

Universidade do Minho

Escola de Arquitetura, Arte e Design

Rodrigo Campos Chiesse

**(Auto)construção evolutiva por processo de
design e fabrico digital**

Trabalho de Projeto

Mestrado Integrado em Arquitetura

Área de Construção e Tecnologia

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Ana Luísa Rodrigues

Doutor Filipe Brandão

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-CompartilhaIgual

CC BY-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Especialmente aos meus pais, pelo apoio incondicional ao longo de toda a minha vida.

À Marcelle, por ter estado sempre ao meu lado.

Aos meus orientadores, pelo valioso auxílio e disponibilidade.

A todos os amigos e professores que me ajudaram durante esta jornada.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

Este trabalho de projeto estuda o sistema construtivo *WikiHouse* e a sua aplicação prática no contexto da autoconstrução pelo usuário final, mesmo que não tenha conhecimentos prévios em arquitetura e construção. O projeto resultante não tem implantação, podendo ser construído em qualquer terreno plano bem dimensionado.

A investigação base do trabalho é focada nos diversos sistemas personalizáveis em arquitetura, naqueles que recorrem à fabricação digital, customização em massa, ou com ênfase na autoconstrução. Atenção especial foi dada à obra do grupo *ELEMENTAL* em Constitución e Iquique, no Chile, e ao bairro projetado pelo grupo *WikiHouseNL*, em Almere, Países Baixos.

Além do projeto arquitetônico, foram desenvolvidas ferramentas auxiliares à sua elaboração, visando a familiarização com as tecnologias de design paramétrico e de fabrico digital.

O objetivo final deste trabalho visa perceber de que modo é que esta ferramenta operativa se pode articular com o *modus operandi* da disciplina da arquitetura no âmbito da autoconstrução.

Palavras-chave:

Autoconstrução; Comunidade; Evolução; Fabrico Digital; Paramétrico.

Abstract

This project thesis studies the WikiHouse construction system and its possible practical application, directly made by the end user, even if they don't have prior experience in architecture or construction. The resulting project has no location, and can be constructed anywhere flat and well dimensioned.

The base investigation of this work is focused on the multiple personalization systems in architecture, specifically the ones on digital fabrication, mass customization, or with emphasis on self building. Special attention was given to the works of the group *ELEMENTAL* in Constitución and Iquique, Chile, and to the neighborhood designed by the WikiHouseNL group, in Almere, Netherlands.

Besides the architectural project, auxiliary tools to its design process were developed, aiming to familiarize with the technologies of parametric design and digital fabrication.

The main objective of this work is to understand how this operative tool can be articulated with the current *modus operandi* of the architectural field in regards to selfbuilding.

Keywords:

Community; Digital Fabrication; Evolution; Parametric; Self Building.

Índice

Resumo.	v
Abstract	vi
Índice.	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Siglas e Acrónimos	xi
Introdução	13
Temas e Objetivos	15
Metodologia	18
Estrutura	19
1. Enquadramento	21
1.1. Linha do Tempo	23
1.2. Sistemas Personalizáveis	31
1.3. ELEMENTAL	39
1.4. WikiHouse	43
1.4.1. A iniciativa	43
1.4.2. Sistemas	45
1.4.3. De Stripmaker	51
2. Viabilização	55
2.1. Configurador	57
2.2. Estrutura e Materialidade	67
2.3. Produção e Transporte	77
3. Projeto	81
3.1. Um Projeto	83
3.2. Uma Experiência Prática	119
Considerações Finais	127
Referências	131
Anexos	135

Lista de Figuras

Fig. 1.1.1 - Linha do Tempo. Por Rodrigo Chiesse.	25
Fig. 1.2.1 - Paineis de trabalho realizados em Rhino 3D e Grasshopper. Por Rodrigo Chiesse e Marcelle Rigon.	31
Fig. 1.2.2 - Maquete de trabalho realizado em Rhino 3D e Grasshopper. Por Rodrigo Chiesse e Marcelle Rigon.	31
Fig. 1.2.3 - Opções projetuais da FlatWriter. (Friedman, 1971, p.100)	32
Fig. 1.2.4 - Geração de uma forma usando SG1. (Stiny & Gips, 1972, p.129)	33
Fig. 1.2.4 - TEDTalk de Alastair Parvin. Em https://www.youtube.com/watch?v=Mlt6kaNjoel (Acesso em 03 de Setembro de 2024).	32
Fig. 1.2.5 - Quinta da Malagueira. Em https://www.archdaily.com.br/01-49523/classicos-da-arquitetura-quinta-da-malagueira-alvaro-siza (Acesso em 29 de Agosto de 2024)	33
Fig. 1.2.6 - Análise da Quinta da Malagueira por José P. Duarte. (Duarte, 2005, p.351)	33
Fig. 1.2.7 - Capa do livro 'Variations'. Em https://www.amazon.com/Variations-Systematic-Supports-N-Habraken/dp/0262580322 (Acesso em 02 de Outubro de 2024)	34
Fig. 1.2.8 - Capa do livro 'A Pattern Language'. Em https://www.gsd.harvard.edu/2019/04/a-pattern-language-a-users-guide-to-the-seminal-if-much-maligned-architectural-handbook/ (Acesso em 02 de Outubro de 2024)	34
Fig. 1.2.9 - Capa do livro 'Housing'. Em https://arquiteturaviva.com/libros/housing (Acesso em 02 de Outubro de 2024)	34
Fig. 1.2.10 - Parte da gramática da Quinta da Malagueira. (Duarte, 2005, p.350)	34
Fig. 1.2.11 - Processo de geração das peças de montagem de uma habitação. (Sass, 2005, p.390-391)	35
Fig. 1.2.12 - Ilustração do processo de fabricação e montagem de uma instant house. Em https://ddf.mit.edu/news/2014/project-summary (Acesso em 27 de Setembro de 2024)	35
Fig. 1.2.13 - Modelos de uma instant house em três representações distintas. Em https://ddf.mit.edu/news/2014/project-summary (Acesso em 27 de Setembro de 2024)	35
Fig. 1.2.14 - Foto da instant house em exposição. Em https://ddf.mit.edu/news/2014/project-summary (Acesso em 27 de Setembro de 2024)	35
Fig. 1.2.15 - Conjunto dos designs obtidos por Kwiecinski e Duarte. (Kwiecinski & Duarte, 2019, p.362)	36
Fig. 1.2.16 - Visualização da estrutura do Block West em computador. (Claypool et al, 2020, p.642)	36
Fig. 1.2.17 - Robôs montando um bloco desenvolvido pela AUAR. (Claypool et al, 2020, p.642)	36
Fig. 1.2.18 - Esquema de montagem do Block West. (Claypool et al, 2020, p.641)	37
Fig. 1.2.19 - Esquema de montagem de um Block Type A. (Claypool et al, 2020, p.640)	37
Fig. 1.2.20 - Foto do Block West. (Claypool et al, 2020, p.638)	37
Fig. 1.3.1 - Plano urbanístico de Villa Verde. Em https://www.archdaily.com/447381/villa-verde-housing-elemental (Acesso em 24 de Abril de 2024)	38
Fig. 1.3.2 - Foto de Alejandro Aravena. Em https://www.pritzkerprize.com/laureates/ale-jan-dro-ara-ve-na#laureate-page-1286 (Acesso em 25 de Abril de 2024)	39
Fig. 1.3.3 - Casas em Villa Verde. Em https://www.archdaily.com/447381/villa-verde-housing-elemental (Acesso em 24 de Abril de 2024)	39
Fig. 1.3.4 - Casas em Quinta Monroy. Em https://www.archdaily.com/10775/quinta-monroy-elemental (Acesso em 24 de Abril de 2024)	40
Fig. 1.3.5 e 1.3.6 - Bairro da Bouça. Em https://espacodearquitetura.com/projetos/bairro-da-bouca/ (Acesso em 24 de Abril de 2024)	40
Fig. 1.3.7 e 1.3.8 - Quinta Monroy. Em https://www.archdaily.com/10775/quinta-monroy-elemental (Acesso em 24 de Abril de 2024)	40
Fig. 1.3.9 e 1.3.10 - Villa Verde. Em https://www.archdaily.com/450958/elemental-s-half-finished-housing-typology-a-success-in-all-circumstances (Acesso em 24 de Abril de 2024)	41
Fig. 1.4.1 - Esquema WikiHouse. Em https://wikihouse.nl/cc/algemeen/ (Acesso em 05 de Agosto de 2024)	42
Fig. 1.4.2 - Logo WikiHouse. Em https://www.wikihouse.cc/media (Acesso em 05 de Agosto de 2024)	43
Fig. 1.4.3 - Interior de uma estrutura WikiHouse, em corte. Em www.wikihouse.cc/product/ (Acesso em 05 de Agosto de 2024)	44
Fig. 1.4.4 - Estrutura utilizando o sistema WikiHouse Wren. Em https://www.wikihouse.cc/featured-projects/the-shelter (Acesso em 05 de Agosto de 2024)	45
Fig. 1.4.5 - Cotteridge Community Café. https://www.wikihouse.cc/featured-projects/cotteridge-park-community-cafe (Acesso em 06 de Agosto de 2024)	45
Fig. 1.4.6 - Exemplo de habitação elaborada a partir do sistema Swift da WikiHouseNL. https://wikihouse.nl/cc/ (Acesso em 07 de Agosto de 2024)	46
Fig. 1.4.7 - Estrutura da <i>Pionierswoning</i> . https://github.com/VincentMuller/Pionierswoning-WikiHouse/blob/master/WHALM-Pio_v2_Instructions.pdf (Acesso em 07 de Agosto de 2024)	46
Fig. 1.4.8 - Bloco de parede do sistema Skylark da WikiHouse. https://www.wikihouse.cc/ (Acesso em 12 de Setembro de 2024)	47
Fig. 1.4.9 - Tabela das recomendações de uso das estruturas WikiHouse. https://www.wikihouse.cc/product (Acesso em 12 de Agosto de 2024). Adaptado por Rodrigo Chiesse.	48

Fig. 1.4.10 - Blocos Skylark simples (esquerda) e detalhados (direita). https://www.wikihouse.cc/design/wikihouse-blocks#design-kits (Acesso em 13 de Agosto de 2024)	49
Fig. 1.4.11 - Design kit dos Blocos Skylark para SketchUp. https://www.wikihouse.cc/design/wikihouse-blocks#design-kits (Acesso em 13 de Agosto de 2024)	49
Fig. 1.4.12 - Colagem de fotos do processo de construção de De Stripmaker. https://wikihausenl.cc/portfolio-item/destripmaker-2/ (Acesso em 14 de Agosto de 2024)	50
Fig. 1.4.13 - Colagem de fotos de esquinas de coberturas das casas de De Stripmaker. https://wikihausenl.cc/portfolio-item/destripmaker-2/ (Acesso em 14 de Agosto de 2024)	51
Fig. 1.4.14 - Processo de design do projeto de De Stripmaker. https://wikihausenl.cc/portfolio-item/destripmaker/ (Acesso em 14 de Agosto de 2024)	52
Fig. 1.4.15 - Colagem de fotos do processo de construção de De Stripmaker. https://wikihausenl.cc/portfolio-item/destripmaker-2/ (Acesso em 14 de Agosto de 2024)	53
Fig. 2.1.1 - Esquema de elaboração de uma estrutura pelo método proposto. Por Rodrigo Chiesse.	56
Fig. 2.1.2 - Interface do Grasshopper.	57
Fig. 2.1.3 - Algoritmo do 1º configurador em Grasshopper. Por Rodrigo Chiesse.	58
Fig. 2.1.4 - Ferramentas de controlo do 1º configurador para geração da forma. Por Rodrigo Chiesse.	59
Fig. 2.1.5 - Parâmetros extras do 1º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	59
Fig. 2.1.6 - Configuração do ponto de origem do 1º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	59
Fig. 2.1.7 - 1ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	60
Fig. 2.1.8 - 2ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	60
Fig. 2.1.9 - 3ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	60
Fig. 2.1.10 - 4ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	61
Fig. 2.1.11 - 5ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	61
Fig. 2.1.12 - 6ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	61
Fig. 2.1.13 - Exemplo de planos de inserção de blocos gerados pelo 2º configurador. Por Rodrigo Chiesse.	63
Fig. 2.1.14 - Algoritmo do 2º configurador em Grasshopper. Por Rodrigo Chiesse.	63
Fig. 2.1.15 - Configurador WikiHouse online exposto em livestream. https://www.youtube.com/watch?v=PKhvQ3qVieU (Acesso em 18 de Setembro de 2024)	64
Fig. 2.1.16 - Esquema de variações da forma. Por Rodrigo Chiesse.	65
Fig. 2.2.1 - Representação de chassis Wikihouse. https://github.com/wikihouseproject/Skylark (Acesso em 12 de Agosto de 2024)	66
Fig. 2.2.2 - Chassis Wikihouse com blocos detalhados no Rhino 3D. https://www.wikihouse.cc/engineering/single-storey-house (Acesso em 12 de Agosto de 2024)	67
Fig. 2.2.3 - Conjunto de fotos de OSB. https://en.wikipedia.org/wiki/Oriented_strand_board (Acesso em 27 de Setembro de 2024)	68
Fig. 2.2.4 - Foto de Contraplacado. https://en.wikipedia.org/wiki/Plywood (Acesso em 27 de Setembro de 2024)	69
Fig. 2.2.5 - Lã mineral em microscópio. https://en.wikipedia.org/wiki/Mineral_wool (Acesso em 27 de Setembro de 2024)	69
Fig. 2.2.6 - Lã mineral comprimida por dedos. https://en.wikipedia.org/wiki/Mineral_wool (Acesso em 27 de Setembro de 2024)	69
Fig. 2.2.7 - Axonometria explodida de uma WikiHouse, mostrando os materiais interiores e exteriores. https://www.wikihouse.cc/design/what-is-wikihouse (Acesso em 12 de Agosto de 2024)	70
Fig. 2.2.8 - Ensoleiramento geral. https://es.wikipedia.org/wiki/Losa_de_cimentación (Acesso em 03 de Outubro de 2024)	71
Fig. 2.2.9 - Sapatas contínuas. https://en.wikipedia.org/wiki/Concrete_slab (Acesso em 03 de Outubro de 2024)	71
Fig. 2.2.10 - Estaca helicoidal. https://www.terrasmart.com/products/ground-mount/foundation/screw/ (Acesso em 03 de Outubro de 2024)	72
Fig. 2.2.11 - Estaca helicoidal sendo instalada. https://stopdigging.co.uk/groundscrows/ground-screw-installation/ (Acesso em 03 de Outubro de 2024)	72
Fig. 2.2.12 - Blocos ICF aguardando betonagem. https://en.permawiki.org/wiki/File:Insulated_concrete_form.jpg (Acesso em 03 de Outubro de 2024)	72
Fig. 2.2.13 - Esquismo de estrutura. Por Rodrigo Chiesse.	72
Fig. 2.2.14 - Esquissos analisando diferentes coberturas. Por Rodrigo Chiesse.	73
Fig. 2.2.15 - Treliças instaladas. https://www.acj-group.co.uk/standard-roof-truss/ (Acesso em 03 de Outubro de 2024)	73
Fig. 2.2.16 - Treliças movidas por empilhadeira. https://www.acj-group.co.uk/standard-roof-truss/ (Acesso em 03 de Outubro de 2024)	73
Fig. 2.2.17 - Esquissos analisando diferentes coberturas. Por Rodrigo Chiesse.	73
Fig. 2.2.18 - Open reWall. (Brandão, 2022).	75
Fig. 2.3.1 - Esquema comparando manufatura centralizada e descentralizada. https://www.wikihouse.cc/guides/manufacturing (Acesso em 12 de Agosto de 2024)	76
Fig. 2.3.3 - Esquema etapas do processo de fabrico de uma WikiHouse. https://www.wikihouse.cc/guides/manufacturing (Acesso em 12 de Agosto de 2024)	79
Fig. 2.3.4 - Esquema etapas do processo de design, fabrico e envio de uma WikiHouse. Por Rodrigo Chiesse.	79
Fig. 3.1.1 - Isometria explodida do projeto. Por Rodrigo Chiesse.	82
Fig. 3.1.2 - Esquema de isometria explodida. Por Rodrigo Chiesse.	83

Fig. 3.1.3 - Esquisso de opções de cobertura. Por Rodrigo Chiesse.	83
Fig. 3.1.4 - Esquisso de um WikiHouse. Por Rodrigo Chiesse.	83
Fig. 3.1.5 - Esquissos do processo criativo. Por Rodrigo Chiesse.	84
Fig. 3.1.6 - Esquema do material e equipa para construção. Por Rodrigo Chiesse.	85
Fig. 3.1.7 - Esquema da evolução do projeto. Por Rodrigo Chiesse.	86
Fig. 3.1.8 - Esquissos do processo criativo. Por Rodrigo Chiesse.	87
Fig. 3.1.10 - Isometria da E0. Por Rodrigo Chiesse.	91
Fig. 3.1.11 - planta da E0. Por Rodrigo Chiesse.	91
Fig. 3.1.12 - Isometria da E1. Por Rodrigo Chiesse.	92
Fig. 3.1.13 - Plantas da E1. Por Rodrigo Chiesse.	93
Fig. 3.1.14 - Isometria da E2. Por Rodrigo Chiesse.	94
Fig. 3.1.15 - Plantas da E2. Por Rodrigo Chiesse.	95
Fig. 3.1.16 - Isometrias. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	96
Fig. 3.1.17 - Isometrias em corte. Por Rodrigo Chiesse.	97
Fig. 3.1.18 - Alçados (Oeste e Sul). Por Rodrigo Chiesse.	98
Fig. 3.1.19 - Alçados (Este e Norte). Por Rodrigo Chiesse.. . . .	99
Fig. 3.1.20 - Cortes (Oeste-Este). Por Rodrigo Chiesse.	100
Fig. 3.1.21 - Cortes (Sul-Norte). Por Rodrigo Chiesse.	101
Fig. 3.1.22 - Cortes (Este-Oeste). Por Rodrigo Chiesse.	102
Fig. 3.1.23 - Cortes (Norte-Sul). Por Rodrigo Chiesse.. . . .	103
Fig. 3.1.24 - Plantas construtivas. Por Rodrigo Chiesse.	104
Fig. 3.1.25 - Pormenores construtivos. Por Rodrigo Chiesse.	105
Fig. 3.1.26 - Isometria explodida com materialidade. Por Rodrigo Chiesse.	106
Fig. 3.1.27 - Esquema de sumário da evolução do projeto. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	107
Fig. 3.1.28 - Indicação das vistas. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	109
Fig. 3.1.29 - Vista 1. Por Rodrigo Chiesse.	110
Fig. 3.1.30 - Vista 2. Por Rodrigo Chiesse.	110
Fig. 3.1.31 - Vista 3. Por Rodrigo Chiesse.	110
Fig. 3.1.32 - Vista 4. Por Rodrigo Chiesse.	111
Fig. 3.1.33 - Vista 5. Por Rodrigo Chiesse.	111
Fig. 3.1.34 - Vista 6. Por Rodrigo Chiesse.	111
Fig. 3.1.35 - Vista 7. Por Rodrigo Chiesse.	112
Fig. 3.1.36 - Vista 8. Por Rodrigo Chiesse.	112
Fig. 3.1.37 - Vista 9. Por Rodrigo Chiesse.	112
Fig. 3.1.38 - Vista 10. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	113
Fig. 3.1.39 - Vista 11. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	113
Fig. 3.1.40 - Vista 12. Por Rodrigo Chiesse.	113
Fig. 3.1.41 - Vista 13. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	114
Fig. 3.1.42 - Vista 14. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	114
Fig. 3.1.43 - Vista 15. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	114
Fig. 3.1.44 - Vista 16. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	115
Fig. 3.1.45 - Vista 17. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	115
Fig. 3.1.46 - Vista 18. Por Rodrigo Chiesse.	115
Fig. 3.1.47 - Vista 19. Por Rodrigo Chiesse.. . . .	116
Fig. 3.1.48 - Vista 20. Por Rodrigo Chiesse.	116
Fig. 3.2.1 - Esquema de funcionamento da produção das peças para o workshop. Por Rodrigo Chiesse.	118
Fig. 3.2.2 - Foto do robô KUKA realizando as fresagens. Foto de Rodrigo Chiesse.	119
Fig. 3.2.3 - Foto do robô KUKA realizando as fresagens e mesa de controlo. Foto de Rodrigo Chiesse.	119
Fig. 3.2.4 - Estrutura da estrutura do workshop em blocos detalhados no Rhino 3D. Por Rodrigo Chiesse	119
Fig. 3.2.5 - Foto do robô KUKA sendo testado. Foto de Rodrigo Chiesse.	120
Fig. 3.2.6 - Foto do material utilizado. Foto de Rodrigo Chiesse.	120
Fig. 3.2.7 - Foto dos resíduos. Foto de Rodrigo Chiesse.	120
Fig. 3.2.8 - Foto dos resíduos. Foto de Rodrigo Chiesse.	120
Fig. 3.2.9 - Foto da área de trabalho. Foto de Rodrigo Chiesse.	121
Fig. 3.2.10 - Foto das mesas de trabalho. Foto de Rodrigo Chiesse.	121
Fig. 3.2.11 - Documento de apoio para a montagem de um bloco. Por Rodrigo Chiesse.	121
Fig. 3.2.12 - Estudantes montando blocos. Foto de Rodrigo Chiesse.	122
Fig. 3.2.13 - Estudantes montando a estrutura do piso. Foto de Rodrigo Chiesse.	122
Fig. 3.2.14 - Novos blocos elaborados. Por Rodrigo Chiesse.	123
Fig. 3.2.15 - Etapas da montagem da estrutura. Fotos de Rodrigo Chiesse.	124

Lista de Siglas e Acrónimos

2D	2 Dimensões
3D	3 Dimensões
AUAR	Automated Architecture
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computer Numerical Control
DIY	Do It Yourself
EAAD	Escola de Arquitetura, Arte e Design
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPS	Expanded polystyrene
FabLab	Fabrication Laboratory
FEMA	Federal Emergency Management Agency
ICF	Insulating Concrete Form
KRL	KUKA Robot Language
LSF	Light Steel Frame
MDF	Medium Density Fiberboard
MIArq	Mestrado Integrado em Arquitetura
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MoMA	Museum of Modern Art
OSB	Oriented Strand Board
PhD	Philosophiae Doctor
SAAL	Serviço de Apoio Ambulatório Local
UC	Unidade Curricular
UM	Universidade do Minho
XPS	Extruded polystyrene

Introdução

Temas e Objetivos

A habitação é parte fundamental na vida de qualquer pessoa, e define diversos aspectos sócio-económicos. Ainda assim, é possível notar uma aparente carência de habitações, principalmente economicamente acessíveis, no mercado. O avanço das tecnologias, e da sociedade como um todo, trouxe muitos confortos para as habitações, mas não foi suficiente para garantir o acesso a todos.

O próprio Estado Português defende o direito à habitação como o seu garante (Lei n.º 83/2019, de 03 de Setembro). No entanto, é preciso ter em mente, além do panorama legal, a complexidade do assunto. A elaboração de uma só casa é realizada, direta ou indiretamente, por centenas de pessoas, em dezenas de processos distintos, em esferas públicas e privadas, e em diversas áreas de conhecimento.

Reconhecendo o papel que a tecnologia pode ter na melhoria da condição de vida, é pertinente utilizá-la em pleno efeito. O objetivo principal deste trabalho visa debruçar-se sobre novas técnicas de construção de modo a poder aplicá-las no atual contexto português.

Aplicá-las neste contexto, significa planear como construir casas economicamente acessíveis, futuramente expansíveis pela autoconstrução, pelos próprios habitantes, possibilitada por um processo de design computacional parametrizado e modular, e fabricado por máquinas controladas por computador.

Segundo consta, Portugal está a passar por uma crise habitacional (Guimarães, 2023; Gonçalves, 2023), no entanto, as razões para tal podem ser muitas. Constata-se que faltam moradias dignas a um preço acessível. De facto, um dos ofícios de um arquiteto é responder às necessidades de habitação. Portanto, urge a necessidade de dar propostas, projetos e pensamentos que resultem em solucionar problemas habitacionais, sejam eles no exterior, como no próprio território português.

When we use the word architect or designer, what we usually mean is a professional, someone who gets paid, and we tend to assume that it's those professionals who are going to be the ones to help us solve big, systemic design challenges that we face like climate change, urbanization and social inequality. That's our kind of working

presumption. And I think it's wrong, actually. (Parvin, 2013, TED)

O trabalho de Alejandro Aravena, realizado com o grupo *ELE-MENTAL*, serve de inspiração para a construção acessível, especificamente o trabalho realizado em torno da habitação social no Chile. A ideia é simples: utilizar o mínimo de recursos possível para fazer um bom lugar para viver, mas deixando espaço para o desenvolvimento futuro da habitação, com as necessidades construtivas mínimas garantidas. Essa filosofia, então, foi nomeada de “*Half a Good House*” (Metade de uma Boa Casa). Estes projetos só se tornaram viáveis e possíveis graças à participação dos habitantes (Aravena, 2014), segundo suas próprias palavras.

De facto, esta filosofia parece complementar-se com o projeto intitulado *WikiHouse*. Trata-se de um esforço colaborativo para habitações modulares, com a missão de ser aberto a todos, livre de encargos. Os blocos produzidos funcionam como uma espécie de “*LEGO*”^[1] para construção de habitações, mas utilizando placas de madeira cortadas por CNC^[2].

Assim, este trabalho também tem em conta esta mesma essência e anseio da arquitetura: proporcionar aos habitantes as qualidades individuais que garantem o sentimento de pertença em relação ao lugar onde vivem, a reciprocidade, figurativamente, como as casas lhes pertencem. Pretende ser um projeto flexível o suficiente para moldar-se ao gosto de quem o habita, dando as ferramentas necessárias para um processo inclusivo de design e construção, desde a conceção inicial, às posteriores alterações ou ampliações.

O homem evolui transformando-se gradualmente. O mesmo acontece com a sua casa. [...] Isto porque a casa acaba por ser uma extensão de si próprio. (Rodrigues, 2008, p.83)

A associação dos diversos contextos da problemática culminou neste trabalho de projeto que propõe uma resolução voltada para a (Auto)construção evolutiva por processo de design e fabrico digital. Logo, visa explorar as capacidades atuais dos sistemas construtivos de FabLabs, mais especificamente voltados para a customização em massa de casas, e procura seguir uma lógica de gramáticas da forma para tal efeito.

[1]-*LEGO*® é uma empresa dinamarquesa famosa pelos brinquedos feitos de blocos plásticos de encaixe.

[2]-CNC é o processo, ou a própria máquina, de corte automatizado e gerido por meios computadorizados.

Com a exploração das pesquisas desenvolvidas na área, busca-se encontrar informações que possibilitariam incorporar as lógicas participativas e incrementais dos projetos do grupo Elemental e da WikiHouse na tradução do processo de elaboração de gramáticas da forma para as soluções construtivas físicas.

Este trabalho não tem, no entanto, o propósito de criar um sistema robusto e específico para a geração e documentação de projetos arquitetônicos, mas sim de ensaiar algumas das possibilidades que tais sistemas garantiriam, sendo mais voltada para a exploração dos processos de fabricação digital, iteração de design usando os sistemas construtivos e filosofia de projeto.

Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido em três fases, com o fim de garantir uma abordagem estruturada, para assegurar que a pesquisa teórica e a experimentação prática se complementassem de modo eficaz, culminando na produção de um conjunto de imagens e variações projetuais, que simulam uma hipótese de projeto.

Assim, a primeira fase do trabalho resulta na pesquisa teórica que serviu como base conceitual para todo o desenvolvimento do projeto. Foram consultados livros, artigos científicos, projetos de referência e materiais disponíveis online, como bases de dados e repositórios digitais especializados. A consulta a diferentes fontes permitiu uma visão crítica e multidisciplinar, crucial para o desenvolvimento das fases subsequentes do trabalho.

A segunda fase envolveu a realização de experimentos e atividades práticas que permitiram o aprofundamento no sistema em estudo. Esta etapa foi essencial para a familiarização com as ferramentas e métodos que seriam aplicados na fase seguinte. O foco, aqui, foi dado à compreensão dos parâmetros técnicos e das limitações do sistema, com o objetivo de garantir que as soluções finais fossem viáveis e otimizadas para o contexto específico em causa.

A fase final do trabalho contribui para a elaboração de um conjunto de imagens e variações projetuais, resultado da aplicação prática dos conhecimentos adquiridos nas fases anteriores. Esta etapa envolveu a criação de representações visuais que ilustram a solução proposta, e a exploração de suas variações, levando em consideração diferentes cenários e aplicações possíveis. Ademais, foi preparada uma experiência prática colaborativa, com o intuito de, empiricamente, fundamentar as suposições iniciais da facilidade de montagem de uma estrutura baseada no sistema em causa.

Estrutura

O corpo deste trabalho está organizado em três capítulos:

1. Enquadramento - clarifica o panorama geral do tema em causa, diz respeito a ferramentas, pesquisas, projetos, construções e entidades nos diversos setores relacionados, com ênfase especial na obra do grupo ELEMENTAL e do projeto WikiHouse. Está subdividido em quatro capítulos: Linha do Tempo - Ordena os objetos de estudo do trabalho cronologicamente em uma reta, de forma breve e objetiva; Sistemas Personalizáveis - Diz respeito a todas as investigações e publicações analisadas referentes aos avanços tecnológicos e filosóficos acerca da digitalização e customização das habitações; ELEMENTAL - Analisa alguns dos trabalhos realizados pelo grupo, assim como a teoria em que se baseia; WikiHouse - Analisa vários aspectos do trabalho em questão, subdividido ainda em três partes: A iniciativa - explica o que é e qual é a missão; Sistemas - diz respeito às diversas versões de blocos construtivos; e De Stripmaker, discorre sobre um projeto concluído pela variante holandesa da iniciativa.

2. Viabilização - Expõe os trabalhos realizados para familiarização com o sistema e ferramentas, e para progredir com o conhecimento e entendimento do tema. Está subdividido em três subcapítulos: Configurador - expõe, explica e mostra como são utilizados os algoritmos desenvolvidos para pré-visualização e elaboração automática da estrutura WikiHouse por meio da aplicação Rhinoceros 3D e plugin Grasshopper, da McNeel; Estrutura e Materialidade - mostra o funcionamento estrutural do modelo construtivo, assim como os materiais necessários e possíveis para a realização de um projeto; Produção e Transporte - expõe os métodos e modelos para produzir e transportar os módulos construtivos de maneira eficaz.

3. Projeto - Demonstra como a pesquisa pode ser utilizada de forma consolidada. Está dividido em dois momentos: Um Projeto - Expõe uma possibilidade projetual; Uma Experiência Prática - Relata os acontecimentos e aprendizagem do workshop.

1.Enquadramento

1.1. Linha do Tempo

1.2. Sistemas Personalizáveis

1.3. ELEMENTAL

1.4. WikiHouse

1.4.1. A iniciativa

1.4.2. Sistemas

1.4.3. De Stripmaker

1.1. Linha do Tempo

A linha temporal é crucial para facilitar a compreensão do tema porque mapeia a evolução das ideias, ferramentas e projetos que fundamentam o conceito de autoconstrução evolutiva. Assim, destaca momentos-chave no desenvolvimento de tecnologias digitais de design e fabricação, a sua relação com os pensamentos académicos, e mostra como esses avanços influenciaram projetos arquitetónicos e processos construtivos. Além disso, a cronologia revela como a participação dos usuários no design das suas próprias habitações se tornou mais viável e acessível ao longo do tempo, culminando em iniciativas contemporâneas de cocriação e personalização em massa.

Linha do Tempo



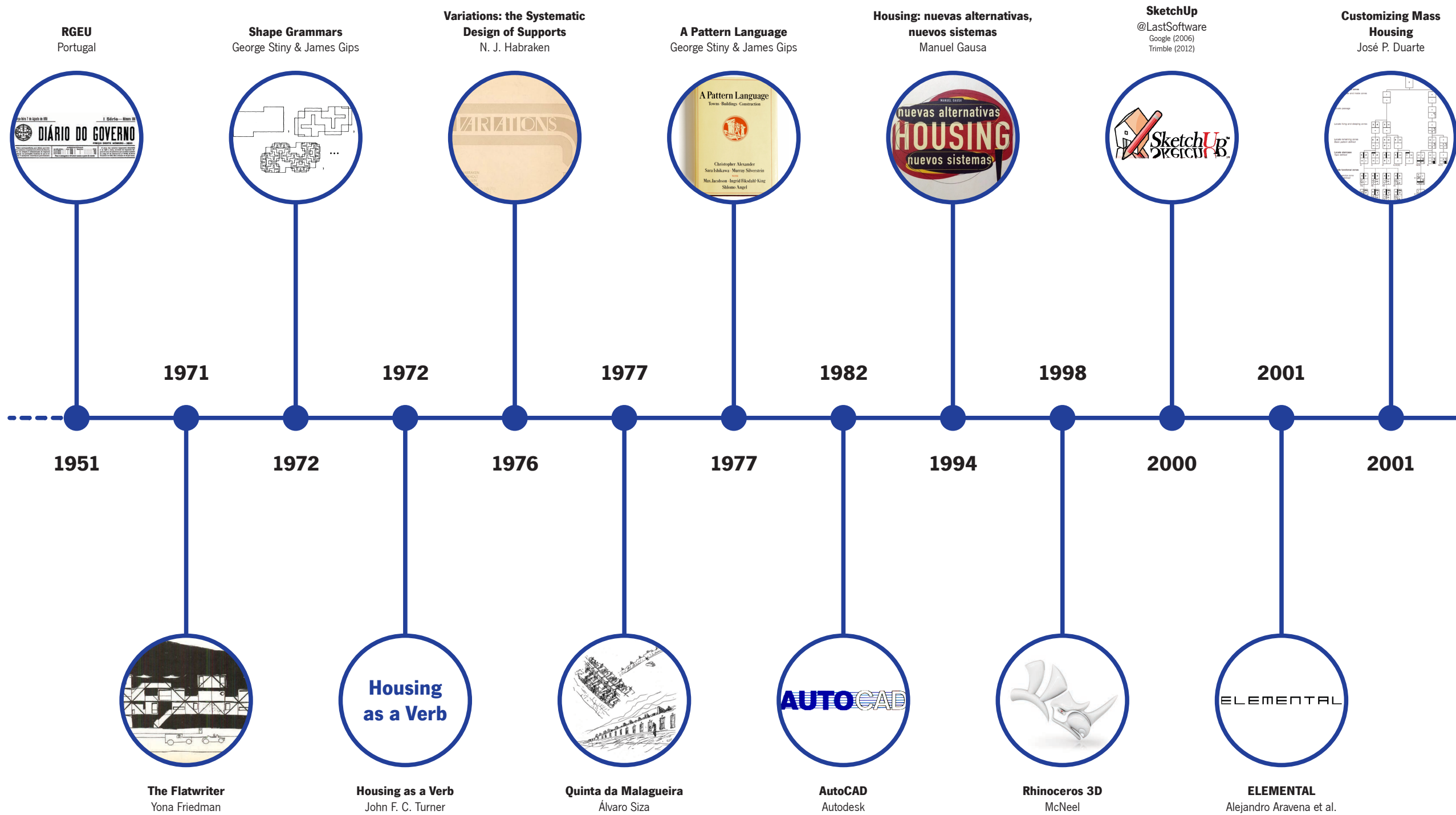
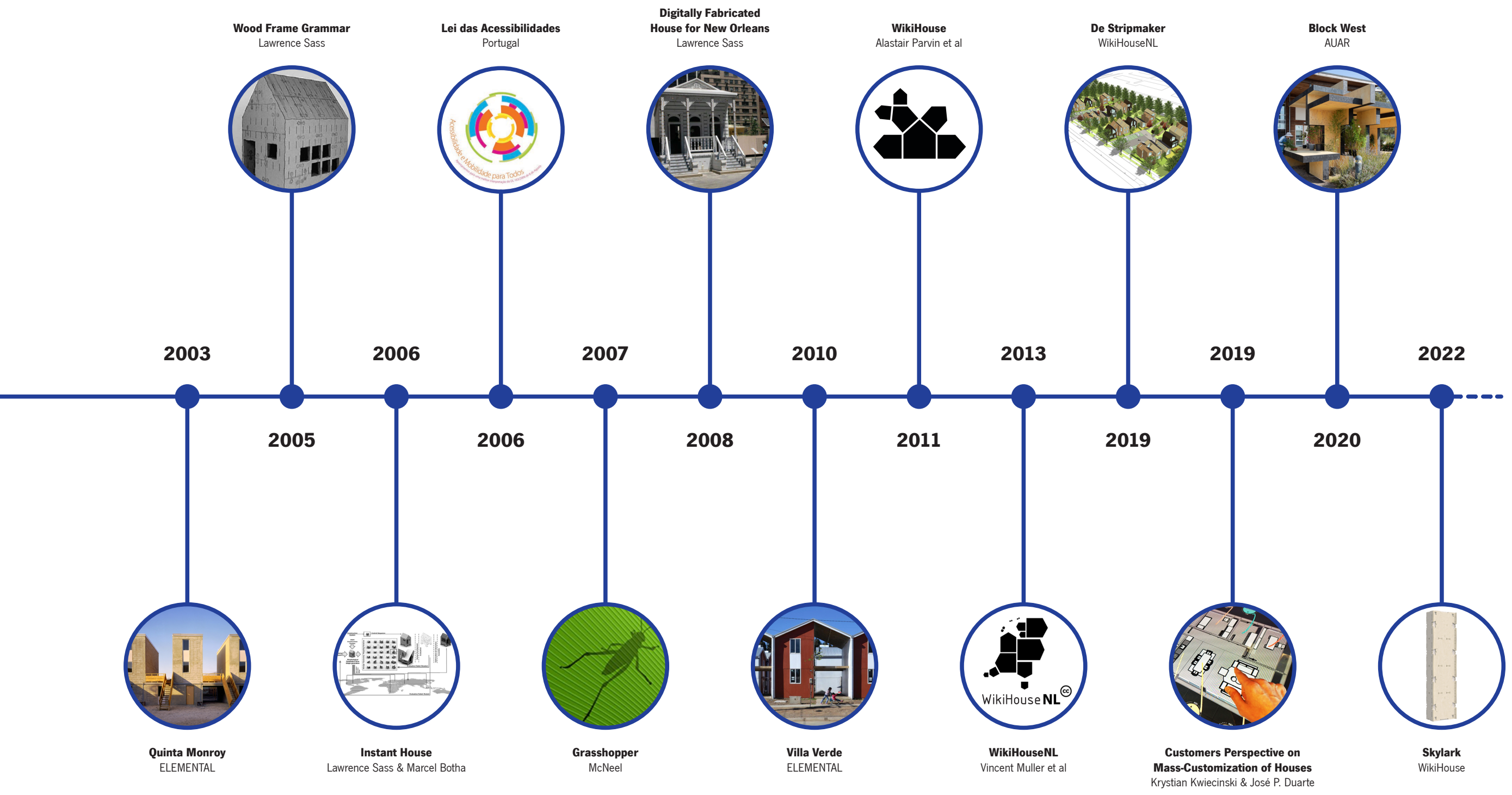


Figura 1.1.1 - Linha do Tempo



Linha do Tempo



1.2. Sistemas Personalizáveis

Nas últimas décadas, softwares de CAD, CAM e de modelação 3D transformaram nosso fluxo de trabalho e, consequentemente, no modo como pensamos os espaços de viver. Programas como o *AutoCAD* ^[1] tornaram os desenhos técnicos extremamente precisos para utilização em arquitetura e engenharia, acelerando o processo de design e ao mesmo tempo tornando-o mais confiável. O *Rhino 3D* ^[2] permite a modelação detalhada de superfícies 3D, tornando possível a criação de designs mais robustos e minuciosos, particularmente nos campos onde as geometrias complexas são essenciais. Aliado ao *Grasshopper* ^[3], plugin de design paramétrico, permitiu aos designers iterarem rapidamente e eficientemente sobre estruturas complexas através da geração de formas com base em algoritmos. Da mesma forma, o *SketchUp* ^[4], por ter uma interface simples e de fácil utilização, democratizou a modelação 3D, permitindo que amadores, assim como os profissionais, participem do processo de design.

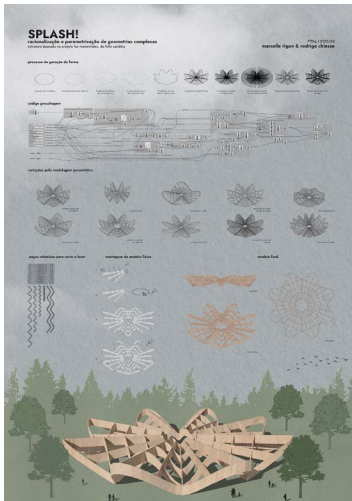


Fig. 1.2.1 - Painel de trabalho realizado em Rhino 3D e Grasshopper. Por Rodrigo Chiesse e Marcelle Rigon.



Fig. 1.2.2 - Maquete de trabalho realizado em Rhino 3D e Grasshopper. Por Rodrigo Chiesse e Marcelle Rigon.

Estas ferramentas, aliadas aos avanços tecnológicos em maquinário e robótica, revolucionaram o processo de fabricação ao tornarem a impressão 3D e a maquinagem CNC acessíveis, tornando a prototipagem mais rápida, fácil e eficiente. Também melhoraram a colaboração, permitindo que equipas globais partilhem e aperfeiçoem projetos digitalmente. Estes desenvolvimentos só foram possíveis graças às pesquisas e interesses de pessoas altamente comprometidas com a missão do avanço tecnológico.

Because the architect of the past served a single client, he was able to become thoroughly acquainted with the client's individual tastes and way of life - he could make decisions for him. The majority of architects designing housing today do not work for millionaires, but for millions of individuals who will work or live in the architects' projects. The architect cannot study the behaviour of each user; instead, he constructs an ideal user - usually a mirror image of himself - and plans for this ideal. Since he designs to a common standard of perfection, none of the individually imperfect users is satisfied. The architect cannot possibly ascertain their preferences and, therefore, should not

[1]-*AutoCAD* é uma aplicação CAD 2D e 3D produzida pela Autodesk.

[2]-*Rhino 3D* (*Rhinoceros 3D*) é uma aplicação de modelação 3D desenvolvida pela McNeel.

[3]-*Grasshopper* é um plugin de parametrização para *Rhino 3D*, também desenvolvido pela McNeel.

[4]-*SketchUp* é uma aplicação de modelação 3D, atualmente desenvolvida pela Trimble.

presume to choose for them. He should, instead, devise methods of promoting choice among users themselves.
(Friedman, 1971, p.98-99)

Num texto de 1971, intitulado “*The Flatwriter: choice by computer*”, Yona Friedman descreve como deveria ser a arquitetura (e os arquitetos) do futuro. A cidade deveria ser flexível, livre das manias e vontades dos arquitetos, estes deveriam promover métodos para empoderar os habitantes, onde, mesmo sem formações especializadas, através de um sistema elegante e eficiente, pudessem carregar em alguns botões e terem sua habitação customizada prontamente disponível.

Sua “máquina”, a *Flatwriter*, é regida por um conjunto de regras formais que contém um repertório teórico de milhões de plantas de apartamentos, e, além de realizar automaticamente o projeto customizado, também consegue alertar o utilizador de possíveis consequências das suas escolhas e sobre o orçamento do projeto. Na época, pura ficção científica; atualmente, realidade (ou quase). As palavras de Friedman ressoam ainda hoje, por outros autores, carregadas de novas mensagens:

When we use the word ‘architect’ or ‘designer’, what we usually mean is a professional, someone who gets paid, and we tend to assume that it’s those professionals who are going to be the ones to help us solve really big, systemic design challenges that we face, like climate change, urbanization and social inequality. That’s our kind of working presumption. And I think it’s wrong. [...] We need to question this idea that architecture is about making buildings. Actually, a building is about the most expensive solution you can think of to almost any given problem. And fundamentally, design should be much, much more interested in solving problems and creating new conditions. [...] What if it’s possible now for cities to be made not by the few with a lot, but also by the many with a bit? [...] From a strictly economic point of view, design [is mostly] done by amateurs. And that is a good thing. (Parvin, 2013, TED)

Parvin, co-fundador da WikiHouse, compartilha da ideia de Friedman de que a arquitetura deve ser da comunidade, para a comunidade, e o trabalho do arquiteto não é impor as suas preferên-

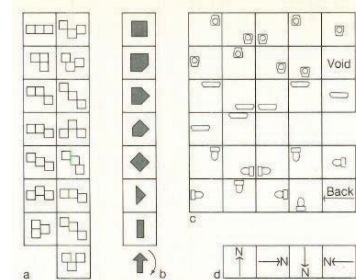


Fig. 1.2.3 - Opções projetuais da FlatWriter.

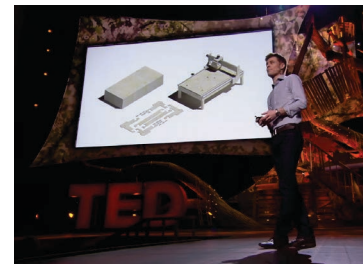


Fig. 1.2.4 - TEDTalk de Alastair Parvin.

cias sobre os habitantes, mas sim muní-los com ferramentas e soluções inovadoras para que possam tomar controle do seu habitar. Não só pelo gosto pela customização, mas também por uma questão económica, pessoas diferentes, em locais e momentos da vida diferentes, têm, não surpreendentemente, condições financeiras diferentes, entretanto, tem todas a mesma necessidade de habitação.

Palavras semelhantes podem ser encontradas por Lawrence Sass, professor do MIT dedicado a estudar soluções melhores, mais rápidas e mais baratas às necessidades habitacionais atuais:

Most technology is designed for the top 10 percent of the Western world, I want to develop methods for the other 90 percent to participate in the design process so that buildings will reflect their interests. [...] To me, this story is about empowering people to build their own neighborhoods. I want people to design and participate in the production of their own homes, so they can have what they want. (Sass, 2011. Citado em: Karaginis, 2011)

As gramáticas da forma, termo desenvolvido por George Stiny e James Gips em 1971, é um método para estudar linguagens formais (espaciais), em outras palavras, um método para analisar as relações entre formas de modo a externalizar as regras que regem as suas transformações, permitindo a geração de variantes da mesma família. Embora originalmente apresentada para as artes de pintura e escultura, tornou-se muito popular em arquitetura, sendo base essencial no trabalho de Duarte e no de Sass, facilitando a exploração de múltiplas possibilidades formais no design arquitetónico, especialmente no contexto de processos computacionais e design paramétrico.

A Quinta da Malagueira, de 1977, surgiu no contexto do programa SAAL, num momento em que Portugal deixava a ditadura do Estado Novo e acolhia de volta os portugueses emigrados das colónias, ou seja, uma problemática habitacional muito particular. Siza foi escolhido por Nuno Portas, então Secretário de Estado da Habitação, para realizar o projeto devido à sua experiência no complexo habitacional do SAAL no Porto. Foi então proposta a construção de 1200 habitações em 27 hectares de terra em Évora, resultado de um fundo coletivo de cooperativas, associações, Estado e iniciativa privada.

Depois da análise do local, o arquiteto decidiu fazer o de-

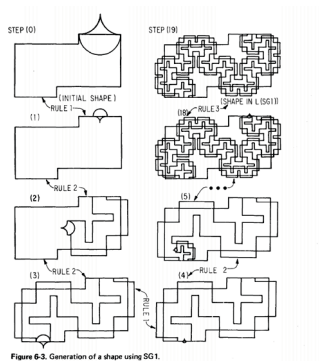


Figure 6.3. Generation of a shape using SG1.
Fig. 1.2.4 - Geração de uma forma usando SG1.



Fig. 1.2.5 - Quinta da Malagueira.

Fig. 1.2.6 - Análise da Quinta da Malagueira por José P. Duarte.



Figure 2. Plans, sections, and elevations of four variations of a backyard house and a backyard house.

sign de apenas um tipo de casa, mas que fosse evolutiva, flexível e agrupável. No início não teve o apoio unânime da população. A solução foi criar um esquema para elaboração das edificações que contasse com a participação dos habitantes, a partir da junção de modelos pré-definidos, enquadrados no conceito de espaço habitacional mínimo. Com isso, o bairro tornou-se icônico, e passou por diversos períodos de crescimento seguindo a mesma lógica formal (Rodrigues, 2018).

Os livros *“Variations: The Systematic Design of Supports”* (Habraken, 1976), *“A Pattern Language”* (Alexander, 1977), e *“Housing: nuevas alternativas, nuevos sistemas”* (Gausa, 1994) descrevem e discorrem sobre o tema da utilização de *‘frameworks’* arquitetônicos de forma a empoderar usuários e comunidades para criarem seus próprios ambientes. Tem em comum a exploração de temas como a participação da comunidade, a flexibilidade de design e, principalmente, na maneira em que pensam a arquitetura não como edifícios prontos, mas como elementos individuais que podem ser usados seguindo lógicas formais para criar soluções de habitação coerentes.

Em 2005 foi publicado um artigo de José P. Duarte intitulado *“Towards the mass customization of housing: the grammar of Siza’s houses at Malagueira”*. Como o nome indica, trata-se de um estudo - como seguimento da sua tese de doutoramento em 2001 - com objetivo de desenvolver um sistema computadorizado para a customização em massa de habitações, neste caso, a partir do estudo da Quinta da Malagueira, projetada pelo arquiteto Álvaro Siza.

O autor esmiúça o projeto de Siza, retirando todos os seus componentes e analisando-os. Com os formatos e funções de todas as partes, define a gramática da forma do projeto, e extrapola-o para criar variações inéditas. Propõe que este fluxo de trabalho e criação de projetos com sistemas computacionais que incorporem gramáticas da forma permitiriam maior participação dos usuários finais no processo de design, acarretando em maior satisfação.

Em 2002, Yufei Wang e José P. Duarte publicam *“Automatic generation and fabrication of designs”*, onde estabelecem um *‘framework’* para a geração e fabricação de designs de volumetria arquitetural. Embora já antigo e defasado, no espaço temporal da internet, fornece percepções valiosas na elaboração de um conjunto de regras restritivas para a concepção de *‘frameworks’* de design

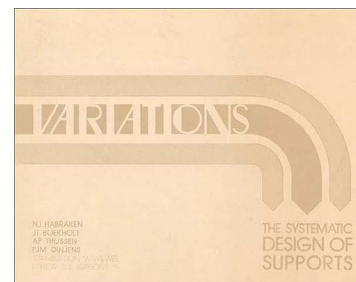


Fig. 1.2.7 - Capa do livro Variations.

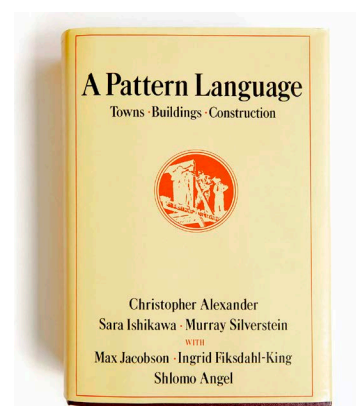


Fig. 1.2.8 - Capa do livro 'A Pattern Language'.

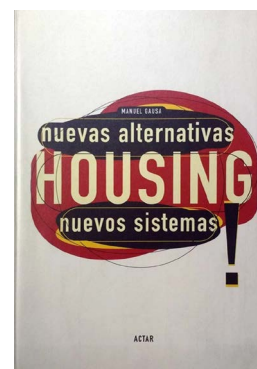
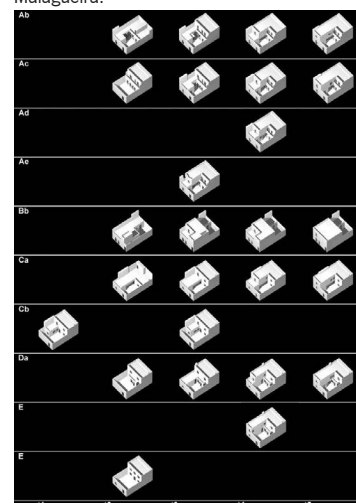


Fig. 1.2.9 - Capa do livro 'Housing'.

Fig. 1.2.10 - Parte da gramática da Quinta da Malagueira.



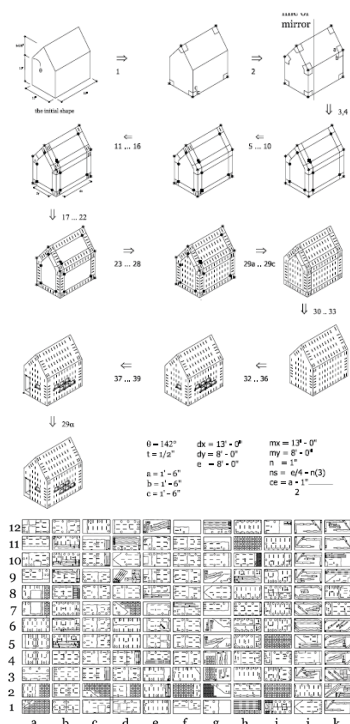


Fig. 1.2.11 - Processo de geração das peças de uma habitação em Wood Frame Grammar.

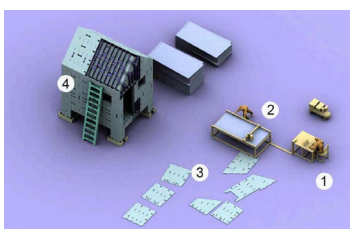


Fig. 1.2.12 - Ilustração do processo de fabricação e montagem de uma instant house.

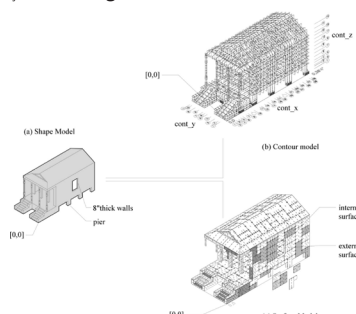


Fig. 1.2.13 - Modelos de uma instant house em três representações distintas.

Fig. 1.2.14 - Foto da instant house em exposição.



virtual independentes de softwares proprietários e para estimular a pesquisa em *FabLab* e prototipagem rápida.

Em 2005, Lawrence Sass publica um artigo intitulado “*Wood Frame Grammar: CAD Scripting a Wood Frame House*”. Nele, apresenta um método para elaboração de designs de casas de madeira, feitos completamente de painéis de madeira cortados por CNC, com encaixes de fricção. A sua metodologia tem como base a utilização das gramáticas da forma para analisar os volumes e dividi-los em painéis de encaixe para montagem manual. Tem como objetivo automatizar o processo de fabricação e permitir aos designers maior dinamicidade de iterações. Em 2006, continua a sua pesquisa com “*A wood frame grammar. A generative system for digital fabrication*”, justificando a necessidade da elaboração de ferramentas automatizadas para auxiliar o trabalho de design:

Manual translation of early stage design models to models of construction for digital fabrication require many hours of repetitive modelling. [...] [And] after the construction model is complete redesign and remodeling with new design criteria can be difficult and at times near impossible. This problem limits the number of design studies and design variations for a project. (Sass, 2006, p.55-56)

A forma como Sass realiza a geração das peças construtivas para elaboração física dos designs funciona de modo reverso ao fluxo de trabalho da concepção de uma *WikiHouse*. Começa com o volume do edificado pronto para depois, a partir dele, gerar as partes menores, únicas a cada projeto, mas dentro do mesmo conjunto de regras. Com Marcel Botha, publica um artigo detalhando o desenvolvimento do processo, focando em produzir edifícios customizáveis para comunidades rurais (Sass & Botha, 2006). Muito relacionado a isso é o discurso de Parvin (2013) em “*Open Fields*”. Vemos então uma vontade muito particular de permitir, principalmente em meios rurais, a democratização das ferramentas automatizadas para produção de designs variados com lógica estrutural coerente.

Como demonstrado por *ELEMENTAL* no projeto de Villa Verde, após o terremoto de 2010 no Chile, uma resposta rápida e engajada com a comunidade é essencial para solucionar os desafios causados pelos desastres naturais. Em 2008, comissionado pelo ‘*Museum of Modern Art*’ (MoMA), Sass realizou a “*Digitally Fabri-*

cated House for New Orleans”, parte de uma exibição chamada “Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling” (Bergdoll et al., 2008). Esta estrutura foi pensada como uma possível resposta para a condição das famílias deslocadas pelo furacão Katrina que após um ano ainda se encontravam em abrigo temporário em trailers da FEMA. Baseado nas casas *shotgun*, estilo icônico de arquitetura feita por afro-americanos em Nova Orleans, dava ênfase específico ao local do problema a solucionar (Sass, 2014).

Os princípios de participação para a elaboração da ferramenta de customização deste trabalho também se baseiam nas informações encontradas por Krystian Kwiecinski e José P. Duarte no artigo “Customers Perspective on Mass-customization of Houses”. Por meio de testes seguidos de inquéritos de satisfação, com utilizadores sem qualificações no assunto (não arquitetos), nos EUA e na Polónia, concluíram que as pessoas acreditam que ferramentas de customização em arquitetura facilitariam a busca por soluções de design de habitação, tratando-se de uma mais valia no processo de adquirir uma habitação (embora desconsiderem a importância do papel do arquiteto), e que há demanda para este tipo de ferramenta voltada para os consumidores finais em arquitetura habitacional. A maioria dos participantes declarou que prefeririam utilizar um configurador para o design da habitação, em contrapartida às outras possibilidades, incluindo contratar um arquiteto, e que o recurso mais importante seria o de customizar a disposição dos cômodos (*layout*).

