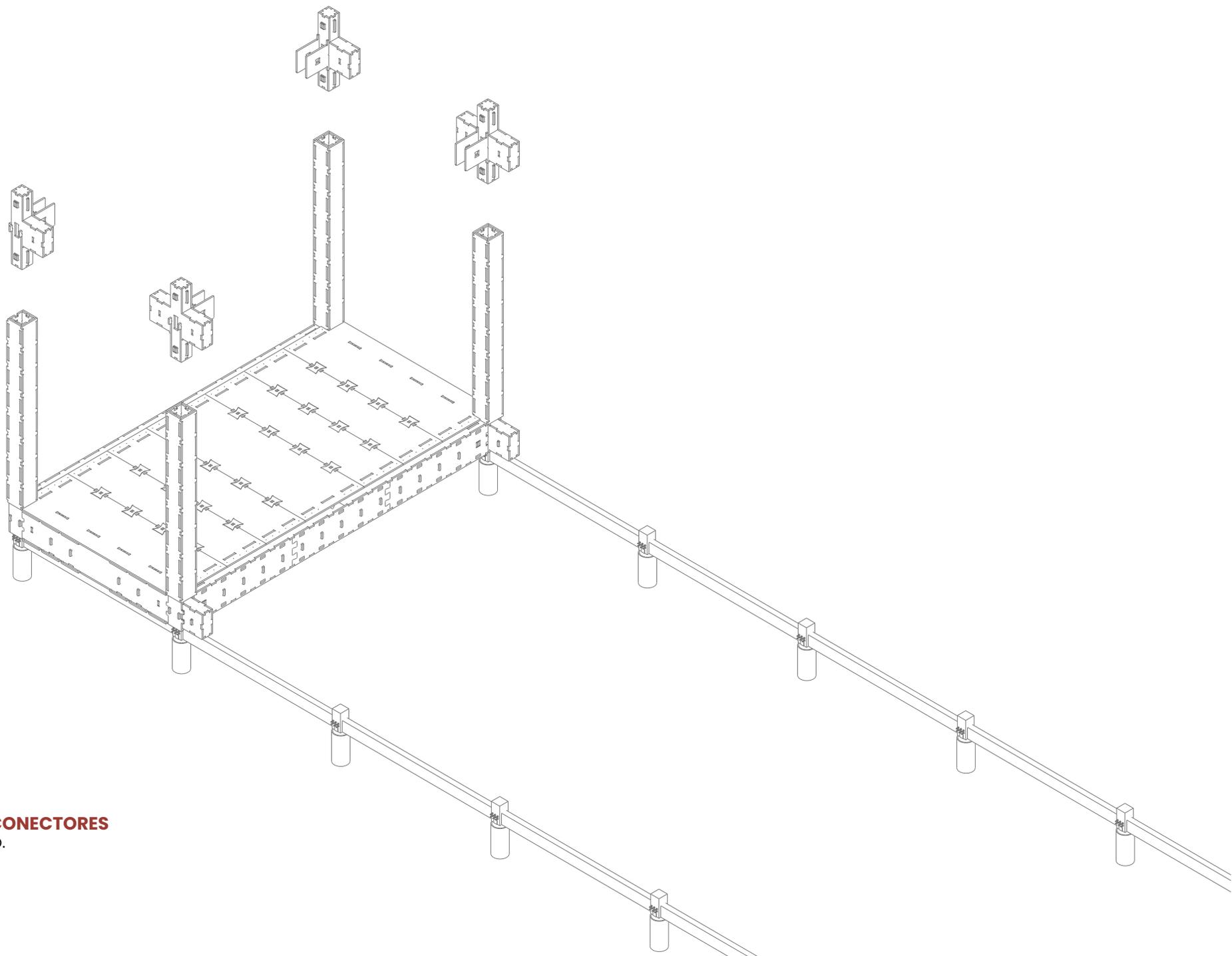


(F55) LOCAÇÃO DE PILARES
Fonte: Acervo próprio.

conec_v
(novo componente)



x2

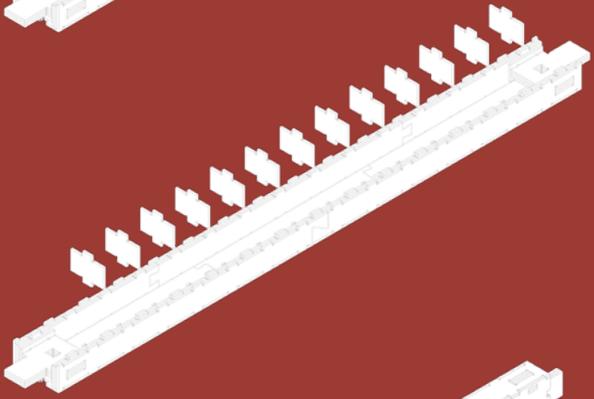
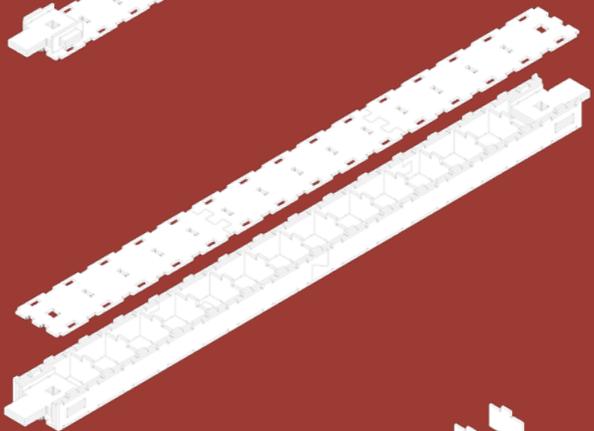


(F56) LOCAÇÃO DE CONECTORES

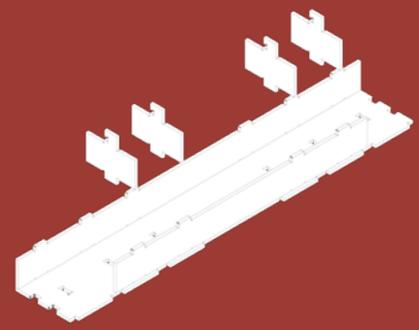
Fonte: Acervo próprio.



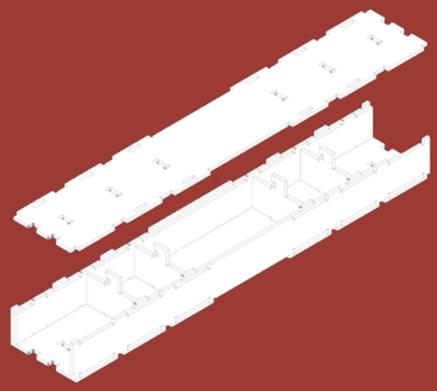
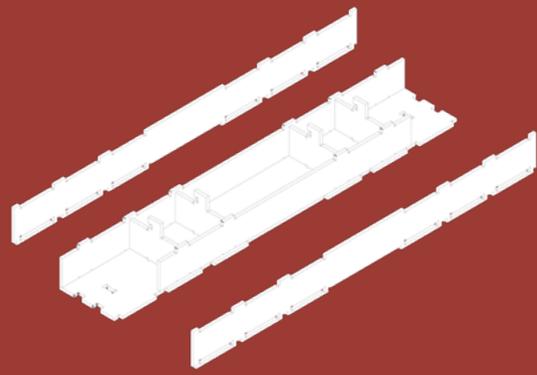
viga_p



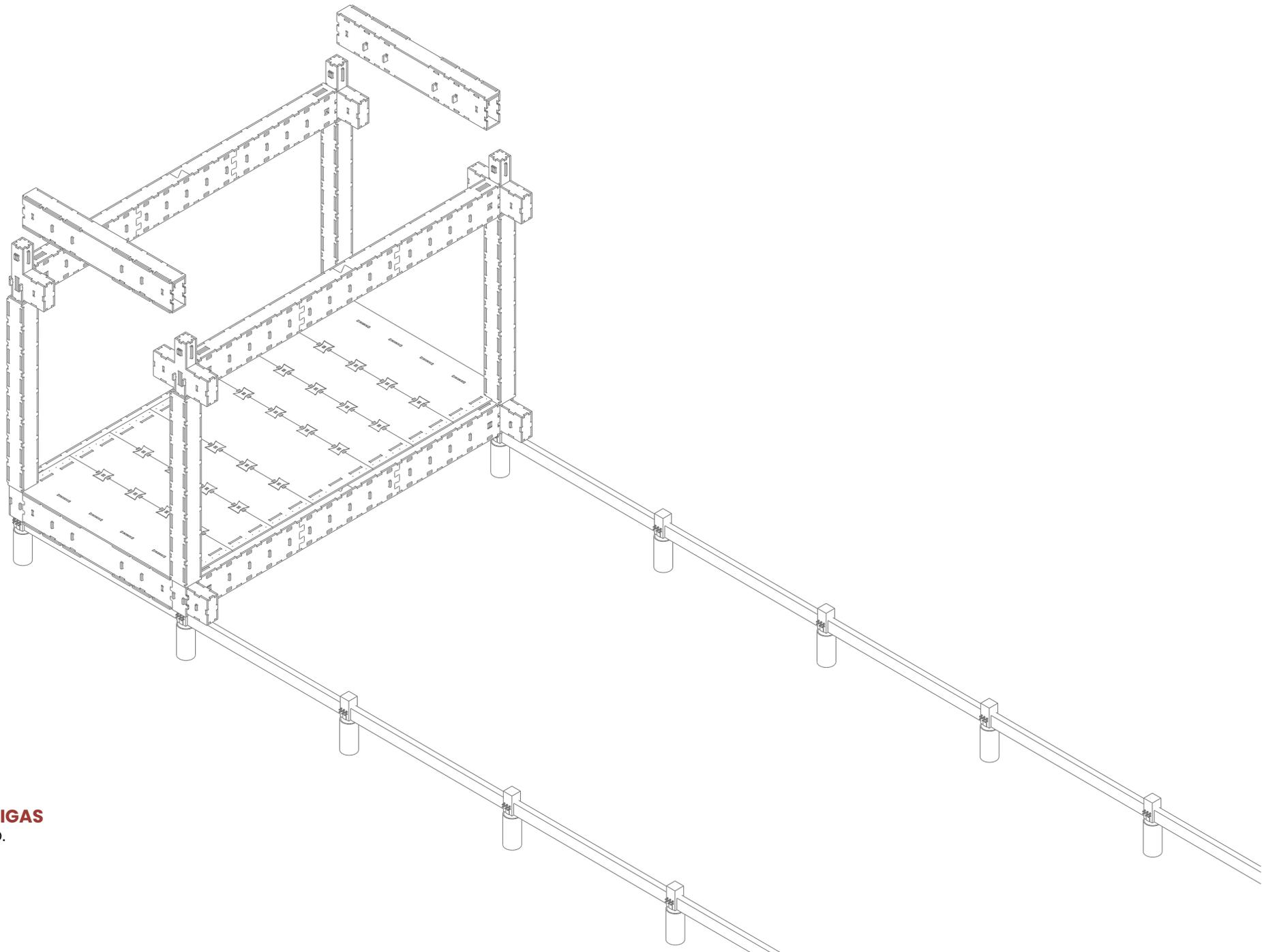
x2



viga_p1

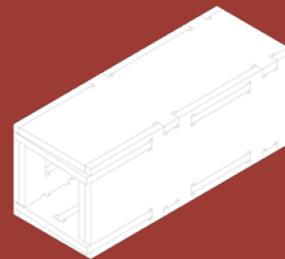
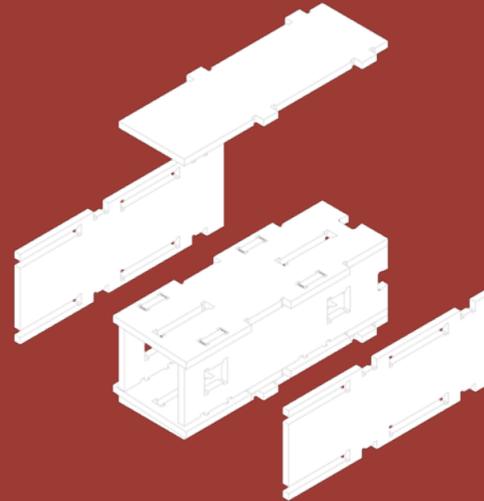
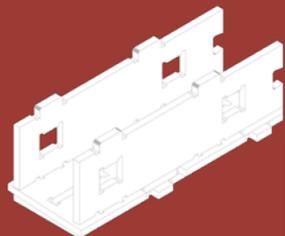
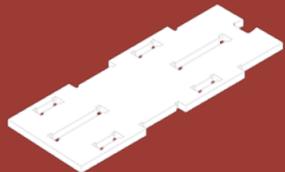
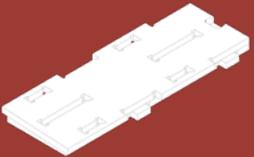
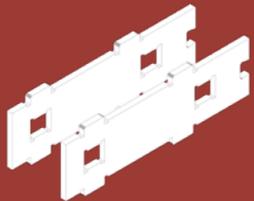
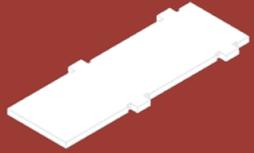
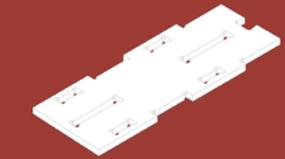


x2

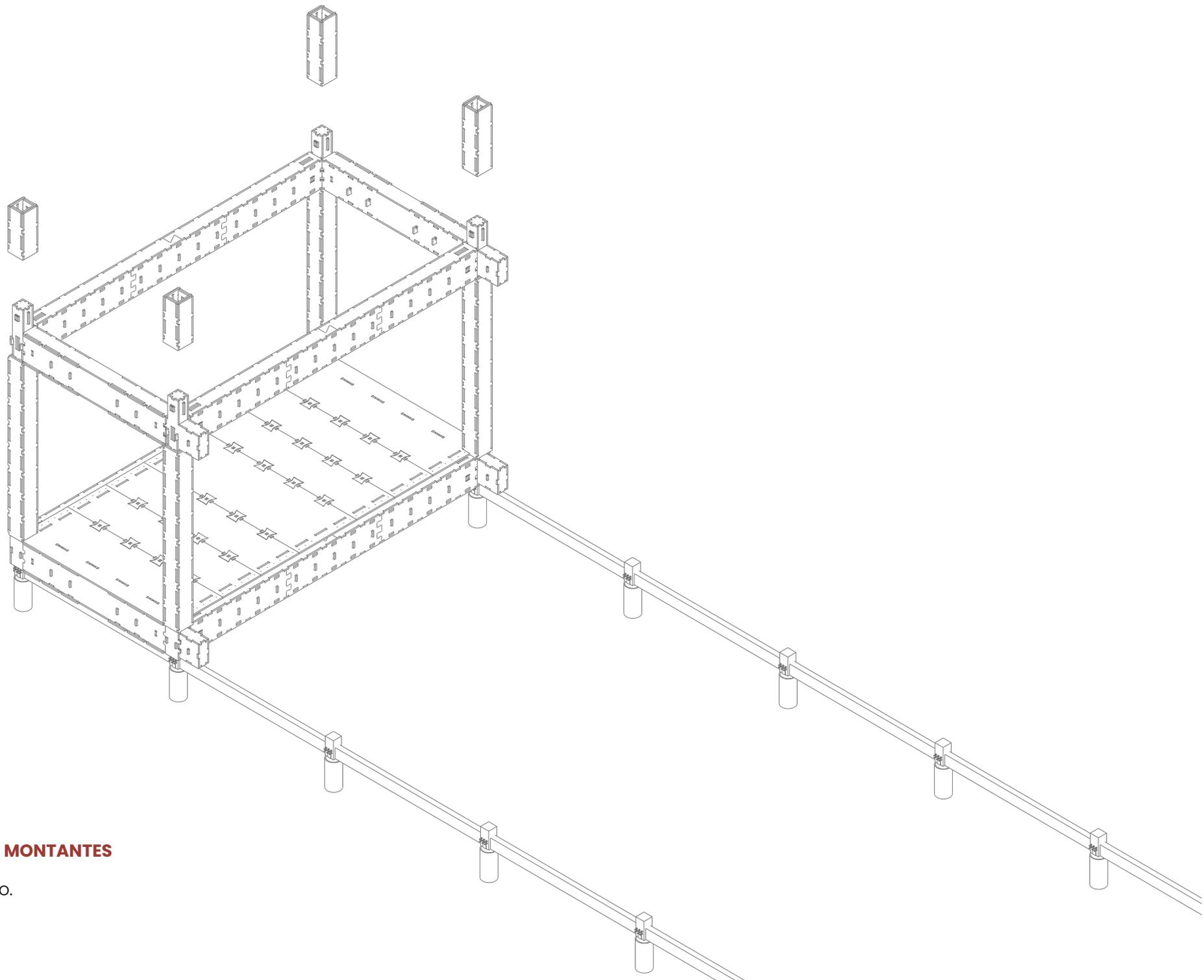


(F57) LOCAÇÃO DE VIGAS
Fonte: Acervo próprio.

