

Aspectos técnico-construtivos e estéticos nas vedações do sistema construtivo *Light Wood Frame*

Rodrigo Vargas Souza ^[1], Alexandra Lima Demenighi ^[2], Lisiane Ilha Librelotto ^[3], Ângela do Valle ^[4]

[1] arquitetura.rodrigo@hotmail.com. [2] alexandredemenighi@gmail.com. [3] lisiane.librelotto@gmail.com. [4] angela.valle@ufsc.br. Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC – Campus Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

RESUMO

Nos últimos anos, o sistema construtivo *Light Wood Frame* (LWF) está sendo utilizado como alternativa para construção mais sustentável de diferentes tipologias construtivas no território brasileiro. Assim, novos materiais e novas possibilidades de vedações estão sendo introduzidas no mercado nacional, possibilitando uma construção racional, com menos desperdício e com diferentes possibilidades tecno-construtivas. Porém, o sistema construtivo (LWF) e suas vedações ainda são pouco conhecidos para os potenciais usuários, assim como para grande parte dos profissionais da construção civil. O presente artigo apresenta as características estéticas e tecno-construtivas dos diferentes materiais que podem constituir as camadas de vedação do subsistema parede do *Light Wood Frame* e propõe um projeto modular industrializado com variações dos elementos de vedações (painéis).

Palavras-chave: *Light wood frame*. Vedações. Sistemas construtivos industrializados. Arquitetura de madeira.

ABSTRACT

In recent years, the Light Wood Frame (LWF) construction system has been used as an alternative for the sustainable construction of different building typologies in the Brazilian territory. Thus, new materials and new sealing possibilities have been introduced in the national market, enabling a rational construction, with less waste and different techno-constructive possibilities. However, the building system (LWF) and its coating are still little known to the public, as well as to most construction professionals. This paper presents the aesthetic and techno-constructive characteristics of the different materials that can constitute the sealing layers of the Light Wood Frame wall subsystem and proposes an industrialized modular design with variations of these sealings elements (panels).

Keywords: *Light wood frame*. Coating. Industrialized building systems. Wood architecture.

1 Introdução

A partir de 2010, a utilização dos sistemas industrializados leves: *Light Wood Frame* (LWF) e *Light Steel Frame* (LSF) ganharam espaço no mercado nacional.

Entre 2011 e 2013, no Ministério das Cidades, dentro do âmbito do Programa Brasileiro de Qualidade Produtividade no Habitat (PBQB-H), por meio do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT), três Documentos de Avaliação Técnica (DATec) foram concebidos que utilizam o sistema *Light Steel Frame*, são eles (SOUZA, 2021): DATec nº 014 C – Sistema construtivo a seco Saint-Gobain – *Light Steel Frame* (BRASIL, 2021); DATec nº 015 – sistema Construtivo LP Brasil OSB em *Light Steel Frame* e fechamento em chapas de OSB revestidas com *Siding* vinílico (BRASIL, 2013); o DATec nº 016 – sistema Construtivo LP Brasil OSB em *Light Steel Frame* e fechamento em *Smart Side Panel* (BRASIL, 2013).

Em 2011, a Diretriz SINAT nº 005 – sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas – sistemas leves tipo *Light Wood Frame* (BRASIL, 2016) foi aprovada e em meados de 2012, a Caixa Econômica Federal (CEF) financiou a construção do primeiro conjunto habitacional em *Light Wood Frame*, incluso no programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) – o residencial Haragano, localizado na cidade de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul (ESPINDOLA; INO, 2014), conforme a Figura 1.

Figura 1 – Residencial Haragano, Pelotas - RS



Fonte: arquivo dos autores

Atualmente o sistema construtivo LWF está sendo utilizado em diferentes tipologias construtivas

e suas normas estão em etapa de consulta pública no País. Paralelamente, a indústria de componentes está se desenvolvendo, possibilitando novos arranjos técnico-construtivos e estéticos, principalmente no que se refere às vedações de paredes e painéis de forma a possibilitar uma nova gama de revestimentos arquitetônicos.

Na Figura 2 é apresentada uma residência em construção no sistema construtivo LSF que utiliza como estratégia projetual variações de diferentes revestimentos externos: chapa cimentícia aparente, madeira e telhas onduladas (na cor vermelha), camada com chapas de contraventamento em OSB (*Oriented Strand Board*) e aplicação de uma manta líquida de vapor (na cor amarela) que ainda não recebeu o revestimento final.

Figura 2 – Residência no sistema construtivo LSF. (1) telha metálica, (2) chapa cimentícia, (3) frontal de madeira e (4) manta líquida de vapor

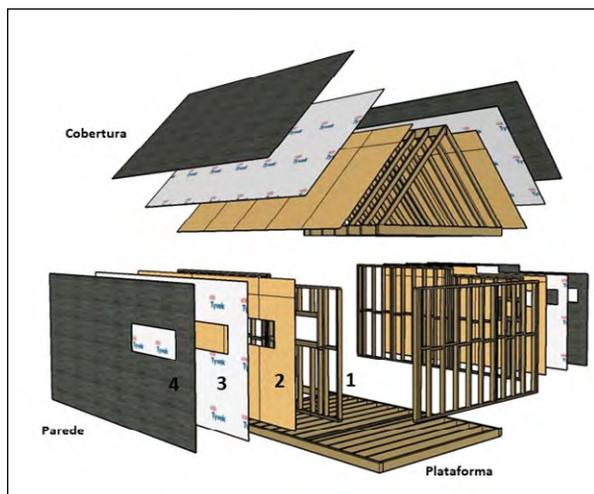


Fonte: arquivo dos autores

A utilização de revestimentos arquitetônicos é facilitada pelo avanço da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) e da engenharia de materiais, mas também pelo descolamento da vedação da estrutura (da pele em relação ao esqueleto). Isso é possibilitado pelas características dos sistemas construtivos (LWF e LSF), que são feitos em camadas. Como outro exemplo de variação de revestimento, o projeto *Tiny house Walden 1*, construído em LWF, utilizou chapa de gesso acartonado e chapa cimentícia (internamente), isolante termo-acústico (lã de vidro), chapa de OSB (contraventamento da estrutura), manta hidrófuga e fechamento final em telha *Shingle* (externo: na cobertura e na parede), conforme a Figura 3.

