

EXPERIÊNCIA DO ENSINO DE PROJETO PARA HABITAÇÃO MÍNIMA EM CROSS-LAMINATED TIMBER

Data de aceite: 02/05/2023

Tatiana de Oliveira Chiletto

Universidade de São Paulo – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Campus de São Carlos, São Paulo.

Mônica Duarte Aprilanti

Universidade de São Paulo – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Campus de São Carlos, São Paulo.

Akemi Ino

Universidade de São Paulo – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Campus de São Carlos, São Paulo.

RESUMO: A crescente atenção à sustentabilidade há tempos vem pressionando o setor da construção a desenvolver novas tecnologias comprometidas com produção de edifícios mais eficientes em termos ambientais, econômicos e sociais. A madeira, como material construtivo renovável, e os produtos de madeira engenheirada vêm se destacando no cenário internacional como alternativa na produção de construções mais sustentáveis. Dentro desse universo de ações e responsabilidades, o presente artigo foi elaborado sob a ótica da formação do arquiteto, ressaltando como a abordagem de projeto pode contribuir para melhores

soluções arquitetônicas visando a eficiência construtiva. É essencial ao arquiteto adquirir o domínio sobre as diferentes possibilidades construtivas, a fim de obter o melhor desempenho de uma edificação. Neste contexto, a disciplina optativa “IAU0693: Parâmetros para Projetos Habitacionais em Madeira” do curso de Arquitetura e Urbanismo do IAU-USP de São Carlos, oferecida no 1º semestre de 2019, teve como objetivo desenvolver o projeto executivo de uma unidade de habitação mínima em *Cross-Laminated Timber* (CLT) enfatizando o detalhamento de projeto como meio para alcançar a necessária e adequada durabilidade dos sistemas de construção. Destaca-se a abordagem pedagógica da Aprendizagem Baseada em Projetos como metodologia de trabalho onde os estudantes desenvolveram durante cinco dias, em grupos, um intensivo e dinâmico exercício de detalhamento de cada subsistema com vistas à futura construção de um protótipo em escala real. Como resultado, as equipes apresentaram os detalhes construtivos e a quantificação de materiais dos componentes de parede, piso, mezanino, cobertura, esquadrias e instalações. Conclui-se que o objetivo de aprofundar o conhecimento técnico dos

alunos sobre as especificidades e particularidades deste sistema construtivo foi parcialmente alcançado, contudo, identificou-se uma dificuldade quanto à compatibilização das interfaces entre os subsistemas pelas equipes durante o processo de desenvolvimento de projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino e formação. Atelier de projeto. Habitação mínima. Cross-Laminated Timber. Madeira engenheirada.

ABSTRACT: The increasing attention to sustainability is pushing the construction sector to develop new technologies committed to producing more environmentally, economically and socially efficient buildings. Wood, as a renewable building material, and engineered wood products have been emerging on the international scene as an alternative to the production of more sustainable buildings. Within this context of actions and responsibilities, this article was elaborated from the perspective of the architect's education, emphasizing how the design approach can contribute to better architectural solutions aiming at constructive efficiency. The architect needs to acquire mastery over the different system's possibilities to get the best performance from a building. In this context, the undergraduate course "IAU0693: Parâmetros para Projetos Habitacionais em Madeira" of the Architecture and Urbanism course of the IAU-USP of São Carlos, offered in the 1st semester of 2019, aimed to develop the executive project of a Cross-Laminated Timber minimum housing by emphasizing the design and detailing to achieve the necessary and proper durability of construction systems. The pedagogical approach of Project-Based Learning stands out as a working methodology where students developed for five days, in groups, an intensive and dynamic detailing exercise of each subsystem with a view to the future construction of a prototype on full scale. As a result, the teams presented the constructive details and quantification of materials for wall, floor, mezzanine, roof, frames and installations components. The objective of deepening students' knowledge about the specificity and particularities of this timber system was partially achieved, however, some aspects of the compatibility interfacing between subsystems developed by the teams in the design process need to be improved.

