



Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
da Universidade de São Paulo

Alexander Chang

Casa Giulia: um diálogo entre o projetar e o construir

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como trabalho final de graduação.

Orientadora: Prof.^a Titular Dra. Maria Cecília Loschiavo dos Santos

São Paulo

2021

Agradecimentos

Muitas pessoas contribuíram, direta ou indiretamente, ao desenvolvimento do presente trabalho final de graduação.

Agradeço à Maria Cecília Loschiavo dos Santos, minha primeira e última professora e orientadora da graduação em arquitetura e urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, que sempre me incentivou a desenvolver meus conhecimentos à minha maneira.

À Amanda Beatriz Palma de Carvalho, minha coorientadora, pelas ótimas conversas sobre os temas abordados no trabalho, pelo apoio e por torná-lo possível ao me apresentar à Daniela Naschold.

À Daniela Naschold e à sua filha, Giulia Naschold Martin, que não só acreditaram na construção da casa na árvore como também a tornaram possível materialmente.

Ao João, Maria e Leandro Correa, caseiros do Sítio Elisa, que me auxiliaram carinhosamente durante minha estadia no terreno.

Ao José Condé Lamparelli, pelas diversas conversas e consultas sobre arquitetura ao longo da minha graduação e durante as etapas projetuais e executivas da casa Giulia.

Ao Paul Johann Magnus, pelas consultas sobre as construções em madeira.

Ao Pedro Ávila e Júlio Lamparelli, pelas revisões do trabalho e, principalmente, pela companhia desde o início da graduação.

Aos meus amigos, pelo apoio ao desenvolvimento do presente trabalho.

Às professoras Vera Pallamin, Maria Teresa Kerr Saraiva e Luciana Royer, pela partilha de conhecimento e pelos ensinamentos fundamentais à minha formação em arquitetura e urbanismo.

À Bhertha Tamura, minha querida mãe, por sempre me apoiar incondicionalmente e tornar meu caminho possível.



Figura1. João e Maria Correa, caseiros do Sítio Elisa. Fonte: Alexander Chang.

Sumário

1 Resumo

1 Abstract

2 Introdução: meus primeiros contatos com o fazer à mão

21 Parte 1

- 21 Giulia e Sítio Elisa: programa, método construtivo e lugar
- 24 Estudo Preliminar
- 30 Anteprojeto
- 30 Maquete
- 34 Levantamento topográfico
- 37 Dimensionamento
- 53 Desenho Virtual

61 Parte 2

- 61 Primeiro encontro com as madeiras do projeto
- 64 Primeiros encaixes e desafios
- 70 Teste dos encaixes das toras do projeto: VA2, PA3 e V3
- 76 Pilares: PA1, PA2, PB1, PB2 e PB3
- 79 Vigas: VA1, VB1, VB2, V3 e V2'
- 82 Preparação das peças serradas
- 85 Encaixes
- 88 Estrutura do pavimento e do telhado
- 94 Vigas: V1 e V2
- 102 Pilares superiores: PA1', PA2', PB1' e PB2'

109 Considerações finais

111 Bibliografia

Resumo

O presente trabalho final de graduação tem o objetivo de contribuir à discussão do fazer à mão na arquitetura, em oposição à atual hegemonia dos sistemas digitais no processo pedagógico, criativo e executivo da arquitetura. O texto se inicia com uma análise de experiências pessoais em que o trabalho manual adquiriu protagonismo no aprendizado ao longo de minha graduação, em três diferentes ocasiões: no intercâmbio na *Bergen Arkitekthøgskole* (BAS), no período que trabalhei como ajudante de serralheiro e, por último, no meu estágio na Marcenaria São Paulo. Em sequência, têm-se o relato das etapas projetuais e construtivas da casa Giulia: uma casa na árvore de madeira para uma criança de oito anos, chamada Giulia. Essa descrição é dividida em duas partes. Na primeira, apresento as atividades que conceberam o projeto: o lugar, o método construtivo e o programa. Na segunda, relato o processo de materialização à mão da casa na árvore: a usinagem do material e dos encaixes.

Palavras-chaves: fazer à mão, arquitetura, construção, madeira, casa na árvore.

Abstract

The present final graduation work aims to contribute to the discussion of the hands-on approach to architecture, in opposition to the current hegemony of digital systems in the pedagogical, creative and executive processes of architecture. The text begins with an analysis of personal experiences in which manual work gained protagonism in the apprenticeship throughout my graduation, on three different occasions: in the exchange at *Bergen Arkitekthøgskole* (BAS), in the period I worked as a blacksmith's assistant and, for last, in my internship at Marcenaria São Paulo. Subsequently, there is an account of the design and construction stages of the Giulia house: a wooden treehouse for an eight-year-old child, named Giulia. This description is divided in two parts. In the first, I present the activities that conceived the project: the place, the construction method and the program. In the second, I report the process of materializing the treehouse by hand: the making of the materials and the joinery.

Keywords: hands-on, architecture, construction, wood, treehouse.

Introdução: meus primeiros contatos com o fazer à mão

O problema do fazer à mão tem adquirido espaço no debate arquitetônico devido à atual hegemonia dos sistemas digitais no processo pedagógico, criativo e executivo da arquitetura. São inegáveis os benefícios da incorporação desses sistemas que permitem uma elevada eficiência projetual e construtiva em comparação à produção manual tradicional. Em consequência disso, estamos, cada vez mais, nos distanciando da prancheta e dos modelos físicos desde o início do aprendizado em favor da tela do computador e dos modelos virtuais. No entanto, não é possível desvincular desse progresso uma preocupação com os rumos do ensino e do processo criativo da arquitetura, uma vez que a relação entre o objeto e o projetista se torna gradualmente mais abstrata. Sobre o uso do computador e o fazer à mão durante o ato de projetar, Junah Pallasmaa afirma:

A produção de imagens por computador tende a achatar nossa capacidade magnifica, multissensorial, simultânea e sincrônica de imaginação, ao transformar o processo de projetar numa manipulação visual passiva, numa jornada da retina. O computador cria uma distância entre o criador e o objeto, enquanto o desenho à mão, assim como o trabalho com maquetes, coloca o projetista em contato tático com o objeto ou o espaço. Em nossa imaginação, o objeto é simultaneamente segurado na mão e dentro da cabeça, e a imagem física projetada e imaginada é modelada por nossa imaginação corporificada. Estamos ao mesmo tempo dentro e fora do objeto concebido.¹

¹ “Computer imaging tends to flatten our magnificent, multi-sensory, simultaneous and synchronic capacities of imagination by turning the design process into a passive visual manipulation, a retinal journey. The computer creates a distance between the maker and the object, whereas drawing by hand as well as working with models put the designer in a haptic contact with the object, or space. In our imagination, the object is simultaneously held in the hand and inside the head, and the imagined and projected physical image is modelled by our embodied imagination. We are inside and outside of the conceived object at the same time.” (PALLASMAA, Juhani. *The eyes of the skin: architecture and the senses*. Chichester: AD Primer, John Wiley & Sons, 2012 [2005], p. 12; tradução do autor)

Conforme a afirmação do autor, podemos observar que, em relação à representação projetual, o computador produz um novo distanciamento entre o projetista e o objeto, em oposição à qualidade sensível do fazer à mão, em que o corpo, lugar ativo da “percepção, pensamento e consciência”,² estabelece uma relação profunda com o objeto. Considerando essa relação como fundamental ao desenvolvimento da capacidade criativa de projetar do arquiteto, o presente trabalho final de graduação visa refletir sobre o lugar do fazer à mão no processo projetual e construtivo da arquitetura através da descrição das experiências pessoais com o tema durante minha graduação.

Apesar do curso da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP) oferecer algumas matérias que abordam o tema do fazer à mão em diversos níveis, o meu interesse genuíno e as minhas inquietações sobre o assunto começaram a tomar forma durante um programa de intercâmbio de um ano, organizado pela FAUUSP, entre 2018 e 2019, na *Bergen Arkitekthøgskole* (BAS), na Noruega, onde o fazer à mão e o sensível são temas basilares de sua pedagogia. O curso do primeiro semestre do intercâmbio *Open Form, New Wood*, ministrado pelo professor arquiteto finlandês Marco Casagrande, cujo foco era compreender a história uso da madeira na construção escandinava,³ foi o principal divisor de águas para o entendimento do significado e da importância do fazer à mão na arquitetura, principalmente no ensino.

Durante o semestre, duas atividades foram fundamentais para isso: a atividade inaugural em grupo e a atividade de construção de um abrigo anterior ao desenvolvimento do exercício projetual final do curso. Começamos o curso com a tarefa de transportar uma casa de tora tradicional, localizada no bairro Åsane, até o bairro Sandviken, para ser

² PALLASMAA, Juhani. *The eyes of the skin*, op. cit., p. 11; tradução do autor.

³ Na BAS são oferecidas de duas a três matérias por semestre e cada estudante escolhe apenas uma para cursar durante todo o semestre. O curso escolhido, *Open Form, New Wood*, começou com o estudo das construções tradicionais norueguesas em madeira. Em seguida, realizamos uma viagem de campo à Finlândia, organizada pelo Casagrande, para aprofundar o conhecimento material dos usos atuais da madeira na arquitetura, onde visitamos diversas construções com o uso tradicional da madeira e com madeira industrializada – conhecida como madeira engenhariada –, uma serraria que também produzia laminados colados, uma empresa que materializava projetos com esse material e outra construtora de módulos habitacionais em laminado colado cruzado. A proposta do curso era apresentar diferentes métodos de construção em madeira, para, em seguida, desenvolvermos um projeto problematizando o uso tradicional e contemporâneo desse material.

remontada num evento anual da região.⁴ Após a primeira visita à casa (figura 2 e 3) iniciamos o trabalho realizando todas as medições e desenhos técnicos – planta, cortes, elevações e detalhes construtivos – da construção à mão com a finalidade de serem enviados à municipalidade local para aprovação da tarefa (figura 4). Assim que permitido, seguimos com o processo de identificação das peças, desmonte (figura 5), transporte e armazenamento. Para a exposição, além do material gráfico, construímos uma estrutura de madeira destinada ao suporte às toras que, devido ao estado de conservação, foram parcialmente reencaixadas, durante o evento (figura 6 e 7), concluindo a primeira atividade.



Figura 2. Foto da situação inicial da construção com a casa de tora. Fonte: Alexander Chang.

⁴ Inicialmente, a casa havia sido concebida em Sandviken, mas ao longo do tempo foi transportada até Åsane. Através desse exercício, não só foi possível compreender sobre o método construtivo das casas de toras escandinavas como também aprender sobre as qualidades de reaproveitamento e de mobilidade das construções em madeira.



Figura 3. Desenhos de observação da construção. Desenho: Alexander Chang.

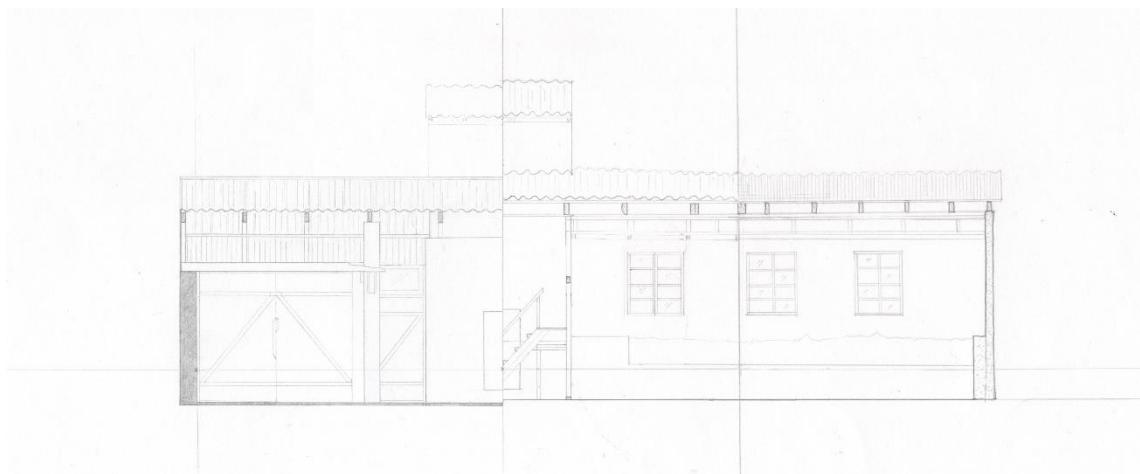


Figura 4. Corte C construção. Desenho: produção coletiva da turma do curso *Open Form, New Wood*, 2018.



Figura 5. Desmonte da casa de tora. Fonte: Paul Johann Magnus.



Figura 6. Encaixe as toras durante evento local. Fonte: Paul Johann Magnus.



Figura 7. Remontagem da casa de tora. Fonte: Paul Johann Magnus.

Ainda que, durante todo o curso de arquitetura e urbanismo da FAUUSP, eu tivesse priorizado o desenho manual e a realização de modelos físicos ao projetar, foi somente a partir do curso ministrado por Casagrande que o problema da relação sensível com o objeto de estudo revelou, para minha consciência, a sua devida importância. A pequena construção, praticamente abandonada, à espera do efeito do tempo torná-la apenas uma memória, estava naquele momento estabelecendo uma relação íntima com uma dezena de estudantes que repetitivamente a analisavam, mensuravam, manuseavam e desenhavam por um longo período. Ela deixava de se tornar um objeto passivo de estudo para fazer parte de nós, de nosso corpo. Devido à aproximação e à temporalidade características do trabalho manual, a memória de quase todas as experiências sensoriais vivenciadas e das qualidades do abrigo ainda pode ser, hoje, acessada claramente por mim. Através desse exercício, pude compreender a relação entre a materialidade e a abstração dos meios de representação arquitetônicos fundamentais à disciplina, confirmando a existência de uma distância

significativa e complementar entre palavras, conceitos e teorias do aprendizado corporal, frequentemente ignorado, conforme afirma Pallasmaa em *Os Olhos da pele*.⁵

A segunda experiência mais significativa com o fazer à mão do intercâmbio ocorreu um pouco depois de retornarmos de uma viagem de campo à Finlândia, onde aprofundamos o conhecimento do uso da madeira na construção. A experiência consistia na construção de um abrigo individual para passarmos uma noite. Ele deveria ser materializado no local escolhido para o desenvolvimento do exercício final do curso – um projeto livre em madeira –, comunicando a proposta a ser desenvolvida nele. Como estava interessado em compreender melhor as diferenças e semelhanças do uso tradicional da madeira e a madeira industrializada, optei por criar um diálogo entre ambos os polos da comparação, construindo um abrigo com peças de madeira serrada e madeira industrializada segundo um método construtivo tradicional norueguês. O método, baseado em um sistema encaixes, é conhecido como *grindbygg*.⁶ Substitui os dois pilares frontais por pilares de laminado colado cruzado produzidos na faculdade (figura 8 e 9). Apesar da simplicidade da construção, o processo de execução foi árduo e longo, como esperado de alguém com pouco conhecimento prático em carpintaria, mas, ainda assim, o resultado foi muito satisfatório. Ao contrário da execução das peças do abrigo, a montagem e a desmontagem foram rápidas, o que é característico das construções em madeira. Assim como na experiência anterior, o fazer à mão permitiu um aprendizado mais amplo do funcionamento de encaixes de madeira e do sistema estrutural utilizado, principalmente quando foi necessário adicionar um travamento que não havia sido planejado. Além de ter materializado minha primeira construção arquitetônica, a noite no abrigo (figura 10) foi uma experiência singular que permitiu estabelecer uma relação sensível com o material e com o local de estudo mais profunda do que um simples reconhecimento visual. Sobre essa relação entre corpo e o projetar, Pallasmaa afirma que:

(...) durante o processo do projeto, o arquiteto gradualmente internaliza a paisagem, todo o contexto e os requisitos funcionais, assim como a construção que concebeu: movimento, equilíbrio e escala são sentidos inconscientemente através do corpo como tensões no sistema muscular e nas posições do esqueleto e dos órgãos internos. Conforme o trabalho interage com corpo do observador, a experiência espelha as

⁵ PALLASMAA, Juhani. *The eyes of the skin*, op. cit.

⁶ Para mais informações sobre as construções tradicionais em madeira na Noruega ver DRANGE, Tore; AANENSEN, Hans Olaf; BRÆNNE, Jon. *Gamle trehus: historikk, reparasjon, vedlikehold*. Oslo: Gyldendal undervisning, 2011 [1992].

sensações corporais do criador. Como consequência, a arquitetura é uma comunicação do corpo do arquiteto diretamente com corpo da pessoa que encontra a obra, talvez séculos depois.⁷

A minha experiência com esse abrigo me permitiu compreender melhor como a relação corporal com o objeto, apontada por Pallasmaa e presente em todas as experiências citadas nesse trabalho, é indispensável à realização da arquitetura – especialmente na etapa do projeto arquitetônico, considerando a separação do arquiteto do trabalho no canteiro. Afinal, é através do conhecimento acumulado pelo corpo, mediado pelos sentidos, que somos capazes de desenvolver a capacidade de projetar.



Figura 8. Parte da estrutura do abrigo. Fonte: Alexander Chang.

⁷ “(...) during the design process, the architect gradually internalizes the landscape, the entire context, and the functional requirements as well as his/her conceived building: movement, balance and scale are felt unconsciously through the body as tensions in the muscular system and in the positions of the skeleton and inner organs. As the work interacts with the body of the observer, the experience mirrors the bodily sensations of the maker. Consequently, architecture is communication from the body of the architecture directly to the body of the person who encounters the work, perhaps centuries later.” (PALLASMAA, Juhani. *The eyes of the skin*, op. cit., p. 71; tradução do autor)



Figura 9. Pré-montagem do abrigo, na faculdade. Fonte: Alexander Chang.



Figura 10. Noite no abrigo. Fonte: Marco Casagrande.

Entre outras experiências sensíveis significativas proporcionadas pelo intercâmbio, os temas do fazer e da mão apenas retomaram o protagonismo de minhas pesquisas no Brasil. Logo após retornar, iniciei um trabalho informal como ajudante de serralheiro, durante três meses, na Serralheria Botazzo, em Guarulhos. Apesar do curto período, como a empresa

realizava qualquer serviço que envolvesse ferro e aço, foi possível adquirir um conhecimento geral desse ofício: enquanto trabalhava pude acompanhar a construção de caixilhos, portas, grades, escadas caracol, móveis, pilares e treliças metálicas. Conforme o processo manual de aprendizagem e de formação da maioria das serralherias brasileiras, iniciei o trabalho carregando os materiais e limpando o local. Somente depois de muita observação e diversas tentativas de compreender o ofício, comecei a manusear o maquinário e contribuir com a produção. Através do conhecimento prático desenvolvido nessa experiência, tornou-se possível projetar minhas memórias sensoriais nos objetos encontrado no dia a dia e entender, enfim, como haviam sido feitos, quais as técnicas empregadas na sua realização e, sobretudo, a qualidade do trabalho executivo. Independentemente dos estudos teóricos durante a graduação, essa habilidade só foi adquirida através da presença ativa no ofício.

