

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MATHEUS QUEIROZ CARVALHO

**IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO *WOOD FRAME* NO
BRASIL: CARACTERIZAÇÃO DE CINCO CONSTRUTORES E
DETALHAMENTO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE UM ESTUDO
DE CASO**

FLORIANÓPOLIS, 2024.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MATHEUS QUEIROZ CARVALHO

**IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO *WOOD FRAME* NO
BRASIL: CARACTERIZAÇÃO DE CINCO CONSTRUTORES E
DETALHAMENTO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE UM ESTUDO
DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora:
Prof. Luciana da Rosa Espíndola, Doutora

FLORIANÓPOLIS, 2024.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Carvalho, Matheus

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME NO BRASIL:: caracterização de cinco construtores e detalhamento das técnicas construtivas de um estudo de caso / Matheus Carvalho; orientação de Luciana Espíndola. - Florianópolis, SC, 2024.

114 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.

Inclui Referências.

1. Wood frame. 2. Implementação. 3. Métodos construtivos. 4. Técnicas construtivas. I. Espíndola, Luciana. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME NO BRASIL:.

**IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME NO BRASIL:
CARACTERIZAÇÃO DE CINCO CONSTRUTORES E DETALHAMENTO DAS
TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE UM ESTUDO DE CASO
MATHEUS QUEIROZ CARVALHO**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de setembro de 2024.

Banca Examinadora:

Luciana da Rosa Espíndola, Profa. Dra.
Instituto Federal de Santa Catarina

Andrea Murillo Betioli, Profa. Dra.
Instituto Federal de Santa Catarina

Sérgio Parizotto Filho, Prof. Me.
Instituto Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais,
que desde sempre me inspiraram e continuam a inspirar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Gerson e Juliana, por sempre estarem ao meu lado para o que eu precisasse, e por me ensinarem a ser a melhor versão de mim no que eu me propusesse a fazer. Hoje, sou o resultado da jornada e dos esforços de vocês, cuja dedicação e amor moldaram cada passo que dei até aqui.

Agradeço com imensa gratidão às minhas avós e aos meus avôs, cujos ensinamentos, amor e apoio incondicional foram fundamentais ao longo da minha jornada. Aos meus avôs que ainda estão presentes, sou grato por cada momento compartilhado e por todo o incentivo que sempre me deram. Ao meu avô que já partiu, sua memória e valores continuam a refletir na nossa família e a guiar meus passos.

Agradeço aos meus primos, Leonardo, Breno e Lívia, que alegram minha vida. Desejo ser um exemplo positivo para vocês, mostrando que, com dedicação e esforço, é possível alcançar nossos sonhos e superar desafios.

Agradeço aos meus amigos, especialmente à Bianca, Keyla, Thamires, Mirella e Mel, por se fazerem presentes desde que cheguei à cidade, darem todo suporte durante esses cinco anos e dividirem todas as suas experiências junto comigo.

Agradeço à minha orientadora, Luciana da Rosa Espíndola, pelo apoio, paciência e orientação excepcionais ao longo deste trabalho. Sua dedicação e seus conselhos foram essenciais para a conclusão deste TCC.

RESUMO

Publicações acadêmicas registraram a implementação do sistema construtivo *wood frame* no Brasil entre os anos de 2010 e 2017, em especial, com a produção industrializada em larga escala dentro do programa nacional de habitação social Minha Casa Minha Vida. Nesse mesmo período, também foram contabilizados cerca de 20 pequenos construtores com produções individualizadas. Entretanto, constatase que, desde então, as técnicas aplicadas por esses construtores não estão sendo academicamente registradas e avaliadas por pesquisadores da área. Para contribuir com este tema, esta pesquisa teve como objetivo analisar a implementação do sistema construtivo *wood frame* no Brasil por caracterizar cinco empresas localizadas nas regiões sul e sudeste do Brasil, além de detalhar e avaliar as técnicas construtivas adotadas em um estudo de caso de Santa Catarina. As principais atividades realizadas nesta pesquisa foram: o levantamento dos possíveis construtores em *wood frame* no Brasil no primeiro semestre de 2024; a caracterização de cinco construtores deste sistema localizados nas regiões sul e sudeste; o detalhamento de técnicas adotadas por um estudo de caso em Santa Catarina; e, a comparação dos dados adotados neste estudo de caso com referências técnicas anteriores já registradas no Brasil e nos países norteamericanos. Para isto, foram realizados aplicação de questionários e de entrevista não estruturada, levantamento on-line de documentos, imagens e vídeos. O resultado apresenta uma lista de 73 possíveis construtores e projetistas de *wood frame* no Brasil, a caracterização de cinco construtores localizadas nas regiões sul e sudeste e o detalhamento da técnica aplicada em uma construção localizada em Santa Catarina.