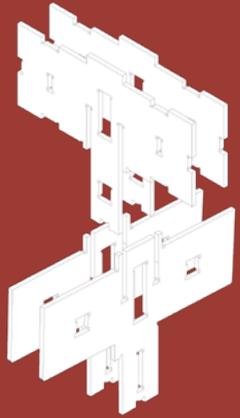
pilar_c



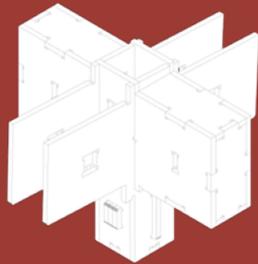
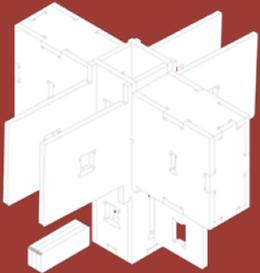
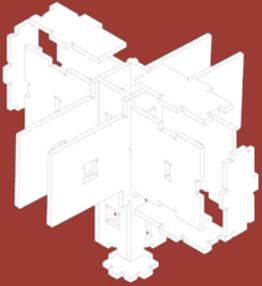
x2



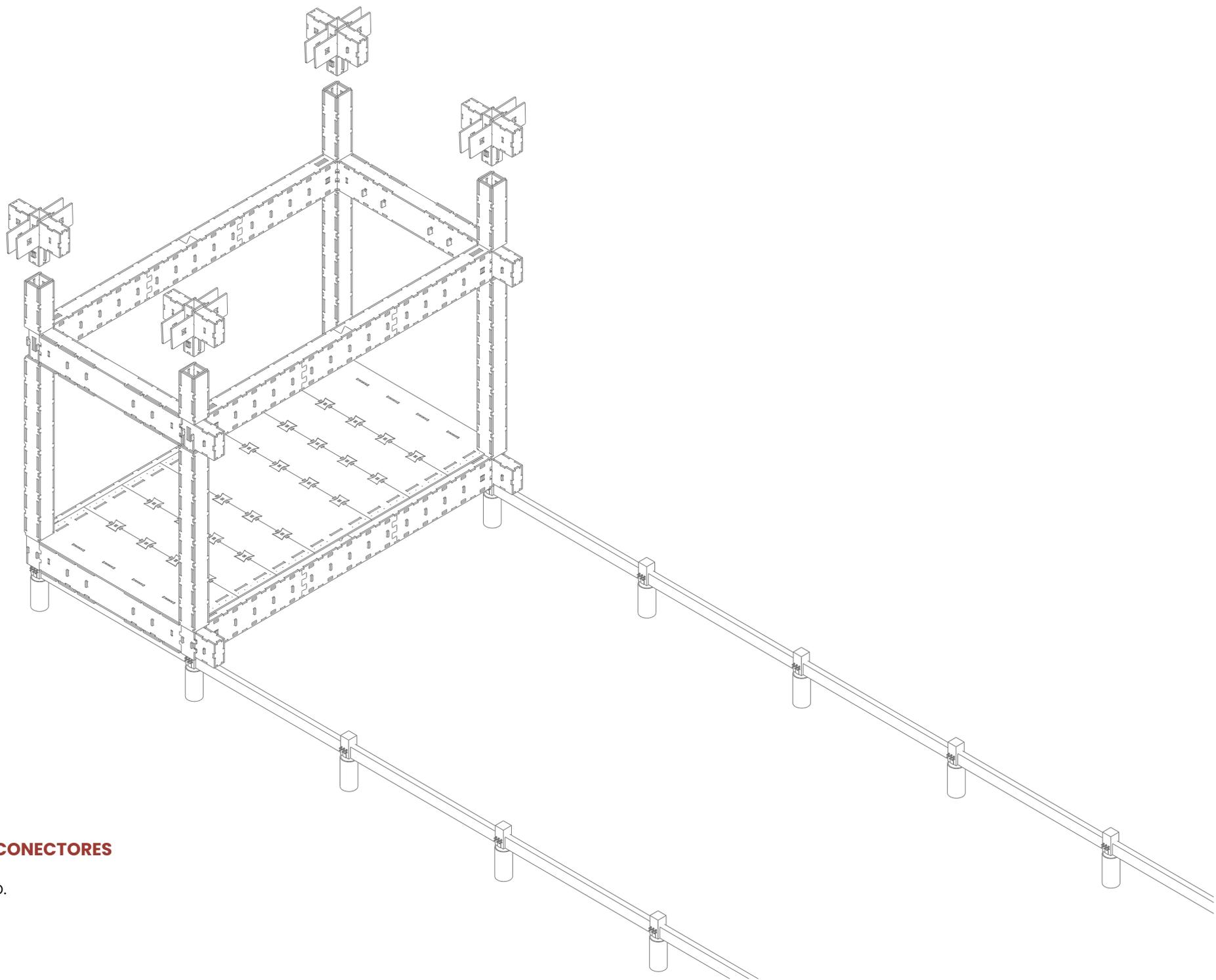
**(F58) LOCAÇÃO MONTANTES
COBERTA**
Fonte: Acervo próprio.



conec _c
(novo componente)

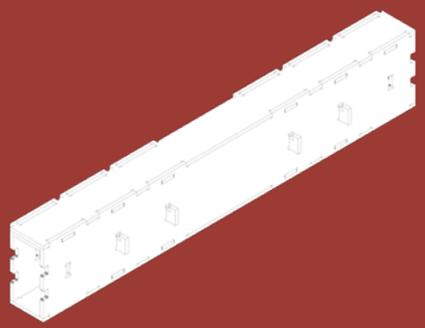
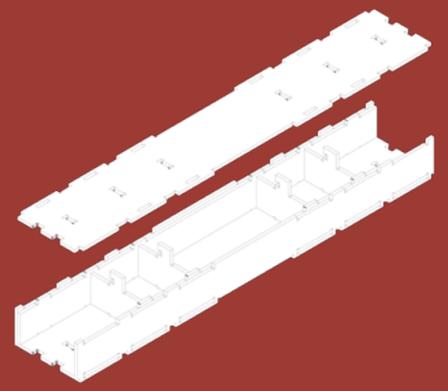
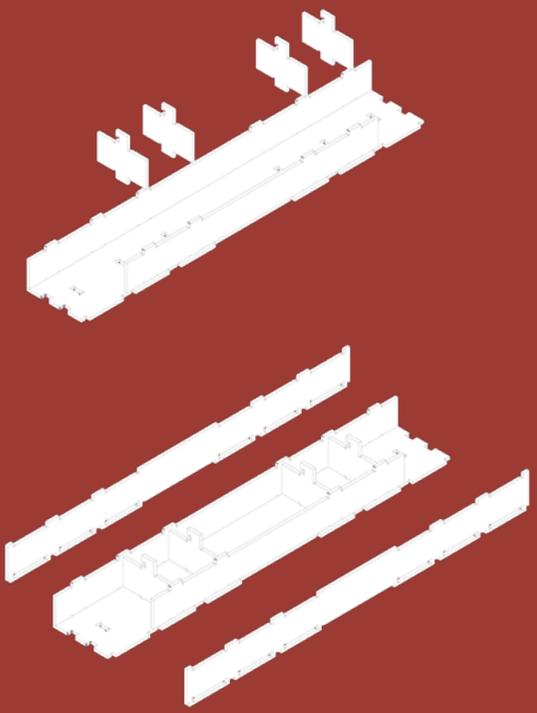


x4



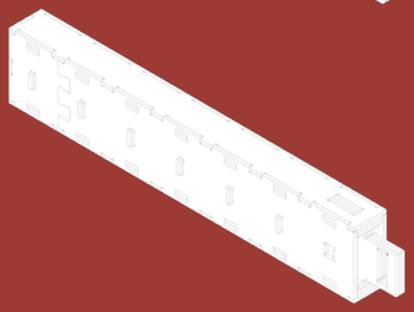
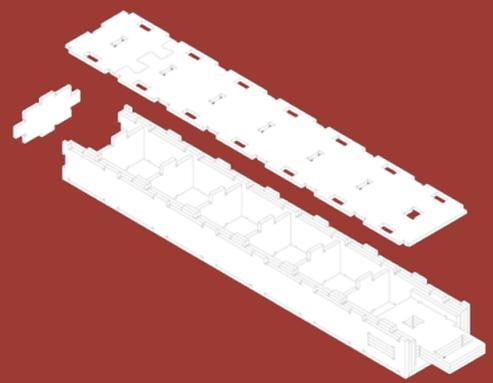
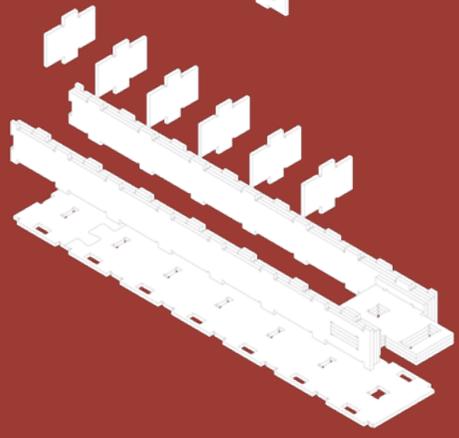
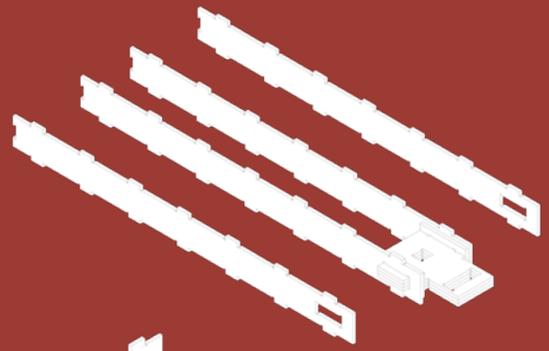
**(F59) LOCAÇÃO CONECTORES
COBERTA**
Fonte: Acervo próprio.

viga _p1

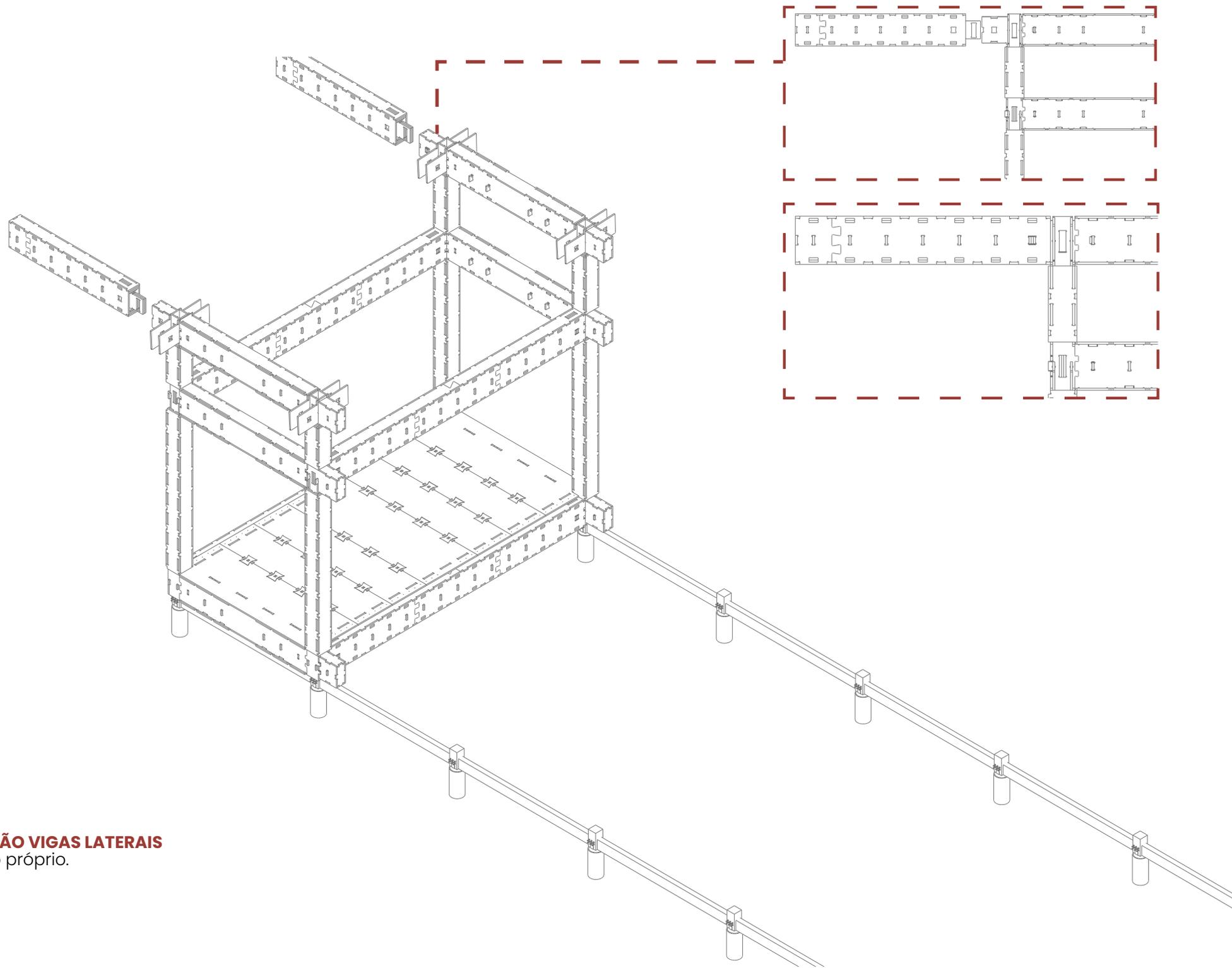


x2

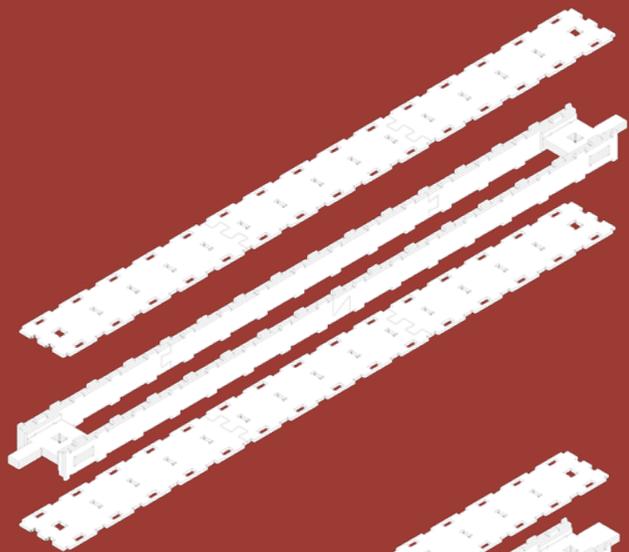
viga _l
(novo componente)