Logo após trabalhar na serralheria, continuei a expandir minhas experiências com o fazer à mão num estágio na Marcenaria São Paulo⁸, durante quatro meses – até iniciar o presente trabalho. Em ambos os locais, o processo de aprendizado foi o mesmo, pois, apesar das significativas mudanças ao longo do tempo, no Brasil, a grande maioria desses ofícios ainda conta com uma estrutura de formação dos trabalhadores tradicional, baseada no fazer, sem a necessidade de cursos específicos e sob uma hierarquia estrita relacionada ao saber. Assim, em conformidade com a afirmação de Richard Sennett, a oficina pode ser melhor definida como:

(...) um espaço produtivo onde as pessoas lidam face a face com questões de autoridade. Essa definição austera foca não só em quem comanda e quem obedece no trabalho como também na habilidade como fonte de legitimidade de comando ou da dignidade de obedecer. Em princípio, numa oficina, as habilidades do mestre podem conferir, a ele ou a ela, o direito de comando, e aprender e absorver essas habilidades podem dignificar a obediência do aprendiz ou do trabalhador.⁹

⁸ A Marcenaria São Paulo é uma empresa fundada em 2004 responsável por materializar os projetos do Estúdio Paulo Alves.

⁹ “(...) a productive space in which people deal face-to-face with issues of authority. This austere definition focuses not only on who commands and who obeys in work but also on skills as a source of the legitimacy of command or the dignity of obedience. In a workshop, the skills of the master can earn him or her the right to command, and learning from and absorbing those skills can dignify the apprentice or journeyman’s obedience. In principle”. (SENNETT, Richard. *The craftsman*. London: Penguin Books, 2008, p. 54; tradução do autor)

Durante o estágio, a minha relação social com os outros marceneiros e ajudantes seguiu exatamente a descrição do Sennett. Conforme ia observando e compreendendo o conhecimento do ofício, sob a orientação de um marceneiro – sobretudo o marceneiro Valdinei, quem mais partilhou seu conhecimento, e o ajudante Agnaldo –, as tarefas se tornavam mais complexas e importantes. Apesar de no início de cada atividade nova, estar sob constante observação do encarregado, assim que fui desenvolvendo as habilidades necessárias às tarefas, gradualmente adquiria uma autonomia e maior participação na execução dos móveis e no manuseio dos equipamentos da oficina.

Cerca de dois meses após o ingresso na marcenaria, surgiu a oportunidade de verificar e desenvolver as habilidades do ofício até então adquiridas. Nesse momento, foi proposto ao Grupo de Estudos da Madeira (GEMa) da FAUUSP¹⁰ a atividade de conceber dois bancos para a *Stockholm Furniture & Light Fair* de 2020, a partir de um convênio estabelecido pela professora Maria Cecília Loschiavo dos Santos com a Universidade de Jönköping e Träcentrum. Como fazia parte do GEMa e a Marcenaria São Paulo, onde estava trabalhando, havia disponibilizado sua oficina para a realização dos móveis, fui o principal responsável pela execução dos dois projetos coletivos: o banco Bumbá (figura 11) e o banco Xiló, inspirados respectivamente na produção do autodidata Zanine Caldas e do arquiteto Maurício de Azeredo.

No primeiro banco, partimos da referência dos “móveis-denúncia” de Zanine, realizados em Nova Viçosa a partir de restos de madeiras da empresa Elecunha¹¹. Como a materialização desses móveis só é possível pelo constante diálogo entre o criador e o material, todo o processo de execução do banco Bumbá também procurou construir uma relação tática e íntima com o objeto (figura 12 e 13). Independentemente do resultado,¹² através dessa

¹⁰ O GEMa, fundado em novembro de 2017, é um grupo composto e organizado por estudantes interessados em aprofundar o carente ensino da madeira na arquitetura e no design na FAUUSP.

¹¹ Para mais informações sobre os “móveis-denuncia” e a realizações de Zanine Caldas em Nova Viçosa ver: CARVALHO, Amanda Beatriz Palma de. *Projetar e construir com madeira: o legado de José Zanine Caldas*. Dissertação de mestrado FAUUSP, São Paulo, 2018. CARVALHO, Amanda Beatriz Palma de; CAVALCANTI, Lauro; SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos Santos. *José Zanine Caldas*. São Paulo: Olhares; New York: R&Company, 2019.

¹² A decisão coletiva final de cobrir todo o assento não levou em conta toda a materialidade envolvida na concepção do projeto. Por mais que seja possível percebe-lo ao sentar, acredito que a proposta inicial, em que

experiência prática pudemos aprofundar a compreensão do *saber fazer*¹³ de Zanine Caldas, uma qualidade de difícil acesso pelo exclusivo estudo teórico.



Figura 11. Banco Bumba. Fonte: Alexander Chang.

está evidente o trabalho realizado no assento e nos pés do móvel, estava em maior concordância com a proposta do exercício.

¹³ Termo utilizado por Maria Cecília Loschiavo dos Santos para descrever a qualidade tática da formação de José Zanine Caldas, uma das maiores referências da importância do fazer a mão na pedagogia, criação e execução da arquitetura, em SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos. Tradição e modernidade no móvel brasileiro. Tese de doutorado FFLCHUSP, São Paulo, 1993.



Figura 12. Caio Cintra usinando o pé do banco, evidenciando as fibras da madeira. Fonte: Alexander Chang.



Figura 13. Proposta inicial do banco Bumba. Fonte: Alexander Chang.

No segundo banco, visamos destacar a qualidade e variedade das madeiras brasileiras, conforme a produção de Azevedo¹⁴. Para isso, decidimos projetar um móvel com uma forma simples utilizando 27 espécies nativas diferentes (figuras 14 e 15), obtidas do aproveitamento de restos de madeiras da marcenaria e das madeiras fornecidas pela empresa Mil Madeiras Preciosas,¹⁵ extraídas através de um manejo sustentável. Apesar do resultado apresentar algumas imperfeições, natural ao processo de aprendizagem inicial, a realização do banco Xiló foi especialmente gratificante. Foi a oportunidade de aplicar os conhecimentos lentamente adquiridos até então na marcenaria e desenvolvê-los na forma de um móvel, da preparação das peças ao acabamento. Ainda que o trabalho durante todo o estágio fosse repetitivo e exaustivo, além de exigir uma alta disciplina e concentração mental, sempre foi muito satisfatório perceber o aprimoramento contínuo do corpo e das habilidades do ofício a partir do acúmulo de memórias sensitivas ao longo do tempo, independente do resultado final.¹⁶

¹⁴ BORDES, Adélia. Maurício Azevedo: a construção da identidade brasileira no mobiliário. São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardini, 1999.

¹⁵ A empresa Mil Madeiras Preciosas, filial suíça da empresa de capital aberto *Precious Woods*, fundada em 1994, localizada em Itacoatiara em Manaus, trabalha com o comércio de madeiras serradas obtidas através do manejo sustentável. Contamos com seu apoio no fornecimento de diversas espécies de madeiras para execução dos móveis a serem expostos na feira de Estocolmo.

¹⁶ É importante ressaltar que as análises presentes nesse trabalho partem do ponto de vista de uma experiência como estudante. A partir da minha vivência com trabalhadores da marcenaria e da serralheria, ficou evidente que o trabalho nesses ofícios é muito menos construtivo do que o descrito. Ainda que a execução dos trabalhos despertasse um sentimento de satisfação nos trabalhadores, a relação social predominante em ambos os locais era mais opressora do que construtiva. Inclusive, é possível observar o resultado dessa situação materialmente ao analisar como o trabalho foi feito. Além disso, eram raros os trabalhadores que tinham consciência das qualidades manifestadas pelo trabalho à mão, significativamente desvalorizado no Brasil. A grande maioria dos trabalhadores que conheci se encontra nessas oficinas somente por necessidade econômica.



Figura 14. Banco Xiló. Fonte: Alexander Chang.



Figura 15. Banco Xiló na exposição em Estocolmo. Fonte: Alexander Chang.

Tendo em vista aprofundar as reflexões sobre o fazer à mão na arquitetura como forma de continuidade às experiências supracitadas, o presente trabalho se detém sobre o seguinte objeto de estudo: o relado do exercício de projetar e construir uma casa na árvore para uma criança de oito anos, chamada Giulia.¹⁷

O trabalho está dividido em duas partes. Na primeira, descrevo as etapas do projeto anteriores ao início da construção. A segunda parte consiste no relato do processo de materializar o projeto. Através da partilha das experiências vivenciadas durante a realização desse trabalho, procura-se contribuir para o debate do tema na arquitetura.

¹⁷ Durante a execução do presente trabalho, pude perceber que estava conferindo sensitivamente minhas leituras dos textos sobre o corpo e o fazer à mão do Pallasmaa. Sobre o fazer à mão ver: PALLASMAA, Juhani. *The eyes of the skin*, op. cit.; PALLASMAA, Juhani. *The thinking hand*, op. cit.

PARTE 1

Giulia e Sítio Elisa: programa, método construtivo e lugar.

Antes de iniciar o trabalho final de graduação, já estava definido que o ato de construir seria fundamental à atividade, independentemente das eventuais dificuldades. Não só pela qualidade tátil do tema a ser desenvolvido, o fazer à mão, como também, em se tratando de uma análise arquitetônica, pela necessidade de o objeto de estudo conter duas características fundamentais à definição da arquitetura: possuir uma função e ser materializada. A partir dessa decisão, comecei o trabalho procurando o programa do projeto. Após encontrar pessoas que acreditaram nesse experimento e o apoiaram economicamente, ficou decidido que iria se construir uma casa na árvore em madeira para uma criança de oito anos, Giulia.

Depois de adquirir, em Bergen, uma ampla referência material do uso da madeira na construção internacional, na qual predomina o emprego da madeira industrializada, a aplicação da madeira como material construtivo no Brasil se tornou outra fonte de inquietações pessoais. Portanto, ao definir o projeto a ser realizado neste trabalho, também foi considerado a vontade de desenvolver esse tema. No entanto, ao invés de refletir sobre o lugar da madeira industrializada no Brasil, atualmente em destaque e expansão, meu interesse residiu em ampliar o conhecimento prático e teórico das madeiras nativas na construção, devido à elevada variedade e qualidade estrutural de nossas espécies, em comparação às madeiras comumente utilizadas nos países onde o uso desse material é mais desenvolvido e difundido. Após o contato tátil com uma pequena variedade de madeiras brasileiras durante o estágio na Marcenaria São Paulo, estava decidido que, nesse momento, eu iria retomar o estudo do uso dessas madeiras na construção.

No início de março de 2020, tive o primeiro contato com terreno no Sítio Elisa. Depois do reconhecimento do local, auxiliado pelas qualidades sensíveis do desenho de

observação¹⁸ (figura 16), foi definido o lugar onde seria realizado o projeto. A escolha se baseou nas características da paisagem e na disposição dos edifícios preexistentes, de maneira que a construção estivesse próxima à casa principal do sítio e, ao mesmo tempo, imerso na vegetação ao redor. Uma vez definido onde o projeto seria implantado, foi realizado um mapeamento preliminar, localizando as árvores e medição dos seus diâmetros na altura do peito (figura 17).

Nessa visita, também foi estabelecido o primeiro contato com a Giulia e sua mãe, as futuras usuárias. A partir desse encontro e dos desenhos da casa da árvore da Giulia (figuras 18), pude aprimorar o programa conforme seus desejos e seu imaginário, dando início ao estudo preliminar do projeto.

¹⁸ Gostaria de ressaltar a importância do desenho de observação na arquitetura. Desde a primeira semana na FAUUSP, em que passamos desenhando modelos vivos, o desenho de observação esteve presente ao longo de toda a minha graduação. Incentivado pela professora Maria Teresa Kerr Saraiva, fui aprimorando esse exercício, constantemente refletindo sobre seu significado. Com o tempo, pude perceber que a partir dele somos capazes de estabelecer uma relação sensível mais profunda com o que vemos. O seu tempo, muito mais longo do que o necessário para tirar uma foto, nos permite compreender de maneira mais ampla o que está diante, permitindo a identificação de detalhes materiais e sensíveis que poderiam não ser percebidos. Durante esse tipo de desenho estamos observando o que está fora e dentro de nós, ao desenhar tocamos o objeto em nossas mentes e expressamos os sentimentos desse encontro, através de linhas ou volumes. O desenho de observação nos permite treinar o olhar e o sentir, ações fundamentais ato de projetar. Sobre a relação entre o desenhar e o projetar ver: PALLASMAA, Juhani. *The thinking hand: existential and embodied wisdom in architecture*. Chichester: AD Primer, John Wiley & Sons, 2009, pp. 89-106.



Figura 16. Desenho de observação do local do projeto. Desenho: Alexander Chang.

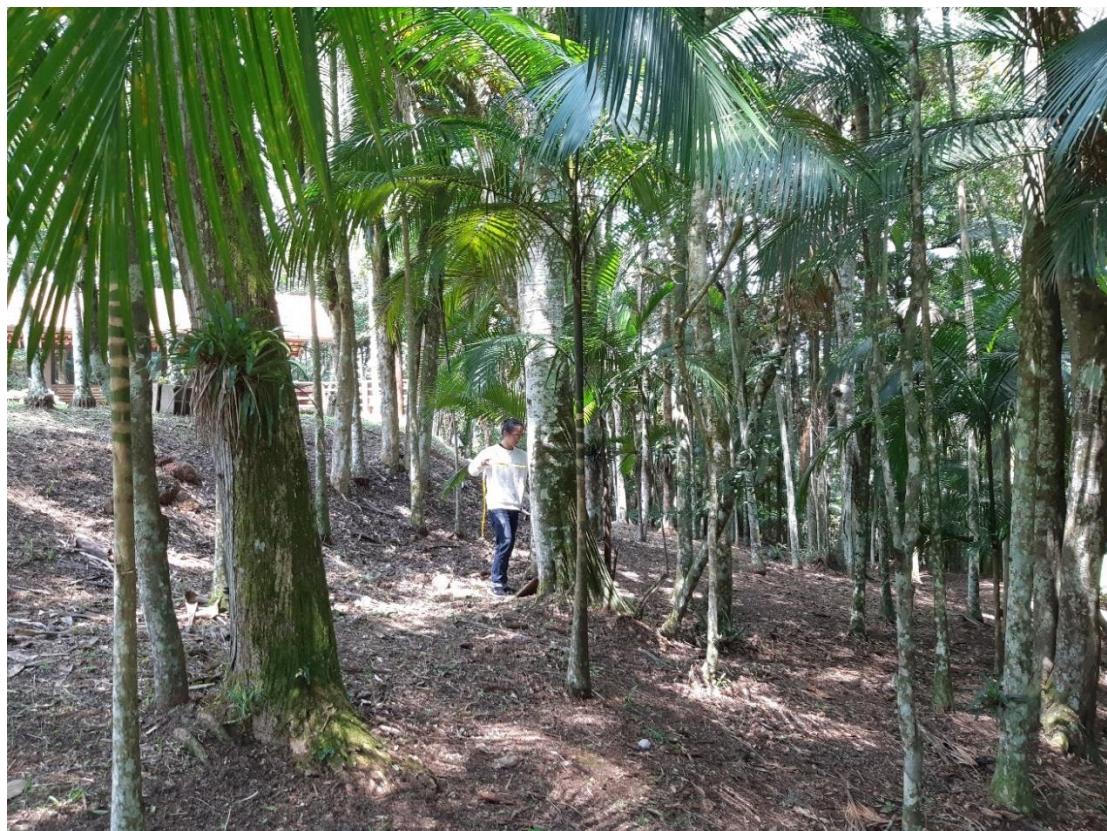


Figura 17. Medição da circunferência na altura do peito (CAP), durante mapeamento. Fonte: Rafael Murolo.

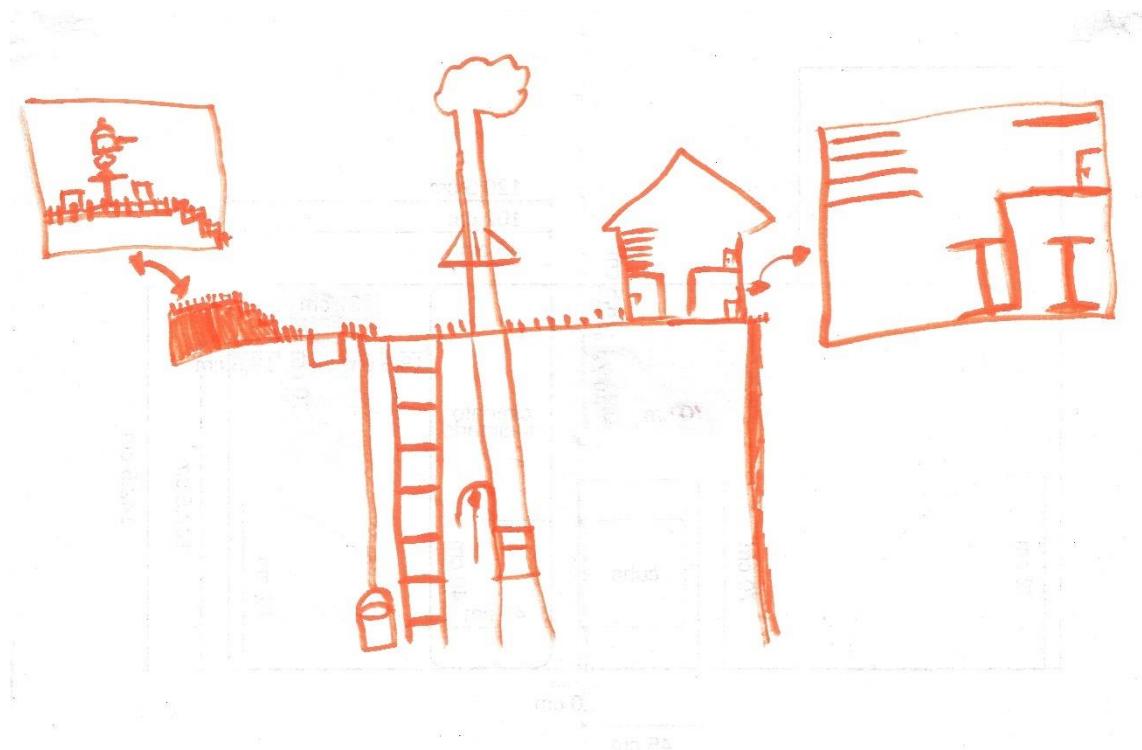


Figura 18. Desenho da Giulia da casa da árvore. Desenho: Giulia Naschold Martin.

Estudo preliminar

Com o programa, o método construtivo e o lugar do projeto definidos, iniciei os primeiros desenhos de estudo em um rolo de papel manteiga (figura 19), conforme um hábito que se desenvolveu durante a graduação.¹⁹

A partir dos desenhos da Giulia e de diálogos com ela (figura 20),²⁰ desenvolvi gradualmente o programa do projeto que deveria conter: uma mesa com seis lugares, uma estante, uma pia, um deck e dois acessos diferentes.

¹⁹ Devido à elevada complexidade do ato de projetar e pelo fato de existir uma distância entre as palavras e o objeto materializado, durante a análise do trabalho, irei apresentar somente as ideias e as decisões principais que movimentaram o projeto e a sua construção. Além disso, considero a descrição de todos os detalhes desse experimento desnecessária, uma vez que a materialização do objeto de estudo possui a qualidade específica da arquitetura de se expressar.