KEYWORDS: Education and training. Design studio. Minimal dwelling. Cross-Laminated Timber. Engineered wood product.

1 | INTRODUÇÃO

Devido à crescente preocupação com a sustentabilidade e conservação ambiental nas últimas décadas, o uso de materiais provenientes de fontes renováveis, tal qual a madeira, passaram a ser vistos como uma possibilidade para reduzir os impactos do setor da construção civil no meio ambiente, o que vem aumentando a sua participação frente aos materiais convencionais (PASSARELLI, 2013). O *Cross-Laminated Timber* (CLT) abre novas perspectivas para a utilização da madeira em arquitetura e engenharia graças à sua estrutura laminar que a torna adequada para o uso em construções.

Também conhecida como Madeira Laminada Cruzada ou Madeira Lamelada Cruzada é um produto composto por um número ímpar de camadas, cada qual consistindo em tábuas (lamelas) colocadas lado a lado dispostas transversalmente entre si sob um ângulo de 90°, e rigidamente conectadas por colagem formando grandes painéis (BRANDNER et al.,

2016). Buscando conciliar tecnologia e desenvolvimento sustentável, é sensato ponderar que uma possível solução para promover a redução de emissões na cadeia de produção da Construção Civil seria fomentar o uso e a produção de edificações com este material (YUBA, 2005; GARCIA, 2014). Como fonte renovável de baixa emissão de CO₂ durante sua formação e beneficiamento, e como fonte de armazenamento de carbono quando utilizada para fins de longa duração, a madeira contribui para uma redução significativa das emissões.

Apesar disso, no Brasil a cultura de construção em madeira ainda não é muito desenvolvida por vários motivos. Um fator que contribui de forma negativa para esse fato é a falta de conhecimentos técnicos específicos por parte de projetistas e construtores. Para promover o uso mais intensivo de sistemas construtivos em madeira é necessário ampliar o ensino nas escolas de arquitetura e engenharia, além do treinamento técnico para os trabalhadores da construção (APRILANTI; GHOZ; ESPÍNDOLA; INO, 2016). Desta forma, a disciplina eletiva “IAU0693: Parâmetros para Projetos Habitacionais da Madeira” propôs explorar o potencial do CLT através do projeto e do detalhamento de uma moradia mínima de até 12m². O aprofundamento no processo de projeto teve como produto o Projeto Executivo da habitação em *Cross-Laminated Timber* visando sua posterior produção em fábrica.

2 | O ATELIER DE PROJETO E A PRÁTICA DE ENSINO-FORMAÇÃO

A temática da arquitetura sustentável, dentro de um universo de proposições, ações e responsabilidades essencialmente multidisciplinar, leva à discussão sobre o papel essencial da tecnologia ressaltando a necessidade de que o projetista obtenha domínio sobre os sistemas construtivos para alcançar o melhor desempenho de uma edificação. Em resposta a essa crescente pressão, o ensino superior é um dos agentes responsáveis por questionar o pensamento tradicional de qualidade e eficiência na Construção Civil. Isso não apenas corrobora com a indagação de novas diretrizes e técnicas, mas também faz com que professores e alunos se articulem visando quebras de paradigmas cristalizados.

Na prática profissional da arquitetura o processo de projeto alinhado aos princípios da sustentabilidade implica em um trabalho de equipe no qual os arquitetos responsáveis estejam familiarizados com as questões ambientais, ao mesmo tempo em que os demais especialistas possuam um vocabulário arquitetônico e um entendimento dos demais aspectos de projeto (GONÇALVES; DUARTE, 2008). Sendo assim, no ensino de Arquitetura e Urbanismo, trabalhar em um ambiente colaborativo e participativo, através do enfrentamento de problemas reais, se transforma em um ensaio imprescindível para alinhar-se às premissas da sustentabilidade.