1 Projeto completo em Archdaily (2020).

Figura 3 – Exemplo de projeto em LWF. (1) ossatura, (2) chapa de OSB (3) manta hidrófuga e (4) telha *Shingle*



Fonte: arquivo dos autores

Segundo Thallon (2008), o *Light Wood Frame* originou-se nos Estados Unidos há mais de 150 anos e evoluiu rapidamente para o sistema de construção, sendo o seu uso predominante em habitações e outros edifícios de pequena escala. Hoje, mais de 90% de todos os edifícios norte-americanos são construídos usando alguma versão do sistema LWF.

Este artigo tem como objetivo apresentar os diferentes materiais que podem compor as camadas de vedação do subsistema parede do *Light Wood Frame*, além de propor um projeto modular industrializado, com variações dos elementos das vedações.

2 Referencial teórico

O *Light Wood Frame* consiste num sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira de floresta plantada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e contra o fogo.

Atualmente, o sistema LWF permite a construção de casas de até cinco pavimentos com total controle dos gastos, já na fase de projeto, devido à possibilidade de industrialização do sistema. A madeira é utilizada, nesse caso, principalmente como estrutura interna de paredes e pisos, proporcionando uma estrutura leve

e de rápida execução, pois os sistemas e subsistemas são industrializados e montados por equipes especializadas, em momentos definidos da obra e de forma independente. A Figura 4 ilustra a produção industrial dos subsistemas (painéis) do LWF em uma linha de produção. Inicialmente, são posicionados os montantes e os banzos (guias) e as chapas de compensado ou OSB que compõem a estrutura dos painéis. Essa etapa pode ser manual ou automatizada.

Figura 4 – Linha de fabricação modular na etapa de montagem dos módulos



Fonte: arquivo dos autores

Após o posicionamento das peças estruturais, é feita a fixação com pregos ou grampos, cortes das “rebarbas” e das aberturas (portas e janelas) pela ponte multifuncional. Na etapa seguinte, é feita a instalação dos isolamentos termoacústico e dos sistemas hidráulico e elétrico e colocados os fechamentos internos e externos, quando os painéis são virados manual ou mecanicamente para essa atividade. Por fim, é feita a instalação das esquadrias das portas e das janelas e a limpeza dos painéis para serem estocados, montados os módulos ou levados para a obra².

Na última década, as construções de madeira mostraram uma forte expansão, devido às melhorias tecnológicas com uso mais disseminado das madeiras engenheiradas. As madeiras engenheiradas, ou madeiras massivas (*massive timber*), são madeiras transformadas industrialmente para utilização, especialmente na construção civil. Essas transformações buscam eliminar as imperfeições

² Mais detalhes: *Weinmann Automated Panel Lines from Stiles Machinery* (<https://www.youtube.com/watch?v=KcYsg88rmXc>)

naturais da madeira, tais como deformações, rachaduras e a variabilidade de resistência mecânica, possibilitando a produção de peças em seções e comprimentos muito superiores aos da madeira serrada.

A pré-fabricação de uma habitação implica em uma busca pelo aumento da qualidade estética, o aperfeiçoamento do método de construção e a melhoria da segurança do processo. Segundo WoodWorks (2014), a construção pré-fabricada modular pode oferecer benefícios, tais como: construção mais rápida, melhor segurança do trabalhador, menor desperdício, menos resíduos, garantia de qualidade aprimorada e custo de produção menor.

A construção modular está cada vez mais, se tornando uma tendência para a construção de edifícios, já que as novas gerações de proprietários e projetistas querem que seus projetos sejam concluídos com maior rapidez e economia. Nesse método, a etapa de produção dos módulos pode ser feita até 95% na fábrica, em um ambiente controlado, sendo inspecionados periodicamente por profissionais qualificados. Após finalizados, os módulos são transportados para a obra (Figura 5) e conectados entre si por meio de guindastes. Finalizada a construção modular, a mesma não se distingue em nada das construções tradicionais (WOODWORKS, 2014).

Figura 5 – Um módulo de madeira sendo transportados para um terreno na Lagoa da Conceição em Florianópolis (SC)



Fonte: arquivo dos autores

2.1 Materiais que compõem as camadas do *Light Wood Frame*

As chapas de fechamento revestem a estrutura proporcionando uma superfície plana para o acabamento interno e externo da parede. Muitas também são fundamentais na resistência estrutural da edificação. A seguir, destacam-se as mais usuais:

- **Chapas de madeira maciça:** são peças em pranchas de madeira maciça com diferentes tipos de encaixe (“macho-fêmea” com juntas descontínuas ou sobrepostas entre si ou deixadas juntas abertas).
- **Chapas de gesso acartonado:** são produzidas a partir de gipsita natural e cartão dúplex. Possuem como característica uma superfície lisa que facilita a atividade de acabamento, devido à sua regularidade geométrica, e dispensa também a camada de regularização.
- **Chapas cimentícias:** são produtos resultantes da mistura de cimento Portland, adições ou aditivos com reforços de fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção de fibras de amianto.
- **Chapas de poliestireno expandido (EPS):** são chapas de revestimento externo que compõem o sistema de fechamento *Exterior Insulation and Finish System* (EIFS). As chapas de EPS são utilizadas sobre a chapa de madeira reconstituída e revestidas com uma tela de proteção de PVC e uma massa niveladora.
- **Chapas vinílica (*siding* vinílico):** são chapas de PVC para vedações externas aplicadas sobre as chapas de madeira reconstituída.
- **Chapas de madeira reconstituída:** são as chapas de uso padrão para contraventar a estrutura de LWF. Destacam-se o OSB e o *Plywood* (compensado).

Dentro dos painéis, entre os montantes, são colocados isolantes termoacústicos, sendo os mais utilizados no LWF: lã de rocha, lã de vidro e lã de PET (Polietileno Tereftalato, em poliéster). Porém, atualmente, têm surgido no mercado algumas alternativas, como as lãs naturais e as espumas expansivas de poliuretano. A Tabela 1 ilustra as propriedades térmicas de alguns materiais utilizados como isolantes dentro dos painéis do LWF.