Palavras-chave: *Wood frame*, Implementação, Métodos construtivos, Técnicas construtivas.

ABSTRACT

Academic publications documented the implementation of the wood frame construction system in Brazil between 2010 and 2017, particularly with large-scale industrial production within the national social housing program Minha Casa Minha Vida. During this same period, around 20 small-scale builders with individualized productions were also recorded. However, it has been observed that, since then, the techniques used by these builders have not been academically recorded and evaluated by researchers in the field. To contribute to this topic, this research aimed to analyze the implementation of the wood frame construction system in Brazil by characterizing five companies located in the southern and southeastern regions of the country, as well as detailing and evaluating the construction techniques adopted in a case study in Santa Catarina. The main activities carried out in this research included: surveying possible wood frame builders in Brazil in the first semester of 2024; characterizing five builders of this system located in the southern and southeastern regions; detailing the techniques adopted in a case study in Santa Catarina; and comparing the data from this case study with previous technical references already recorded in Brazil and North American countries. For this, the exploratory method involved applying questionnaires and unstructured interviews, as well as online surveys of documents, images, and videos. The result presents a list of 73 potential wood frame builders and designers in Brazil, the characterization of five builders located in the southern and southeastern regions, the detailing of the technique applied in a construction project in Santa Catarina.

Keywords: *Wood frame*. Implementation. Construction methods. Constructive technics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Estrutura de madeira do sistema plataforma e do sistema balão	21
Figura 02 - Detalhe de uma fundação com viga baldrame	22
Figura 03 - Plataformas de piso com vigas de madeira maciça (a) e lamelada colada (b)	23
Figura 04 - Plataformas de piso com vigas I compostas de madeira e OSB.....	23
Figura 05 - Detalhamento de fundação radier	24
Figura 06 - Composição do quadro estrutural das paredes	25
Figura 07 - Composição do quadro de parede com aberturas para esquadria	25
Figura 08 - União das travessas superiores nos encontros de parede	26
Figura 09 - Montantes nos encontros de parede.....	26
Figura 10 - Orientação das chapas estruturais.....	27
Figura 11 - Revestimento externo em <i>sidings</i> verticais e horizontais.....	27
Figura 12 - Revestimento externo em blocos cerâmicos (a) e estuque (b)	28
Figura 13 - Composição do painel de parede com revestimentos e isolamento	28
Figura 14 - Isolamento contra vapor e umidade	29
Figura 15 - Elementos de composição da cobertura norte-americana	30
Figura 16 - Beiral da cobertura sem forro e com forro.....	30
Figura 17 - Sistema Stella-UFSC desenvolvido pela UFSC em parceria com a empresa Batistella.....	31
Figura 18 - Protótipo de casa construída pela empresa Tecverde em Curitiba, Paraná	32
Figura 19 - Residencial Haragano construído em Pelotas, Rio Grande do Sul.....	32
Figura 20 - Primeiro prédio em wood frame no Brasil, no Paraná.....	32
Figura 21 - Principais subsistemas de uma edificação em <i>wood frame</i>	36
Figura 22 - Fundação <i>radier</i>	37
Figura 23 - Composições mais comuns em painéis de parede no Brasil	38
Figura 24 - Composição do painel de parede aplicado pela empresa Tecverde.....	39
Figura 25 - Painel de Entrepiso	40
Figura 26 - Cobertura do Residencial Haragano, com treliças metálicas e telhas cerâmicas.....	41
Figura 27 - Cobertura do primeiro prédio em <i>wood frame</i> , com treliças em madeira	41
Figura 28 - Detalhe de impermeabilização de áreas molháveis e molhadas	43
Figura 29 - Detalhe da face interna de uma parede com TRRF de 30 minutos	47