A abordagem pedagógica da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) permite que os estudantes enfrentem questões e problemas do mundo real, significativos dentro

de seu contexto pessoal, e que determinem a forma de abordá-los estabelecendo uma ação cooperativa em busca de soluções (BENDER, 2015). Tal metodologia propicia uma postura mais proativa do estudante, menos dependente do professor, e estimula processos de pensar e agir. Nesta dinâmica, muitas vezes não há uma estrutura organizada aparente que permita que se chegue a uma solução. Essa estrutura deve ser criada pelos próprios alunos que se vêm forçados a trabalhar em equipes cooperativas, criarem significado a partir do caos do excesso de informações, a fim de articularem uma solução eficaz para a questão enfrentada.

Nesse sentido, a disciplina IAU0693 prevista como um Atelier de Projeto espelhou a dinâmica de um escritório de arquitetura, na qual os alunos pesquisaram e aprenderam sobre as especificidades da tecnologia e dos projetos em madeira através de uma experiência prática. Conjuntamente à elaboração de uma base conceitual sólida, com ênfase nas particularidades do material, o exercício de projeto foi enriquecido tecnicamente por uma série de atividades práticas.

2.1 IAU0693: proposta de trabalho e programa da disciplina

A disciplina “Parâmetros para Projetos Habitacionais em Madeira”, ministrada no 1º semestre de 2019, no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), proveio como uma proposta de extensão de uma disciplina anterior, a partir das dificuldades encontradas pelos alunos do terceiro ano do curso de Arquitetura e Urbanismo em relação à compreensão e ao desenvolvimento de desenhos técnicos de detalhamento de sistemas construtivos utilizando a madeira. Foi levantado que a proposta de um canteiro-escola poderia enriquecer singularmente a experiência acadêmica, de modo que a disciplina optativa se apresentaria como primeira fase desta exploração da atividade prática, permitindo aos alunos o aperfeiçoamento do conhecimento técnico que posteriormente seria aplicado em um canteiro experimental.

A efetivação da prática será realizada através da parceria com uma empresa nacional que fornecerá o material necessário (placas de painéis pré-fabricados de madeira – CLT). Como pré-requisito, a empresa colocou a limitação de área do projeto em 12m², desta forma, foi proposto como exercício o desenvolvimento do projeto de produção de uma Habitação Mínima Experimental, a qual foi denominada “Casa 12”, e que será executada dentro do Campus 1 da USP - São Carlos.

O oferecimento da disciplina ocorreu de maneira concentrada em cinco dias seguidos ocupando o período matutino e vespertino (das 8h às 12h e das 14h às 17h). Divididos em oito grupos de cerca de três alunos, cada grupo teve a missão de desenvolver o detalhamento executivo de um subsistema construtivo da “Casa 12” – conforme delineamento apresentado na Figura 1.

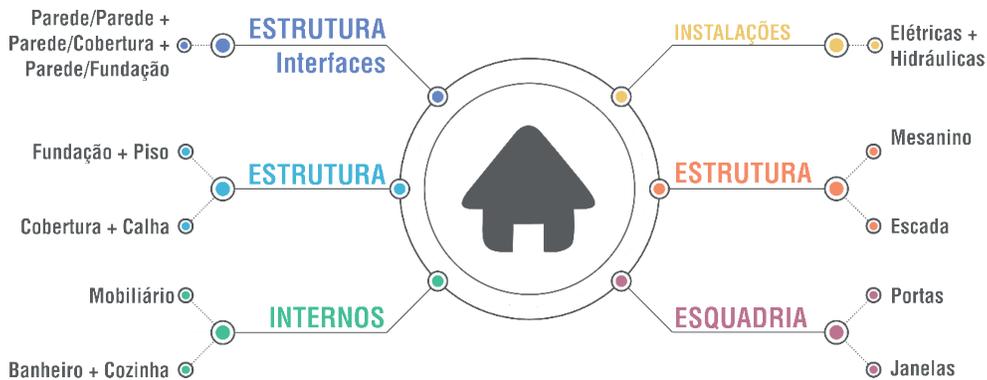


Figura 1 – Subsistemas da “Casa 12” e divisão dos grupos de trabalho

Fonte: CHILETTO; APRILANTI; INO (2019).