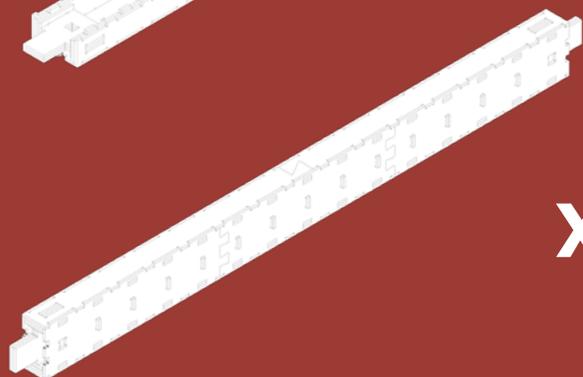
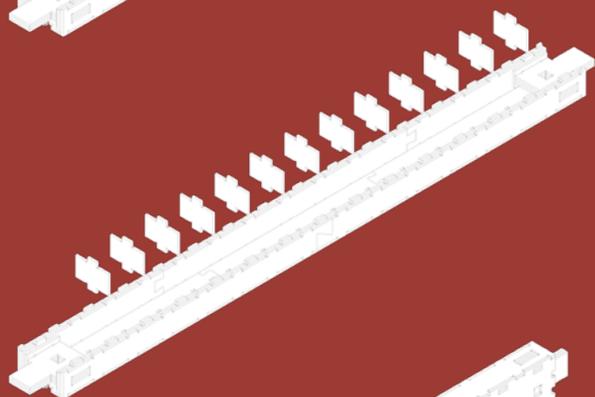
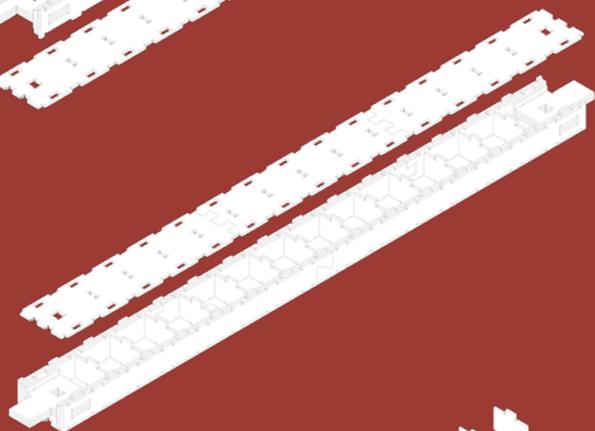
x2



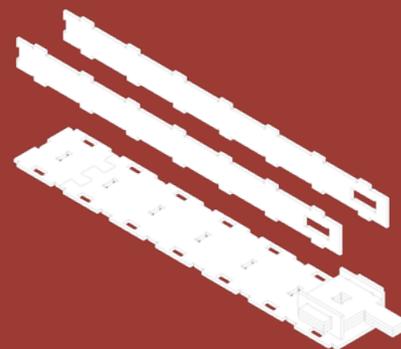
(F60) LOCAÇÃO VIGAS LATERAIS
Fonte: Acervo próprio.



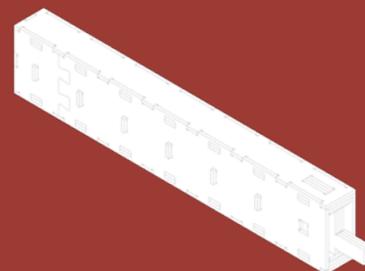
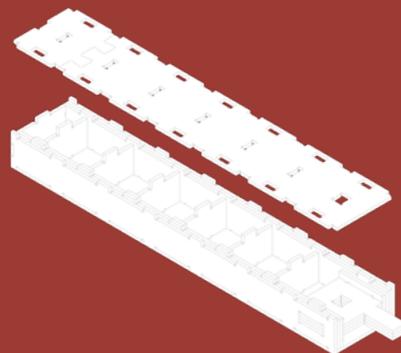
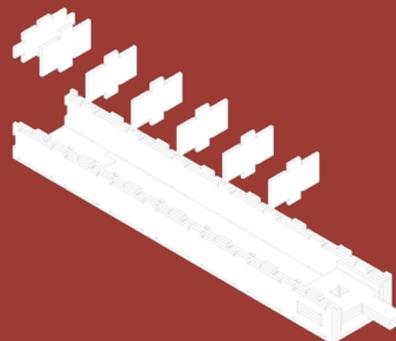
viga_c
(novo componente)



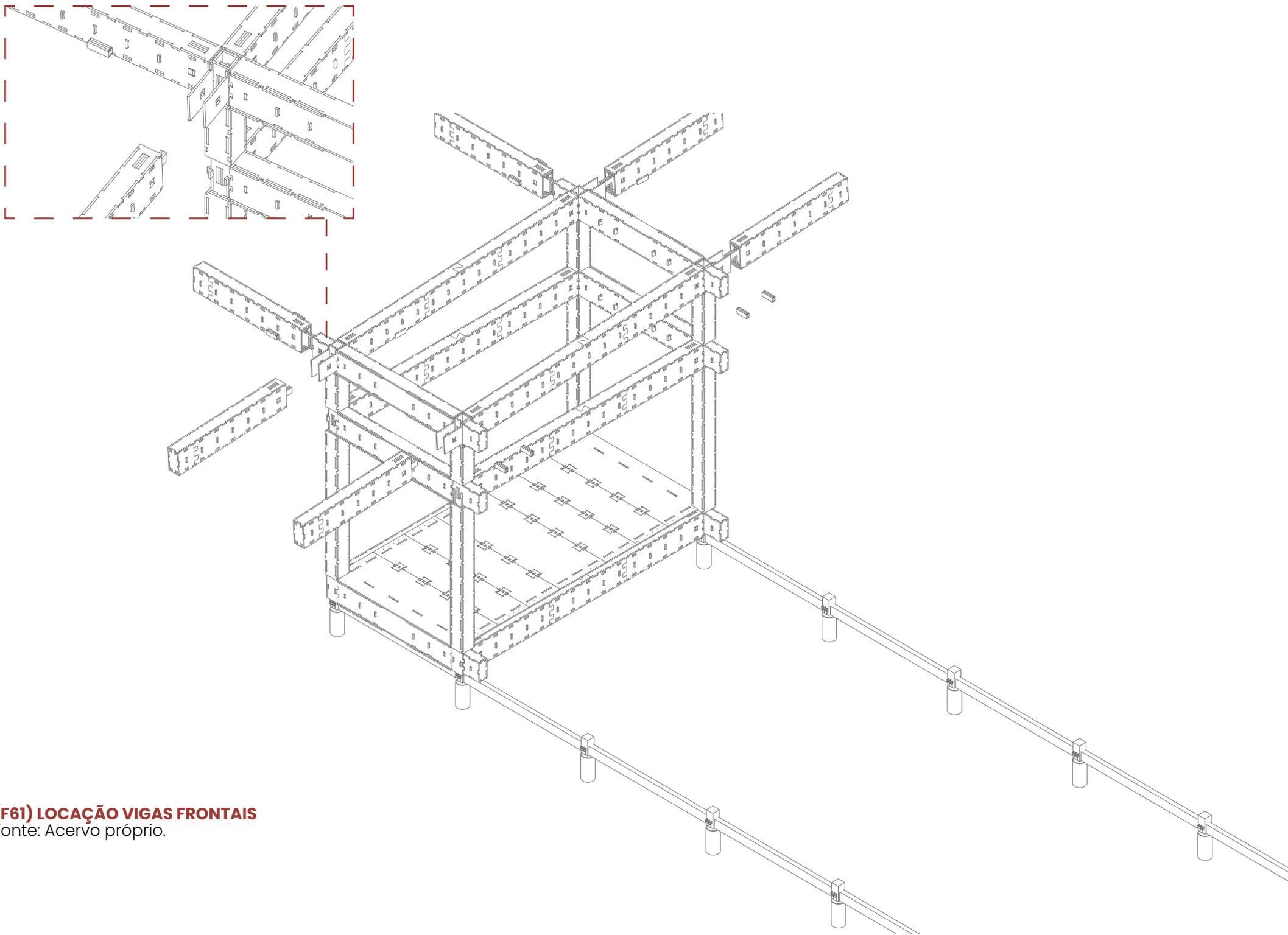
x2



viga_f
(novo componente)



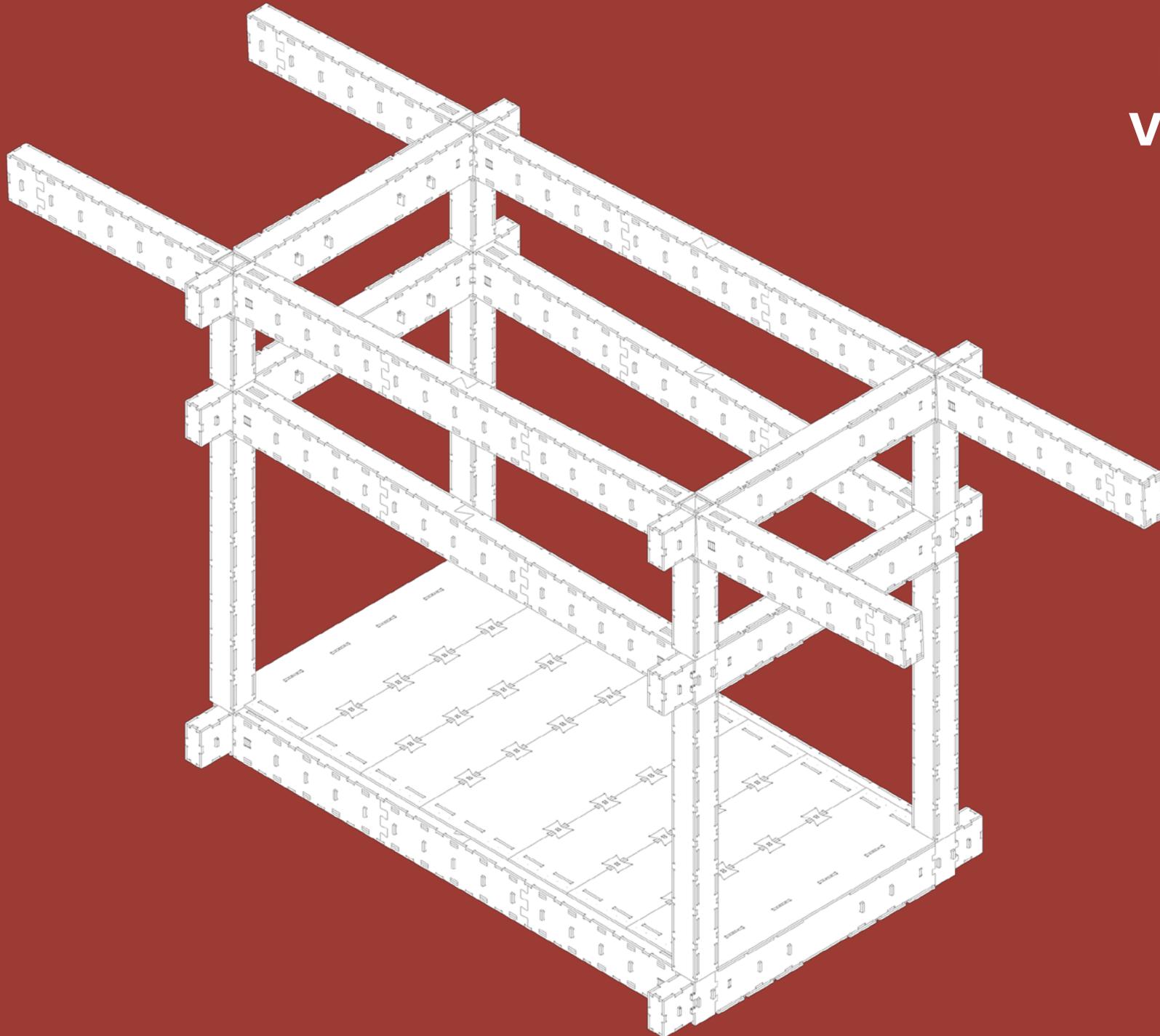
x2

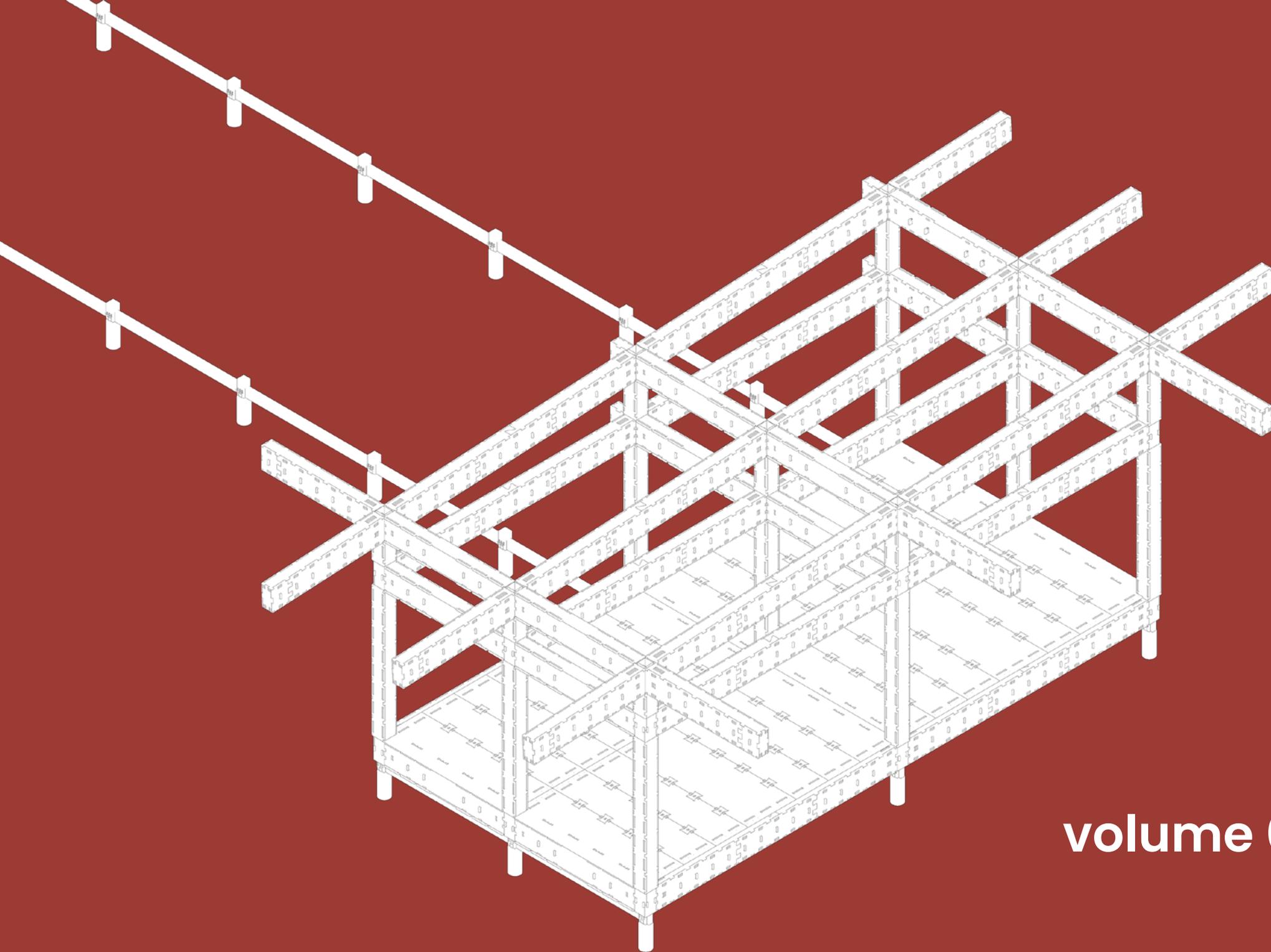


(F61) LOCAÇÃO VIGAS FRONTAIS

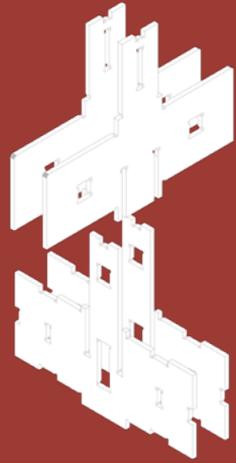
Fonte: Acervo próprio.