Assume-se, pelas observações de Kwiecinski e Duarte, além dos projetos de *ELEMENTAL*, que as pessoas que efetivamente participam nas decisões de design e construção da própria habitação tem mais apreço e satisfação pelo espaço, e por terem ajudado outras pessoas ao redor com a mesma situação, criam uma comunidade. Se, aliado a isso, for pensado o contexto urbanístico de forma harmoniosa, existe a possibilidade de criar um método mais sustentável e justo de habitação.

É possível também atestar que os programas governamentais e participação populacional na concessão dos projetos faz com que o resultado seja mais agradável para todas as partes envolvidas, embora o processo para lá chegar seja árduo e complicado (Aravena, 2014; Greenspan & Mars, 2016; Norman Foster Foundation, 2021). Poderia ser benéfico trazer algumas propostas de

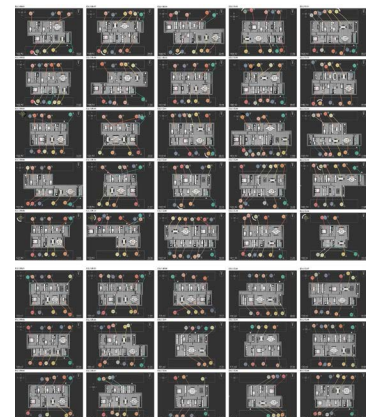


Fig. 1.2.15 - Conjunto dos designs obtidos por Kwiecinski e Duarte.

Fig. 1.2.16 - Visualização da estrutura do Block West em computador.

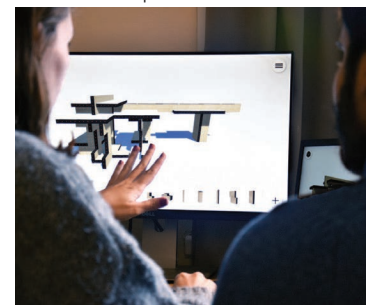
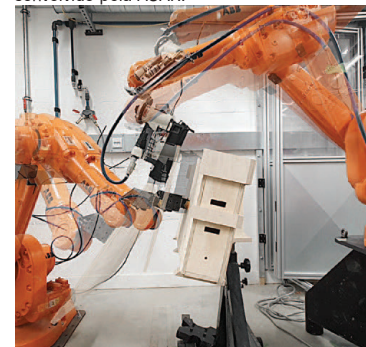


Fig. 1.2.17 - Robôs montando um bloco desenvolvido pela AUAR.



subsídio de construção para Portugal, assim como criar métodos próprios para baixar o valor das novas construções, fomentando o crescimento da oferta habitacional e criando condições favoráveis para todos os residentes, independentemente de classe social.

Alguns dos mesmos princípios de abordagem da arquitetura “customizável” podem ser encontrados no projeto ‘AUAR’ (*Automated Architecture*). Abordam a descentralização do processo produtivo das habitações e a utilização de dinâmicas automatizadas. Desenvolveram o sistema “*Block Type A*” para permitir a construção de edifícios variados a partir de apenas um bloco construtivo, montado de maneiras e em posições diferentes. Nos artigos publicados pelo grupo (Claypool et al, 2020; Claypool et al, 2021; McAndrew et al, 2021) é possível acompanhar parte do processo dos trabalhos desenvolvidos. O sistema promove a participação de todo o tipo de pessoas, treinadas ou não, em conjunto com a tecnologia - robótica, aplicações, VR/AR - na construção. Ter um bloco singular significa planejar para permitir que sejam usados de maneira flexível para pisos, paredes e coberturas, de forma desmontável e reconfigurável. Projetos como o “*Block West*” e “*House Block*” demonstram como essa abordagem pode interagir com a comunidade, não só na construção de habitações, mas também no aspecto social e económico.

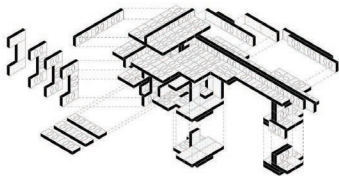


Fig. 1.2.18 - Esquema de montagem do Block West.

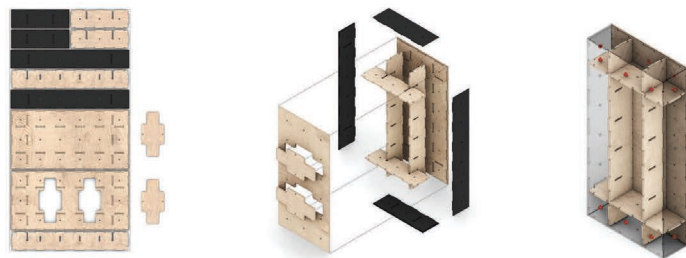


Fig. 1.2.19 - Esquema de montagem de um Block Type A.

Fig. 1.2.20 - Foto do Block West.





Fig. 1.3.1 - Plano urbanístico de Villa Verde.

1.3. ELEMENTAL



Fig. 1.3.2 - Foto de Alejandro Aravena.

ELEMENTAL, um coletivo de arquitetos liderado por Alejandro Aravena, surgiu da improvável parceria do arquiteto com uma universidade (*Pontificia Universidad Católica de Chile*) e uma empresa de energia (Copec), para tentar solucionar problemas habitacionais no Chile. Segundo Aravena, a ideia surgiu do seu contato com um colega engenheiro, que lhe proporcionou uma outra visão em relação a como provar que seu design funcionava – construindo pelo menos 100 unidades de habitação nas mesmas condições dos concorrentes (Norman Foster Foundation, 2014). Assim, os arquitetos providenciariam os planos para construção, e a empresa de energia entraria com o capital inicial necessário para construção.

A missão do escritório é clara, criar as condições necessárias para que as pessoas possam viver bem nas cidades, partindo do princípio alertado por Aravena de que ao redor do mundo é preciso criar o equivalente a uma cidade para um milhão de pessoas a cada semana com cerca de dez mil dólares por família durante 15 anos. Para isso, recorreram ao conceito de arquitetura incremental, originalmente desenvolvido por F. C. Turner, em um artigo intitulado “*Housing as a Verb*” (Turner & Fichter, 1972), assim como no programa de mestrado do MIT por ele lecionado, ‘*Urban Settlement Design in Developing Countries*’.

O projeto de Villa Verde tornou-se icônico, e é usado por Aravena diversas vezes para explicar a razão de ter deixado um vão, ou em outras palavras, ter construído apenas meia casa. Se o mínimo de espaço que uma família precisa para conseguir viver confortavelmente é 80 m², mas só há dinheiro para 40 m², o mais lógico não é fazer uma casa menor, e sim metade de uma boa casa. (Aravena, 2014)

Fig. 1.3.3 - Casas em Villa Verde.



ELEMENTAL tem o foco não apenas na construção das casas, mas também em todo o contexto urbanístico acerca do projeto. Em alguns casos, fazem intervenções maiores do que os próprios bairros, como foi o caso da floresta proposta para a cidade de Constitución, Chile. Há necessidade de trabalhar com o contexto histórico, cultural e geográfico das intervenções arquitetônicas, pois essas construções, embora feitas com a proposta de baixo custo, têm de se adequar aos habitantes. De nada adiantaria fazer uma série de casas baratas onde ninguém quer morar, iria contra o propósito da intervenção.

Embora seja o mais icônico, Villa Verde foi apenas um dos vários projetos de habitação social por *ELEMENTAL*. A *Quinta Monroy* é outro bom exemplo, principalmente por ter sido o primeiro a fazer uso do conceito de “meia boa casa”, com uma ênfase maior na exploração vertical do espaço em comparação com o projeto anterior. O objetivo dessa intervenção foi construir habitação para pouco menos de cem famílias que viviam em situação de pobreza, no mesmo local onde as famílias já se encontravam. O projeto lembra o realizado pelo arquiteto Álvaro Siza, sob o programa SAAL, para o Bairro da Bouça, no Porto, tanto pela lógica vertical quanto pela própria aparência, no entanto, difere no sentido em que *ELEMENTAL* incorpora o princípio de arquitetura incremental.

A oportunidade de possuir um imóvel é um fator marcante e economicamente relevante para qualquer família. Traz estabilidade, conforto e segurança, além de ser uma forma de gerar riqueza. Significa também uma perspectiva de mudança de vida para essas famílias, pois se trata de um bem que tende a valorizar, e o esforço monetário para expansão pode ser diluído através do tempo. A forma como o programa chileno funcionava implicava na participação de apenas 300 dólares da família beneficiada, com subsídio de 7200 dólares do Governo, totalizando 7500 dólares. Aravena conta que, quando o local de um dos primeiros projetos foi visitado cerca de 15 anos depois de concluído, o que se notou foi uma valorização de aproximadamente 10 vezes face ao custo de construção, mas ao considerar o valor pago pela família (300 dólares) em relação ao oferecido (70 mil dólares), trata-se de uma valorização de mais de 200 vezes (Norman Foster Foundation, 2014).



Fig. 1.3.4 - Casas em Quinta Monroy.

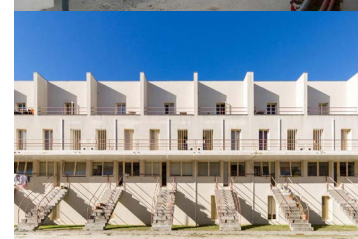


Fig. 1.3.5 e 1.3.6 - Bairro da Bouça.

Fig. 1.3.7 - Quinta Monroy recém construída.

Fig. 1.3.8 - Quinta Monroy após anos habitada.



Porque uma das missões de *ELEMENTAL* é a democratização da habitação social, alguns de seus projetos foram divulgados gratuitamente, tornando-os conhecimento público. Com isso, é possível iterar sobre projetos já testados na prática, seja para melhorar pormenores, avançar com inovações tecnológicas ou alterar a identidade gráfica. O empenho e dedicação do grupo no avanço das habitações sociais é marcante no universo da arquitetura. Os projetos têm capacidade de serem (re)construídos atualmente, mesmo aqueles projetados há mais de uma década, com relatos de sua qualidade e impacto positivos nas comunidades em que foram inseridas.

Com base no que foi analisado, e extrapolando para as comparações daquilo que já foi feito em Portugal, pode-se supor que seria possível trazer grande parte do conceito e trabalho para o contexto da habitação portuguesa, embora com consciência de que os regulamentos, requerimentos e clima são completamente diferentes do Chile.



Fig. 1.3.9 e 1.3.10 - Villa Verde.



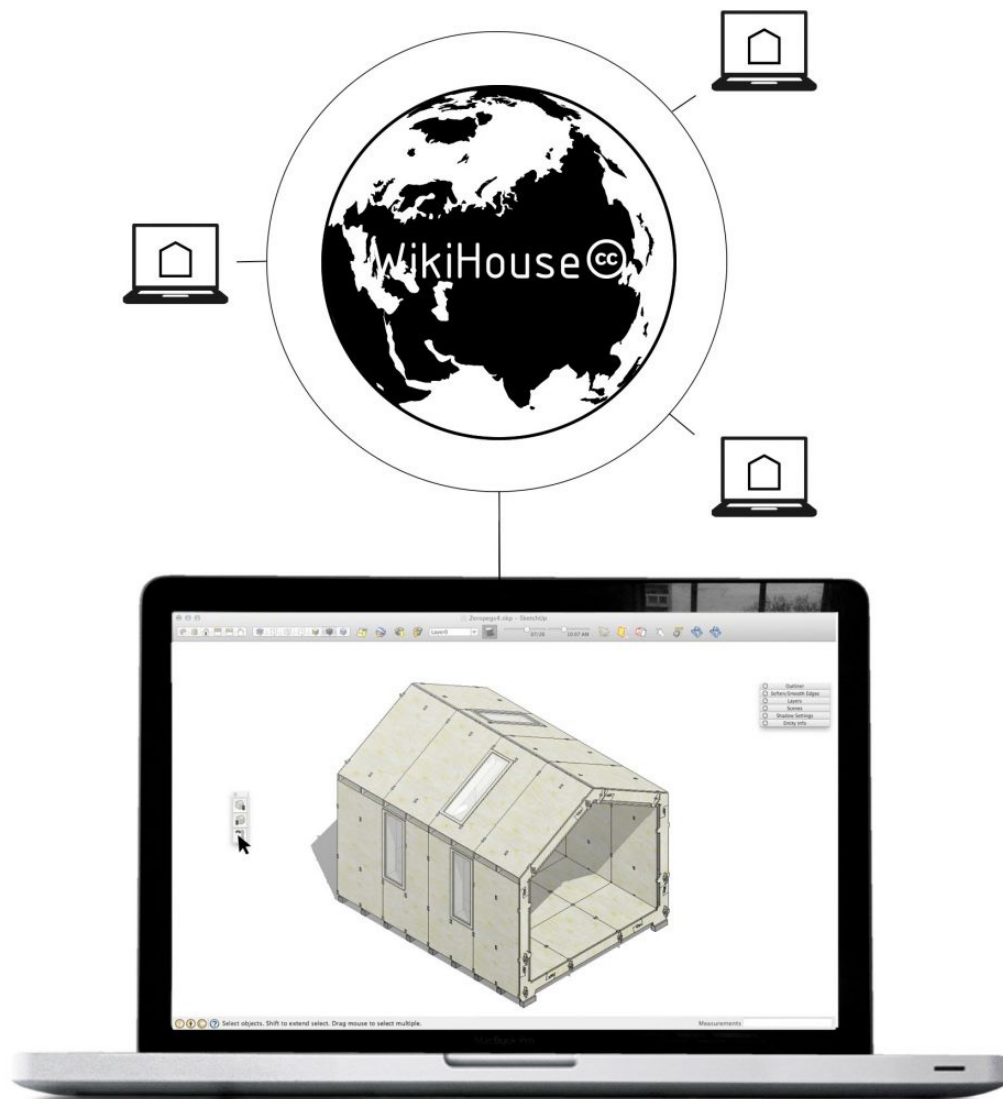


Fig. 1.4.1 - Esquema WikiHouse.

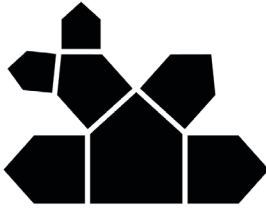


Fig. 1.4.2 - Logo WikiHouse.

1.4. WikiHouse

1.4.1. A iniciativa

Dado o contexto do trabalho, e do que foi dito previamente, cabe ainda fazer uma introdução formal do sistema construtivo que servirá de base para a elaboração do projeto arquitetônico aqui contido. Pelo sentimento de proximidade com o Domínio Público e ‘*open sourcedness*’, o melhor é deixar as próprias palavras encontradas na plataforma do Projeto *WikiHouse* descreverem o que é o sistema:

WikiHouse is a modular, zero-carbon building system that aims to make it simple for anyone to design, manufacture and assemble beautiful, high-performance homes and buildings, even if they do not have traditional construction skills. Think Lego, but for real buildings.

It is no secret that if we are to meet the social, economic and environmental challenges of the 21st century, we need to transform the way we build. The legacy methods that are still widely used today, such as brick and concrete, are notoriously slow, wasteful, labour-intensive and carbon-intensive.

Digital manufacturing, combined with the increasing use of bio-based materials such as timber are increasingly bringing about that change.

WikiHouse is part of that transformation, but it is also different, in three key ways.

Easy to build

WikiHouse blocks can be fitted together quickly and precisely, allowing the main structure to be assembled on-site in hours, by almost anyone. This makes it popular with self-builders and small businesses who want to adopt faster, better, more sustainable ways of building.

Distributed manufacturing

Unlike many other manufactured building systems, WikiHouse does not require a multi-million pound factory setup. WikiHouse blocks can be digitally-fabricated using relatively low-cost CNC machines. This

means it can be manufactured by a distributed network of small, local businesses, anywhere.

Open source

WikiHouse is completely open source. That means anyone can take the files and freely use them, or improve them. WikiHouse is supported by a global community of designers and engineers, continuously testing and improving the system. By everyone, for everyone. [...]

The WikiHouse project was first started in 2011 by a team at Architecture 00, led by Alastair Parvin and Nick Ierodiaconou, working in collaboration with Momentum Engineering and Espians. [...]

What began as an experiment has slowly evolved from an idea to a reality. In 2014, with the first houses and buildings now built, the founders decided it was time to create a non-profit organisation, WikiHouse Foundation (now Open Systems Lab) to accelerate development, and to act as custodian of the public goods at the core of the project.

Disponível em <https://www.wikihouse.cc/media>
(Consultado a 17 de Setembro de 2024)



Fig. 1.4.3 - Interior de uma estrutura WikiHouse, em corte.

1.4.2. Sistemas

Para este trabalho é necessário conhecer bem o sistema construtivo, inclusive as suas diversas versões. O se estudo permite inferir as decisões projetuais do design das peças, para garantir que erros passados não ressurgam, e também para compreender a filosofia do projeto e estrutura das conexões.

O sistema construtivo mais recente utilizado pela *WikiHouse* é designado de *Skylark*. No entanto, existem outros anteriores e concomitantes a ele.^[1] Os principais são:

Wren

O sistema *Wren* foi o original, de 2011, e recebeu suporte até 2016 (com a versão 4.3). Embora tenha sido obsoletada, ainda é possível encontrar o projeto na plataforma *GitHub*.^[2] A sua linguagem e regras foram elaboradas no Reino Unido para o contexto europeu. A linguagem estrutural foi desenvolvida no *Grasshopper*, plugin paramétrico para a aplicação *Rhinoceros 3D*. A construção consiste de um esqueleto de elementos finos e estreitos de recortes de painéis de madeira, depois travados com painéis inteiros, por cima de um deck de barrotes de madeira sobre fundação de sapatas de concreto. Embora construtivamente bastante diferente do método atual, ainda é possível notar que os princípios generativos e fundamentais do projeto permaneceram os mesmos, focados na facilidade de acesso e montagem por um público amplo e diverso.

Blackbird

O sistema *Blackbird* foi uma espécie de intermediário entre o *Wren* e o atual *Skylark*. Não houve muitos projetos construídos com esse sistema, e também não há muita informação disponível acerca dele, no entanto, um dos exemplos acessíveis é o “*Cotteridge Park Community Café*”^{[3][4]}, onde é possível notar uma distanciação do método anterior, em favor de uma nova abordagem em blocos.



Fig. 1.4.4 - Estrutura utilizando o sistema WikiHouse Wren.



Fig. 1.4.5 - Cotteridge Community Café.

[1]-<https://community.wikihouse.cc/t/older-wikihouse-versions/29>

[2]-<https://github.com/wikihouseproject/Wren>

[3]-<https://www.youtube.com/watch?v=nf-TkW87vmUQ>

[4]-<https://www.wikihouse.cc/featured-projects/cotteridge-park-community-cafe>

Swift

O sistema *Swift* é um ‘fork’^[1] do sistema *Wren*, criado e mantido por uma organização paralela a *WikiHouse* da *Open Systems Lab*, a *WikiHouseNL Foundation*, sediada nos Países Baixos. Pode ser considerado como uma evolução do sistema *Wren*, visto que são muito semelhantes, mas com consideráveis melhorias, que também incluem cálculos estruturais e construções terminadas e habitadas. Os arquivos para o projeto “*Pionierswoning*” estão disponíveis livremente pela plataforma *GitHub*^[2], entretanto, ao contrário do método da *Open System Lab*, a *WikiHouseNL* tem como base de dados para partilha dos ficheiros uma pasta na plataforma *DropBox*^[3], a qual o acesso deve ser aprovado. O aprofundamento do sistema em si não tem relevância significativa para o trabalho, visto que não será utilizado, entretanto, num contexto mais específico voltado para o urbanismo, há considerações muito pertinentes para o propósito desta tese, este sistema será abordado novamente em *De Stripmaker*.

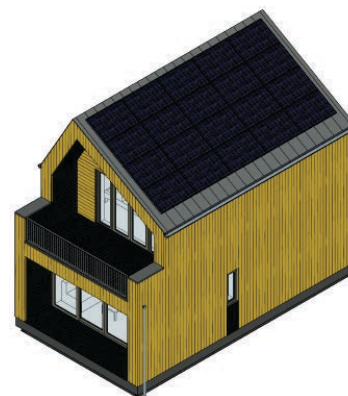


Fig. 1.4.6 - Exemplo de habitação elaborada a partir do sistema Swift da WikiHouseNL.

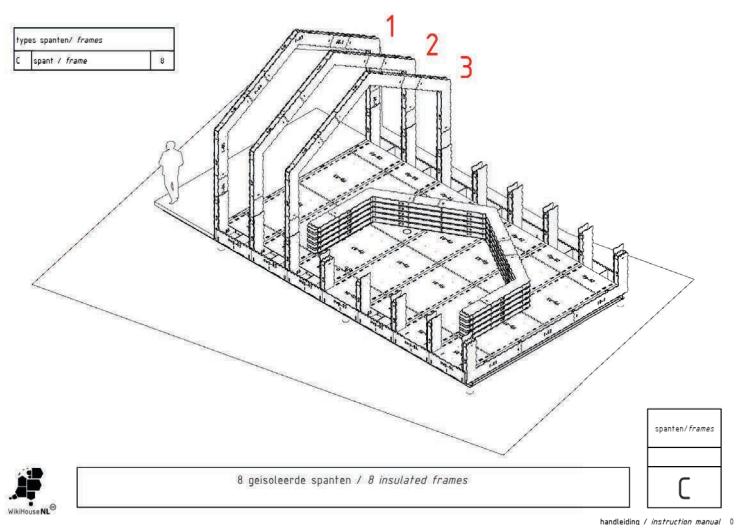


Fig. 1.4.7 - Estrutura da *Pionierswoning*.

[1]-Termo em inglês para derivação, comumente utilizado no contexto de versão de um projeto, especialmente em programação.
 [2]-<https://github.com/VincentMuller/Pionierswoning-WikiHouse>
 [3]-<https://wiki housenl.cc/downloaden/>

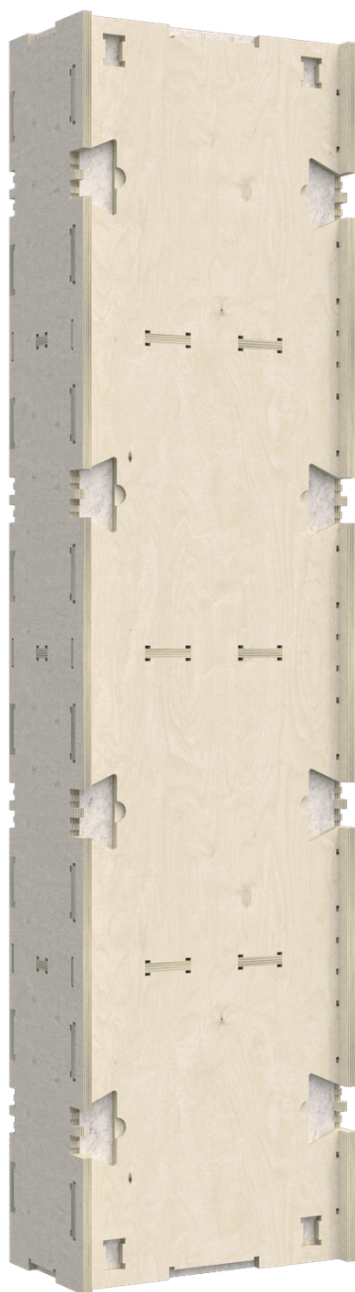


Fig. 1.4.8 - Bloco de parede do sistema Skylark da WikiHouse.

Skylark

Por fim, como já mencionado, a mais recente iteração do sistema *WikiHouse* é a *Skylark*. Criada e mantida pela *Open Systems Lab*, essa versão é indubitavelmente a mais completa no que toca a manutenção e disponibilidade do projeto. Todas as características do projeto são explicadas em detalhe no *website* próprio^[1], permitindo assim a busca e exploração das informações mais facilitadas para usuários em geral, sem ser necessário a navegação na plataforma *GitHub* - embora ainda exista um repositório mantido na plataforma, para usuários mais avançados.^[2]

Como o sistema *Skylark* servirá de base estrutural para a elaboração do projeto da tese, aqui serão expostos as suas principais características, sem entrar em minúcias de blocos específicos, para dar contexto das possibilidades e limitações projetuais. Mais informação será dada no capítulo de viabilização do projeto.

Com base nas informações obtidas pela consulta do material disponibilizado pelos próprios desenvolvedores, este sistema construtivo utiliza blocos feitos por painéis de madeira cortados em CNC, com precisão de 0.1 mm, em duas séries distintas, 250 e 200 - estes números referem a profundidade do vão para isolamento térmico, em milímetros, mas também acarretam em diferenças na espessura final da parede (318 mm e 268 mm, respectivamente) e resistência estrutural (250 > 200). As configurações disponíveis dos blocos permitem vãos livres de 2.4 m a 5.4 m (em incrementos de 0.6 m), biapoiados, e pés direitos livres de 2.1 m a 3.0 m (em incrementos de 0.3 m; o pé direito pode ser maior, embora não regular, caso esteja em consideração a utilização dos blocos de cobertura inclinada). A depender da utilização e zona, o sistema permite a construção de estruturas de até três pavimentos. Os tipos de projetos recomendados podem ser melhor entendidos pelas tabelas a seguir.

[1]-<https://www.wikihouse.cc/blocks/skylark-250>

[2]-<https://github.com/wikihouseproject/>

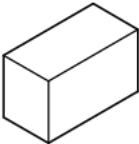
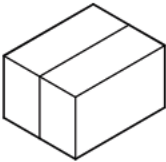
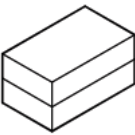
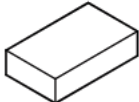
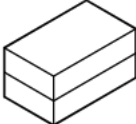
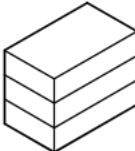
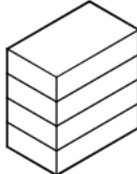
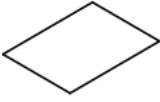
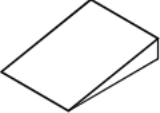
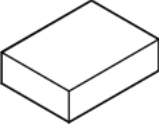
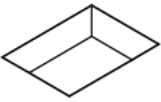
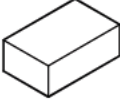
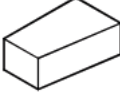
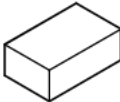
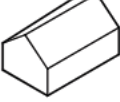
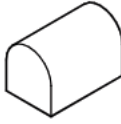
Tipo de Edifício				
	Isolado	Em Banda	Apartamentos	Inserto
	✓	✓	✗	✓
				
	1 andar	2 andares	3 andares	4+ andares
	✓	?	?	✗
	✓	?	?	✗
	✓	?	?	✗
	✓	?	?	✗
	✓	✗	✗	✗
	✓	✗	✗	✗
Implantação				
	Plano	Declive	Cobertura	Abaixo da Terra
	✓	✓	✓	✗
Forma da Planta				
	Reta	Irregular	Angular	Curva
	✓	✓	✗	✗
Forma da Cobertura				
	Plana	Duas Águas	Quatro Águas	Curva
	✓	✓	✗	✗

Fig. 1.4.9 - Tabela das recomendações de uso das estruturas WikiHouse. Adaptado por RC.

[1]-Sigla em inglês para “faça você mesmo”

Os vãos para janelas e portas, assim como o restante da estrutura, são feitos com blocos específicos, entre 0.6 m e 2.4 m horizontalmente (em incrementos de 0.6 m), devendo apenas ter atenção a integridade estrutural do conjunto, garantindo que os lintéis sejam apropriadamente dimensionados e que a posição dos vãos não prejudique a resistência à flexão do edifício.

A edificação deve respeitar uma malha espacial interior regular de múltiplos de quadrados de 600 mm de lado, e considerar no perímetro uma espessura igual a da série de blocos pretendidos.

Por se tratar de um projeto *open source*, e com finalidade principal voltada para DIY^[1], todos os blocos podem ser alterados para se adequarem ao pretendido pelo projetista, com a consulta de um engenheiro para garantir a rigidez da estrutura. Assim, o projeto permite uma enorme liberdade criativa, constrangido apenas por especificidades do próprio sistema.

Ademais, o processo de projetar e fabricar por meios digitais também permite explorar opções de divisórias interiores e mobílias feitas sob medida em CNC para a construção, o que pode ser um caminho interessante no caso de construtoras interessadas em utilizar o sistema, por poder maximizar o uso do equipamento e experiência.

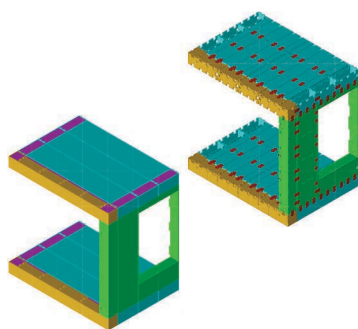


Fig. 1.4.10 - Blocos Skylark simples (esquerda) e detalhados (direita).

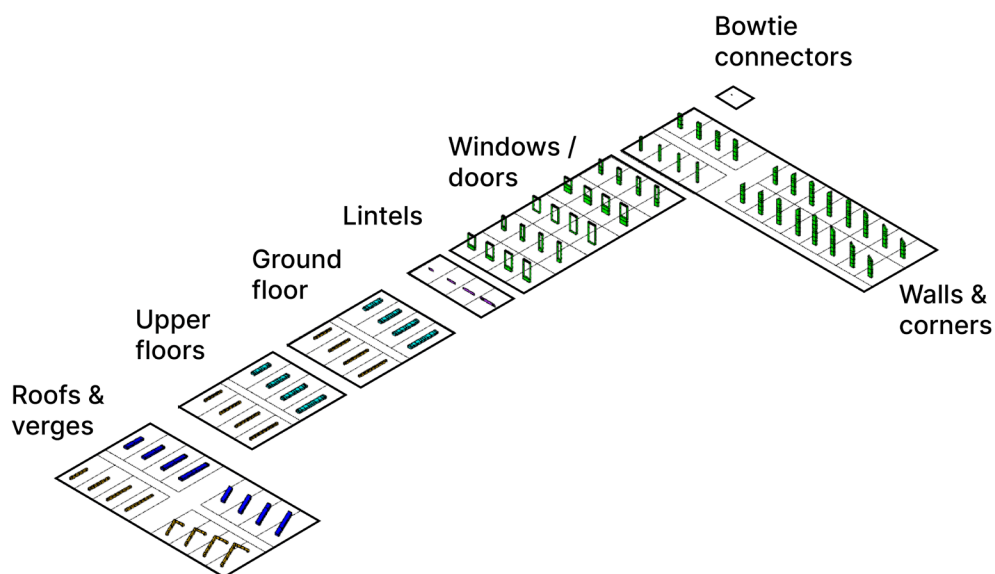


Fig. 1.4.11 - Design kit dos Blocos Skylark para SketchUp.



Fig. 1.4.12 - Colagem de fotos do processo de construção de De Stripmaker.

1.4.3. De Stripmaker

Em 2019, o grupo dos Países Baixos, *WikiHouseNL*, numa iniciativa de *Woningbouwatelier*, do programa “*Almere 2.0*” de Almere, e com projeto dirigido pela agência de design *MULLER* em colaboração com os arquitetos *NarrativA*, iniciaram o processo de design de um bairro composto inteiramente de *WikiHouses*, em *De Stripmaker*, após a realização com sucesso da “*Pionierswoning*” [Casa Pioneira; tradução livre].

Utilizando uma ‘*toolbox*’ do sistema *Swift*, também em maquetes físicas, os futuros residentes projetaram, com coordenação e suporte dos arquitetos, suas futuras residências. O processo de seleção dos primeiros moradores teve como condicionantes a vontade de construir por conta própria, deixar de arrendar, ter rendimentos abaixo dos 45 mil euros e ter de habitar a casa pessoalmente após a construção.

Finalizado em 2022, o número total de casas construídas foi de 27, sendo 9 numa primeira fase, e 18 numa seguinte. A construção funcionou por base de uma espécie de voluntariado da comunidade, onde os futuros moradores construíam suas próprias casas com a ajuda dos vizinhos.

O resultado foi bastante harmonioso, culminando no surgimento de uma pequena comunidade de casas semelhantes, mas com características próprias, pois cada residente teve possibilidade de participar em todo o processo construtivo. Os residentes, satisfeitos com o projeto, acrescentaram ainda que os valores se mantiveram dentro do previsto, e que foi uma oportunidade única poder escolher o nível de acabamento individualmente. Comentaram também que, embora a montagem do chassis tenha sido bem simples e acessível, as especialidades e impermeabilização foram mais complicadas.

De modo geral, a percepção foi de que o trabalho e organização em comunidade funcionou muito bem, e que permitiu simplificar grande parte do trabalho e pedidos de materiais. “*De wijk opereert beter omdat we hem zelf hebben gebouwd*” [O bairro funciona melhor porque fomos nós mesmos que o construímos; tradução livre], acrescentaram (Bassant, 2024).

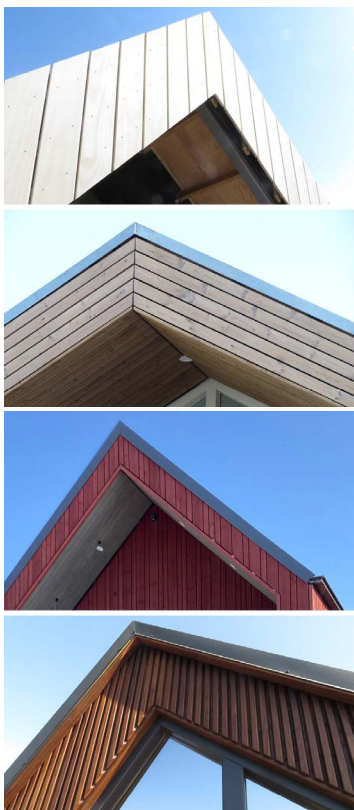


Fig. 1.4.13 - Colagem de fotos de esquinas de coberturas das casas de De Stripmaker.

Fig. 1.4.14 - Processo de design do projeto de De Stripmaker.

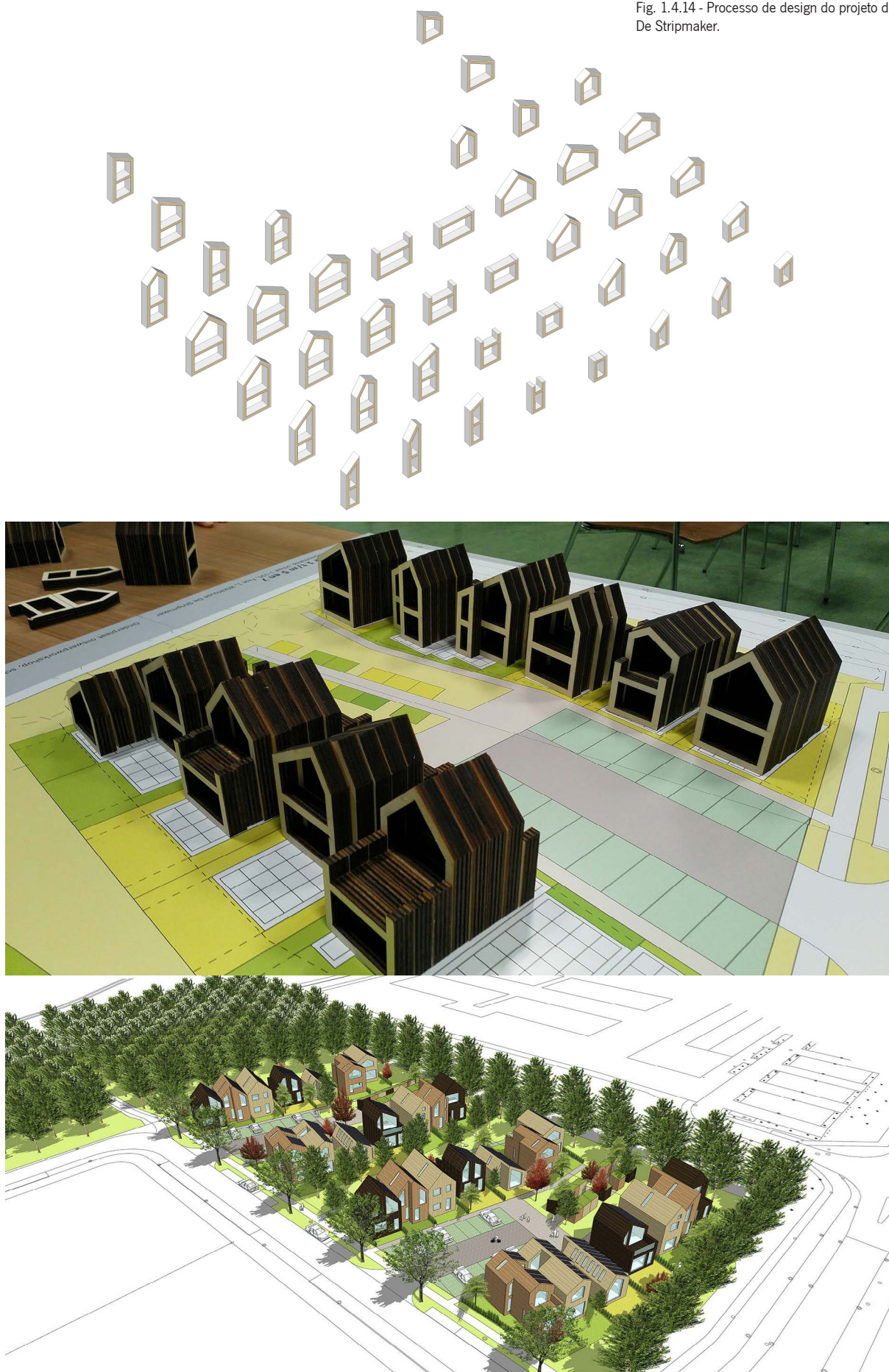




Fig. 1.4.15 - Colagem de fotos do processo de construção de De Stripmaker.

2. Viabilização

2.1. Configurador

2.2. Estrutura e Materialidade

2.3. Produção e Transporte

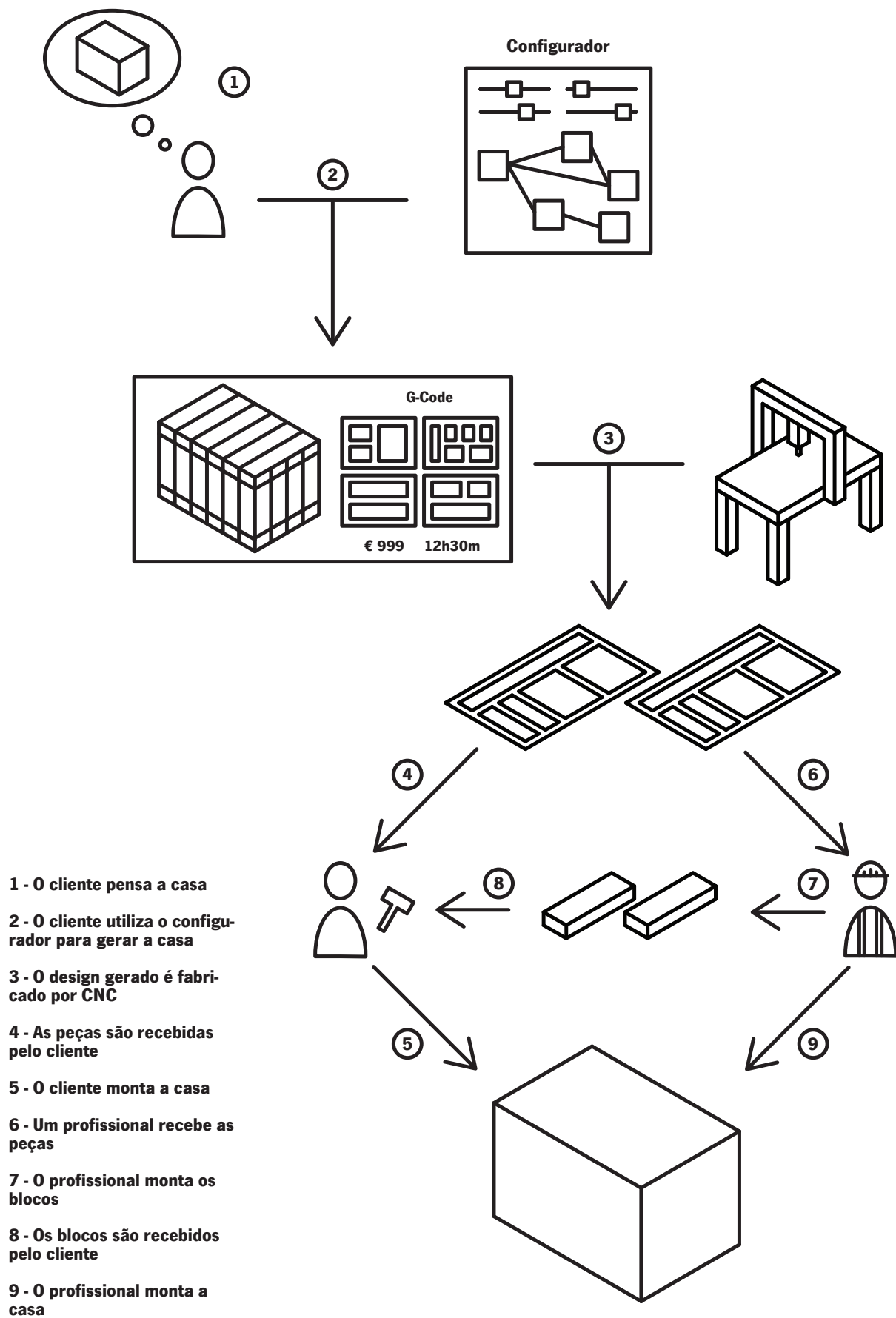


Fig. 2.1.1 - Esquema de elaboração de uma estrutura pelo método proposto. Por RC.

2.1. Configurador

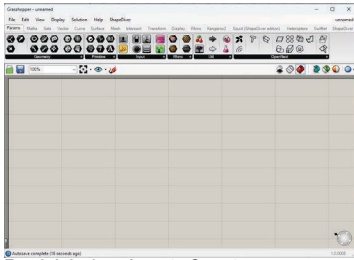


Fig. 2.1.2 - Interface do Grasshopper.

Para auxiliar no processo de projeto de design das variações das WikiHouses, foram elaborados dois configuradores simples, por meio de algoritmos no *plugin Grasshopper* para *Rhino 3D*.

O primeiro tem a função de rapidamente mostrar volumetria, tanto exterior como interior, do *chassis*. Para tal, recebe alguns parâmetros do usuário, relativos às dimensões interiores - altura, largura, comprimento - além do tipo de cobertura (e se a deseja mostrar) e os utiliza para definir exatamente as dimensões do *chassis*. O algoritmo também leva em conta que as paredes que recebem os blocos de cobertura de uma água possuem alturas diferentes.

Os parâmetros de dimensão são controlados por meio de '*sliders*' (controles deslizantes), que possuem limites mínimos e máximos de acordo com o permitido pelos blocos disponíveis e melhores práticas para uso do sistema *WikiHouse*.

A escolha da cobertura é feita através de seleção em uma lista, em que as opções disponíveis são "*Mono Pitched*" (uma água), "*Double Pitched*" (duas águas), "*Flat*" (Plano) ou "*No Roof*" (sem cobertura; para permitir que sejam posteriormente empilhados). Depois, é possível definir se deseja mostrar ou esconder a cobertura por meio de um *toggle* (botão de alternar), onde "*True*" (verdadeiro) significa mostrar, e "*False*" (falso) significa esconder.

Foram ainda parametrizados o ponto de origem para geração da forma, assim como a espessura dos blocos de pavimento e de parede, e a dimensão da grelha de modularização. Estes parâmetros não possuem *sliders*, *toggles* ou listas, devendo ser modificados diretamente no painel de texto, no entanto, a implementação de uma interface para tal é trivial.

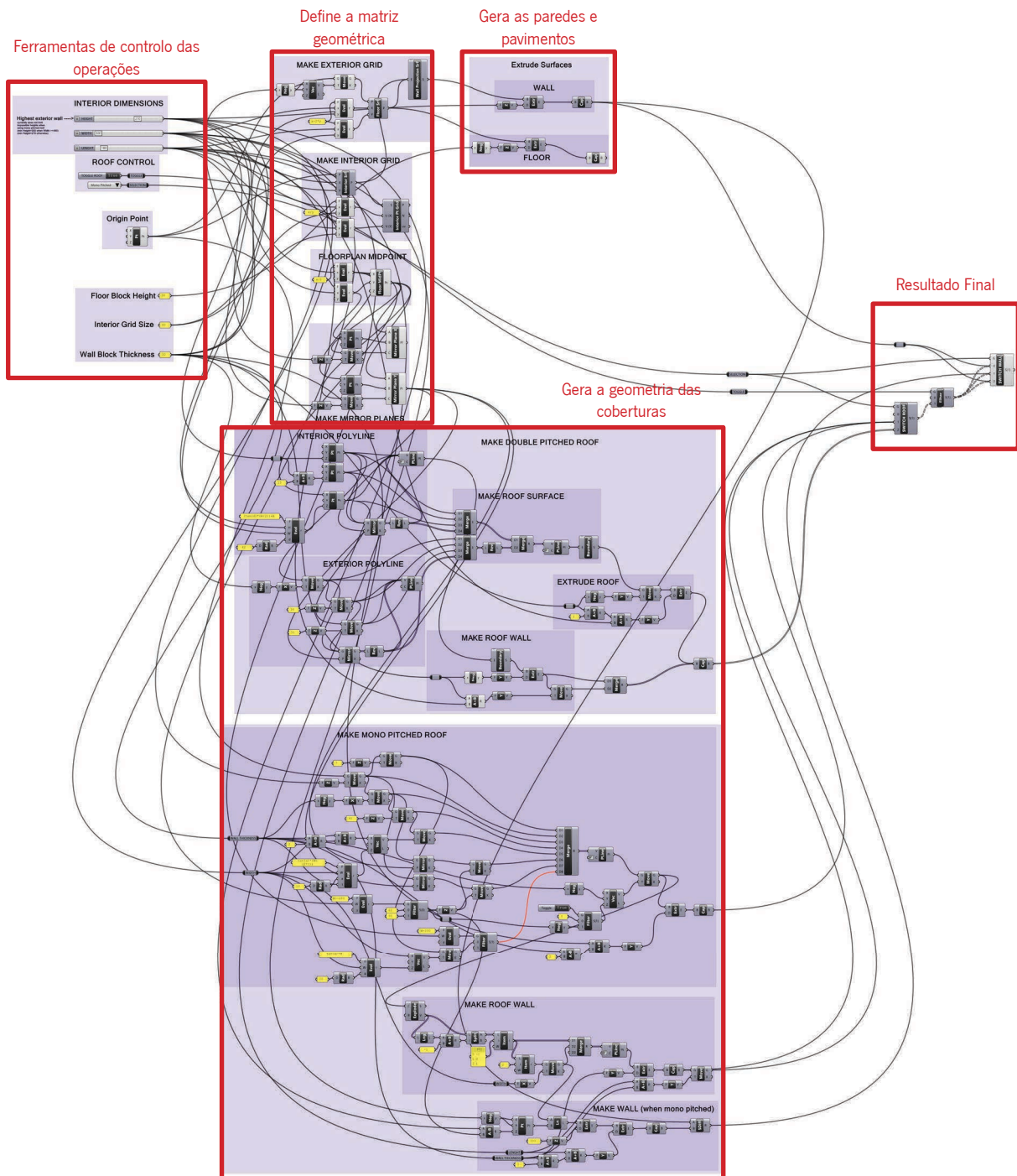


Fig. 2.1.3 - Algoritmo do 1º configurador em Grasshopper. Por RC

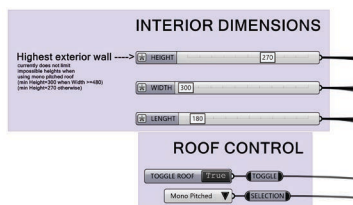


Fig. 2.1.4 - Ferramentas de controle do 1º configurador para geração da forma. Por RC.



Fig. 2.1.5 - Parâmetros extras do 1º configurador. Por RC.

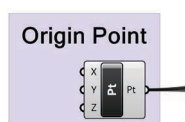


Fig. 2.1.6 - Configuração do ponto de origem do 1º configurador. Por RC.

Para utilizar os configuradores é necessário compreender algumas informações.

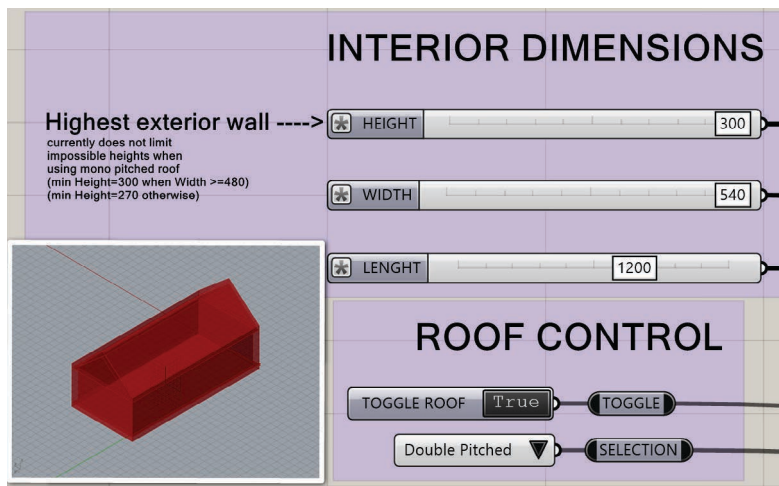
Os configuradores possuem 4 parâmetros de geração do módulo habitacional - height (altura), length (comprimento), width (largura), roof type (tipo de cobertura) - existe ainda um 5º parâmetro para ligar e desligar a visualização da cobertura (Fig. 2.1.4).

Os parâmetros estão limitados pelo algoritmo às dimensões interiores permitidas pelo sistema - Entre 2100 e 3000 milímetros, em incrementos de 300 mm, para a altura; entre 600 e 32000 mm (embora não exista máximo teórico), em incrementos de 600 mm, para o comprimento; entre 1800 e 5400 mm, em incrementos de 600 mm, para a largura. O 4º parâmetro contém uma lista de opções para a cobertura - sem cobertura, plano, uma água de 10 graus, duas águas de 40°. O 5º parâmetro contém um botão binário (liga e desliga) cuja única função é mostrar ou esconder a cobertura escolhida.

No primeiro configurador, é possível ainda customizar alguns parâmetros fora dos permitidos pelo sistema (Fig. 2.1.5). São eles: “Floor Block Height” (Altura dos Blocos de Chão); “Interior Grid Size” (Tamanho da Grelha Interior); e “Wall Block Thickness” (Espessura do Bloco de Parede). Para alterá-los só é preciso reescrever os valores encontrados nas caixas de texto amarelas. Foram colocados assim para tornar possível a alteração destes parâmetros, mas de modo sutil a não encorajar a mudança desnecessária.

O Fluxo de trabalho proposto:

- 1 - Abrir o Rhino 3D e o Grasshopper
- 2 - No Grasshopper escolher as dimensões de cada módulo por meio dos sliders e gerá-los individualmente (no caso de múltiplos módulos) (É também possível personalizar).
- 3 - No Rhino organizar os módulos gerados na posição desejada (opcionalmente, no Grasshopper, é possível anexar *sliders* ao “Origin Point” (Fig. 2.1.6) e movê-los, mas não foi implementado método para rotação) (É necessário fazer essa operação para cada um dos algoritmos)
- 4 - No Rhino, substituir os blocos de parede pelos blocos de janelas e portas nas posições desejadas (apenas no caso do segundo configurador)
- 5 - Exportar geometria para o SketchUp para trabalhar os revestimentos e design do interior.

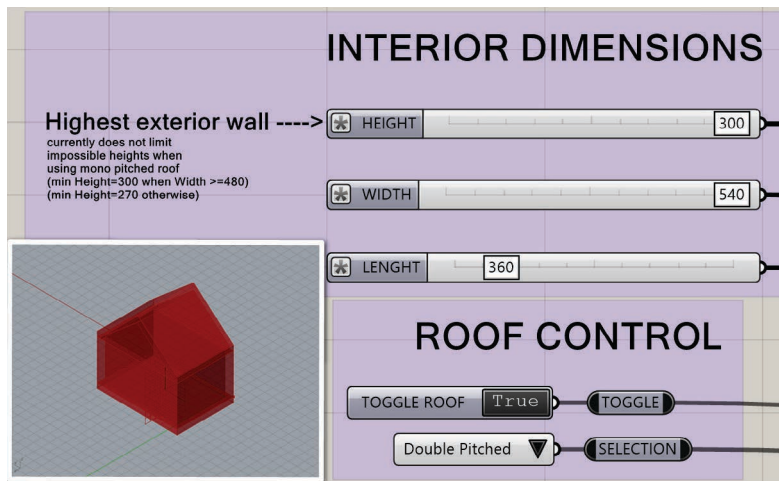


Configuração 1:

Valores máximos para altura e largura, com comprimento de 1200 cm.

Cobertura de duas águas, com a opção para mostrá-la ativa.

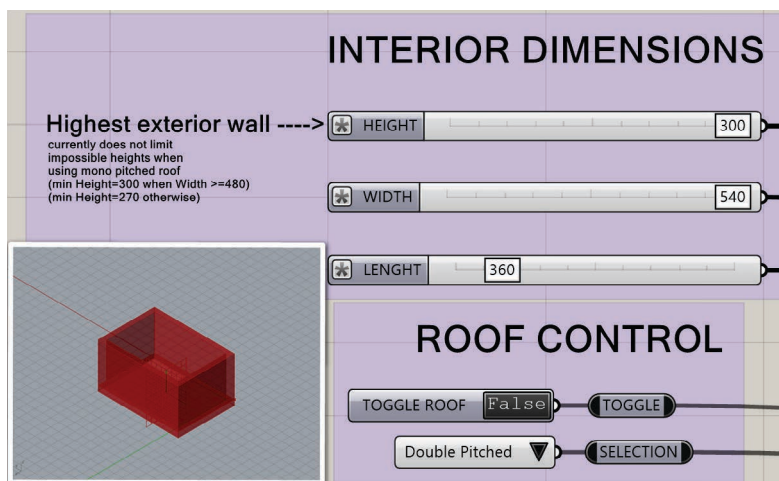
Fig. 2.1.7 - 1ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por RC.



Configuração 2:

Mantém as configurações anteriores, apenas diminuindo o comprimento para 360 cm.

Fig. 2.1.8 - 2ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por RC.



Configuração 3:

Mantém as configurações anteriores, apenas desativando a opção de mostrar a cobertura, a fim de ver o interior.

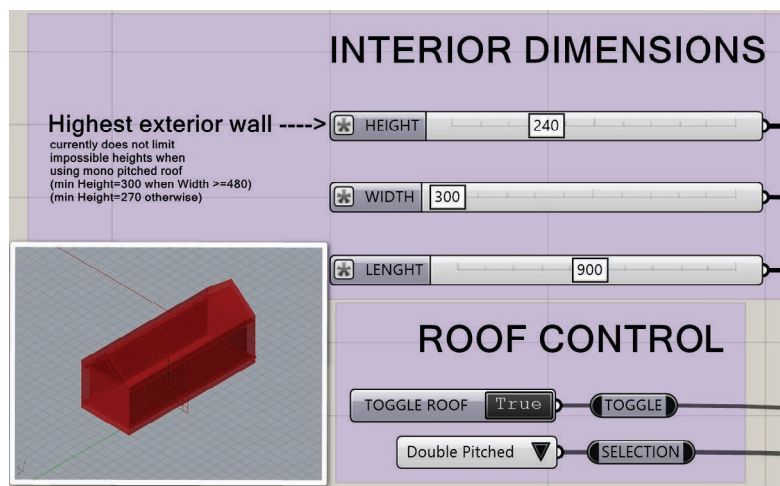
Fig. 2.1.9 - 3ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por RC.

Configuração 4:

Ativa-se novamente a visualização da cobertura.

Diminui-se a altura para 240 cm e a largura para 300 cm, aumenta-se o comprimento para 900 cm.

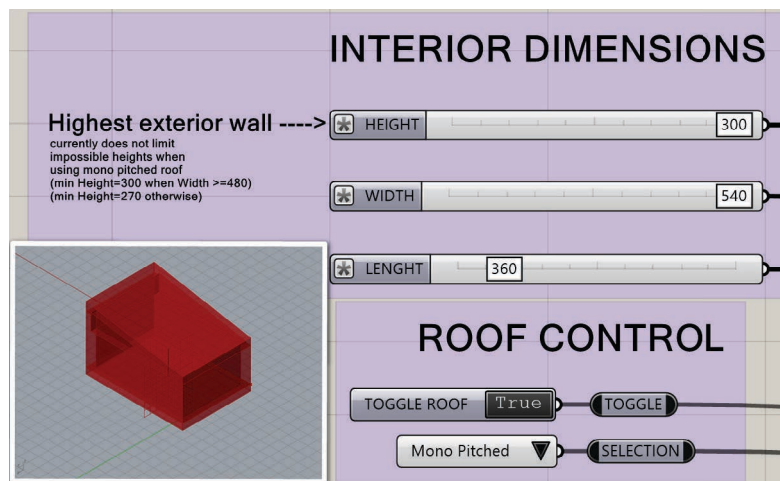
Fig. 2.1.10 - 4ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por RC.