Tabela 1– Propriedades térmicas dos materiais isolantes termoacústicos

| Produto | Densidade de massa aparente ¹ (kg/m ³) | Condutividade térmica ² (W/(m.K)) | Calor específico (kJ/(kg.K)) ³ |
|--------------------------------------|---|--|---|
| Lã de vidro | 10 -100 | 0,045 | 0,70 |
| Lã de rocha | 20 - 200 | 0,045 | 0,75 |
| Lã de PET | 7 - 150 | 0,068 | - |
| Lã de ovelha | 15 | 0,042 | 1,38 |
| Lã de cânhamo (<i>thermo hemp</i>) | 38 | 0,038 | 1,38 |
| Espuma expansiva de poliuretano | 25 - 40 | 0,035 | 1,42 |
| Poliestireno extrudado (XPS) | 25 | 0,029 | 1,5 |
| Poliestireno expandido (EPS) | 15-35 | 0,0400 | 1,42 |

¹ Quociente da massa pelo volume aparente de um corpo.

² Propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1W/m², quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro

³ Coeficiente da capacidade térmica pela massa

Fonte: adaptado pelos autores a partir de informações dos fabricantes

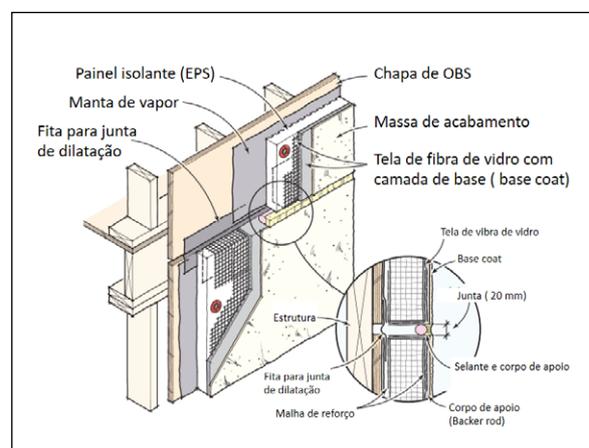
O comportamento acústico dos painéis do LWF forma o chamado sistema massa-mola-massa. São constituídos de uma massa (chapa), um “colchão” de ar ou um material que amortece e absorve a maior parte da onda sonora, amortecendo sua intensidade (mola) e outra massa (chapa). A Associação Brasileira de Drywall (2018) afirma que a eficiência do sistema se deve ao fato de ocorrer uma fricção entre a onda sonora e o novo meio (o ar ou um material fibroso como uma lã isolante).

Outra forma de fazer o isolamento termoacústico do LWF é utilizar um sistema de acabamento e isolamento externo (*Exterior Insulation and Finish System – EIFS*). Esse sistema consiste na colocação de painéis de poliestireno expandido (EPS) ou outro material isolante sobre a chapa de madeira reconstituída e revestida com uma tela de proteção de fibra de vidro e uma massa niveladora. As fixações dos painéis podem ser feitas quimicamente, por meio de adesivos, ou mecanicamente, por meio de tirantes (Figura 6).

A utilização do sistema EIFS diminui o efeito das pontes térmicas que podem ocorrer nos montantes das paredes do LWF, como também os riscos de condensação interna dentro das paredes. No sistema EIFS, é essencial detalhar corretamente a camada de controle de vapor e interseções de janelas, portas para evitar problemas com a umidade.

As membranas e barreiras transpirantes são elementos que compõem os painéis, pois são fundamentais para proteger o invólucro do edifício contra o risco de infiltrações de umidade e permitir uma regulação termo higrométrica perfeita da estrutura. Elas também têm um papel fundamental no controle da difusão do vapor e de vedação do ar e do vento, sendo importantes para aumentar a eficiência energética do edifício. As membranas podem ser agrupadas em três tipos, dependendo das suas propriedades, indicadas na Tabela 2.

Figura 6 – Detalhamento do EIFS



Fonte: Wardell (2017)

Tabela 2 – Tipos de membranas e barreiras

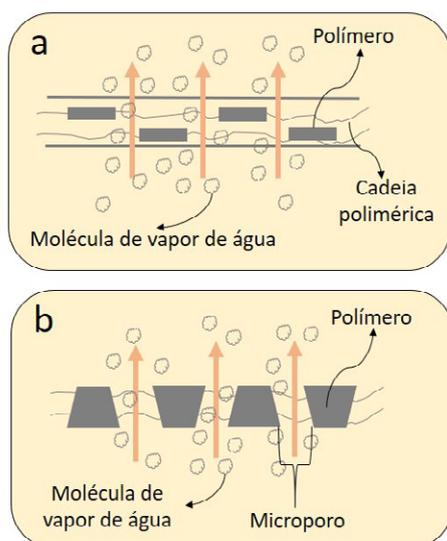
| Produto | Impermeabilidade ao ar | Impermeabilidade à água | Impermeabilidade ao vapor de água |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Bloqueadoras vapor | 100% | 100% | 100% |
| Barreiras para-vapor | 100% | 100% | 70% |
| Membranas transpirantes | 100% | 100% | 0% |

Fonte: adaptado de Rothoblass (2019)

Segundo Rothoblaas (2019), atualmente há duas tecnologias para fabricação das membranas e barreiras transpirantes:

- Produtos monolíticos: são membranas com camada funcional homogênea e contínua. A permeabilidade ao vapor de água é atribuída a uma reação química fundada sobre a permeância do polímero - de fato, alguns polímeros são capazes de ativar uma reação química com as moléculas do vapor e deixar-se atravessar, tornando-se, assim, transpirantes (Figura 7a).
- Produtos microporosos: são membranas com camada funcional microporosa, obtida mecanicamente. A permeabilidade ao vapor de água é atribuída ao princípio da capilaridade - a molécula de vapor passa através dos microporos do filme funcional, inserido em uma ou duas camadas de proteção (Figura 7b).