Figura 30 - Detalhe da face externa de uma parede com TRRF de 30 minutos	47
Figura 31 - Detalhe de limites de cortes e furos em montantes e barrotes estruturais	48
Figura 32 - Esquema de economia de tempo de construções modulares.....	50
Figura 33 - Métodos de construção: no local (a), por painéis pré-fabricados (b) e modular (c).....	51
Figura 34 - Execução de piso da Empresa A	60
Figura 35 - Execução de paredes da Empresa A.....	61
Figura 36 - Ossatura em madeira, membrana hidrófuga e <i>sidings</i> da Empresa A....	61
Figura 37 - Projeto desenvolvido por escritório de arquitetura em parceria com a empresa A.....	61
Figura 38 - Projeto em execução	61
Figura 39 - Construção com quadros de madeira fechados com tábuas horizontais.....	62
Figura 40 - <i>Log house</i>	62
Figura 41 - Construções realizadas pela Empresa B nos EUA	63
Figura 42 - Primeira construção da Empresa B no Brasil.....	63
Figura 43 - Fechamento externo com sistema EIFs da Empresa B	64
Figura 44 - Execução de telhado com telhas single pela Empresa B no município de Mairiporã	64
Figura 45 - Exemplos de vídeos com detalhes construtivos publicados pela Empresa B	65
Figura 46 - Obras de grande porte realizadas pela empresa B.....	65
Figura 47 - Construção executada pela Empresa C em praia do Paraná em 2020 ..	66
Figura 48 - Etapas da construção realizada em 2020 pela Empresa C	67
Figura 49 - Modelos disponibilizados de projetos.....	67
Figura 50 - Elementos que constituem a parede das construções da Empresa C	68
Figura 51 - Processo de fabricação de painéis de parede da Empresa C	68
Figura 52 - Construção de uma cabana da Empresa C no canteiro de obras.....	69
Figura 53 - Exemplo de acabamento interno executado pela Empresa C	69
Figura 54 - Exemplo de acabamento externo executado pela Empresa C	69
Figura 55 - Primeira construção em 2001 realizada pela empresa D.....	70
Figura 56 - Exemplos de projetos detalhados e executados pela Empresa D	70
Figura 57 - Construção em andamento pela empresa D.....	71
Figura 58 - Construção no local executada pela empresa E em Santa Catarina em 2024	72
Figura 59 - Modelos de casas da empresa E	72