módulo
volume 1
x10

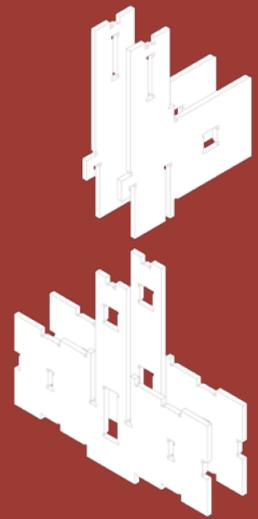




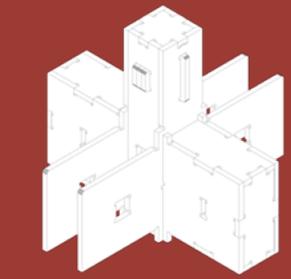
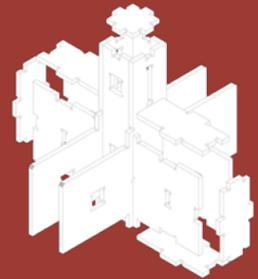
volume 02



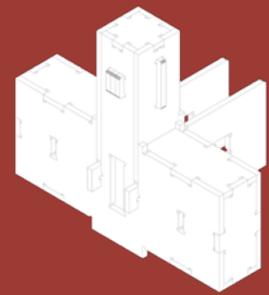
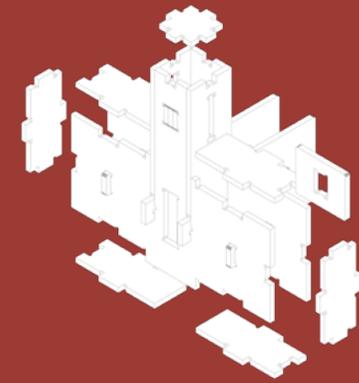
conec_p2
(novo componente)



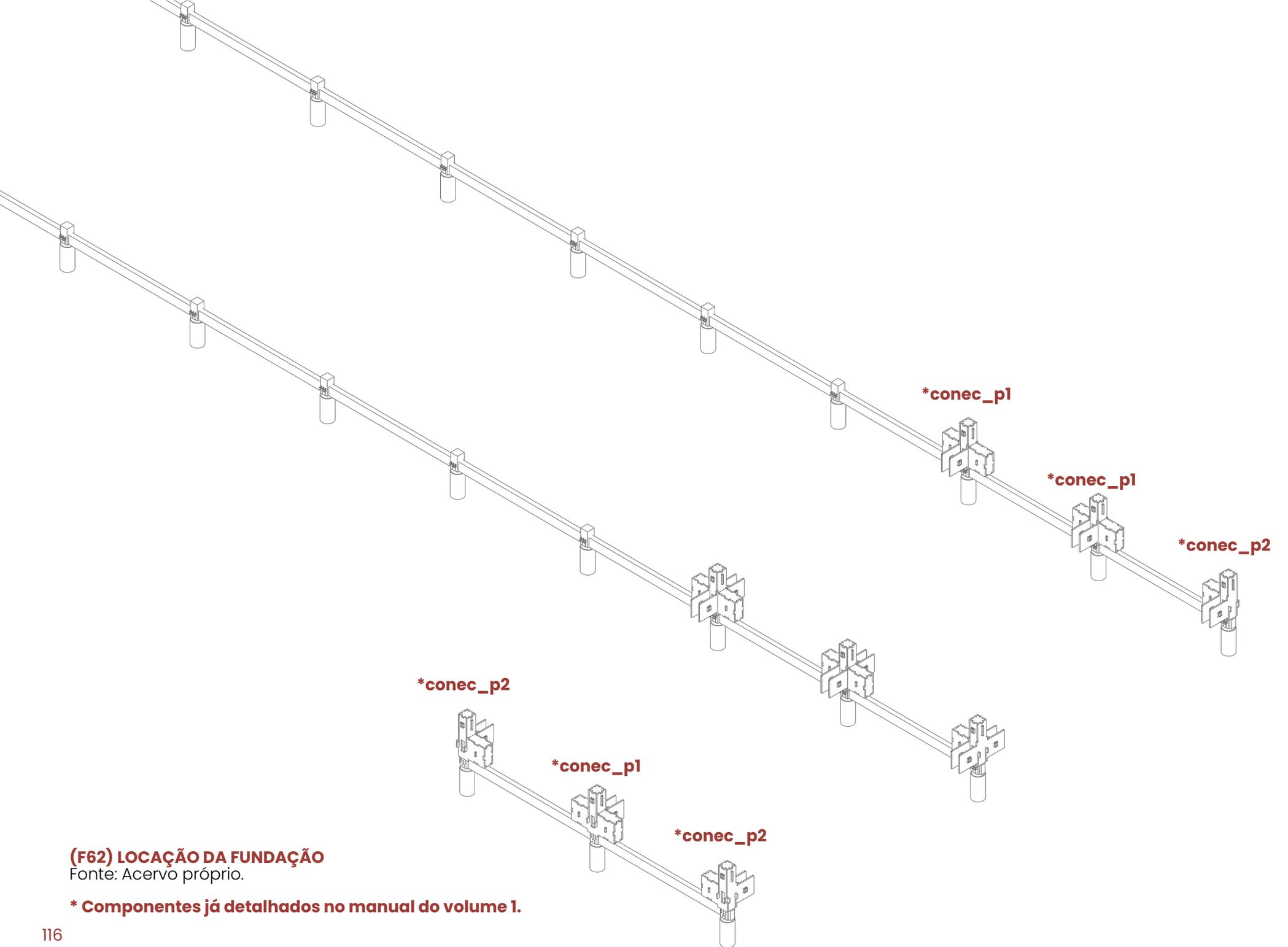
conec_p3
(novo componente)



x2



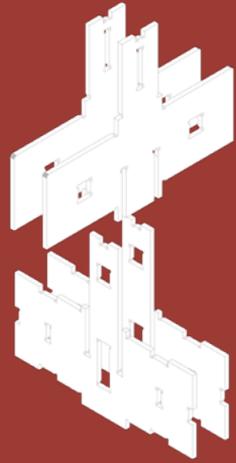
x1



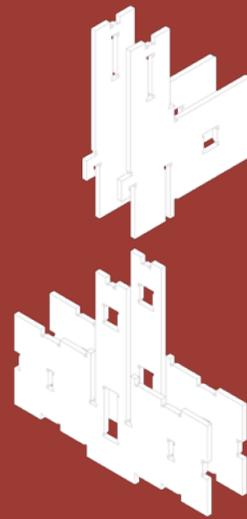
(F62) LOCAÇÃO DA FUNDAÇÃO

Fonte: Acervo próprio.

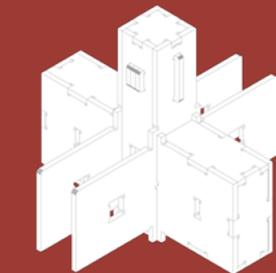
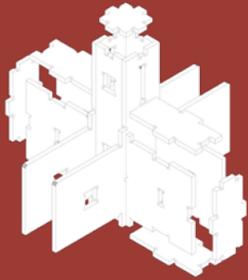
* Componentes já detalhados no manual do volume 1.



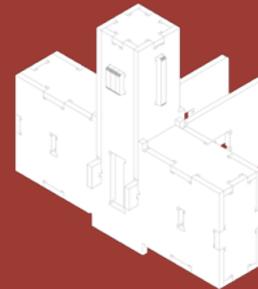
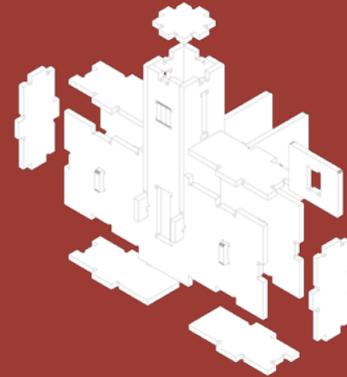
conec_p2
(novo componente)



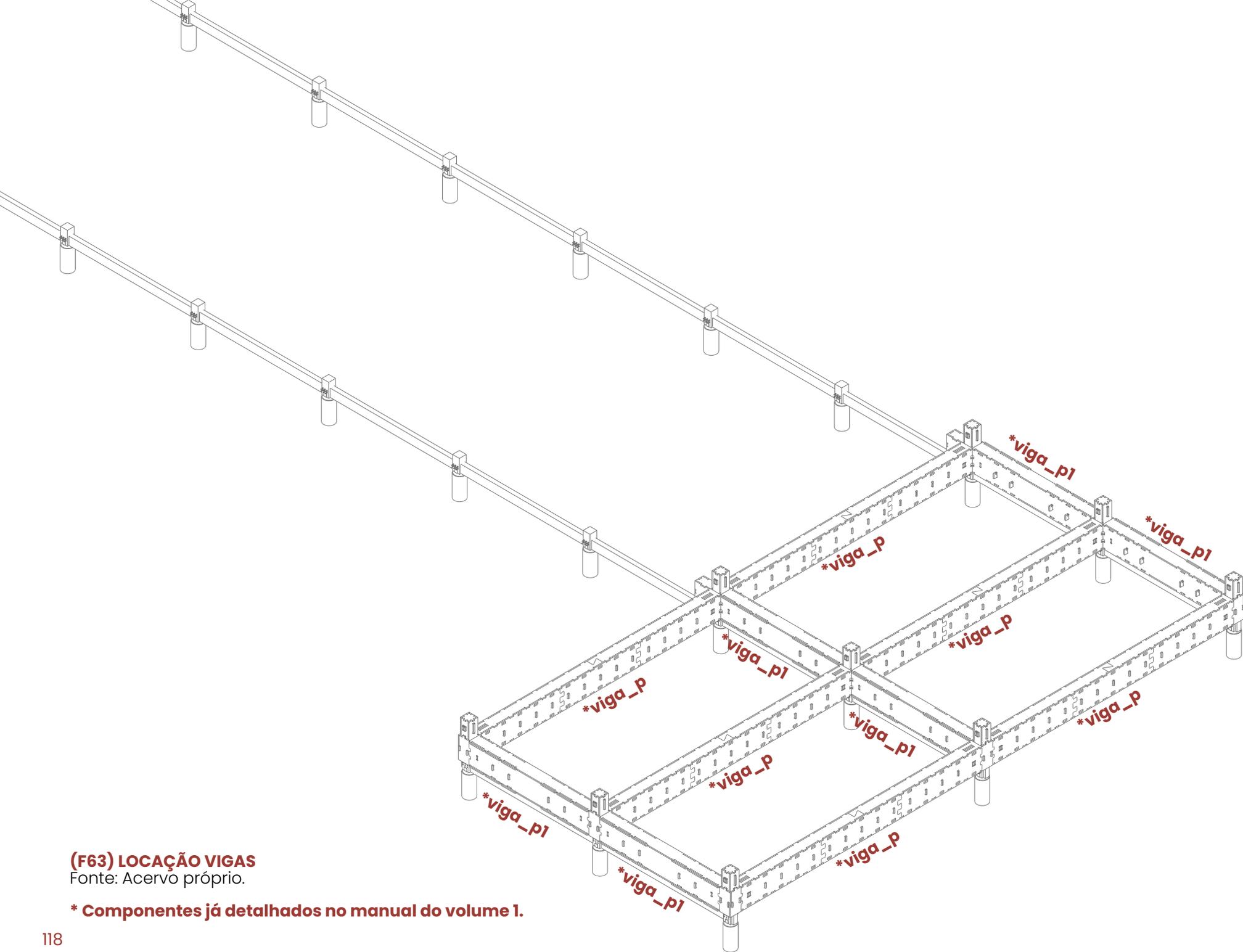
conec_p3



x2



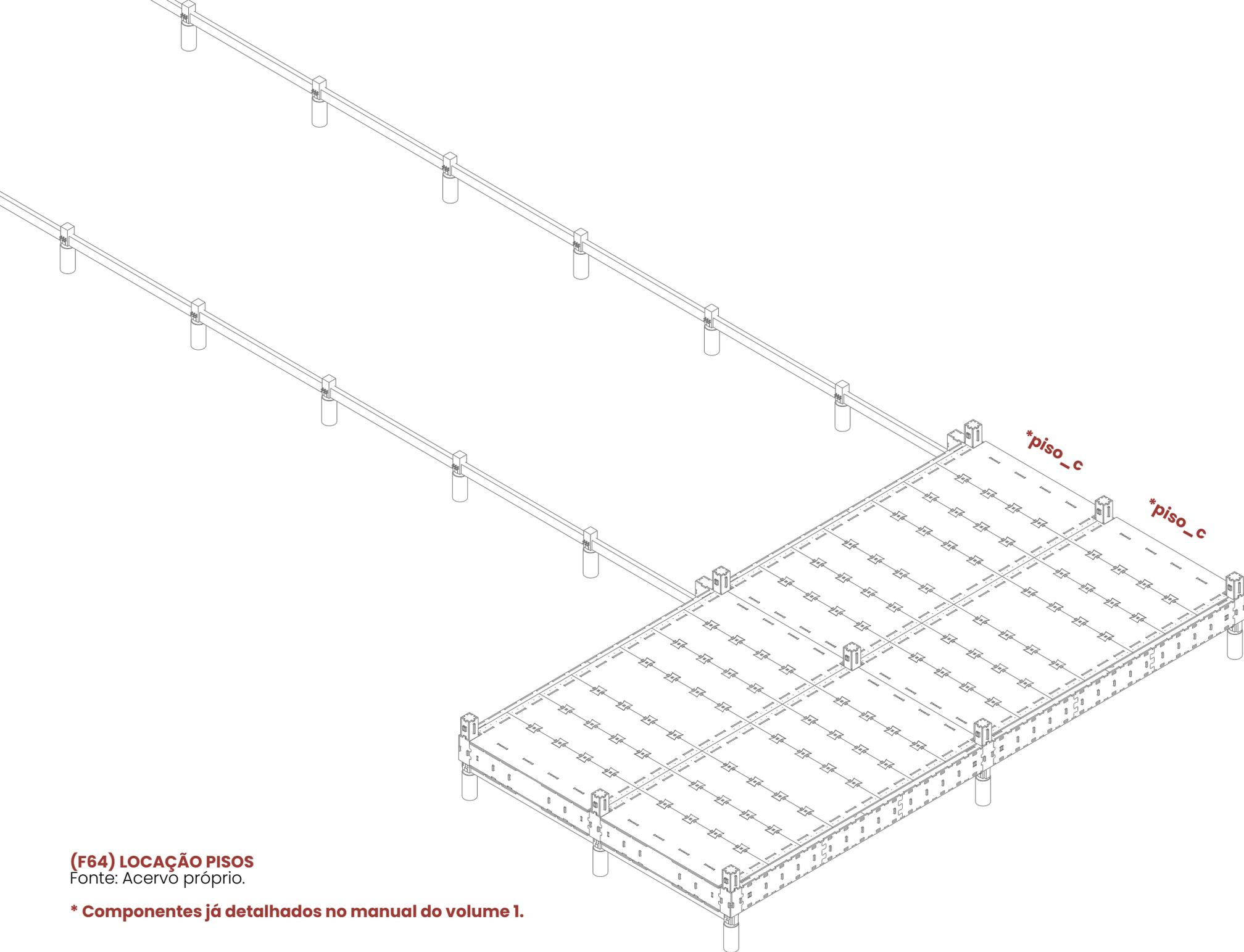
x1



(F63) LOCAÇÃO VIGAS

Fonte: Acervo próprio.