Durante os cinco dias de atividades acadêmicas, o Atelier de Projeto prosseguiu conforme o programa exposto na Tabela 1. Foram propostas 4 aulas teóricas de 2 horas concentradas ao início do curso e uma no 4º dia. No final de cada dia houve um momento de avaliação dos resultados alcançados de cada grupo. O último dia foi reservado para a preparação e apresentação dos grupos com os respectivos subsistemas detalhados e quantificados.

PERÍODO	HORÁRIO	11/2 SEGUNDA-FEIRA	12/2 TERÇA-FEIRA	13/2 QUARTA-FEIRA	14/2 QUINTA-FEIRA	15/2 SEXTA-FEIRA
MANHÃ	8h	Apresentação da disciplina e dos projetos apresentados	Aula 03: Interfaces e detalhamentos	Desenvolvimento em classe	Aula 04: Projeto de montagem	Desenvolvimento da apresentação final
	9h	INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO
	10h	Aula 01: Princípios básicos do uso da madeira e do CLT	Desenvolvimento em classe	Desenvolvimento em classe	Desenvolvimento em classe	Desenvolvimento da apresentação final
	11h					
	12h	ALMOÇO	ALMOÇO	ALMOÇO	ALMOÇO	ALMOÇO
TARDE	14h	Aula 02: Princípios de qualidade em projeto com madeira	Desenvolvimento em classe	Desenvolvimento em classe	Desenvolvimento em classe	Apresentação equipes 1-5
	15h	INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO
	16h	Apresentação das frentes de detalhamento: interfaces e formação de equipes	Apresentação das equipes: escolha de fornecedores	Apresentação das equipes: detalhamento/compatibilização	Desenvolvimento em classe	Apresentação equipes 6-10
	17h					
	18h					
OBJETIVO		Apresentação do projeto e dos parâmetros para projetos habitacionais em madeira	Levantamento de materiais e fornecedores para adequação dos detalhamentos	Melhoria dos detalhamentos e readequação dos pontos frágeis do projeto	Normalizar o conjunto dos elementos suficientes à execução completa da obra	Apresentação dos produtos desenvolvidos por cada uma das equipes
PRODUTO		Formação de equipes e divisão de interfaces	Lista de materiais com fornecedor	Detalhamento em Projeto Executivo	Detalhamento do Processo de Montagem	Projeto Executivo Completo

Tabela 1 – Programa da disciplina da optativa – 1º semestre 2019

Fonte: CHILETTO; APRILANTI; INO (2019).

2.2 O projeto da “Casa 12”

O projeto escolhido para o desenvolvimento do Projeto Executivo foi definido entre dez propostas elaboradas durante a disciplina “Tecnologia das Construções II-B” do sexto semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo do IAU-USP realizado no 2º semestre de 2018. A seleção da proposta contou com o parecer do engenheiro da empresa parceira, que observou as questões técnicas para a produção. O projeto, idealizado pelos alunos Beatriz Kopperschmidt de Oliveira, Gabriela Albano, Leonardo Cesar Soares, Maria Clara Cardoso, Marina Prado de Carlo e Vitória Minzoni Rezador, possui área de projeção da casa de 12m², com dimensões em planta de 3m x 4m, conforme Figura 2. O modelo volumétrico desta proposta é apresentado na Figura 3.