Figura 60 - Modelo "A frame" da empresa E	73
Figura 61 - Projeto 3D e construção da edificação do estudo de caso	75
Figura 62 - Plantas com layouts dos pavimentos térreo e superior do estudo de caso	76
Figura 63 - Paralelo entre o projeto estrutural e a execução da ossatura em madeira	76
Figura 64 - Fundação com blocos de estaca e laje concretada	77
Figura 65 - Madeiras empilhadas para a construção	78
Figura 66 - Fixação mecânica de estruturas de paredes em lajes de concreto	78
Figura 67 - Fita metálica utilizada para proteger ossatura de madeira das paredes	79
Figura 68 - Ossatura de parede com abertura para esquadria	79
Figura 69 - Instalação das chapas de compensados de 12mm nas paredes externas	80
Figura 70 - Isolamento com lã de PET	80
Figura 71 - Fechamento externo com sistema EIFS	81
Figura 72 - Modelo de camadas do sistema EIFS utilizado no revestimento externo	81
Figura 73 - Impermeabilização de piso e parede em ambientes molhados	82
Figura 74 - Instalações hidráulicas	82
Figura 75 - Instalações Elétricas	83
Figura 76 - Instalações de Climatização	83
Figura 77 - Entrepiso	84
Figura 78 - Travamento de peças de entrepiso	84
Figura 79 - Telhado metálico pré-fabricado	85
Figura 80 - Montagem de calhas	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Empresas brasileiras que atuavam com wood frame em 2016.....	33
Quadro 2 - Requisitos para os principais materiais constituintes do <i>wood frame</i> conforme a NBR 16936 (ABNT, 2023).....	44
Quadro 3 - Comparação entre métodos de construção para o <i>wood frame</i>	49
Quadro 4 - Atividades, métodos e resultados desenvolvidos nesta pesquisa.....	53
Quadro 5 - Atuantes com o sistema <i>wood frame</i> no primeiro semestre de 2024.....	58
Quadro 6 - Empresas caracterizadas das regiões sul e sudeste.....	60
Quadro 7 - Comparativo de fundações.....	86
Quadro 8 - Comparativo de matéria prima.....	87
Quadro 9 - Comparativo de estruturas de parede.....	87
Quadro 10 - Comparativo de entrepisos.....	88
Quadro 11 - Comparativo de coberturas.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	<i>American Plywood Association</i>
AWC	<i>Academic Working Capital</i>
BC Housing	<i>British Columbia Housing</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CCA	Cromato de Cobre Arsenato
CMHC	<i>Canada Mortgage and Housing Corporation</i>
DATec	Documento de Avaliação Técnica
EUA	Estados Unidos da América
EIFS	<i>Exterior Insulation Finish Systems</i>
EPS	Poliestireno Expandido
IBA	Indústria Brasileira de Árvores
LTDA	Limitada
MLC	Madeira Lamelada Colada
MLCC	Madeira Lamelada Colada Cruzada
MCA-C	<i>Metal Complex Ammonium-Copper</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat
PET	Polietileno Tereftalato
PVC	Policloreto de Vinila
RU	Resistente à umidade
SINAT	Sistema Nacional de Avaliação Técnica

SPF	<i>Spruce-Pine-Fir</i>
USP	Universidade de São Paulo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
YP	<i>Southern Yellow Pine</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	18
1.2	Definição do Problema	20
1.3	Objetivo Geral	20
1.4	Objetivos Específicos	20
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	Desenvolvimento do sistema <i>wood frame</i> nos países norte-americanos	21
2.2	Desenvolvimento do <i>wood frame</i> no Brasil	30
2.2.1	Potenciais e entraves para disseminação do <i>wood frame</i> no Brasil	34
2.2.2	Técnicas construtivas do <i>wood frame</i> aplicadas no Brasil até meados de 2020	35
2.2.2.1	<i>Fundação</i>	36
2.2.2.2	<i>Paredes</i>	37
2.2.2.3	<i>Entrepiso</i>	39
2.2.2.4	<i>Cobertura</i>	40
2.2.3	Documentos técnicos e normativas para o <i>wood frame</i> no Brasil.....	42
2.3	Métodos de produção do sistema <i>wood frame</i>	48
3	METODOLOGIA	52
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	58
4.1	Levantamento de Construtores e Projetistas em <i>wood frame</i>	58
4.2	Caracterização de construtores e projetistas	59
4.2.1	Empresa A	60
4.2.2	Empresa B	62
4.2.3	Empresa C	65
4.2.4	Empresa D	70
4.2.5	Empresa E	71
4.2.6	Caracterização geral das empresas das regiões sul e sudeste	73
4.3	Estudo de caso: Técnicas aplicadas pela empresa E em uma construção de Santa Catarina	75
4.3.1	<i>Fundação</i>	77
4.3.2	<i>Paredes</i>	77
4.3.3	<i>Entrepiso</i>	83
4.3.4	<i>Cobertura</i>	84
4.3.5	Análise comparativa entre as técnicas aplicadas pela empresa E no estudo de caso de Santa Catarina e as técnicas em referências norte-americanas e brasileiras	86
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	90
	REFERÊNCIAS	91
	ANEXOS	97
	ANEXO A – Resumo de especificações para <i>wood frame</i> no Brasil segundo a Diretriz SINAT nº 005 - Revisão 02 e o DATec nº 20C (elaborado por Guessser (2019) e Espíndola <i>et al.</i> (2020))	98