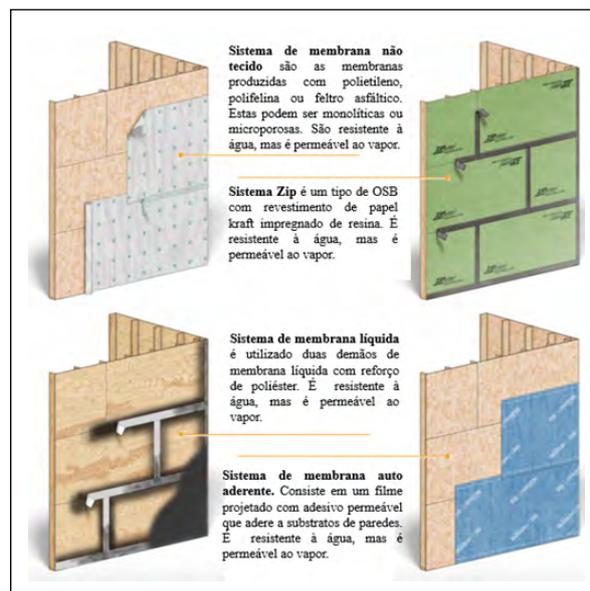
Figura 7 – Tecnologias para funcionamento de membranas e barreiras transpirantes



Fonte: Rothoblass (2019)

Segundo Fine Home Building (2019) além das membranas de não tecido, que são as mais usuais para o envelopamento das edificações, há diferentes produtos que podem funcionar como barreiras à prova d' água ou de vapor, tais como: o sistema Zip, as membranas líquidas e as membranas autoaderentes, ilustradas na Figura 8.

Figura 8 – Diferentes sistemas que funcionam como membrana de vapor

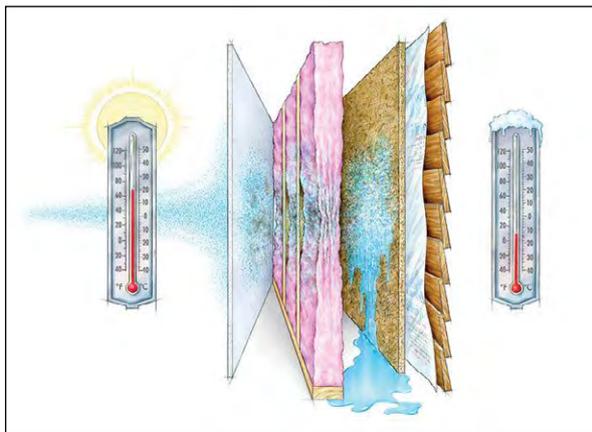


Fonte: Fine Home Building (2019)

Normalmente, no Brasil as membranas e barreiras transpirantes são adotadas somente na parte externa, sobre a estrutura de madeira ou chapas reconstituídas (OSB ou *Plywood*). Segundo Fine Home Building (2017), durante o inverno, a umidade expelida pelo calor do interior pode penetrar nas paredes e nos tetos, difundindo-se como vapor pelos materiais de construção (embora seja muito mais provável que ocorram vazamentos de ar). Essa umidade pode condensar na fase interna do revestimento externo,

causando problemas como mofo e podridão (Figura 9). No verão, no entanto, com a combinação de dias quentes e úmidos e interiores secos principalmente com o uso de ar condicionado, o fluxo de vapor reverte e pode forçar o ar úmido para dentro através do seu isolamento, onde pode condensar-se em uma barreira de vapor fria e impermeável (REYNOLDS; PIERSON, 2019). Segundo Reynolds e Pierson (2019), uma das alternativas é a utilização do OSB no lado de dentro da parede, pois é permeável ao vapor³ e aumenta um pouco a inércia térmica do revestimento interno. Por esses motivos, é importante que as barreiras de vapor sejam permeáveis ao vapor da água.

Figura 9 – Condensação pode ocorrer na face interna do revestimento interno na presença de bloqueador de vapor



Fonte: Fine Home Building (2017)

Há diversos tipos de materiais possíveis de serem aplicados nas vedações dos painéis (paredes), possibilitando diferentes arranjos técnico-constructivos e estéticos. Atualmente, a vedação interna mais utilizada no *Light Wood Frame* é a chapa de gesso acartonado. Ela é leve, fácil de instalar, incombustível e aumenta a resistência ao fogo das paredes. A utilização de aditivos e de fibra de vidro melhoram o desempenho acústico, como também aumentam a resistência à umidade. A resistência mecânica da chapa de gesso acartonado ao impacto pode variar de 10 a 90 J e a carga máxima suportada pelo cisalhamento pode estar

³ Segundo o International Residential Code (2018), qualquer material que permita a passagem de menos de 60 ng (nanogramas) de umidade sob condições específicas é considerado uma barreira de vapor. As chapas de OSB de 18 mm permitem a passagem de 40 ng e as membranas de polietileno 3,4 ng.

entre 10 e 100 kg, por ponto de fixação (ancoragem), dependendo do modelo da chapa utilizada.

Os revestimentos externos mais utilizados são os *siding* de madeira, as chapas cimentícias e as vedações de tijolos tradicionais, que são fixados ao painel de madeira por meio de conectores metálicos.

O *siding* de madeira é o tipo de vedação mais antiga utilizada no LWF. As régua podem ser produzidas em madeira de coníferas ou folhosas e são instaladas sobre as chapas reconstituídas (*Plywood* ou OSB) ou sobre ripas verticais. No passado, eram instaladas diretamente sobre a ossatura de madeira. As mesmas podem ser conectadas com encaixe “macho-fêmea”, ser sobrepostas entre si ou deixadas juntas abertas. Independente do tipo de encaixe, as régua devem ser fixadas com parafusos ou pregos.

As chapas cimentícias são outro elemento bastante utilizado nas vedações externas do LWF e podem ser instaladas com pregos ou parafusos. As faces externas podem ficar expostas, sem nenhum tipo de tratamento, ou impermeabilizadas, pintadas com tinta acrílica ou tratadas com argamassa monocomponente à base de cimento, modificada com polímeros e fibras, e telas álcali-resistentes em fibra de vidro para reforço (*basecoat*), evitando, assim, trincas nas paredes e nas faces externas. Há diferentes tipos de tecnologias de fabricação das chapas cimentícias, as mais utilizadas no LWF no Brasil são:

- As chapas cimentícias da Nova Tecnologia de Fibrocimento - NTF são elaboradas a partir de uma mistura homogênea de cimento e fibras vegetais mineralizadas, com tratamento de superfície com aditivos especiais hidrofugados (*coating*).
- As chapas cimentícias autoclavadas são produzidas com alta pressão, umidade e alta temperatura e são compostas por uma mistura homogênea de cimento, reforços orgânicos e agregados naturais e não incorporam fibras de amianto.
- As chapas cimentícias produzidas de Cimento Reforçado com Fios Sintéticos – CRFS são produzidas a partir de uma mistura homogênea de cimento Portland, agregados naturais e celulose com fios sintéticos de polipropileno ou PVA. As chapas de CRFS são fabricadas pelo processo Hatschek, que consiste na suspensão bem diluída de cimento, fibras e aditivos. A mistura passa por cilindros, que a captam

por sucção, removendo o excesso de água e formando sucessivas camadas de acordo com a espessura desejada.