Configuração 5:

São replicadas as configurações da configuração 2, mudando apenas a cobertura para de uma água.

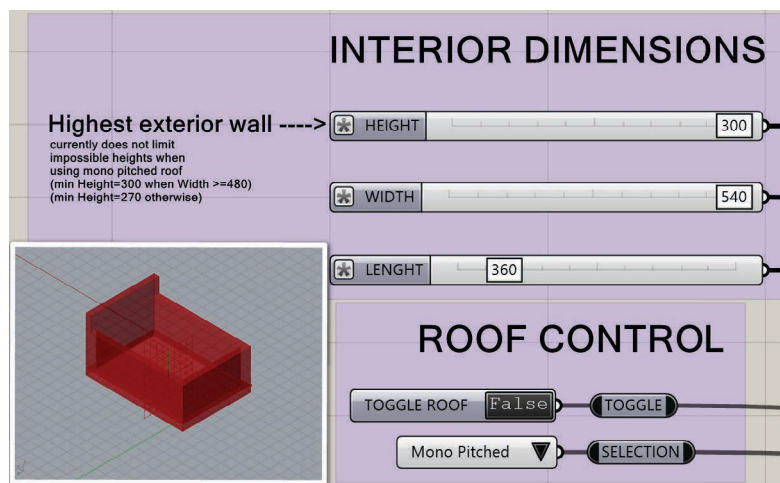
Fig. 2.1.11 - 5ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por RC.



Configuração 6:

Mantém as configurações anteriores, apenas desativando a opção de mostrar a cobertura, a fim de ver o interior.

Fig. 2.1.12 - 6ª variação de forma feita com o 1º configurador. Por RC.



O segundo algoritmo (Fig. 2.1.14) tem opções de customização idênticas ao primeiro, com os mesmos controles e parâmetros, no entanto, sua função é distinta. Enquanto o primeiro tem intenção de visualização rápida, este é suposto ser usado depois de ter decidido a volumetria, para gerar o conjunto de blocos detalhados para montagem. Funciona traduzindo os valores definidos pelo usuário para planos de inserção (Fig. 2.1.13) para os blocos detalhados, devidamente categorizados e orientados. Para funcionar perfeitamente, é preciso ajustar as opções de importação e garantir que os blocos, além de estarem em um ficheiro acessível pela máquina, tem a orientação correta.

Este último também tem a vantagem de gerar listas de partes, que podem ser passadas para um *script* simples, e, através da conexão com uma base de dados, gerar os planos de cortes, tempo de fresagem e orçamentos, assim como foi realizado para a produção da estrutura no workshop, exposto no capítulo 3.2 - Uma Experiência Prática.

Um cliente genérico, apenas interessado na compra de uma estrutura, poderia utilizar estes configuradores, quando implementado numa plataforma online (*ex. ShapeDiver*), para avaliar a volumetria e as informações orçamentais do projeto, e então contatar um arquiteto para que este, com base na estrutura gerada, possa dar seguimento ao processo. Já um cliente voltado ao DIY, poderia utilizar a mesma plataforma para configurar a estrutura e fazer o *download* de todos os ficheiros necessários para construção.

A possibilidade evolutiva da construção é dada pela própria particularidade do sistema construtivo, onde novos módulos podem ser livremente associados aos existentes, seja pela duplicação de elementos estruturais, ou pela justaposição de elementos estruturais orientados perpendicularmente. Portanto, o configurador permite ao usuário definir módulos, grandes ou pequenos, que depois podem tanto ser subdivididos pelo interior, quanto associados a novos módulos pelo exterior, de forma 'livre' pelo usuário. Ou seja, estes configuradores geram módulos construtivos regidos pelas restrições do sistema em causa, cabe ao usuário final definir o método e forma como deseja organizá-los, se o interesse for definir mais de um.

Fig. 2.1.13 - Exemplo de planos de inserção de blocos gerados pelo 2º configurador. Por RC.

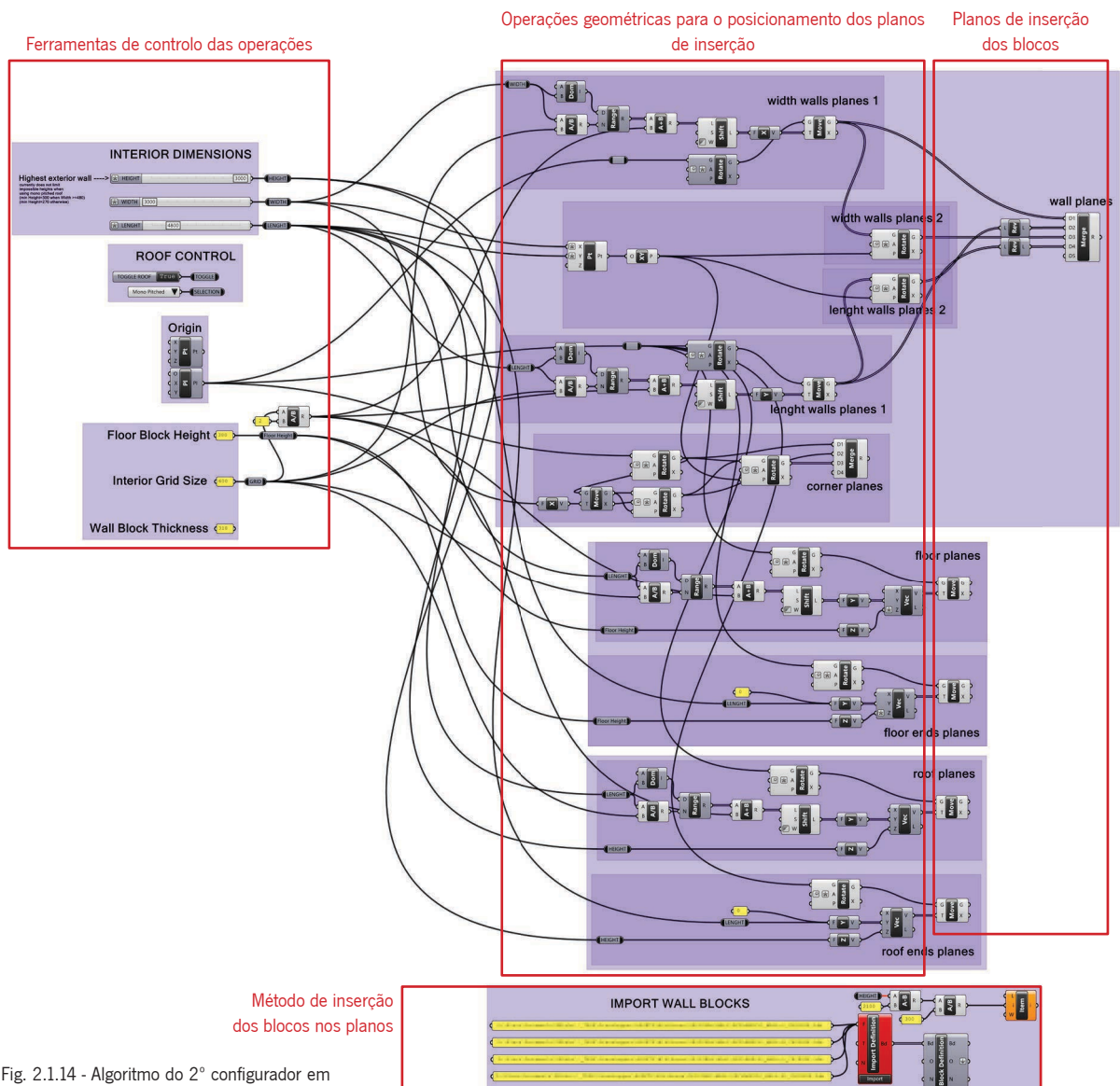
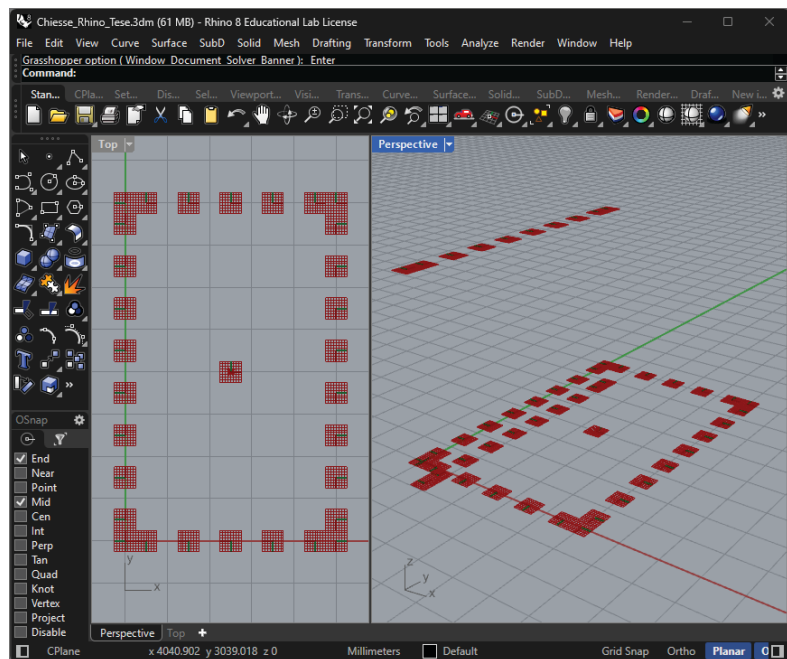


Fig. 2.1.14 - Algoritmo do 2º configurador em Grasshopper. Por RC.

Durante a investigação foi descoberto, que a equipa da Open Systems Lab, empresa por trás do projeto *WikiHouse*, disponibilizou uma ferramenta semelhante, de forma online e gratuita.^[1]

Trata-se também de um configurador de *WikiHouses*, mas onde o usuário não digita valores numa caixa de texto nem utiliza sliders pra seleccioná-los. É baseado na interação direta com os modelos, onde 'puxá-lo' numa direção o faz crescer, e 'empurá-lo' o faz diminuir.

Além da configuração da forma e acabamentos, permite também ao utilizador seleccionar a localização da construção, para análise de sombreamento, e, ao final do processo, dá ao utilizador as informações acerca do projeto, como custo, impacto ambiental e ficheiros do design.

[1]-Ferramenta demonstrada em uma *live stream* do projeto no *YouTube* (<https://www.youtube.com/watch?v=PKhvQ3qVieU>).

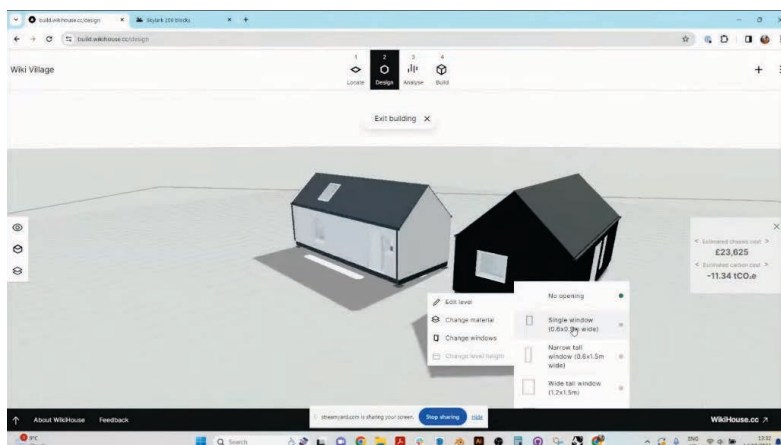


Fig. 2.1.15 - Configurador WikiHouse online exposto em livestream.

Variações da Forma

O esquema abaixo exemplifica o processo evolutivo de geração da forma, possibilitado pela geração rápida e paramétrica dos módulos individuais, onde caminhos diferentes podem acabar por chegar no mesmo resultado final.

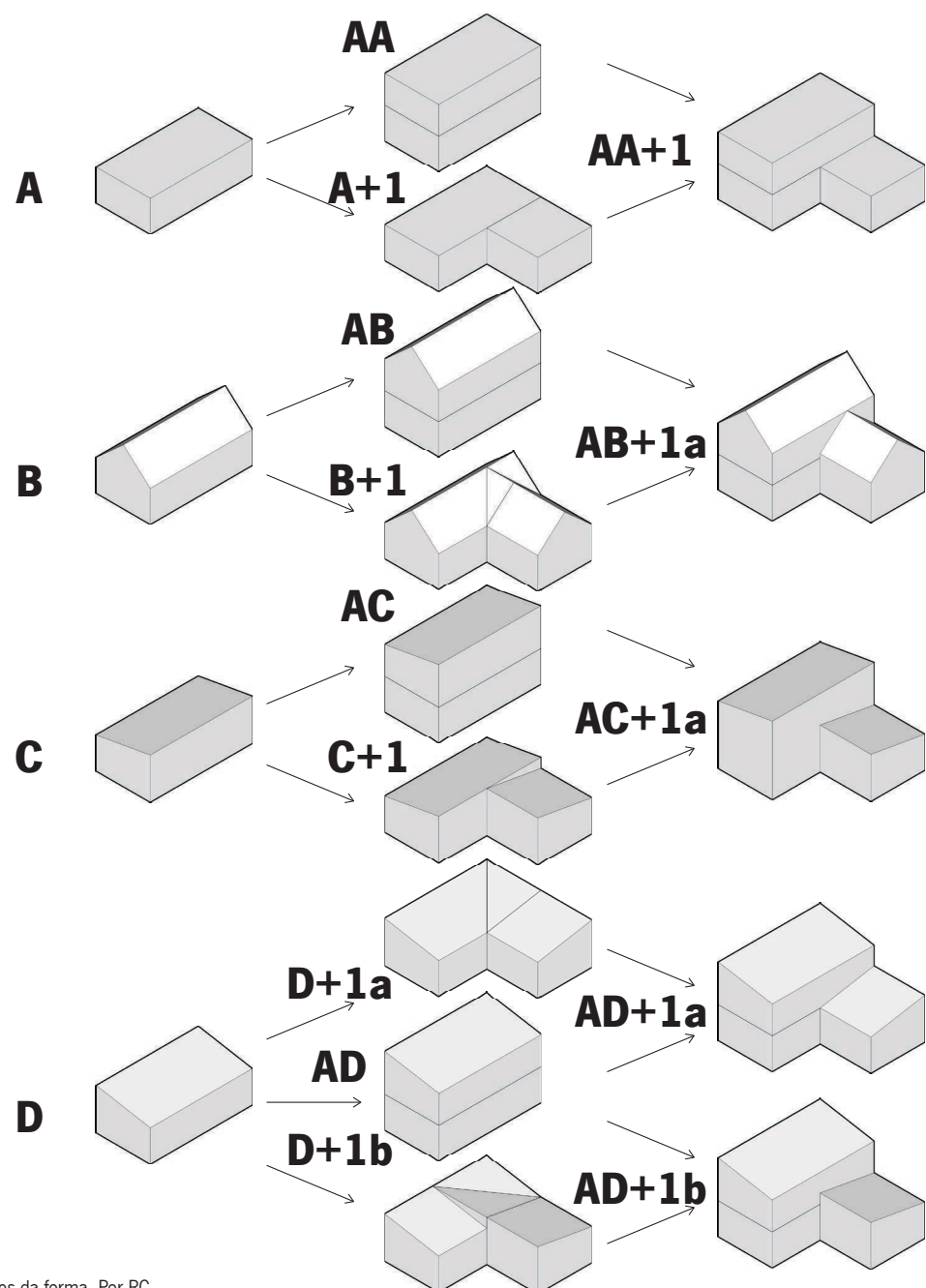


Fig. 2.1.16 - Esquema de variações da forma. Por RC.

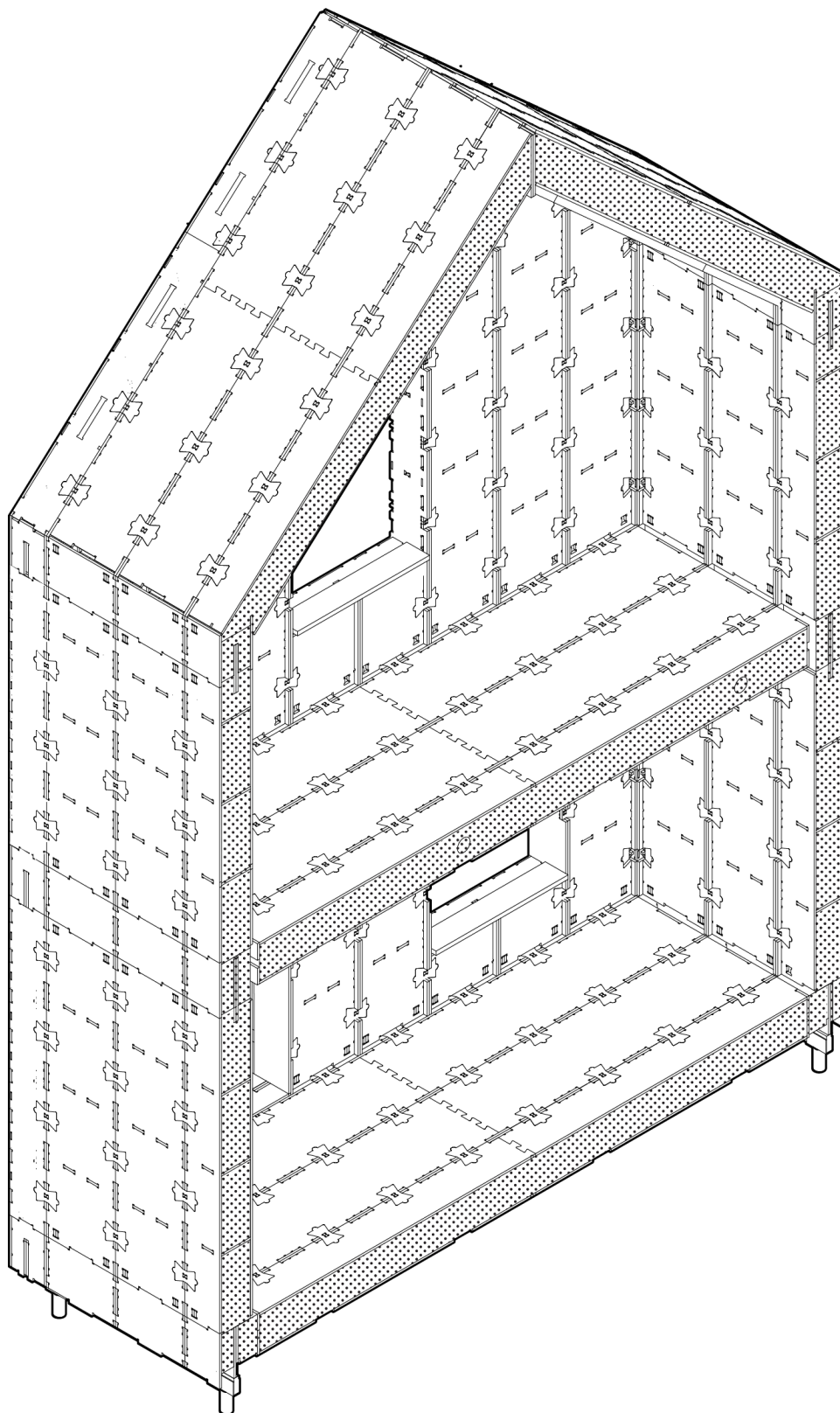


Fig. 2.2.1 - Representação de chassis Wikihouse.

2.2. Estrutura e Materialidade

Como foi dito anteriormente, o trabalho é voltado para o uso do sistema *WikiHouse Skylark*. É um sistema construtivo de alta performance para edifícios pequenos. Funciona por meio de peças de encaixe de painéis de madeira (OSB ou contraplacado) cortadas por CNC, montadas em blocos. O *chassis* resultante da união dos blocos (Fig. 2.2.1) serve como uma plataforma genérica de habitação que permite o uso de praticamente qualquer revestimento, interior ou exterior.

Por se tratar de elementos construtivos leves em junta seca, aliado ao fato de serem anexados apenas por encaixes de fricção, o maior desafio que a estrutura deve vencer não são as cargas de ocupação impostos pela gravidade, mas sim a ação do vento. Ou seja, o ponto fraco deste tipo de estruturas é o movimento de flexão. Para tanto, é preciso prestar particular atenção, junto ao engenheiro responsável, da disposição dos vãos, de possíveis contraventamentos e escoras, além de garantir que todo o *chassis* está firmemente ligado às fundações.

Estudos estruturais foram realizados pelas duas organizações principais da *WikiHouse* (do sistema *Skylark*, no caso da *WikiHouse*, da *Open Systems Lab*; e *Swift*, no caso da *WikiHouseNL*), mas são referentes aos seus mercados específicos, em termos de cumprimento à legislação (Reino Unido e Países Baixos, respectivamente). Entretanto, os estudos podem ser analisados e aproveitados por engenheiros para garantirem que cumprem com os requisitos locais.

Toda a pesquisa pode ser encontrada no website do projeto *WikiHouse*.^[1] As mais recentes e relevantes, publicadas entre 2022 e 2023, analisam o comportamento e performance das peças e blocos quando sujeitos a cargas e deformações. Pode ser observado que os blocos cumprem os requisitos de performance estrutural (Granello, 2022; Granello, 2023; Granello et al., 2023; Goudie, 2023). Um estudo completo de exemplo pode ser encontrado também no website do projeto.^[2]

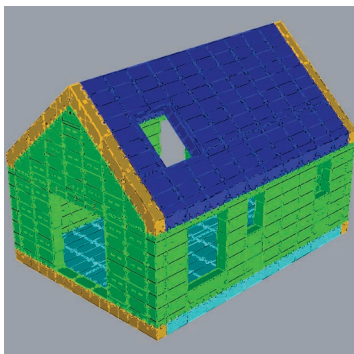


Fig. 2.2.2 - Chassis Wikihouse com blocos detalhados no Rhino 3D.

[1]-(<https://www.wikihouse.cc/research>)

[2]-(<https://www.wikihouse.cc/engineering/single-storey-house>)

Os blocos do sistema são compostos por apenas dois materiais - painéis de madeira e isolamento térmico. No entanto, dependendo da preferência do usuário, projetista ou engenheiro, o tipo específico pode ser escolhido entre algumas opções, para efeitos deste trabalho, iremos considerar as seguintes.

OSB

OSB (*Oriented Stranded Board*) é um tipo de placa de madeira compósita feita de camadas de lascas de madeira que são comprimidas e ligadas com adesivos. Essas lascas são orientadas de maneira a garantir força e durabilidade à placa, tornando-a um material versátil para uso na construção, particularmente como revestimento às paredes, pavimentos e coberturas (principalmente os feitos em '*stick framing*', comum nos EUA), mas também pode ser usado no fabrico de mobília, ou mesmo como revestimento de acabamento, conferindo um visual mais industrial. É, usualmente, preferível aos contraplacados, principalmente pelo custo-benefício e performance estrutural. Pode ser utilizado tanto em construções residenciais como comerciais, e apresenta boa uniformidade e resistência ao empenamento.

OSB é classificado em diferentes classes a depender das suas características, particularmente no que diz respeito à exposição à humidade. O Standard europeu (EN 300) define quatro classes: OSB, seguido de um número de 1 à 4, sendo que quanto maior o número, melhor a sua performance: OSB1 é utilizado nos casos onde não suporte cargas e o ambiente seja seco. OSB2 pode suportar cargas, mas não pode receber humidade. OSB3 pode suportar cargas e receber eventual humidade. OSB4 pode suportar cargas e receber humidade.^[1] OSB3 e OSB4 diferem principalmente na quantidade de carga que suportam, e no tipo de humidade que recebem. Os dois podem ser utilizados em obra, mas para os casos definidos neste trabalho, será assumido o OSB3.

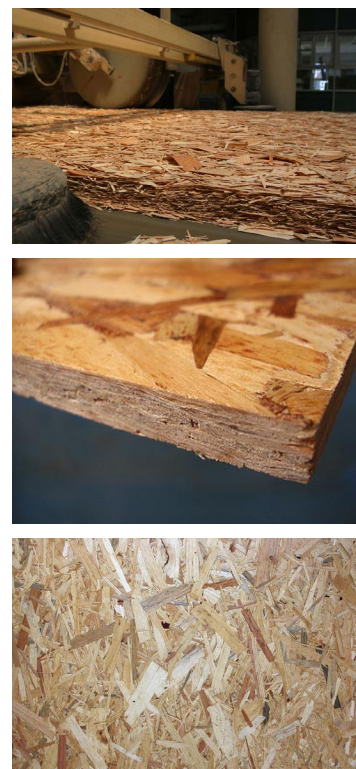


Fig. 2.2.3 - Conjunto de fotos de OSB.

[1]-apawood-europe.org/official-guidelines-3/standards-by-category/

Contraplacado



Fig. 2.2.4 - Foto de Contraplacado.

Contraplacado é um tipo de placa de madeira compósita, composto por múltiplas camadas de folhas de madeira, cada uma com os veios orientados à 90° da anterior. Esta disposição das folhas confere à placa maior força, resistência e estabilidade. As folhas de rosto podem ter um revestimento diferente das interiores, podendo parecer uma madeira sólida mais nobre. É comumente utilizada em mobiliário, mas também pode ser utilizada em obras. Assim como o material anterior, existe uma norma europeia para o classificar, a EN 636. De forma resumida, os painéis sob EN 636-1 são para ambientes secos, EN 636-2 para ambientes húmidos, e EN 636-3 para ambientes exteriores. Além disso, recebem as letras 'S' ou 'NS' no caso de serem estruturais ou não, respectivamente.^[1]

Devido ao seu custo mais elevado e performance similar ao OSB, para efeitos deste trabalho não será considerada como material dos blocos.

Lã Mineral

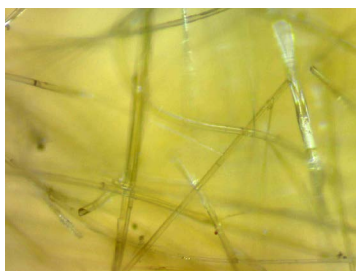


Fig. 2.2.5 - Lã mineral em microscópio.



Fig. 2.2.6 - Lã mineral comprimida por dedos.

A lã mineral é um material isolante feito tanto de minerais naturais (rochas vulcânicas) quanto sintéticos (vidro), produzido a partir do aquecimento do material e de algum processo industrial para que sejam formadas fibras. Quando feita por rochas vulcânicas é chamada de lã de rocha. Analogamente, quando feita de vidro, é chamada de lã de vidro. É um tipo de isolamento flexível (embora existam também produtos comprimidos e com aditivos para formar placas mais rígidas), com bons comportamentos térmicos e acústicos, além de ser resistente ao fogo. Entretanto, a lã de rocha é mais firme e estável do que a lã de vidro, embora mais cara, além de ter uma performance melhor em relação à água, pois não a absorve, devido ao seu comportamento hidrofóbico natural.

Para os casos contemplados neste trabalho, será assumido o uso de lã de rocha, devido às suas características relativas à água, e pela maior facilidade de manuseamento.

[1]-(apawood-europe.org/official-guidelines-3/standards-by-category/)

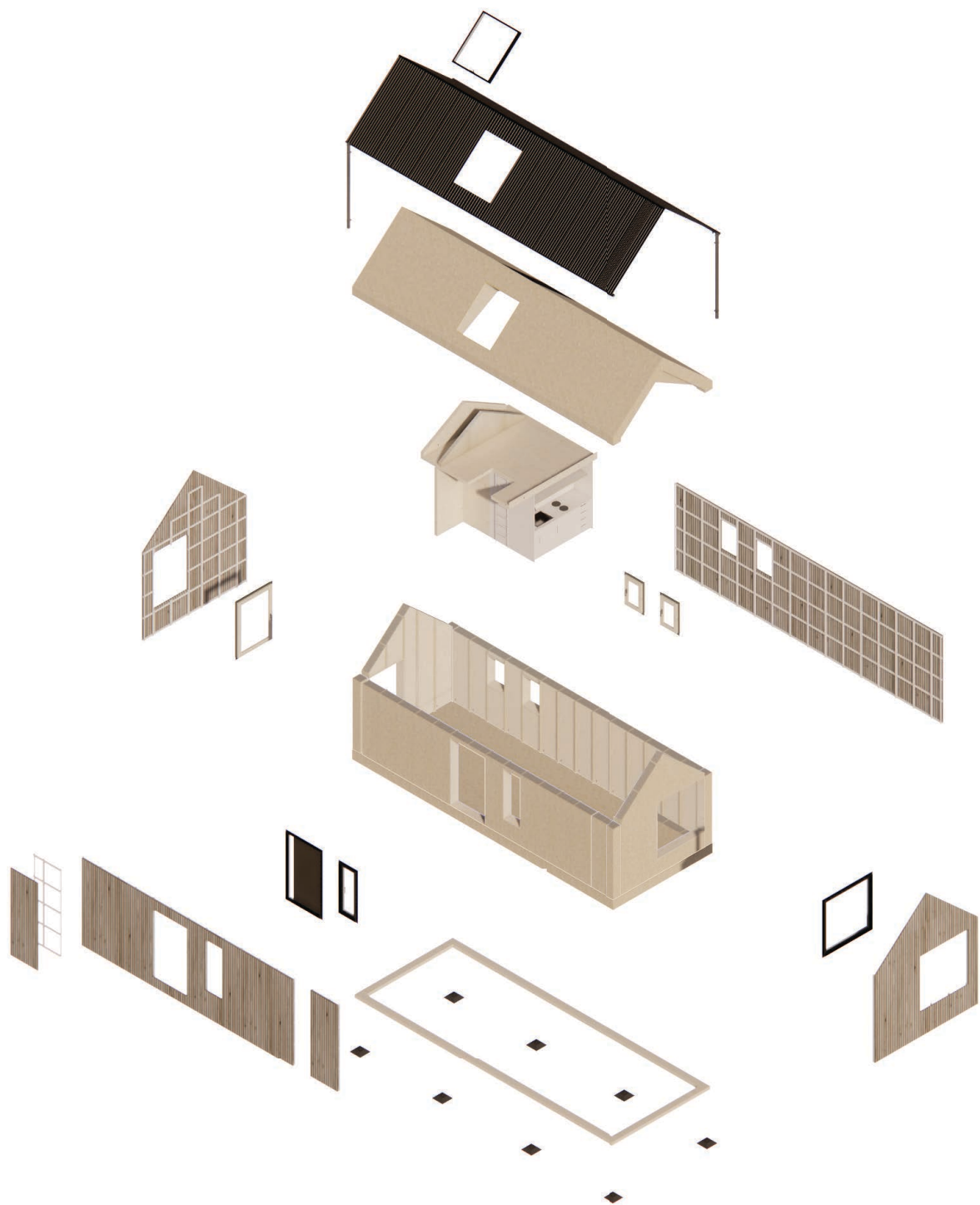


Fig. 2.2.7 - Axonometria explodida de uma WikiHouse, mostrando os materiais interiores e exteriores.

Fundações

Existem várias formas possíveis de fundação, que dependem de fatores como tamanho da construção, tipo do solo e outros fatores ambientais e económicos. Cada método tem as suas vantagens, no entanto, para o escopo deste trabalho, iremos apenas assumir os principais para o sistema em questão, utilizados nas variações do projeto.

Assim como qualquer outro edifício, principalmente de madeira, é preciso impedir que a humidade do solo entre na casa, para isso, no caso das fundações, é preciso levantar o *chassis WikiHouse* e qualquer viga de ancoragem de madeira a pelo menos 15 cm do solo. Além disso, é preciso garantir sua estanqueidade por meio de membranas entre os elementos supramencionados.

Ensoleiramento Geral

É um elemento horizontal plano contínuo feito de betão *in situ*, maciço, com o formato de toda a planta do edificado. É uma opção relativamente simples, rápida e fácil, embora a sua cura necessite de tempo. É preciso planejar bem as tubulações antes de despejar o betão, uma vez que depois de feita, dificulta o acesso ao solo abaixo, que passa a receber as cargas do edificado.



Fig. 2.2.8 - Ensoleiramento geral.

Sapatas contínuas

São elementos horizontais contínuos feitos de betão *in situ*, maciços e lineares, com o formato das paredes estruturais que serão postas em cima. É uma opção um pouco mais trabalhosa do que o ensoleiramento geral, devido à precisão necessária das escavações, com o mesmo tempo de cura, mas que permite maior flexibilidade em relação à tubagem, e ainda garantindo economia de betão. De modo geral, a melhor escolha para *WikiHouses*, depois das estacas helicoidais.

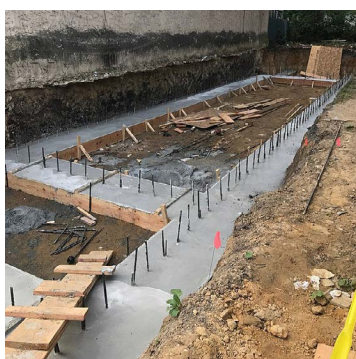


Fig. 2.2.9 - Sapatas contínuas.

Estacas helicoidais

São elementos metálicos verticais no formato de parafuso que podem ser utilizados para ancorar edifícios ao solo numa lógica de junta seca. São normalmente utilizadas para construções pequenas e leves, e podem ser instaladas rapidamente por pessoas sem qualificação ou experiência. Não são apropriadas para todo o tipo de solo, mas são a solução preferencial para pequenas casas *WikiHouse*.

ICF

É, na verdade, um sistema para paredes de betão, mas, para o escopo deste projeto, será assumido como uma solução de fundação para *WikiHouses* que requeiram uma cave. Este sistema envolve empilhar blocos ocos de XPS ou EPS e depois preenchê-los com betão, formando uma parede já isolada. Neste caso, seriam associados ao ensoleiramento geral e já poderiam levar os blocos de pavimento *WikiHouse* por cima.

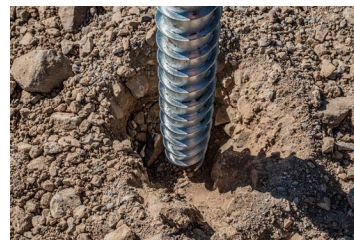


Fig. 2.2.10 - Estaca helicoidal.



Fig. 2.2.11 - Estaca helicoidal sendo instalada.

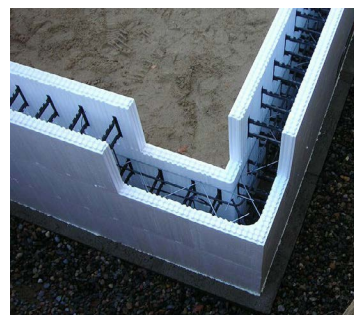
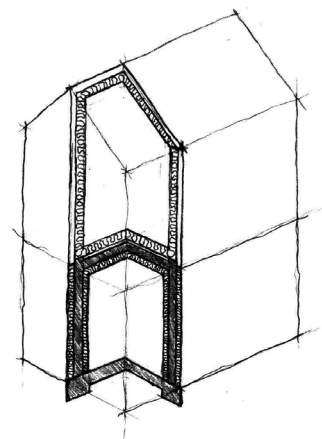


Fig. 2.2.12 - Blocos ICF aguardando betonagem.

Fig. 2.2.13 - Esquisso de estrutura. Por RC.



Coberturas

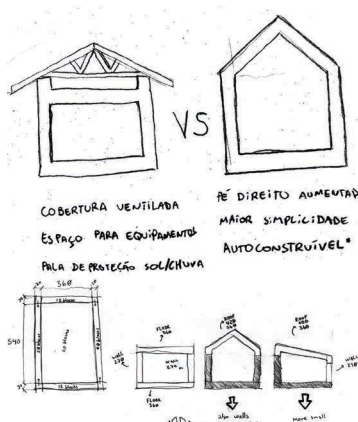


Fig. 2.2.14 - Esquissos analisando diferentes coberturas. Por RC.

Existem vários tipos de coberturas, com variações para todo o tipo de materiais, climas e designs. Pelo escopo deste trabalho, aqui, serão expostas apenas três tipos simples, que podem ser customizadas com quase qualquer tipo de revestimento.

Subestrutura

Qualquer adaptação necessária a ser feita por cima de blocos de pavimento (cobertura plana) *WikiHouse* de forma a criar pendente.

Própria do sistema

Refere aos próprios blocos com inclinação encontrados na toolbox do projeto WikiHouse. Já tem pendentes de (aproximadamente) 42 e 10 graus, de duas ou uma água, respectivamente. Depois de impermeabilizados, já podem levar os revestimentos diretamente.



Fig. 2.2.15 - Treliças instaladas.



Fig. 2.2.16 - Treliças movidas por empilhadeira.

Treliças

O proposto para este trabalho são estruturas finas em madeira, em forma de triângulo, de uma ou duas águas, com base maior que a distância entre paredes de forma a criar pendentes. São estruturas removíveis, postas por cima de pisos de pavimentos *WikiHouse* (utilizados como cobertura), para permitir o crescimento vertical das habitações, ainda que implique em modificar o envelope de impermeabilização.

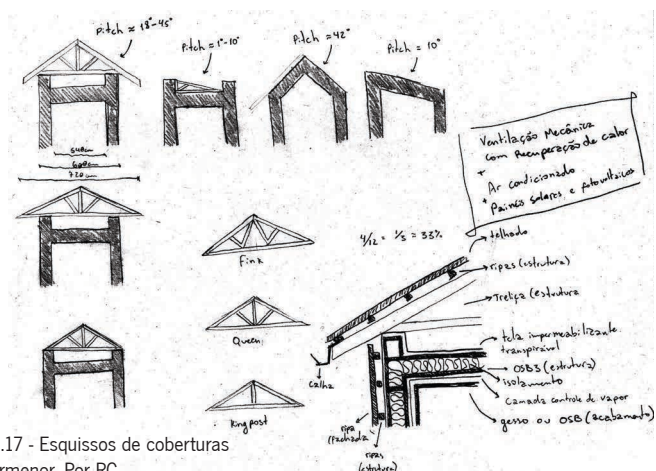


Fig. 2.2.17 - Esquissos de coberturas com pormenor. Por RC.

Impermeabilização

Além do falado acerca das fundações, é preciso impermeabilizar o restante da face exterior da construção. Para isso, é preciso utilizar uma membrana respirável, preferencialmente de baixa emissividade e reflexiva, de forma a garantir que água não entre, mas que a humidade acumulada no interior das paredes possa sair. Deve ser instalado entre a face exterior do chassis da *WikiHouse* e o revestimento. Como o exterior da *WikiHouse* é liso e contínuo, a instalação de qualquer elemento é trivial e fácil.

O caso das coberturas, é análogo ao das paredes, no entanto é mais recomendado utilizar membranas (ou outros tipos de camadas) impermeáveis simples, desde que garantido a respirabilidade do conjunto.

Todas as camadas de impermeabilização devem ser propriamente instaladas, garantindo a sobreposição de cada um destes elementos para que exista uma proteção contínua à água. Ademais, é preciso garantir também que existe camada de controle de vapor pelo interior.

Divisórias interiores

Como o objetivo do trabalho é estudar as possíveis configurações do *chassis* de forma a criar habitações evolutivas pelo próprio trabalho do usuário final, o tipo específico de paredes interiores é indiferente, desde que facilmente exequível por pessoas sem qualificação ou experiência em construção.

Dito isso, sistemas usuais e convencionais, amplamente disponíveis no mercado, como o de divisórias em LSF, funcionariam bastante bem, seja com painéis de madeira ou gesso acartonado. No entanto, se for do interesse do usuário, alternativas experimentais como o *Open reWall* (Brandão, 2022) são também opções viáveis e bastantes interessantes, considerando que está a ser usado um sistema de missão semelhante ao do *chassis*.

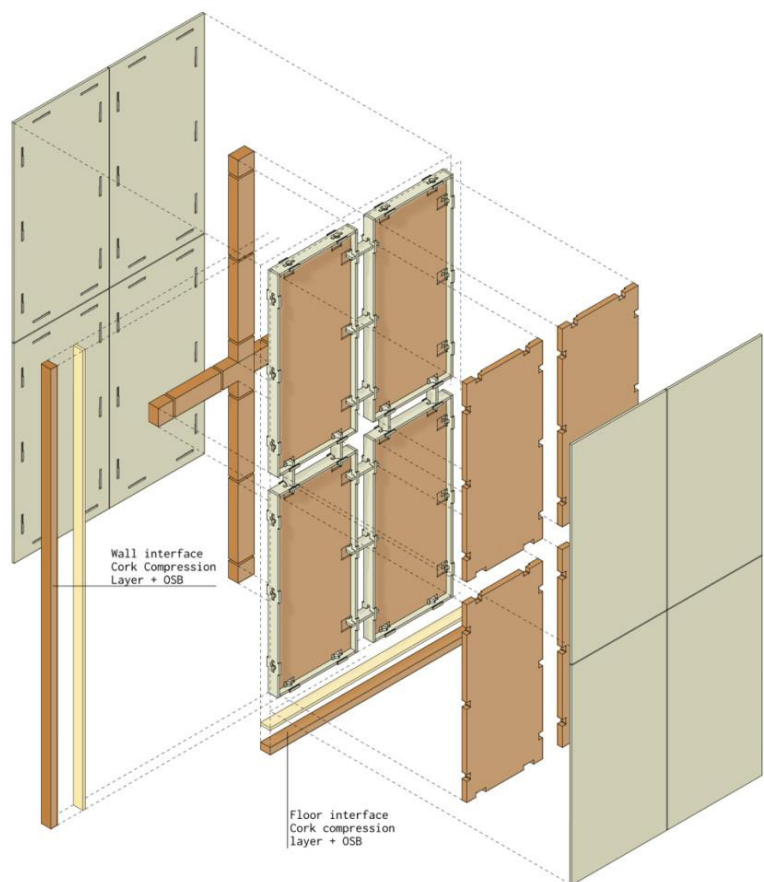
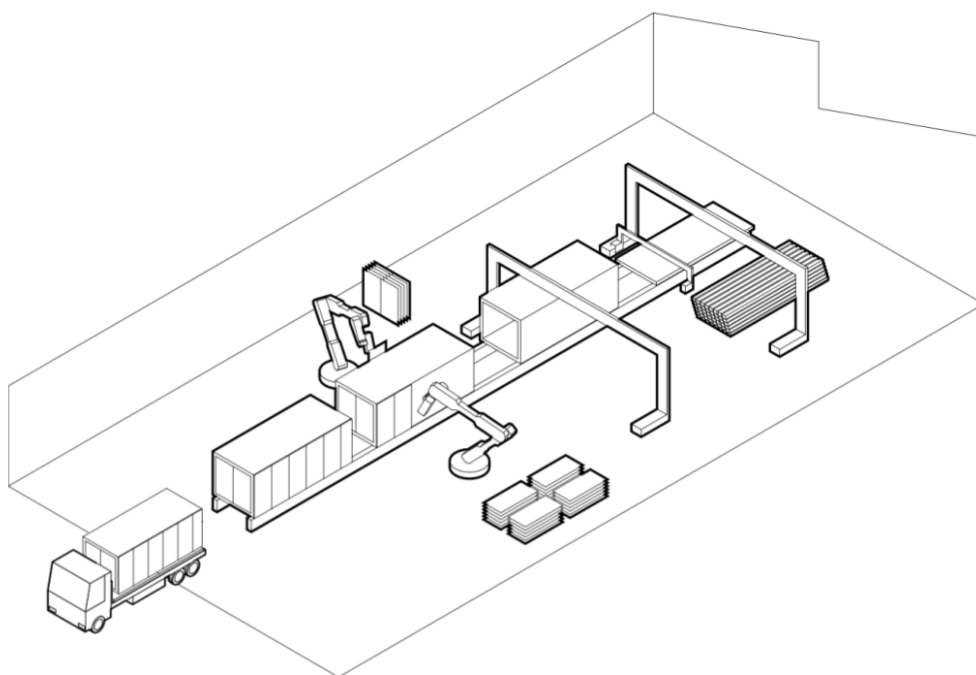
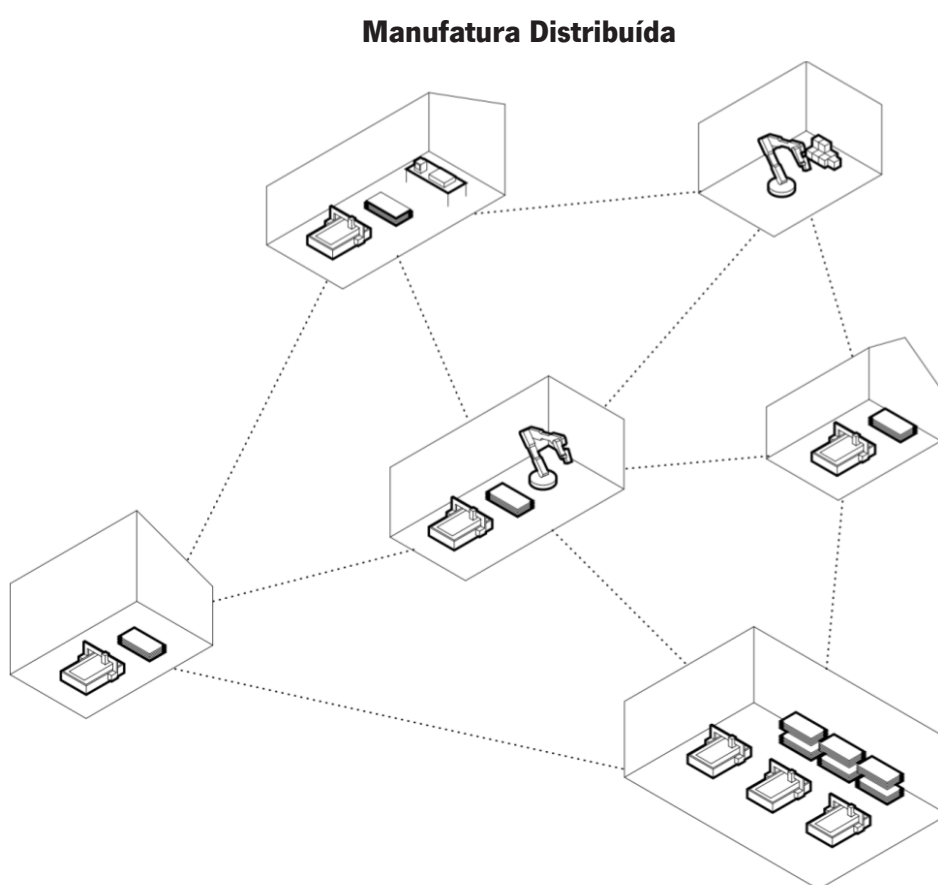


Fig. 2.2.18 - Open reWall.



Manufatura Centralizada



Manufatura Distribuída

Fig. 2.3.1 - Esquema comparando manufatura centralizada e descentralizada.

2.3. Produção e Transporte

A produção dos blocos WikiHouse é feita através de fresagem por CNC (de pelo menos 3 eixos), embora possa ser adaptada para outros métodos produtivos (como corte a *laser*) e novos avanços tecnológicos. Os requerimentos mínimos do ambiente de produção são bastante lenientes e bem menores do que o usualmente utilizado em fábricas, podendo ser realizados em espaços relativamente compactos.

Uma das missões do projeto *WikiHouse* é a descentralização do fabrico. Sendo assim, podem ser contratadas várias empresas, trabalhando concomitantemente, para produção das peças num modo de manufatura distribuída. Por outro lado, quando se pretende construir várias unidades de habitação na mesma localização, pode ser interessante combinar o espaço para produção dos blocos no canteiro de obras, dessa forma facilitando o transporte e montagem dos mesmos.

No caso específico do projeto deste trabalho, onde o objetivo é propor um método de projeto evolutivo, voltado para o processo de construção com financiamento a funcionar em regime cooperativo e de voluntariado, de forma a garantir o melhor resultado pelo menor valor monetário, faria sentido consolidar a produção in loco, por meio de um pequeno armazém central.

De modo geral, a montagem dos blocos pode ser feita em fábrica ou no local, e o transporte dos blocos pode ser feito de quatro formas - em "*Flat packs*", por "*Blocos*", por "*Fachadas*", e por "*Volumes*". Onde além da volumetria a transportar, também se distinguem pelos valores imputados ao consumidor final e no tempo em obra.

O fluxo de trabalho para a construção de uma *WikiHouse* começa por definir o desenho da construção utilizando os *softwares* anteriormente descritos, e realizando toda a documentação necessária para encomendar os materiais. O passo seguinte é receber e verificar o material base - espessura, humidade e estado de conservação dos painéis de madeira, e a condição do isolamento térmico, se aplicável. Com o material correto em mãos, verificam-se os ficheiros e converte-os para G-Code e realizam-se testes para verificar as tolerâncias. Caso esteja tudo em ordem, os painéis podem ser cortados e identificados. Aqui começam as diferenças no fluxo a depender do tipo de transporte escolhido.

“*Flat packs*” (pacotes planos) seriam apenas os painéis de madeira fresados, empilhados, enviados aos usuários finais para serem montados em blocos por eles, com isolamento à parte. Implicaria numa fase inicial de montagem dos blocos antes de começar a montagem do volume habitacional em si. Este é o processo que traria mais economia de mão de obra para o usuário final.

“*Blocos*” seriam os painéis de madeira fresados, montados em fábrica, enviados prontos a serem utilizados para a montagem do volume habitacional. Este processo implica no emprego de mão de obra utilizada na superfície da fábrica, mas ainda garante que parte do trabalho poderia ser feito pelos usuários finais em obra, poupando alguns gastos com mão de obra.

“*Fachadas*” seriam os painéis de madeira fresados, montados em blocos completos, montados de forma a formar cada uma das fachadas do volume habitacional, enviados prontos à obra. Implica gastos com mão de obra para montagem em fábrica, e também na necessidade de içar os componentes em obra, gerando mais custos, que em retorno poupam tempo de obra.

Em “*Volumes*” seriam todos os volumes habitacionais pré-fabricados e montados, entregues como compartimentos inteiros. Implica mais gastos com mão de obra para montagem em fábrica, e também na necessidade de içar os componentes em obra, gerando mais custos, que em retorno tornam a obra quase imediata.

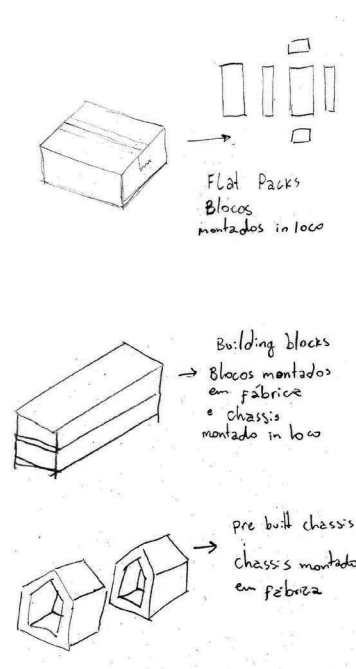


Fig. 2.3.2 - Esquissos sobre os métodos de transporte. Por RC.

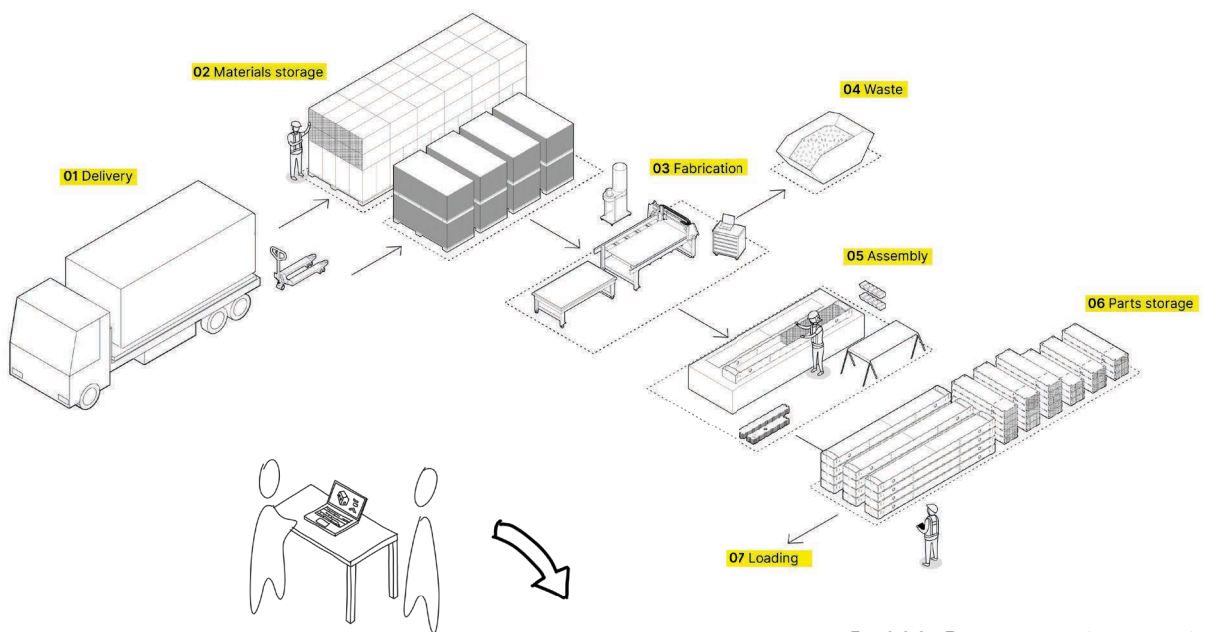


Fig. 2.3.3 - Esquema etapas do processo de fabrico de uma WikiHouse.

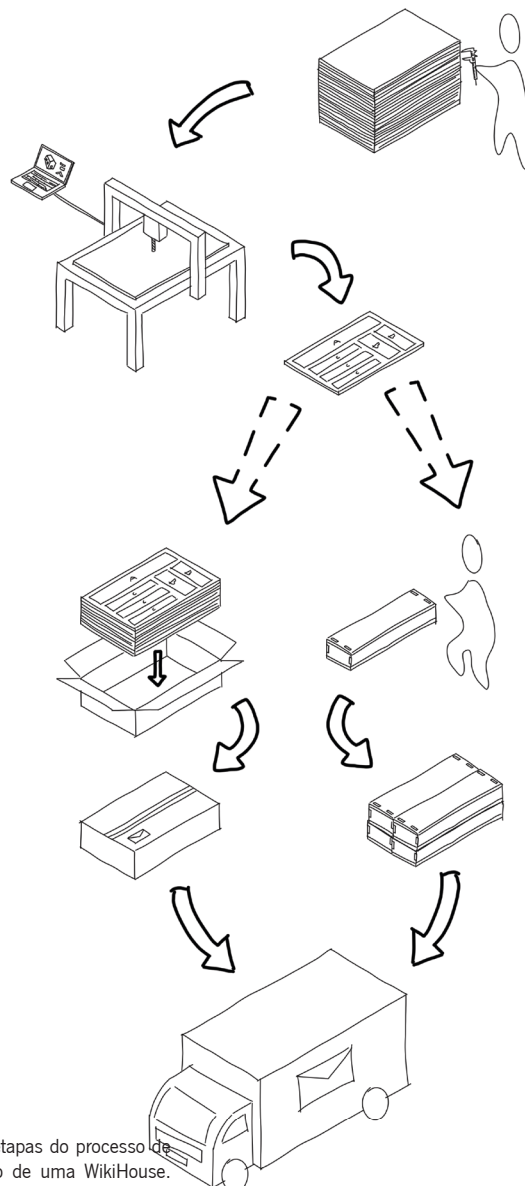


Fig. 2.3.4 - Esquema etapas do processo de design, fabrico e envio de uma WikiHouse.
Por RC.