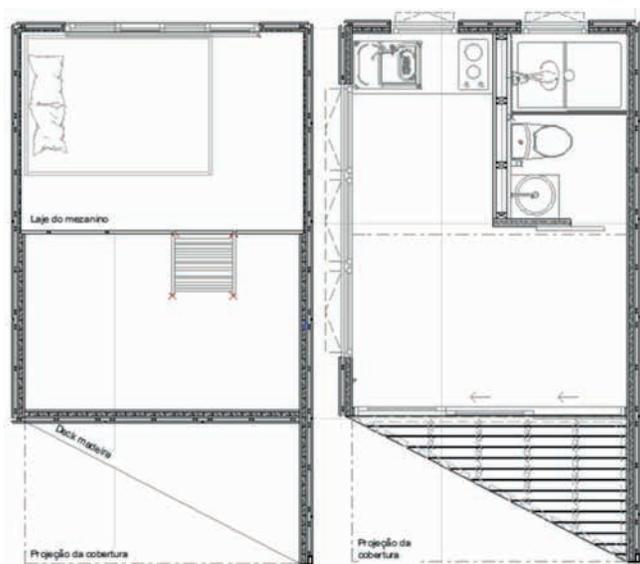


Figura 2 – Planta do térreo e planta do mezanino da “Casa 12”

Fonte: MAESSAKA JR.; OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, V; SANCHEZ (2019).



Figura 3 – Vistas do modelo volumétrico da “Casa 12”

Fonte: OLIVEIRA, B.; ALBANO; SOARES; CARDOSO; DE CARLO; REZADOR (2019).

2.3 O sistema construtivo

O modelo foi concebido utilizando os softwares AutoCAD e SketchUp. Os subsistemas detalhados foram: fundação, paredes, lajes e cobertura – todos em CLT; deck; esquadrias; sistema elétrico e hidráulico; mobiliário; painéis de revestimento – pele protetora da estrutura. A Figura 4 mostra em perspectiva explodida os componentes construtivos da Habitação Mínima.

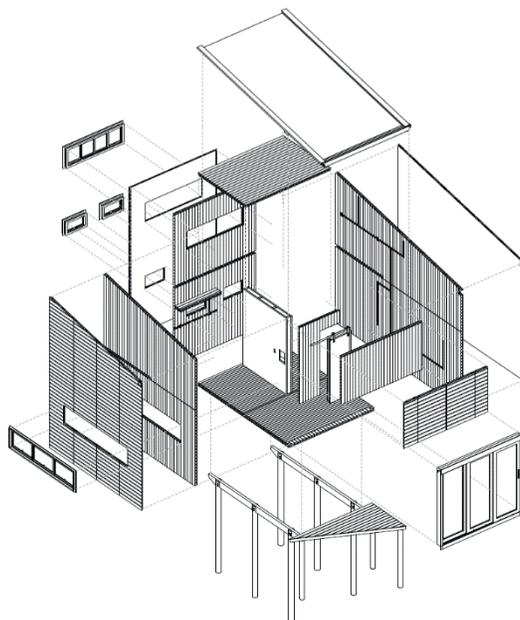


Figura 4 – Perspectiva explodida dos componentes construtivos

Fonte: MAESSAKA JR.; OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, V; SANCHEZ (2019).

A fundação em estaca consiste em estruturas roliças de Eucalipto-grandis de 16 cm de diâmetro. As estacas suportam vigas, também em Eucalipto, que auxiliam na estruturação do deck formado por vigotas de Cumaru com seção 5cm x 10cm e tábuas de piso de Cumaru de seção 2cm x 10cm – variando o comprimento.

Painéis de CLT [**lajes**]: sobre a estrutura da fundação, estão apoiadas longitudinalmente duas placas de CLT com 10cm de espessura.

Painéis de CLT [**paredes**]: sobre as placas do piso, são colocados os painéis correspondentes às paredes da habitação. todas as 7 placas com 8cm de espessura, são elas: 2 placas de 2,84m x 2,5 m; 1 placa de 4m x 2,5m; 1 placa de 4m x 2,4m com altura variável conforme o caimento da cobertura; 1 placa de 5,5m x 2,5m; 1 placa de 5,5m x 2,4m com altura variável conforme o caimento da cobertura; e 1 placa de 2,84m x 1,5m.