²⁰ Devido à necessidade de distanciamento social imposta pela Covid-19, enquanto realizava o trabalho, o diálogo com Giulia e a Daniela foi limitado. Ainda assim, me esforcei para dar forma às suas vontades –

Apesar de descrever o projeto como uma casa na árvore, optei por elevar a construção de tal maneira que uma árvore fosse capaz de passar pelo deck, assim não correria o risco de machucar uma árvore durante a construção.

Assim que o projeto foi tomou forma, sempre levando em consideração os futuros usuários, o efeito do tempo e as condições materiais do projeto,²¹ realizei a primeira apresentação do projeto à Giulia e à Daniela. Nesse momento, foram mostrados desenhos de representação arquitetônica nas escalas 1:100 (Figura 21) e 1:50 (figura 22 e 23), um corte isométrico na escala 1:50 (figura 24) e desenhos de perspectiva do interior da casa à mão livre, feitos durante o processo (figura 25 e 26), visando tornar a visualização do projeto o mais claro possível.

Uma vez aprovado o projeto, iniciou-se a etapa do anteprojeto.

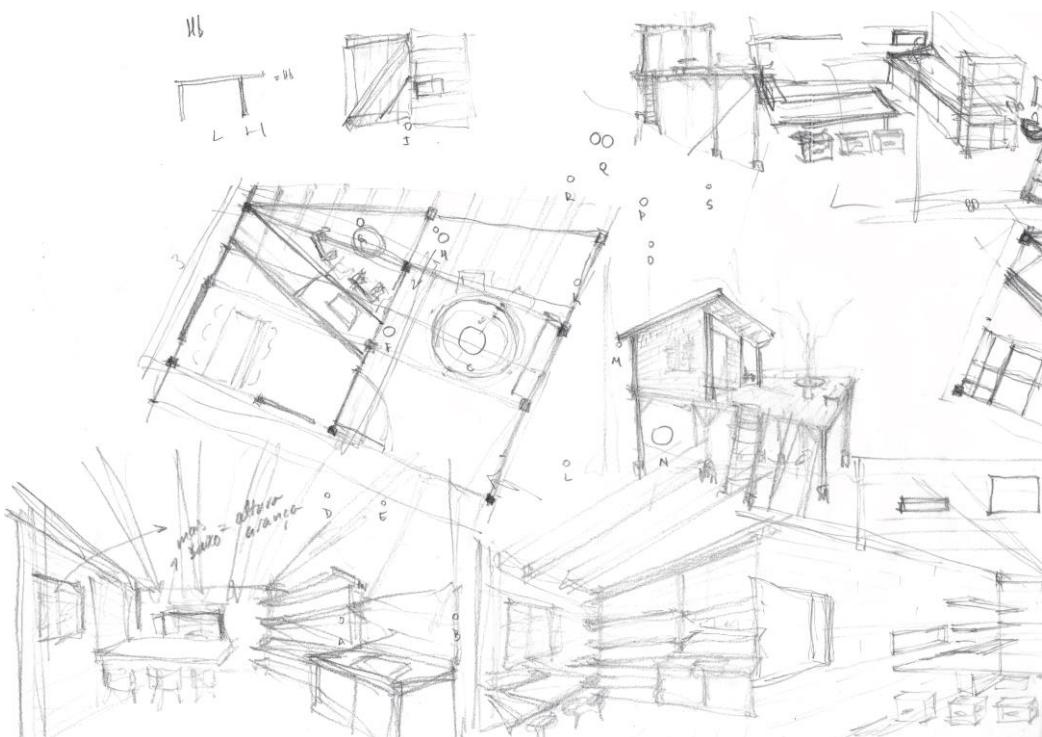


Figura 19. Fragmento dos primeiros esboços do projeto. Desenho: Alexander Chang.

indicadas nos desenhos a nas conversas com elas – e partilhar a decisão projetual nos momentos que isso era possível.

²¹ Muitas decisões do projeto foram tomadas a partir do fato que eu iria construir o projeto e o recurso econômico era limitado, sendo necessário, em alguns momentos, fazer escolhas que pareciam ser mais viáveis, por mais que existissem soluções melhores.



Figura 20. Giulia descrevendo como gostaria o armário da sua casa na árvore. Fonte: Daniela Naschold.²²

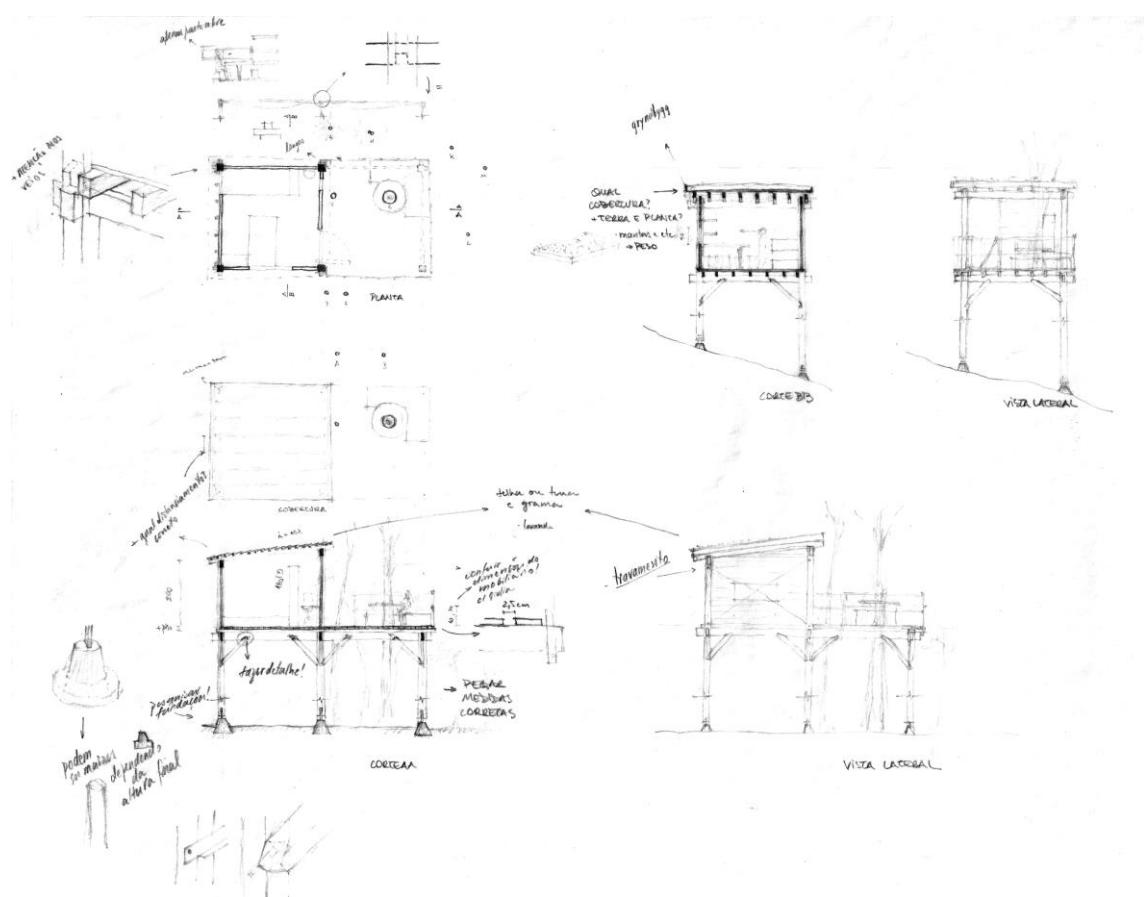


Figura 21. Estudo preliminar 1:100 (figura fora de escala). Desenho: Alexander Chang.

²² Uso da foto autorizado para Daniela Naschold, mãe da Giulia.

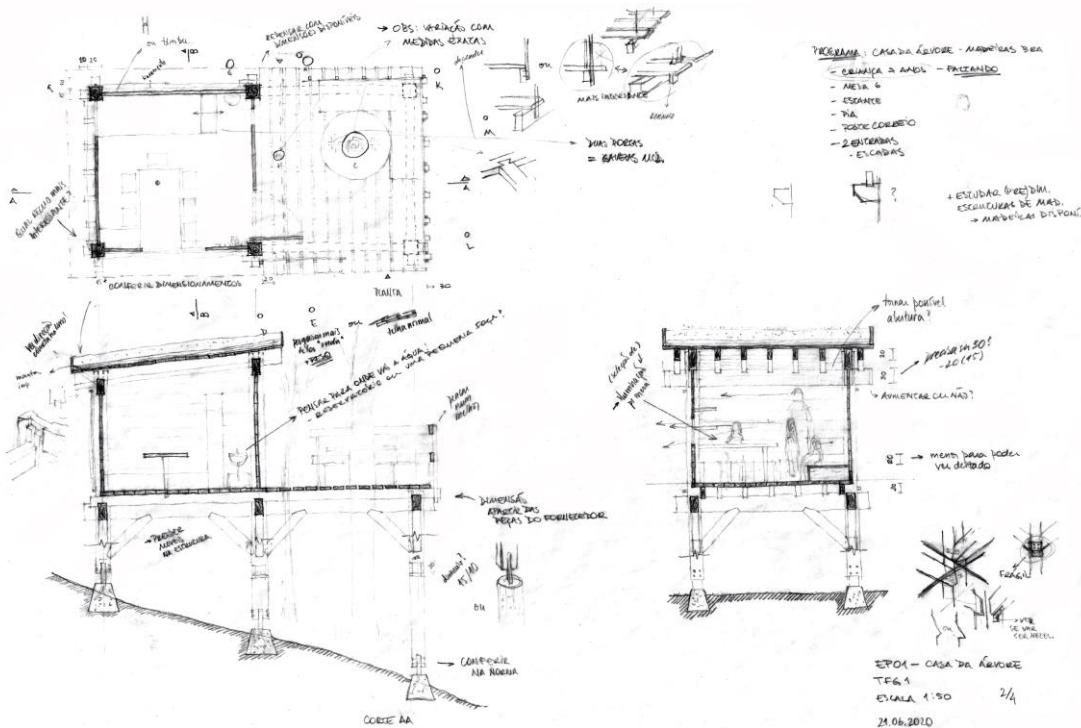


Figura 22. Estudo preliminar 1:50 (figura fora de escala). Desenho: Alexander Chang.

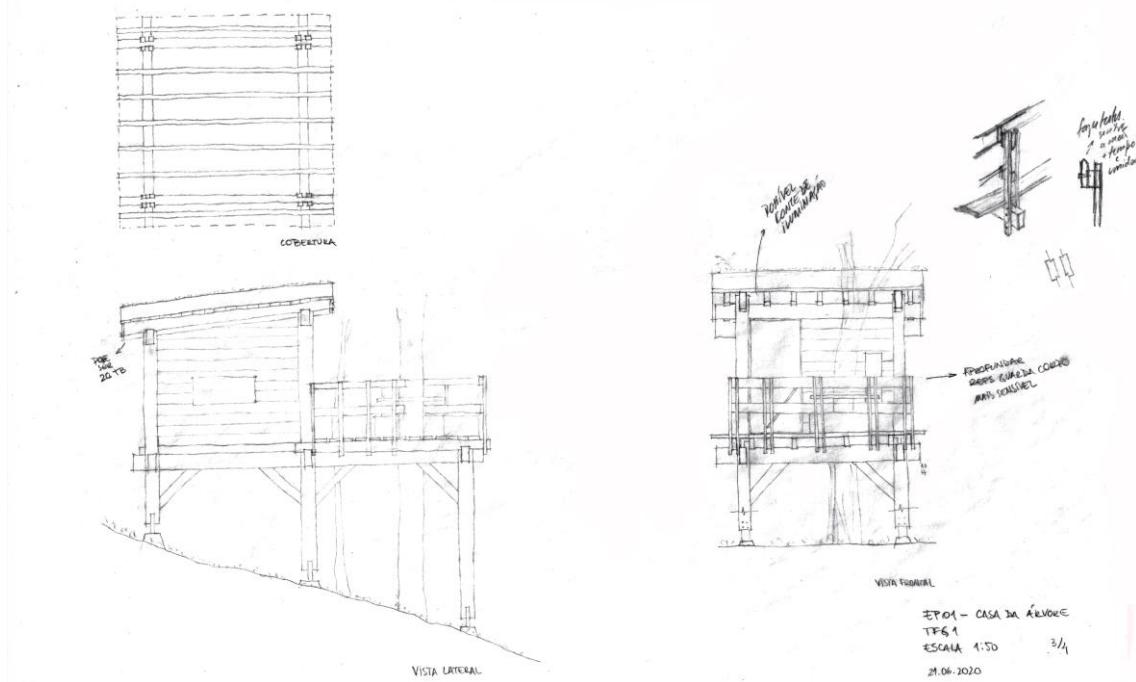


Figura 23. Estudo preliminar 1:50 (figura fora de escala). Desenho: Alexander Chang.

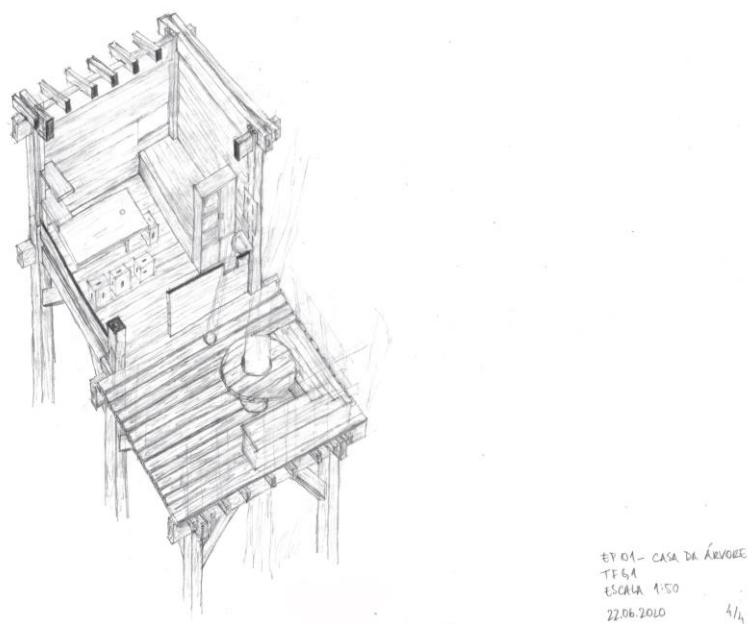


Figura 24. Corte isométrico 1:50 (figura fora de escala). Desenho: Alexander Chang.

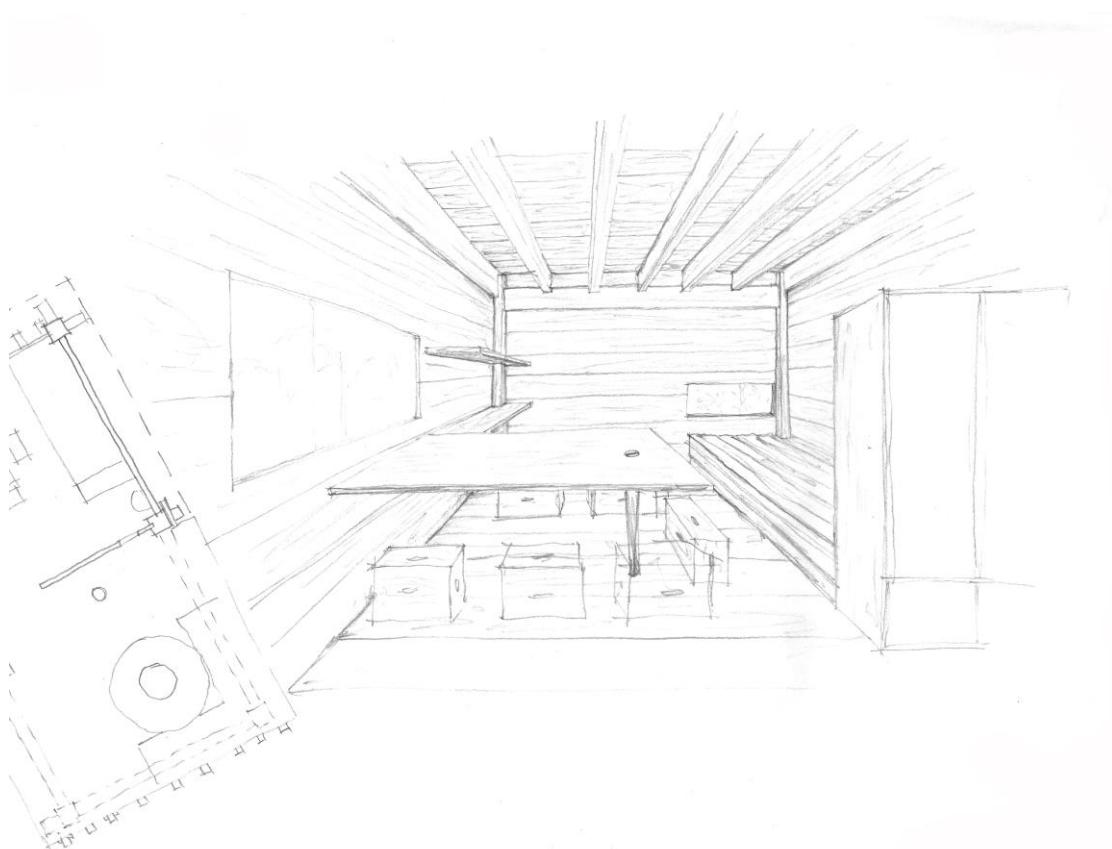


Figura 25. Perspectiva interna da casa na árvore. Desenho: Alexander Chang.

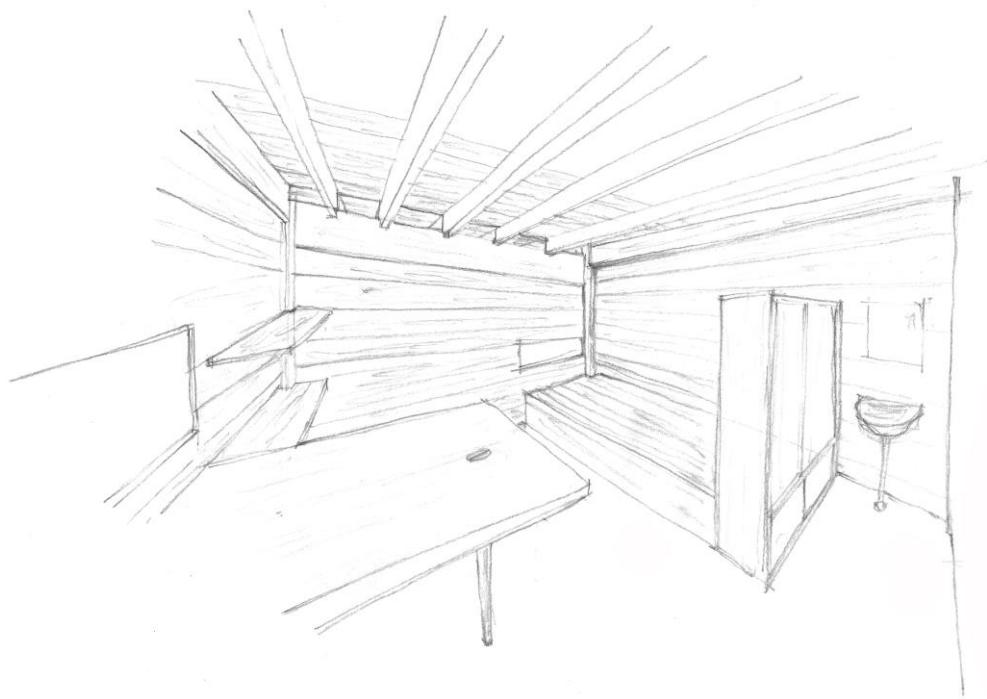


Figura 26. Perspectiva interna da casa na árvore. Desenho: Alexander Chang.