APÊNDICES	102
APÊNDICE A – Empresas que possivelmente atuam com o <i>wood frame</i> no Brasil no primeiro semestre de 2024	103
APÊNDICE B – Questionário 1: Levantamento inicial sobre trabalho com <i>wood frame</i> no Brasil	105
APÊNDICE C – Questionário 2: Caracterização das empresas que confirmaram atuar com <i>wood frame</i> no Brasil.....	107
APÊNDICE D – Entrevista não-estruturada aplicada com a empresa E sobre um estudo de caso em Santa Catarina	112
APÊNDICE E – Caracterização geral de cinco construtores localizados nas regiões sul e sudeste do Brasil	113

1 INTRODUÇÃO

Conforme o relatório das Nações Unidas (ONU) de setembro de 2023, o setor da construção civil é responsável por 37% da emissão global de CO₂. Por isso, um dos grandes objetivos mundiais é a descarbonização da construção. Como consequência, aponta-se a necessidade de reduzir pela metade a proporção de concreto na construção global (*United Nations Environment Programme, 2023*).

Após a água, o material mais utilizado no mundo é o concreto, o que traz em questão o processo de produção do cimento, um dos seus principais componentes. O calcário, matéria-prima para o cimento, aquecido em altas temperaturas se transforma em dióxido de carbono e óxido de cálcio. Esse processo produz e emite uma grande quantidade de gases de efeito estufa. Não apenas o dióxido de carbono da reação é liberado na atmosfera; mas, também, são utilizadas grandes quantidades de carvão ou gás natural para aquecer os fornos. Como resultado, a indústria do cimento gera 8% das emissões globais de carbono (Osaka, 2023).

Além da questão ambiental, a indústria da construção civil é frequentemente criticada pela baixa eficiência produtiva, imprevisibilidade e baixa qualidade de seus produtos, especialmente, quando comparada aos países mais desenvolvidos (Cesar; Roman, 2006).

Assim, é necessário adotar alternativas construtivas que supram as necessidades do mercado e que apresentem materiais e técnicas de qualidade, rentáveis e sustentáveis (Istchuk; Miotto; Silva, 2017). Na busca pela racionalização e industrialização, a construção civil vem procurando incorporar os conceitos de qualidade já utilizados por setores da indústria da transformação, a fim de atingir melhores níveis de desempenho em seu processo produtivo (Cesar; Roman, 2006).

No Brasil, tradicionalmente, o sistema construtivo mais empregado é o de concreto armado com alvenaria de vedação. No entanto, devido a crescente busca por redução de custos na construção, maior eficiência na execução e uma preocupação crescente com a sustentabilidade, novos sistemas construtivos têm emergido, propondo abordagens técnicas inovadoras (Cruz *et al.*, 2017).

Conforme o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), alguns dos sistemas

construtivos considerados inovadores já avaliados e aprovados são: *light steel frame*, painéis de concreto pré-moldados, paredes de concreto armado moldadas no local e *light wood frame* (PBQP-H, 2023).

O *light wood frame*, foco deste trabalho, é um sistema estruturado por peças leves de madeira serrada e tratada quimicamente, as quais são fechadas com chapas estruturais de madeira, como compensado ou *Oriented Strand Board* (OSB), formando painéis com resistência e rigidez aplicadas no próprio plano do painel e, também, perpendiculares a ele (ABNT NBR 16936, 2023).

Os sistemas construtivos *wood frame* podem ter variações nas suas composições conforme necessidades, contextos e culturas das suas aplicações. Ele é principalmente conhecido nos países norte-americanos, tendo como origem o sistema denominado *balloon frame*, na região de Chicago, nos EUA, em 1840 (Reitherman; Cobeen, 2003). Mas, também é aplicado em outros países, como Japão, Alemanha e Chile (Molina; Calil Junior, 2010).