- As chapas de concreto reforçadas com malha de fibra de vidro (*Glass Fiber Reinforced Concrete - GRFC*) são produzidas com uma liga cimentícia, estruturada por malha de fibra de vidro.

A norma de placa de fibrocimento sem amianto, NBR 15498 (ABNT, 2016), estabelece os requisitos e métodos de ensaio e classifica as chapas nas classes A e B. A classe A é indicada para aplicações externas sujeitas à ação direta de sol, chuva, calor

e umidade. Podem ser fornecidas com ou sem revestimento. Elas devem atender aos seguintes requisitos de ensaios: resistência à tração na flexão, permeabilidade, envelhecimento acelerado por imersão em água quente, envelhecimento acelerado por imersão/secagem, comportamento sob a ação do fogo e variação dimensional por imersão e secagem. Já a classe B é indicada para aplicações internas e aplicações externas não sujeitas à ação direta de sol, chuva, calor e umidade. A Tabela 3 ilustra as principais características físicas das diferentes tecnologias de fabricação das chapas cimentícias.

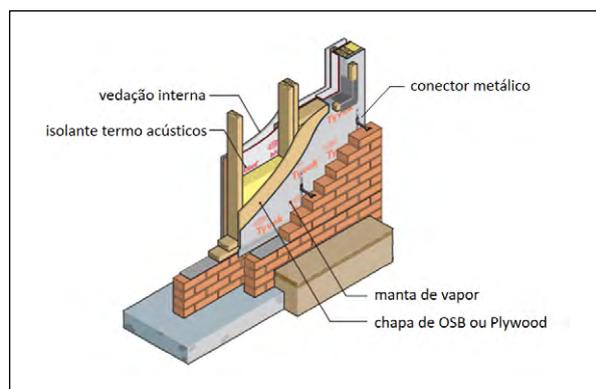
Tabela 3 – Principais características físicas das chapas cimentícias

| Tipo | Densidade (kg/m ³) | Absorção umidade (%) | Varição dimensional (mm/m) | Resistência à flexão (kgf/cm ²) | Classe ¹ |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------------|---|---------------------|
| chapas cimentícias NTF | 1.200 | - | 0,30 - 3,5 | 122,37 | A3 |
| chapas cimentícias autoclavada | 1.330 | 30 | 0,31 - 0,67 | 160 | - |
| chapas cimentícias CRFS | 1.595 | 11,90 | 1,3 | 107 | A2 |
| chapa cimentícias GRFC | 1.117 | 18,35 | 0,6 - 1,2 | 108,77 | A3 |

¹ O número representa a categoria (1, 2, 3 ou 4) da classe (A ou B) que são os valores mínimos de tração à flexão, conforme NBR 15498 (ABNT, 2014).
 Fonte: adaptado pelos autores a partir de informações dos fabricantes

Outro revestimento muito utilizado na América do Norte é a parede tradicional de alvenaria, construída paralelamente à parede estrutural (ossatura de madeira) e conectada à mesma, por meio de conectores metálicos. Esse tipo de vedação, chamada de *timber frame wall brick cladding*, pode melhorar o desempenho termoacústico da edificação, por meio do aumento da massa das paredes. A Figura 10 ilustra um detalhamento do revestimento externo em parede de alvenaria para o LWF.

Figura 10 – Detalhe do revestimento externo em parede de alvenaria



Fonte: adaptado de DuPont (2014)

Além dos tipos de vedações já apresentados, as chapas metálicas onduladas, o *siding* vinílico e a madeira carbonizada (*Shou Sugi Ban*⁴) são alguns dos materiais utilizados como vedações na arquitetura contemporânea com resultados técnico-constructivos e estéticos variados (Figura 11).

Figura 11 – (a) Composição de vedações externas de chapas metálicas e cimentícias, (b) madeira carbonizada como vedação externa



Fonte: adaptado de ArchDaily (2010; 2018).

No Brasil há uma variação dos tipos de fechamentos para a composição do painel, mas nos

⁴ *Shou Sugi Ban* é uma técnica japonesa milenar que consiste na queima superficial de peças de madeira para combater os possíveis danos causados pelas intempéries e agressões naturais.

últimos anos a composição mais utilizada no LWF é a chapa de gesso como revestimento interno, chapa de OSB como elemento de contraventamento e chapa cimentícia como revestimento externo.

3 Método da pesquisa

Com a identificação na literatura dos diferentes materiais que podem compor as camadas de vedação do subsistema parede do *Light Wood Frame*, é proposto um projeto modular industrializado, com variações destas vedações.

O método utilizado neste artigo, inicialmente, foi revisão bibliográfica feita de forma exploratória. Para a elaboração do projeto modular industrializado foram utilizados os softwares Autocad e Sketchup, para a elaboração de desenhos técnicos e volumétricos (3D), e Vray e Adobe Photoshop, para a elaboração dos renders.

Por fim, palestras e cursos práticos foram ministrados em madeireiras e nas universidades em Florianópolis-SC, o que permitiu aos autores testar diferentes materiais e texturas na prática, antes da elaboração e execução do empreendimento.

4 Resultados da pesquisa

Um projeto residencial de 35,2 m² foi desenvolvido para uma cliente na cidade de Florianópolis-SC para ser utilizado no final de semana. O programa de necessidades tem quatro ambientes: sala e cozinha integrados, quarto, banheiro e uma área aberta. Um dos determinantes para a escolha do sistema construtivo modular foi a exigência de ter um canteiro de obras limpo, sem a geração de resíduos e ruídos. Outro determinante foi a possibilidade de mover a edificação quando a cliente desejar. Assim, foi pensado um volume único, apoiado em fundações superficiais, medindo 3,2 m x 11 m x 0,50 m, sendo possível, assim, ser transportado na carroceria de um caminhão. Na Figura 12 é apresentada um exemplo de uma planta baixa em projeção da residência modular.

A ossatura foi projetada pensando em ser executada fora do canteiro de obras (*off-site*), em uma fábrica. Para permitir isso, foram calculados reforços nas conexões da plataforma (painel do piso) e dos painéis parede para absorver os esforços da movimentação gerada pelo transporte e na locação do módulo,

haja vista ter sido utilizado apenas sistema leve, sem a utilização de elementos estruturais pesados⁶. O módulo foi confeccionado com os fechamentos internos e externos e instalações elétricas e hidráulicas e aberturas, que foram retiradas apenas para o transporte. Segundo WoodWorks (2014), o tempo de construção, através desse método, pode ser reduzido em 50%, quando comparado à construção tradicional.