Anteprojeto²³

Maquete



Figura 27. Giulia e sua intervenção na maquete. Fonte: Daniela Naschold.²⁴

A confecção do modelo físico se iniciou após a passagem ao anteprojeto. Apesar da menor qualidade de execução em comparação aos modelos realizados durante a graduação, acredito que essa maquete foi a melhor que produzi até então. Pois, ao contrário das situações anteriores, em que a qualidade expositiva do modelo era bastante desenvolvida – às vezes, tomado o protagonismo de sua execução –, neste momento, o fazer da maquete foi exclusivamente direcionado ao ato de projetar.

A maquete foi produzida como um auxílio ao projeto, na escala 1:50. Através dela pude compreender melhor o funcionamento da estrutura, visualizar meus desenhos e ideias e tomar decisões projetuais mais precisas. Inclusive, a escolha de fragmentá-la foi tomada

²³ Durante o anteprojeto, a realização das etapas descritas em seguida ocorreu majoritariamente de maneira simultânea. No entanto, para facilitar o relato e a análise, optou-se por apresentá-las separadamente por temas.

²⁴ Uso da foto autorizado pela Daniela Naschold, mãe da Giulia.

segundo as etapas construtivas do projeto. A partir das imagens a seguir, pode-se compreender de que maneira a maquete física foi fundamental à realização do projeto:



Figura 28. Maquete física, na escala 1:50. Fonte: Alexander Chang.



Figura 29. Maquete física, projeto inicial da estrutura. Fonte: Alexander Chang.



Figura 30. Estudo do piso, revestimento e teto. Fonte: Alexander Chang.



Figura 31. Estudo do revestimento e forro (removido do projeto). Fonte: Alexander Chang.



Figura 32. Estudo da estrutura final do pavimento. Fonte: Alexander Chang.

Apesar da satisfação com o resultado, percebo que sua inicialização foi por demais demorada; provavelmente a confecção da maquete teria contribuído mais ao projeto se tivesse ocorrido durante o estudo preliminar. Além disso, ao iniciar a construção, senti a falta de não ter feito modelos em escala reduzida dos detalhes construtivos. A completa compreensão deles ocorreu somente ao fazer, resultando na necessidade de alterar o projeto durante a execução. No entanto, ao mesmo tempo, a contribuição da produção da maquete ocorreu conforme o esperado e as alterações do projeto já eram previstas, considerando o fato de estar adquirindo e aprimorando um conhecimento prático e teórico do construir em madeira durante o fazer à mão.

Levantamento topográfico

Nesse momento, retornei ao terreno para realizar um levantamento topográfico e um mapeamento mais preciso (figura 33).

Aproveitei essa visita para estabelecer uma relação com o local mais profunda, dormindo numa rede onde o projeto seria realizado (figura 34) – assim como a experiência supracitada durante o intercâmbio em Bergen – e tentando construir um modelo do projeto, aproximadamente, na escala 1:1, com bambus encontrados no sítio. Apesar de não conseguir efetivar o imaginado, devido ao peso do bambu e dificuldade de realizar a tarefa sozinho, essas experiências proveram uma compreensão melhor da relação do projeto com o terreno (figura 35).



Figura 33. Levantamento topográfico com uma mangueira de nível. Fonte: Alexander Chang.



Figura 34. Estadia durante levantamento topográfico. Fonte: Alexander Chang.



Figura 35. Resultado da tentativa de construir um modelo na escala 1:1. Fonte: Alexander Chang.

Dimensionamento

A decisão de fazer os cálculos estruturais do projeto partiu da vontade de compreender o básico do cálculo estrutural da madeira e da oportunidade de relembrar o período em que cursei engenharia civil na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) durante dois anos e meio até solicitar transferência à FAUUSP. Apesar do presente trabalho conter somente os cálculos finais que definiram as dimensões das estruturas do projeto, o processo foi longo e árduo, independentemente do fato de ter estudado engenharia. Pois, além de ser necessário acessar conhecimentos do passado, não tive contato com disciplinas que abordaram o uso da madeira na construção durante minha graduação na

EPUSP, sendo necessário aprender a teoria a partir da análise das referências pela primeira vez.²⁵

A base do conhecimento partiu do estudo do livro *Estruturas de Madeira* de Walter e Michèle Pfeil.²⁶ E, durante os cálculos das estruturas do telhado, complementei a teoria com a análise do livro *Caderno de Projetos de Telhados em Estruturas de Madeira* de Antonio Moliterno.²⁷

Após compreender a teoria e conseguir calcular as estruturas, além de definir o dimensionamento do projeto, foi possível fazer o orçamento dos materiais. Nessa etapa, estava projetando e calculando conforme as dimensões, as espécies e os preços das madeiras dos fornecedores que encontrei. No entanto, apesar da decisão anterior de construir com madeiras nativas, o elevado preço desse material tornou o uso desse material impossível, independentemente dos esforços de tornar o preço final mais baixo, sem alterar o projeto significativamente. O orçamento com as madeiras nativas seria no mínimo quatro vezes maior do que se utilizasse pinus e eucalipto tratados.

Conforme supracitado, o motivo de inicialmente decidir projetar com madeiras brasileiras surgiu depois do contato com o conhecimento da alta qualidade e variedade de nossas espécies, em oposição às madeiras utilizadas na construção dos países onde o uso desse material é mais difundido e desenvolvido. No entanto, essa afirmação é superficial. Após o retorno do intercâmbio, onde adquiri um amplo conhecimento no uso da madeira na construção, comecei a estudar a situação brasileira sobre esse assunto. A partir da análise da produção de Zanine Caldas e do trabalho de Hélio Olga, é possível identificar um momento passado de desenvolvimento e de interesse do uso das madeiras nativas.²⁸ Porém, atualmente podemos perceber que a construção em madeira na arquitetura seguiu outro

²⁵ É importante ressaltar o fato de que o curso de engenharia civil da EPUSP, no momento da elaboração desse trabalho, não possui na sua grade horária obrigatória uma disciplina que aborde a madeira como material construtivo, o que é comum na maioria dos cursos da mesma área. Assim, o aprendizado durante a graduação depende do interesse pessoal ou dos oferecimentos de disciplinas optativas, que podem não existir, o que contribui à dificuldade do uso da madeira como material construtivo se expandir.

²⁶ PFEIL, Michèle; PFEIL Walter. *Estruturas de madeira*. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003 [1977].

²⁷ MOLITERNO, Antonio. *Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira*. São Paulo: Blucher, 2010 [1981].

²⁸ Sobre o uso de madeiras nativas na construção no trabalho de Zanine Caldas e Hélio Olga ver: CARVALHO, Amanda Beatriz Palma de. *Projetar e construir com madeira: o legado de José Zanine Caldas*, op., cit. CARVALHO, Amanda Beatriz Palma de; CAVALCANTI, Lauro; SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos Santos. *José Zanine Caldas*, op., cit. ACAYABA, Marcos. *Marcos Acayaba*. São Paulo, Cosac Naify, 2007, pp. 195-219.

caminho, optando pelo uso da madeira industrializada. A aplicação desse material segue o tradicional modelo de desenvolvimento brasileiro, a partir da importação da tecnologia e do conhecimento estrangeiro, acompanhadas, no caso, da plantação certificada de monoculturas de eucalipto e pinus. A madeira industrializada é atualmente a melhor opção para a expansão do uso da madeira na construção no Brasil,²⁹ considerando suas vantagens econômicas e produtivas consequentes da racionalização da madeira e as complicações ambientais e legislativas da extração das madeiras brasileiras. No entanto, pude perceber que, durante a viagem de campo à Finlândia, grande parte da sensibilidade manifestada no uso tradicional da madeira na construção se perde, de maneira que a madeira industrializada parece ser outro material, e como de fato é. Por esses motivos – principalmente a vontade de refletir sobre essa sensibilidade da madeira na construção – havia decidido projetar com as madeiras nativas.

No entanto, devido à impossibilidade econômica supracitada, decidi que o projeto seria realizado com toras e peças serradas de *eucalipto cloeziana* tratado com encaixes, mantendo a possibilidade de refletir sobre a qualidade sensível do uso tradicional da madeira – somente o assoalho é de pinus tratado, devido à necessidade de reduzir o preço dos materiais. A escolha dessa espécie ocorreu não só pelo fato de ela ser adequada à construção, como também pelo o fato de já existir no mercado um fornecedor de toras e peças serradas tratadas, de tal modo que sua oferta cabia no orçamento disponível. Além disso, apesar de o fornecedor desconhecer o grau de umidade de seu produto, assim como todos os outros fornecedores – informação fundamental ao projeto –, as outras serrarias ou só trabalhavam com toras, ou não sabiam identificar, sequer, especificar a espécie fornecida.

Feitas as considerações, têm-se a seguir os cálculos estruturais realizados:³⁰

²⁹ O uso da madeira industrializada é somente apresentado como a solução sustentável e ecológica das construções futuras, no entanto, apesar de ser a mais próxima disso, é de fundamental importância abordar o tema criticamente. No momento da realização desse trabalho ainda não foi desenvolvido e aplicado um tratamento e uma cola, necessários à produção da madeira industrializada, não agressivos ao meio ambiente. O descarte deve ser realizado de maneira controlada, o que não é comumente discutido.

³⁰ Após as realizações dos cálculos estruturais, contei com a consulta do professor titular Dr. João Cyro André da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Valores médios de resistência e rigidez:

Os valores médios de resistência e rigidez foram obtidos da tabela 1:³¹

| Tabela 1. Informações transcritas da NBR 7190/97 referentes à madeira utilizada no trabalho. | | | | | | | |
|--|-----------------------------|--|-----------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|
| Nome comum (dicotiledôneas) | Nome científico | ρ_{ap} (12%) kg/m ³ | f_{c0} MPa | f_{t0} MPa | f_{t90} MPa | f_v MPa | E_{c0} MPa |
| <i>E. Cloeziana</i> | <i>Eucalyptus cloeziana</i> | 822 | 51,8 | 90,8 | 4 | 10,5 | 13963 |

ρ_{ap} (12%) é a massa específica aparente a 12% de umidade.
 f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras.
 f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras.
 f_{t90} é a resistência à tração normal às fibras.
 f_v é a resistência ao cisalhamento.
 E_{c0} é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

Coeficiente de modificação k_{mod} :

O coeficiente k_{mod} é responsável por ajustar os valores de resistência conforme três fatores: o tipo de madeira e o tempo de duração da carga (k_{mod_1}), o efeito da umidade (k_{mod_2}) e da qualidade da madeira (k_{mod_3}). Conforme tais determinações, o coeficiente k_{mod} é obtido pela seguinte fórmula:

$$k_{mod} = k_{mod_1} \times k_{mod_2} \times k_{mod_3}$$

O valor do k_{mod_1} foi obtido a partir das tabelas 2 e 3:

| Tabela 2. Transcrição da tabela F.2 da NBR 7190/97 – Classes de Carregamento (meu grifo) | |
|--|---|
| Classe de carregamento | Ordem de Grandeza da duração acumulada da ação característica |
| Permanente | --- |
| <i>Longa duração</i> | <i>Mais de seis meses</i> |
| Média duração | Uma semana e seis meses |
| Curta duração | Menos de uma semana |
| Instantânea | Muito curta |

³¹ A escolha do uso da NBR 7190/97, em oposição à NBR 7290/2010, foi tomada por apresentar valores específicos para cada espécie analisada. Durante a realização dos cálculos estruturais, alguns valores foram majorados.

Tabela 3. Transcrição da tabela 4 da NBR 7190/2010 – Valores de k_{mod_1} (meu grifo)

| Classes de carregamento | Tipos de madeira | | |
|-------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|
| | Madeira serrada | Madeira laminada colada | Madeira compensada |
| | | | Madeira recomposta |
| Permanente | 0,60 | | 0,30 |
| <i>Longa duração</i> | 0,70 | | 0,45 |
| Média duração | 0,80 | | 0,65 |
| Curta duração | 0,90 | | 0,90 |
| Instantânea | 1,10 | | 1,10 |

O k_{mod_2} , por sua vez, foi determinado pela tabela 4 e 5:

Tabela 4. Transcrição da tabela F.4 da NBR 7190/97 – Classes de Umidade (meu grifo)

| Classe de umidade | Umidade relativa do ambiente U_{amb} | Umidade de equilíbrio da madeira |
|-------------------|--|----------------------------------|
| 1 | $\leq 65\%$ | 12% |
| 2 | $65\% < U_{amb} \leq 75\%$ | 15% |
| 3 | $75\% < U_{amb} \leq 85\%$ | 18% |
| 4 | $U_{amb} > 85\%$ <i>durante longos períodos</i> | $\geq 25\%$ |

Tabela 5. Transcrição da tabela 5 da NBR 7190/2010 – Valores de k_{mod_2} (meu grifo)

| Classe de umidade | Tipos de madeira | | |
|-------------------|------------------|-------------------------|--------------------|
| | Madeira serrada | Madeira laminada colada | Madeira compensada |
| | | | Madeira recomposta |
| 1 | 1,00 | | 1,00 |
| 2 | 0,90 | | 0,95 |
| 3 | 0,80 | | 0,90 |
| 4 | 0,75 | | 0,85 |

Por último, o k_{mod_3} foi definido conforme a NBR 7190/97, que adota $k_{mod_3} = 0,8$ para madeira de segunda categoria e $k_{mod_3} = 1,0$ para primeira categoria.³²

A partir das tabelas anteriores, por dedução, conclui-se o valor do k_{mod} :

³² No trabalho, optei por determinar a classe estrutural conforme a NBR 7190/97 devido à dificuldade de identificar a classe das madeiras que seriam utilizadas, não só pelo fato do fornecedor não saber informal qual a classe dos seus produtos, mas também de eu ter tido contato com as madeiras somente ao construir, pela distância da empresa. Mas, após esse trabalho, recomendo que sempre se faça um reconhecimento prévio, pois a qualidade das serrarias brasileiras é, no geral, muito baixa. Para obter uma madeira de maior qualidade, é necessário realizar uma ampla pesquisa de fornecedores e possuir um recurso econômico significativamente maior. Sobre os atuais valores do coeficiente k_{mod_3} , ver: ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS (2012). NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro.

$$k_{mod} = 0,7 (\text{longa duração}) \times 0,75 (\text{classe 5}) \times 0,8 (\text{2ª categoria}) = 0,42$$

Caracterização da madeira

Assim, que o k_{mod} foi definido, calculei os valores da resistência de cálculo e o módulo de elasticidade efetivo longitudinal, conforme a condição padrão de umidade ($U_{eq} = 12\%$), utilizando os coeficientes de ponderação da resistência para estados limites últimos da tabela 6:

| Tabela 6. Valores dos coeficientes de ponderação da resistência para estados limites últimos | | |
|--|-----------|---------------------|
| Esforço | f_k/f_m | γ_w |
| Compressão paralela às fibras | 0,70 | $\gamma_{wc} = 1,4$ |
| Tração paralela às fibras | 0,70 | $\gamma_{wt} = 1,8$ |
| Cisalhamento paralelo às fibras | 0,54 | $\gamma_{wv} = 1,8$ |

$$1. \quad E_{c0,ef \ 12\%} = k_{mod} E_{c0 \ 12\%} = 5864,46 \text{ MPa} \therefore E_{c0,ef \ 12\%} = 586,446 \text{ kN/cm}^2$$

$$2. \quad f_{c0k} = 0,7 f_{c0,12\%} = 36,26 \text{ MPa}$$

$$f_{c0d} = \frac{f_{c0k} k_{mod}}{\gamma_{wc}} = 10,878 \text{ MPa} \therefore f_{c0d} = 1,0878 \text{ kN/cm}^2$$

$$3. \quad f_{t0k} = 0,7 f_{t0,12\%} = 63,56 \text{ MPa}$$

$$f_{t0d} = \frac{f_{t0k} k_{mod}}{\gamma_{wt}} = 14,83 \text{ MPa} \therefore f_{t0d} = 1,4831 \text{ kN/cm}^2$$

$$4. \quad f_{vk} = 0,54 f_{v,12\%} = 5,67 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = \frac{f_{vk} k_{mod}}{\gamma_{wv}} = 1,323 \text{ MPa} \therefore f_{vd} = 0,1323 \text{ kN/cm}^2$$

*Cálculos das vigas dos pisos 5x15:*³³

1. Carregamentos:³⁴

$$g_{ass} = 0,02 \times 8,22 = 0,1644 kN/m^2$$

$$g_{b'} = \frac{8,22 \times 0,1 \times 0,05}{0,5} = 0,0822 kN/m^2$$

$$\therefore g_{pav} = 0,2466 N/m^2$$

$$g_{ac} = 1,5 kN/m^2$$

Carregamentos lineares:

$$q_{pp} = 0,05 \times 0,15 \times 8,22 = 0,06165 kN/m$$

$$A_i = \frac{0,5 + 0,5}{2} = 0,5 m^2/m$$

$$q_{pav} = g_{pav} A_i = 0,1233 kN/m$$

$$q_{ac} = g_{ac} A_i = 0,75 kN/m$$

$$\therefore q_t = q_{pav} + q_{pp} + q_{ac} = 0,935 kN/m$$

2. Solicitações ($\gamma_g = \gamma_q = 1,4$ e $l = 2,6 m$):

$$M_k = \frac{ql^2}{8} = \frac{0,935 \times 2,6^2}{8} = 0,79 kN/m \quad \therefore M_d = 1,4M_k = 1,11 kNm = 111 kNm$$

$$V_k = \frac{ql}{2} = 1,2155 kN \quad \therefore V_d = 1,4V_k = 1,7 kN$$

³³ Para maior compreensão dos cálculos estruturais, ver os desenhos projeto nas páginas 55 a 60. Um pouco antes de solicitar as madeiras do projeto, após a realização dos cálculos estruturais, decidi adicionar uma viga (B') sobre a viga retangular principal (B), com o intuito de distribuir parte das cargas do piso para as vigas V1, V2 e V3 e promover uma estabilidade lateral das vigas abaixo. No entanto, é importante ressaltar que, nos cálculos apresentados nesse trabalho, apenas acrescentei a carga das vigas com dimensão 5x10 cm (B') sem reduzir as solicitações nas vigas em torno do eixo A e B.

³⁴ A apesar do projeto ser uma casa na árvore para uma criança, optou-se por escolher uma carga acidental (g_{ac}) igual ao adotado a edifícios residenciais, conforme a NBR 6120. Além disso, os valores do carregamento do assoalho correspondem ao *eucalipto cloeziana*, no momento que os cálculos foram realizados, imaginava que o projeto seria somente dessa espécie.