No Brasil, no início dos anos 2000, as primeiras construções em *wood frame* são registradas na região sul do país (Molina; Calil Junior, 2010). Depois, a partir de 2010, estas construções foram impulsionadas com a produção em escala industrial de unidades habitacionais populares de até três pavimentos com o programa habitacional Minha Casa Minha Vida. Nesse novo contexto, também se encontram alguns construtores autônomos, mas com poucos registros e análises técnicas sobre suas obras (Espíndola, 2017).

O uso da madeira como elemento estrutural principal de uma edificação ainda enfrenta muitas barreiras, especialmente culturais (Munaro *et al.*, 2019). Mas, acredita-se que a introdução da ABNT NBR 16.936 (2023), específica para o sistema *wood frame*, estimule a consolidação do uso da madeira na indústria da construção brasileira (CBIC, 2023). Inclusive, já são relatadas novas empresas com menor capacidade de produção, mas também interessadas nas vantagens das construções com o sistema *wood frame* (Forest News, 2023).

Para contribuir com essa análise a implementação do sistema construtivo *wood frame* no Brasil, este trabalho apresenta a caracterização de cinco empresas localizadas nas regiões sul e sudeste do Brasil e o detalhamento das técnicas construtivas adotadas em um estudo de caso no estado de Santa Catarina.

1.1 Justificativa

A escolha do *wood frame* para este trabalho baseou-se, inicialmente, no potencial de sustentabilidade e de industrialização deste sistema inovador, uma vez que, no cenário da construção civil brasileira, ainda prevalece o sistema tradicional artesanal de estrutura de concreto armado e vedação em alvenaria, caracterizado por baixa produtividade, grande quantidade de resíduos e alta emissão de carbono.

O sistema construtivo *wood frame* se apresenta como uma alternativa bastante promissora às questões ambientais, pelo fato de ser um sistema racionalizado e seco, que possibilita a construção de edificações com qualidade, menos impacto ambiental e maior utilização de recursos renováveis, como a madeira de floresta plantada (Molina; Calil Júnior, 2010).

Por exemplo, um estudo realizado por Istchuk, Miotto e Silva (2017) sobre as matérias-primas aplicadas em uma mesma habitação revela que o sistema *wood frame* consome apenas 11,5% da massa total do sistema convencional em alvenaria. Na habitação em *wood frame*, a madeira corresponde a 41% de toda a massa das matérias-primas. Esse dado é de grande relevância, pois a madeira se destaca por ser um material renovável, de excelente eficiência energética e neutralizador dos gases de efeito estufa, como o CO₂. Outros estudos, como os de Santos (2012), Monich (2012), Dos Santos *et al.* (2016), também analisam e confirmam os potenciais de sustentabilidade ambiental do sistema *wood frame*.

Além disso, outra vantagem a ser destacada é que a produção do sistema *wood frame* pode ocorrer por diferentes métodos e graus de industrialização. Quanto maior sua industrialização, maior a produtividade e a redução do tempo de obra no canteiro, onde os componentes, em geral, são entregues de acordo com a programação e planejamento da obra (ABDI, 2015). Mesmo quando a produção da edificação em *wood frame* ocorre totalmente no canteiro, a execução ainda é mais rápida quando comparada a do sistema convencional. Por exemplo, Ecker e Martins (2014) estimaram que para produzir uma residência de 50 m² são necessárias 530 horas para o *wood frame* e 1379 horas para a alvenaria convencional, evidenciando a grande diferença.

Outros estudos também avaliaram os custos de materiais e de serviços e observaram as possibilidades de equivalência ou de redução dos custos globais de uma edificação em *wood frame* quando comparada ao sistema convencional (Souza, 2013; Ecker; Martins, 2014; Dos Santos et. al, 2016; Campos; Dias, 2016). A viabilidade e competitividade econômica do *wood frame* está principalmente atrelada ao menor tempo de execução e conseqüente menor gasto com mão de obra (Campos; Dias, 2016).