3. Projeto

3.1. Um Projeto

3.2. Uma Experiência Prática

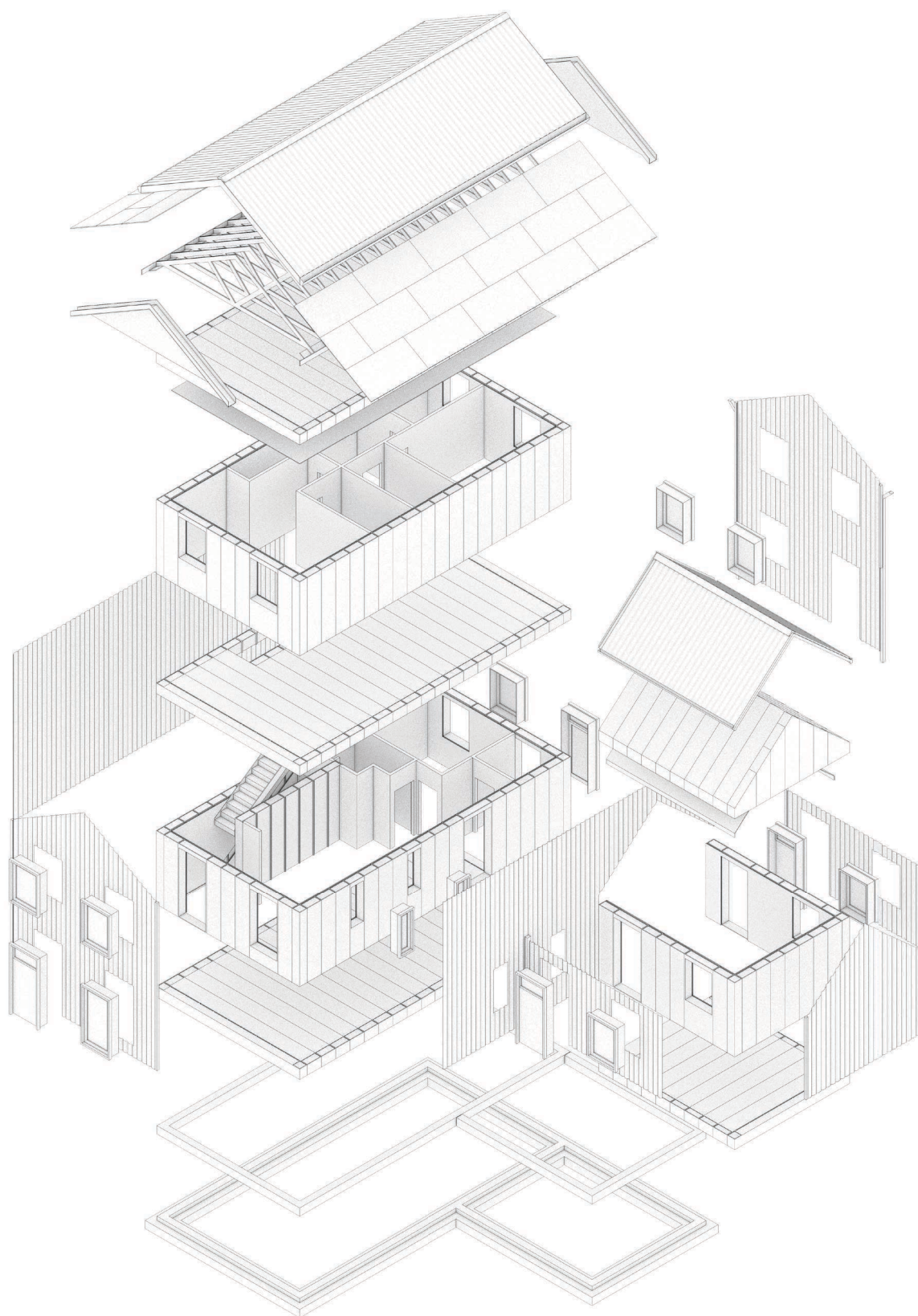


Fig. 3.1.1 - Isometria explodida do projeto. Por RC

3.1. Um Projeto

Tendo como base toda a investigação até aqui já assumida, foi realizado um projeto evolutivo demonstrativo das potencialidades do sistema e da aplicação das filosofias arquitetônicas estudadas.

O objetivo é possibilitar uma maior democratização das habitações, fundamentando-se no direito à habitação do Estado Português e na análise dos casos de estudo e sistema *WikiHouse*, garantindo as condições essenciais para elaborar e construir uma casa.

Este projeto consiste na aplicação prática do sistema, permitindo que o usuário final seja o agente principal do processo de construção da sua moradia, mesmo que não tenha conhecimentos prévios em arquitetura ou construção. O resultado é uma habitação acessível, simplificada, e com custos reduzidos, de acordo com a legislação vigente (RGEU e Lei das Acessibilidades), fortalecendo a autonomia do habitante no contexto do habitar.

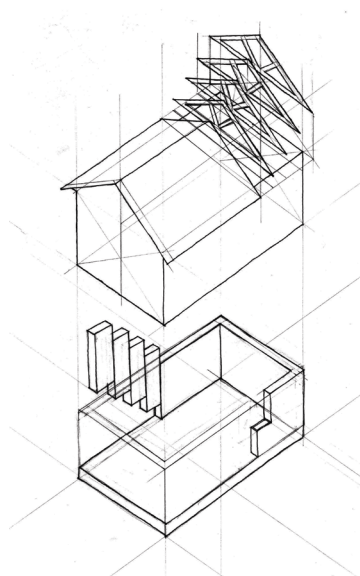


Fig. 3.1.2 - Esquisso de isometria explodida.
Por RC.

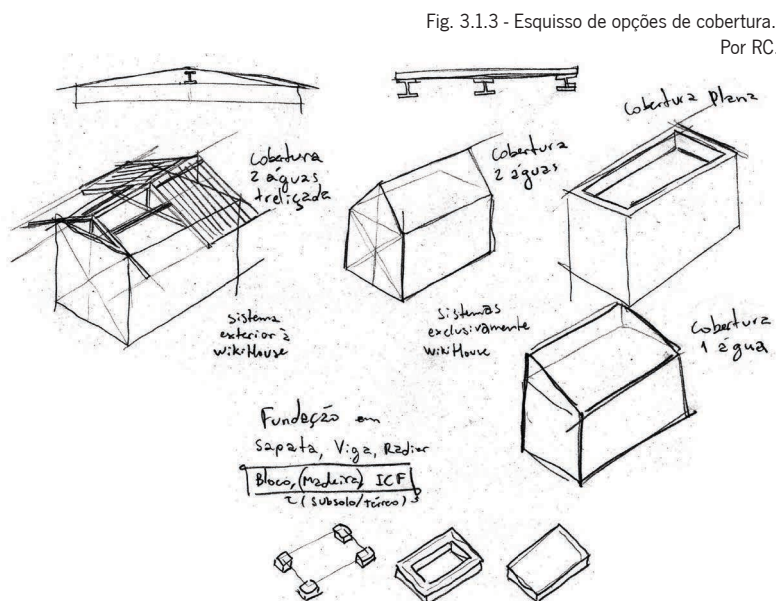


Fig. 3.1.3 - Esquisso de opções de cobertura.
Por RC.

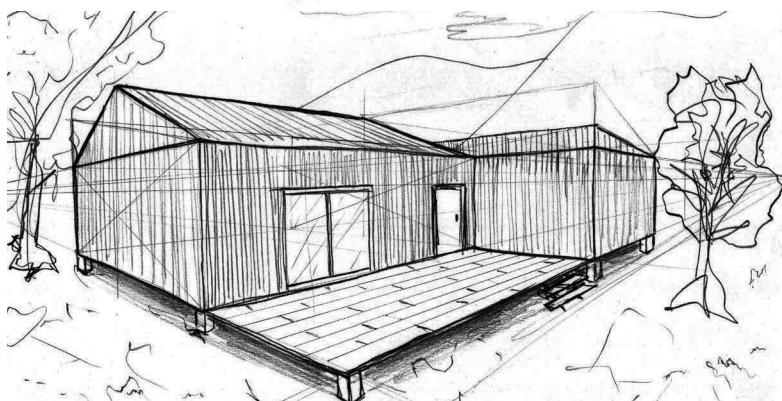
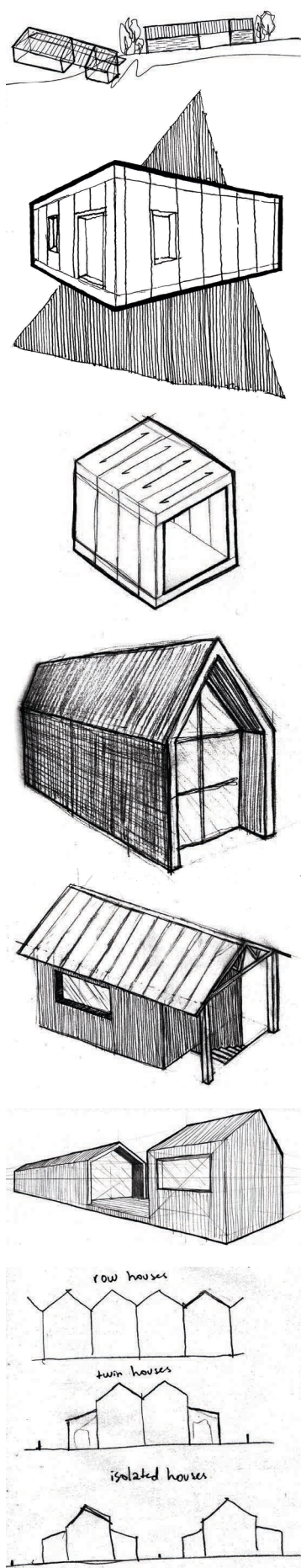


Fig. 3.1.4 - Esquisso de uma WikiHouse.
Por RC.



O processo de desenho do projeto fez com que nós passássemos por diversas formas, na tentativa de identificar a geometria que melhor correspondesse às nossas expectativas.

Foram consideradas as etapas evolutivas, a incidência da luz, a disposição dos cômodos, a relação entre os espaços, a interação com as casas vizinhas e a volumetria resultante. Uma vez que nós focamos no facto da casa poder crescer, optamos por uma casa isolada, ainda que parte da essência das casas em banda tenha sido mantida, com ênfase nos vãos das fachadas frontais e traseiras.

Elaboramos uma disposição que separa os espaços íntimos das zonas funcionais e de convívio, todavia, possibilita a expansão futura da habitação, garantindo sempre o conforto dos habitantes.

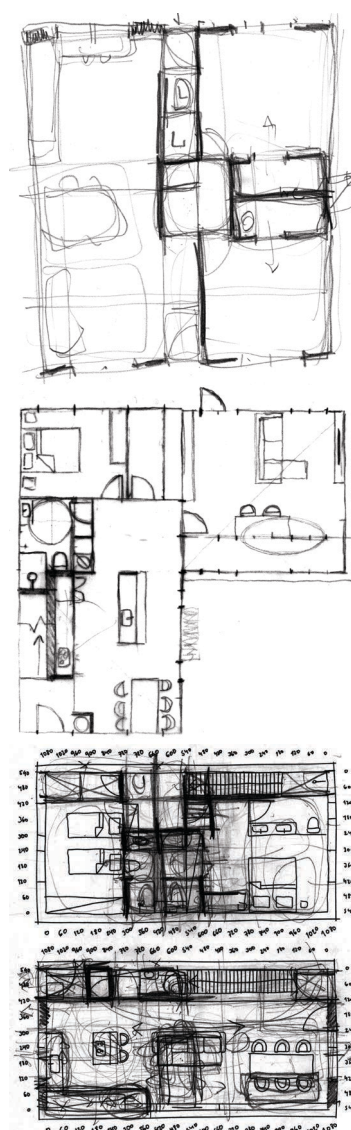
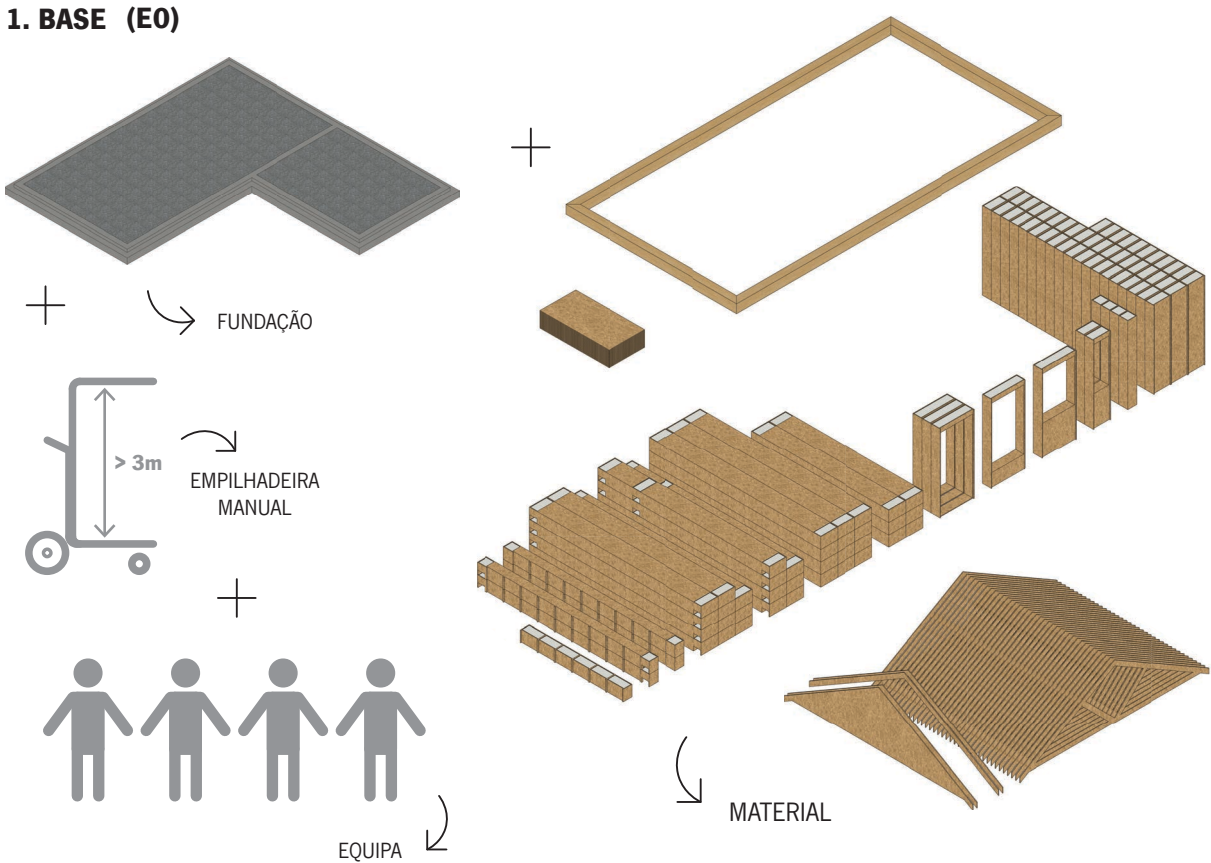


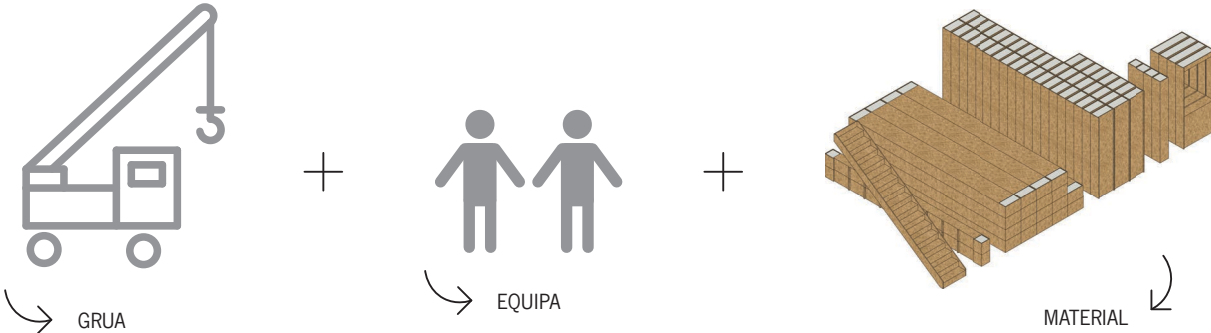
Fig. 3.1.5 - Esquissos do processo criativo. Por RC.



1. BASE (E0)



2. EVOLUÇÃO 1 (E1)



3. EVOLUÇÃO 2 (E2)

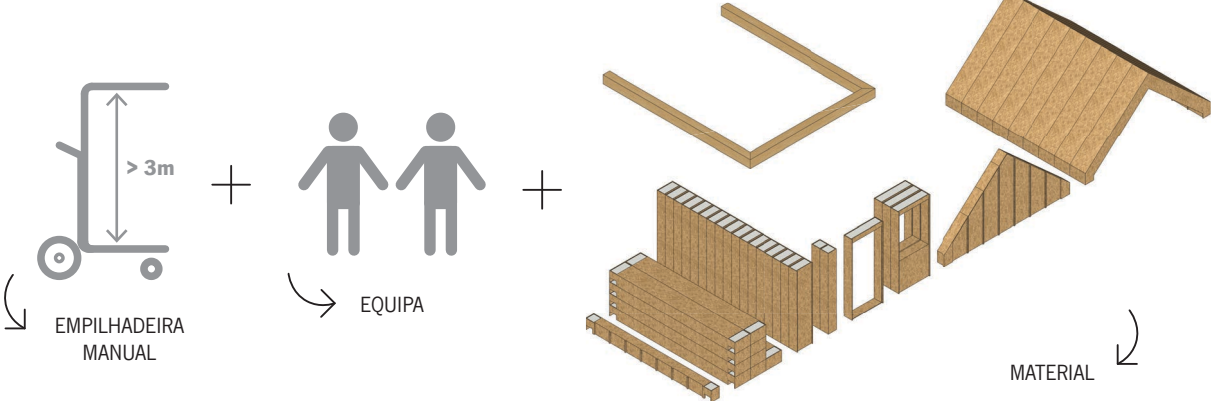
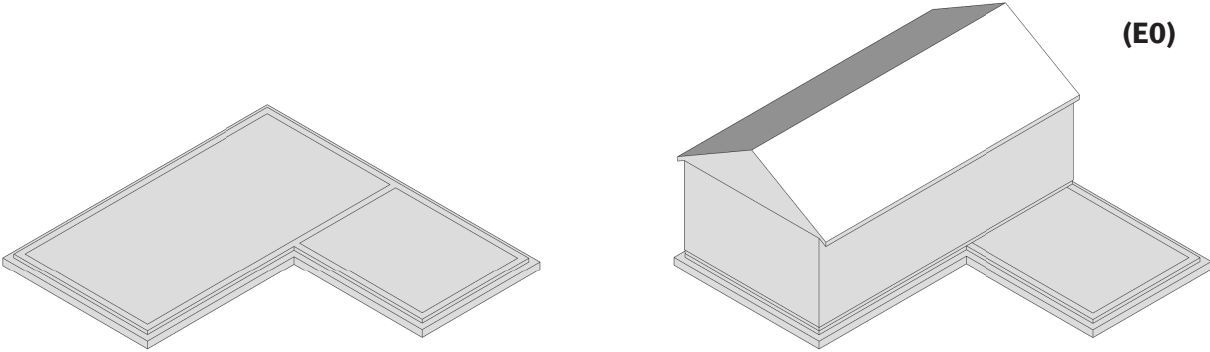
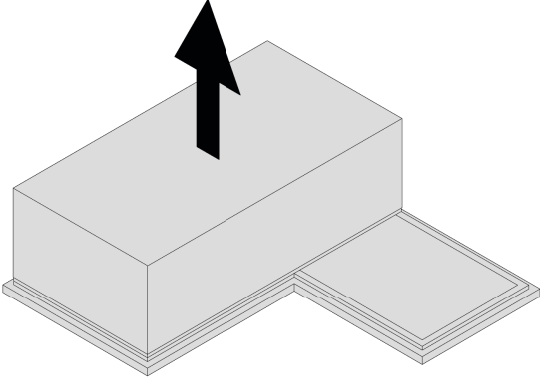


Fig. 3.1.6 - Esquema do material e equipa para construção. Por RC.
85

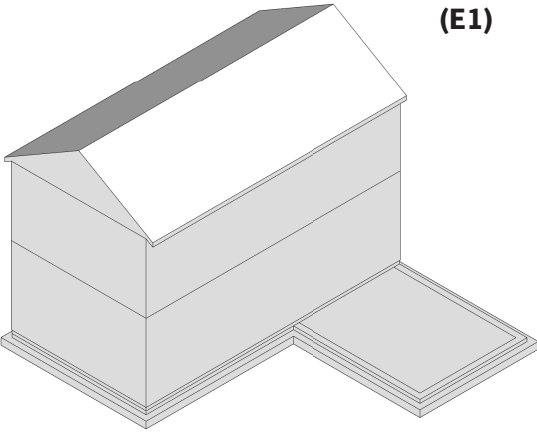


FUNDAÇÃO

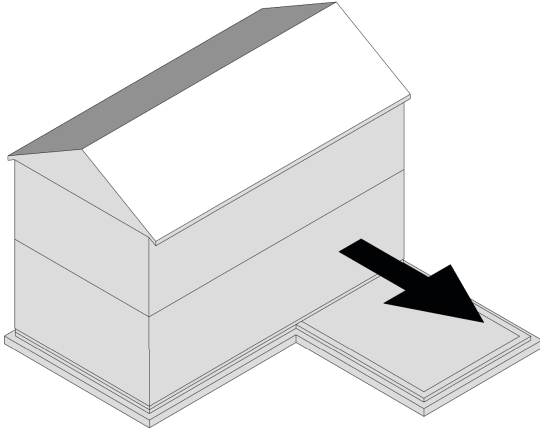
CONSTRUÇÃO BASE



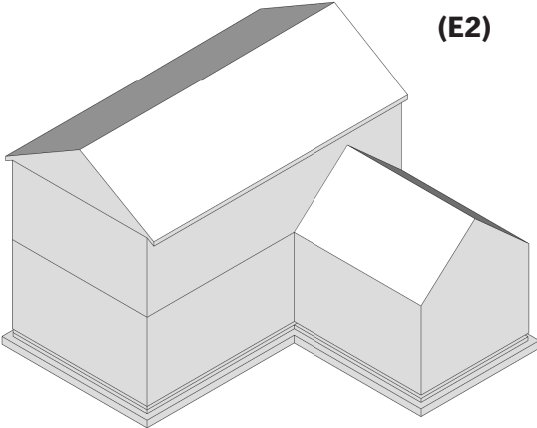
EXPANSÃO VERTICAL



EVOLUÇÃO 1



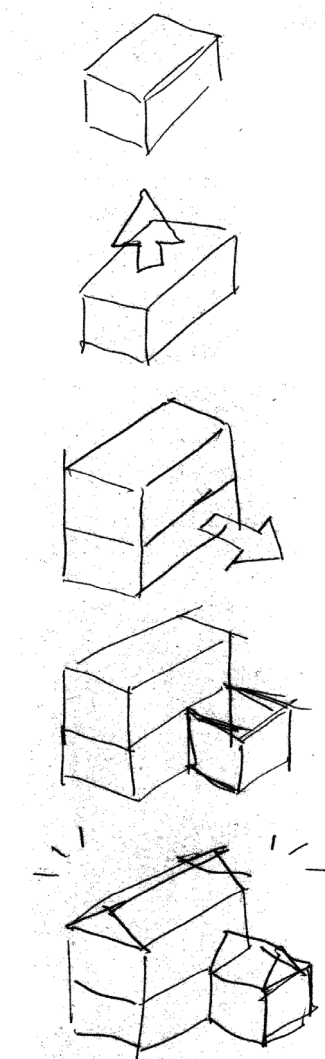
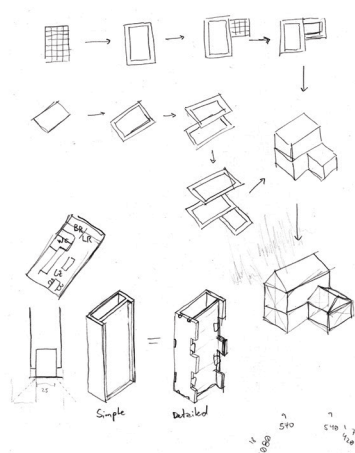
EXPANSÃO HORIZONTAL



EVOLUÇÃO 2

Fig. 3.1.7 - Esquema da evolução do projeto. Por RC.

Projeto Evolutivo



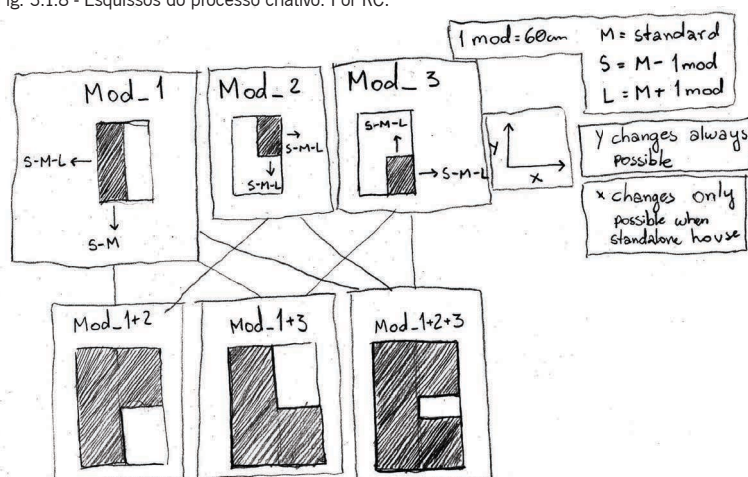
Este projeto não tem uma localização definida, podendo ser implantado em qualquer terreno plano. Entretanto, aqui assumimos a região do Norte de Portugal, para efeitos de consideração energética e material. Sendo assim, a fachada esquerda do edifício estaria voltada maioritariamente para o Norte, enquanto que a fachada frontal para o Oeste e a traseira para Este.

A habitação projetada passa por três momentos, de modo a poder crescer (com a família do habitante). Começa com um volume único (em T0), onde se considera apenas um habitante ou um casal. Em seguida, evolui para uma casa com dois níveis (em T2+1), onde se considera uma família composta por um casal e um ou dois filhos, com um espaço de trabalho. Por fim, evolui-se (em T4) para uma família maior, composta por um casal e dois ou três filhos, com espaço de trabalho em casa, e ambientes de convívio amplos.

O projeto contempla ainda a possibilidade de alteração das paredes interiores e função dos espaços, permitindo aos habitantes maior autonomia na decisão do uso das áreas.

As páginas interiores explicam como funcionam as etapas de construção e evolução deste projeto, assim como ilustram o material necessário.

Fig. 3.1.8 - Esquissos do processo criativo. Por RC.



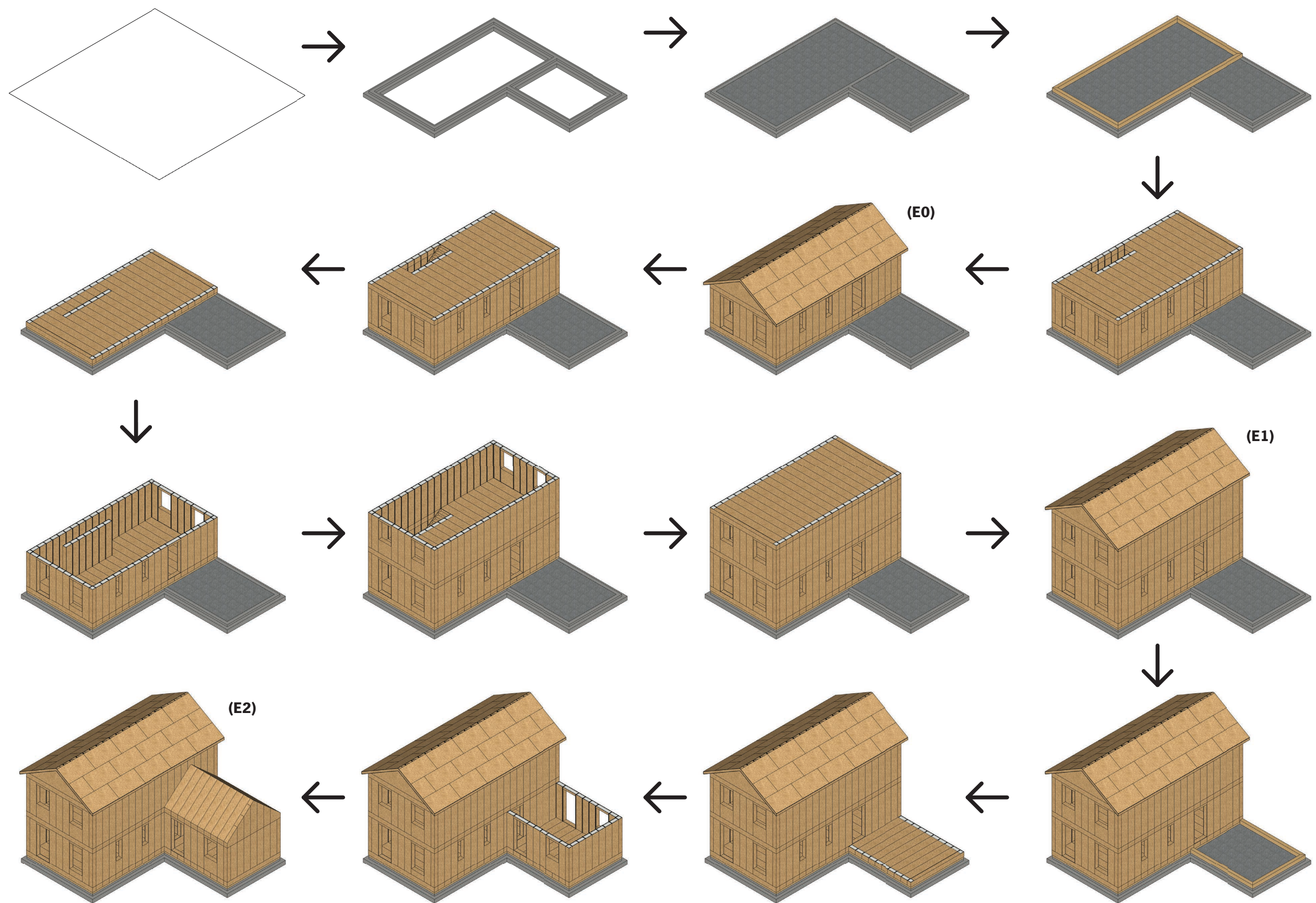


Fig. 3.1.9 - Esquema do processo de construção. Por RC.

Base (E0)

O módulo base da habitação tem as dimensões interiores de 540 por 1080 cm (medidos pelos blocos do sistema WikiHouse). É a fase mais trabalhosa e dispendiosa da construção, pois implica na preparação do terreno e fundação.

Todos os materiais utilizados são relativamente baratos e de fácil instalação, em junta seca. Com a excepção da armação e betonagem fundação, que é recomendado ser feita por especialistas para garantir que os esforços sejam devidamente transmitidos ao solo, toda a montagem pode ser feita por pessoas inexperientes, sendo a equipa mínima recomendada composta por quatro indivíduos, com auxílio de uma empilhadeira manual.

Como demonstrado nos esquemas do início do capítulo, a ordem de montagem é a seguinte: barrotes na fundação, blocos de piso, blocos de parede, blocos de cobertura, treliças de cobertura, revestimentos. No entanto, cabe dizer que entre a etapa de colocação dos blocos de cobertura e de treliças deve ser realizada uma impermeabilização, com membrana simples à prova d'água entre estes blocos, e com uma membrana transpirável na face exterior dos blocos de parede, como especificado nos pormenores.

A montagem da estrutura, a fase de revestimentos começa pelo exterior, e passa para o interior. A primeira etapa é a colocação dos vãos, que já devem estar prontas antes da montagem da estrutura, pois têm medidas exatas, possibilitando a encomenda prévia. Em seguida, é a cobertura, afixando as chapas metálicas diretamente no OSB de contraventamento da estrutura das treliças, e depois instalando as peças de acabamento, como a cumeeira, pingadeiras e calheiras.

Por fim, vem a instalação das chapas metálicas na fachada, que devem ser afixadas em ripas de madeiras aparafusadas horizontalmente nos blocos de parede, para então fazer o acabamento das janelas e cantos, e respectivos acabamentos interiores.

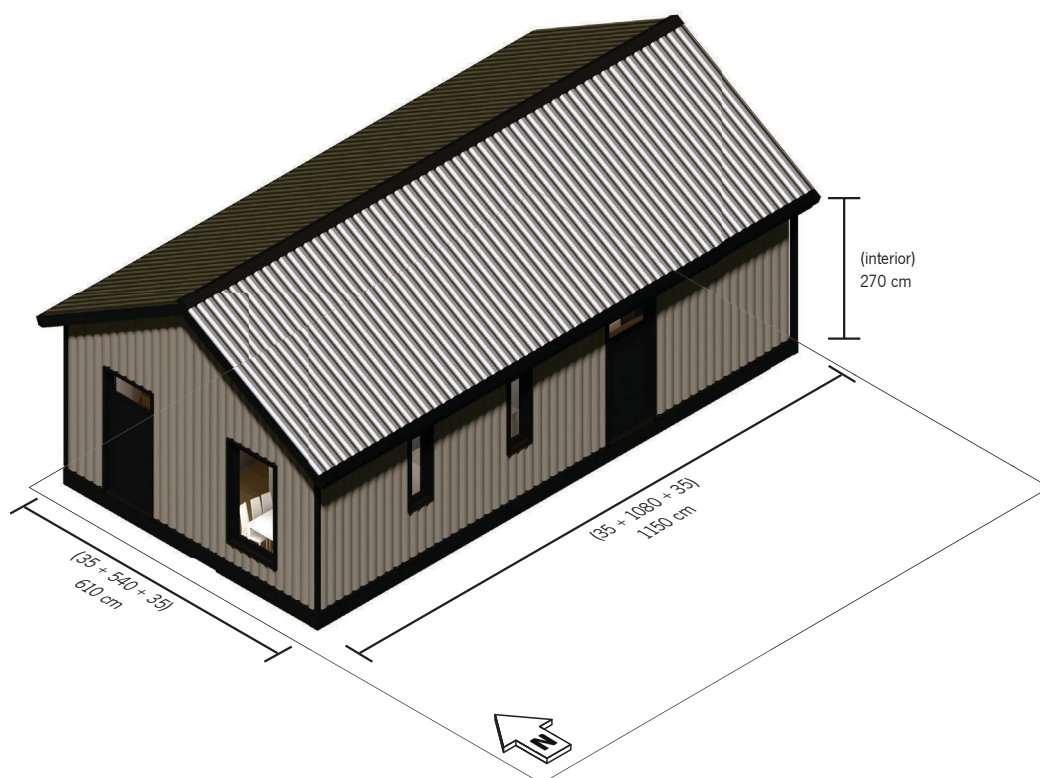


Fig. 3.1.10 - Isometria da E0. Por RC.

O piso único desdobra-se da seguinte forma: Hall de entrada, espaço para refeições, cozinha, corredor de distribuição, casa de banho, quarto-sala e lavandaria.

Nesta planta pretende-se garantir um espaço confortável mínimo, que possa ser expandido sem impor limites rígidos e imutáveis.

O revestimento do pavimento é feito por 'pavimento laminado', e as paredes são revestidas de gesso cartonado ('pladur') pintado, de fácil instalação, reparo e modificação.

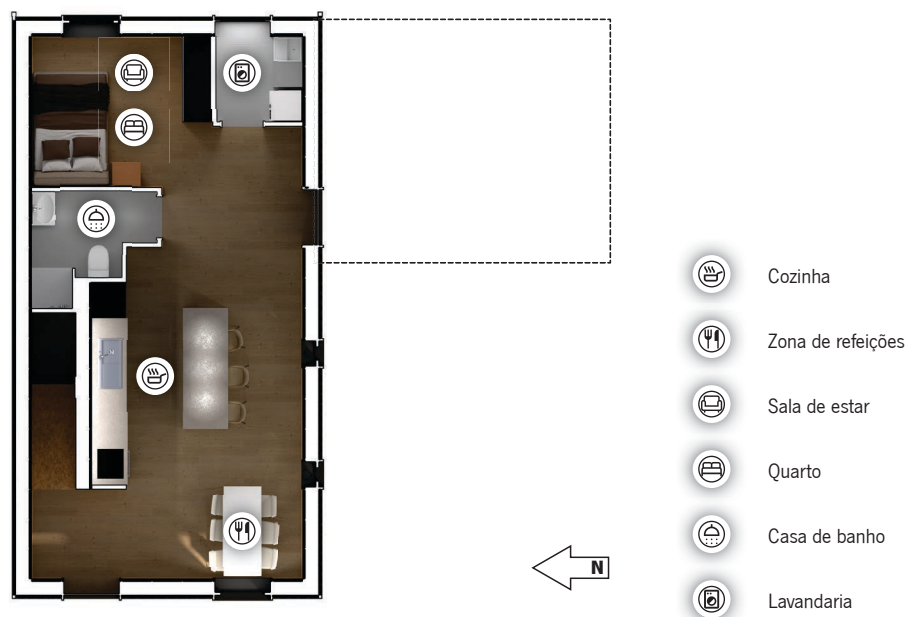


Fig. 3.1.11 - planta da E0. Por RC.

Evolução 1 (E1)

A Evolução 1 duplica o módulo base verticalmente. É a fase com menos componentes, mas, preferencialmente, implica no auxílio de uma grua para levantar a cobertura treliçada.

Os materiais são os mesmos da fase anterior, e a montagem continua podendo ser feita por pessoas inexperientes, sendo a equipa mínima recomendada composta por dois indivíduos.

A ordem de montagem é a seguinte: Remover a cobertura treliçada e a impermeabilização do pavimento de cobertura; colocar os blocos de parede; colocar os blocos de cobertura, colocar de volta a cobertura treliçada. Novamente, cabe lembrar que entre a etapa de colocação dos blocos de cobertura e de treliças deve ser realizada uma impermeabilização, com membrana simples à prova d'água entre estes blocos, e com uma membrana transpirável na face exterior dos blocos de parede, como especificado nos pormenores.

A fase de colocação dos revestimentos é idêntica à fase anterior, do exterior para o interior.

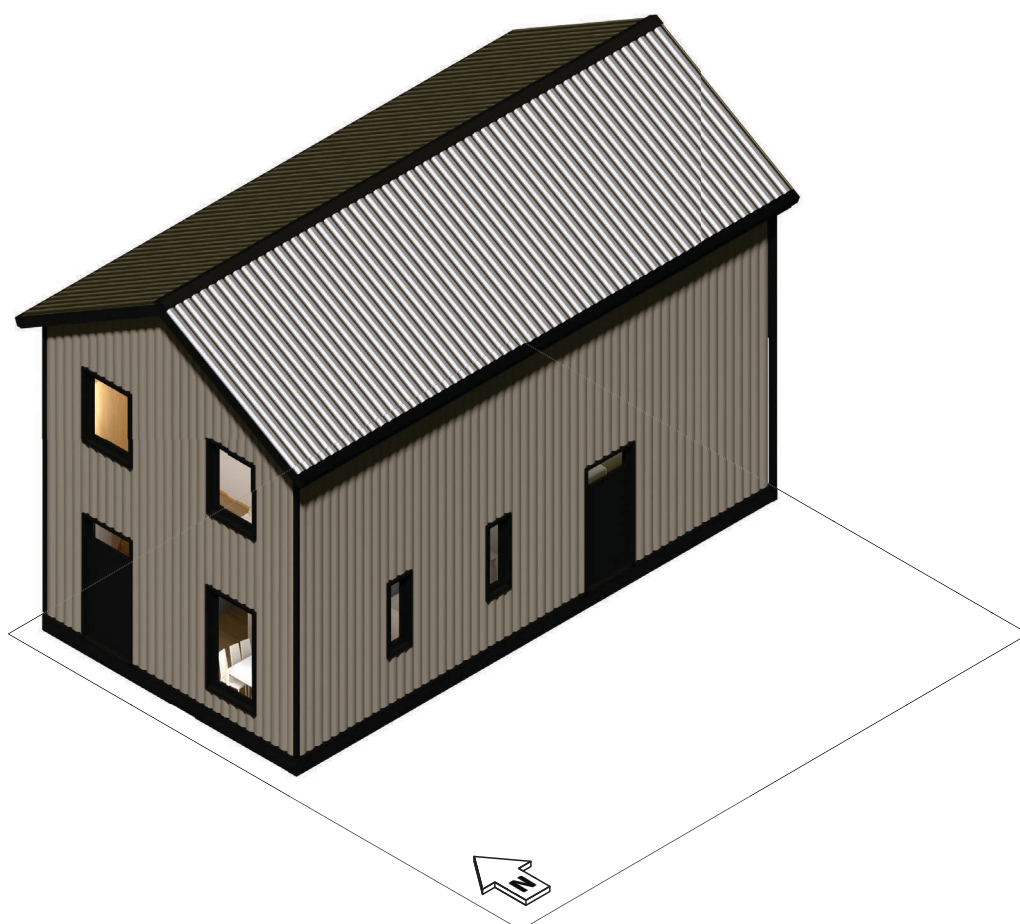


Fig. 3.1.12 - Isometria da E1. Por RC.

O piso 0, na Evolução 1, desdobra-se da seguinte forma: Hall de entrada, escadas, espaço para refeições, cozinha, corredor de distribuição, casa de banho, sala e lavandaria.

Nenhum espaço foi encerrado, e nenhum material de revestimento foi alterado. Houve apenas o acréscimo das escadas e a mudança de função de um dos espaços.

O piso 1, na Evolução 1, desdobra-se da seguinte forma: Corredor de distribuição, quarto simples, quarto de casal, casa de banho, e um quarto de casal com casa de banho privativa.

Este andar é completamente dedicado aos quartos, sendo uma zona privativa. O quarto mais pequeno pode ser usado para dormir ou para trabalhar (como consta neste caso), e o quarto de casal pode acomodar facilmente duas crianças. O quarto de casal em suíte, pela grande dimensão, pode ainda ser compartimentado para incluir um cómodo exclusivo para troca de roupa (estilo *walk-in closet*) ou uma pequena sala privativa, por exemplo.

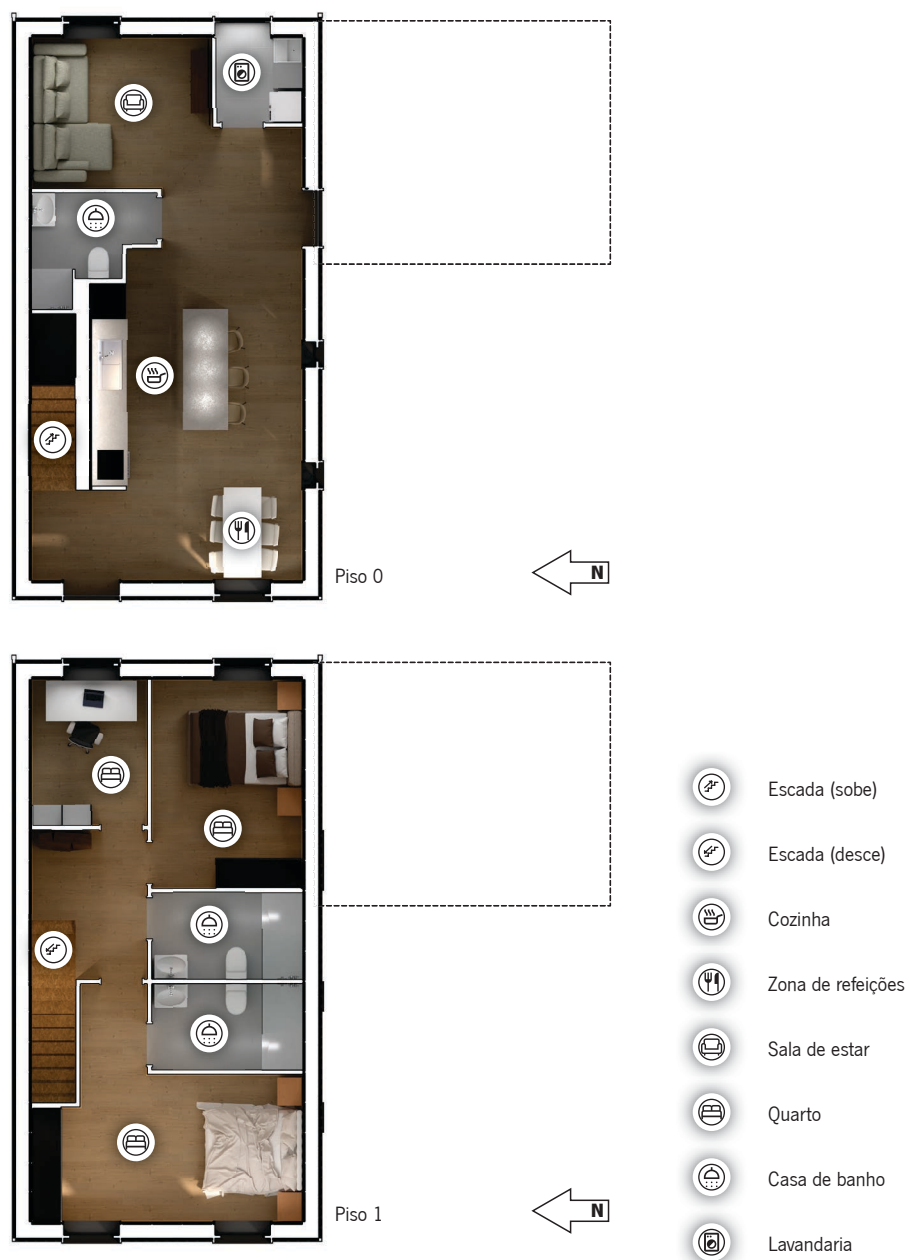


Fig. 3.1.13 - Plantas da E1. Por RC.

Evolução 2 (E2)

A Evolução 2 adossa um novo módulo mais pequeno (de 420 por 540 cm interiores) ao módulo base, orientado estruturalmente a 90 graus, a fim de aproveitar uma das paredes. É a fase menos complexa de se executar, com poucas peças e sem trabalhar com grandes elevações.

Os materiais são os mesmos da fase anterior, e a montagem continua podendo ser feita por pessoas inexperientes, sendo a equipa mínima recomendada composta por dois indivíduos, com auxílio de uma empilhadeira manual.

A ordem de montagem é a seguinte: barrotes, blocos de pavimento, blocos de parede, blocos de cobertura, revestimento. Neste caso a impermeabilização, idêntica às anteriores, ocorre após a montagem completa do módulo.

A fase de colocação dos revestimentos é idêntica à fase anterior, do exterior para o interior.

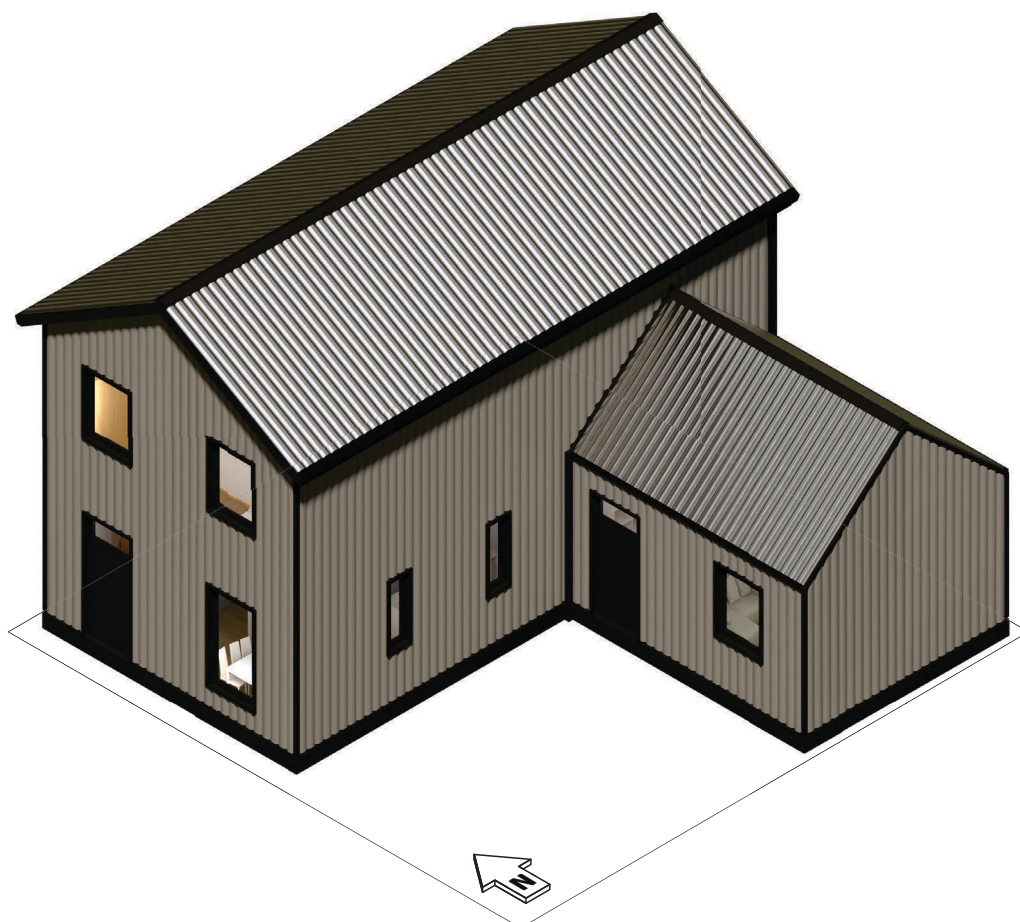


Fig. 3.1.14 - Isometria da E2. Por RC.

O piso 0, na Evolução 2, desdobra-se da seguinte forma: Hall de entrada, escadas, espaço para refeições, cozinha, corredor de distribuição, casa de banho, quarto, lavanderia e sala.

O espaço que anteriormente era a sala foi encerrado, dando lugar a mais um quarto (de casal pelo RGEU). Nenhum material de revestimento foi alterado.

O novo módulo, neste caso, está sendo utilizado como sala de estar, mas sendo amplo e sem compartimentos, pode ser personalizado como o habitante bem entender, e, devido a presença de portas para o exterior, poderia inclusive ser utilizado como espaço autônomo à casa.

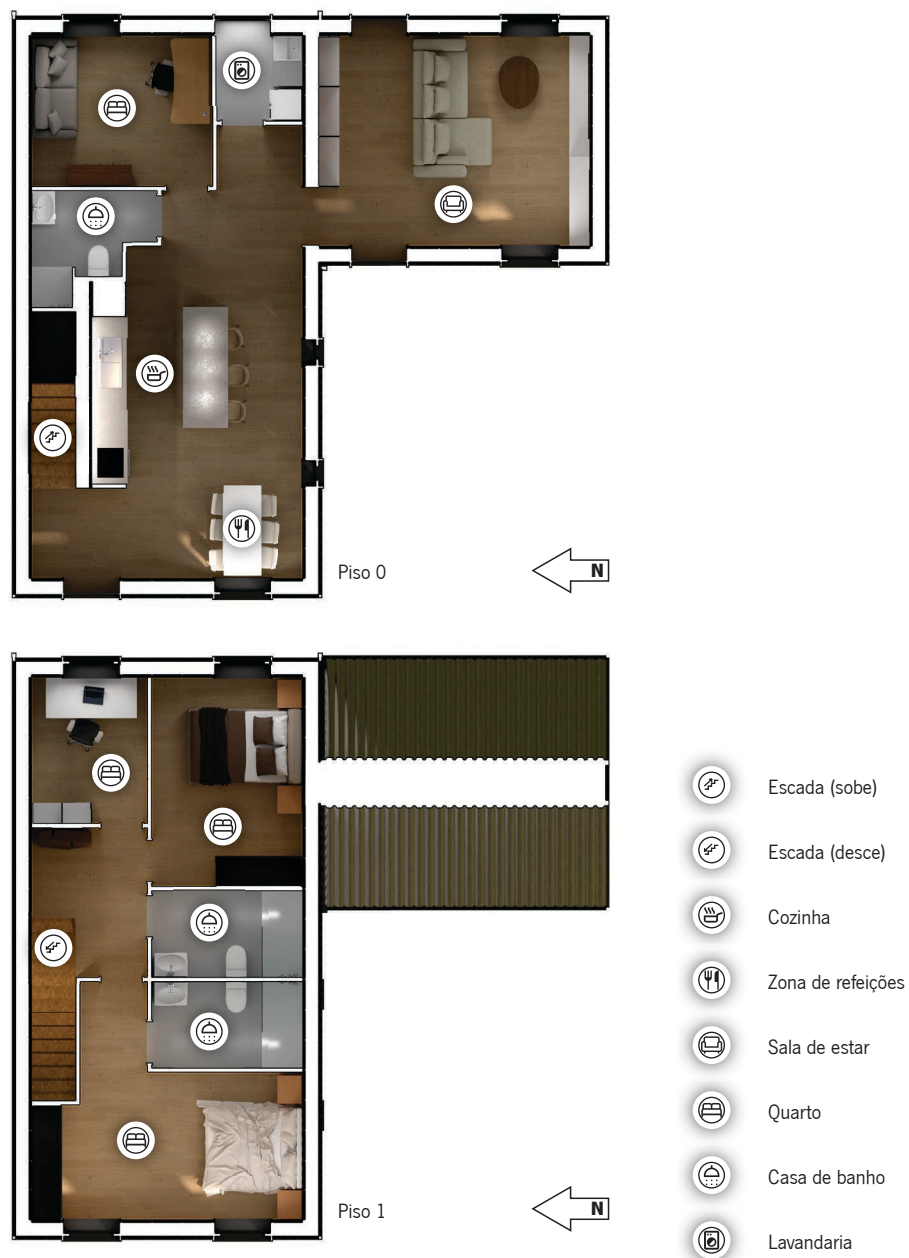


Fig. 3.1.15 - Plantas da E2. Por RC.

Isometrias

Nesta página é possível ver isometrias do projeto, que mostram a volumetria do mesmo, de todos os ângulos da casa, de modo a perceber a forma final. O projeto consiste num volume mais longitudinal, e um segundo volume, menor e mais baixo, adossado ao maior de modo a formar um 'L'.

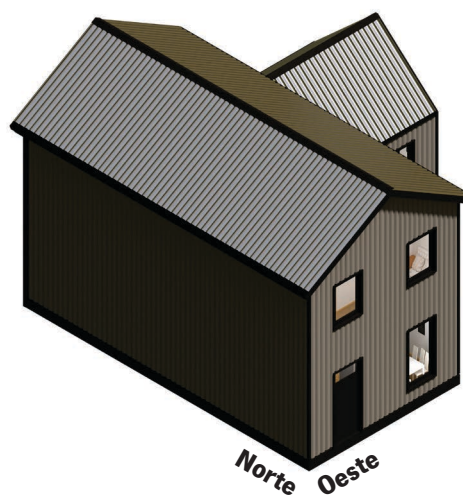
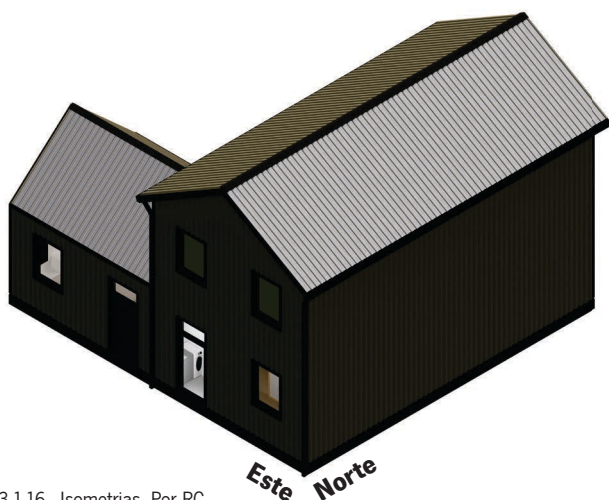
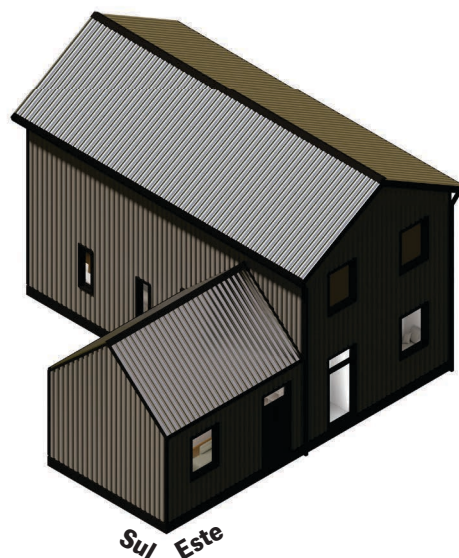
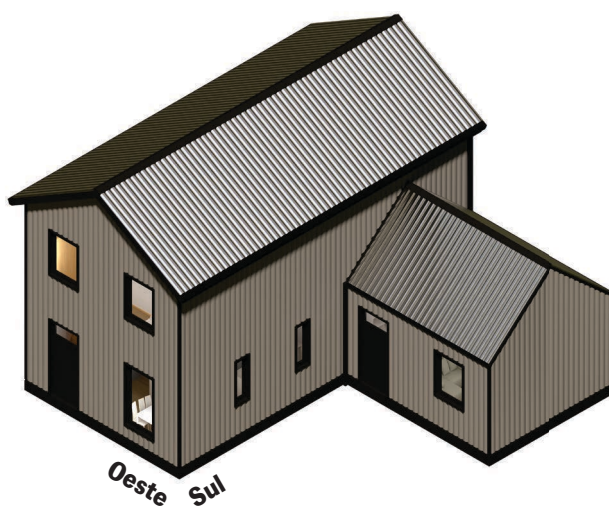
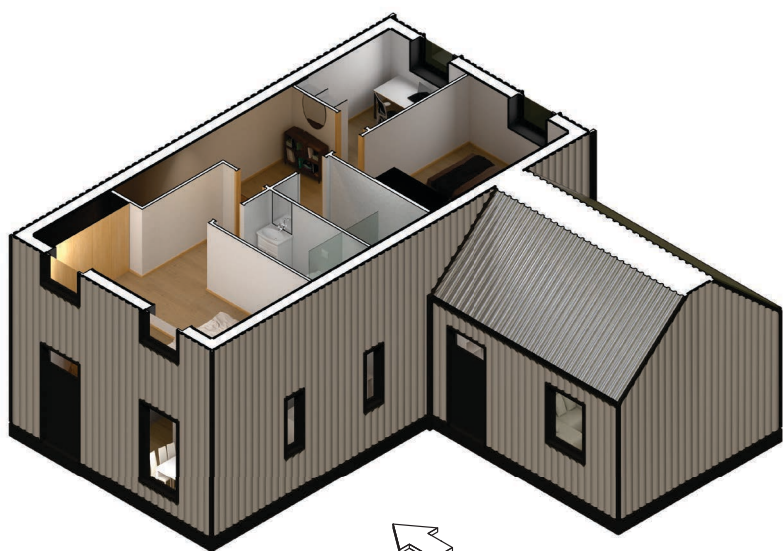


Fig. 3.1.16 - Isometrias. Por RC.