3. Estado limite de utilização ($\gamma_g = \gamma_q = 1,0$ e $\varphi_2 = 0,4$):³⁵

$$F_d = \sum_{i=1}^m F_{Gi} + \sum_{j=2}^m \varphi_{2,j} F_{Qj} = [1(q_{pp} + q_{pav}) + \varphi_2 q_{ac}] = 0,485kN/m \therefore q = 0,00485kN/cm$$

4. Verificação:

Propriedades geométrica da madeira (5x15):

$$A = 75cm^2$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = 1406,25cm^4$$

$$W = \frac{I}{h/2} = 187,5cm^3$$

Flexão simples:

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W} = 0,592kN/cm^2 < f_{cod}$$

Força cortante (cisalhamento):

$$\tau = \frac{3V}{2bh} = 0,034kN/cm^2 < f_{vd}$$

Flecha:

$$\delta = \frac{5ql^4}{384E_{ef}I_q} = 0,35cm < \frac{l}{350} < \frac{l}{500} = 0,52$$

Cálculos das vigas 20Ø (VA e VB):

1. Carregamentos:

³⁵ No projeto, optou-se por utilizar $\varphi_2 = 0,4$ (carga com elevada concentração de pessoas) nessa equação, valor majorado.

$$g_{ass} = 0,1644kN/m^2$$

$$g_{b'} = 0,0822kN/m^2$$

$$g_b = \frac{8,22 \times 0,15 \times 0,05}{0,5} = 0,1233kN/m^2$$

$$\therefore g_{ab} = g_{ass} + g_{b'} + g_b = 0,37kN/m^2$$

$$g_{ac} = 1,5kN/m^2$$

Carregamentos lineares:

$$q_{par} = 0,03 \times 2,85 \times 8,22 = 0,7kN/m$$

$$q_{pp} = \frac{\pi d^2}{4} \times 8,22 = 0,26kN/m$$

$$A_i = \frac{2,50 \times 2,50}{2} = 3,125m^2/m$$

$$q_{ab} = g_{ab} A_i = 1,16kN/m$$

$$q_{ac} = g_{ac} A_i = 4,69kN/m$$

$$\therefore q_k = q_{ab} + q_{ac} = 6,8kN/m$$

2. Solicitações ($\gamma_g = \gamma_q = 1,4$ e $l = 2,6\text{ m}$):

$$M_k = \frac{ql^2}{8} = 5,75kN/m \quad \therefore M_d = 1,4M_k = 8,05kNm = 805kNm$$

$$V_k = \frac{ql}{2} = 8,84kN \quad \therefore V_d = 1,4V_k = 12,4kN$$

3. Estado limite de utilização ($\gamma_g = \gamma_q = 1,0$ e $\varphi_2 = 0,4$):

$$F_d = [1(q_{par} + q_{pp} + q_{ab}) + \varphi_2 q_{ac}] = 3,4kN/m \quad \therefore q = 0,034kN/cm$$

4. Verificação:

Propriedades geométricas da madeira 20Ø:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 314,16cm^2$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 7853,98cm^4$$

$$W = \frac{\pi d^3}{32} = 785,398 \text{ cm}^3$$

$$S = \frac{d^3}{12} = 666,67 \text{ cm}^3$$

$$I_q = 0,0514d^4 = 8224 \text{ cm}^4$$

$$h_q = 0,886d = 17,72 \text{ cm}$$

Flexão simples:

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W} = 1,02 \text{ N/cm}^2 < f_{cod} < f_{tod}$$

Força cortante (cisalhamento):

$$\tau = \frac{VS}{bI} = 0,053 \text{ kN/cm}^2 < f_{vd}$$

Flecha:

$$\delta = \frac{5ql^4}{384E_{ef}I_q} = 0,42 \text{ cm} < \frac{l}{350} < \frac{l}{500}$$

Cálculos das vigas inclinadas do telhado 5x15:

1. Carregamentos:³⁶

$$g_{tel} = 0,432 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{t,H_2O} = 0,30 \times 0,432 = 0,13 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{rip} = \frac{8,22 \times 0,02 \times 0,05}{0,34} = 0,0242 \text{ kN/m}^2$$

$$\therefore g_t = 0,5862 \text{ kN/m}^2$$

³⁶ O valor de g_{telha} partiu da decisão de aproveitar umas telhas do tipo francesa que estavam disponíveis no terreno do projeto. Além disso, decidi adotar o valor de $w = 0,3 \text{ kN/m}^2$ conforme as referências analisadas, sobre o valor de w , ver: MOLITERNO, Antonio. *Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira*, op. cit. PFEIL, Michèle; PFEIL Walter. *Estruturas de madeira*, op. cit.

$$w = 0,3kN/m^2$$

Carregamentos lineares:

$$A_i = \frac{0,5 + 0,5}{2} = 0,5m^2/m$$

$$q_{pp} = 0,05 \times 0,15 \times 8,22 = 0,06165kN/m$$

$$q_t = A_i q_t = 0,2931kN/m$$

$$\therefore q_{tt} = 0,355kN/m$$

$$q_c = \frac{q_{tt}}{\cos \alpha} = 0,3821kN/m$$

$$q_w = A_i w = 0,15kN/m$$

2. Componentes:

$$q_{x,t} = 1,4q_c \sin \alpha = 0,2kN/m$$

$$q_{y,n} = 1,4q_c \cos \alpha + 0,75 \times 1,4q_w = 0,655kN/m$$

3. Solicitações ($\gamma_g = \gamma_q = 1,4$ e $l = 2,6 m$):

$$M_{xd} = \frac{q_{y,n} l^2}{8} = 0,5535kNm = 55,35kNcm$$

$$V_{xd} = \frac{q_{y,n} l}{2} = 0,8515kN$$

$$V_{yd} = \frac{q_{x,t} l}{2} = 0,26kN$$

4. Estado limite de utilização ($\varphi_2 = 0$):

$$q_{x,t} = q_c \sin \alpha = 0,1419kN/m = 0,001419kN/cm$$

$$q_{y,n} = q_c \cos \alpha + \varphi_2 q_w = 0,355 + 0 \times 0,15 = 0,355kN/m = 0,00355kN/cm$$

5. Verificação:

Flexão composta com $l_x = 269\text{cm}$, $\phi = 2$ (carga de longa duração, classe de umidade 4):³⁷

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = 112,483kN$$

$$e_i = \frac{M_{x,d}}{V_{y,d}} = 212,88\text{cm}$$

$$e_a = \frac{l_x}{300} = 0,8975\text{cm}$$

$$e_c = (e_i + e_a) \left(\exp^{\frac{\phi V_{y,d}}{N_{cr} - V_{y,d}}} \right) = 2,29\text{cm}$$

$$M_d = V_{y,d}(e_i + e_a + e_c) \left(\frac{N_{cr}}{N_{cr} - V_{y,d}} \right) = 56,31\text{kN/cm}$$

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} = \frac{0,26}{75 \times 1,09} + \frac{56,31}{187,5 \times 1,09} = 0,28 < 1$$

Cisalhamento:

$$\tau = \frac{3 \sqrt{V_{x,d}^2 + V_{y,d}^2}}{2bh} = 0,0178\text{kN/cm}^2 < f_{vd}$$

Flecha:

$$\delta = \frac{5ql^4}{384EI} \therefore \delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} = \sqrt{0,256^2 + 0,102^2} = 0,276\text{cm} < l/500 = 0,538\text{cm}$$

*Cálculos das vigas do telhado 20Ø:*³⁸

1. Carregamentos:

$$g_t = 0,5862\text{kN/m}^2$$

³⁷ Valor obtido da tabela 19 da NBR 7290/2010.

³⁸ Apesar da ser possível utilizar toras com dimensões menores para as vigas do telhado e os pilares, as dimensões das toras utilizadas nesse projeto partiram das vigas em tora do piso nos eixos A e B.

$$g_v = \frac{8,22 \times 0,05 \times 0,15}{0,5} = 0,12375kN/m^2$$

$$\therefore g_{tel} = 0,71kN/m^2$$

$$w = 0,3kN/m^2$$

Carregamentos lineares:

$$q_{pp} = \frac{\pi d^2}{4} 8,22 = 0,26 N/m$$

$$A_i = \frac{2,5^2}{2} = 3,125m^2/m$$

$$q_t = g_t A_i = 2,22kN/m$$

$$\therefore q_c = \frac{q_t}{\cos \alpha} + q_{pp} = 2,65kN/m$$

$$q_w = 0,9375kN/m$$

$$\therefore q_{tot} = q_{pp} + q_t + q_w = 3,5875kN/m$$

1. Solicitações:

$$M_k = \frac{ql^2}{8} = 3,03kN/m \quad \therefore M_d = 1,4M_k = 4,24kNm = 424kNcm$$

$$V_k = \frac{ql}{2} = 4,66kN \quad \therefore V_d = 1,4V_k = 6,53kN$$

2. Estado limite de utilização:

$$F_d = [1(q_{pp} + q_c) + \varphi_2 w] = 2,91kN/m \quad \therefore q = 0,0291kN/cm$$

3. Verificação:

Flexão simples:

$$\sigma_d = \frac{M_d}{W} = 0,54kN/cm^2 < f_{c0d} < f_{t0d}$$

Força cortante (cisalhamento):

$$\tau = \frac{VS}{bI} = 0,028kN/cm^2 < f_{vd}$$

Flecha:

$$\delta = \frac{5ql^4}{384E_{ef}I_q} = 0,37cm < \frac{l}{350} < \frac{l}{500}$$

Cálculos dos pilares de cima (PA2' e PB2'): ³⁹

1. Classificação da tora:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{d}{4} = 5$$

$$\lambda = \frac{l}{i} = 57 \text{ medianamente esbelta}$$

2. Carregamentos:

$$g_t = 0,71kN/m^2$$

$$w = 0,3kN/m^2$$

$$A_i = \frac{2,5 \times 2,5}{4} = 1,56m^2$$

$$N_t = 1,4 \frac{A_i(g_t + w)}{\cos \alpha} = 2,376kN$$

$$q_v = 0,26kN/m$$

$$N_v = 1,4q_v \times \frac{2,5}{2} = 0,455kN$$

$$\therefore N_d = N_t + N_v = 2,831kN$$

3. Solicitações:

$$e_i = \frac{h}{30} = \frac{17,72}{30} = 0,59cm$$

³⁹ Apesar dos pilares conterem uma viga de travamento ao longo de sua extensão, esses elementos não foram considerados durante os cálculos.

$$e_a = \frac{l}{300} = 1\text{cm}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = 559,7\text{kN}$$

$$M_d = N_d(e_i + e_a) \left(\frac{N_{cr}}{N_{cr} - N_d} \right) = 4,5\text{kN/cm}$$

4. Verificação:

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} = \frac{2,831}{314,16 \times 1,09} + \frac{4,524}{785,398 \times 1,09} = 0,013 < 1$$

Cálculo dos pilares de baixo (PA1):

1. Carregamentos:

$$q_{par} = 0,7\text{N/m}$$

$$q_{pv} = \frac{\pi d^2}{4} \times 8,22 = 0,26\text{kN/m}$$

$$N_{pv} = \frac{(2q_{pv} + 2q_{paredes})2,5}{2} = 2,4\text{kN}$$

$$g_{ab} = g_{ass} + g_b + g_b = 0,37\text{kg/m}^2$$

$$g_{ac} = 1,5\text{kN/m}^2$$

$$N_{pav} = (g_{ab} + g_{ac})A_i = 2,92\text{kN}$$

$$N_{PA1'} = \frac{\pi d^2}{4} 8,22l = 0,48\text{kN}$$

$$N_d = 2,831\text{N}$$

$$\therefore N_{d,tot} = 1,4(N_{pv} + N_{pav} + N_{PA1'}) + N_t = 11\text{kN}$$

2. Classificação da tora:

$$i = 5$$

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{210}{5} = 42 \text{ medianamente esbelta}$$

3. Solicitações:

$$e_i = \frac{h}{30} = \frac{17,72}{30} = 0,59\text{cm}$$

$$e_a = \frac{l}{300} = 0,73\text{cm}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = 939,2\text{kN}$$

$$M_d = N_d(e_i + e_a) \left(\frac{N_{cr}}{N_{cr} - N_d} \right) = 14,7\text{kN/cm}$$

4. Verificação:

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cd}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cd}} = \frac{11}{341,16 \times 1,09} + \frac{14,7}{785,398 \times 1,09} = 0,05 < 1$$

Cálculo dos pilares de baixo (PA2):

5. Carregamentos:

$$q_{par} = 0,7\text{N/m}$$

$$q_{pv} = \frac{\pi d^2}{4} \times 8,22 = 0,26\text{kN/m}$$

$$N_{pv} = \frac{(3q_{pv} + 2q_{paredes})2,5}{2} = 2,725\text{kN}$$

$$g_{ab} = 0,37\text{kg/m}^2$$

$$g_{ac} = 1,5\text{kN/m}^2$$

$$N_{pav} = (g_{ab} + g_{ac})A_i = 5,84\text{kN}$$

$$N_{PA2'} = \frac{\pi d^2}{4} 8,22l = 0,775\text{kN}$$

$$N_d = 2,831\text{N}$$

$$\therefore N_{d,tot} = 1,4(N_{pv} + N_{pav} + N_{PA2'}) + N_t = 15,9\text{kN}$$

6. Classificação da tora:

$$i = 5$$

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{200}{5} = 40 \text{ curta}$$

7. Verificação:

$$\sigma_{Nd} = \frac{N_d}{A} = \frac{15,9}{314,16} = 0,05 < f_{cod}$$

Apesar de ser necessário um estudo mais detalhado para a compreensão de toda a teoria – de maneira que se pode observar um superdimensionamento de alguns elementos do projeto –, acredito que esse exercício me permitiu compreender o básico sobre o cálculo estrutural da madeira. A partir de uma análise inicial, para meu espanto, a maior parcela do material corresponde à necessidade da correção dos valores para o uso. No entanto, durante o construir, foi possível sentir materialmente parte do motivo disso ao interagir com a qualidade orgânica da madeira e da qualidade dos produtos da serraria, ressaltando a importância do coeficiente k_{mod_3} , que considera a qualidade da madeira.⁴⁰

Desenho virtual

Ao iniciar a etapa do anteprojeto, optei pelo uso do *Computer-Assisted Design* (CAD) para dar sequência ao desenvolvimento dos desenhos de representação arquitetônicos. Além da praticidade e precisão, principais vantagens desse software, essa escolha se baseou na intenção de verificar a qualidade de “prancheta digital” desse sistema, que mantém, a princípio, a mesma racionalidade da representação tradicional.⁴¹

Conforme esperado, esse exercício mostrou a semelhança entre o desenho virtual e o desenho de representação à mão tradicional. No entanto, assim como as vantagens do uso desse sistema digital ficaram evidentes, também foi possível observar um achatamento sensitivo significativo em comparação ao fazer à mão anterior. Durante o projetar com o CAD, não só foi necessário realizar um esforço constante de relacionar os cliques do *mouse* e os comandos do teclado com a materialidade do objeto – evitando ao máximo a

⁴⁰ Considerando a padronização das dimensões das ripas e o distanciamento dos seus apoios, não foi realizado os cálculos das ripas.

⁴¹ Sobre o ofício da representação arquitetônica tradicional ver: ARANTES, Pedro Fiori. Arquitetura na era digital-financeira: desenho, canteiro e renda da forma. São Paulo, Editora 34, 2012, pp. 130-136.

automatização característica desse software –,⁴² como também fazer desenhos à mão auxiliares para continuar a construção de uma relação sensível com o projeto, conforme as atividades projetuais anteriores. Ainda assim, o distanciamento entre a abstração da representação e a materialidade do objeto ficaram evidentes nas alterações projetuais ou nas adaptações executivas necessárias durante o construir

Considerando as condições materiais da produção arquitetônica,⁴³ o lugar do fazer à mão está cada vez mais distante da realidade projetual. No entanto, é exatamente pelo crescimento da abstração e da autonomização nas etapas projetuais e executivas que esse tema retorna ao debate com maior relevância. Assim como não é possível negar o uso dos avanços tecnológicos atuais, também é importante ressaltar a importância do fazer manual na produção arquitetônica, principalmente na graduação, devido à sua qualidade sensitiva fundamental à formação tradicional do arquiteto. Na etapa do anteprojeto, o uso do CAD tornou evidente a necessidade de uma análise crítica sobre o uso irrestrito e exclusivo desses sistemas digitais, tornando evidente a importância da construção de um referencial material anterior e complementar à incorporação dos avanços tecnológicos nas etapas projetuais e construtivas da arquitetura.

Nas figuras a seguir, estão presentes os desenhos utilizados para a construção:⁴⁴

⁴² Sobre a relação entre o projetista e o uso do CAD nas representações gráficas arquitetônicas ver: ARANTES, Pedro Fiori. Arquitetura na era digital-financeira: desenho, canteiro e renda da forma, op., cit., pp. 130-136. SENNETT, Richard. *The craftsman*, op., cit., pp. 39-45.

⁴³ Atualmente, além do CAD, o *Building Information Modeling* (BIM) é principal sistema digital projetual em uso e expansão na arquitetura. Ao contrário do CAD, que mantém, a princípio, a racionalidade projetual tradicional, ele representa uma mudança qualitativa significativa no ato de projetar. Através desse software, todo o projeto toma forma a partir de um complexo banco de informações que pode conectar todos os agentes do processo de produção e construção em rede, sem depender da representação gráfica arquitetônica moderna, promovendo significativos avanços na construção civil. Apesar da abstração e da autonomização da prática projetual adquirirem outra escala com o seu uso, em comparação ao CAD, reforçando a necessidade de uma análise do impacto desse sistema virtual no desenvolvimento sensitivo projetista, no presente trabalho optou-se por somente citar somente o sistema digital utilizado. Sobre a relação entre o uso do BIM e a produção arquitetônica ver: ARANTES, Pedro Fiori. *Arquitetura na era digital-financeira: desenho, canteiro e renda da forma*. São Paulo, Editora 34, 2012, pp. 147-260.

⁴⁴ Apesar de faltar elementos nos desenhos de representação que caracterizam o anteprojeto e, principalmente, o projeto executivo, como tinha a consciência de que o conhecimento sobre a construção em madeira e o aprimoramento do projeto seriam desenvolvidos durante o fazer, optei por iniciar a construção do projeto com

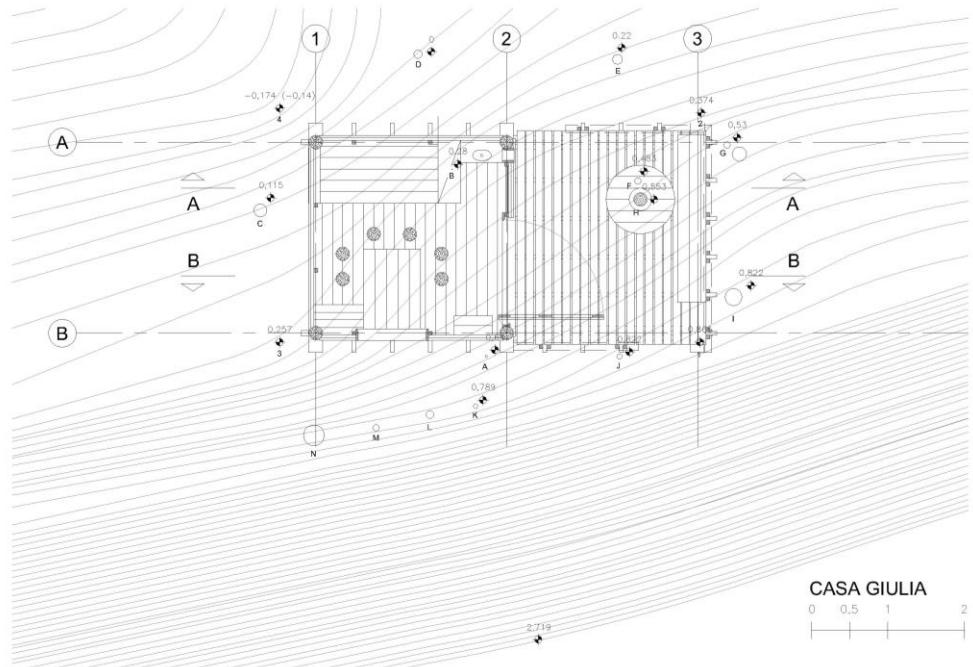


Figura 36. Desenho técnico da casa Giulia. Desenho: Alexander Chang.