Tendo em vista essas e outras vantagens do sistema *wood frame* e o contexto para implementação de tecnologias consideradas inovadoras na construção civil brasileira, observou-se um aumento expressivo da aplicação deste sistema no país a partir de 2010 (Espíndola, 2017). Por exemplo, entre os anos de 2010 e 2023, a empresa Tecverde contabilizou mais de 8.000 unidades habitacionais em diversos estados brasileiros, adotando a produção industrializada em grande escala (Tecverde, 2023).

Também, entre os anos de 2010 e 2017, os autores De Araújo (*et al.*, 2016) e Espíndola (2017), observaram a atuação de cerca de 20 pequenos construtores de *wood frame* no Brasil, com projetos e produções individualizados.

No entanto, no levantamento das bibliografias acadêmicas sobre o *wood frame* no Brasil desde 2018 até 2023, observa-se que não tem sido feita uma atualização do panorama do *wood frame* no país. Os estudos mais recentes carecem de dados sobre os construtores e sobre as técnicas construtivas adotadas por estes nas diferentes regiões do país.

Assim, para contribuir sobre esse tema, esse trabalho busca atualizar a lista dos possíveis construtores de *wood frame* atuantes no Brasil no primeiro semestre de 2024 e caracteriza o perfil de cinco destes construtores, detalhando as técnicas construtivas adotadas por um destes em um estudo de caso, conforme as delimitações de pesquisa que são justificadas no método.

Essa pesquisa sobre os perfis dos profissionais atuantes e das técnicas empregadas por eles é importante para embasar futuras análises sobre: o mercado, a cadeia de produção, a área técnica, o desempenho do sistema pós-ocupação e a percepção dos usuários.

1.2 Definição do Problema

Como cinco empresas localizadas nas regiões sul e sudeste do Brasil tem implementado o sistema construtivo *wood frame* no primeiro semestre de 2024?

1.3 Objetivo Geral

Analisar a implementação do sistema construtivo *wood frame* no Brasil a partir da caracterização de cinco empresas localizadas nas regiões sul e sudeste e do detalhamento das técnicas construtivas aplicadas em um estudo de caso de Santa Catarina.

1.4 Objetivos Específicos

- a) Levantar os possíveis construtores e projetistas que atuam com o sistema *wood frame* no Brasil no primeiro semestre de 2024;
- b) Caracterizar cinco destes construtores e projetistas localizados nas regiões sul e sudeste do país;
- c) Identificar as principais técnicas construtivas adotadas por um desses construtores nos subsistemas de um estudo de caso executado no estado de Santa Catarina entre os anos de 2022 e 2023;
- d) Comparar os dados adotados nesse estudo de caso de Santa Catarina com referências técnicas pré-existentes do sistema *wood frame* no Brasil e nos países norte-americanos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentadas referências técnicas e acadêmicas que apontam como o sistema *wood frame* é adotado nos países norte-americanos e no Brasil e seus principais métodos de produção.

2.1 Desenvolvimento do sistema *wood frame* nos países norte-americanos

Acredita-se que um dos primeiros sistemas construtivos tipo *light wood frame* foi o sistema balão, denominado *balloon frame*, o qual empregava peças longas de madeira que iam desde o piso até a cobertura para criar estruturas sem a necessidade de utilizar pórticos, pilares ou vigas. Os primeiros registros de edificações em *wood frame* remontam a aproximadamente 1830, sendo os construtores pioneiros George W. Snow e Augustine Deodat Taylor, na cidade de Chicago, nos Estados Unidos (Turan, 2009).

Na evolução do *balloon frame*, surgiu o sistema plataforma, no qual os montantes de madeira não mantêm a continuidade entre todos os pavimentos, sendo interrompidos pelo entrepiso, como se observa na Figura 01 (Think Wood, 2023). Suas paredes são formadas por elementos de madeira serrada, juntamente com chapas de contraventamento, acrescidas de materiais de revestimento internos e externos.