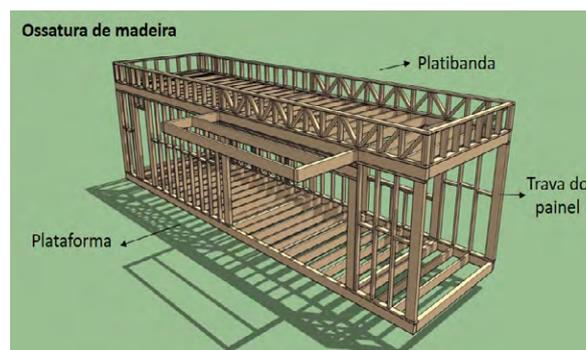
Figura 12 – Planta baixa da residência modular



Fonte: arquivo dos autores

A espécie de madeira considerada para a elaboração da ossatura foi o pinus (*Pinus elliottii*). A plataforma é composta por montantes (45 mm x 190 mm) e os painéis estruturais (paredes) por montantes (40 mm x 90 mm), ambos com espaçamento entre montantes de 400 mm. A Figura 13 ilustra uma perspectiva da ossatura de madeira.

Figura 13 – Perspectiva da ossatura de madeira



Fonte: arquivo dos autores

No interior dos painéis foi prevista a instalação do isolante termoacústico de lã de vidro ou PET de

⁶ No Brasil, boa parte das construções *off-site* estão sendo construídas com estrutura de aço pesado e sendo utilizados elementos leves (LWF e/ou LSF) apenas como fechamentos do vão. Já o projeto apresentado neste artigo foi pensado estruturalmente todo em elementos leves.

⁵ Mais informações sobre estas atividades em <https://grupovirtuhab.paginas.ufsc.br/projetos/extensao/>

100 mm de espessura. Já o revestimento externo é composto por chapa de *Plywood* de 9 mm, membrana líquida transpirante e chapas cimentícias (Figura 14a) e frontal como acabamento final. A Figura 14b apresenta as diferentes camadas das paredes com frontal de madeira da espécie *Angelim-pedra* (*Hymenolobium petraeum*). Após a colocação do *Plywood* de 9 mm e da membrana líquida (indicada por 1 na Figura 14b), foi colocado um ripamento a cada 400 mm e fixadas réguas de fechamento na horizontal (indicadas por 2 na Figura 14b). Esse fechamento criou uma espécie de “parede ventilada”, melhorando assim o desempenho térmico das vedações verticais da edificação.

Figura 14 – (a) face revestida com chapas cimentícias e (b) camadas da face revestida com réguas de madeira sendo montadas na fábrica



Fonte: arquivo dos autores

A preferência inicial dos projetistas era por espécies de madeiras de floresta plantada, mas, por questões estéticas e desejo da cliente, foi utilizada madeira de floresta nativa com certificação para os revestimentos das fachadas longitudinais.

Antes da definição dos tipos de vedações, foram propostos para a cliente quatro tipos de revestimentos externos: tábuas verticais de madeira folhosa (Figura 15a), tábuas horizontais de madeira conífera (Figura 15b), chapas cimentícias de 10 mm (Figura 15c) e/ou chapas metálicas onduladas (Figura 15d).

Figura 15 – Perspectiva da residência com diferentes vedações externas



Fonte: arquivo dos autores

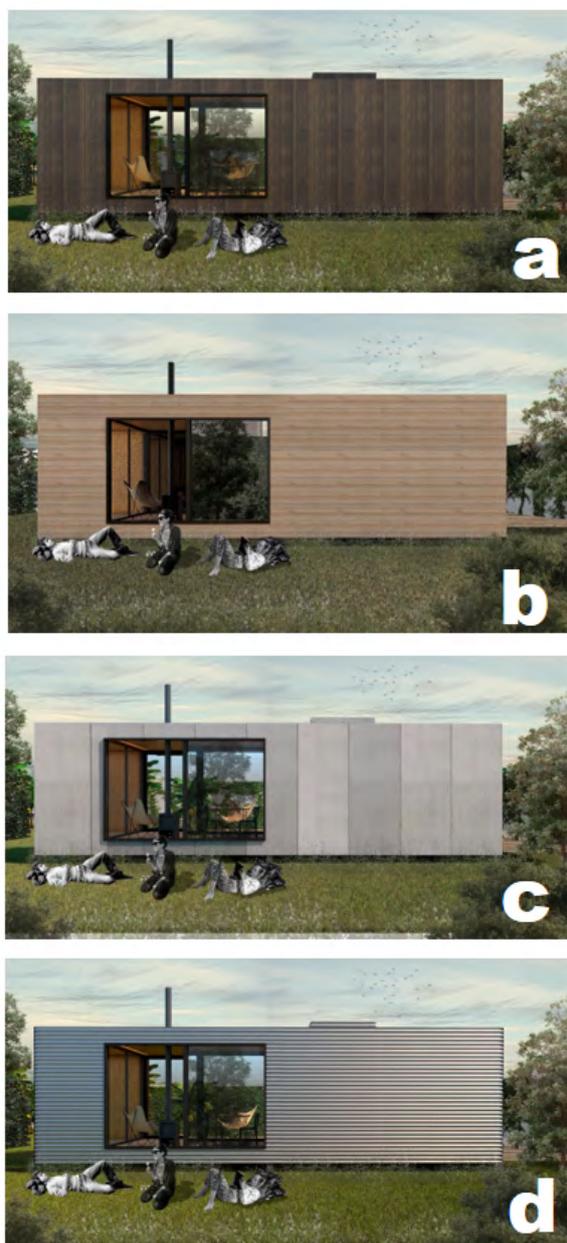
É importante salientar que a concepção desse projeto teve como objetivo apresentar a edificação como um objeto industrial produzido em *off-site*, com possibilidades de personalização. Também foram utilizados como ponto de partida para a concepção arquitetônica as ideias propostas pelo arquiteto Rem Koolhaas na residência Villa dall’Ava (1885-91) em Paris. Nesse sentido, Moneo (2008, p. 290) afirma, sobre a obra de Koolhaas:

O desejo de mostrar seu trabalho como produto. A arquitetura, portanto, é vista como bem produzido pela indústria – o trabalho nela envolvido não é muito diferente daquele dos profissionais da indústria – e o escritório de arquitetura é entendido como feitoria. Trata-se de algo que um artista como Andy Warhol já havia buscado. A arquitetura, desse modo, voltaria a gozar da condição anônima que teve no passado. Assim, explica-se o fato de o escritório de Koolhaas ter sido sempre mais uma oficina do que uma escola. A arquitetura é uma empresa coletiva. O arquiteto não é uma pessoa que projeta, um indivíduo que especula - como poderia fazê-lo Eisenman - buscando traçados ideais. Ele é um catalizador que ajuda, a partir da unidade produtiva de projeto que é um escritório, a cristalizar formas e espaços capazes de conter os programas que a vida moderna pede.