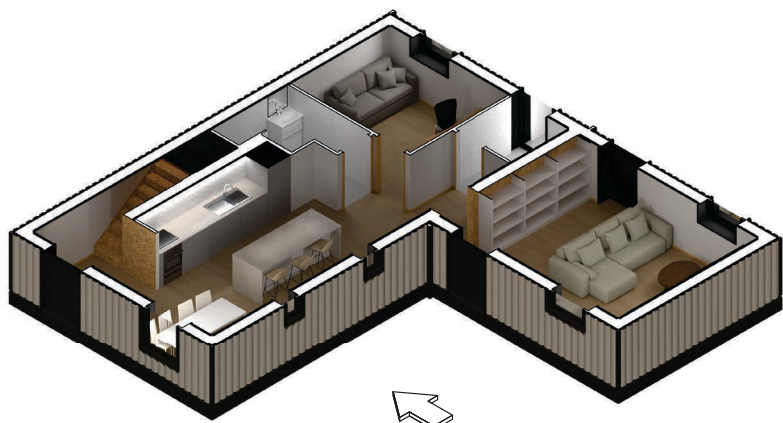
Isometrias em corte

Na primeira isometria, apresentada no topo da folha, é possível ter uma visão do interior do piso superior. Nele estão organizados dois quartos, uma casa de banho partilhada, uma suíte e um espaço de distribuição para acesso às divisões.

Na segunda isometria, ao fundo da página, é possível visualizar o espaço interior do piso inferior. Este piso possui um espaço de entrada, próximo a escada que articula os dois pisos e próximo à cozinha. Além desses espaços, este piso conta com sala de estar, um escritório/quarto, mais uma casa de banho e uma lavandaria.



Piso 1



Piso 0

Fig. 3.1.17 - Isometrias em corte. Por RC.

Alçados

Os alçados representados correspondem às fachadas Frontal-Oeste (alçado localizado no topo da página) e Direita-Sul (localizado ao fundo da página).

A fachada Oeste corresponde àquela que possui as entradas para o edifício. Possui vãos para a cozinha e sala de estar, no piso inferior, e para a suíte, no piso superior.

O alçado correspondente à fachada Sul mostra dois vãos que correspondem à cozinha e um volume sobressalente sem aberturas, que corresponde à sala de estar, adicionado com a evolução dois do projeto.

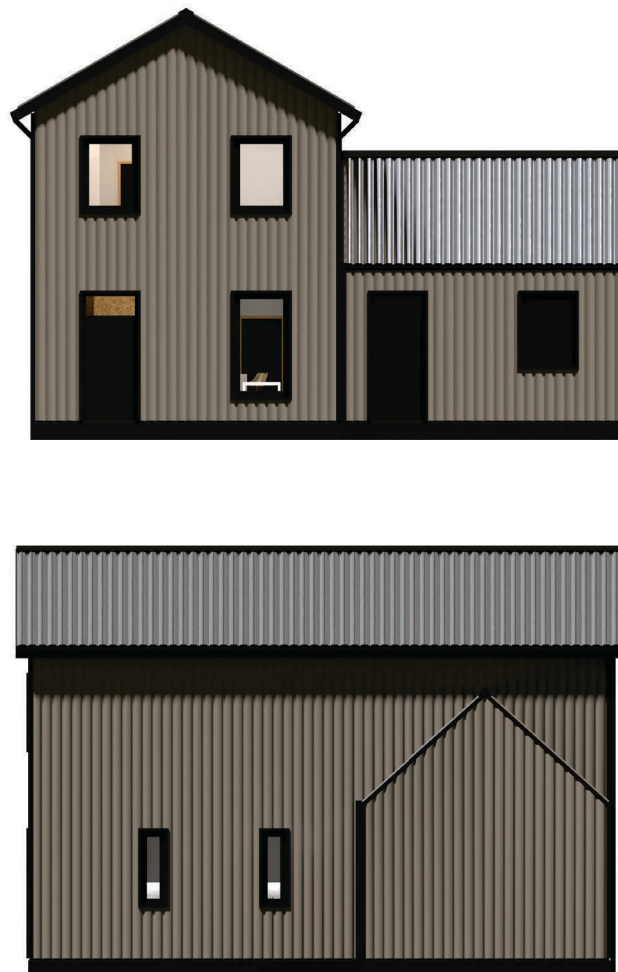


Fig. 3.1.18 - Alçados (Oeste e Sul). Por RC.

Alçados

As imagens apresentadas correspondem às fachadas Traseira-Este (posicionado acima) e Esquerda-Norte (ao fundo da página).

A fachada Este corresponde às traseiras da casa. Possui dois acessos ao interior e vãos para a sala e o quarto/escritório, no piso inferior, e para dois quartos do piso superior.

O alçado correspondente à fachada voltada a Norte não possui aberturas, para melhor desempenho energético.

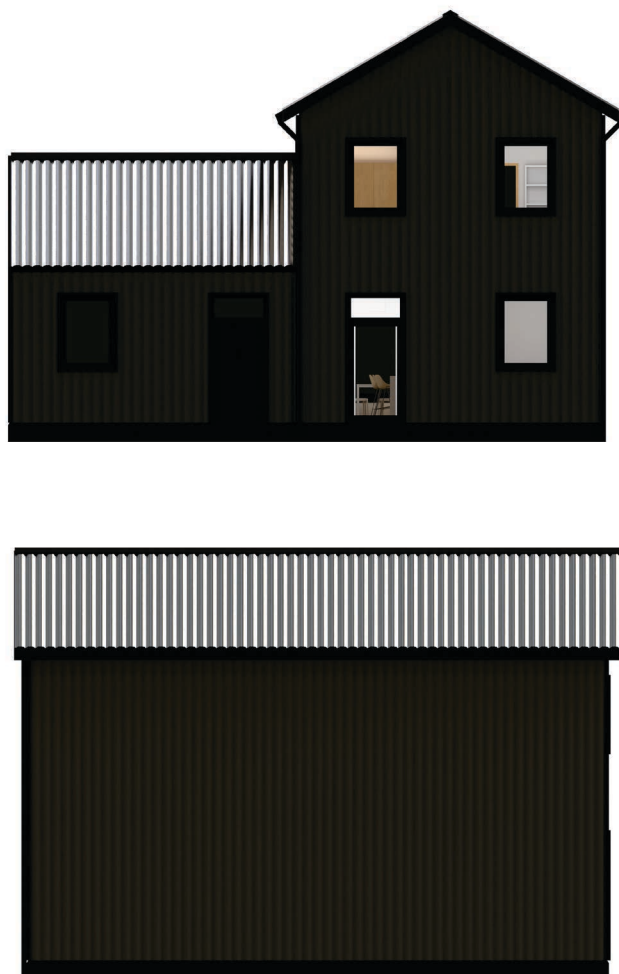


Fig. 3.1.19 - Alçados (Este e Norte). Por RC.

Cortes

Os cortes apresentados ao lado foram feitos no eixo transversal do edifício, da fachada frontal para a traseira.

O corte apresentado mais acima da página mostra uma visão interior dos dois pisos da residência, além de apresentar, em alçado, o módulo acrescentado na última evolução do projeto, que consiste numa sala de estar. Na parte em corte, é possível perceber a articulação vertical entre os pisos, com a vista da escada, além de uma visão de um dos quartos (pisso superior) e da cozinha (pisso inferior).

O corte posicionado ao fundo da página mostra a articulação das três evoluções do projeto. No piso inferior é possível observar a casa de banho, a porta do quarto-sala e a lavandaria, previstos no projeto base, além da sala de estar, que consiste no acrescento da segunda evolução da casa.



Fig. 3.1.20 - Cortes (Oeste-Este). Por RC.

Cortes

Estes cortes foram feitos no eixo longitudinal do projeto. Da direita para esquerda.

O primeiro corte, posicionado acima, mostra uma visão interior da sala de estar, que consiste no acrescento da última evolução do projeto. Ao fundo, em alçado, é possível ver o outro eixo da casa, onde estão organizadas as outras divisões.

Com o segundo corte, localizado abaixo, é possível observar a organização dos dois pisos da residência. No piso superior o corte passou por dois quartos e pelas duas casas de banho do piso. No piso de baixo, o corte revela uma vista da cozinha, e é possível ver a porta da casa de banho deste piso e o interior do quarto-sala.



Fig. 3.1.21 - Cortes (Sul-Norte). Por RC.

Cortes

Os cortes apresentados foram feitos ao eixo transversal do projeto. Da traseira para a frente.

O primeiro, localizado no topo da folha, mostra a sala de estar (módulo à esquerda) e a porta e janela que a ligam ao exterior à frente. Além disso, é possível ter uma visão da cozinha e casa de banho, sendo todas essas divisões referidas localizadas no piso inferior do projeto. No piso superior, é possível ver o espaço de distribuição, assim como a visão interior de um dos quartos deste piso.

No corte posicionado ao fundo da página, há uma visão interior da suíte, localizada no piso superior, com o corte revelando a casa de banho e o corredor de entrada deste quarto. No piso inferior, é possível ver a cozinha.



Fig. 3.1.22 - Cortes (Este-Oeste). Por RC.

Cortes

Os cortes mostrados foram traçados no eixo longitudinal do projeto, da esquerda para a direita.

O corte apresentado na parte superior da folha mostra a ligação dos dois pisos, com a escada, que liga o espaço de entrada (no piso inferior) ao espaço de distribuição e acesso aos quartos (no piso superior). Além disso, é possível ter uma visão de uma parte da cozinha, da casa de banho e do quarto/escritório do piso de entrada. No piso superior, é possível ver, além do corredor de distribuição, o interior de dois quartos deste piso.

O corte de baixo avança um pouco mais, mostrando, no piso de cima, a interação dos quartos com as casas de banho, enquanto no piso de baixo mostra a relação dos espaços no eixo central ininterrupto da casa, entre quarto-sala, entrada do módulo adossado, cozinha e espaço de refeições.

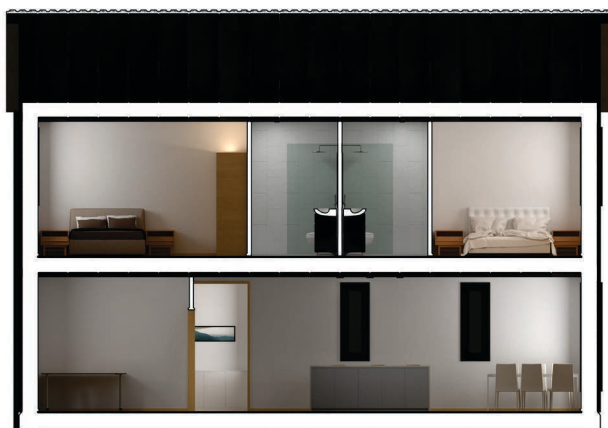
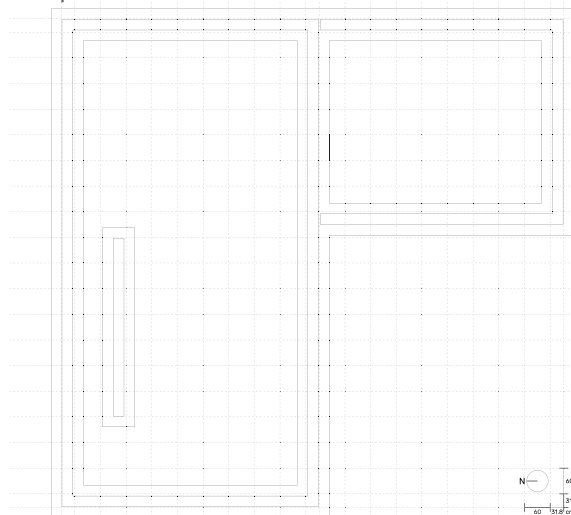


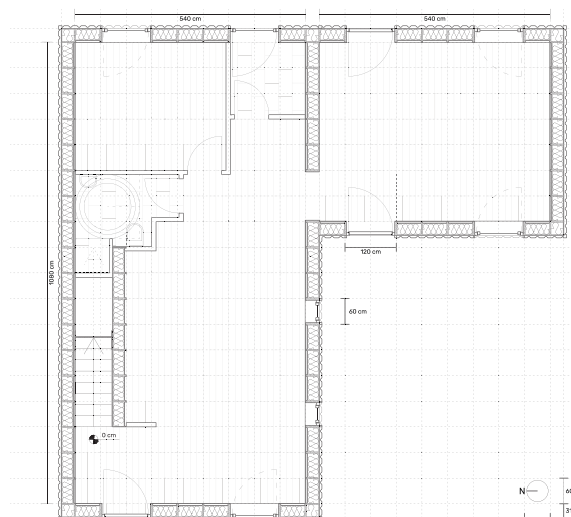
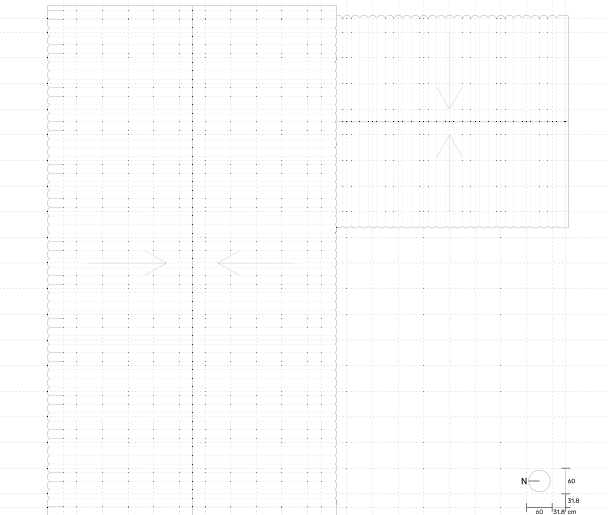
Fig. 3.1.23 - Cortes (Norte-Sul). Por RC.

Plantas Construtivas

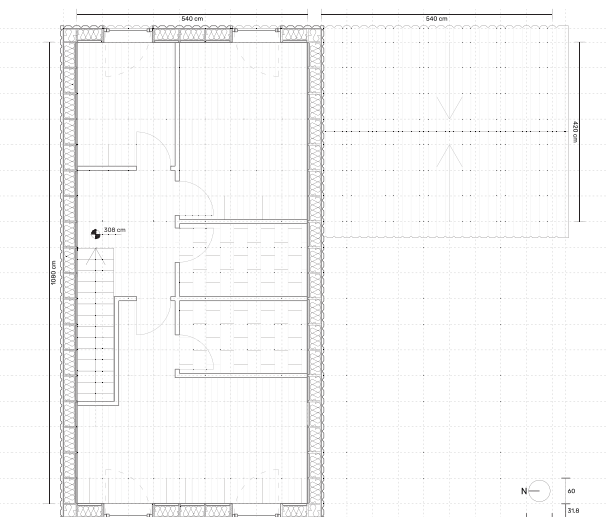
Fundação



Cobertura



Piso 0



Piso 1

Fig. 3.1.24 - Plantas construtivas. Por RC.

Pormenores

- 1 - MONTANTE DE RIPA DE MADEIRA APARAFUSADA COM FITA BUTÍLICA NO ENCONTRO
- 2 - MEMBRANA IMPERMEÁVEL
- 3 - OSB3 18MM
- 4 - CHAPA METÁLICA PERFILADA TRAPEZOIDAL COM ACABAMENTO REFLEXIVO
- 5 - PERFIL METÁLICO
- 6 - CHAPA METÁLICA PERFILADA TRAPEZOIDAL PINTADA A CINZA
- 7 - MEMBRANA IMPERMEÁVEL TRANSPIRÁVEL
- 8 - ISOLAMENTO EM LÃ DE ROCHA
- 9 - PARAFUSO DE ANCORAGEM
- 10 - BARROTE DE MADEIRA 250X300MM
- 11 - BORRACHA IMPERMEABILIZANTE
- 12 - FUNDAÇÃO DE BETÃO
- 13 - TERRA
- 14 - SISTEMA DE DRENAGEM
- 15 - AREIA
- 16 - BRITA
- 17 - REDE CONTRA INSETOS
- 18 - SUB PAVIMENTO DE REDUÇÃO ACÚSTICA
- 19 - PAVIMENTO LAMINADO FLUTUANTE
- 20 - MEMBRANA DE CONTROLE DE VAPOR
- 21 - GESSO ACARTONADO
- 22 - TRELIÇA
- 23 - MONTANTE METÁLICO 'C' 48X35MM
- 24 - VIDRO DUPLO
- 25 - CAIXILHO EM PVC

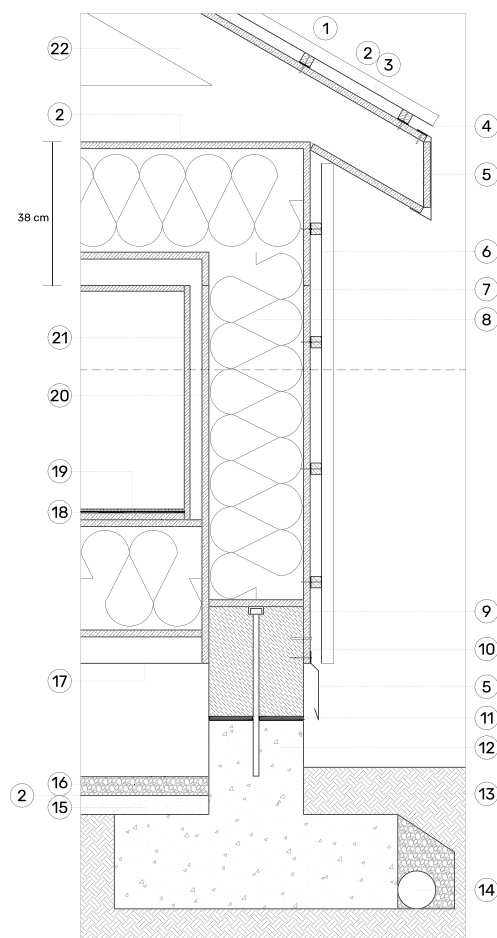
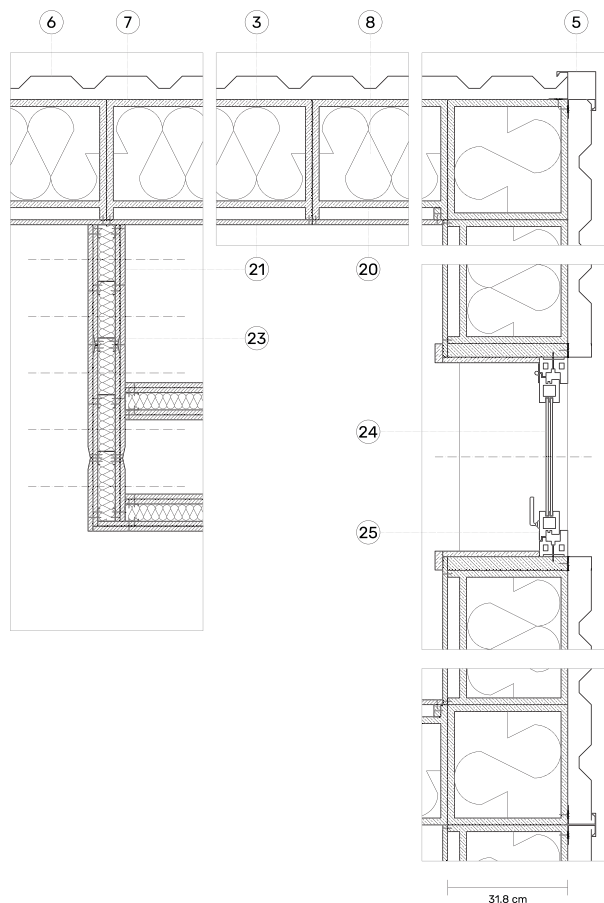
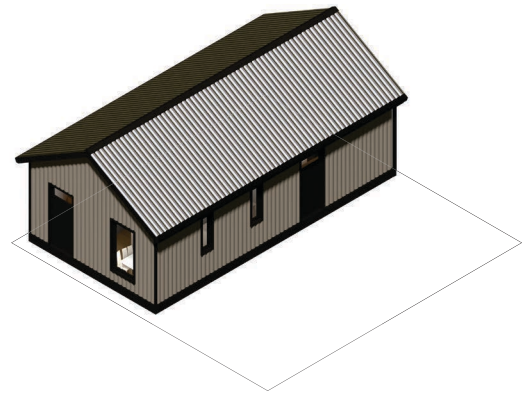
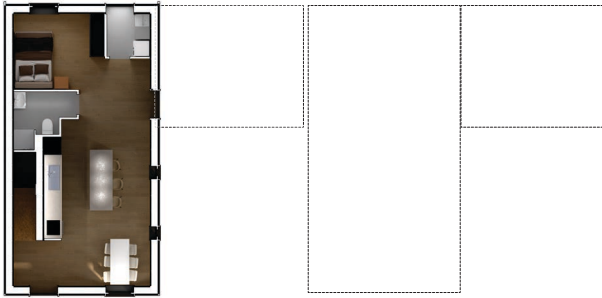


Fig. 3.1.25 - Pormenores construtivos (esc. 1:20). Por RC.

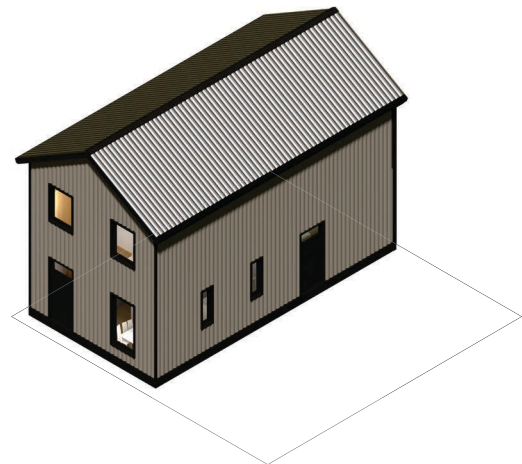


Fig. 3.1.26 - Isometria explodida com materialidade. Por RC.

E0 



E1 



E2 

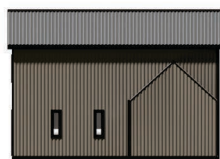
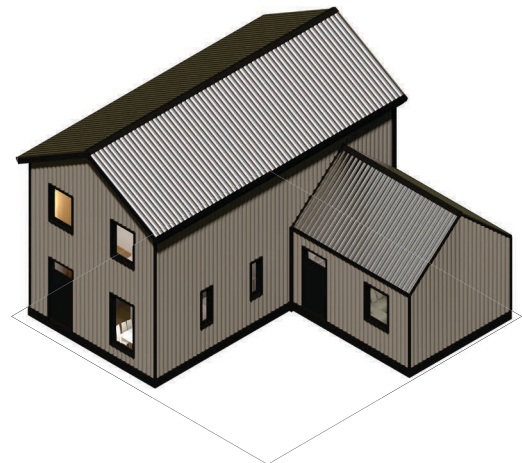


Fig. 3.1.27 - Esquema de sumário da evolução do projeto. Por RC.

Percurso pelo projeto

As imagens a seguir representam o espaço interior do projeto, na sua fase final, com o intuito de mostrar alguns exemplos de materialidade com mobília.



Fig. 3.1.28 - Indicação das vistas. Por RC.



Fig. 3.1.29 - Vista 1. Por RC.

Vista 1:

Hall de entrada, imediatamente após entrar na casa. A frente, a parede com OSB à vista já referencia o sistema utilizado. À esquerda, a escada para o pavimento superior. A direita, o espaço de refeições, composto por cozinha, aberta, e a mesa de comer.



Fig. 3.1.30 - Vista 2. Por RC.

Vista 2:

Cozinha. Foi pensada em espaço aberto, pelo fato de o módulo base do projeto poder ser utilizado como T0 (habitação de espaço único). Contém uma bancada linear para preparação de alimentos, e uma ilha de apoio, que pode ser usada como superfície para refeições ou bancada de trabalho.



Fig. 3.1.31 - Vista 3. Por RC.

Vista 3:

Corredor de distribuição. Encontra-se entre a cozinha e os fundos da casa, dá acesso à casa de banho, quarto (quarto-sala na evolução base), lavanderia, e sala de estar. As paredes interiores são feitas em sistema de gesso acartonado e podem ser facilmente adaptadas a outras necessidades.

Vista 4:

Corredor de distribuição. Vista para o quarto e lavanderia, à frente, e para a casa de banho e sala de estar, aos lados, paralela ao eixo longitudinal da construção, em seguida da ilha da cozinha.



Fig. 3.1.32 - Vista 4. Por RC.

Vista 5:

Casa de banho. Está encastrada entre a cozinha e o quarto, e parcialmente debaixo da escada, justificado pelo fato do RGEU permitir pés direitos mais baixos para as instalações sanitárias. Foi pensado de forma a garantir um espaço mínimo confortável, otimizado, mas ainda a cumprir com a lei das acessibilidades.



Fig. 3.1.33 - Vista 5. Por RC.

Vista 6:

Quarto. Neste exemplo está configurado como um escritório e quarto de hóspedes, mas tem as dimensões para ser um quarto de casal pelo RGEU, visto que os habitantes poderiam querer tornar o T0 base em T1 antes de fazer qualquer acrescento à estrutura, caso a sala não lhes faça falta.



Fig. 3.1.34 - Vista 6. Por RC.



Fig. 3.1.35 - Vista 7. Por RC.

Vista 7:

Lavandaria. Tem uma janela-porta de acesso ao exterior, útil para rapidamente tratar da roupa. Neste exemplo é composta apenas por um móvel com lavatório cerâmico multiusos e uma máquina lava-roupas.



Fig. 3.1.36 - Vista 8. Por RC

Vista 8:

Sala de estar. Módulo independente adossado na evolução 2, composto por um espaço único com pé direito aumentado graças à cobertura de duas águas do sistema WikiHouse. Neste caso está configurado como uma sala ampla, e possui saídas independentes para o exterior.



Fig. 3.1.37 - Vista 9. Por RC.

Vista 9:

Sala de estar. Porta de saída para os fundos da casa, entre o sofá e móvel de prateleiras, formando um corredor. a disposição dos vão é simétrica no módulo, garantindo ventilação cruzada. Nesta vista é possível ver, novamente, um pedaço da estrutura do edifício, que pode estar à mostra pela anexação do módulo.

Vista 10: ↙↗

Sala de estar. O vão para entrada pelo interior ficou aberto, mas pode ser fechado. As duas portas para o exterior fazem com que este módulo possa ser utilizado independentemente da habitação principal, como local de trabalho ou oficina, por exemplo, sem incomodar os demais residentes.



Fig. 3.1.38 - Vista 10. Por RC.

Vista 11: ↑

De volta à entrada, desta vez a olhar diretamente para a escada, centralizado em seu eixo (à esquerda da porta de entrada).

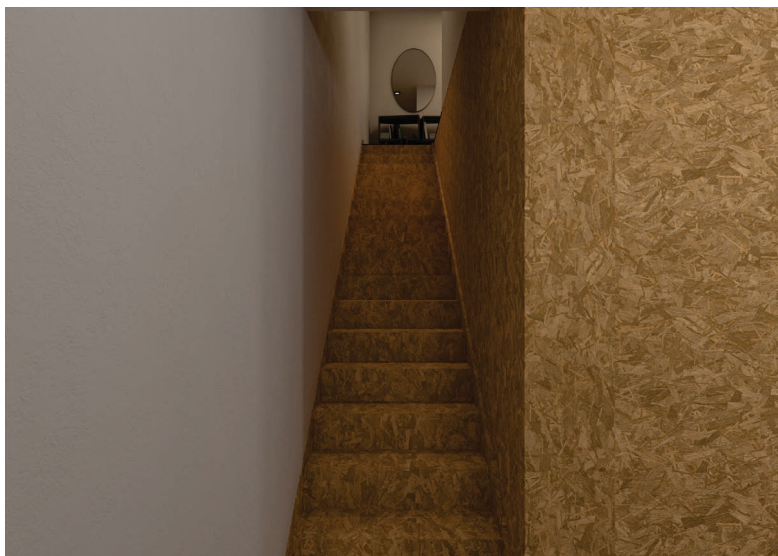


Fig. 3.1.39 - Vista 11. Por RC

Vista 12: ↑

Escada. Completamente en-volta, dando privacidade total ao pavimento superior da casa, onde se encontram apenas os quartos e casas de banho de apoio a eles. Neste caso foi optado por não haver vãos para o exterior nesta fachada, em prol da eficiência energética.



Fig. 3.1.40 - Vista 12. Por RC.



Fig. 3.1.41 - Vista 13. Por RC.

Vista 13:

Corredor de distribuição, imediatamente seguinte ao patamar superior da escada. Vista para os acessos a dois quartos e a casa de banho partilhada.



Fig. 3.1.42 - Vista 14. Por RC.

Vista 14:

Quarto. Acesso pela porta da esquerda da imagem anterior. Com janela para os fundos. Tem as dimensões para um quarto simples pelo RGEU, neste caso está configurado como um escritório.



Fig. 3.1.43 - Vista 15. Por RC.

Vista 15:

Quarto. Acesso pela porta do meio da Vista 13. Com janela para os fundos. Tem as dimensões para um quarto de casal pelo RGEU, e está configurado como tal.

Vista 16:

Casa de banho. Acesso pela porta da direita da Vista 13. é mais espaçosa do que a casa de banho do piso térreo, pela previsão de mais uso, e tem formato retangular.



Fig. 3.1.44 - Vista 16. Por RC.

Vista 17:

Corredor de distribuição. Vista paralela ao eixo comprido da escada, em direção à frente da casa. À esquerda tem a porta da casa de banho partilhada já vista, ao meio tem o acesso à suíte, e a direita à escada.



Fig. 3.1.45 - Vista 17. Por RC.

Vista 18:

Quarto. Com dimensões muito superiores ao quarto de casal pelo RGEU, configurado como tal, e duas janelas para a frente da habitação.



Fig. 3.1.46 - Vista 18. Por RC.



Fig. 3.1.47 - Vista 19. Por RC.

Vista 19: ↖▲

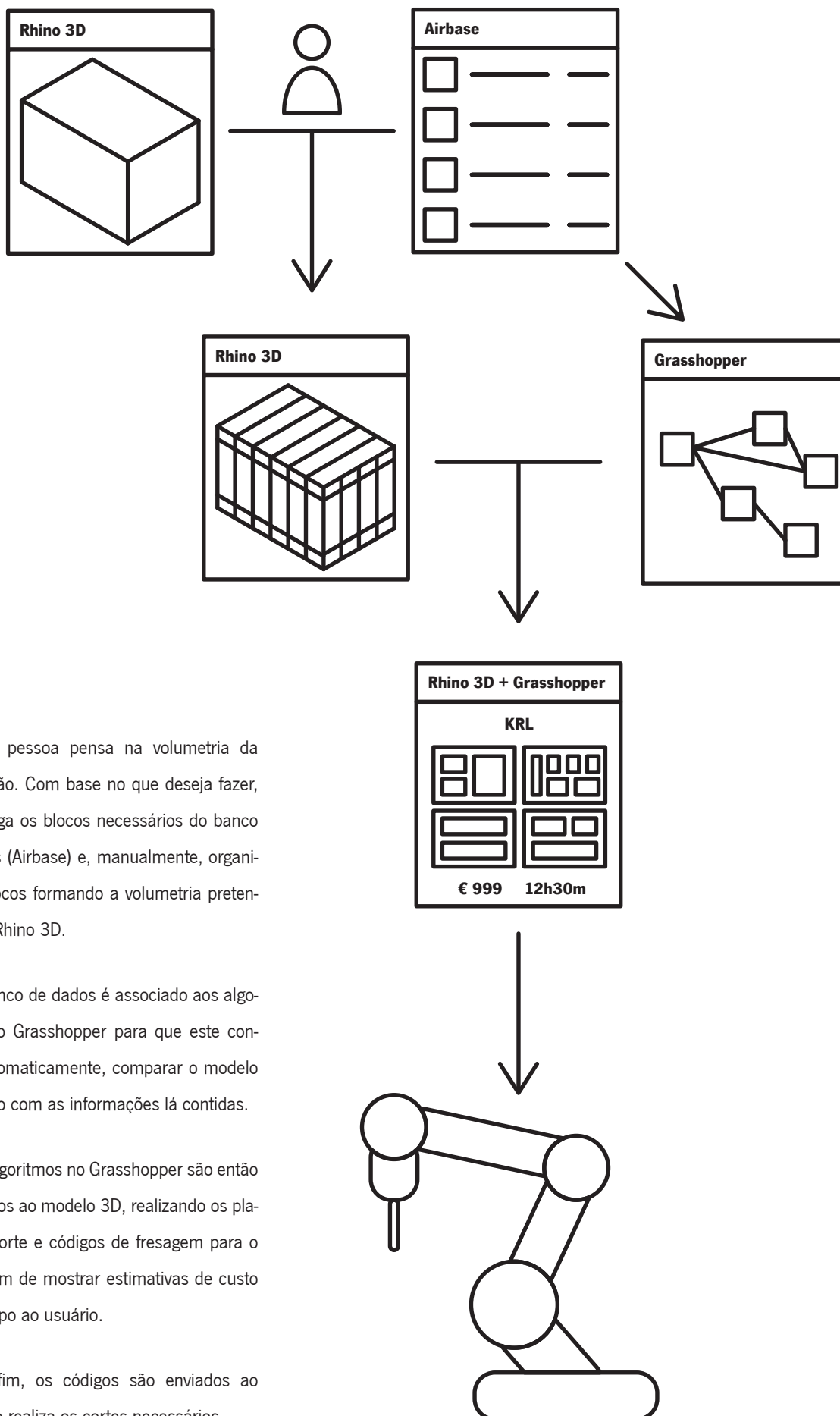
Quarto. Vista pelo outro lado. Pode-se observar um espaço dedicado ao armário, e a amplitude do quarto, que pode ser dividido.



Fig. 3.1.48 - Vista 20. Por RC.

Vista 20: ↑▽

Quarto. Vista para o corredor de distribuição. A casa de banho privativa à direita é idêntica à anterior, apenas espelhada no eixo da parede que partilham. Neste corredor de entrada ao quarto ainda é possível colocar um móvel estreito.



Uma pessoa pensa na volumetria da construção. Com base no que deseja fazer, descarrega os blocos necessários do banco de dados (Airbase) e, manualmente, organiza os blocos formando a volumetria pretendida no Rhino 3D.

O banco de dados é associado aos algoritmos no Grasshopper para que este consiga, automaticamente, comparar o modelo elaborado com as informações lá contidas.

Os algoritmos no Grasshopper são então associados ao modelo 3D, realizando os planos de corte e códigos de fresagem para o robô, além de mostrar estimativas de custo e de tempo ao usuário.

Por fim, os códigos são enviados ao robô, que realiza os cortes necessários.

Fig. 3.2.1 - Esquema de funcionamento da produção das peças para o workshop. Por RC.

3.2. Uma Experiência Prática

Como objeto de estudo para verificar a viabilidade de um possível projeto utilizando o sistema da WikiHouse foi elaborado um modelo físico, em escala 1:1. Este projeto foi realizado no âmbito da UC “Estruturas Especiais” (MIArq EAAD UM) em conjunto com o ACTech Hub (EAAD UM) em junho de 2024.

Foi elaborado um design de uma pequena estrutura para servir de escritório, a ser inserido no espaço ARENA (EAAD UM). O projeto consiste em um espaço único de aproximadamente 6.5 m² interiores (1.8 m x 3.6 m, referentes a 3 e 6 blocos do sistema *WikiHouse*, respectivamente), com pé direito de 2.1 m. Foi escolhida a versão *Skylark 200*, devido às suas menores dimensões de espessura. O projeto requereu a elaboração de quatro novos tamanhos de bloco do sistema para adequar às limitações de espaço - END 4XS 0, END 4XS 1, FLOOR 4XS 0 e FLOOR 4XS 1, todos encurtados 60cm na sua maior dimensão da versão XXXS da respectiva série de blocos. Para tal efeito, foi utilizada a aplicação *Rhino 3D* (versão 8) para a modelagem tridimensional e planificação dos blocos, sendo a segunda etapa auxiliada pelo plugin *Grasshopper*, na mesma aplicação.

Uma outra especificidade do projeto foi o conceito de ser “separável” ao meio, a fim de poder utilizar o espaço também como sala de exposições. Para isso, foi necessário, além de adaptar as borboletas de encaixe, colocar o espaço sobre rodas.



Fig. 3.2.2 - Foto do robô KUKA realizando as fresagens. Foto de RC.

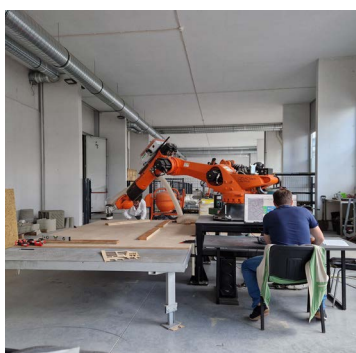


Fig. 3.2.3 - Foto do robô KUKA realizando as fresagens e mesa de controlo. Foto de RC.

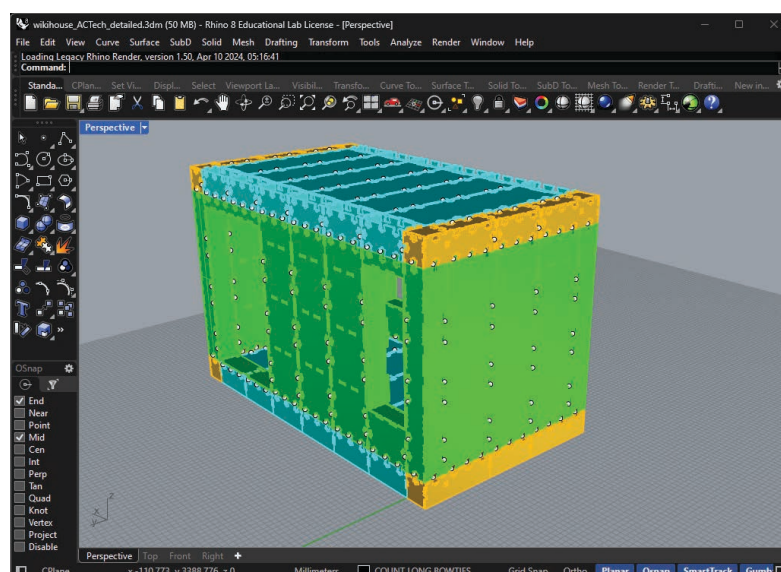


Fig. 3.2.4 - Estrutura da estrutura do workshop em blocos detalhados no Rhino 3D. Por RC.

A lista final dos 35 blocos utilizados no projeto foi: 2x SKYLARK 200 END 4XS 0, 6x SKYLARK 200 FLOOR 4XS 0, 4x SKYLARK 200 CORNER S, 11x SKYLARK 200 WALL S, 2x SKYLARK 200 END 4XS 1, 6x SKYLARK 200 FLOOR 4XS 1, 2x SKYLARK 200 WINDOW S4, 1x SKYLARK 200 WINDOW S3, e 1x SKYLARK 200 DOOR S. Agrupadas e otimizadas por meio de um algoritmo (desenvolvido pelo ACTech) no Grasshopper, a totalizar 56 placas cortadas, incluindo também as peças de ligações. O número de placas cortadas, sem otimização, seria de 62, sendo garantida então uma poupança de cerca de 10% no material.

Para os planos de corte foi utilizada a mesma aplicação e plugin, a fim de converter os desenhos em código KRL (*Kuka Robotic Language*)^[1] a ser utilizado no braço robótico KUKA^[2]. Os materiais utilizados para os blocos foram placas de OSB3 18mm. Também foram usados 4 barrotes de madeira casquinha (200 x 100 mm), planificadas por meio do mesmo braço robótico, e cortadas com serra manual nos comprimentos desejados.

Foram necessários por volta de 7 dias para realizar todos os cortes, e uma equipa de 4 quatro pessoas durante o mesmo tempo de corte para preparar as peças, a fazer a retirada de rebarbas e lixamento.

Os cortes foram realizados entre os dias 12 e 20 de junho de 2024, apenas em dias úteis, em período integral, por volta de 8 horas diárias, com a exceção do dia 18, em que foram realizados cortes apenas em meio período, para realização do workshop de montagem.

A preparação das peças dos blocos foi muito mais intensiva do que originalmente planejado, provavelmente pelas configurações selecionadas para corte com o braço robótico, assim como pela adaptação dos dispositivos de trabalho para serem usados como CNC. Em outras palavras, o equipamento disponível para o projeto não era nem o ideal, nem suficiente para uma execução eficiente.

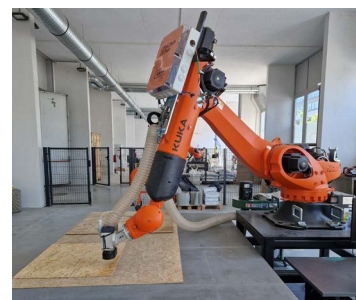


Fig. 3.2.5 - Foto do robô KUKA sendo testado. Foto de RC.



Fig. 3.2.6 - Foto do material utilizado. Foto de RC.



Fig. 3.2.7 - Foto dos resíduos. Foto de RC.



Fig. 3.2.8 - Foto dos resíduos. Foto de RC.

[1]-O código KRL é um pouco diferente do G-Code (usual em outras ferramentas CNC) na medida em que contém instruções necessárias para o braço robótico se posicionar no espaço de forma inequívoca relativamente aos seus 6 eixos cinemáticos.

[2]-KUKA é uma fabricante alemã de robôs e outros sistemas de automação industrial.

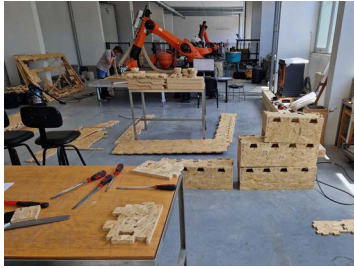


Fig. 3.2.9 - Foto da área de trabalho.
Foto de RC.

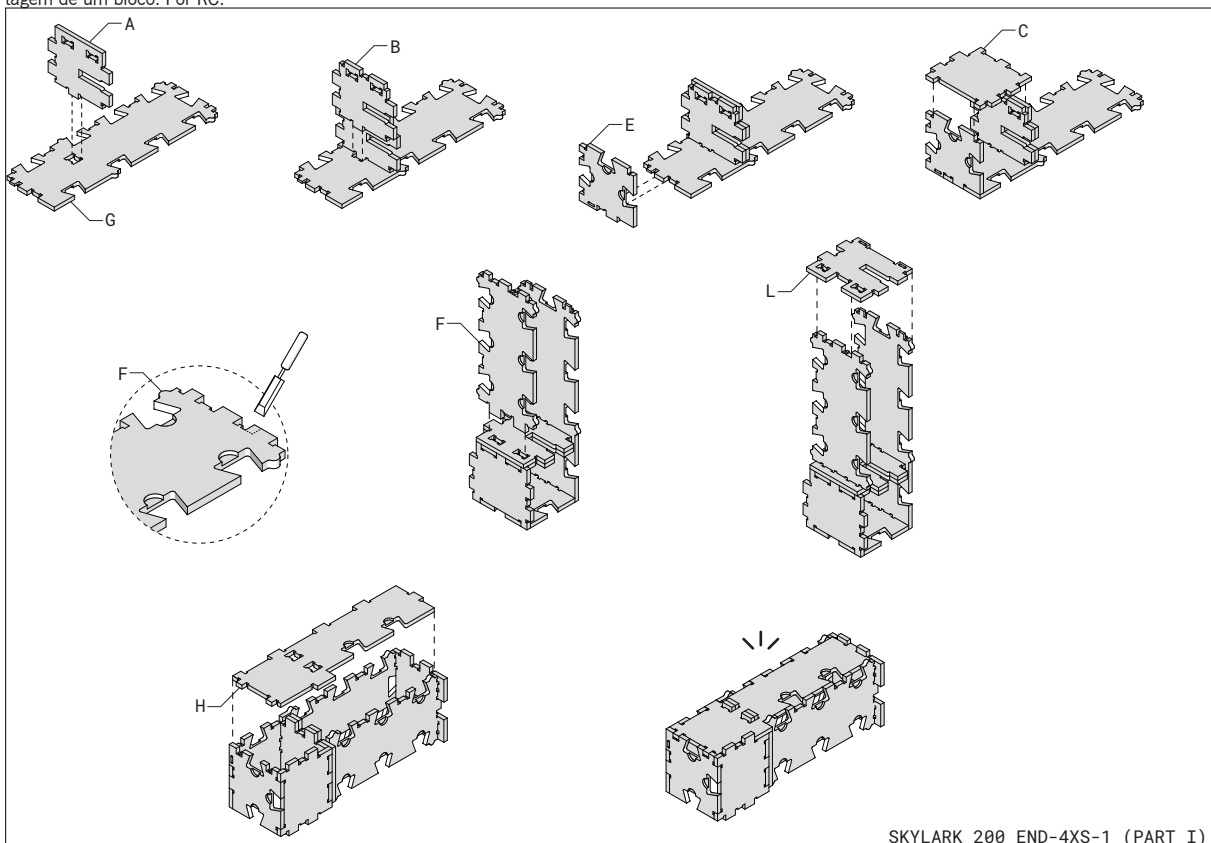


Fig. 3.2.10 - Foto das mesas de trabalho.
Foto de RC.

Alguns dos problemas observados foram: placas a sair da mesa de trabalho com muitas rebarbas; mesa de trabalho com superfície irregular; dificuldade em manter as placas presas, especialmente pequenas sobras de material durante a fresagem; profundidade dos rebaixos inconstantes; dog-bones em falta ou desalinhados; nomeação incorreta dos blocos; os blocos de parede (200 WALL S) conseguem ser instalados de pernas ao ar, mas os dentes da face interior não são simétricos; e peças do mesmo bloco com encaixes impossíveis, que precisaram ser consertadas para montagem.

A montagem dos blocos e do espaço foi realizada em quatro dias durante o mês de junho: no primeiro, dia 18, por uma equipa de cerca de 20 pessoas, feita por meio de um workshop com os alunos da UC de estruturas especiais, em que foram montados e instalados os blocos de pavimento e paredes; no segundo, dia 19, foram montados e instalados os blocos de janelas e porta, por uma equipa de quatro pessoas; no terceiro, dia 21, foram montados os blocos da cobertura, por uma equipa de duas pessoas; por fim, no quarto, dia 27, foram instalados os blocos da cobertura, por uma equipa de quatro pessoas, finalizando a montagem da estrutura. Para auxiliar as pessoas a fazerem a montagem dos blocos, foram elaborados alguns manuais simples com a ordem de montagem.

Fig. 3.2.11 - Documento de apoio para a montagem de um bloco. Por RC.



Este experimento foi importante para compreender, empiricamente, a necessidade de uma boa configuração inicial, seja a nível de equipamentos, quanto de parâmetros e planejamento. Quanto mais refinada for a configuração inicial, menos trabalho manual é preciso ser feito em cada uma das etapas subsequentes, o que poupa imenso tempo e torna o processo mais simples. Também foi possível verificar a intenção original, verificar a viabilidade de construção de um chassis por indivíduos não treinados.

Um bloco de parede pode ser montado por uma pessoa em cerca de 20 minutos, com auxílio de um pequeno manual. A maior parte dos blocos consegue ser movida e posicionada na construção final com pouco esforço por duas pessoas, sendo a exceção o bloco de cobertura. Devido à altura com que o bloco deve ser posicionado, é necessário a utilização de, pelo menos, um empilhador manual (ex. Genie Lift) com altura de elevação suficiente para vencer o vão projetado. Com a exceção desse equipamento, todas as outras ferramentas necessárias para a montagem podem ser encontradas em praticamente qualquer loja de construção - um maço de borraça, lixas, limas, grosas, escadote, cintas, pregador (pneumático ou elétrico), e EPI.



Fig. 3.2.12 - Estudantes montando blocos. Fotos de RC.

Fig. 3.2.13 - Estudantes montando a estrutura do piso. Foto de RC.



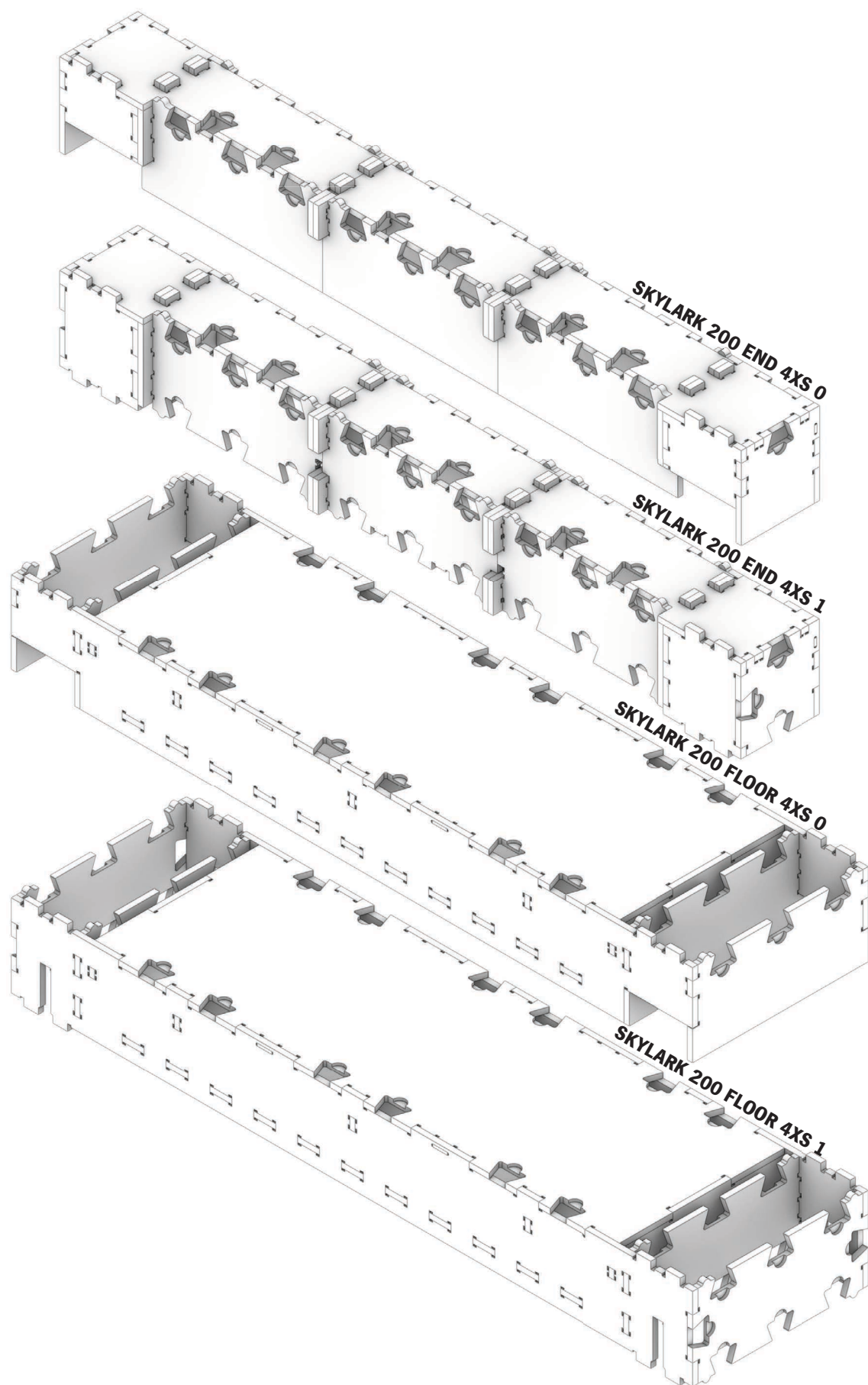


Fig. 3.2.14 - Novos blocos elaborados. Por RC



Fig. 3.2.15 - Etapas da montagem da estrutura.
Fotos de RC.

Considerações Finais

Acima de tudo, considero a Arquitetura como o conjunto de ideias, métodos e ações que visam moldar os espaços físicos de acordo com as vontades daqueles que os ocupam. No caso da habitação, isso implica no conforto, privacidade e estabilidade. A habitação é o porto seguro de uma pessoa, onde descansa e faz qualquer atividade que lhe proporcione satisfação individual, onde pode finalmente ser livre.

O projeto resultante deste trabalho é a representação visual de uma ideia. A ideia de que num mundo ideal a casa amadurece juntamente com os habitantes, como um membro da própria família. Assim como os pais têm filhos, a casa cresce para acomodá-los. Não é necessário pensar muito à frente para fazer a composição da casa e se comprometer com espaços subutilizados, pensando num possível futuro onde estes terão uso. Cada caso tem as suas particularidades, mas acredito que nada deveria ser tão rígido a ponto de se tornar incorrigível, principalmente em tópicos tão sensíveis e essenciais como a habitação.

Aravena, enquanto parte do grupo *ELEMENTAL*, responde bem a estas questões (e ainda a outras mais sensíveis, como famílias deslocadas por desastres naturais). Ao entregar casas com o mínimo para um habitar confortável, mas também com espaço para crescerem, garante que os habitantes possam lhe dar melhor uso, de acordo com as suas necessidades, sem prejuízo da ansiedade de não ter um teto sobre a cabeça. O sistema *WikiHouse*, numa lógica semelhante, visa criar um método instrumental para habilitar a construção de habitações de forma mais simplificada.

A forma que encontrei para explorar este tema foi a elaboração deste trabalho. Ou seja, buscar conhecimento, e tentar perceber de onde vêm as ideias que me inspiram. Foram estudados conceitos, como as Gramáticas das Formas e *“Housing as a Verb”*, que foram essenciais para moldar estudos importantes neste tópico, como os de Sass e Pinto Duarte. E, com base neles, foram realizadas experiências para analisar o funcionamento dos sistemas digitais e a facilidade na participação de pessoas no processo construtivo.

Também foi visto que o papel das ferramentas digitais e das

FabLabs no processo de construção pode ser benéfico. Para, além de descentralizar a cadeia produtiva, criar projetos eventualmente mais alinhados com as expectativas dos usuários finais.

O intuito inicial do trabalho de projeto era a elaboração de não apenas uma casa, mas sim de um bairro inteiro, como no caso de estudo De Stripmaker. No entanto, provou-se um desafio muito além da disponibilidade de tempo para concluir este estudo.

Penso que o que foi desenvolvido têm pontos fortes, mas também existem áreas que poderiam ser melhoradas. Durante este trabalho foram desenvolvidas todas as ferramentas e soluções propostas para concretizar um projeto tipo. Entretanto, julgamos que o estado final dos configuradores não é intuitivo o suficiente para ser utilizado por leigos. É necessário conhecimento, além de uma licença para uso, nas aplicações computacionais usadas, nomeadamente Rhino 3D e Grasshopper, para compreender o funcionamento e organização dos configuradores, sendo essa a maior fragilidade do sistema.

Em contrapartida, apenas dando indicações e fornecendo algum material de apoio, os estudantes que participaram do workshop de construção do módulo na ARENA (referido no capítulo da experiência prática), conseguiram acompanhar as etapas que lhes foram propostas, fundamentando a suposição inicial da facilidade de montagem dos blocos e chassis.

Julgamos que uma possível continuidade deste trabalho, poderia se desenvolver ainda mais os configuradores e torná-los mais ricos em recursos, como escolher entre opções de revestimentos e uma interface simplificada na web, para poderem ser usados por usuários inexperientes, sem necessidade de documentação extensa ou técnica. A partir da nova versão do configurador, poderiam também ser feitos testes e compilar os resultados gerados pelos utilizadores, e desenvolver um plano piloto para um bairro WikiHouse português, por exemplo.

Acredito que, com o real interesse de uma comunidade, é possível aplicar os conhecimentos explorados neste trabalho no contexto habitacional português, utilizando, por exemplo, o recurso de cooperativas de habitação, permitindo que as casas sejam realizadas da forma mais justa a todos os futuros habitantes, livre de encargos excessivos e de especulação imobiliária.

Ainda existem condições preocupantes no que toca a viabili-

dade da construção de um projeto com estas características, mais relevante e em específico, a atual incerteza quanto aos regulamentos que serão trazidos juntamente ao novo código da construção, em meados de 2026, parte do conjunto de simplificações urbanísticas do governo, referido como Simplex. Todavia, tais procedimentos, até o momento, parecem ser benéficos à causa, seja pela eliminação de burocracias, como pelo incentivo financeiro a projetos habitacionais sociais.