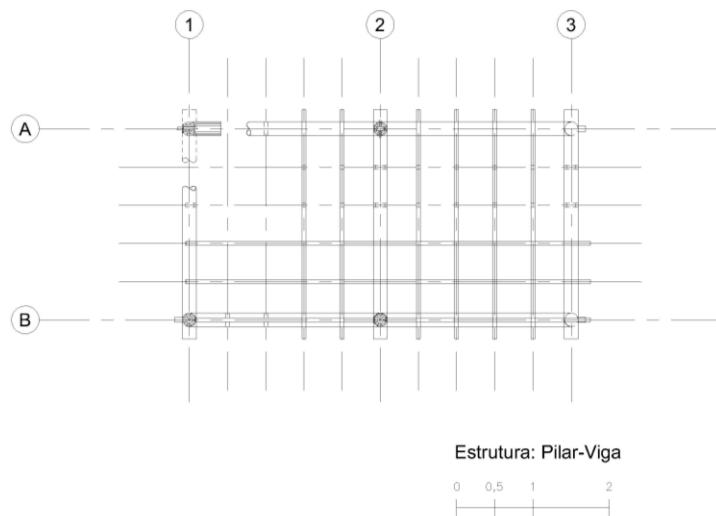


Figura 37. Desenho técnico da estrutura do pilar e vigas. Desenho: Alexander Chang.

esses desenhos apresentados. Mas, é importante ressaltar que isso só foi possível pelo fato de eu ser o responsável pela construção do projeto. Além, parte do projeto apresentado dos encaixes foi alterado, conforme se pode ver durante a descrição da etapa construtiva.

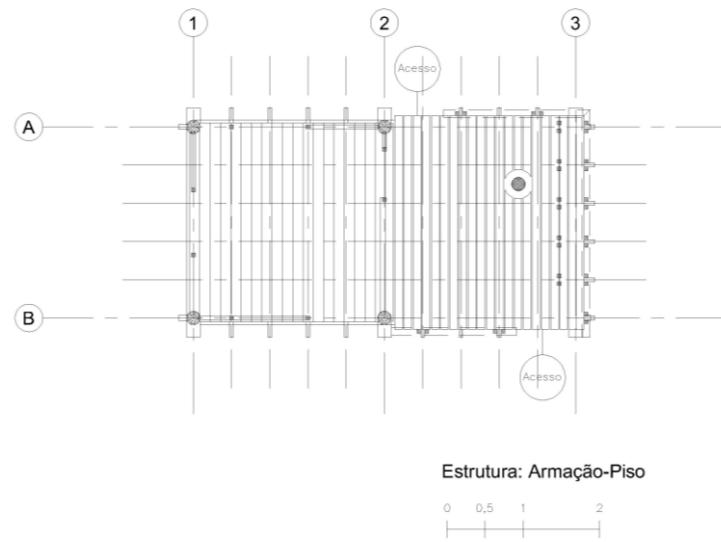


Figura38. Desenho técnico da estrutura da casa e do piso. Desenho: Alexander Chang.

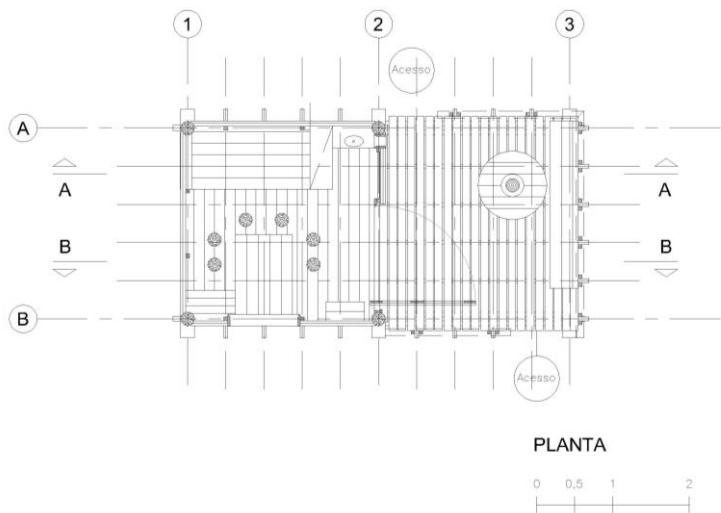


Figura 39. Desenho técnico da planta. Desenho: Alexander Chang.

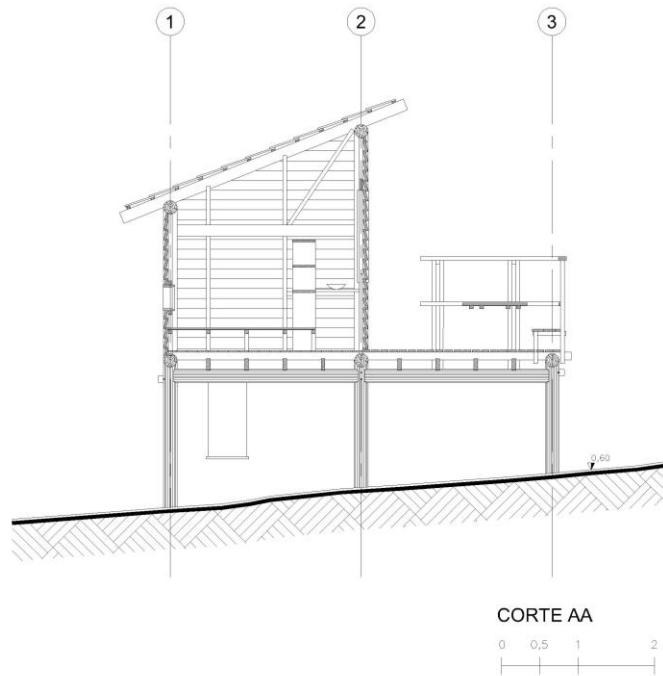


Figura 40. Desenho técnico do Corte AA. Desenho: Alexander Chang.

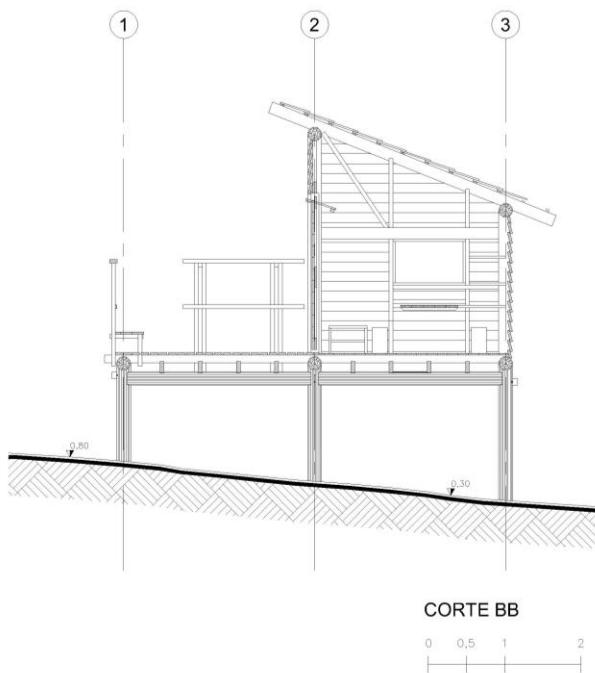


Figura 41. Desenho técnico do Corte BB. Desenho: Alexander Chang.

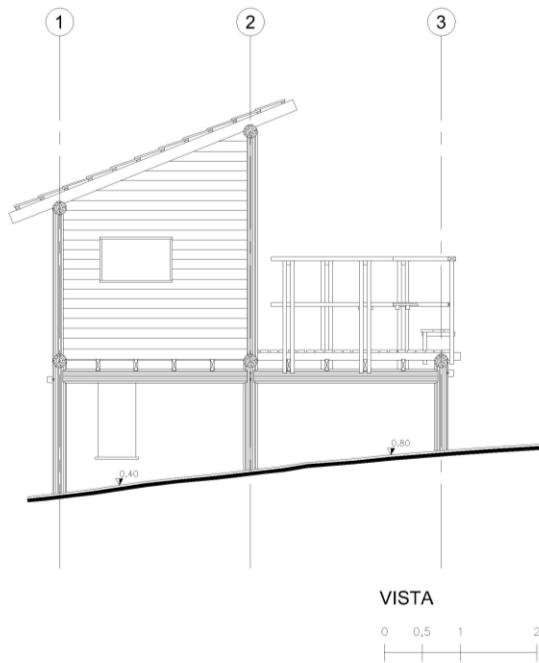
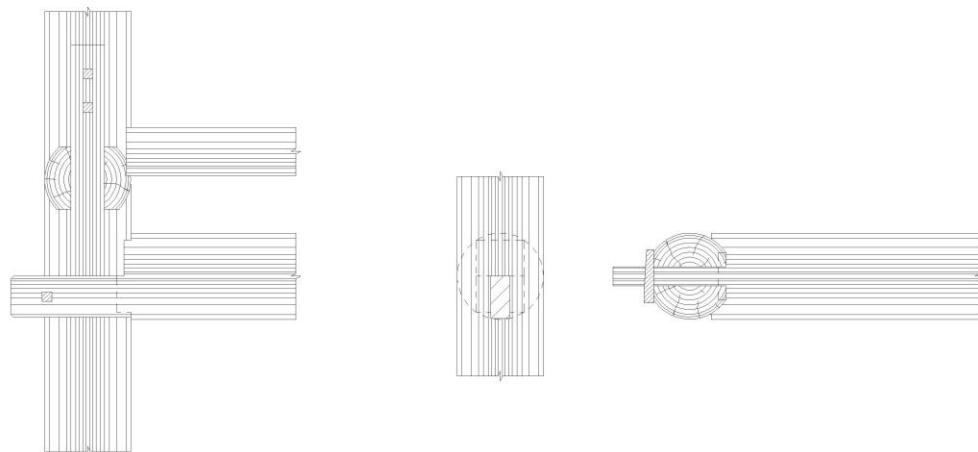


Figura 42. Desenho técnico da vista A. Desenho: Alexander Chang.

Após decidir construir a casa majoritariamente com encaixes, iniciei o estudo sobre carpintaria japonesa, a partir da leitura do livro *The Complete Japanese Joinery*.⁴⁵ Apesar de não poder afirmar que esse trabalho corresponde à carpintaria japonesa, os encaixes foram quase exclusivamente projetados conforme essa referência. As figuras a seguir correspondem ao detalhamento dos encaixes principais do projeto:

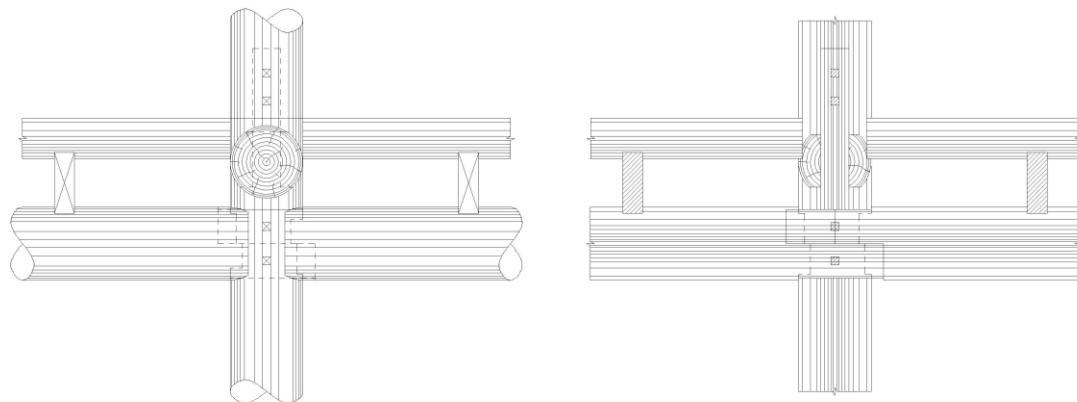
⁴⁵ SATO, Hideo; NAKAHARA, Yasua. *The complete Japanese joinery*. Trad. Koichi Paul Nii. Vancouver: Hartley & Marks Publishers, 2000 [1967].



Encaixe: corte PB1-VB1-PB1'



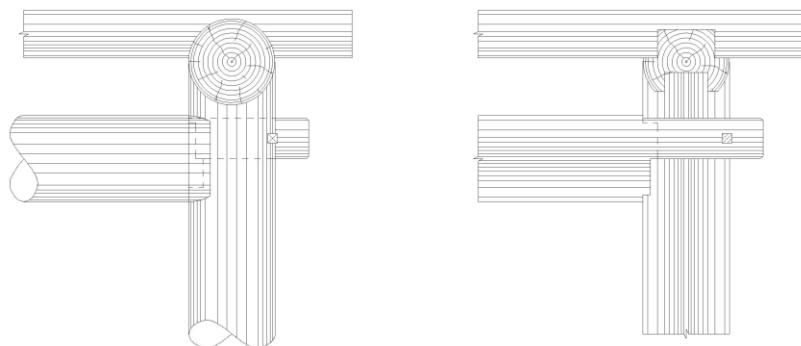
Figura 43. Detalhe do encaixe entre os pilares PB1 e PB1' com a viga VB1. Desenho: Alexander Chang.



Encaixe: pilar PB2 e vigas VB1-VB2



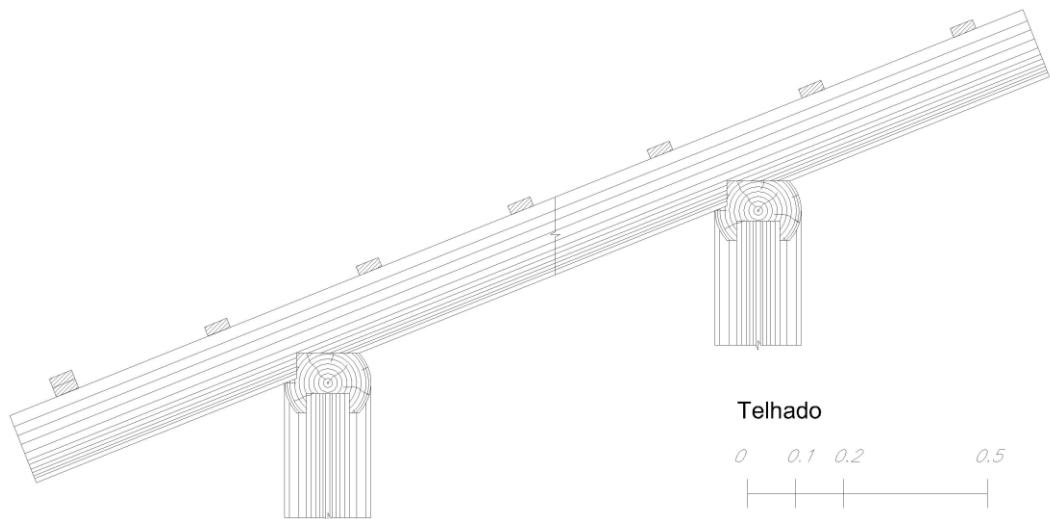
Figura 44. Detalhe do encaixe entre o pilar PB2 e vigas VB1 e VB2. Desenho: Alexander Chang.



Encaixe: pilar PB3 e viga VB2

0 0.1 0.2 0.5
|-----|-----|-----|

Figura 45. Detalhe do encaixe entre o pilar PB3 e viga VB2. Desenho: Alexander Chang.



Telhado

0 0.1 0.2 0.5
|-----|-----|-----|

Figura 46. Detalhe do telhado. Desenho: Alexander Chang.

PARTE 2



Figura 47. Canteiro de obras do projeto. Fonte: Alexander Chang.

Primeiro encontro com as madeiras do projeto⁴⁶

Devo dizer que, ao ver as madeiras do projeto chegarem ao canteiro, fui tomado por um sentimento provavelmente inesquecível, de vislumbre, do qual me recordo com precisão esta pergunta que fiz a mim mesmo: será que todas essas madeiras são para mim?

Ao término do descarregamento, sim, descobri que eram. Logo no início do trabalho executivo, senti como a realidade material era totalmente diferente do que imaginava, mesmo

⁴⁶ As descrições apresentadas a seguir foram elaboradas a partir das memórias de um diário de obra que iniciei após a primeira visita no terreno.

com todos os esforços de pensar no objeto durante o projetar – uma sensação que iria se repetir constantemente durante a construção.

A primeira tarefa foi organizar todo o material, dando início a relação tátil com as madeiras. Empilhei as madeiras serradas separando cada fileira com um tabique, conforme a maneira correta. Após posicionar todas as peças, também decidi passar uma cola branca nas pontas, pois ao carregá-las foi possível perceber, pelo peso, que o grau de umidade era variado entre elas (figura 48). Apesar do selamento das pontas diminuir as deformações da madeira durante a secagem – processo natural do material –, as peças serradas já estavam bastante deformadas, minimizando significativamente o efeito desse ato. Mesmo consciente do fato que haveria deformações, não esperava que os produtos adquiridos teriam uma qualidade extremamente baixa. Ainda que o fornecedor tivesse uma boa avaliação dos consumidores, nenhuma peça serrada veio reta ou com uma dimensão maior para eventuais ajustes das deformações. Pelo contrário, a grande maioria das madeiras estava muito torcida, algumas com dimensões exatas, outras com dimensões menores. O primeiro contato com o material evidenciou a falta de cuidado no armazenamento e na secagem das madeiras por parte dos fornecedores, conforme acontece na maioria das serrarias brasileiras. Infelizmente, no Brasil, encontrar uma serraria de boa qualidade e com madeiras extraídas legalmente exige um significativo esforço e recurso econômico.

A segunda etapa foi organizar as toras de madeira e escolher a função de cada uma no projeto, levando em consideração suas curvaturas e espessuras variadas (figura 49). Apesar de estarem, em sua maioria, retas, assim como as peças serradas, algumas estavam bastante tortas. No entanto, como havia decidido trabalhar considerando não só o fato de a madeira ser um material orgânico – sendo cada peça sempre única – mas também considerando as condições materiais da sua produção, a situação em que me encontrava não era desfavorável – no entanto, com certeza, a bastante difícil.



Figura 48. Organização das peças serradas. Fonte: Alexander Chang.



Figura 49. Escolha da função das toras. Fonte: Alexander Chang.