Painéis de CLT [**cobertura**]: sobre os painéis-parede de CLT é sobreposta a cobertura composta por três placas de CLT, de 8cm de espessura (duas de 2,83m x 1,6m e uma de 2,83m x 2,5m) somados à uma barreira de vapor, um isolante térmico, uma estrutura OSB de 11 mm, e manta impermeabilizante, temos, ao total, 15 cm de espessura.

As esquadrias e os caixilhos são projetados em madeira Cedroana, são eles: 2 janelas de correr, 2 janelas tipo *maxim*, 1 porta camarão de três folhas e 1 porta de correr com trilho aparente (para o banheiro).

3 | MÉTODOS

O Atelier de Projeto é uma atividade que enfatiza a prática e a aplicação do conhecimento teórico e técnico no exercício de projeto. Neste tipo de práxis o aluno é um agente ativo que interage com os procedimentos propostos e os desenvolve em campo de trabalho. Assim, possui caráter prático e sua realização requer um diálogo aberto e colaborativo entre docentes e discentes. Durante os cinco dias de atividades acadêmicas a disciplina prosseguiu em um processo de design dinâmico e colaborativo através das etapas que se descrevem a seguir. O software AutoCAD foi utilizado como instrumento de elaboração, compilação e compatibilização dos desenhos produzidos.

(a) Primeiro, os docentes apresentaram alguns conceitos e exemplos relevantes da construção em madeira e a importância que a tecnologia *Cross-Laminated Timber* vem ganhando no mercado;

(b) Em seguida, houve a exposição do projeto escolhido, os apontamentos das interfaces e possíveis fragilidades que são relevantes para o detalhamento de um projeto em madeira;

(c) Após a visão geral do projeto, cada grupo se debruçou sobre um subsistema procurando desenvolver e rearticular um desenho eficiente para a solução proposta. Os docentes e a monitora auxiliavam nas escolhas de projeto por meio de atendimentos aos grupos (Figura 5);

(d) Ao final de cada dia de trabalho, os integrantes dos 8 grupos se reuniam para apresentar os avanços realizados. Esta etapa foi importante para que os alunos não perdessem a visão do todo, ainda que estivessem mais focados em suas respectivas tarefas. Além disso, este contato com os demais grupos permitia uma troca de informações necessárias para compreensão do sistema final que estava sendo desenhado;

(e) Os resultados finais produzidos por cada um dos grupos foram apresentados no último dia da disciplina e comentados pelos docentes (Figura 5).



Figura 5 – Dinâmica de trabalho dos grupos em Atelier de Projeto e apresentação dos resultados ao final da disciplina

Fonte: CHILETTO (2019).

4 | RESULTADOS

O Projeto Executivo desenvolvido para a “Casa 12” obteve um bom nível de detalhamento em todos os subsistemas. Os detalhes construtivos foram elaborados com base em materiais encontrados no mercado, ainda que em muitos casos fossem propostos novos desenhos para solucionar as interfaces necessárias. A Figura 6 mostra uma das pranchas do projeto final, a Figura 7 ilustra alguns dos detalhes construtivos produzidos pelos alunos e a Figura 8, uma renderização do modelo volumétrico.