Em relação ao projeto elaborado, julgamos ter chegado a um resultado satisfatório, que efetivamente expõe as características evolutivas do sistema construtivo, ilustrando graficamente as etapas, materiais e espaço. Não obstante, poderia ter sido elaborada uma documentação técnica mais robusta, mostrando as soluções relativas às especialidades, porém, dada a natureza do tema, optou-se por uma representação mais voltada ao público leigo.

Em suma, talvez tivesse sido mais interessante desenvolver vários módulos autônomos (mais pequenos), que pudessem ser interligados num conjunto de operações aditivas flexíveis, onde existissem diversas opções de evolução em cada etapa incremental. A dificuldade que tivemos ao longo da fase conceitual foi tentar criar um modelo rígido o suficiente para ser trabalhado em detalhe, com programa bem definido, e flexível o suficiente para permitir expansões, e ainda, que fosse, de certo modo, impessoal e genérico, com o propósito de permitir qualquer um a habitá-lo e customizá-lo à sua maneira.

Em poucas palavras, para concluir, este estudo destacou a importância de uma abordagem colaborativa no processo de construção habitacional, com a elaboração de ferramentas de customização, o desenvolvimento de um projeto tipo, e a realização de uma experiência prática coletiva. O fortalecimento do uso de ferramentas digitais, para configurar e fabricar casas, são caminhos promissores para promover uma arquitetura que se adeque às atuais necessidades habitacionais.

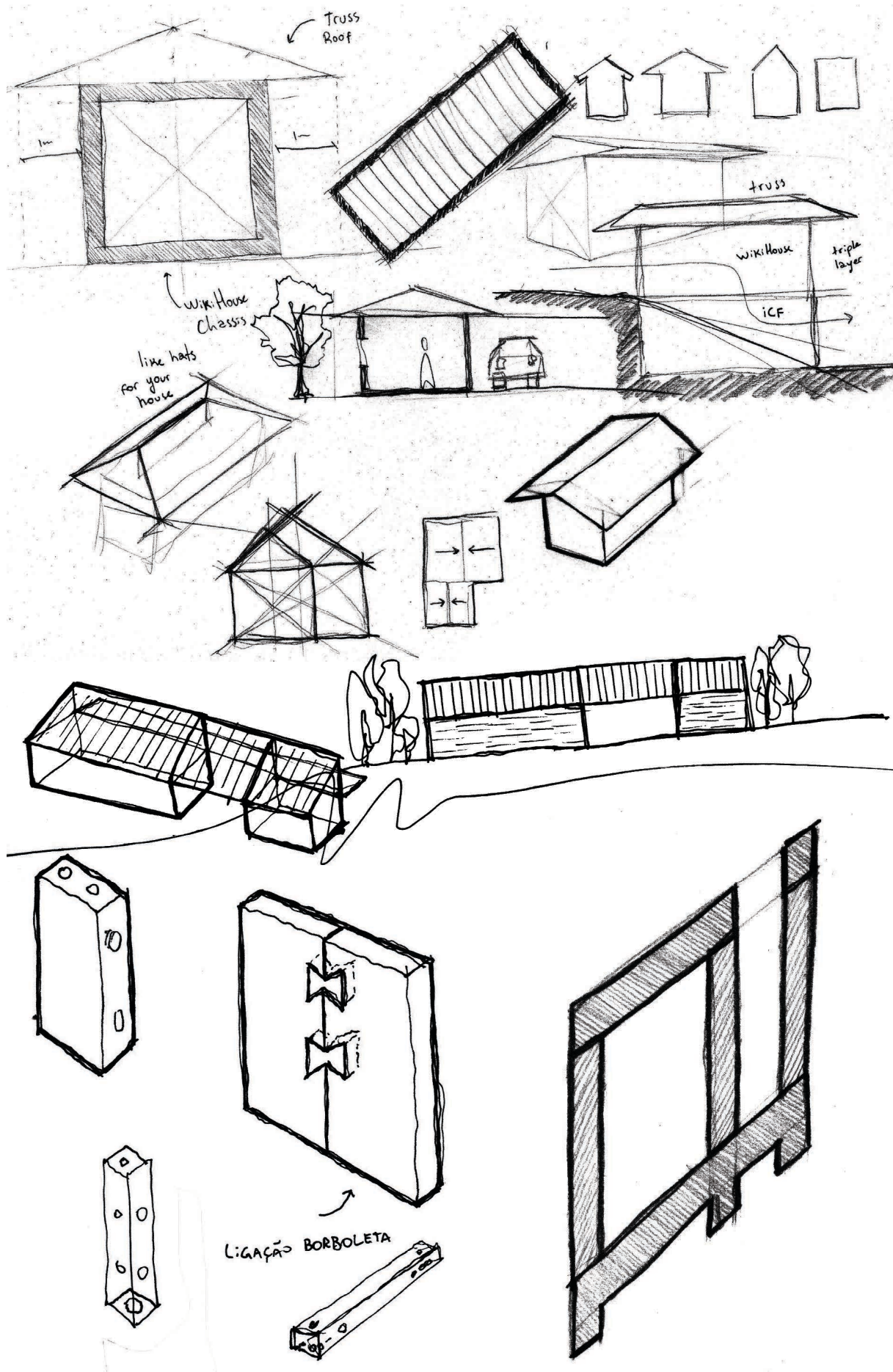
Referências

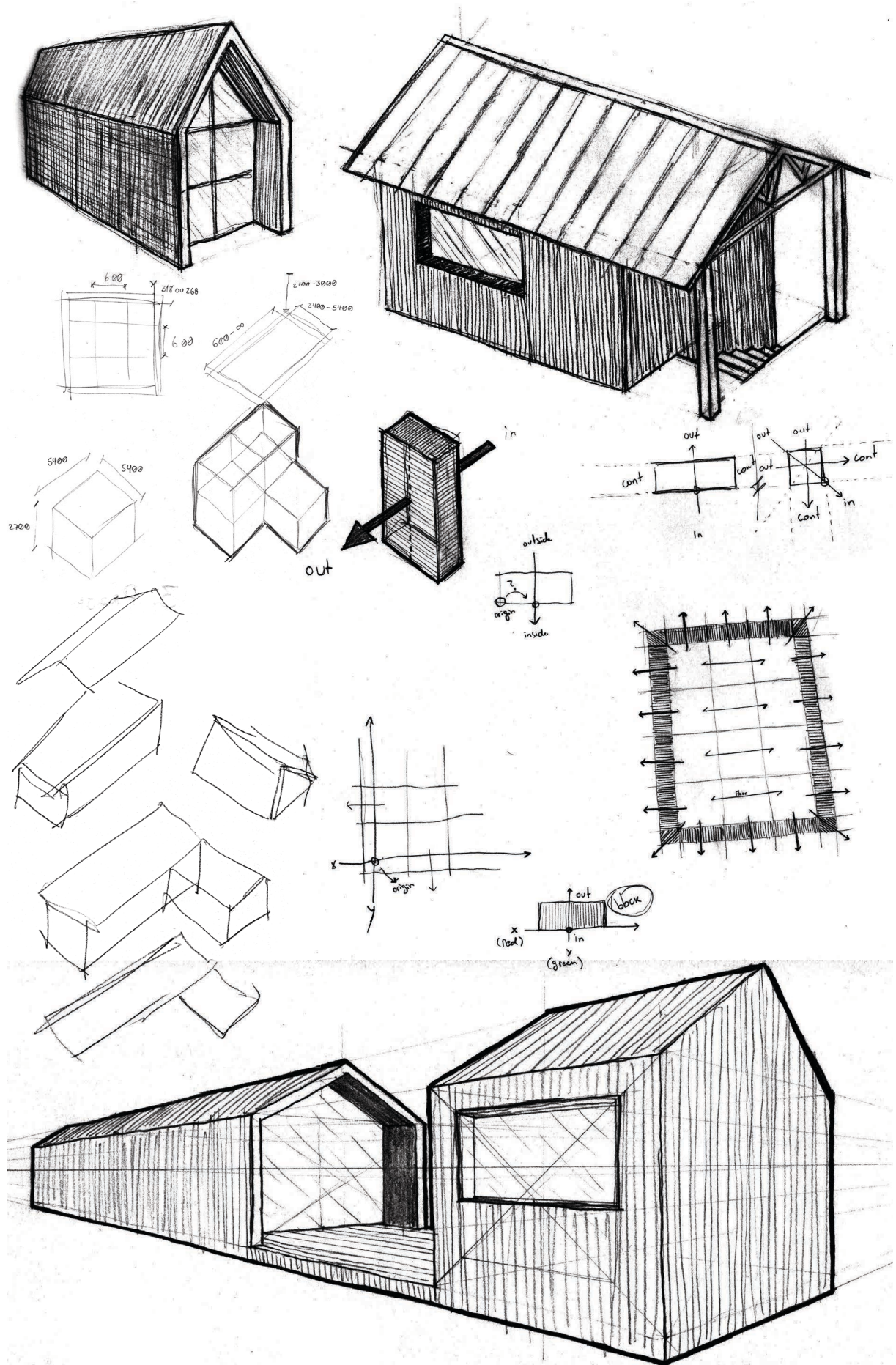
- Alexander, C, Ishikawa, S., & Silverstein, M. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. United States: Oxford University Press. ISBN 9780199726530
- Aravena, A. (2014). Alejandro Aravena: My architectural philosophy? Bring the community into the process [Video]. TED. https://www.ted.com/talks/alejandro_aravena_my_architectural_philosophy_bring_the_community_into_the_process
- Aravena, A., Montero, A., Cortese, T., & de la Cerda, E. (2003). Quinta Monroy [Project drawings]. ELEMENTAL. <https://www.elementalchile.cl/en/>
- Arteaga, G. (2012-2013). Villa Verde [Project drawings]. ELEMENTAL. <https://www.elementalchile.cl/en/>
- Assembleia da República. (2019). Lei de bases da habitação [Lei n.º 83/2019, de 03 de Setembro]. Diário da República. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/83-2019-124392055>
- Bassant, J. (2024). Adviezen van ‘WikiHousers’ aan volgende gemeenten. Stadszaken. <https://stadszaken.nl/artikel/5803/adviezen-van-wikihousers-aan-volgende-gemeenten>
- Bergdoll, B., Christensen, P., & Broadhurst, R. (Eds.). (2008). *Home delivery: Fabricating the modern dwelling*. Museum of Modern Art.
- Brandão, F. (2022). Open reWall: Survey-to-Production Workflow for Building Renovation. Iscte, Instituto Universitário de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10071/28257>
- Brandão, F. J. S., Paio, A., Sousa, J. P., & Rato, V. (2015). Cork re-wall: computational methods of automatic generation and digital fabrication of cork partition walls for building renovation. XIX Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital 2015, 86-93. <http://hdl.handle.net/10071/23169>
- Claypool, M., Jiménez García, M., Retsin, G., Jaschke, C., & Saey, K. (2020). Discrete Automation. Proceedings of the 40th Annual Conference of the Association of Computer Aided Design in Architecture (ACADIA). <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2020.1.638>
- Claypool, M., Retsin, G., Jimenez Garcia, M., Jaschke, C., & Saey, K. (2021). Automated production: at the intersection of digital labour and building practice. Proceedings of Association of Collegiate Schools of Architecture 109th Annual Meeting–‘Expanding the View’. Association of Collegiate Schools of Architecture. <https://doi.org/10.35483/ACSA.AM.109.23>
- Duarte, J. P. (2005). Towards the Mass Customization of Housing: The Grammar of Siza’s Houses at Malagueira. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(3), 347–380. doi:10.1068/b31124
- Duarte, J. P., & Kwiecinski, K. (2019). Customers Perspective on Mass-customization of Houses. In *Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution*. eCAADe (Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe). ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019_184
- Friedman, Y. (1971). The flatwriter: choice by computer. *Progressive Architecture* (1971, March), 98–101.
- Gausa, M., Salazar, J. (2002). *Housing + Single-Family Housing*. Germany: Birkhäuser Basel. ISBN 3764367598
- Gips, J. (1975). *Shape grammars and their uses: artificial perception, shape generation and computer aesthetics*. Germany: Springer Basel AG. ISBN 9783764307943.

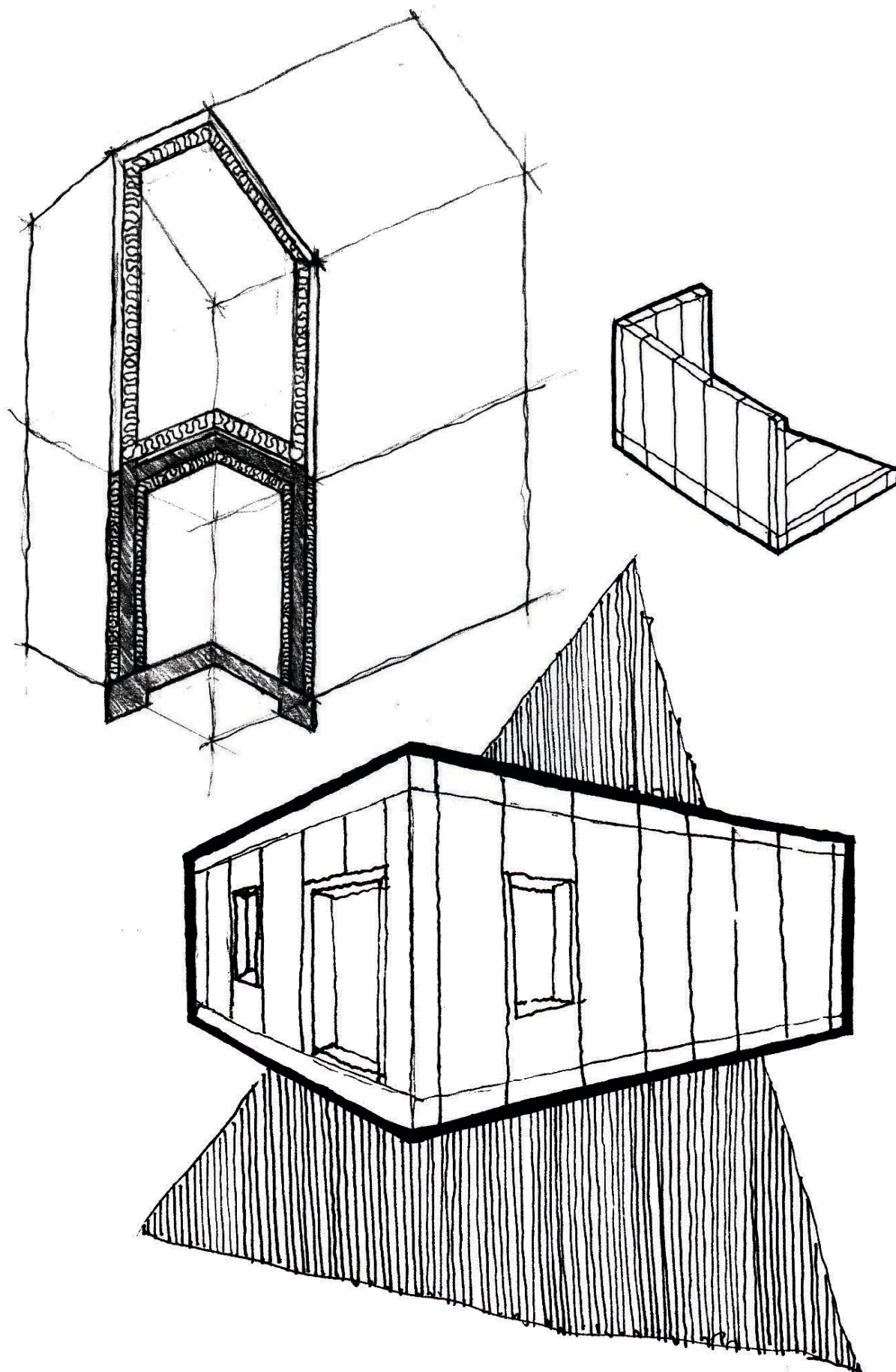
- Gonçalves, F. (2023). Habitação em Portugal: são precisas mais casas, avisam promotoras. Idealista/news. <https://www.idealista.pt/news/imobiliario/habitacao/2023/02/02/56555-habitacao-em-portugal-sao-precisas-mais-casas-avisam-promotoras>
- Goudie, J. (2023). Experimental testing of plywood & OSB 'jigsaw' joints for structural characteristics. University of Strathclyde, OSL.
- Granello G., Yang, E., Zhang, Z., Ogunkuade, O., & Malaga, C. (2023). Experimental testing of OSB Skylark floor beams. OSL, Imperial College London.
- Granello, G. (2022). Assesment of the footfall vibration sensitivity of Skylark floors. OSL, University of Edinburgh.
- Granello, G. (2022). Bow ties subjected to shear forces. OSL, University of Edinburgh.
- Granello, G. (2022). Material testing of Metsa plywood and Sterling OSB. OSL, University of Edinburgh.
- Granello, G. (2022). Simplified analytical model for Skylark Walls (v.0.2). OSL.
- Granello, G. (2022). Skylark beams subjected to vertical loads. OSL, University of Edinburgh.
- Granello, G. (2022). Skylark walls (external faces) subjected to wind pressure. OSL, University of Edinburgh.
- Granello, G. (2022). Skylark walls subjected to vertical loads. OSL, University of Edinburgh.
- Granello, G. (2022). Stitched joints subjected to shear forces. OSL, University of Edinburgh.
- Granello, G. (2023). Bow ties subjected to tensile forces. OSL, University of Strathclyde.
- Granello, G. (2023). Finger joints subjected to tensile forces. OSL, University of Strathclyde.
- Greenspan, S. (Producer), & Mars, R. (Host). (2016, October 11). Half a House (Ep. 231) [Audio podcast episode]. 99% Invisible. <https://99percentinvisible.org/episode/half-a-house>
- Guimarães, A. (2023). Como resolver o problema da habitação em Portugal? Faltam casas. Mas também faltam estudos. Só os problemas são demais. CNN Portugal. <https://cnnportugal.iol.pt/habitacao/casas/como-resolver-o-problema-da-habitacao-em-portugal-faltam-casas-mas-tambem-faltam-estudos-so-os-problemas-sao-demais/20230216/63ed33480cf2665294d5bcf2>
- Habraken, N. J. (1976). Variations: The Systematic Design of Supports. United States: Laboratory of Architecture and Planning at MIT. ISBN 9780262080934
- Karagianis, L. (2011). Custom-Made House. MIT Spectrum (Winter 2011).
- McAndrew, C., Retsin, G., Claypool, M., Jaschke, C., Saey, K., & Parissi, D. (2021). House Block: An Experiment in Discrete Automation. ACADIA. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2021.070>
- Ministério das Obras Públicas - Gabinete do Ministro. (1951). Regulamento Geral das Edificações Urbanas - RGEU [Decreto-Lei n.º 38382. Diário do Governo n.º 166/1951, 1º Suplemento, Série I de 1951-08-07]. Diário da República. <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/1951-120610500>
- Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social. (2006). Regime da acessibilidade aos edifícios e estabelecimentos que recebem público, via pública e edifícios habitacionais [Decreto-Lei n.º 163/2006]. Diário da República. <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/2006-108253479>
- Norman Foster Foundation. (2021). Norman Foster and Alejandro Aravena on Social Housing - 'Future of

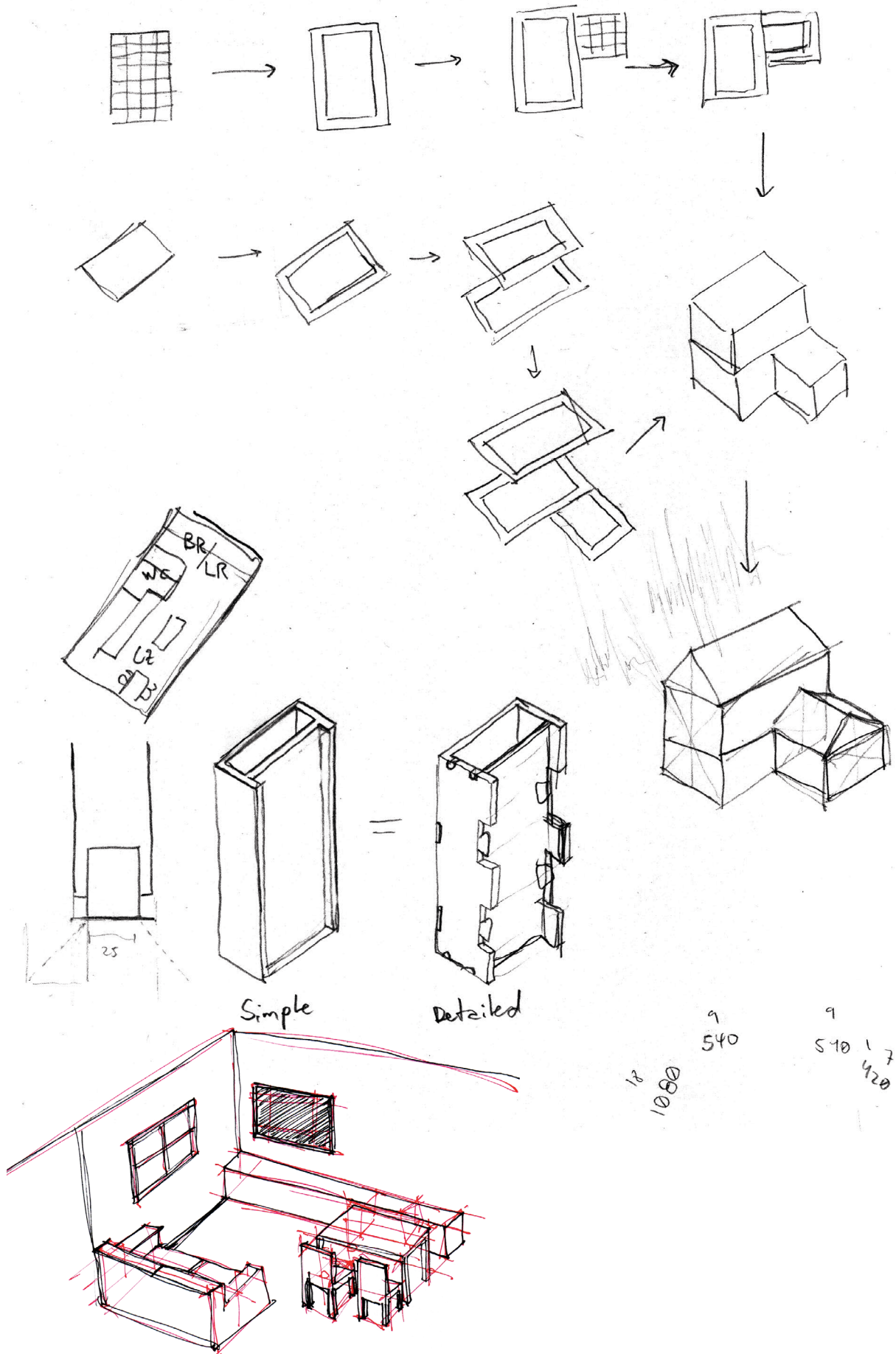
- Cities' Conversations Series [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=3evZ6cd86vU>
- Parvin, A. (2013). Alastair Parvin: Architecture for the people by the people [Video]. TED. https://www.ted.com/talks/alastair_parvin_architecture_for_the_people_by_the_people
- Parvin, A. (2013). Open Fields: The New Rural Design Revolution. *Architectural Design*, 83(3), 118-125. <https://doi.org/10.1002/ad.1600>
- Rodrigues, A. (2008). A habitabilidade do espaço doméstico: O cliente, o arquitecto, o habitante e a casa. Dissertação de doutoramento, Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Rodrigues, A. (2018). Analysis of a Resilient Housing Project: Quinta da Malagueira (1977) by Álvaro Siza. A Lesson to Retain. 42st IAHS WORLD CONGRESS The housing for the dignity of mankind. <https://hdl.handle.net/1822/70527>
- Sass, L. (2005). Wood Frame Grammar. In: Martens, B., Brown, A. (eds) *Computer Aided Architectural Design Futures 2005*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-3698-1_36
- Sass, L. (2006). A Wood Frame Grammar: A Generative System for Digital Fabrication. *International Journal of Architectural Computing*, 4(1), 51–67. doi:10.1260/147807706777008920
- Sass, L. (2009). Parametric Constructionist Kits: Physical Design and Delivery System for Rapid Prototyping Devices. *International Journal of Architectural Computing*, 7(4), 623–642. doi:10.1260/1478-0771.7.4.623
- Sass, L. (2014). Digitally Fabricated House for New Orleans (2008). Project Summary. <https://ddf.mit.edu/news/2014/project-summary>
- Sass, L., & Botha, M. (2006). The Instant House: A Model of Design Production with Digital Fabrication. *International Journal of Architectural Computing*, 4(4), 109–123. doi:10.1260/147807706779399015
- Stiny, G. (1975). *Pictorial and formal aspects of shape and shape grammars*. Germany: Springer Basel AG. ISBN 9783764308032.
- Stiny, G., & Gips, J. (1972). Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. *Information Processing* 71, 1460-1465.
- Turner, John F. C., & Fichter, Robert, eds. (1972). *Freedom to Build: Dweller Control of the Housing Process*. Macmillan. ISBN 978-0-02-089690-6.
- Wang, Y., & Duarte, J. P. (2001). Automatic generation and fabrication of designs. *Automation in Construction*, 11(3), 291-302. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(00\)00112-6](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(00)00112-6)

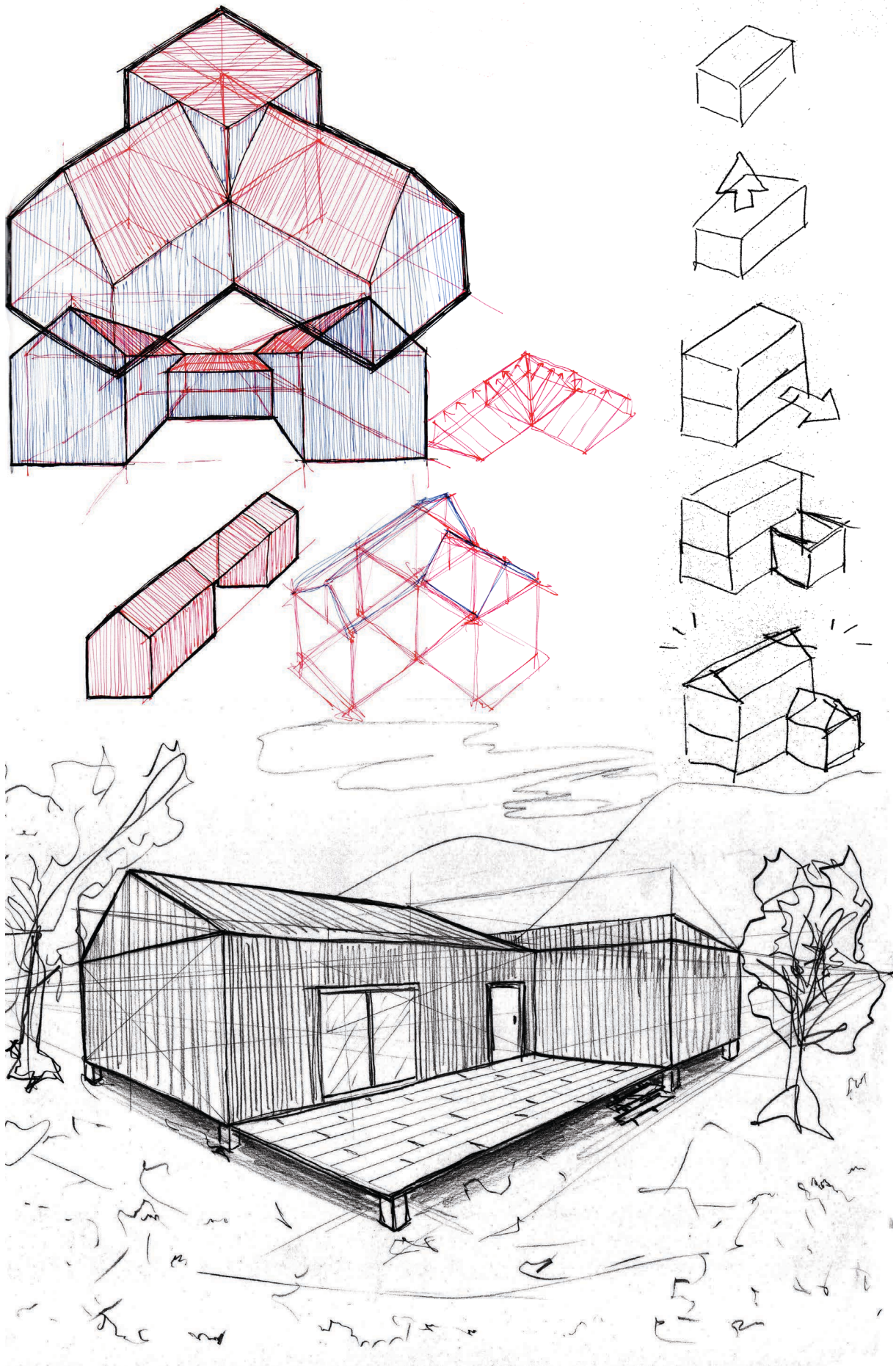
Anexos

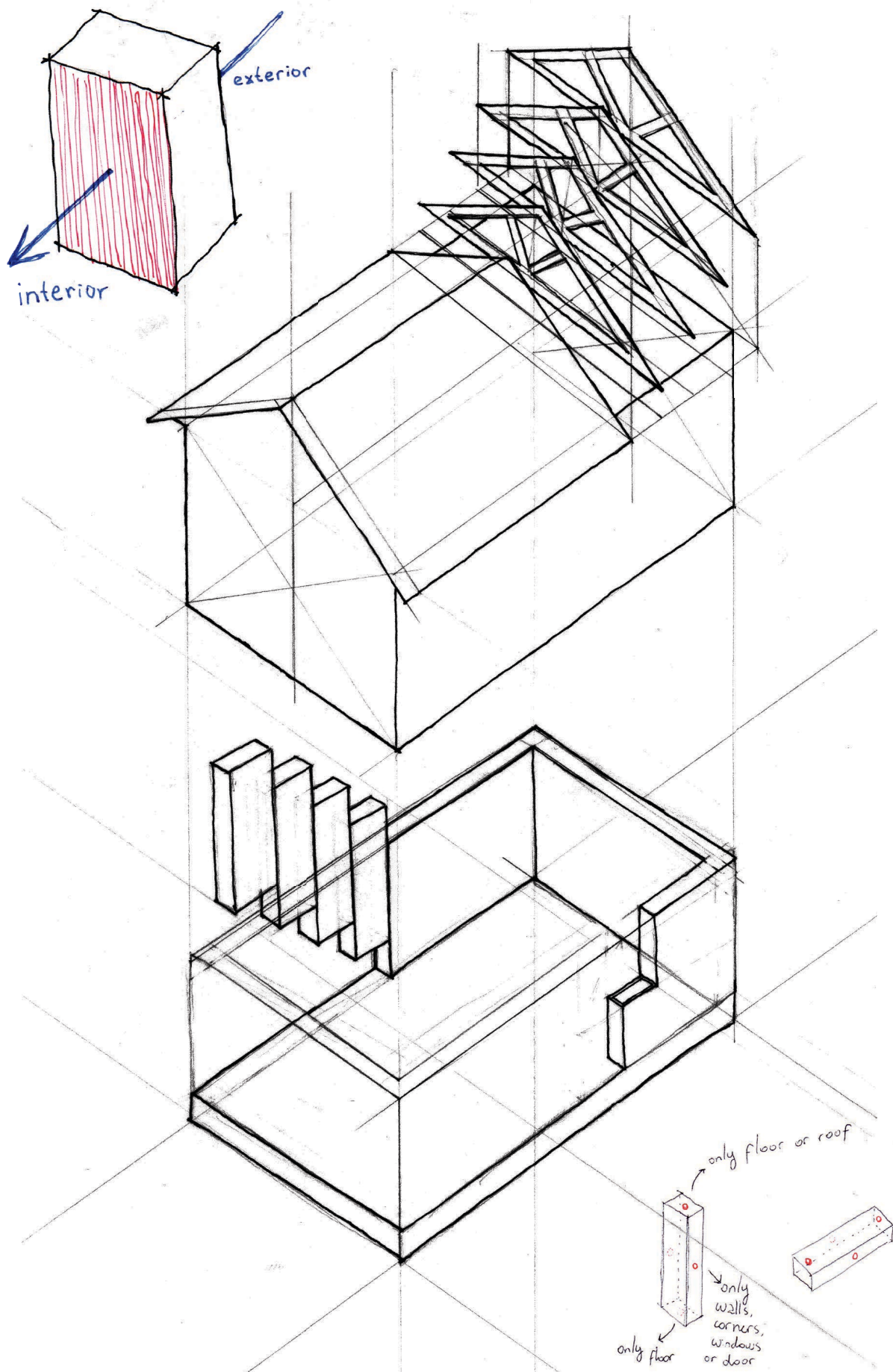




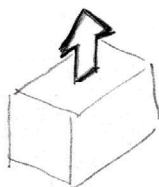
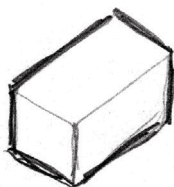




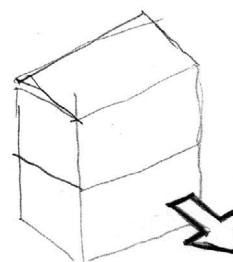
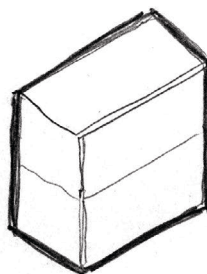




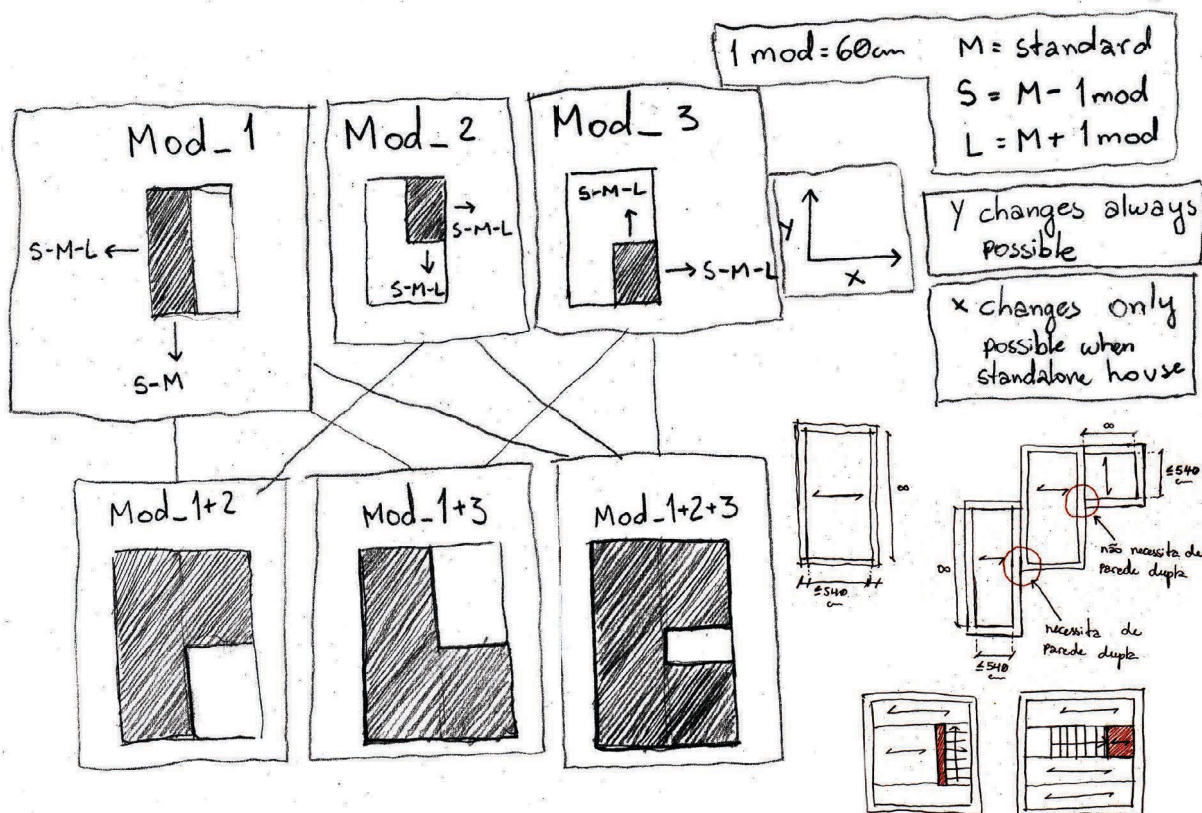
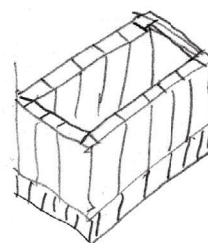
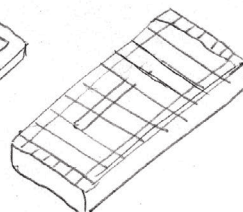
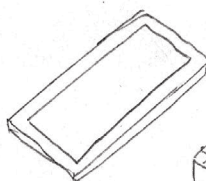
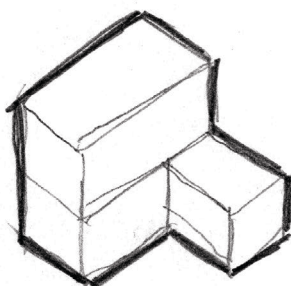
1. T0

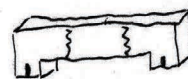
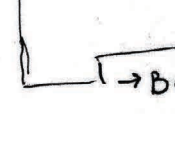
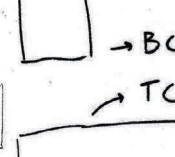
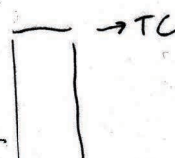
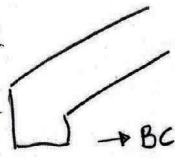
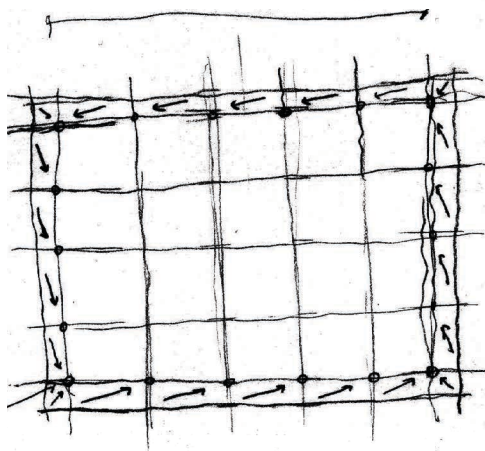
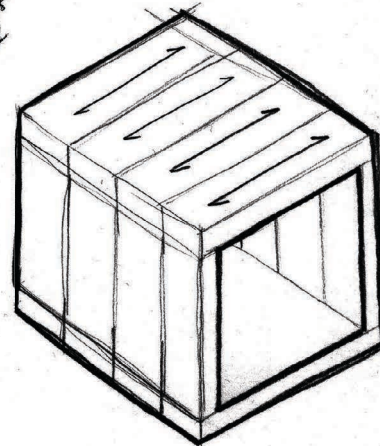
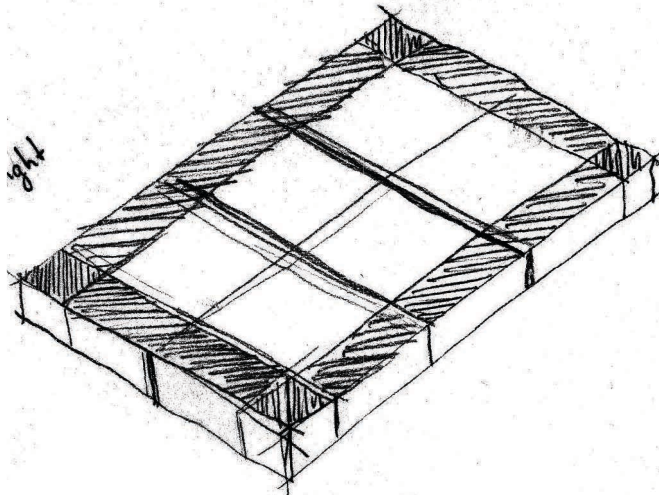


2. T2+1

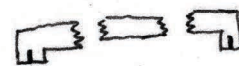


3. T4





→ block



→ parts



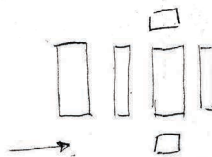
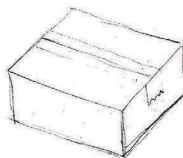
→ connections

BC = Bottom Connection

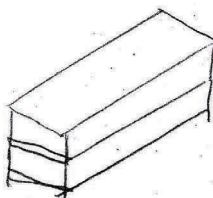
TC = Top connection

$BC \neq TC$

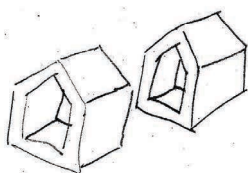
"TC = TC & BC = BC"



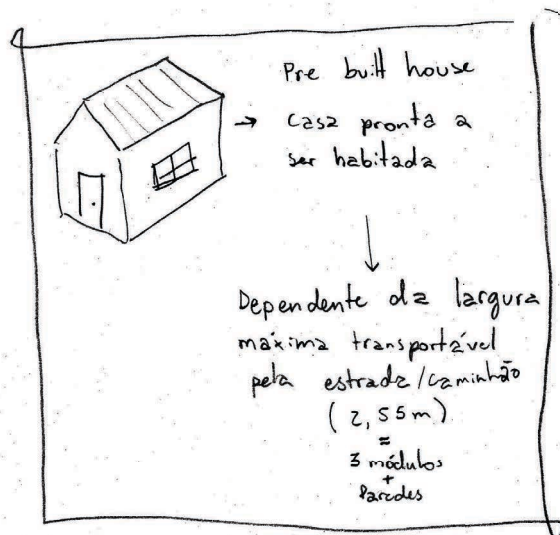
Flat Packs
Blocos
montados in loco



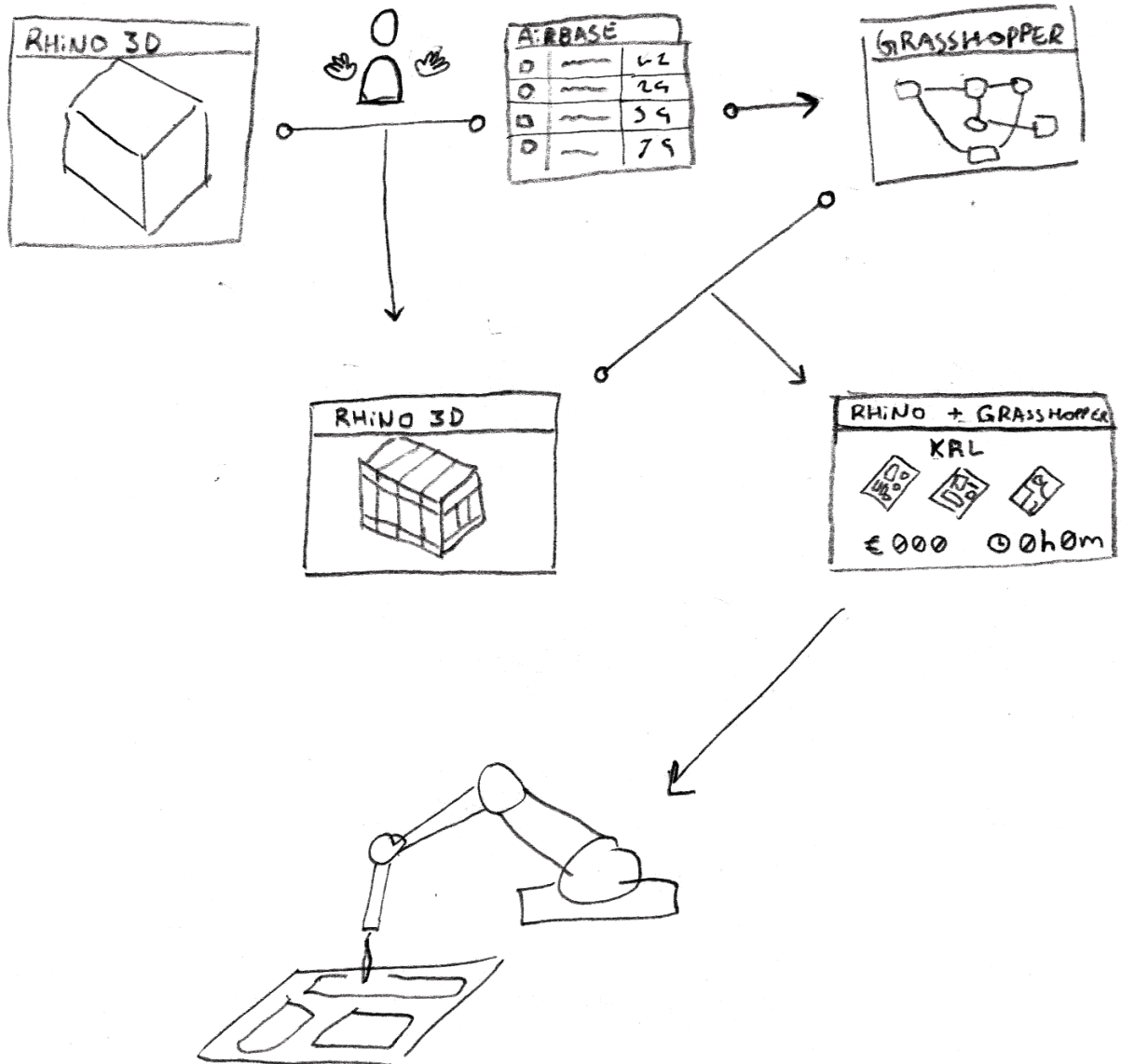
Building blocks
→ Blocos montados
em fábrica
& chassis
montado in loco

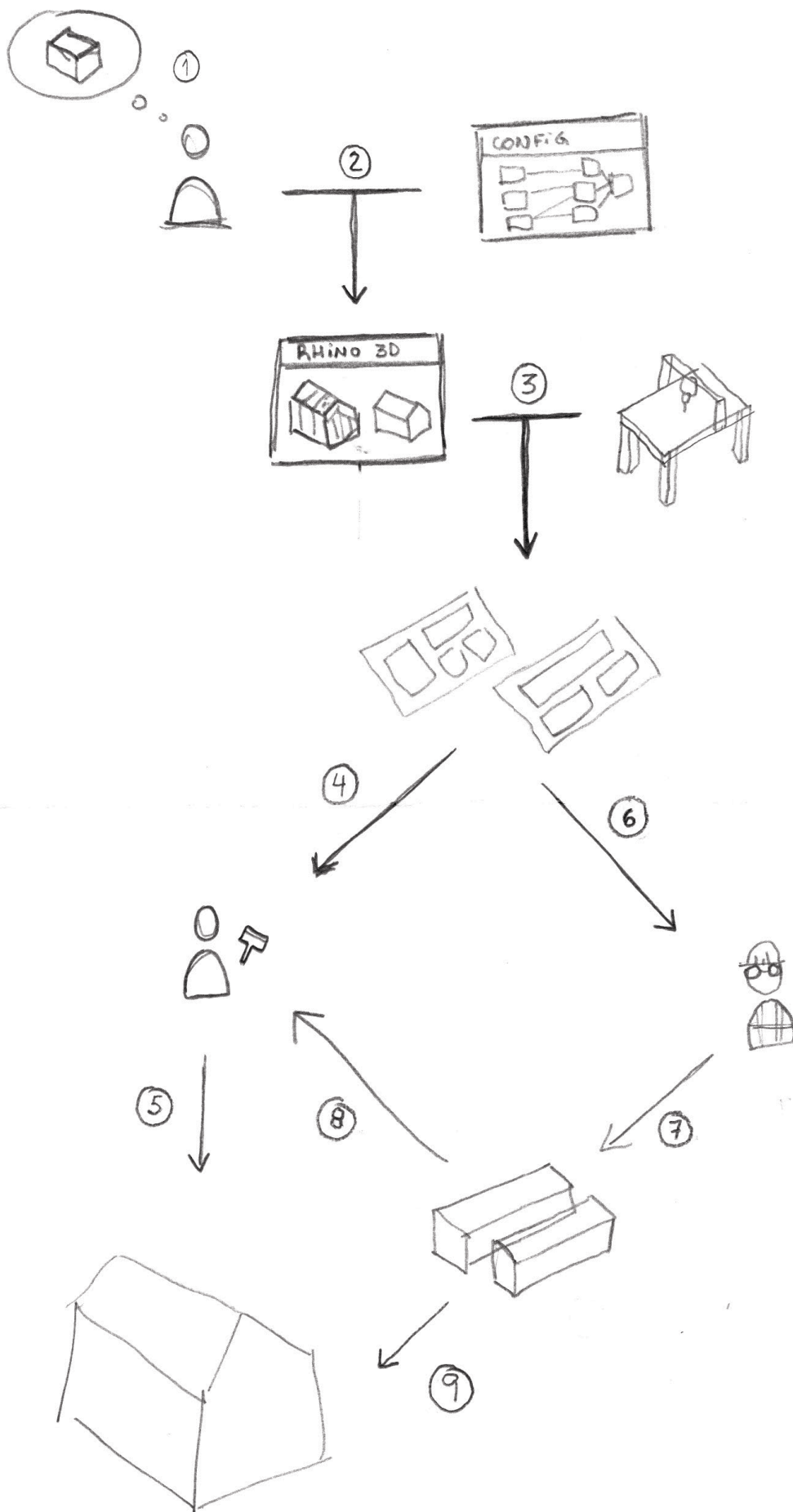


pre built chassis
chassis montado
em fábrica

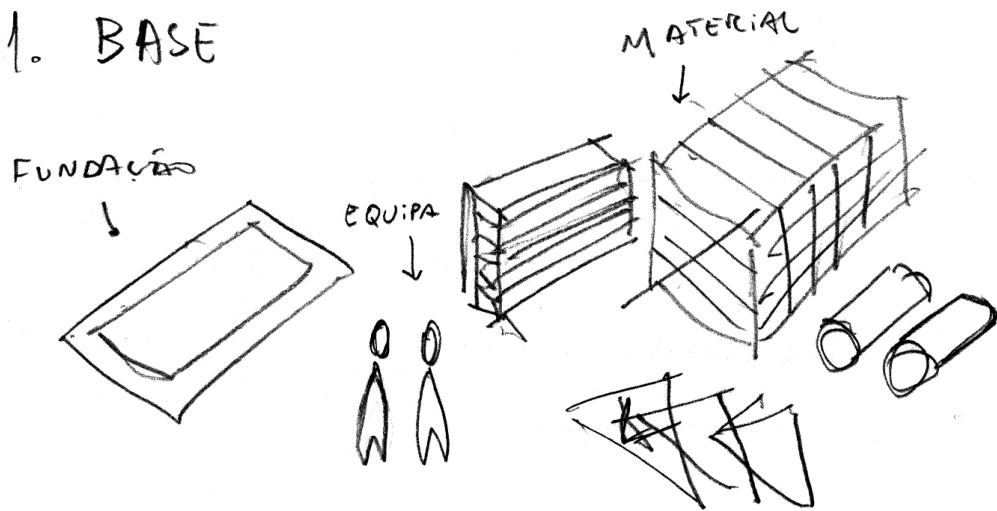


inviável

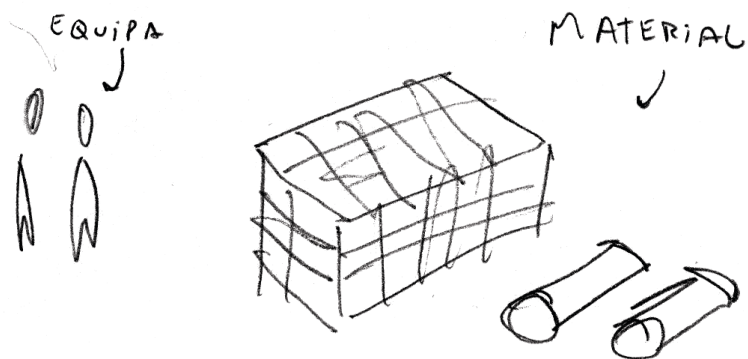




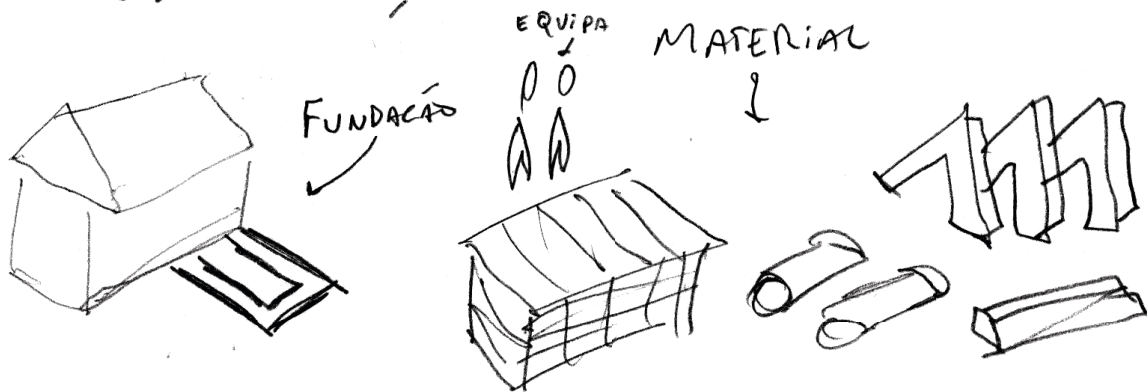
1. BASE



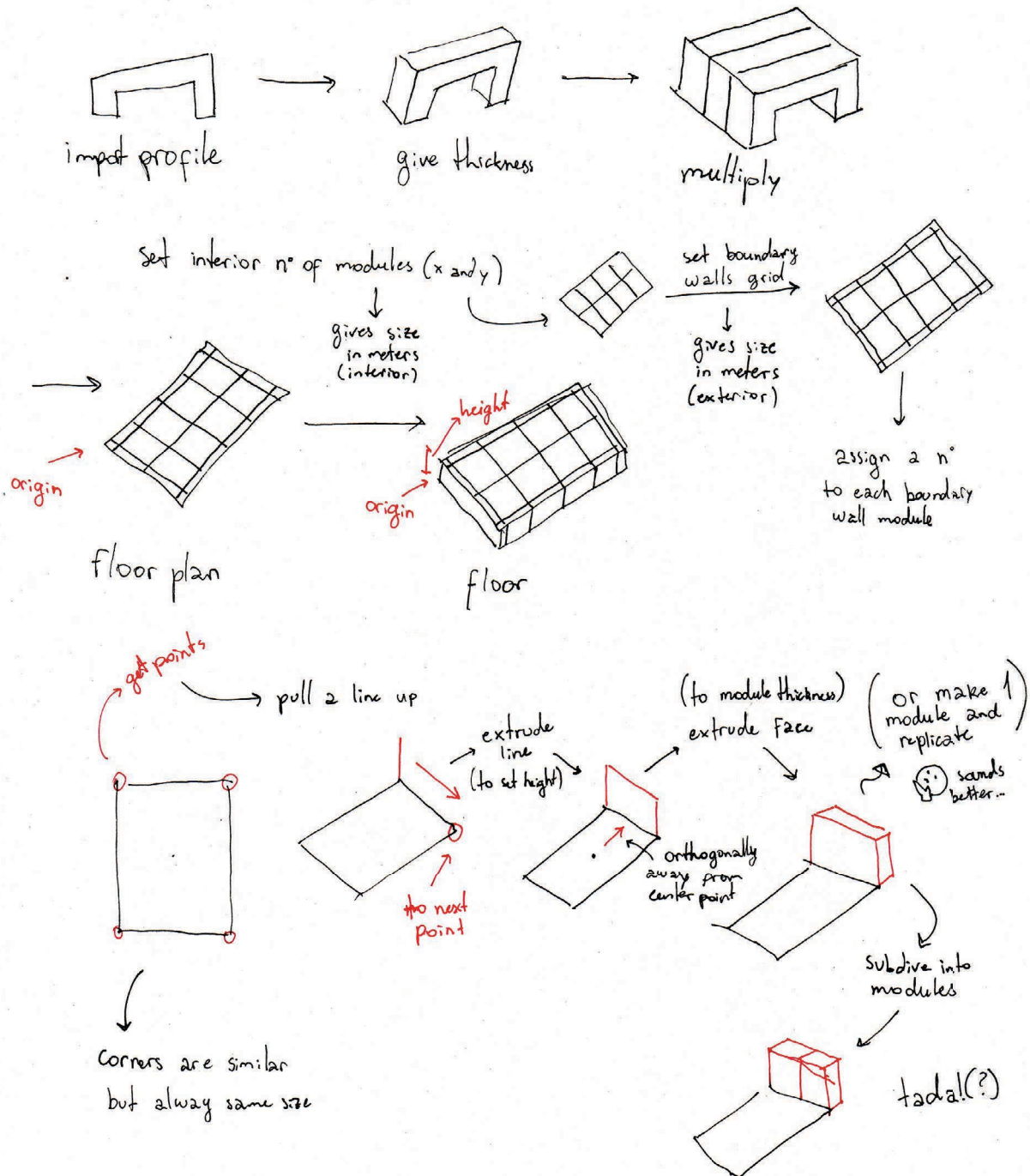
2. EVOLUÇÃO 1

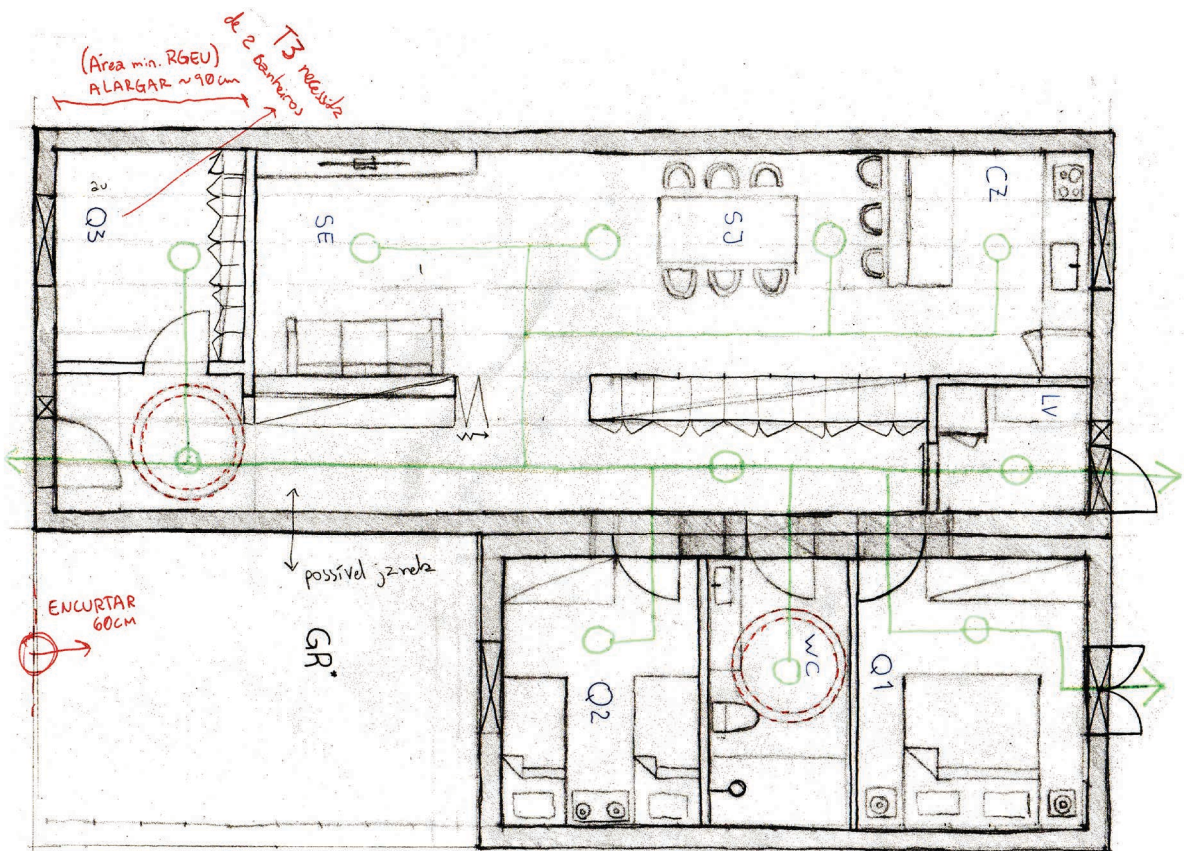
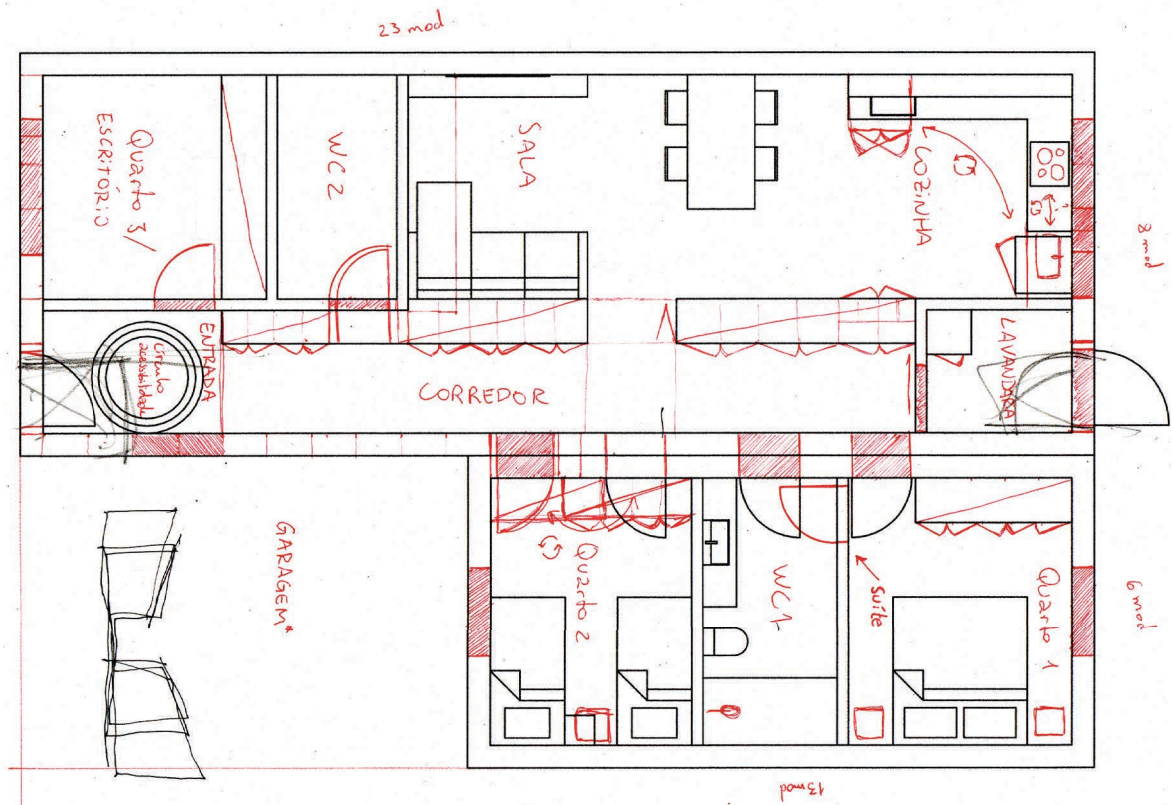