A Figura 16 ilustra a fachada sudeste com as diferentes propostas de vedações. A forma geométrica simples de uma arquitetura racional e minimalista pretende destacar as texturas dos revestimentos, e vice-versa, como possibilidade personalização.

Foram propostos dois tipos de vedações internas. A primeira proposta (Figura 17a, na página seguinte) apresenta a vedação interna de OSB de 11 mm, com piso de assoalho de madeira, e a segunda proposta (Figura 17b, na página seguinte), apresenta a vedação interna de chapa de gesso acartonado com o piso de cimento queimado, feito sobre contrapiso armado e painel *wall* (painel sarrafeado com revestimento cimentício).

Figura 16 – Fachada sudeste da residência com diferentes vedações externas



Fonte: arquivo dos autores

Figura 17 – Vistas das duas propostas de vedações internas iniciais



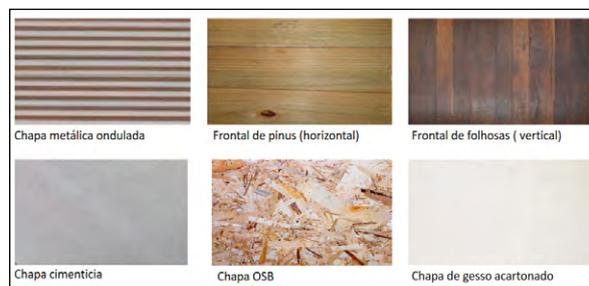
Fonte: arquivo dos autores

Além de proporcionar diferentes resultados estéticos, as variações de acabamento também criam diferentes texturas. Segundo Pallasmaa (2011), a pele lê a textura, o peso, a densidade e a temperatura da matéria. Os materiais e as superfícies têm uma linguagem própria. A pedra fala de suas distantes origens geológicas, sua durabilidade e permanência inerente. O tijolo nos faz pensar em terra e fogo, na gravidade e nas tradições atemporais da construção. O bronze evoca o calor extremo de sua fabricação, os antigos processos de fundição e a passagem do tempo registrada pela pátina. A madeira fala de suas duas existências e escalas temporais: sua primeira vida, como uma árvore em crescimento, e a segunda, como artefato humano feito pela mão cuidadosa de um carpinteiro ou marceneiro. Todos esses materiais e superfícies falam, de maneira agradável, sobre a metamorfose material e o tempo em camadas (PALLASMAA, 2013). Na Figura 18 são apresentados os materiais utilizados no projeto e suas texturas.

Apesar da escala industrial, a variação de revestimentos pode proporcionar personalização para um mesmo objeto industrial arquitetônico. Nesse projeto modular, entre as diferentes possibilidades de revestimentos estudadas, foram definidas, em conjunto com a cliente e os projetistas, as mais adequadas,

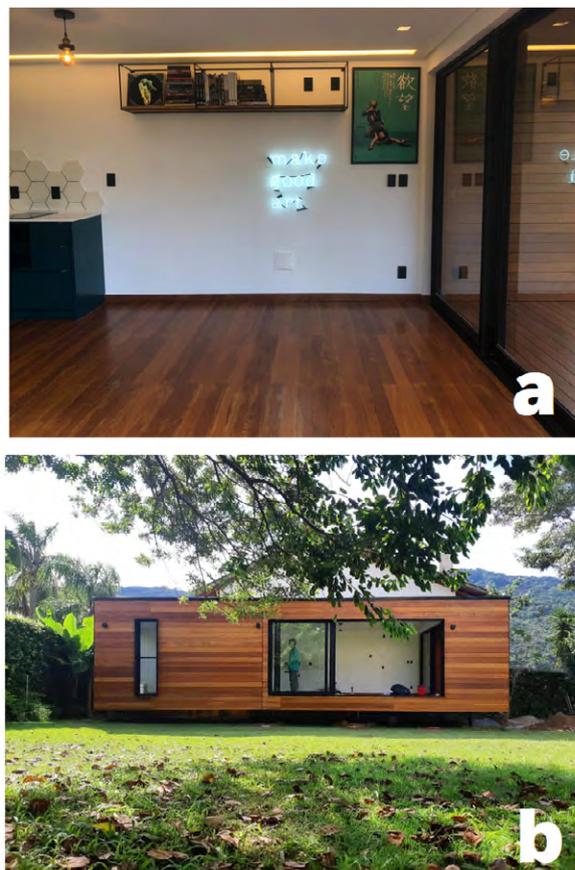
levando em consideração aspectos técnicos, estéticos e financeiros para construção do módulo. Na Figura 19 é apresentado o interior e o exterior da edificação já locada no terreno 7.

Figura 18 – Materiais utilizados no projeto residencial



Fonte: arquivo dos autores

Figura 19 – (a) interior do módulo na parte da sala com paredes de gesso acartonado e piso de madeira (Angelim- pedra) e (b) fachada principal da edificação



Fonte: arquivo dos autores

7 Mais informações do projeto em <https://www.instagram.com/amaisarquitectura/>

Por fim, o projeto remete à arquitetura efêmera, provisória, pois a qualquer momento pode ser removida do seu lugar, sem deixar vestígios, com seus revestimentos (vedações) facilmente modificáveis, pressupondo uma arquitetura mutável.

5 Considerações finais

O presente artigo apresenta diferentes possibilidades compositivas e materiais que podem ser utilizados nas camadas de vedação do subsistema parede do LWF, para uma construção modular *off-site*.