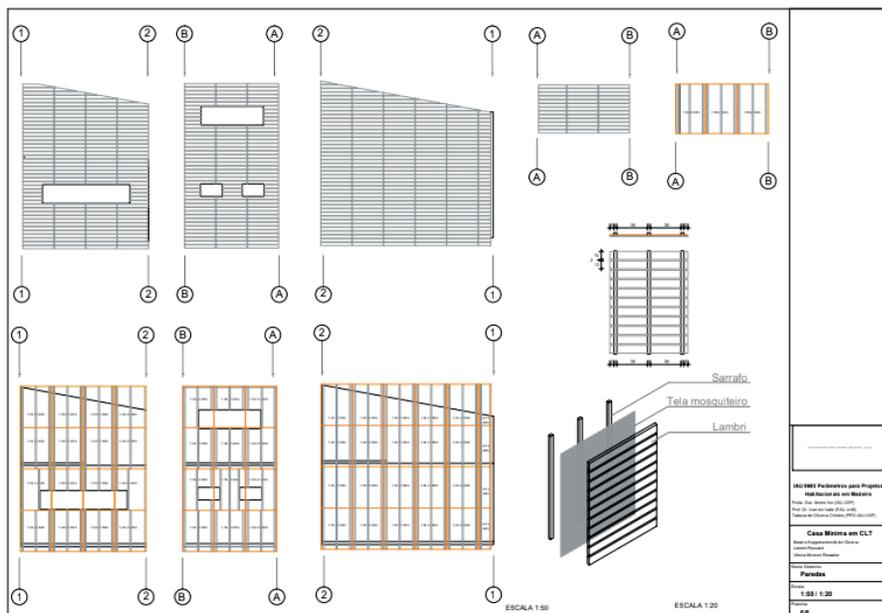


Figura 6 – Prancha do Projeto Executivo elaborado pelos alunos

Fonte: OLIVEIRA, B.; PACCARD; REZADOR (2019).

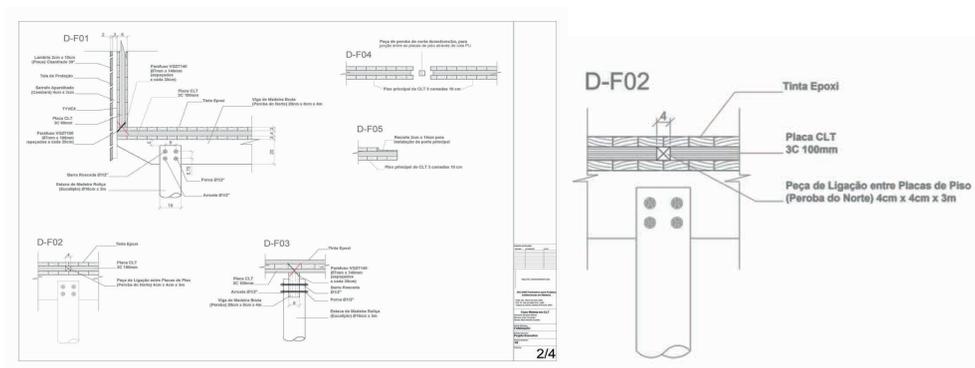


Figura 7 – Detalhes do Projeto Executivo

Fonte: PETINARI; FERNANDES; CAMATARI (2019).

As soluções apresentadas como resultado do processo criativo do Atelier de Projeto conformaram-se como um bom exemplo de desenho arquitetônico, apropriado ao uso da madeira engenheirada em habitações. O objetivo de aprofundar o conhecimento técnico dos alunos sobre as especificidades e particularidades deste sistema construtivo em madeira foi parcialmente alcançado, uma vez que, dada à pequena carga horária dedicada à disciplina não foi possível que todos os alunos participassem da elaboração de todos os subsistemas. Foi necessária a divisão dos grupos em subsistemas, o que permitiu o desenvolvimento do projeto como um todo, mas, por outro lado, gerou algumas lacunas. A primeira diz respeito à visão mais aprofundada de cada uma das partes do projeto, que é potencializada quando o aluno tem o embate direto com a resolução de problemas no desenho. A segunda lacuna diz respeito a alguns aspectos de interface dos subsistemas durante o processo de projeto, prejudicada em função das limitações do software utilizado. A definição deste se deu em função do não domínio de ferramentas de modelagem da informação – os softwares BIM – pelos estudantes. Estes aspectos merecem maior atenção e devem ser aprimorados tanto em futuras etapas de desenvolvimento do projeto de produção quanto em futuras proposições didáticas.