Preparação anterior à execução do projeto

Como, na marcenaria onde estagiei, os móveis eram feitos a partir de maquinários e os encaixes eram realizados, quase exclusivamente, com parafusos, o conhecimento e habilidades que obtive durante esse período não eram suficientes para a realização desse trabalho. Portanto, assim que decidi fazer o projeto com encaixes, foi necessário pesquisar sobre o método de execução apropriado à construção do projeto, presente na carpintaria e na marcenaria japonesa. Além de estudar o livro supracitado sobre os encaixes japoneses – que possui uma breve explicação sobre a execução dos encaixes e o uso correto das ferramentas utilizadas –, assisti muitos vídeos nas mídias digitais com diversas demonstrações do trabalho japonês nesses ofícios. A partir dessas referências visuais, formei a base do conhecimento de como deveria trabalhar e adquiri as ferramentas que eram necessárias.⁴⁷ No entanto, eu sabia que as habilidades só seriam de fato compreendidas e desenvolvidas ao fazer.

Primeiros encaixes e desafios

Assim que organizei as madeiras, iniciei a etapa construtiva do trabalho com a viga V3, a peça mais fácil de executar; inaugurando, enfim, o processo de desenvolvimento das habilidades do ofício.

Primeiramente, decidi construir um eixo de referência na tora, com um prumo e uma mangueira de nível – ferramentas que tinha no momento – (figuras), para conseguir adequar as características da madeira ao projeto. Como as toras possuíam diversas variações naturais – curvatura, nós e diâmetros variados –, a construção de um eixo era fundamental para a

⁴⁷ A sensação de frustração, proveniente das condições materiais do trabalho com madeira brasileiro, esteve bastante presente durante a execução do trabalho. Além da baixa qualidade da produção do material, é notável a péssima qualidade dos utensílios mais acessíveis – que não são baratos – da carpintaria e da marcenaria no Brasil. Para se obter uma boa ferramenta, é necessário movimentar uma quantidade significativa de recurso econômico – um fato reforçado por não existir um produtor brasileiro com produtos de qualidade. Em pelo menos quatro momentos durante a construção, foi necessário providenciar uma nova ferramenta com um preço elevado ou alterar o modo de execução para realizar o trabalho, devido à baixa qualidade do equipamento adquirido anteriormente.

usinagem correta dos encaixes. A viga foi montada sobre cavaletes que havia adquirido para o trabalho e, a marcação, realizada com a linha de pedreiro (figuras 50 e 51) e uma ferramenta improvisada feita para transportar a medida desejada à curvatura madeira (figuras 52 e 53).



Figuras 50 e 51. Determinação de um eixo para a tora e marcação. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 52 e 53. Transporte das medidas do desenho para a curvatura da tora. Fonte: Alexander Chang.

Depois de realizar os desenhos na tora, iniciei o processo de fazer o buraco do encaixe com o formão (figuras 54-56).



Figura 54. Realização do encaixe na viga V3. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 55 e 56. Encaixe da viga V3, conferência e proteção à perda de umidade. Fonte: Alexander Chang.

Ao finalizar a execução dos encaixes da viga V3, após dois dias de trabalho – um tempo significativo para apenas dois pequenos buracos –, optei por começar a viga VA2. Apesar de imaginar, de saída, que essa viga seria difícil de executar, a escolha partiu da vontade de verificar minha habilidade no trabalho com encaixes. Afinal, mesmo que tivesse obtido um resultado satisfatório na viga V3 – considerando o fato de ter sido a primeira experiência –, ela evidenciou a dureza da madeira – bem maior do que imaginava – e como o trabalho seria bastante longo e árduo.

Logo no início, tive uma surpresa. Mesmo que estivesse escrito que os cavaletes aguentavam uma carga maior do que as toras nas especificações do produto, eles romperam (figura 57). Portanto, decidi construir um cavalete com toras de árvores caídas no terreno, obtendo um suporte mais confortável e apropriado ao trabalho (figura 58).⁴⁸



Figuras 57 e 58. Situação dos cavaletes adquiridos anteriormente e produção de novos cavaletes para o trabalho. Fonte: Alexander Chang.

⁴⁸ Apesar de os cavaletes improvisados tornarem o fazer mais fácil do que os cavaletes anteriores, pois sua posição é mais confortável. Próximo ao final da execução, contudo ficou claro que eu deveria ter dedicado mais tempo na elaboração de suportes mais apropriados ao exercício: ao longo da construção, senti falta da possibilidade de ajustar facilmente a altura de trabalho e das toras. Em alguns momentos, a altura de trabalho estava muito baixa e, ao mover as toras de posição, nivelar o eixo exigia bastante tempo. No entanto, conforme fui desenvolvendo as habilidades do ofício, esses problemas se tornaram cada vez menores. Além disso, só adquiri o conhecimento necessário para elaborar um suporte satisfatório para toras com as experiências acumuladas ao construir.

Após realizar as marcações do encaixe de uma das extremidades da tora, serrei a parte da madeira desnecessária. Essa tarefa demorou um dia inteiro de trabalho – devido à falta de habilidade, à qualidade da serra, que não era própria para serrar na direção paralela às fibras, e ao fato de não ser vendida bem afiada – demonstrando que provavelmente deveria procurar outras alternativas para essa atividade (figura 59). Portanto, decidi aprender com os caseiros do sítio como manusear a motosserra, acelerando essa etapa.



Figura 59. Momento em que pensava como realizar essa tarefa de outra maneira. Fonte: Alexander Chang.

O tempo e o trabalho exigido com o advento da motosserra foi significativamente menor – um alívio, pois me mostrou que não precisaria sofrer tanto como anteriormente.⁴⁹

⁴⁹ Somente o trabalho das etapas supracitadas, desde o início da construção, já deixaram meus músculos bastante doloridos e minha mão cheia de bolhas. Uma das maiores dificuldades durante todo o trabalho executivo foi o cansaço físico e mental. Nos primeiros meses, aguentava trabalhar apenas três ou quatro dias sem descanso. Ainda que isso fosse esperado no momento inicial de adaptação do corpo – principalmente depois de descobrir a dureza da madeira –, fiquei impressionado como demorou para as dores musculares cessarem e os calos serem formados. Só no quinto mês, senti que meu corpo se acostumou com o trabalho.

No entanto, devido à minha falta de habilidade com essa ferramenta, acabei por errar o corte, ultrapassando a demarcação. Portanto, não tive outra escolha senão remover o trabalho realizado até o momento e remanejar as funções de cada tora (figura 60).



Figura 60. Topo removido da viga VA2. Fonte: Alexander Chang.

Depois de remanejar as toras, reiniciei o trabalho de produção da viga VA2. Dessa vez, não cometi o mesmo erro anterior, manuseando a motosserra com mais cuidado. No entanto, as etapas seguintes de execução do encaixe foram desanimadoras. Não estava conseguindo obter o resultado desejado com o uso do formão e das plainas e a dureza da

Ainda assim, o processo de conseguir desenvolver o presente trabalho teórico com qualidade, após a jornada de trabalho manual, foi muito mais difícil do que imaginava ser.

madeira estava dificultando significativamente o trabalho. Nesse momento, a distância entre o conhecimento teórico e o prático ficou evidente. Além da dificuldade de remover corretamente as partes desnecessárias ao encaixe com o formão e a plaina, as fibras da madeira estavam estourando com frequência, pela presença de nós. Ainda por cima, percebi que não poderia virar a tora sem cuidado – como estava fazendo, para facilitar o uso das ferramentas –, pois, assim que movia a tora, os eixos também eram deslocados – devido às características não uniformes da madeira – não me lembro quando foi a última vez que tantas ideias que tive não deram certo.

Por consequência dessas dificuldades supracitadas, passei a questionar seriamente se deveria seguir com a decisão de fazer esse trabalho com encaixes. Se construísse a casa segundo uma técnica convencional, já teria uma experiência significativa com o fazer à mão. Nesse momento – o mais difícil de todo o trabalho –, o entusiasmo inicial havia sido substituído pela sensação de frustração e a vontade de construir manualmente com encaixes parecia insana.

Teste dos encaixes das toras do projeto: VA2, PA3 e V3

Após conversar sobre a situação em que me encontrava com um querido amigo carpinteiro e arquiteto, chamado Paul Magnus,⁵⁰ decidi continuar a fazer o trabalho com encaixes. Afinal, segundo ele, eu estava no caminho correto para desenvolver o conhecimento e as habilidades do ofício. Portanto, antes de tomar a decisão de alterar o método construtivo, eu deveria ter absoluta certeza da impossibilidade material de fazer o trabalho com encaixes – estava muito cedo para tomar uma decisão importante como essa.

Ao retomar o trabalho manual com uma nova perspectiva, não só reorganizei o meu espaço de trabalho e criei novas referências para a movimentação das toras, como também alterei a maneira de abordar o trabalho. Decidi respeitar mais meu tempo de aprendizado e meu corpo, tomando consciência sobre a dificuldade executiva – maior do que esperava – e

⁵⁰ Paul foi o amigo que mais me incentivou a adquirir experiências manuais durante o intercâmbio em Bergen. Além disso, tê-lo conhecido foi fundamental para o desenvolvimento do presente trabalho. Tanto no trabalho do intercâmbio quanto no trabalho final de graduação na faculdade de arquitetura e urbanismo da Bauhaus-Universität Weimar – no semestre seguinte –, ele construiu uma sauna com diferentes propostas, mostrando a possibilidade material de construir à mão durante a graduação. Desde então, surgiu a vontade de realizar o mesmo – da minha maneira, materializada no presente trabalho. Ter a consciência de que é possível e importante construir, principalmente na graduação, foi um dos aprendizados mais importantes que obtive com a experiência do intercâmbio. Durante a execução da casa na árvore, constantemente consultei o Paul quando tive dúvidas ou incertezas.

manuseando as ferramentas com mais calma, mesmo que isso exigisse mais tempo. Aos poucos pude compreender melhor minhas ferramentas, o fazer e o material, sendo possível sentir, novamente, uma sensação boa ao trabalhar. A partir de então, a cada dia, percebia que o trabalho ficava mais fácil e preciso.

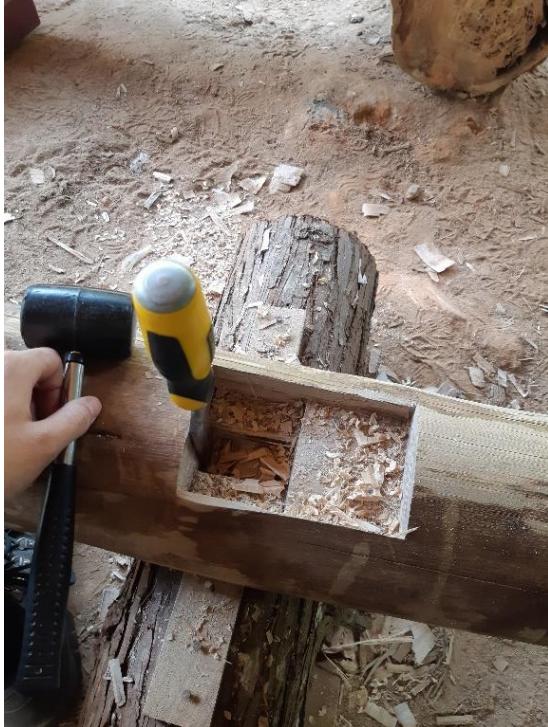
Ainda que as medidas não tenham ficado exatas, o encaixe da viga VA2 foi tomando forma nos dias seguintes (figuras 61 e 62).



Figuras 61 e 62. Etapas executivas de uma das extremidades da viga VA2. Fonte: Alexander Chang.

Assim que terminei a execução da ponta da viga VA2, escolhi por começar a fazer o entalhe do pilar PA3 (figura 63), com o intuito de verificar o resultado desse encaixe. No entanto, antes disso, verifiquei e corrigi o trabalho que havia realizado anteriormente na viga VA2 com uma nova ferramenta que adquiri: um nível a laser com três linhas (figura 64). Como havia percebido que as ferramentas de marcação que estava utilizando aumentavam

significativamente a possibilidade de erros, optei pelo uso desse equipamento que possuiu linhas de nivelamento horizontal e vertical mais precisas.⁵¹ Ao utilizar esse instrumento, ficou evidente que o método de marcação anterior não estava adequado.



Figuras 63 e 64. Execução do entalhe do pilar PA3 e conferência do encaixe da viga VA2, realizado anteriormente. Fonte: Alexander Chang.

Ao fazer o entalhe do pilar, foi necessário passar as medidas obtidas no encaixe da viga VA2 – com diversos erros milimétricos. No entanto, ainda que houvesse erros, o teste do encaixe da viga e pilar foi positivo, ficando mais firme do que esperava (figuras 65 e 66) – a sensação nesse momento foi bastante satisfatória.

⁵¹ Ao longo da execução do trabalho, percebi que o nível que adquiri nesse momento foi uma das ferramentas mais importantes para a materialização da construção. Como todo o material, incluindo as peças serradas – que deveriam estar com as medidas próximas às dimensões especificadas –, tinham deformações significativas, para realizar os encaixes e as medidas de maneira adequada foi necessário estabelecer um eixo de referência em quase todas as peças. Sem ele não seria possível construir linhas precisas ou seria necessário muito mais trabalho e cuidado para obter o mesmo resultado com outras ferramentas.



Figuras 65 e 66. Teste do encaixe entre o pilar PA3 e VA2. Fonte: Alexander Chang.

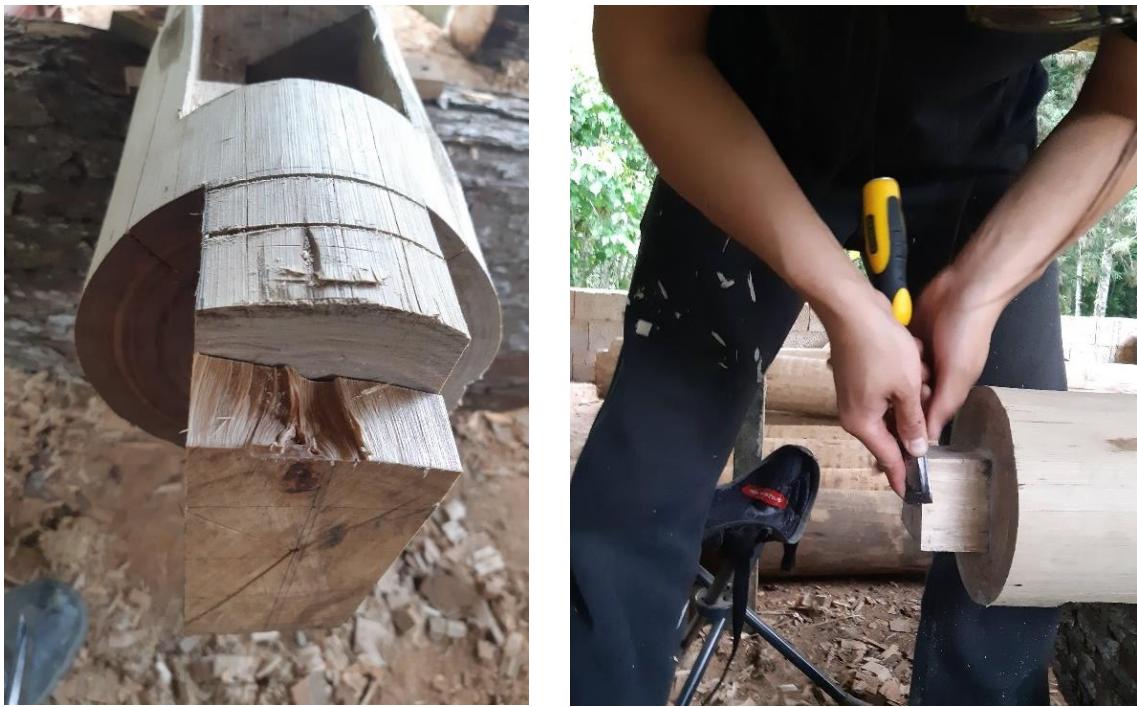
A execução da outra ponta da viga VA2 foi significativamente mais fácil e rápida (figuras 67 e 68). Nesse momento, eu pude notar que estava manuseando as ferramentas – os formões, as plainas e as serras – muito melhor do que antes. Honestamente, não imaginava que o entendimento do fazer aumentaria consideravelmente em pouco tempo – ainda que faltasse um longo caminho para o domínio do ofício. Pois, apesar de estar abordando o trabalho com mais calma e cuidado, segui o mesmo método executivo anterior. Ao longo da repetição desse evento na usinagem das madeiras, eu percebi que isso se deu pelo fato de o corpo e os sentidos tomarem o protagonismo do fazer em diversas ocasiões – normalmente, a compreensão dos motivos desse desenvolvimento só ocorreu após algum tempo, quando notava, com atenção, o comportamento do meu corpo.



Figuras 67 e 68. Execução do encaixe da outra extremidade da viga VA2. Fonte: Alexander Chang.

Durante a execução do pilar e da viga supracitados, decidi alterar o projeto do encaixe dos pilares e vigas V1, V2 e V3. Pois, ao trabalhar com as toras reais, eu percebi que não só a execução do desenho anterior seria muito complicada, como também as toras estavam mais pesadas do que imaginava – o que dificultaria o processo de montagem. Apesar de ter que escolher outra tora para a viga V3 e descartar o trabalho inaugural, o projeto se tornou mais adequado às condições materiais em que me encontrava.

Assim que terminei os encaixes da viga VA2, usinei a ponta do pilar PA3 (figuras 69 e 70), conforme o novo projeto, com o intuito de iniciar a viga V3. Dessa maneira, seria possível testar todos os tipos de encaixes das toras.



Figuras 69 e 70. Execução do encaixe na ponta do pilar PA3. Fonte: Alexander Chang.

Com a conclusão dos entalhes da viga V3 (figuras 71 e 72),⁵² pude realizar o teste da união do pilar PA3 e a viga V3 (figuras 73 e 74), finalizando a etapa de verificação do projeto dos encaixes entre toras.

⁵² Optei por realizar os buracos dos pinos de travamento em outro momento, quando tivesse essas peças preparadas



Figuras 71 e 72. Realização da viga V3. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 73 e 74. Teste do encaixe entre o pila PA3 e viga V3. Fonte: Alexander Chang.

Pilares: PA1, PA2, PB1, PB2 e PB3

Assim que conferi os encaixes principais das toras do projeto, escolhi fazer todos os pilares da base da construção – PA1, PA2, PB1 e PB3. Pois, durante o teste da união do pilar PA3 com a viga VA2, pude perceber que precisava usinar, anteriormente às vigas, os pilares conforme as variações de circunferência das toras e a distância entre eixos determinada.

Para compreender como obteria essas medidas corretas, comecei pelo pilar PA2 (figuras 75 e 76). Apesar de ser mais difícil de executar em comparação aos pilares da extremidade, foi mais fácil materializá-lo do que o pilar PA3. Ainda assim, essa etapa durou sete dias de trabalho – no entanto, o cansaço físico e mental do momento limitou significativamente o trabalho manual.



Figuras 75 e 76. Pilar PA2. Fonte: Alexander Chang.

Dando sequência à essa etapa, comecei a execução dos pilares PA1, PB1 e PB3 respectivamente (figuras 77 e 78) – dessa vez, precisei de somente dois dias e meio para conceber cada pilar, menos da metade do tempo dedicado ao pilar PA3. Durante todo o

trabalho, procurei considerar as características das toras e das peças serradas – curvaturas, circunferência e nós – ao determinar a posição dos eixos e dos encaixes. De todos os pilares, essa intenção – quase exclusiva do fazer – ficou mais evidente no resultado do pilar PB3 (figuras 79 e 80).



Figuras 77 e 78. Pilares PA1 e PB1. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 79 e 80. Pilar PB3. Fonte: Alexander Chang.