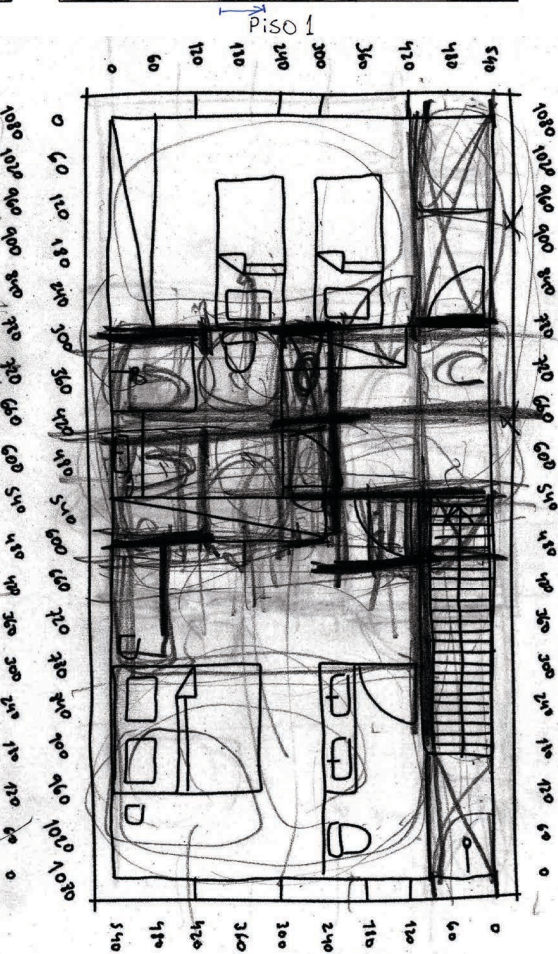
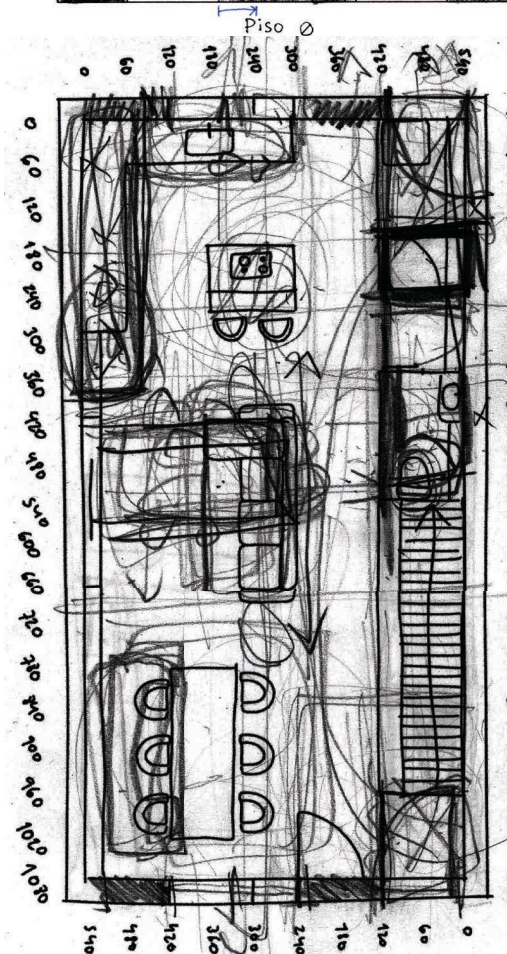
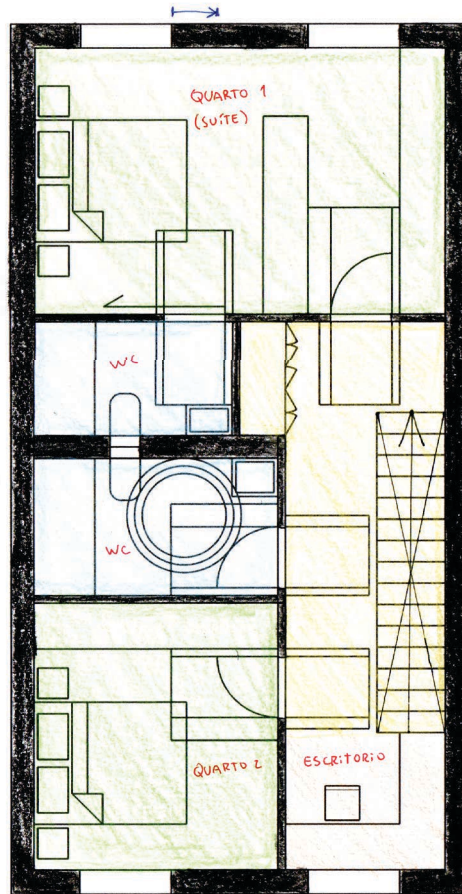
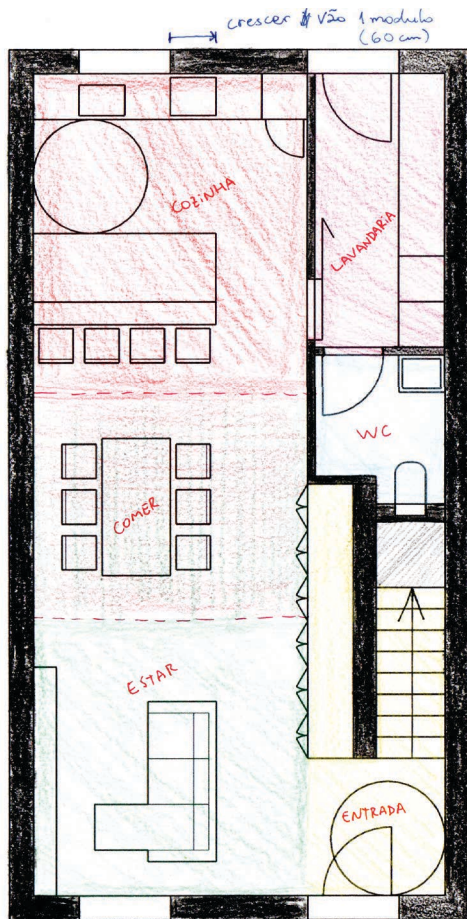
3. EVOLUÇÃO 2

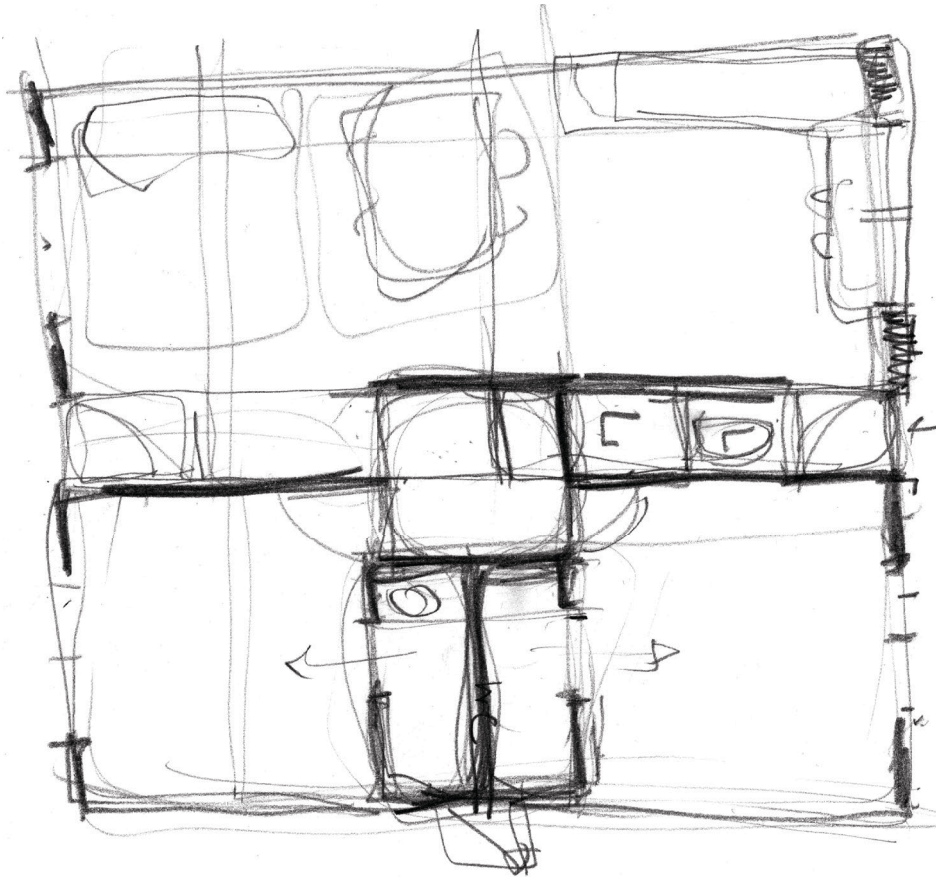


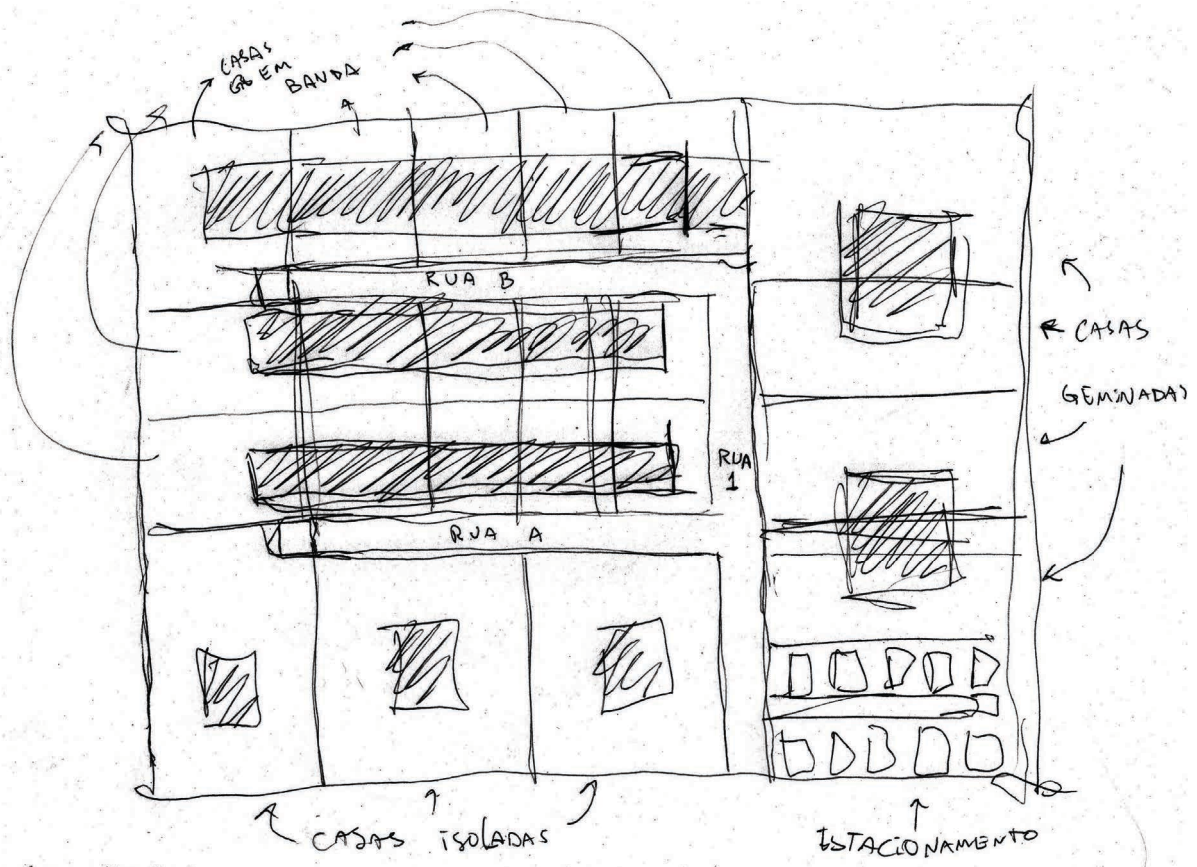
Grasshopper implementation



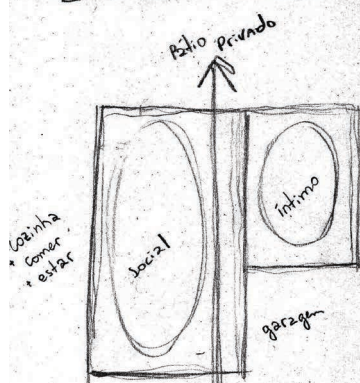
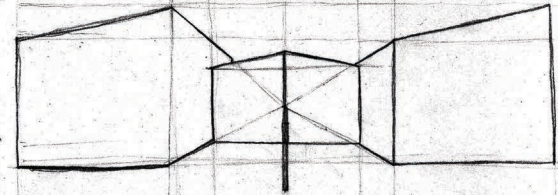
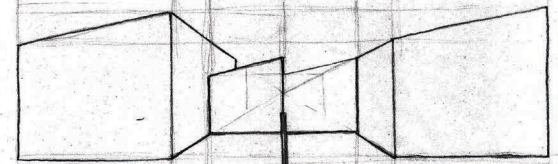
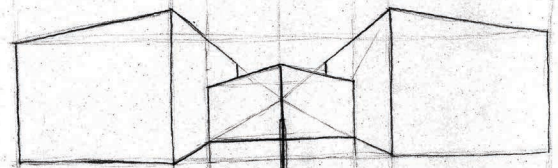
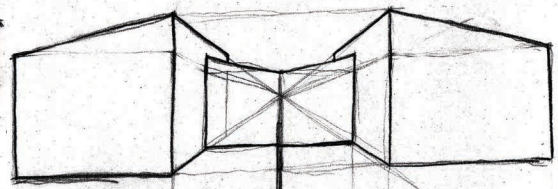
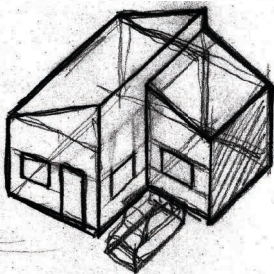
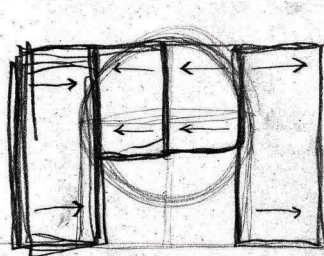




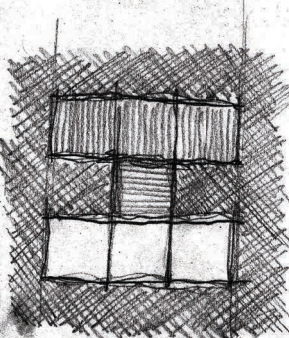
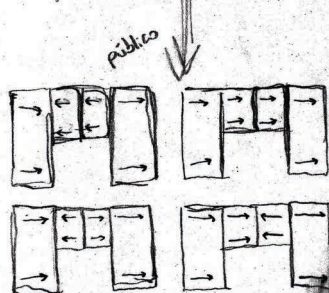




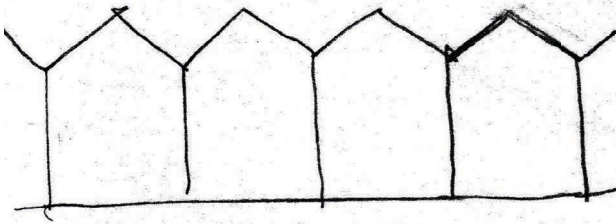
COMUNIDADE
WIKIHOUSE
BRAGA/GUIMARÃES



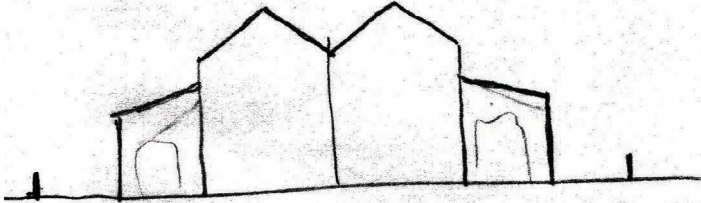
lavanderia?
armário de equipamentos?
→ esquadra
→ depósito água
→ baterias



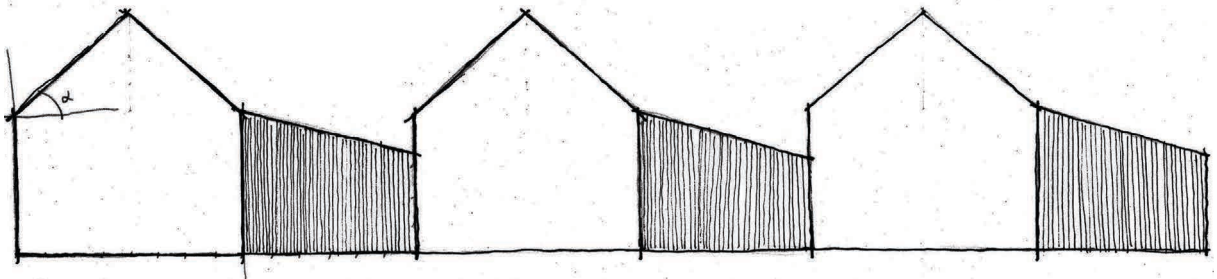
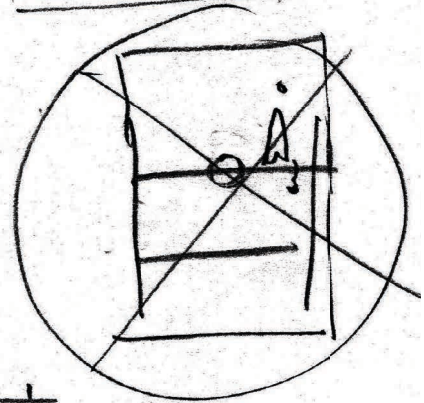
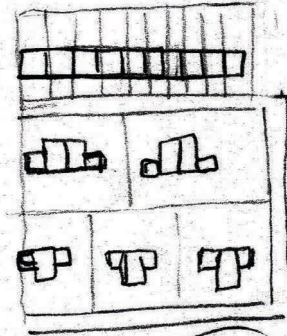
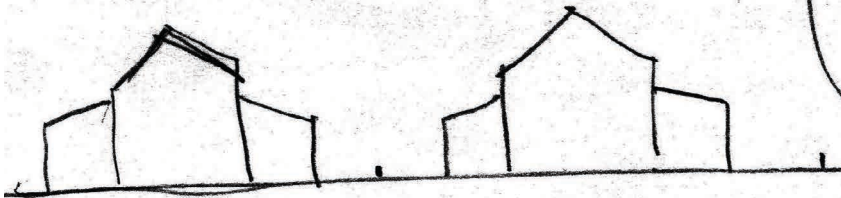
row houses