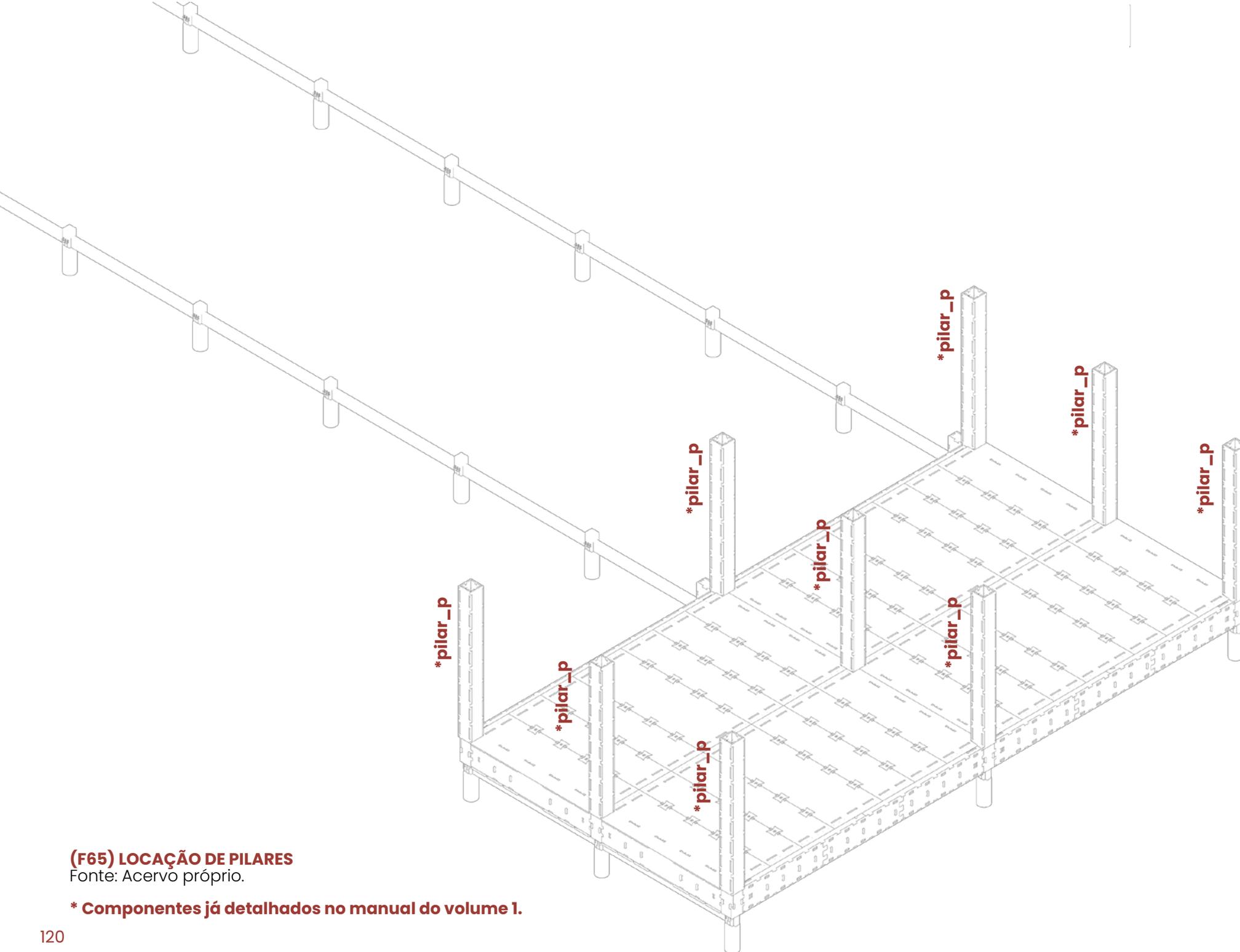
* Componentes já detalhados no manual do volume I.



(F64) LOCAÇÃO PISOS

Fonte: Acervo próprio.

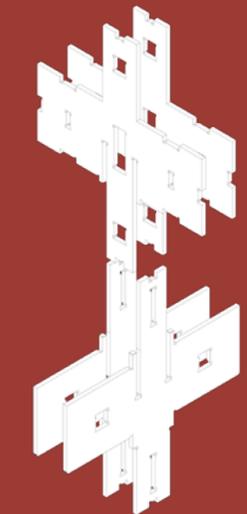
* Componentes já detalhados no manual do volume I.



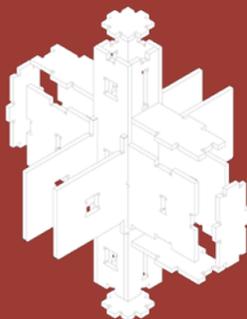
(F65) LOCAÇÃO DE PILARES

Fonte: Acervo próprio.

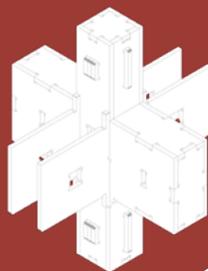
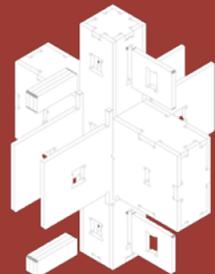
* Componentes já detalhados no manual do volume 1.



conec_v_4v
(novo componente)



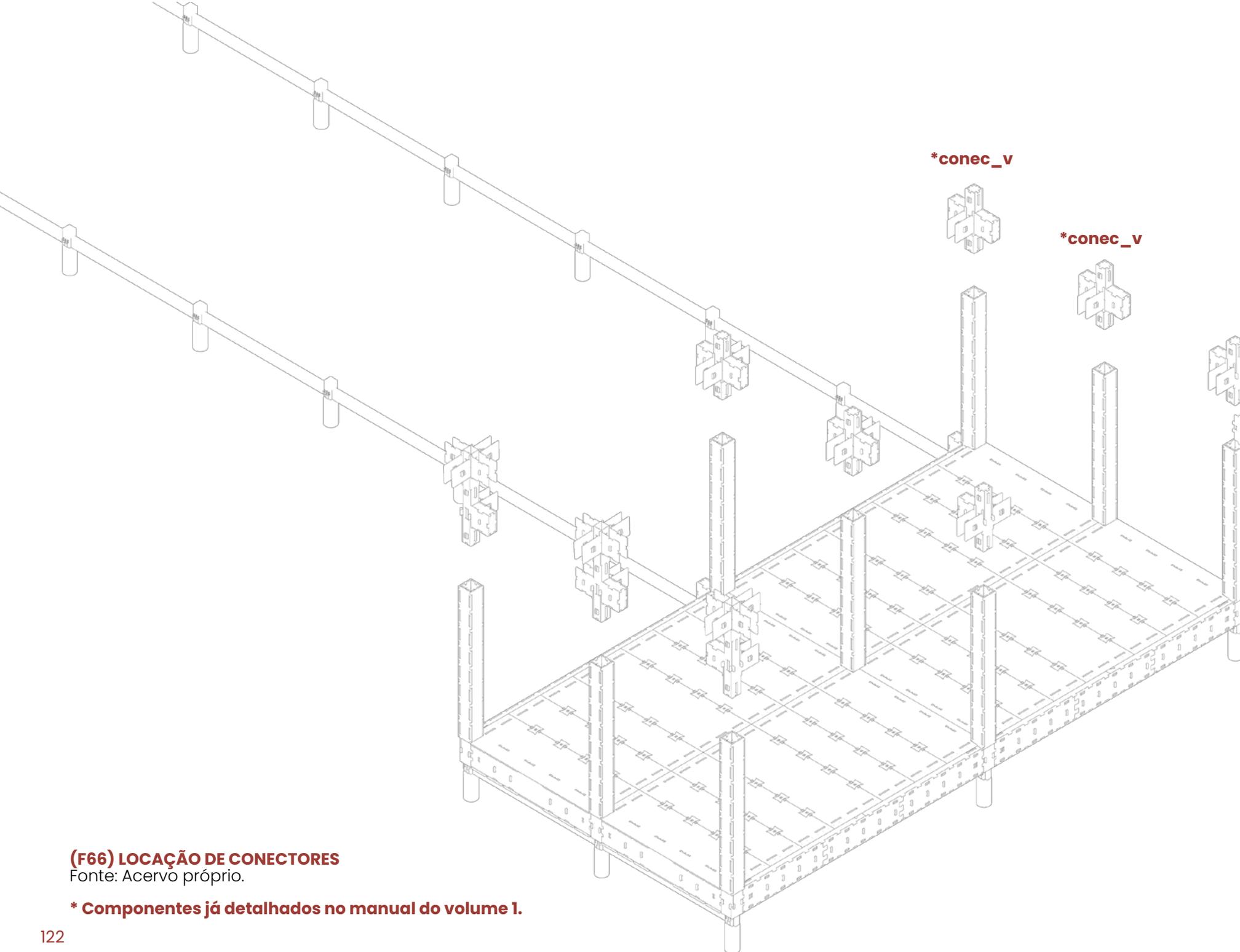
conec_c_post



x2



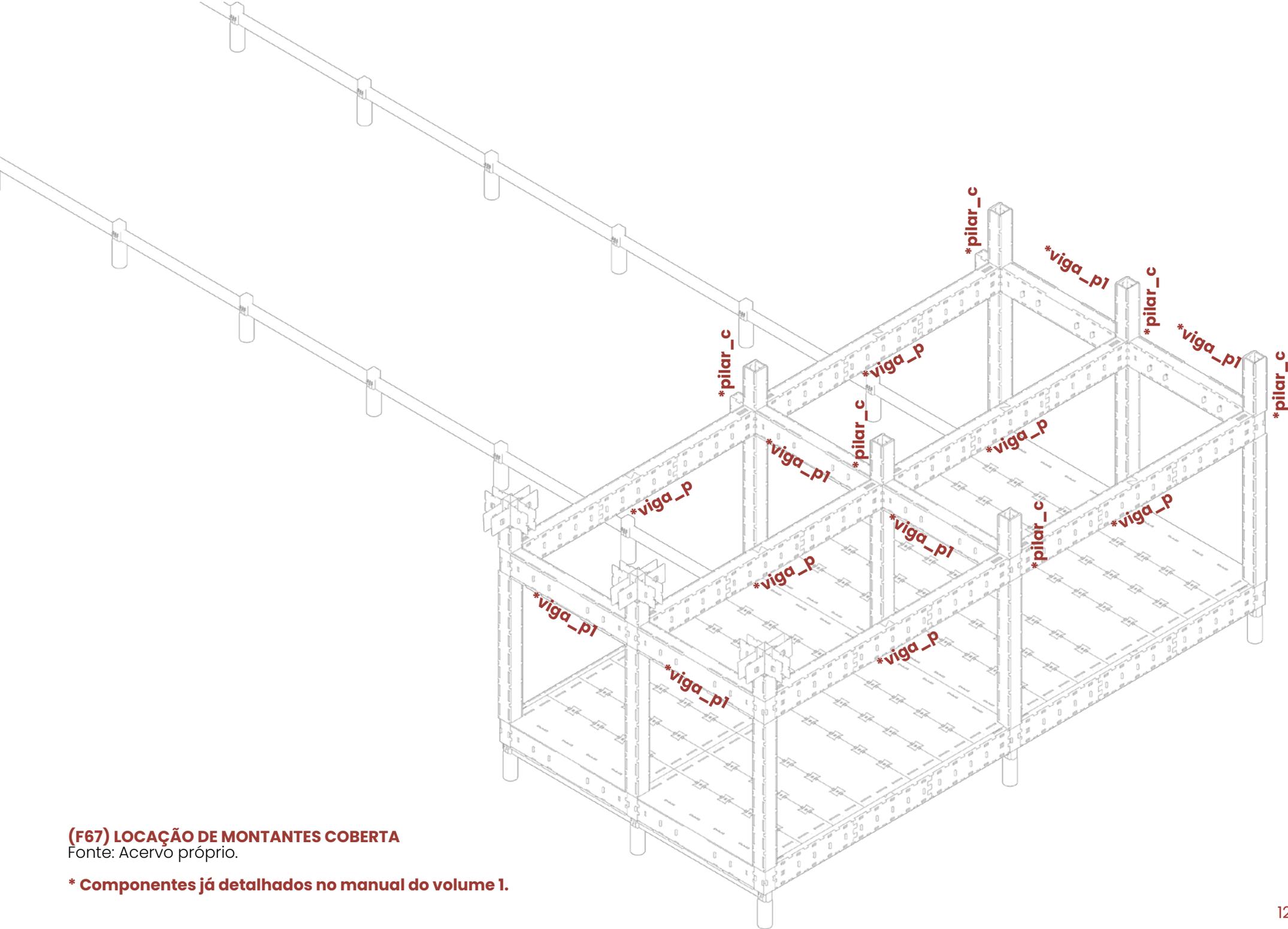
x1



(F66) LOCAÇÃO DE CONECTORES

Fonte: Acervo próprio.

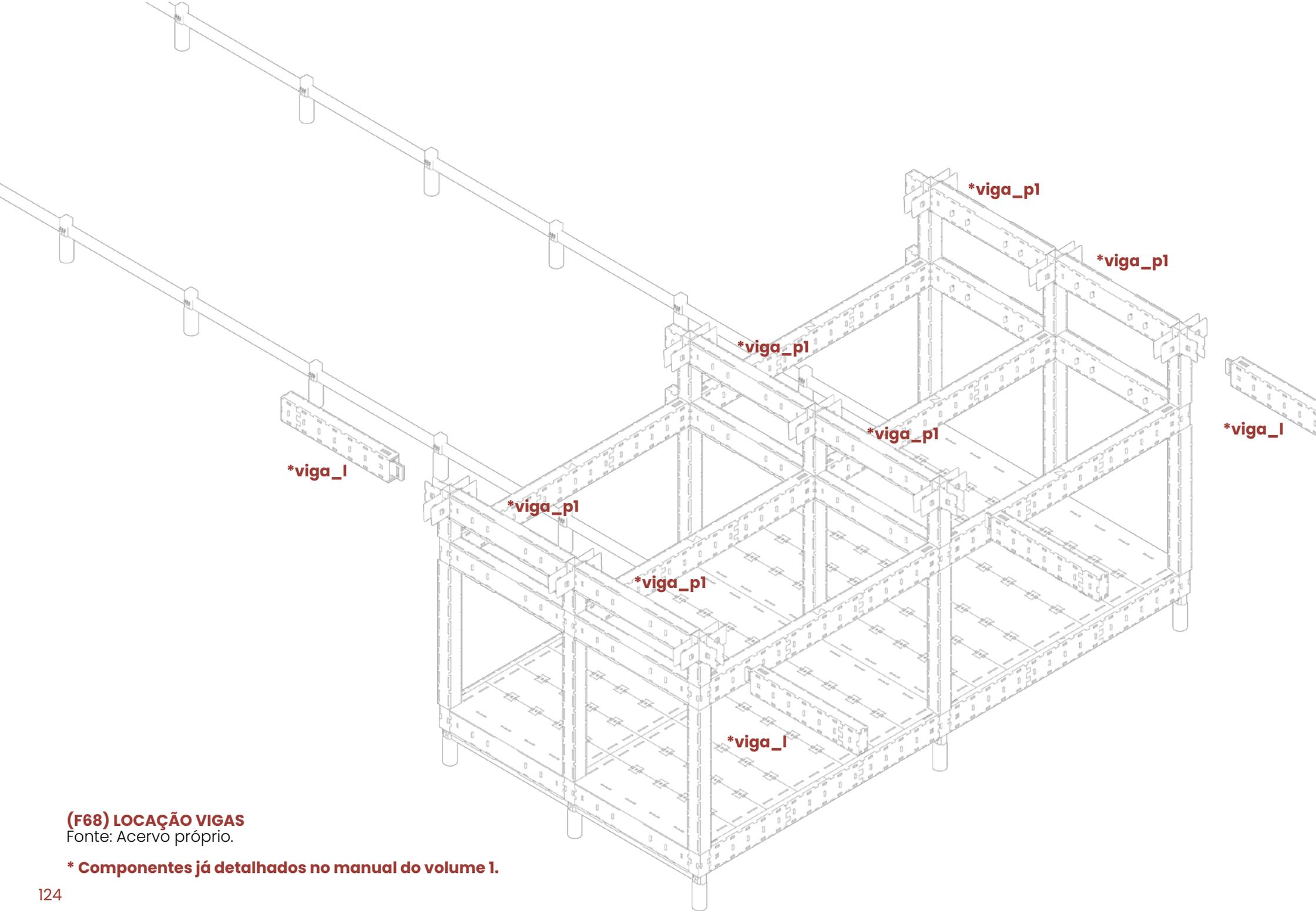
*** Componentes já detalhados no manual do volume 1.**



(F67) LOCAÇÃO DE MONTANTES COBERTA

Fonte: Acervo próprio.