Por último, fiz o pilar PB2. Assim como as outras vezes, o trabalho foi mais rápido e preciso, devido ao desenvolvimento progressivo das habilidades do ofício – que também mostrou caminhos mais práticos. Além disso, a perda do medo e da hesitação ao começar as tarefas acelerou significativamente o trabalho. Em todas as primeiras tentativas, começar e conferir a marcação e a usinagem do material levaram um tempo significativo.

Vigas: VA1, VB1, VB2, V3 e V2'

Ao finalizar a etapa anterior, comecei a usinar as vigas VA1, VB1 e VB2. Dessa vez, os resultados foram satisfatórios (figuras 81-83). Nesse momento – três meses desde o início do trabalho –, não só estava manuseando as ferramentas com mais destreza, como também

me acostumei ao esforço físico e à dureza da madeira. Como havia adquirido algum conhecimento sobre o ofício, decidi comprar um novo conjunto de formões e um guia de afiação de melhor qualidade que tornaram o trabalho significativamente mais confortável. Assim, não era mais necessário dedicar mais tanto esforço e tempo quanto antes, para se obter uma boa afiação das ferramentas. Além disso, após diversas experimentações, havia encontrado o ângulo do formão mais adequado para mim e para a madeira – entre 30° a 32°, que mantive até o final da etapa da construção.

Como estava habituado ao trabalho e tinha adquirido algumas habilidades do ofício, a execução desses encaixes não apresentou dificuldades expressivas. O maior desafio nessa etapa foi minha relação com o tempo. Em diversas ocasiões, percebi que estava trabalhando de maneira apressada. Afinal, estava evidente que o trabalho iria demorar muito mais do que esperado. No entanto, nessas horas, cometia mais erros ou atuava automaticamente – sem refletir sobre minha ação – como se estivesse cansado. Depois de perceber essa falta de reflexão sobre o fazer, decidi aceitar o fato de que o trabalho ainda exigiria um longo tempo de execução e, então, direcionei o meu esforço à reflexão sobre minhas ações. Caso contrário, o aprendizado seria significativamente afetado.



Figuras 81 e 82. Execução da viga VA1. Fonte: Alexander Chang.



Figura 83. Viga VA1. Fonte: Alexander Chang.

Após fazer as vigas supracitadas, comecei as vigas V3 e V2' – havia decidido transformar a viga V3 anterior na V1', devido à curvatura de uma das toras que seria mais adequada à viga V3 (figura 84). As vigas V1 e V2 seriam realizadas somente após a montagem da estrutura do pavimento, pois precisava obter a altura do piso para marcar as toras corretamente – como as peças serradas estavam com dimensões variadas, não seria possível seguir as medidas do projeto.



Figura 84. Produção das vigas V3 e V2'. Fonte: Alexander Chang.

Preparação das peças serradas

Nesse momento, comecei a preparação das peças serradas. Apesar de perder a garantia do tratamento da madeira ao usinar a peça, segundo o fornecedor – um fato inacreditável –, optei por remover a camada exterior escura e com as marcas da serra desses materiais – afinal, já perderia de qualquer maneira essa garantia pela impossibilidade de deixar o material intacto. Essa escolha se baseou na vontade de tornar as características e a espécie da madeira evidente, evitando o uso genérico do material (figura 85).

Como as peças serradas estavam significativamente torcidas e com dimensões variáveis (figuras 86-89) – inclusive menores do que o especificado –, optei por somente retirar a parte manchada da madeira, sem tentar deixar as peças retas ou niveladas – se fizesse isso, em diversas situações, quase não sobraria material.

Ao realizar essa etapa – com uma plaina de mão elétrica –, descobri que a qualidade do material era muito pior do que havia identificado no início do trabalho. Além das peças estarem significativamente torcidas, uma quantidade considerável delas era composta por uma parcela grande de alburno (figura 90) – parte da madeira com resistência diferente do cerne e mais suscetível ao ataque de insetos.

Por um momento, não sabia como proceder. Não seria possível solicitar outras madeiras para esse projeto, pois o orçamento já estava no limite. Mas, ao mesmo tempo, as peças estavam tortas, com dimensões menores e com alburno.



Figuras 85 e 86. Remoção da parte externa da tábua e medição de uma das peças. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 87 e 88. Situação das vigas do piso. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 89 e 90. Situação dos caibros e parcela de alburno de uma das vigas. Fonte: Alexander Chang.

Como as vigas retangulares do telhado e do piso poderiam ser menores conforme os cálculos estruturais realizados anteriormente – devido ao fato de as dimensões do projeto partirem, nesse caso, dos produtos do fornecedor –, decidi continuar a utilizar essas peças como estavam.⁵³ Além disso, o trabalho tem caráter experimental e, por ser feito com encaixes, é possível substituir as peças caso necessário – inclusive, pode-se mover a construção inteira de local.

Encaixes

⁵³ É importante ressaltar que idealmente não deveria utilizar essas peças serradas com a presença de alburno, devido às características diferentes do cerne da madeira – utilizado para cálculo. Caso o projeto necessitasse as dimensões exatas dos produtos obtidos, não seria possível continuar o trabalho com esse material.

Durante todo o processo de usinagem das madeiras, quando deparava com alguma incerteza ou dificuldade que não sabia resolver, optava deliberadamente por não resolver o problema no momento. Pois, com o tempo soluções mais adequadas surgiriam. Portanto, ao me encontrar na situação supracitada das peças serradas, optei por manuseá-las em outra ocasião e começar a fazer o teste da união das vigas VA1, VA2, VB1 e VB2 com seus respectivos pilares. Nessa etapa, terminei de usinar os encaixes e fiz as cunhas e pinos de travamento com a madeira roixinho (figuras 91-96). As toras encaixaram melhor do que esperava, de maneira que não precisei fazer quase nenhum ajuste. No entanto, somente na montagem seria possível verificar se o trabalho estava preciso ou não.



Figuras 91 e 92. Encaixe do pilar PB3 e a viga VB2. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 93 e 94. Teste do encaixe dos pilares PB2 e PB3 com a viga VB2 e dos pinos de travamento de roixinho. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 95 e 96. Teste do encaixe para a cunha de roixinho no pilar PB3. Fonte: Alexander Chang.

Estrutura do pavimento e do telhado⁵⁴

Assim que verifiquei os encaixes das vigas e pilares, retornoi ao trabalho com as peças serradas, iniciando a execução da estrutura do pavimento. Considerando a situação de cada peça, criei um eixo de referência – assim como nas toras – e utilizei as medidas específicas obtidas para fazer os encaixes (figuras 97-99). Assim, apesar de o material estar bastante torcido (figura 100), o resultado foi melhor do que esperado – no entanto, em algumas ocasiões ocorreram pequenos erros de execução, devido à dificuldade de transportar as medidas e as deformações das peças ao encaixe precisamente (figuras 101-104).

⁵⁴ Durante essa etapa executiva, ficou evidente que só seria possível materializar minhas intenções projetuais durante a usinagem das madeiras. Devido às condições materiais da construção, o projeto realizado anteriormente se tornou um guia, de maneira que o projeto de fato só se realizou ao fazer. Diversas decisões e alterações projetuais fundamentais foram tomadas no momento do fazer. Como essa experiência tátil me permitiu ter todo o projeto em minha mente, esse fato não influenciou a dificuldade de seguir o planejado.

Como não havia um padrão no material – mesmo estando serrados –, o tempo necessário para realizar essa etapa foi significativamente maior do que imaginava. Pois, nessa ocasião, o trabalho estava mais próximo de um restauro do que de uma primeira execução. A proposta de trabalhar com vigas retangulares apoiadas nas toras havia surgido da intenção de contrastar o uso da madeira usinada e da madeira bruta. Entretanto, infelizmente, parte dessa ideia se perdeu com as deformações das peças serradas.⁵⁵



Figuras 97 e 98. Medições e execução do encaixe entre vigas do piso. Fonte: Alexander Chang.

⁵⁵ Produzir peças serradas, cujo propósito é racionalizar a produção e o manuseio do material, não uniformizadas e muito deformadas é um absurdo. Ser obrigado a trabalhar com esse material, que deveria facilitar a execução, considerando a dimensão única de cada peça foi bastante frustrante.



Figura 99. Encaixe das vigas inferiores da estrutura do piso. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 100 e 101. Determinação do eixo da viga superior da estrutura do piso e encaixes entre vigas. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 102 e 103. Realização do encaixe entre as vigas retangulares da estrutura do piso. Fonte: Alexander Chang.



Figura 104. Estrutura do piso, sem as vigas V1 e V2. Fonte: Alexander Chang.

A execução da estrutura do telhado segui o mesmo método anterior (figuras 105-108). Porém, um dos encaixes na tora ficou incorreto. Como não estava encontrando o motivo disso no momento, havia decidido deixar para solucionar esse problema na montagem – situação em que teria certeza da razão desse erro. No entanto, em outra ocasião – quando realizei os encaixes dos suportes para as tábuas de revestimento –⁵⁶ decidi tentar encontrar o erro e corrigi-lo, pois o pior momento para usinar o material é durante sua montagem. Além disso, já teria que realizar os encaixes das vigas superiores do pavimento nas respectivas toras durante a montagem, pelo fato de ter esquecido de marcar o ponto de referência do distanciamento das vigas inferiores do pavimento – a falta dessa referência, que deveria ser realizada anteriormente, tornou inseguro obter as medidas necessárias em um momento posterior, devido às deformações das peças.



Figuras 105 e 106. Execução dos encaixes das vigas do telhado. Fonte: Alexander Chang.

⁵⁶ Ao usinar as toras, não realizei todos os seus encaixes em um único momento – sendo necessário movimentar as peças novamente conforme fazia as etapas que faltavam. Apesar de ser ideal e mais rápido finalizar todo o trabalho necessário em cada material de uma vez, optei por trabalhar dessa maneira por estar construindo meu conhecimento ao fazer. Essa fragmentação do processo executivo facilitou a compreensão da atividade, suprindo a falta de habilidade do ofício que ia se desenvolvendo durante a realização do trabalho.



Figura 107. Teste da estrutura do telhado. Fonte: Alexander Chang.



Figura 108. Teste da estrutura do telhado. Fonte: Alexander Chang.

Como o trabalho procurou explorar a qualidade sensível da construção em madeira, optei por realizar um acabamento das peças serradas mais semelhante ao acabamento de um mobiliário, ainda que isso não seja comum na carpintaria devido à diferença de escala. Por mais que as toras estivessem tortas e com imprecisões executivas, essa ação também teve a intenção de demonstrar o cuidado com o material. A diferença entre as peças brutas e as com acabamento é significativa (figuras 109 e 110).



Figuras 109 e 110. Processo de acabamento das vigas do telhado. Fonte: Alexander Chang.

Vigas: V1 e V2

Com as medidas da altura do piso, comecei a fazer as vigas que faltavam – V1 e V2, conforme as imagens a seguir:



Figuras 111 e 112. Desbastamento e marcação da tora. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 113 e 114. Etapa de serragem da madeira para facilitar o uso do formão. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 115 e 116. Uso do formão e da plaina Guilherme. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 117 e 118. Uso da plaina block e desenho do encaixe. Fonte: Alexander Chang.



Figura 119 e 120. Uso da furadeira para facilitar o uso do formão. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 121 e 122. Remoção do material e finalização do encaixe. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 123 e 124. Encaixe quase pronto e produção dos pinos de roixinho. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 125 e 126. Finalização de um dos encaixes e continuação da produção da viga VA2. Fonte: Alexander Chang.

Pilares superiores: PA1', PA2', PB1' e PB2'

Antes de começar a execução das últimas toras, realizei os encaixes da estrutura de suporte às tábuas de revestimento e às aberturas do projeto – janelas e portas – nas vigas V1, V2, V1' e V2' (figuras 127 e 128). Além de corrigir o erro anterior do encaixe da viga do telhado, marquei a altura do piso nas toras, para decidir, durante a montagem, se cortaria as tábuas conforme a tora ou se cortaria a tábua conforme o assoalho.

Iniciei essa etapa fazendo o encaixe de uma das extremidades do travamento, pois só conseguiria ter a dimensão exata dessa peça após fazer o encaixe dos pilares correspondentes

(figuras 129 e 130). Ao trabalhar os pilares superiores, optei por remover parte da madeira da tora para adequar o pilar às tábuas de revestimento (figuras 131). Apesar dessa decisão estar em desacordo com a escolha anterior referente ao piso, ela foi tomada levando em consideração a montagem e a água da chuva.

Ainda que tivesse aprimorado minhas habilidades ao longo do trabalho, essa etapa foi mais longa do que esperava; no entanto o teste de montagem apresentou um resultado bastante satisfatório (figuras 135-139).



Figuras 127 e 128. Encaixes das estruturas de suporte às tábuas e às aberturas. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 129 e 130. Travamento entre pilares e seu respectivo encaixe. Fonte: Alexander Chang.



Figura 131 e 132. Produção do pilar PA2^a e teste do encaixe da estrutura de suporte. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 133 e 134. Pilar PA1' e produção das cunhas de roixinho para o travamento. Fonte: Alexander Chang.



Figuras 135 e 136. Teste do travamento entre pilares. Fonte: Alexander Chang.



Figura 137. Teste do travamento. Fonte: Alexander Chang.



Figura 138. Teste dos encaixes das estruturas da parede do eixo 2. Fonte: Alexander Chang.



Figura 139. Teste dos encaixes do eixo 2. Fonte: Alexander Chang.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho final de graduação é resultado de um longo período de dedicação à investigação tático do lugar do fazer à mão na arquitetura. Ainda que, no momento da necessidade de entregar o trabalho escrito, falte a montagem e a finalização da construção – etapas fundamentais à conclusão do trabalho –,⁵⁷ a experiência vivenciada até então não só me permitiu desenvolver habilidades do ofício da carpintaria, como também mostrou a distância entre o projetar e o construir. Enquanto a primeira atividade parte, em geral, de referências mentais, a segunda interage fisicamente com o material real e materializa – conforme a qualidade do projeto – a intenção projetual.

Esse distanciamento do desenho torna fundamental à arquitetura o desenvolvimento de uma relação sensível entre o projetista e o objeto – além dos trabalhadores manuais –, adquirida pelo contato tático entre os dois. Assim, a potencialização dessa troca durante o fazer à mão demonstra a extrema importância desse exercício ao processo pedagógico, criativo e executivo da arquitetura. Afinal, conforme apontado anteriormente, é através do conhecimento obtido pelo corpo, mediado pelos sentidos, que somos capazes de tomar as decisões projetuais.

A partir da minha experiência nesse trabalho, ficou evidente que a intenção de evidenciar as qualidades sensíveis da construção em madeira com encaixes não ocorreria como o esperado se, do contrário, eu contratasse alguém para construir o projeto. Se apenas desenvolvesse o projeto, as decisões projetuais tomadas durante a construção e a relação sensível com o material seriam exclusivas do trabalhador manual, diminuindo significativamente o aprendizado pessoal. Somente com o referencial material adquirido ao longo do intenso contato tático com o objeto nesse trabalho seria possível, portanto, incorporar essa intenção no projeto – ainda assim, de maneira limitada, considerando apenas o ato de projetar. Mesmo com as minhas experiências com a materialidade da madeira supracitadas na introdução, durante o fazer da casa Giulia, fui obrigado a construir um novo

⁵⁷ No momento em que entreguei o presente trabalho final, estava previsto que terminaria a construção em mais dois meses, resultando numa experiência de dezenove meses de duração.

conhecimento. Com certeza, durante a etapa projetual, não estava apto a realizar adequadamente o projeto que construí.

O fazer à mão é um processo árduo e lento em comparação aos sistemas digitais incorporados na produção arquitetônica, sendo constantemente negligenciado na arquitetura contemporânea – conforme a alienação histórica do arquiteto com o canteiro. Inclusive, o presente trabalho só foi possível pelo fato de eu me encontrar numa situação singular de trabalho livre; isto é, livre da maioria das determinações sociais e econômicas implicadas, de modo geral, no processo de produção de uma casa atualmente – portanto, tratava-se de uma exceção à realidade da produção arquitetônica e da construção civil. No entanto, o aprendizado adquirido e a transformação pessoal – afinal, durante o fazer manual construímos uma relação corporal com o objeto que também afeta à nossa maneira de pensar, sentir e agir – proporcionados por essa atividade são imensuráveis. No início do trabalho, não imaginava como ele iria transformar a minha compreensão sobre o objeto de estudo e a minha maneira de abordar uma atividade complexa – com mais disciplina, paciência e atenção. Ainda que a construção sensível do objeto esteja na contramão do desenvolvimento acelerado da arquitetura contemporânea, a importância do fazer à mão na formação do arquiteto ou arquiteta permanece inalterada.

Apesar do limite entre as palavras e o aprendizado obtido nesse exercício, o presente trabalho procurou descrever, através de um relato, uma experiência em que a mão e o corpo adquiriram o protagonismo durante as etapas projetuais e construtivas da casa Giulia, com o intuito de contribuir à discussão sobre o fazer à mão na arquitetura. Já o projeto construído tem a intenção de comunicar as reflexões e as experiências acumuladas durante o trabalho ao corpo do observador, através do meio específico da arquitetura: a materialidade da construção e do espaço.

Bibliografia

- ACAYABA, Marcos. *Marcos Acayaba*. São Paulo, Cosac Naify, 2007.
- ARANTES, Pedro Fiori. Arquitetura na era digital-financeira: desenho, canteiro e renda da forma. São Paulo, Editora 34, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS (1980). NBR 6120 – *Cargas para o cálculo de estrutura de edificações*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). NBR 7190 – *Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro. (Tabela de propriedades da madeira)
- ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS (2012). NBR 7190 – *Projeto de estruturas de madeira*. Rio de Janeiro.
- BORDES, Adélia. Maurício Azeredo: a construção da identidade brasileira no mobiliário. São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M. Bardini, 1999.
- CARVALHO, Amanda Beatriz Palma de. *Projetar e construir com madeira: o legado de José Zanine Caldas*. Dissertação de mestrado FAUUSP, São Paulo, 2018.
- CARVALHO, Amanda Beatriz Palma de; CAVALCANTI, Lauro; SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos Santos. *José Zanine Caldas*. São Paulo: Olhares; New York: R&Company, 2019.
- DRANGE, Tore; AANENSEN, Hans Olaf; BRÆNNE, Jon. *Gamle treahus: historikk, reparasjon, vedlikehold*. Oslo: Gyldendal undervisning, 2011 [1992].
- PALLASMAA, Juhani. *The eyes of the skin: architecture and the senses*. Chichester: AD Primer, John Wiley & Sons, 2012 [2005].
- _____. *The thinking hand: existential and embodied wisdom in architecture*. Chichester: AD Primer, John Wiley & Sons, 2009.
- MOLITERNO, Antonio. *Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira*. São Paulo: Blucher, 2010 [1981].

PFEIL, Michèle; PFEIL Walter. *Estruturas de madeira*. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003 [1977].

SATO, Hideo; NAKAHARA, Yasua. *The complete Japanese joinery*. Trad. Koichi Paul Nii. Vancouver: Hartley & Marks Publishers, 2000 [1967].

SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos. Tradição e modernidade no móvel brasileiro. Tese de doutorado FFLCHUSP, São Paulo, 1993.

SENNETT, Richard. *The craftsman*. London: Penguin Books, 2008.