twin houses



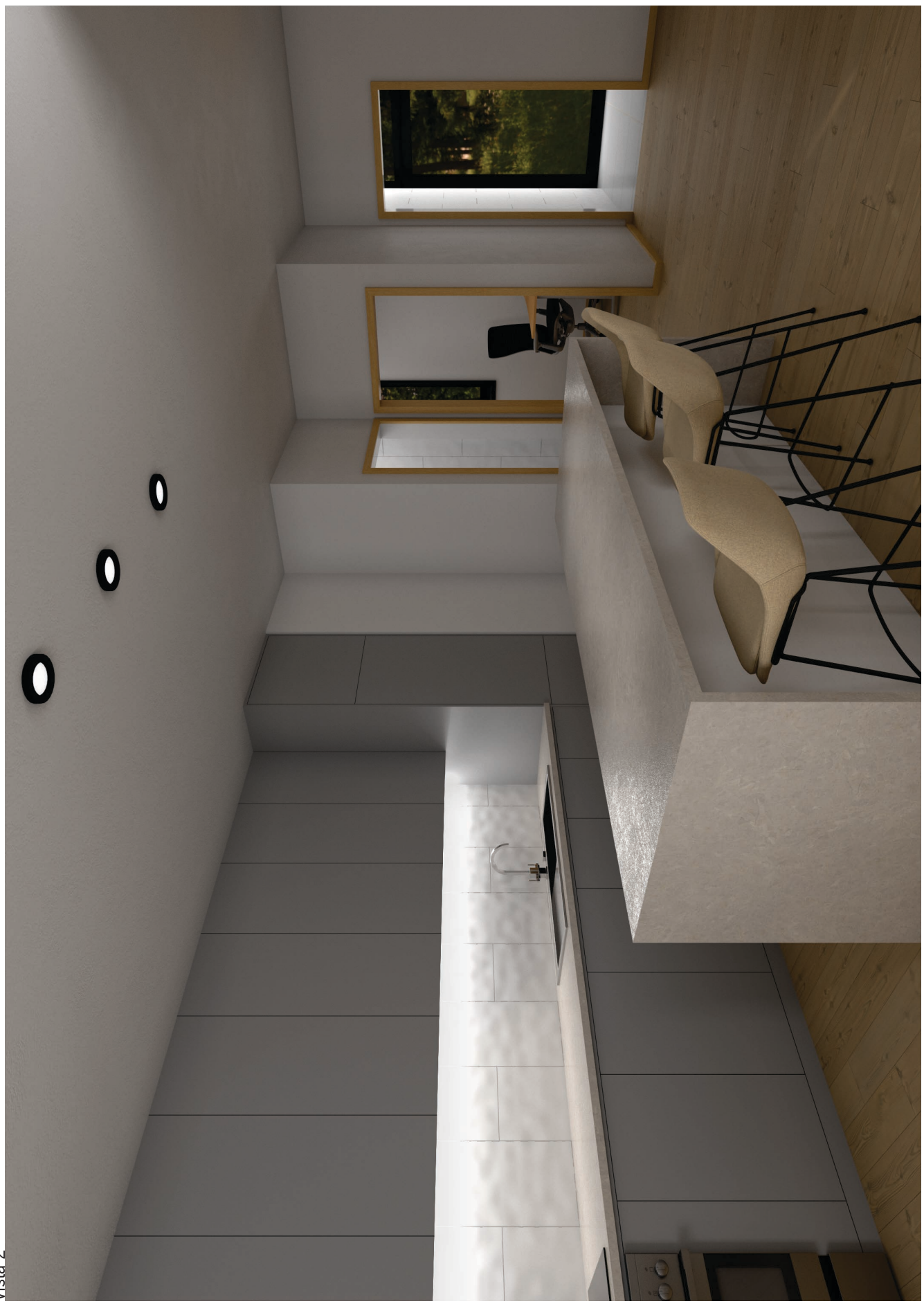
isolated houses





Vista 1

Vista 2



Vista 3



Vista 4



Vista 5



Vista 6









Vista 10



Vista 11



Vista 12



Vista 13





Vista 14

Vista 15



Vista 16



Vista 17





Vista 19







Corte B1



Corte B2



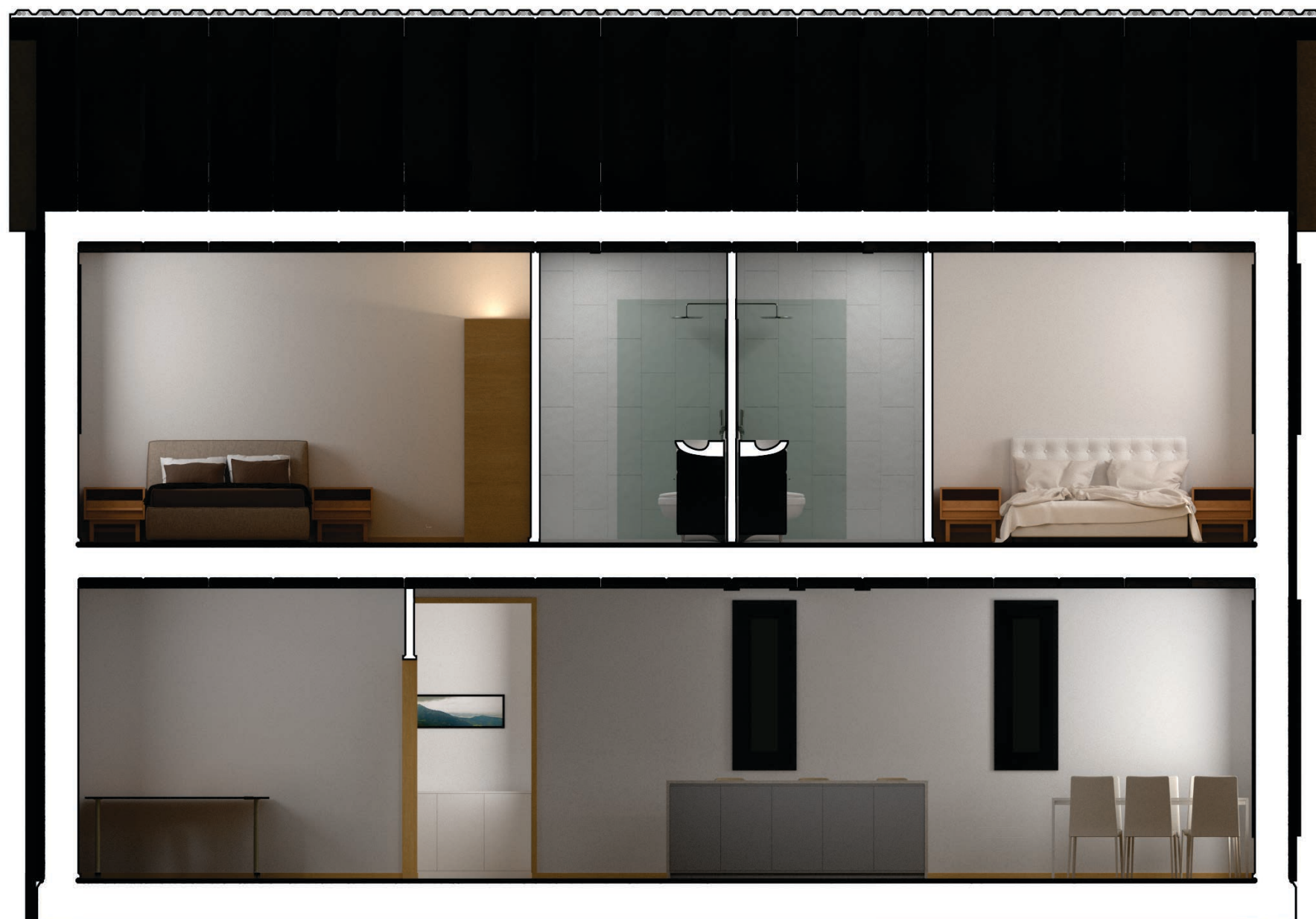
Corte F1



Corte F2



Corte L1



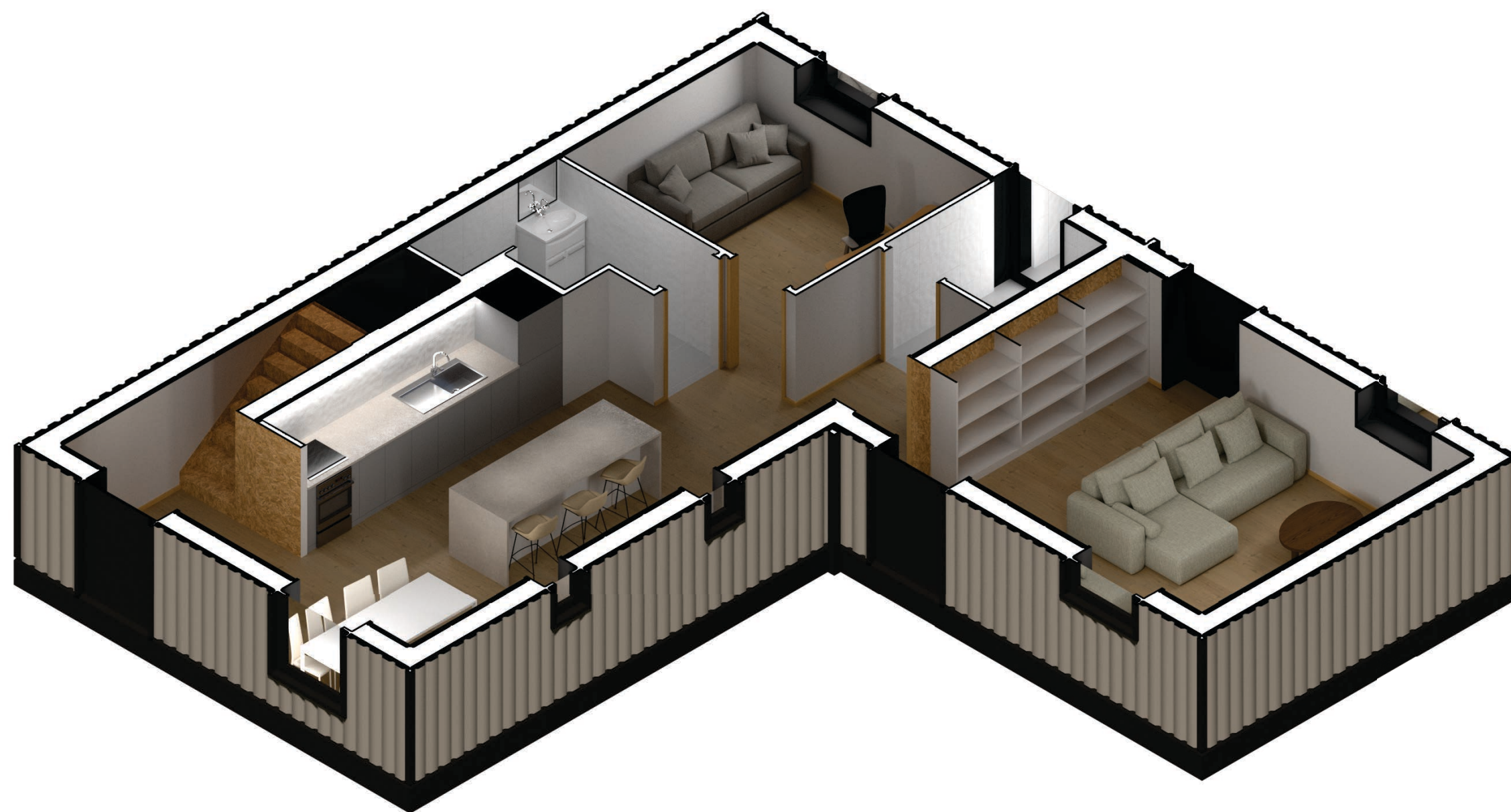
Corte L2



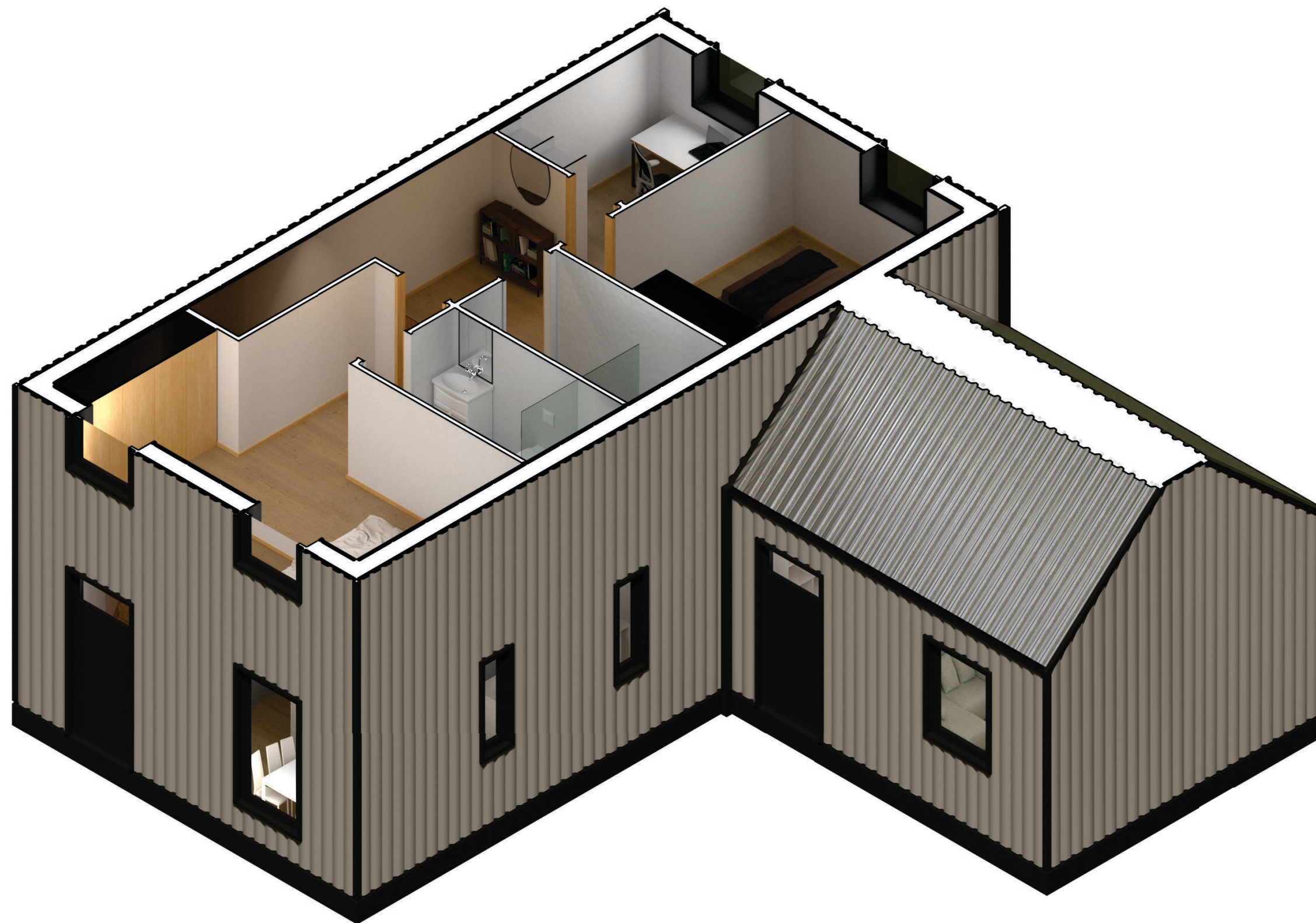
Corte R1



Corte R2



Isometria em corte Piso 0



Isometria em corte Piso 1



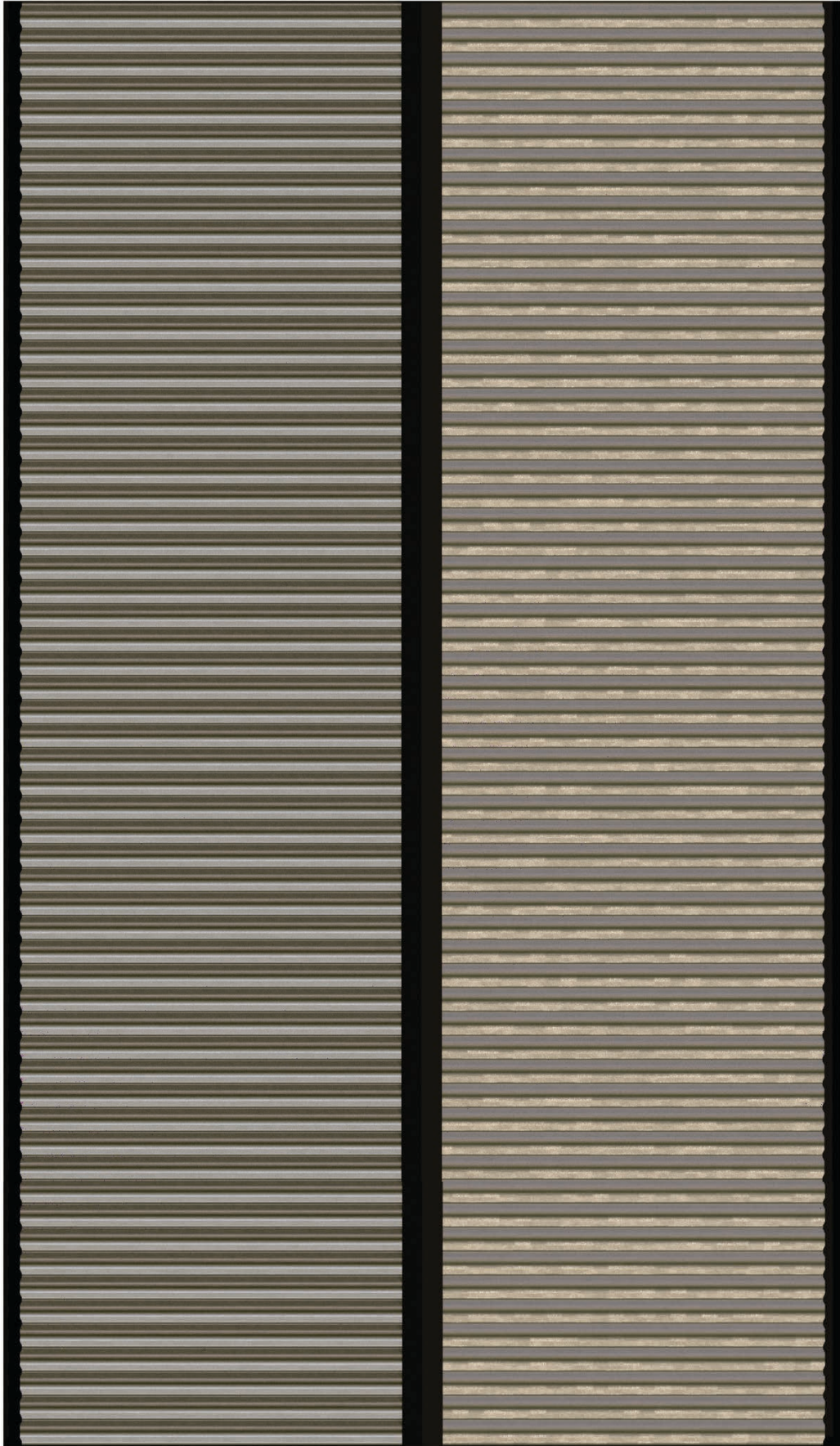
Planta Piso 0



Planta Piso 1



Planta Piso 0 Base



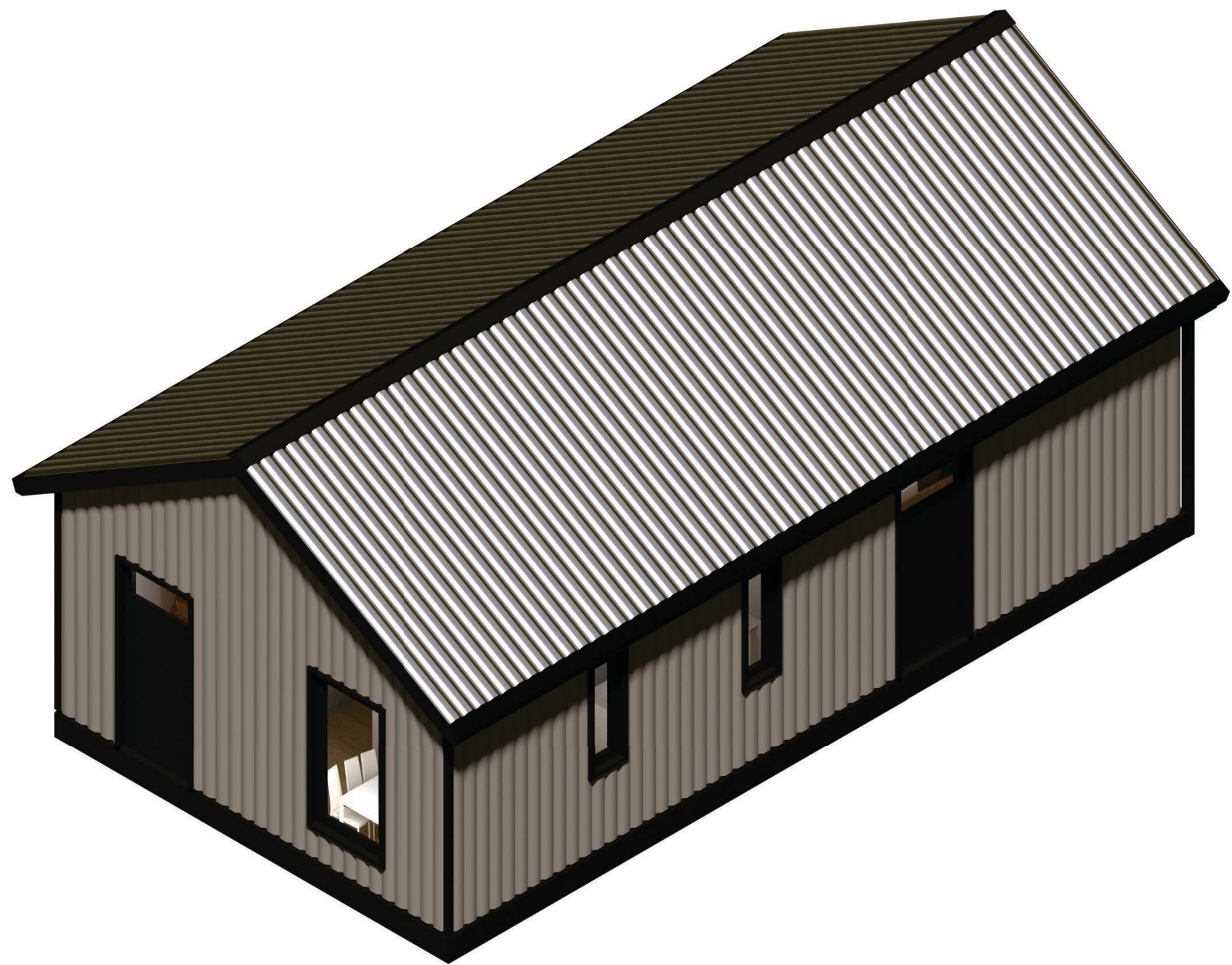
Planta Piso 1 Base

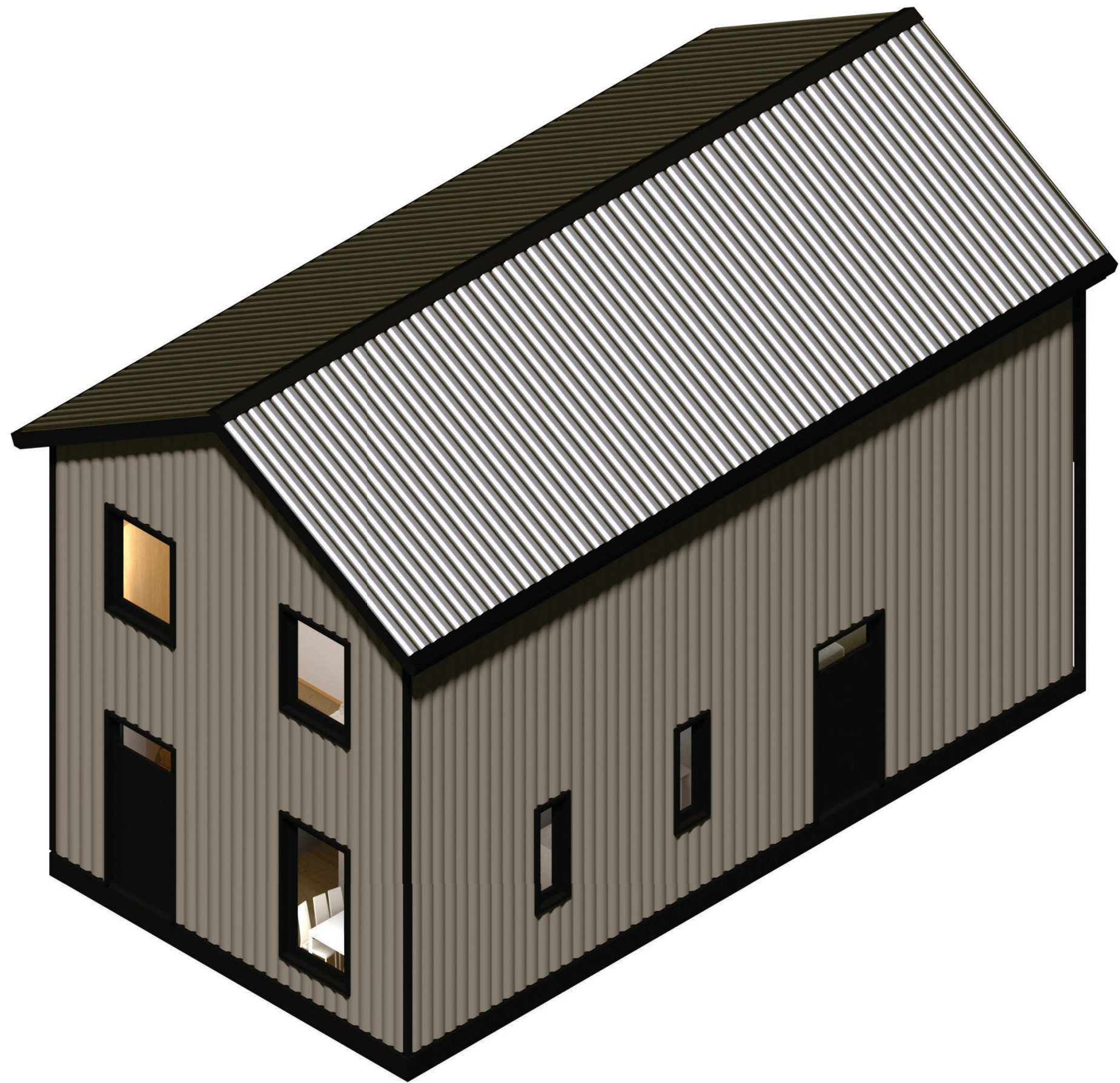


Planta Piso 0 Evolução 1



Planta Piso 1 Evolução 1



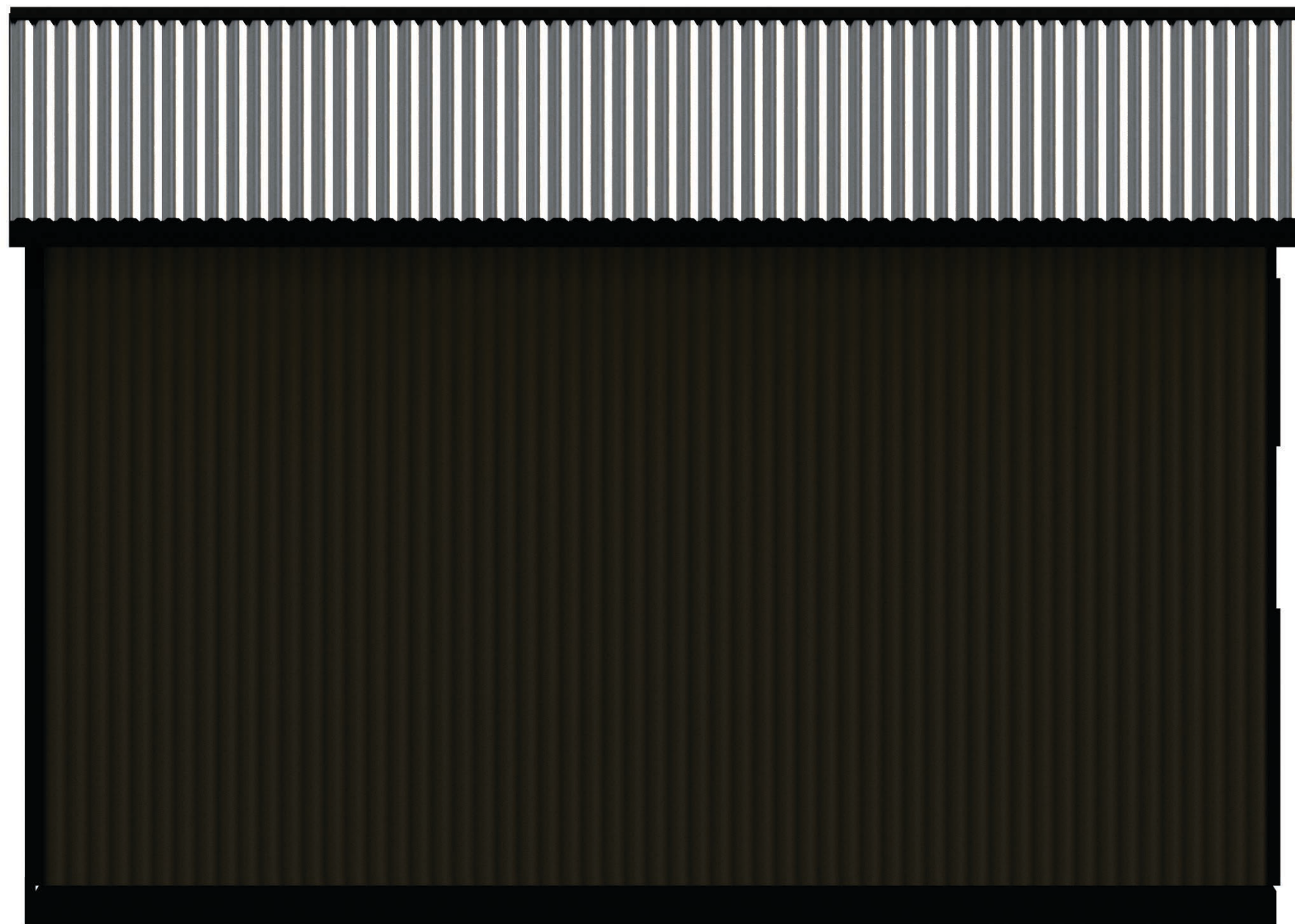




Fachada Traseira-Este



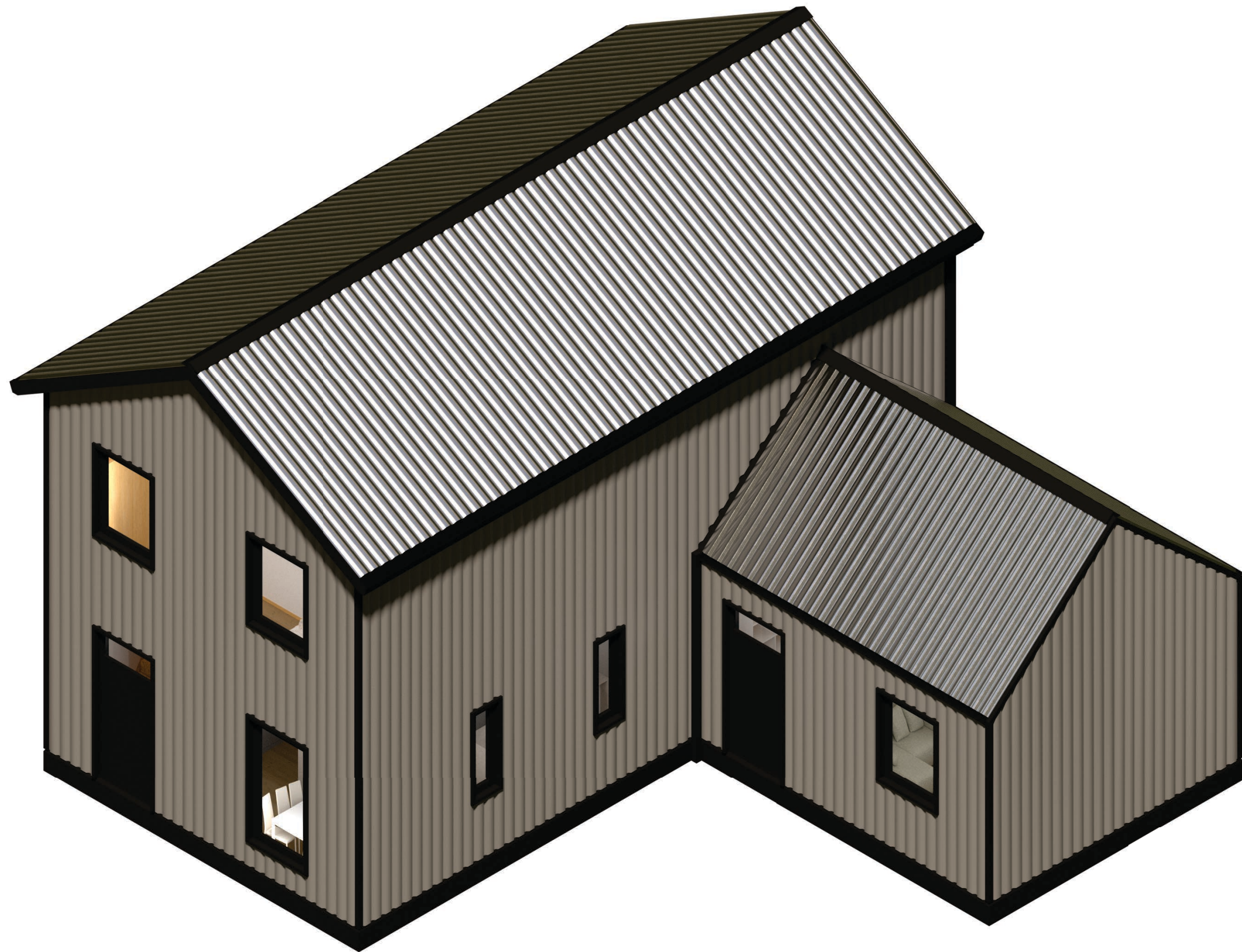
Fachada Frontal-Oeste

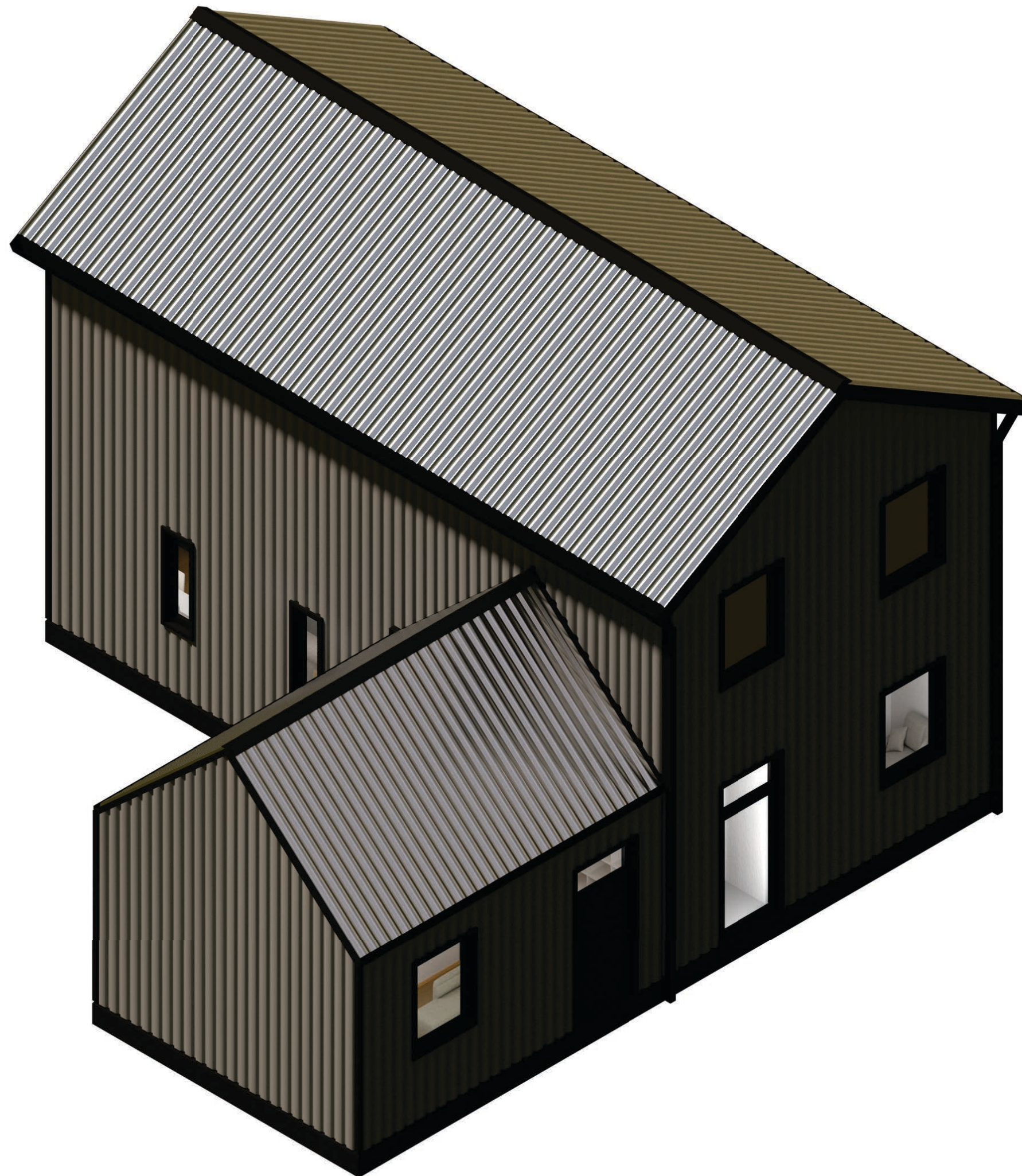


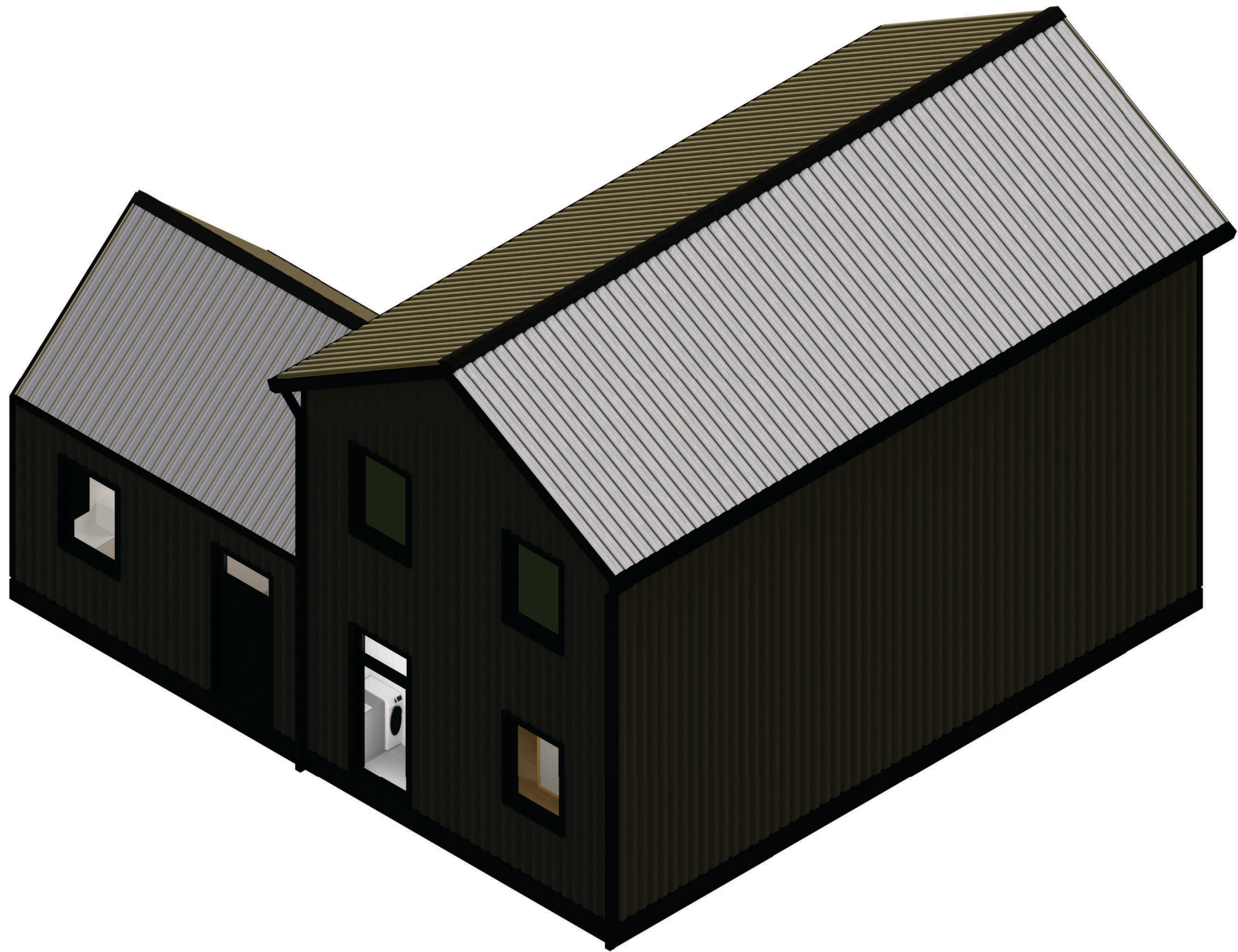
Fachada Esquerda-Norte



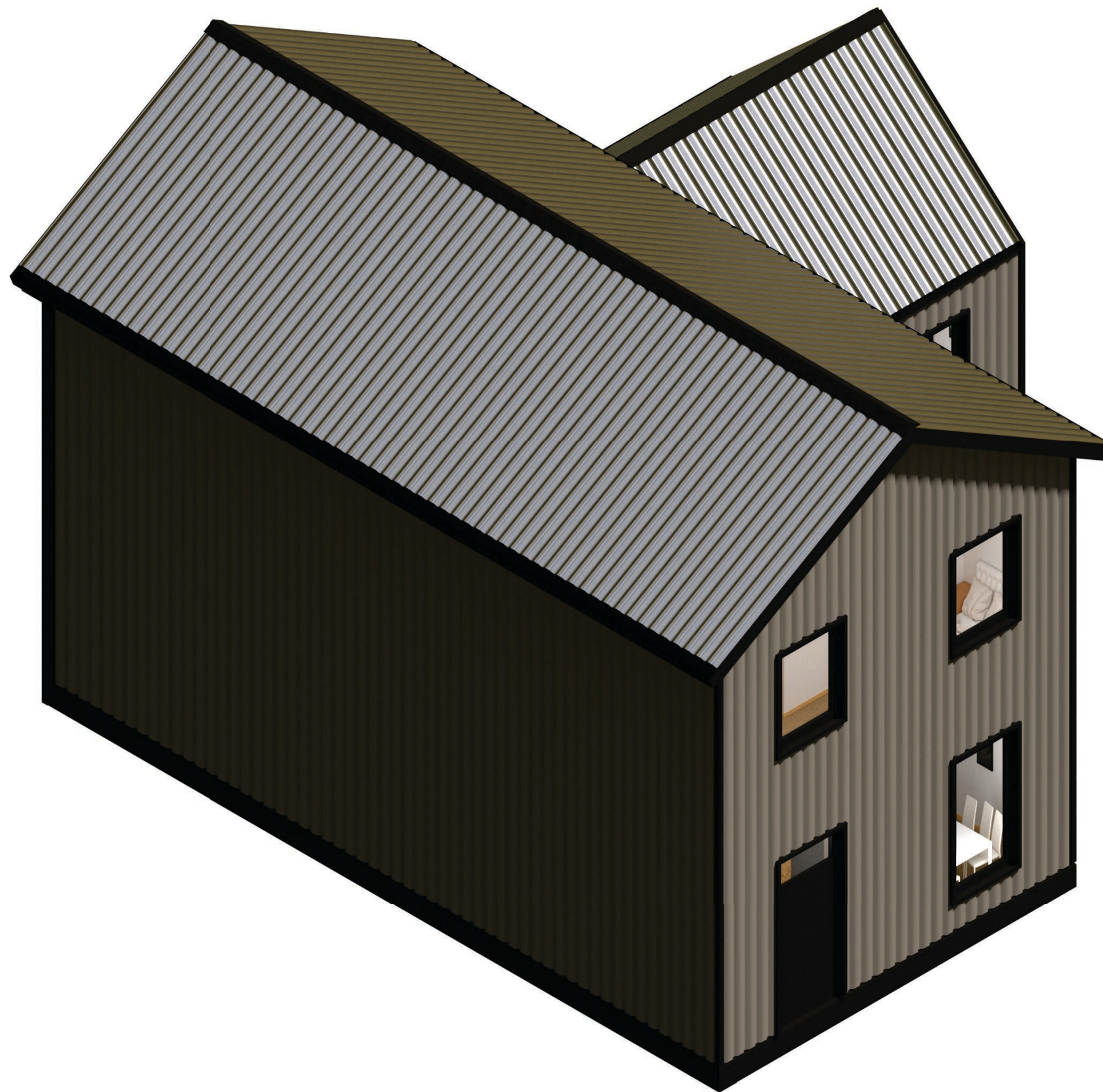
Fachada Direita-Sul



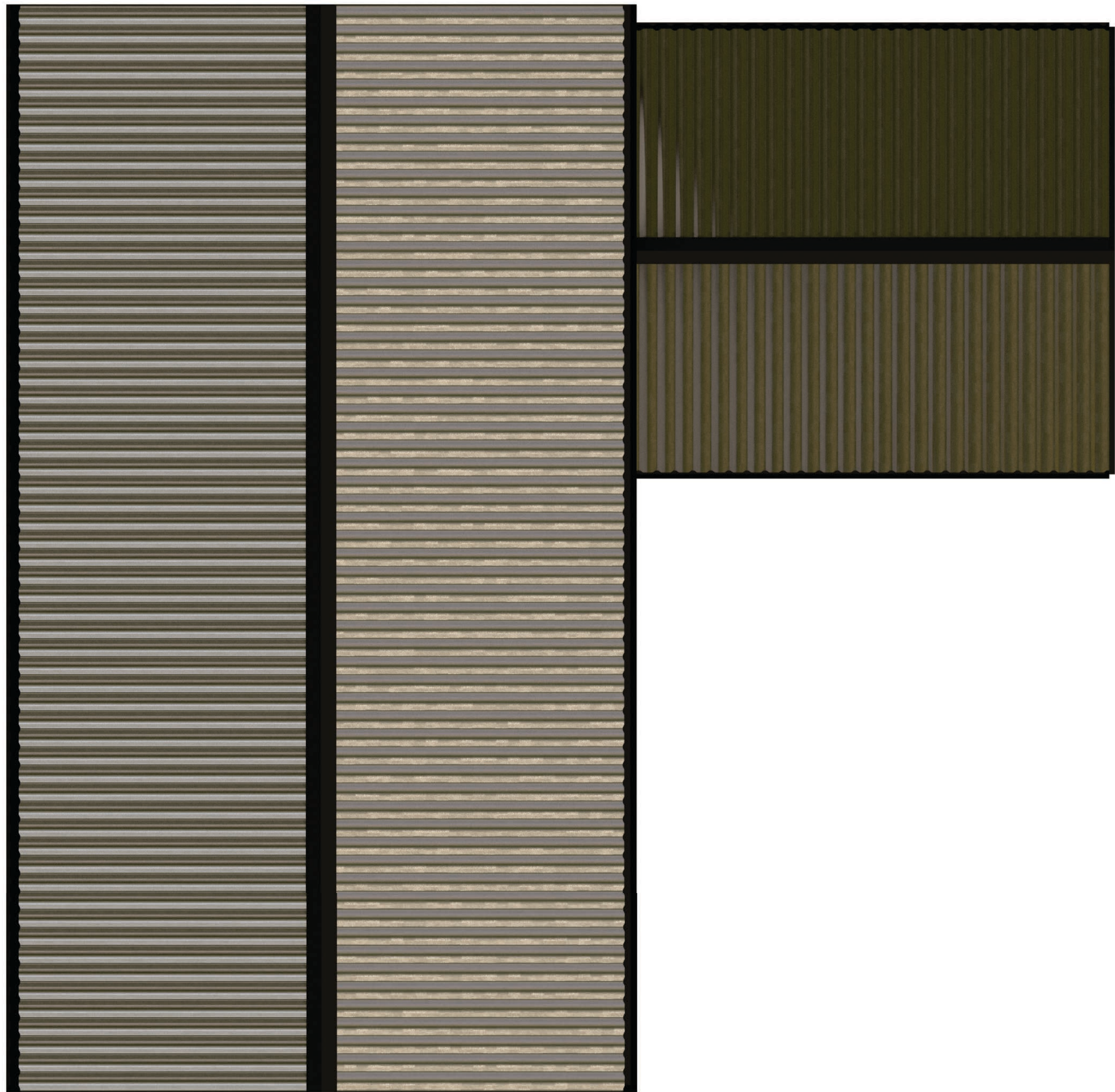


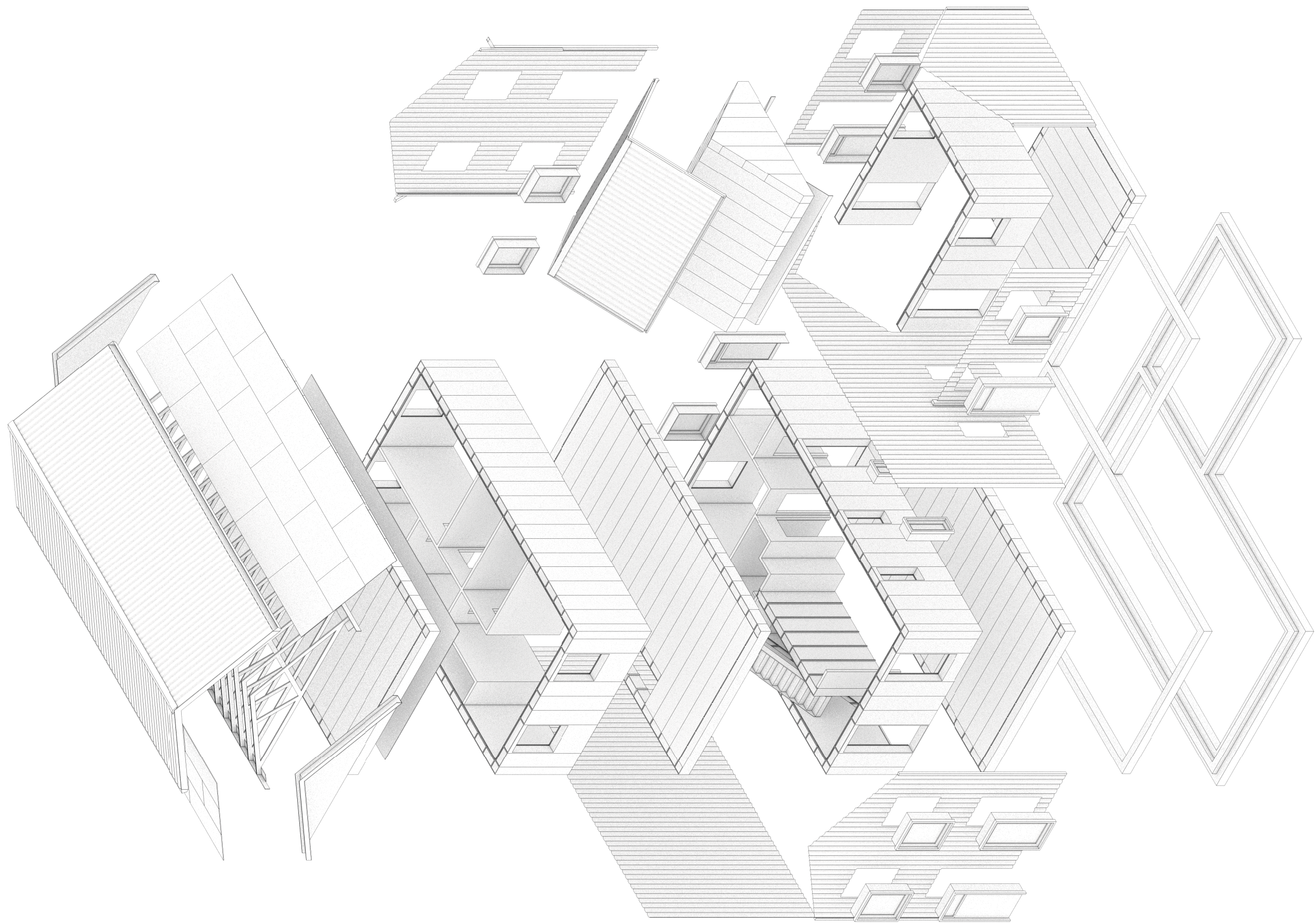


Isometria Este-Norte

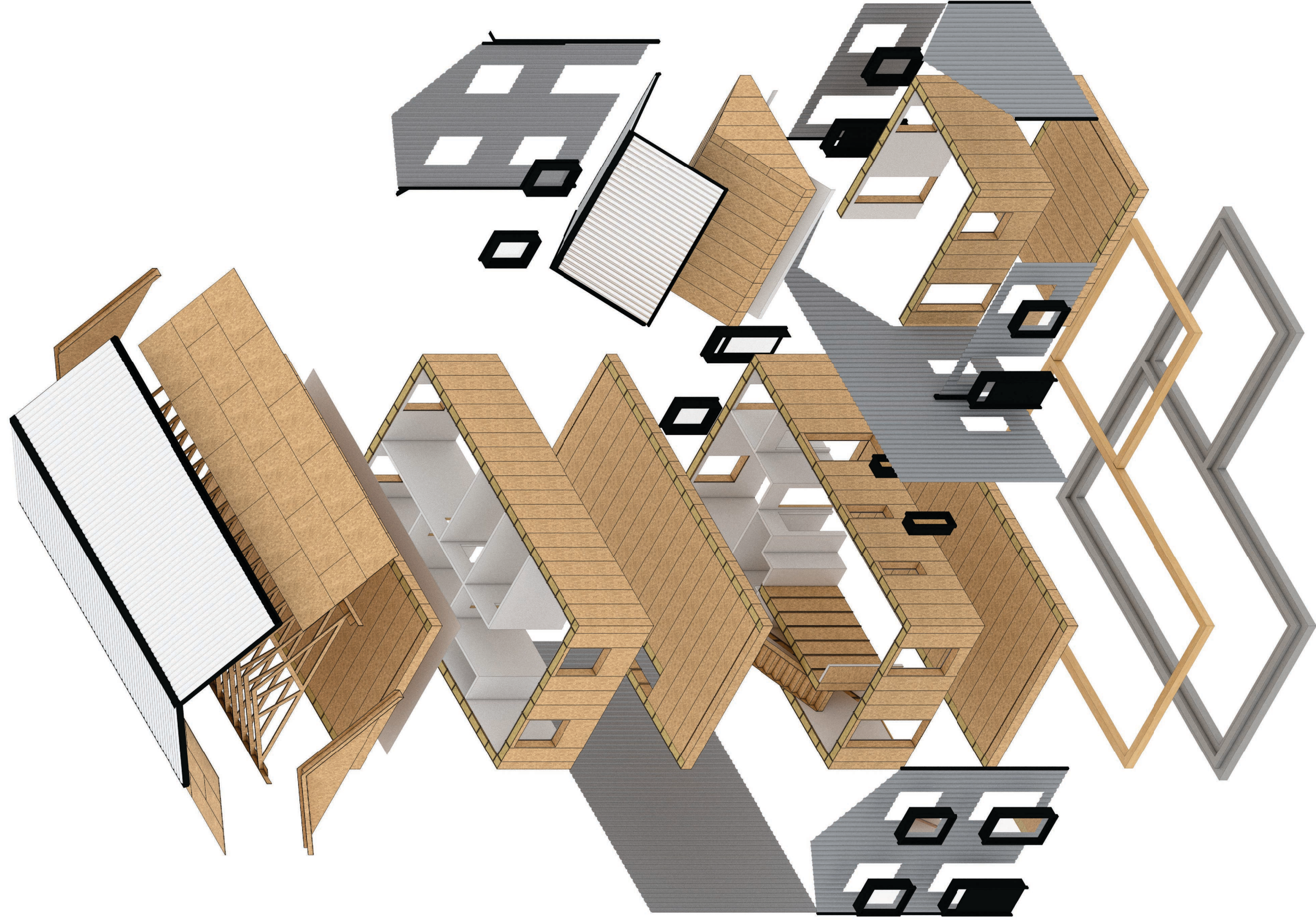


Isometria Norte-Oeste

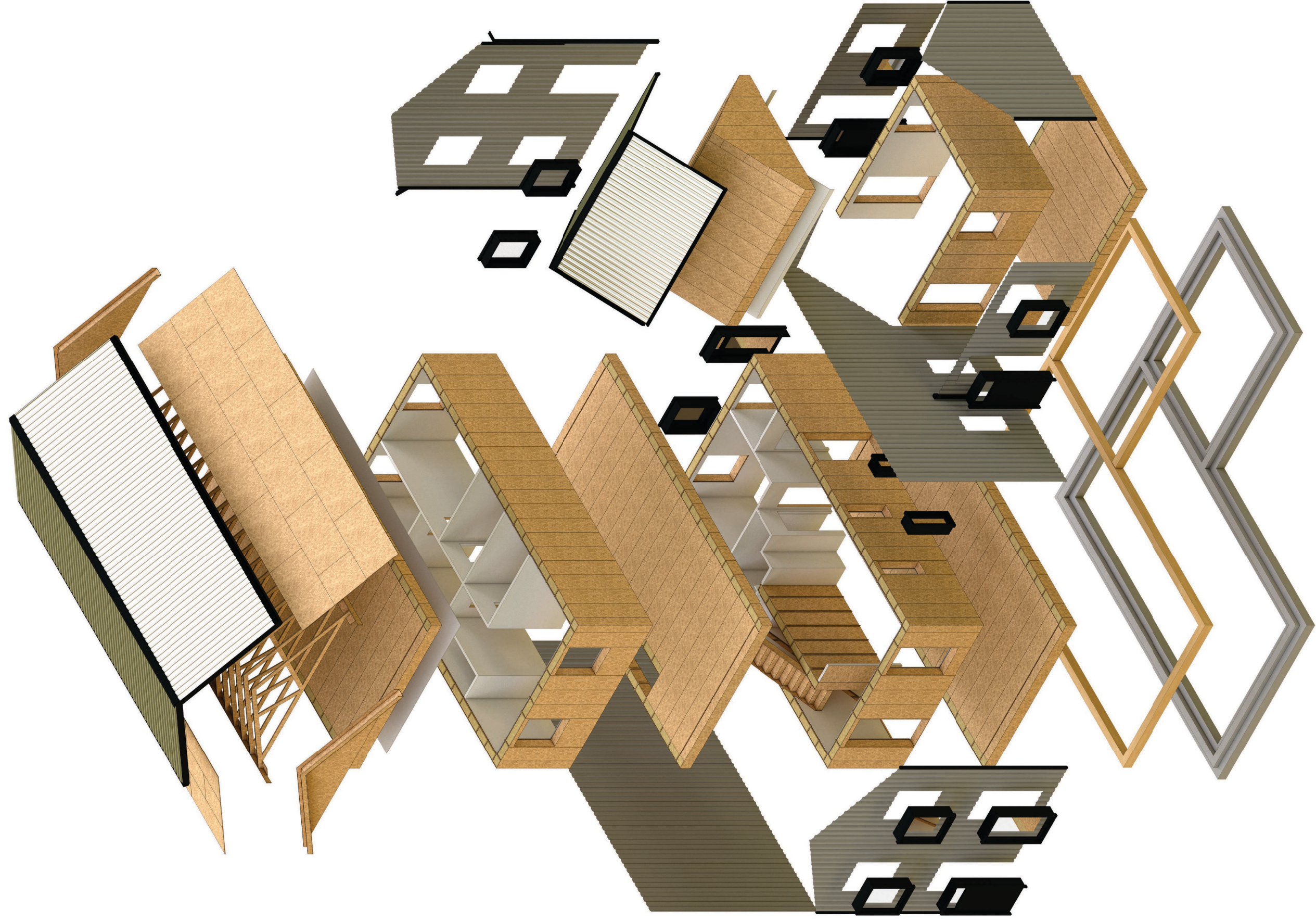




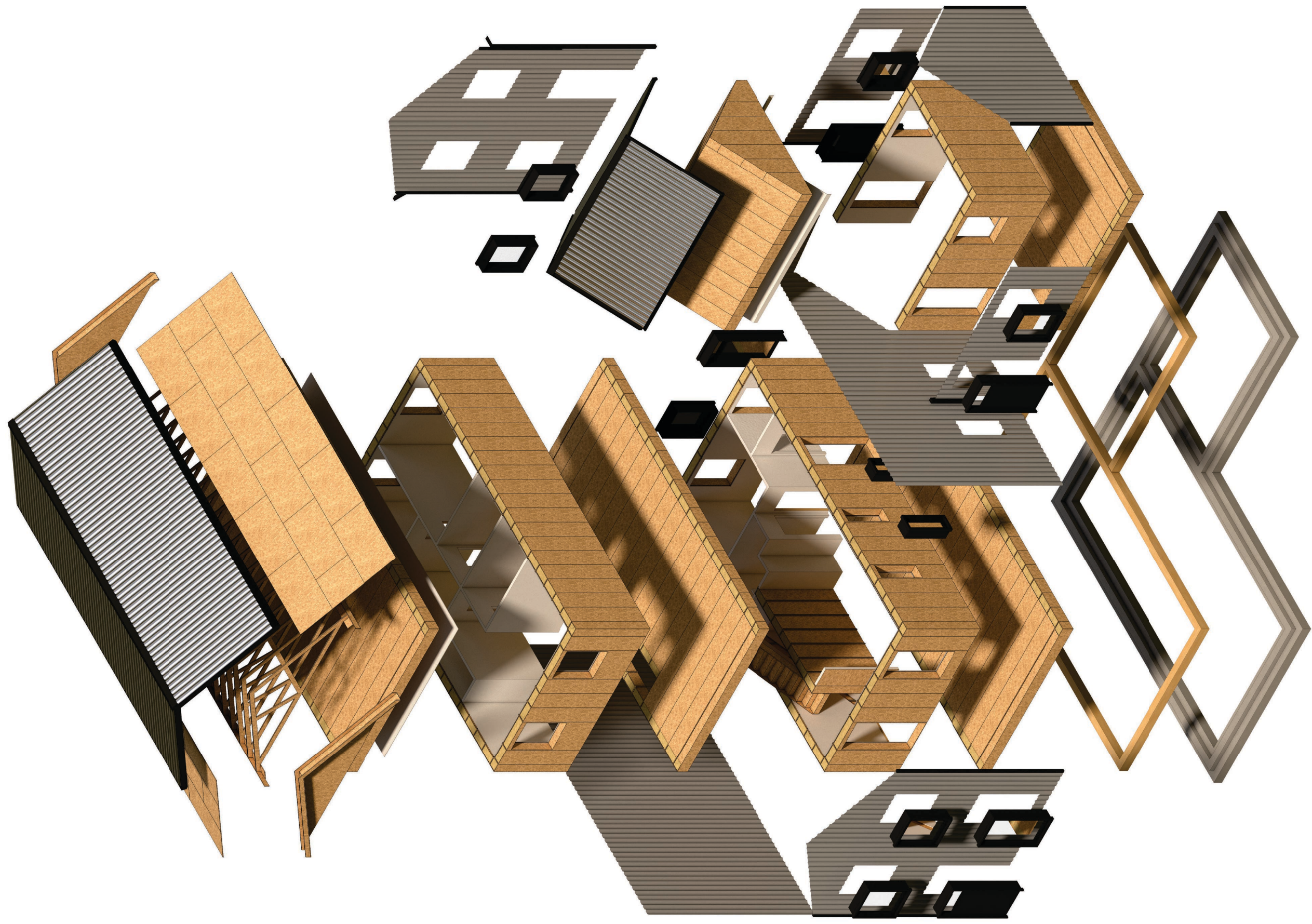
Isometria Explodida (Branco)



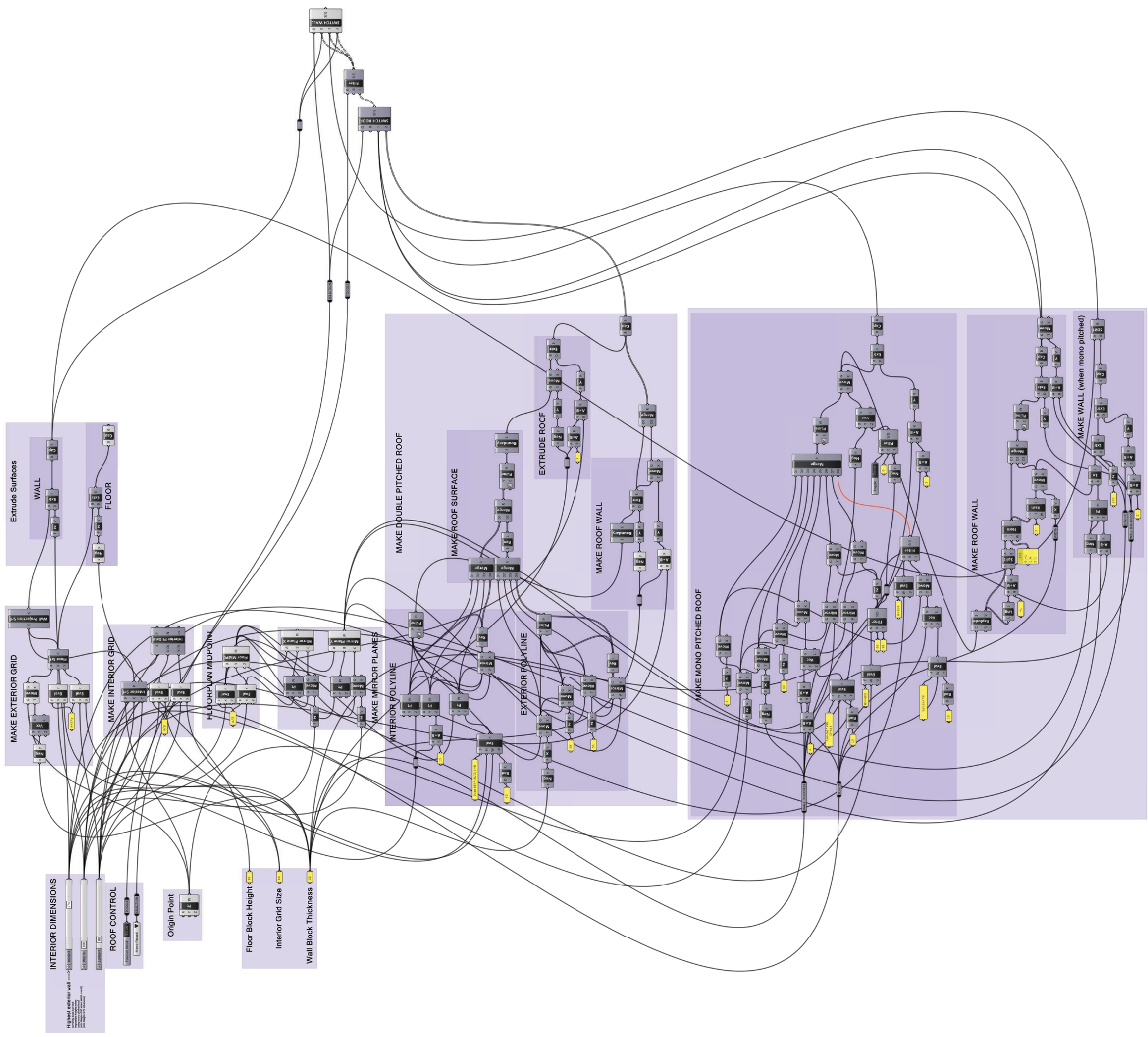
Isometria Explodida (Simples)

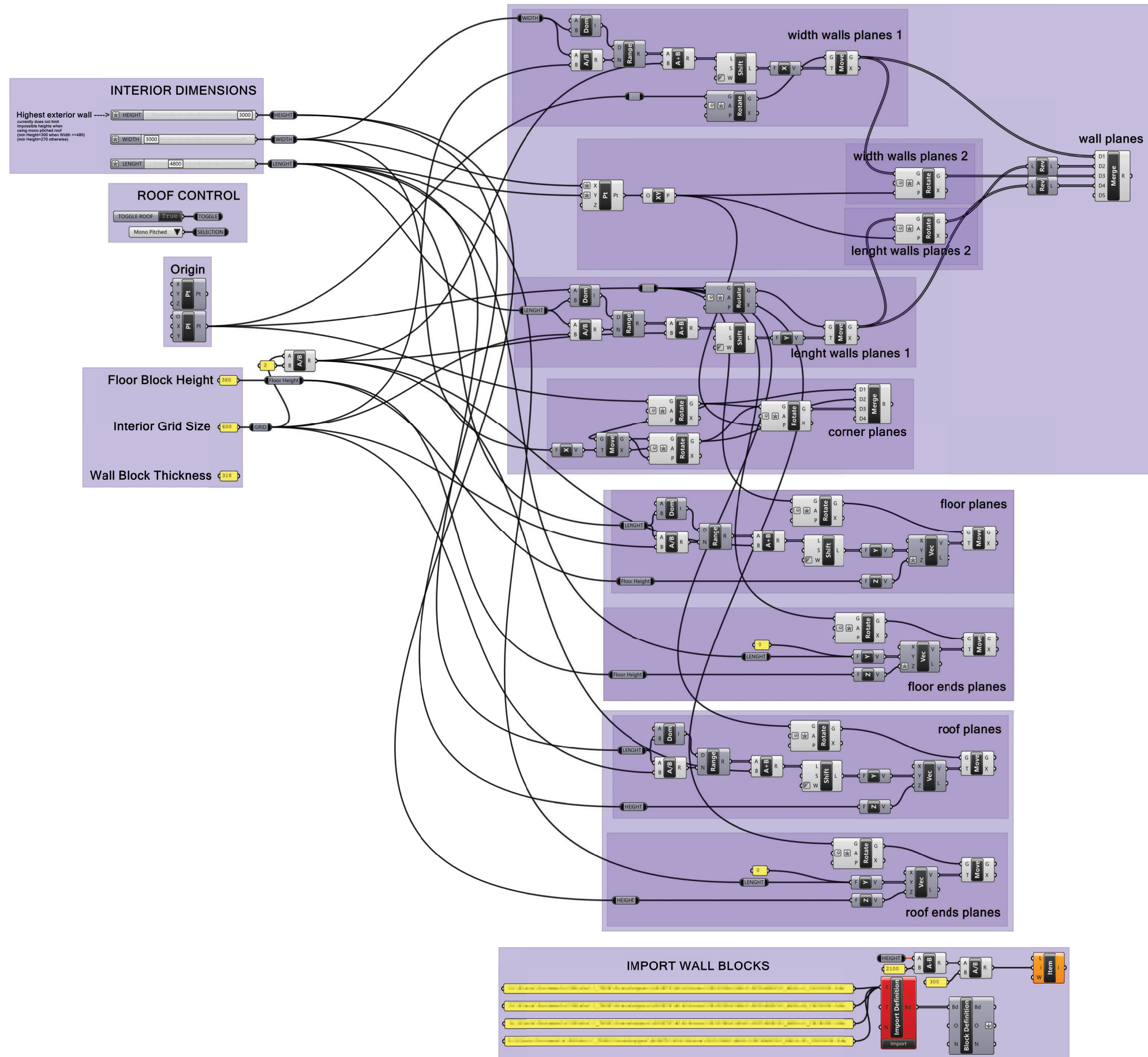


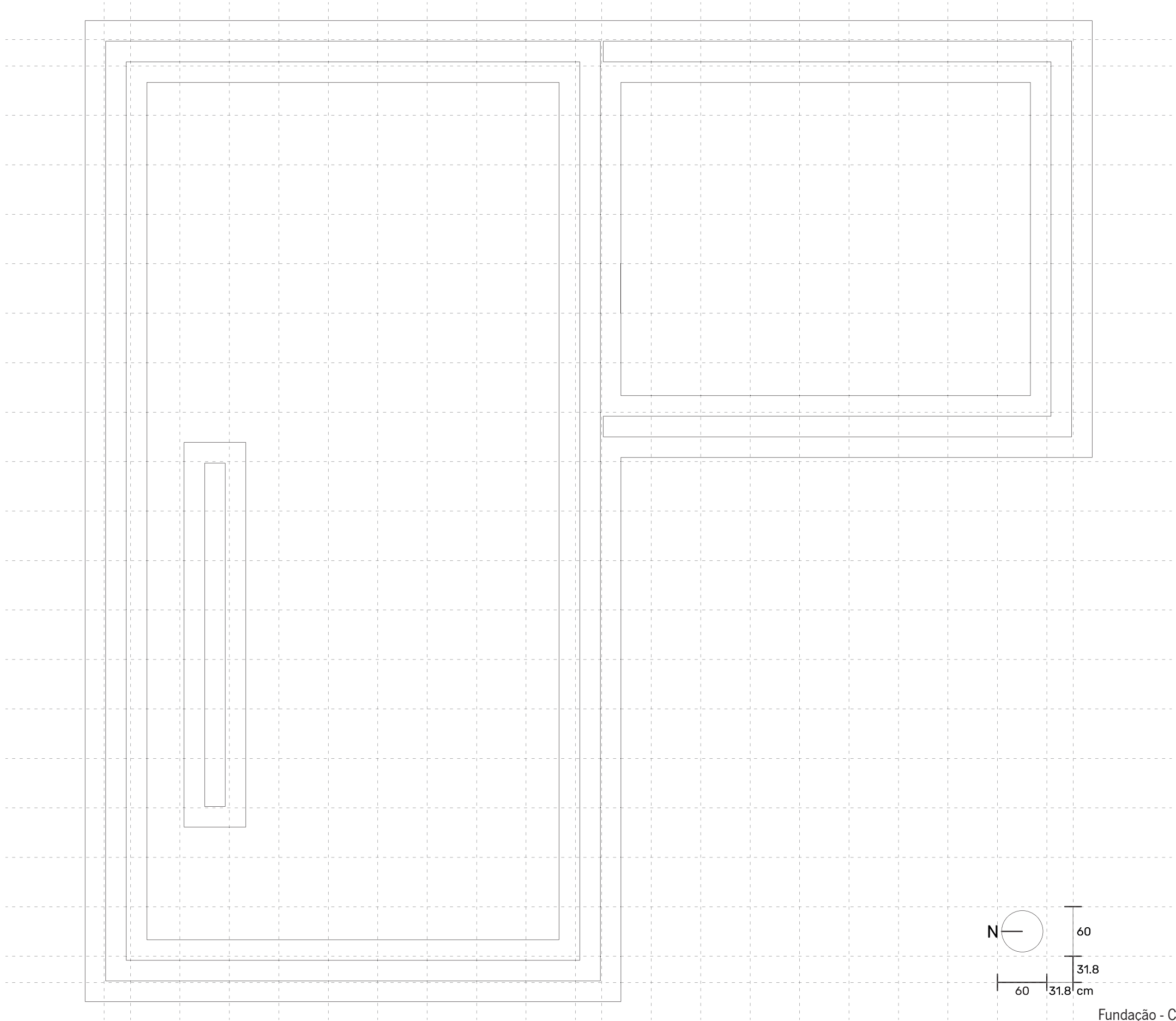
Isometria Explodida (Luz Suave)

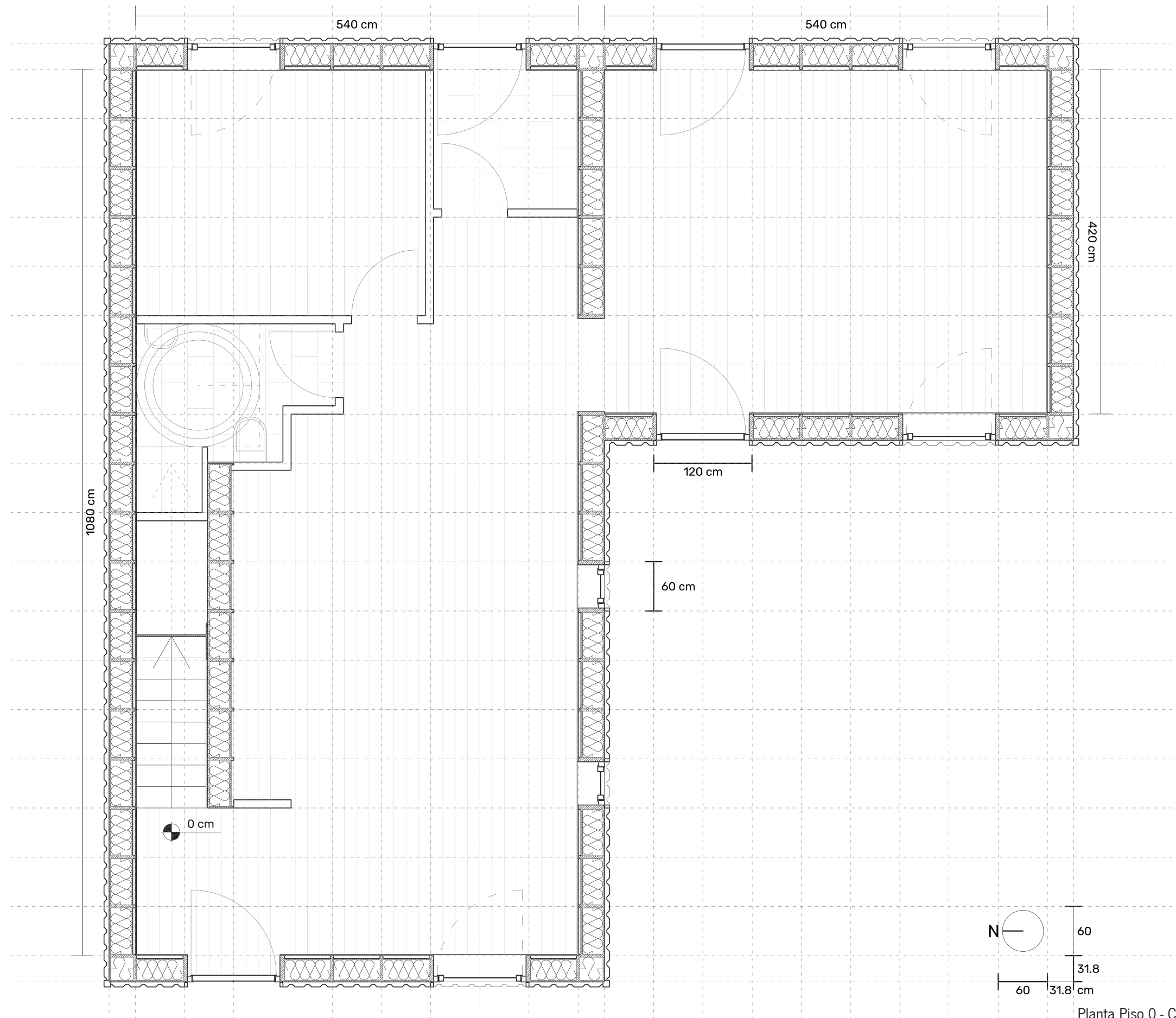


Isometria Explodida (Luz Forte)

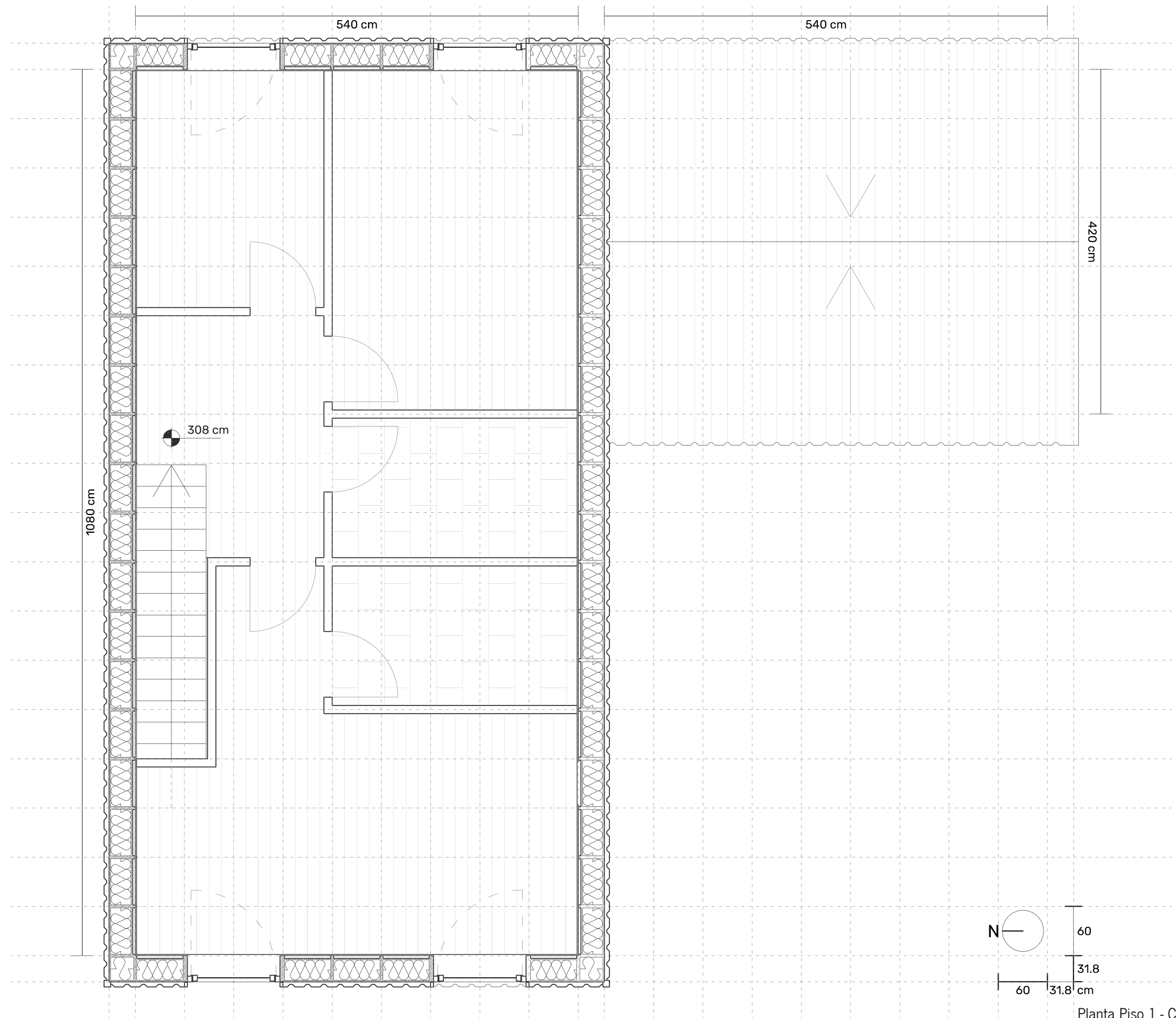




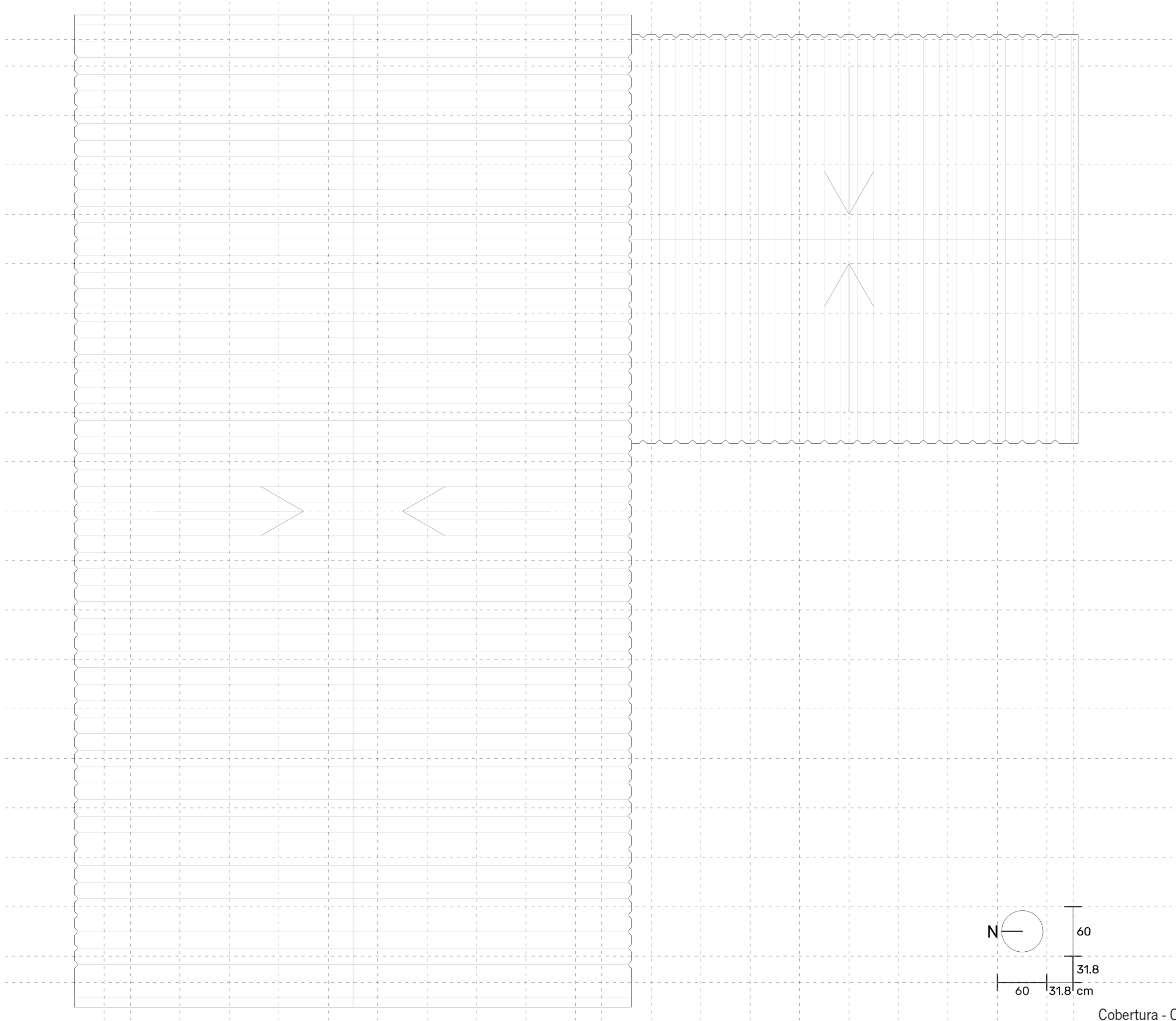




Planta Piso 0 - CAD (Esc. 1:50)



Planta Piso 1 - CAD (Esc. 1:50)



- 1 - MONTANTE DE RIPA DE MADEIRA APARAFUSADO COM FITA BUTÍLICA

2 - MEMBRANA IMPERMEÁVEL

3 - OSB3 18MM

4 - CHAPA METÁLICA PERFILADA TRAPEZOIDAL COM ACABAMENTO REFLEXIVO

5 - PERFIL METÁLICO

6 - CHAPA METÁLICA PERFILADA TRAPEZOIDAL PINTADA A CINZA

7 - MEMBRANA IMPERMEÁVEL TRANSPIRÁVEL

8 - ISOLAMENTO EM LÃ DE ROCHA

9 - PARAFUSO DE ANCORAGEM

10 - BARROTE DE MADEIRA 250X300MM

11 - BORRACHA IMPERMEABILIZANTE

12 - FUNDAÇÃO DE BETÃO

13 - TERRA

14 - SISTEMA DE DRENAGEM

15 - AREIA

16 - BRITA

17 - REDE CONTRA INSETOS

18 - SUB PAVIMENTO DE REDUÇÃO ACÚSTICA

19 - PAVIMENTO LAMINADO FLUTUANTE

20 - MEMBRANA DE CONTROLE DE VAPOR

21 - GESSO ACARTONADO

22 - TRELIÇA

23 - MONTANTE METÁLICO 'C' 48X35MM

24 - VIDRO DUPLO

25 - CAIXILHO EM PVC