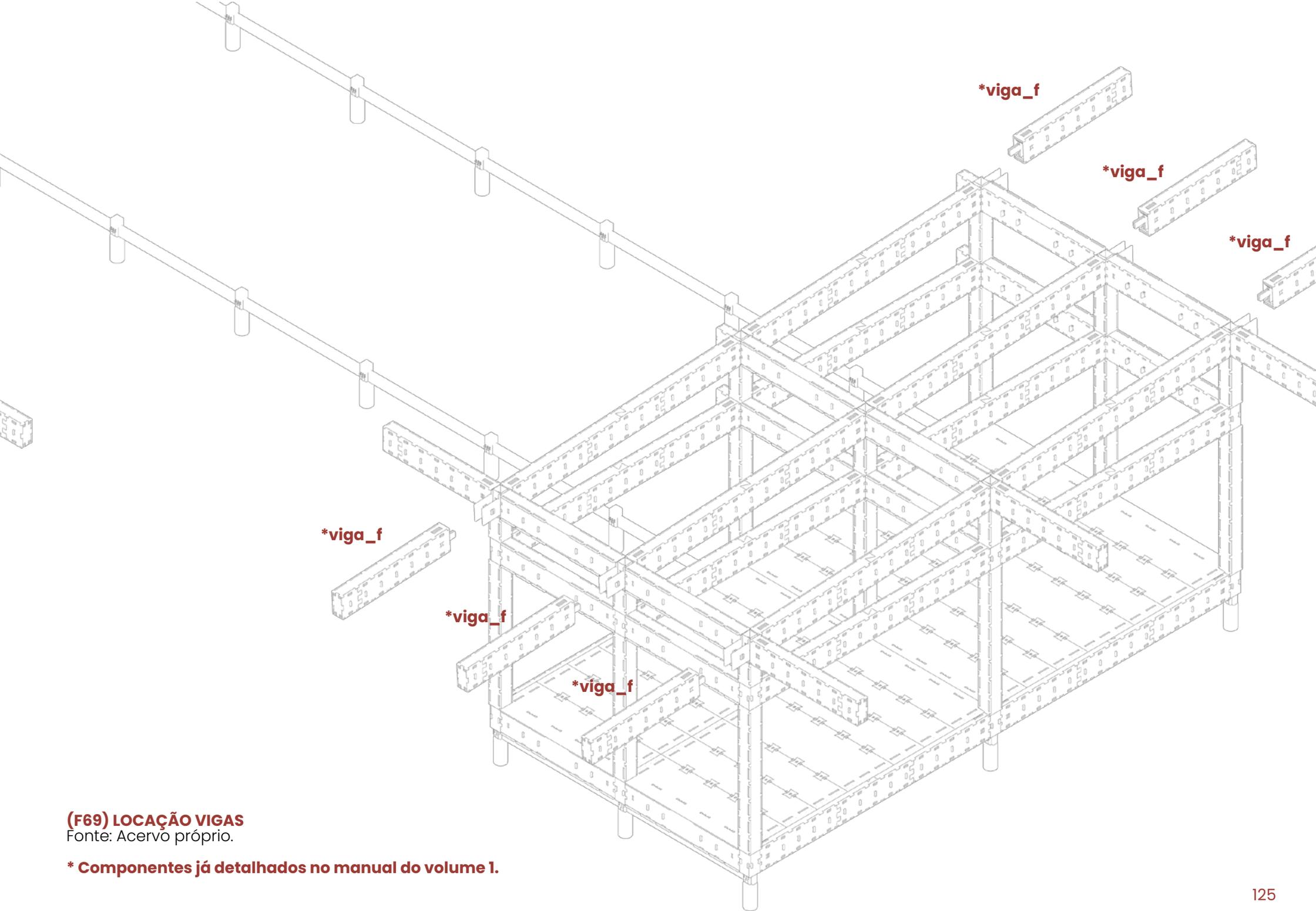
* Componentes já detalhados no manual do volume 1.



(F68) LOCAÇÃO VIGAS

Fonte: Acervo próprio.

* Componentes já detalhados no manual do volume 1.

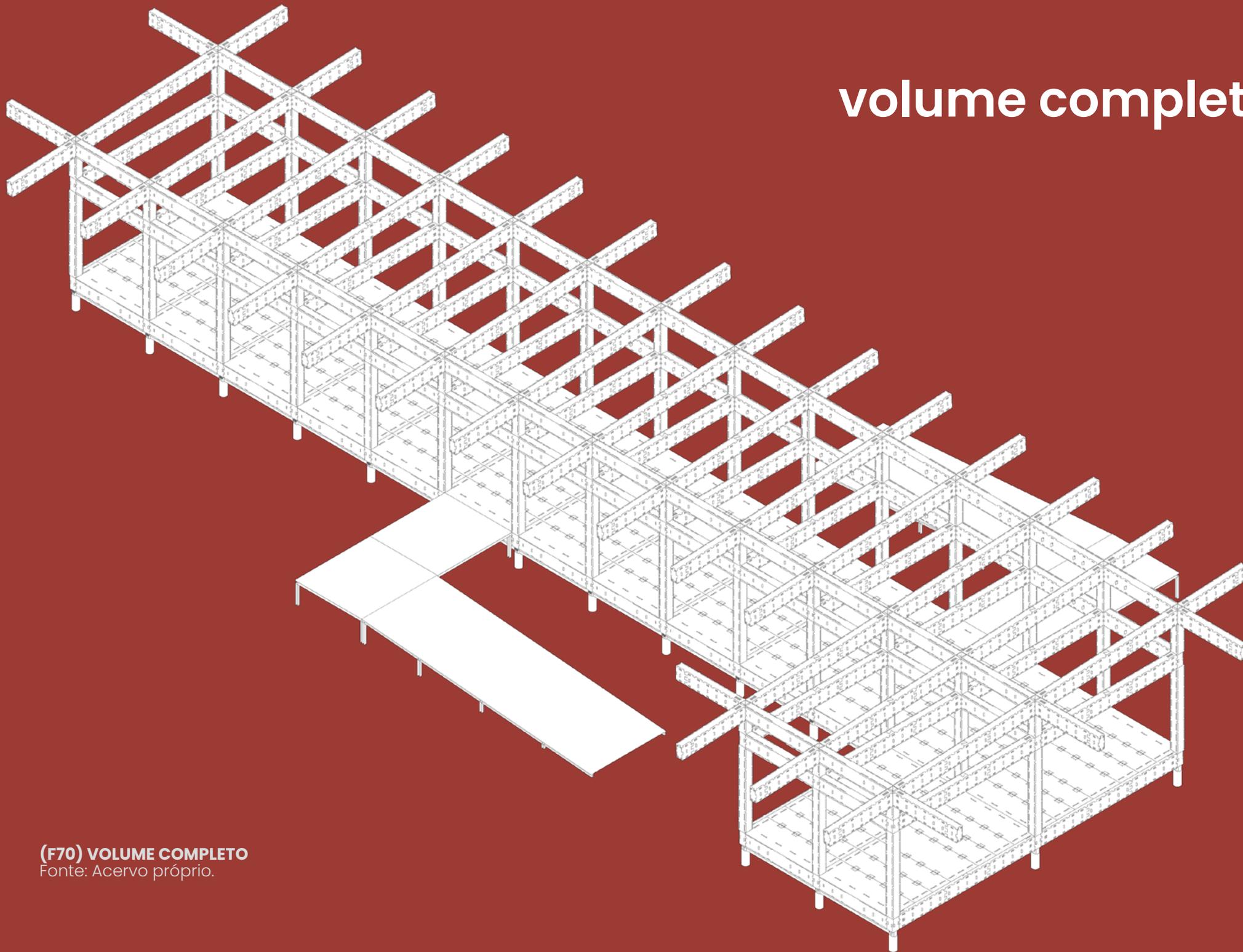


(F69) LOCAÇÃO VIGAS

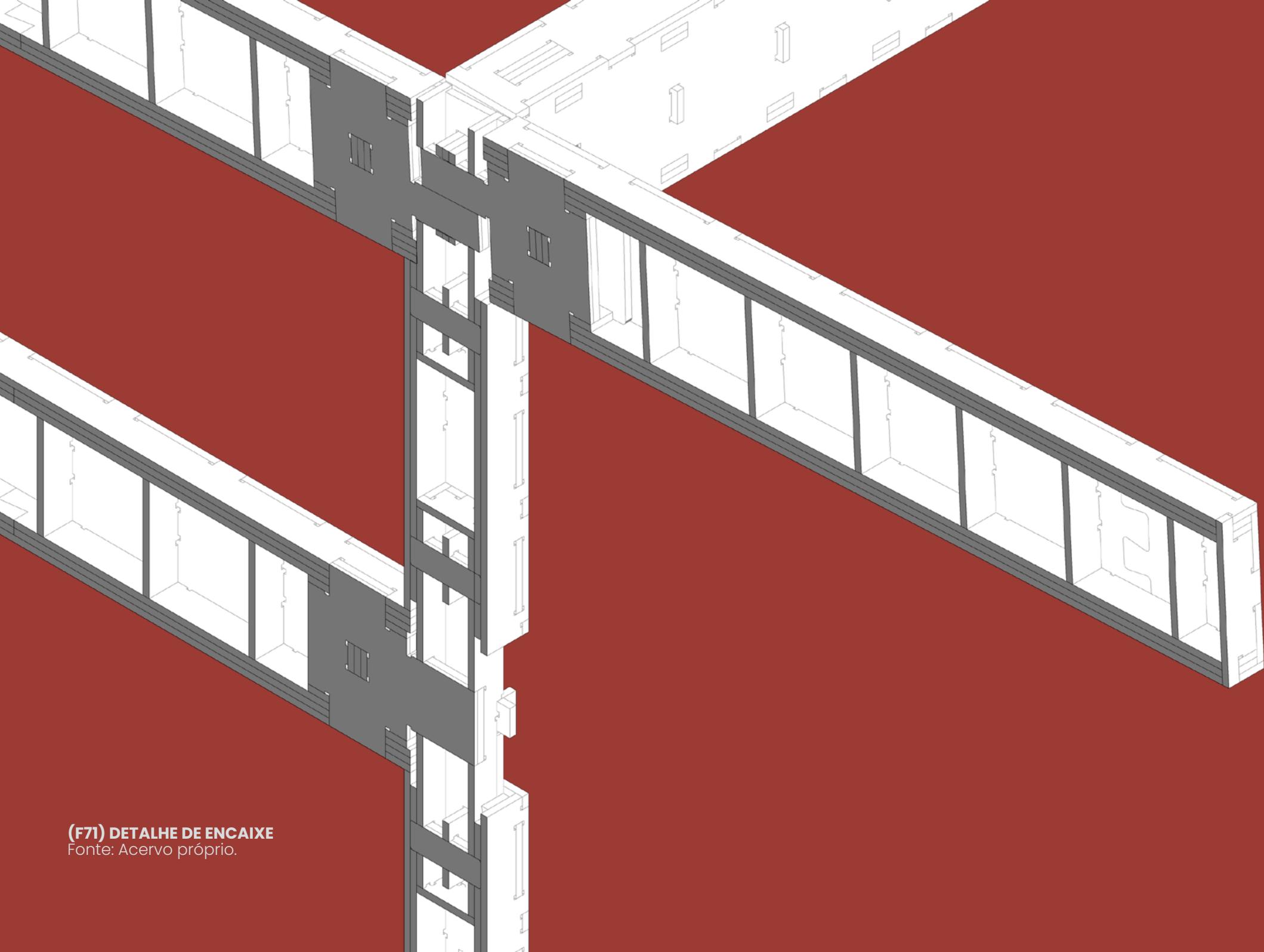
Fonte: Acervo próprio.

* Componentes já detalhados no manual do volume 1.

volume completo



(F70) VOLUME COMPLETO
Fonte: Acervo próprio.



(F71) DETALHE DE ENCAIXE
Fonte: Acervo próprio.

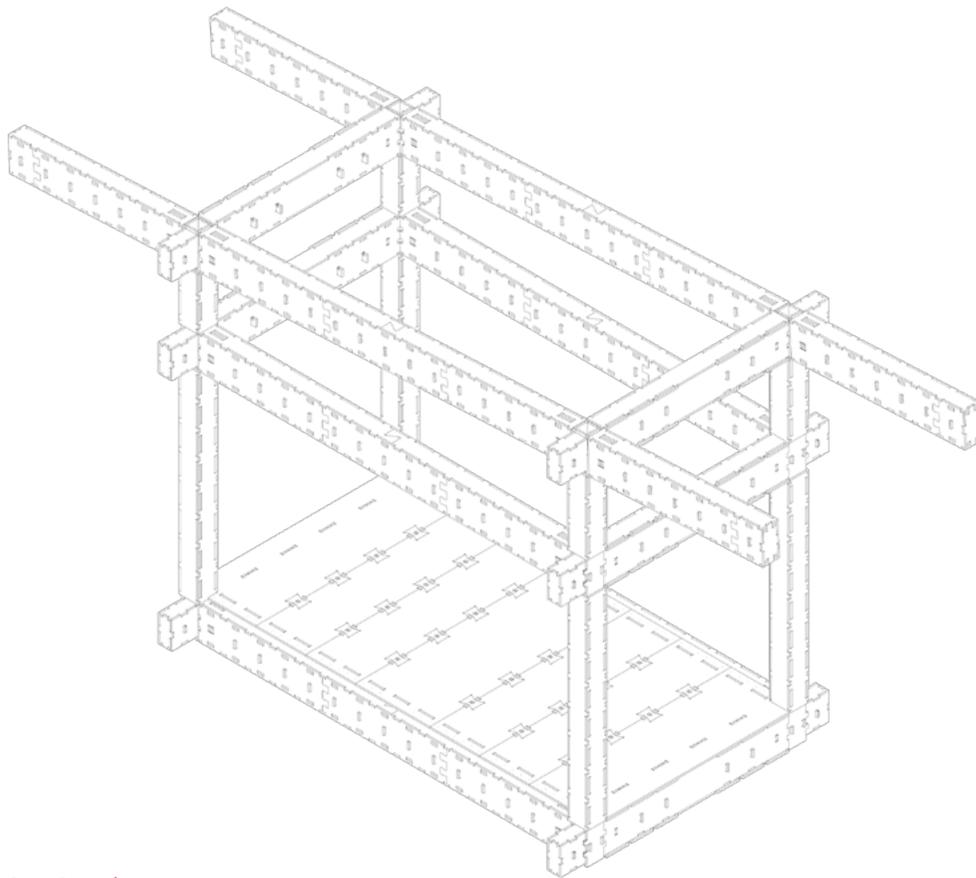




(R7) DIAGRAMA - Maquete digital
Fonte: Acervo próprio.

prototipagem

De modo a permitir o estudo volumétrico e a analisar possíveis modificações nos encaixes e seu desempenho estrutural, foi realizada a prototipagem do módulo base do volume 1 **(F72)**.