O avanço da tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) e da engenharia de materiais deve facilitar, nos próximos anos, no Brasil, a construção de edificações modulares no sistema construtivo *Light Wood Frame*, para atender, principalmente, a demanda de moradia de pequeno e médio portes.

Os diferentes materiais na composição das camadas têm função distintas e influenciam diretamente no desempenho técnico-construtivo e na durabilidade da edificação, além de possibilitar uma variação de texturas e arranjos estéticos.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15498**: Placa de fibrocimento sem amianto - Requisitos e métodos de ensaio. ABNT: Rio de Janeiro, 2016. 24 p.

ARCHDAILY. **Refúgio na floresta**. Uhlik architekti. Curadoria Paula Pintos. Publicado em 01. Jul. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/627900/refugio-na-floresta-uhlik-architekti>. Acesso em: 07 ago. 2021.

ARCHDAILY. **Tiny house walden** / Alexandra Lima. Curadoria Matheus Pereira. Publicado em 15 set. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/947692/tiny-house-walden-alexandra-lima>. Acesso em: 07 ago. 2021.

ARCHDAILY. **Vermont Cabin** / Resolution: 4 Architecture. Publicado em 13 nov. 2010. Disponível em: <https://www.archdaily.com/88167/vermont-cabin-resolution-4-architecture>. Acesso em: 07 ago. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diretriz SINAT nº 003**: sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamento em chapas delgadas (sistemas leves tipo "*Light Wood Framing*"). Revisão 2. Programa

Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT). MDR: Brasília, mai. 2016. Disponível em: <http://pbqp-h.mdr.gov.br/download.php?doc=8622c6d0-7d24-4995-83ab-d1d35b15ea22&ext=.pdf&cd=1405>. Acesso em: 07 ago. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **DATec no 014 C**: sistemas construtivos a seco Saint-Gobain - *light steel frame*. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT). MDR: Brasília, 2021. Disponível em: <http://pbqp-h.mdr.gov.br/download.php?doc=4cc2bba0-8abe-409b-b5df-b7aefd3340be&ext=.pdf&cd=4732>. Acesso em: 07 ago. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **DATec no 015** – Sistema construtivo LP Brasil OSB em *light steel frame* e fechamento em chapas de OSB revestidas com siding vinílico. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT). MDR: Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/upfiles/downloads/Datec-15-LP.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **DATec no 016**: sistema construtivo LP Brasil OSB em *light steel frame* e fechamento em *smartside panel*. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT). MDR: Brasília, 2013. Disponível em: https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2021/03/pbqph_d2906-1.pdf. Acesso em: 07 ago. 2021.

DRYWALL. Associação Brasileira de Drywall. **Desempenho acústico em sistemas drywall**. 3ª Edição. São Paulo, 2018.

DUPONT. Providing protection in construction – volume 2: walls and floors. **DuPont – Tyvek**. Briston, 2014. Disponível em: https://rooftraders.co.uk/pub/media/productattach/d/u/duPont_tyvek_technical_guide_for_walls.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

ESPINDOLA, L. R.; INO, A. Inserção e financiamento do sistema Wood Frame no programa habitacional Minha Casa Minha Vida. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., Maceió, 2014. **Anais [...]**. ANTAC: Maceió, 2014, p. 1578-1587. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_566.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

FINE HOME BUILDING. Vapor barriers are a good thing, right? **Fine Home Building**, Califórnia, 2017. Disponível

em: <https://www.finehomebuilding.com/2010/08/17/vapor-barriers-are-a-good-thing-right>. Acesso em: 10 jul. 2021.

FINE HOME BUILDING. Water-Resistive Barriers. **Fine Home Building**, Califórnia, 2019. Disponível em: <https://www.finehomebuilding.com/project-guides/insulation/water-resistive-barriers>. Acesso em: 10 jul. 2021.

INTERNATIONAL CODES COUNCIL. **International Residential Code**. Country Club Hills, 2018. Disponível em: <https://www.ci.independence.mo.us/userdocs/ComDev/2018%20INTL%20RESIDENTIAL%20CODE.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

MONEO, R. **Inquietação teórica e estratégia projetual**. São Paulo: Casac Naify, 2008.

PALLASMAA, J. **Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos**. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2011.

PALLASMAA, J. **A imagem corporificada: imaginação e imaginário na arquitetura**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

REYNOLDS, M.; PIERSON, B. Interior sheathing as an air and vapour or vapor barrier. **Ecohome**, Vancouver, 2019. Disponível em: <https://www.ecohome.net/guides/2289/interior-sheathing-as-an-air-and-vapour-barrier/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

ROTHOBLAAS. MEMBRANAS E FITAS PARA CONSTRUÇÕES DE MADEIRA. **ROTHO BLAAS, SRL**. BOLZANO, 2019. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.ROTHOBLAAS.PT/CATALOGOS/4-FITAS-SELANTES-E-MEMBRANAS-PT?ACTION=DOWNLOAD&LANG=PT](https://www.rothoblaas.pt/catalogos/4-fitas-selantes-e-membranas-pt?action=download&lang=pt). ACESSO EM: 02 JUL. 2021.

THALLON, R. **GRAPHIC GUIDE TO FRAME CONSTRUCTION: DETAILS FOR BUILDERS AND DESIGNERS**. 3. Ed. NEWTOWN: THE TAUNTON PRESS, 2008.

SOUZA, R. V. **MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL CONSTRUÍDAS COM O SISTEMA LIGHT WOOD FRAME NO SUL DO BRASIL**. TESE (DOUTORADO EM ARQUITETURA E URBANISMO) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS, 2021.

WARDELL, C. AVOIDING THE MOST COMMON CONSTRUCTION DEFECTS: WHAT TO LOOK FOR AND HOW TO PREVENT PROBLEMS. **THE JOURNAL OF LIGHT CONSTRUCTION (JLC)**, p. 51-57, APR. 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.JLCONLINE.COM/HOW-TO/EXTERIORS/AVOIDING-THE-MOST-COMMON-CONSTRUCTION-DEFECTS_O](https://www.jlconline.com/how-to/exteriors/avoiding-the-most-common-construction-defects_o). ACESSO EM: 02 JUL. 2021.

WOODWORKS. Putting the Pieces Together: on the right projects, prefabrication and modular construction can increase speed and lower cost.

WoodWorks, Vancouver, 2014. Disponível em: https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/prefab-modular_case_study.pdf. Acesso em: 11 jul. 2021.