Figura 8 – Renderização do modelo desenvolvido da “Casa 12”

Fonte: MAESSAKA JR.; OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, V; SANCHEZ (2019).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo apresentou uma experiência acadêmica que estimulou o conhecimento teórico e prático aplicado ao detalhamento de projeto de uma edificação em madeira. O trabalho colaborativo e interdisciplinar realizado por meio da abordagem pedagógica da Aprendizagem Baseada em Projetos é um método muito produtivo que permite que os alunos entendam a complexidade do projeto arquitetônico.

A Tecnologia da Informação aplicada à Arquitetura e à Engenharia é, certamente,

uma estratégia fundamental para realizar a integração entre os subsistemas da construção, porém, apesar de bastante avançada, ainda é uma realidade descolada da prática do Atelier de Projeto na maioria das escolas.

No contexto dos cursos de Arquitetura e Urbanismo brasileiros, onde o ensino de sistemas construtivos em madeira é praticamente inexistente dentro dos currículos, a prática proposta pela disciplina optativa é uma alternativa efetiva para promover o conhecimento e a aplicação de novas tecnologias para a Construção Civil.

É imperativo expandir o conhecimento técnico sobre as tecnologias construtivas em madeira nas escolas de Arquitetura e Engenharia Civil, bem como nos cursos técnicos, preparando projetistas e construtores para a prática projetual e para a construção. A disciplina “IAU0693: Parâmetros para Projetos Habitacionais da Madeira” mostrou-se como uma contribuição bem-sucedida ao introduzir o *Cross-Laminated Timber* para o uso habitacional. Tal atividade acadêmica é uma forma de disseminar novas dinâmicas de ensino que estimulem o uso da madeira no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU-USP) de São Carlos, à Coordenação de Desenvolvimento do Pessoal da Educação Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio e subsídio. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade das autoras e não necessariamente refletem a visão da FAPESP – processo nº 2018/14394-4, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). À colaboração especial do Professor Ivan do Valle da FAU-UnB e do Engenheiro José Alberto da CG Sistemas Construtivos.

As fotografias e diagramas deste artigo foram produzidos pelas autoras. A modelação 3D foi elaborada por Beatriz Kopperschmidt de Oliveira, Gabriela Albano, Leonardo Cesar Soares, Maria Clara Cardoso, Marina Prado de Carlo e Vitória Minzoni Rezador. A prancha apresentada foi desenvolvida por Beatriz Kopperschmidt de Oliveira, Leonie Paccard e Vitória Minzoni Rezador. Os detalhamentos foram elaborados por Giovanna Silvestre Petinari, Mariana Ueda Fernandes e Renata Maria Beraldi Camatari. Por fim, a modelação em software BIM, que gerou as plantas e perspectivas explodidas, foi desenvolvida por Luis Minoro Maessaka Junior, Rodrigo José Garcia Fernandes de Oliveira, Vagner Vitor de Oliveira e Vinicius da Costa Sanchez.

REFERÊNCIAS

APRILANTI, M.D.; EL GHOZ, H.B.C.; ESPÍNDOLA, L.R.; INO, A. Design Workshop: proposal of social housing in Brazil. In: WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering, 2016, Viena. **Anais..** Viena: Vienna University of Technology, 2016.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2015.

BRANDNER, R.; FLATSCHER, G.; RINGHOFER, A.; SCHICKHOFER, G.; THIEL, A. Cross laminated timber (CLT): overview and development. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 74, p. 331–351, 2016.

GARCIA, K.R.P. **Potencial de reducción de las emisiones de CO2 y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera**. 2014. Tese (Doutorado), Universidade Politècnica da Catalunya, Barcelona, 2014.

GONÇALVES, J.C.S.; DUARTE, D.H.S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, v.6, n. 4, p. 51-81, 2008.

PASSARELLI, R. N. **Cross Laminated Timber: Diretrizes para projeto de painel maciço em madeira no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado), Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

YUBA, A. **Análise pluridimensional da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 2005.