(F72) MÓDULO 1 PROTOTIPADO

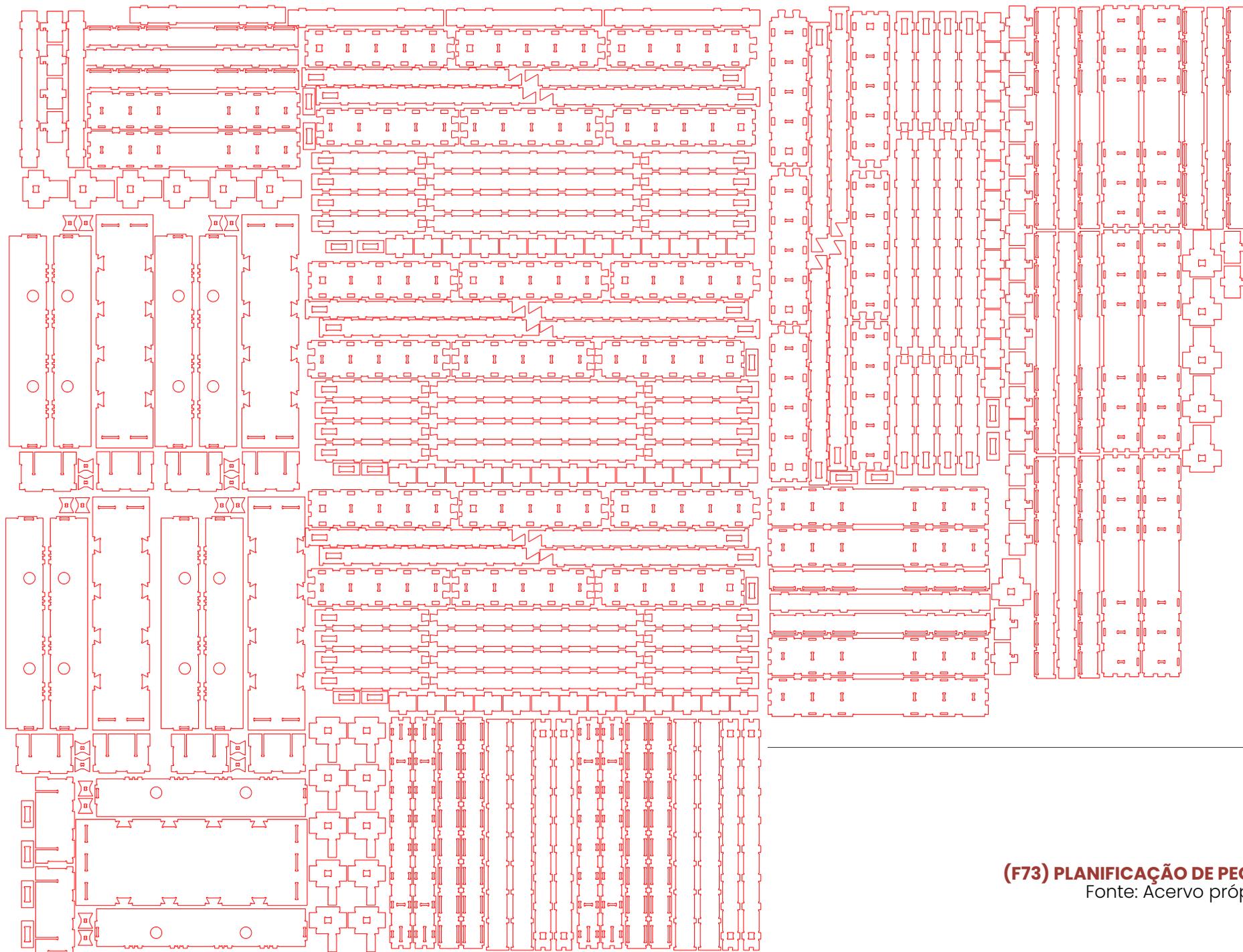
Fonte: Acervo próprio.

Após a definição de programa de necessidades do anexo e diretrizes que direcionaram as soluções arquitetônicas do projeto, deu-se início ao estudo volumétrico da proposta. Considerando a adaptação da tecnologia construtiva WikiHouse como ponto de partida para as decisões projetuais, o desenvolvimento da volumetria se deu no programa Sketchup¹, principal *software* de fácil manuseio, no qual os blocos de componentes da Fundação WikiHouse são disponibilizados para *download*.

A utilização da tecnologia para o projeto acarretou na necessidade de manipulação das soluções volumétricas em conjunto com a implementação destas ao Design para Montagem e Fabricação (DfMA), através da aplicação e adaptação dos componentes originais.

Após a implementação do projeto, foi realizada a planificação das peças a serem prototipadas **(F73)**.

¹ *Software* de criação de modelagens 3D. (Wikipedia)



(F73) PLANIFICAÇÃO DE PEÇAS
Fonte: Acervo próprio.

Foi gerado um arquivo em formato .DXF¹ que posteriormente foi transformado em .PLT², formato suportado pelo software da cortadora a laser Automatisa Dua.

O protótipo foi realizado utilizando o papel couro 1,8mm. O material foi escolhido com base na sua fácil capacidade de usinagem na cortadora, e, também, devido a sua espessura permitir a prototipagem do módulo em escala 1:10. Em escala 1:1 o projeto, que utiliza-se do compensado naval utilizaria de chapas de 18mm.

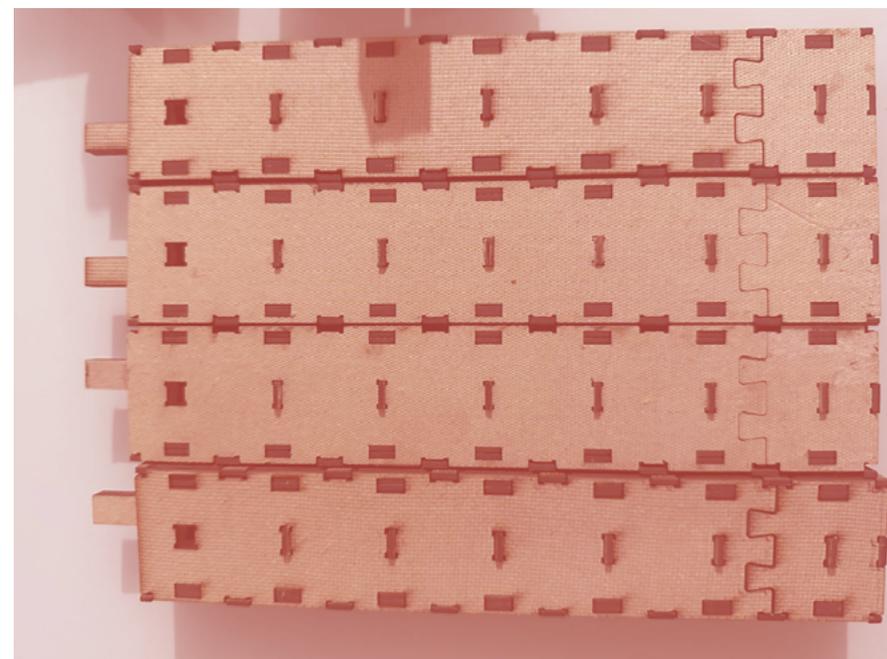
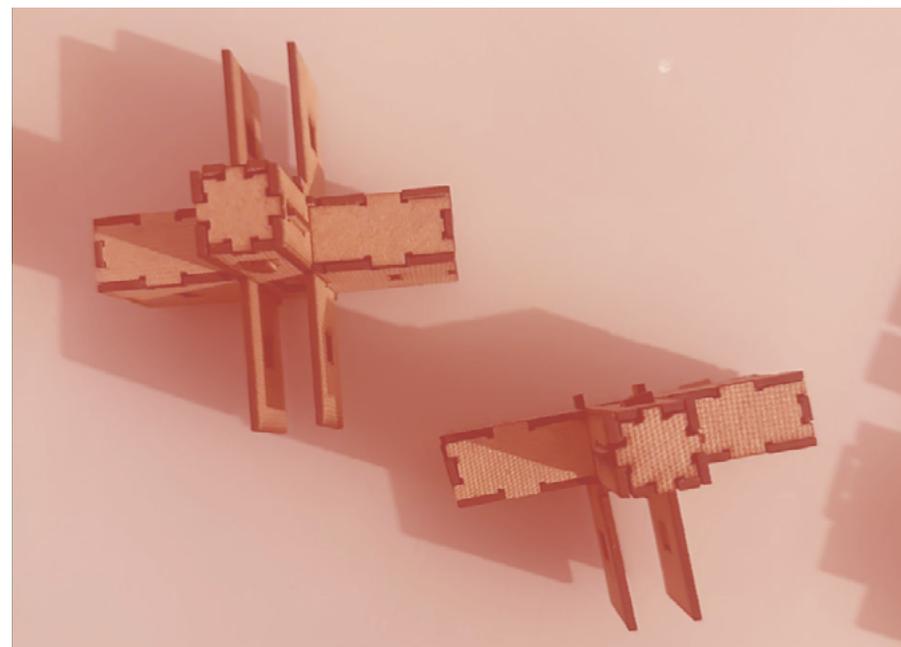
No processo de corte, as peças foram organizadas de modo a serem cortadas por componentes. Exemplo: primeiramente foram cortadas as peças que constituem os pisos, posteriormente conexões e assim por diante. A organização foi utilizada tendo em vista a necessidade de identificação das peças, já que estas não foram marcadas individualmente com sua nomenclatura específica. O processo de marcação das peças e criação de uma linguagem para identificação destas mostrou-se essencial após a prototipagem.

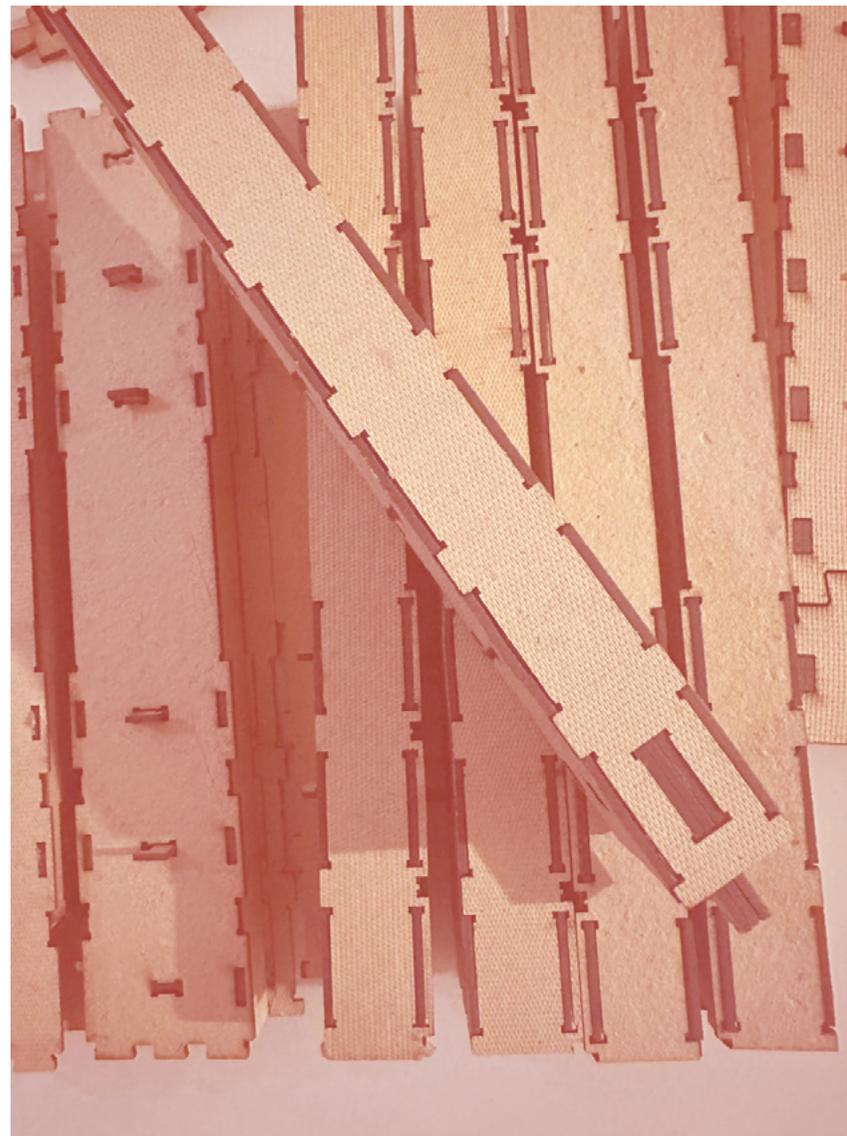
Segui-se a montagem dos componentes individualmente para posterior encaixe entre si. O manual elaborado no presente trabalho, apesar de ter sido utilizado para a realização da montagem completa, para alguns componentes, mostrou-se não necessária devido ao caráter intuitivo da lógica de quebra cabeças do projeto.

De modo a corroborar com a facilidade de montagem, mostrou-se útil a confecção de peças que sejam visivelmente diferentes entre si. Nesse sentido, peças que possuem pouca variação de forma ou posição dos encaixes mostram-se mais difíceis de identificar e montar.

1 *Drawing Exchange Format* arquivo de intercâmbio para modelagens em CAD que pode ser aberto em softwares como Corel Draw e Illustrator.

2 Arquivo baseado em vetor, muito utilizado para plotagem de arquivos desenvolvidos em softwares CAD.

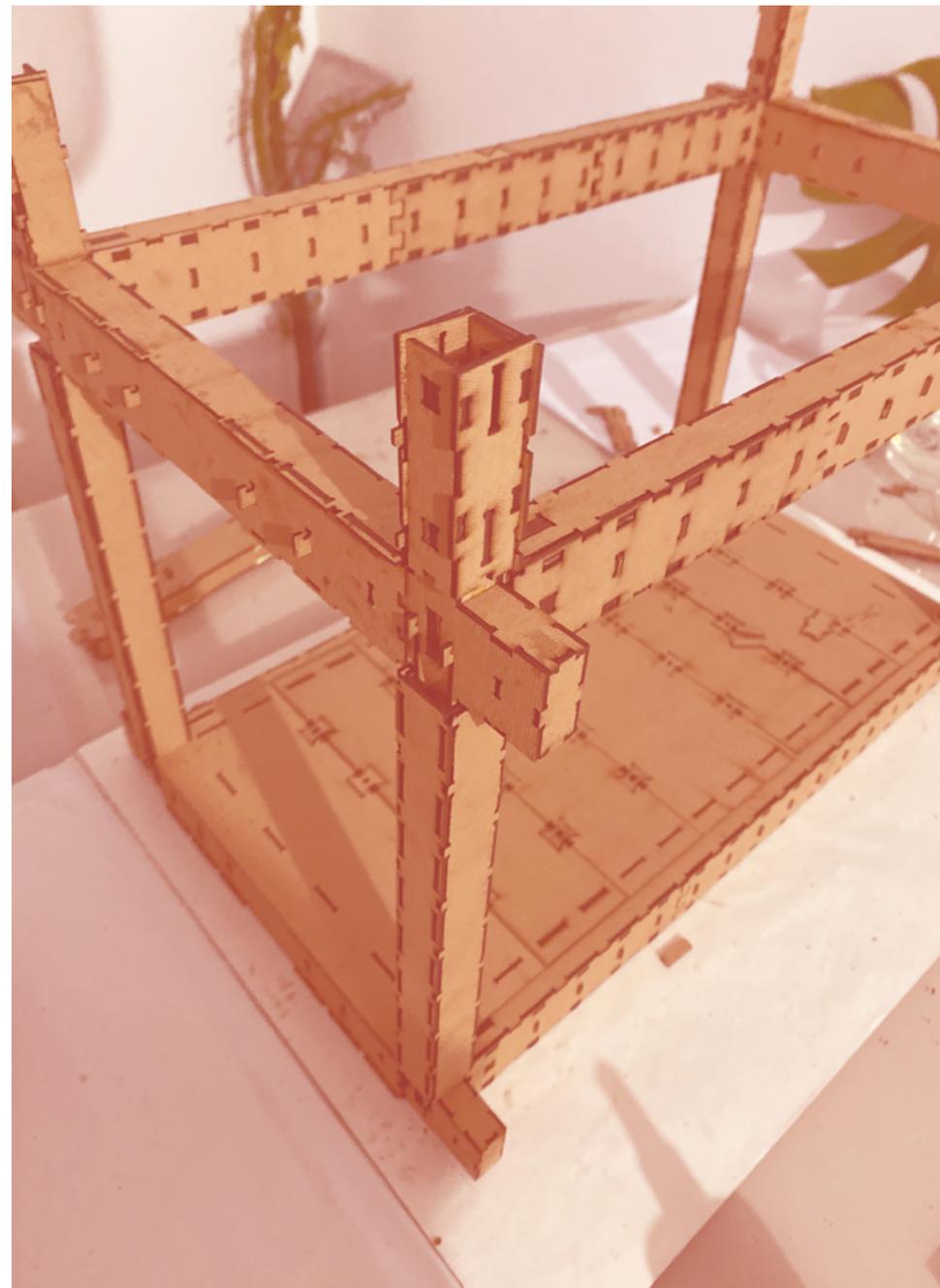




(F74) PEÇAS CORTADAS E MONTADAS.
Fonte: Acervo próprio.

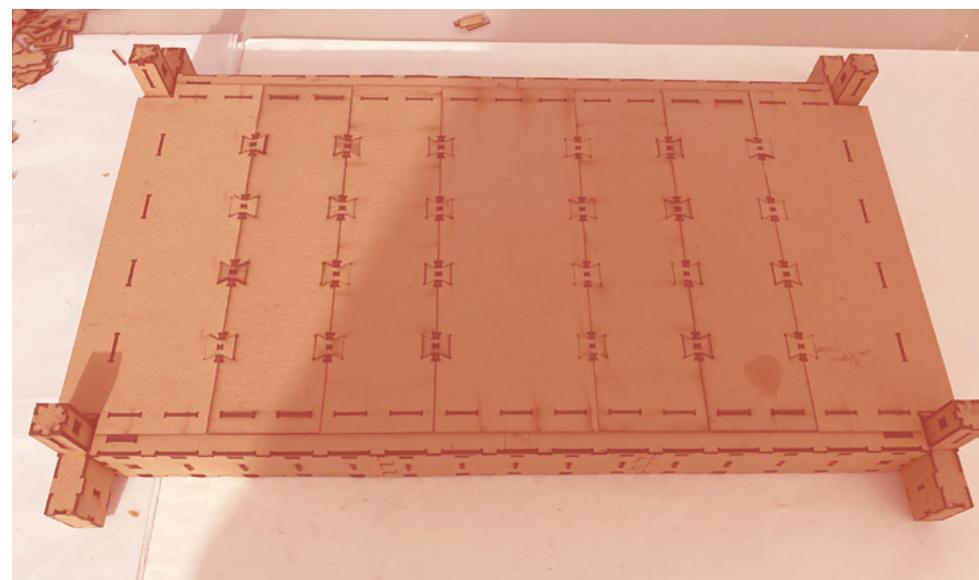
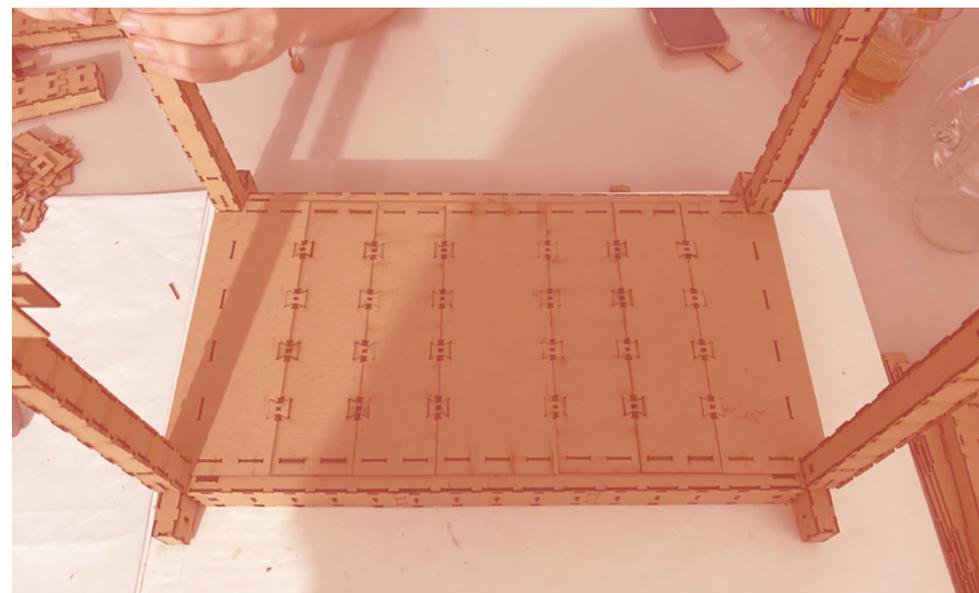
No processo de montagem do protótipo em questão, foi percebida a influência do material escolhido (papel couro) no encaixe das peças. Devido ao seu caráter artesanal, o papel couro ao ser possui variações de espessura ao longo das chapa, conferindo diferenças nos encaixes entre as peças. Como exemplo, ao apresentar espessuras maiores do que as de 18mm, foi necessário o desbastamento do material com lixa. Além disso, devido a precisão dos recortes para fricção do material, as peças de travamento entre conectores e vigas apresentam-se particularmente difíceis de encaixar.

De modo geral, o protótipo se apresentou estável e rígido, apesar dos pontos de instabilidade que foram deixados nos travamentos que, devido as variações do material, não foi possível encaixar. Apesar de a maioria dos travamentos terem sido encaixados, devido a a lógica do sistema de quebra-cabeças, ficou evidente que todas as peças se fazem necessárias para que o protótipo trabalhe adequadamente.



(F75) PEÇAS CORTADAS E MONTADAS.

Fonte: Acervo próprio.



(F76) PEÇAS CORTADAS E MONTADAS.
Fonte: Acervo próprio.



(F77) PEÇAS CORTADAS E MONTADAS.
Fonte: Acervo próprio.

06

considerações finais

O Anexo Wikimaker desenvolvido ao longo desse trabalho traz à tona a reflexão sobre os impactos que a arquitetura pode provocar nos novos usos e atividades introduzidas pela sociedade em rede.

O uso de *Makerspaces* atribue ao espaço de criação e ensino, - tradicionais ateliês, oficinas, laboratórios e salas de aula - novas dinâmicas e necessidades advindas da transformação que a introdução de tecnologias digitais têm provocado no contexto econômico, social e cultural da sociedade informacional. Nesse cenário, a arquitetura, importante catalizador e impulsionador das relações humanas, tem papel fundamental na espacialização de tais transformações. A transformação da própria arquitetura faz-se juntamente às modificações sociais, de modo a abrigar os novos anseios, demandas e vivências humanas. A experimentação de novas tecnologias que dialoguem com o surgimento de novas culturas, como a cultura *maker*, o ensino *fabber*, e os conceitos de sustentabilidade, customização e personalização em massa se fazem necessárias, de modo a indicar os novos caminhos que serão seguidos pela arquitetura.

No Brasil, a modificação das tecnologias importadas de países desenvolvidos tem importante papel no desenvolvimento do protagonismo do país frente às inovações digitais. As experimentações vêm no sentido de promover a discussão, construir conexões e estabelecer novas possibilidades. Levar as crescentes investigações sobre o tema para o ensino médio, em um espaço que tenha a capacidade de demonstrar, em sua concepção e construção, de forma prática, os impactos do uso de tecnologias informacionais na resolução de demandas diárias se faz fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade não somente consumidora, mas produtora de inovação.

referencial

ASSUMPÇÃO, R.; MORI, C. **Inclusão digital: discursos, práticas e um longo caminho a percorrer**. 2006. Disponível em: <http://www.inclusaodigital.gov.br/noticia/inclusao-digitaldiscursos-praticas-e-um-longo-caminho-a-percorrer>. Acesso em: 20 set. 2022.

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.

Birmingham – **Community Cafe**. Pulp Build, 2020. Disponível em <https://www.pulp-build.uk/all-projects/2020/01/15>. Acesso em: 09/04/2023.

BRASSCOM. **TI precisa de 420 mil novos profissionais até 2024**. Brasscom, 2019. Disponível em: <https://brasscom.org.br/ti-precisa-de-420-mil-novos-profissionais-ate-2024/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BITTONI, C.S. **Mayumi Watanabe Souza Lima: a construção do espaço para a educação**. FAU USP: São Paulo, 2009.

CASTELLS, M. **A galáxia da Internet**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003

CASTELLS, M. **A sociedade em rede: a era da informação; economia, sociedade e cultura**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CESAR. **Nave**. Cesar Org. 2018. Disponível em: <https://www.cesar.org.br/pt/w/nave-1>. Acesso em: 7 abr. 2023.

CIEB. **Currículo Digital: educação com equidade e qualidade**. Dis-

ponível em: <https://curriculo.cieb.net.br/curriculo>. Acesso em: 12 abr. 2023.

CONJUR. **Direito digital e a Política Nacional de Educação Digital no Brasil: impressões**. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2023-abr-04/direito-digital-politica-nacional-educacao-digital-brasil-impressoes#:~:text=Recentemente%2C%20em%2011%20de%20janeiro,boas%20pr%C3%Aalticas%20no%20ambiente%20digital>. Acesso em: 12 abr. 2023.

DEMO, P. **Inclusão Digital – cada vez mais no centro da inclusão social**, Brasília, v.1, n.1, p. 36-3

Escritório Sede LIVE / Estudio Guto Requena. ArchDaily Brasil, [S.l.], 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/953163/escritorio-sede-live-estudio-guta-requena>. Acesso em: 9 abr. 2023.

Estúdio Guto Requena. **Casa Conectada**, 2021. Disponível em: <https://gutorequena.com/casaconectada/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

FRESSOLI, M.; SMITH, A. **Fabricación Digital. ¿Una Nueva Revolución Tecnológica? Integración & Comércio**, #39, 2015. https://www.researchgate.net/publication/282870488_FABRICACION_DIGITAL_UNA_NUEVA_REVOLUCION_TECNOLOGICA. Acesso em: 15 jan. 2022.

GERSHENFELD, N. **FAB: The Coming Revolution on Your Desktop**. From Personal Computers to Personal Manufacturing. New York: Basic Books. 2005.

GROSSI, Márcia Gorett Ribeiro; COSTA, José Wilson da; SANTOS, Ademir José dos. **A exclusão digital: o reflexo da desigualdade social no Brasil**. Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação, v. 5, n. 2, p. 69-80, 2013.

HOLANDA, A. **Roteiro para construir no Nordeste**. Recife, MDU/UFPE, 1976, 45p.

IBGE. **Internet chega a 88,1% dos estudantes, mas 4,1 milhões da rede pública não tinham acesso em 2019**. Agência de Notícias – IBGE, 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/30522-internet-chega-a-88-1-dos-estudantes-mas-4-1-milhoes-da-rede-publica-nao-tinham-acesso-em-2019>. Acesso em: 01 dez. 2022.

INEP. **Notas estatísticas do Censo Escolar da Educação Básica 2016**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2017. Disponível em: https://download.inep.gov.br/educacao_basica/centso_escolar/notas_estatisticas/2017/notas_estatisticas_centso_escolar_da_educacao_basica_2016.pdf. Acesso em: 05 dez. 2022.

Joseph B. Pine. **Mass Customization: The New Frontier in Business Competition**. Boston: Harvard Business School Press, 1993.

KOLAREVIC, B. **Architecture in Digital Age: design and manufacturing**. Editora: Routledge, 2004.

KOHTALA, C. **Making Sustainability: How Fab Labs Address Environmental Issues**. Helsinki, Finland. PhD dissertation, School of Arts, Design and Architecture, Department of Design, 184 p. 2016.

Life Up: escola de Pernambuco está entre as melhores do mundo com projeto de tecnologia que resolve problemas da comunidade. Fundação Telefônica Vivo. 2002. Disponível em: <https://www.funda->

caotelefonica.org.br/noticias/life-up-escola-de-pernambuco-esta-entre-as-melhores-do-mundo-com-projeto-de-tecnologia-que-resolve-problemas-da-comunidade/. Acesso em: 7 abr. 2023.

MOYSES, M.; MONT'ALVÃO, C.; Zattar, M. **A Biblioteca Pública como ambiente de aprendizagem: casos de makerspaces, learning commons e co-working**. Revista Conhecimento em Ação, v. 4, n. 2, p. 4-22, 2019. DOI: <https://doi.org/10.47681/rca.v4i2.30981>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rca/article/view/30981> Acesso em: 14 jan. 2023.

OIFuturo. **NAVE Recife – Escola Técnica Estadual Cícero Dias**. 2012. Disponível em: <https://oifuturo.org.br/historias/nave-recife-escola-tecnica-estadual-cicero-dias/>. Acesso em: 07 abr. 2023.

Open Systems Lab – Version 1.1 – **The DfMA Housing Manual An Introduction to the principles of Design for Manufacture & Assembly (DfMA) for Homes**, Londres, 2019.

PACINI, G. D.; PASSARO, A. M.; HENRIQUES, G. C. **Pavilhão FAB!t: proposta portátil para inserção da cultura maker no ensino tradicional**. Gestão & Tecnologia de Projetos, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 76-89, 2019. DOI: 10.11606/gtp.v14i1.148143. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/148143>. Acesso em: 14 jan. 2022.

PAMPLONA, Nicola. **Segundo IBGE, 4,3 milhões de estudantes brasileiros entraram na pandemia sem acesso à internet: Estatística reforça os efeitos da desigualdade na educação com escolas fechadas durante a pandemia da Covid-19**. Disponível em <<https://jornaldebrasil.com.br/noticias/brasil/segundo-ibge-43-milhoes-de-estudantes-brasileiros-entraram-na-pandemia-sem-acesso-a-internet/>>. Acesso em 05 abr. 2023.

Polideportivo en Sa Indiotería Jordi Herrero & Sebastián Escanellas. ArchDaily. 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com/267954/polideportivo-in-sa-indioteria-jordi-herrero-sebastian-escanellas>. Acesso em: 09 abr. 2023. ISSN 0719-8884.

Prefeitura do Recife lança, em parceria com o Porto Digital, o programa Embarque. Prefeitura do Recife, 2021. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/14/09/2021/prefeitura-do-recife-lanca-em-parceria-com-o-porto-digital-o-programa-embarque>. Acesso em: 16 nov. 2022.

PUPO, R. T. **A inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino da arquitetura** / Regiane Trevisan Pupo. -- Campinas, SP: [s.n.], 2009.

REBÊLO, P. **Inclusão digital: o que é e a quem se destina.** Reportagem publicada em 12/05/2005. Disponível em: <http://webinsider.uol.com.br/2005/05/12/inclusao-digital-o-que-e-e-a-quem-se-destina/>. Acesso em: 08 out. 2022.

SÁEZ, C.G. **Cómo hacer un espacio maker.** Madrid, 2017. Disponível em: http://laaventuradeaprender.intef.es/documents/10184/64751/Guia-LADA_Como-hacer-un-espacio-maker.pdf. Acesso em: 17 jan. 2022.

SANTOS, G. S. **Espaços de aprendizagem.** In: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (org.). Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

SASS, L., OXMAN, R. **Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design.** Design Studies, 2006, v. 27, p. 325-355.

Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de Pernambuco. **Espaços 4.0.** Disponível em: <https://www.secti.pe.gov.br/espacos-4-0/>. Acesso em: 7 abr. 2023.

SILVA, Lúcio de Souza, SOUZA, Rayse Kiane de; TEIXEIRA, Clarissa Stefani. **Espaços makers educacionais: conectando inovação, ensino e aprendizagem.** VIA Revista, UFSC, Florianópolis, ano 4, n. 8, p. 30 - 33, mar. 2020. Disponível em: <http://via.ufsc.br/>. Acesso em 20 julho de 2021.

SILVA, M. P. **WikiHouse e a Customização Digital de Massa da Habitação** [manuscrito] /. 2019

Startup incubada no PTI-BR tem tecnologia instalada em um espaço 4.0 no Recife. Parque Tecnológico Itaipu. 2022. Disponível em: <https://www.pti.org.br/startup-incubada-no-pti-br-tem-tecnologia-instalada-em-um-espaco-4-0-no-recife/>. Acesso em: 7 abr. 2022.

World's Best School Prizes Celebrating schools that make a difference. T4.education. Disponível em: <https://t4.education/prizes/worlds-best-school-prizes>. Acesso em: 07 abr. 2023.