Figura 01 - Estrutura de madeira do sistema plataforma e do sistema balão

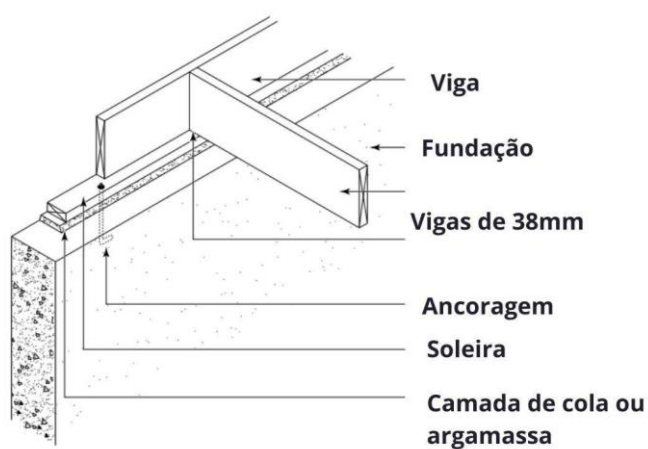


Fonte: Adaptado de Think Wood (2023).

O sistema plataforma, um tipo de *wood light frame*, ainda é o mais abordado por documentos técnicos e normativos como: o *Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC)* no Canadá e o *The Engineered Wood Association (APA)* e o *Wood Frame Construction Manual (WFCM)* do *American Wood Council (AWC)* nos Estados Unidos. Os principais detalhes técnicos do *wood frame* nos países norteamericanos são muito semelhantes conforme registram seus documentos técnicos apresentados na sequência.

No Canadá, usualmente, a fundação das edificações em *wood frame* é feita com sapata corrida, levando em consideração a espessura da parede, ou com sapatas isoladas. Sobre a viga baldrame é aplicada uma camada de isolamento contra a umidade, na qual se assenta uma peça de madeira denominada soleira, que é ancorada na fundação por parafusos. Sobre as soleiras, a estrutura do piso é fixada, como ilustra a Figura 02 (CMHC, 2013).

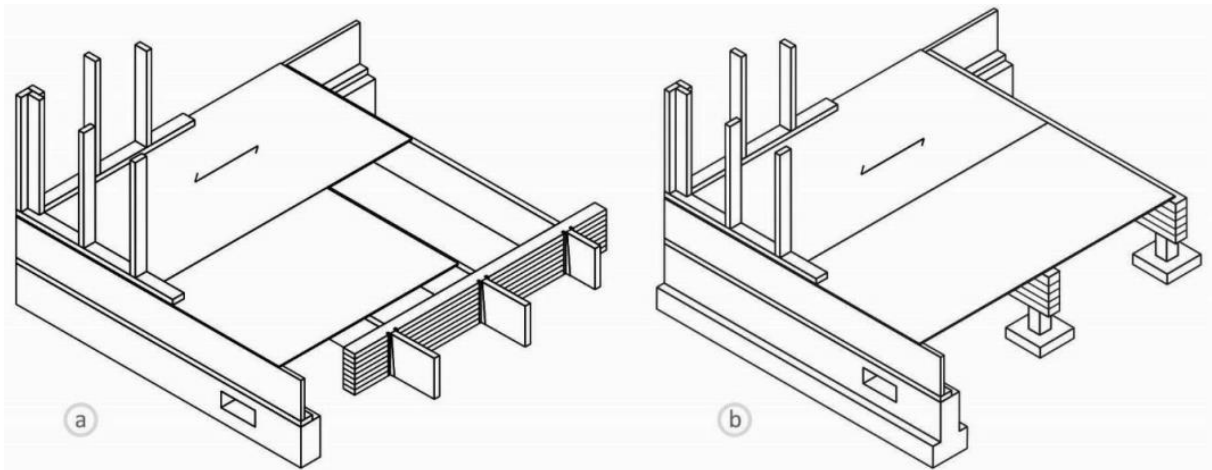
Figura 02 - Detalhe de uma fundação com viga baldrame



Fonte: Adaptado de CMHC (2013).

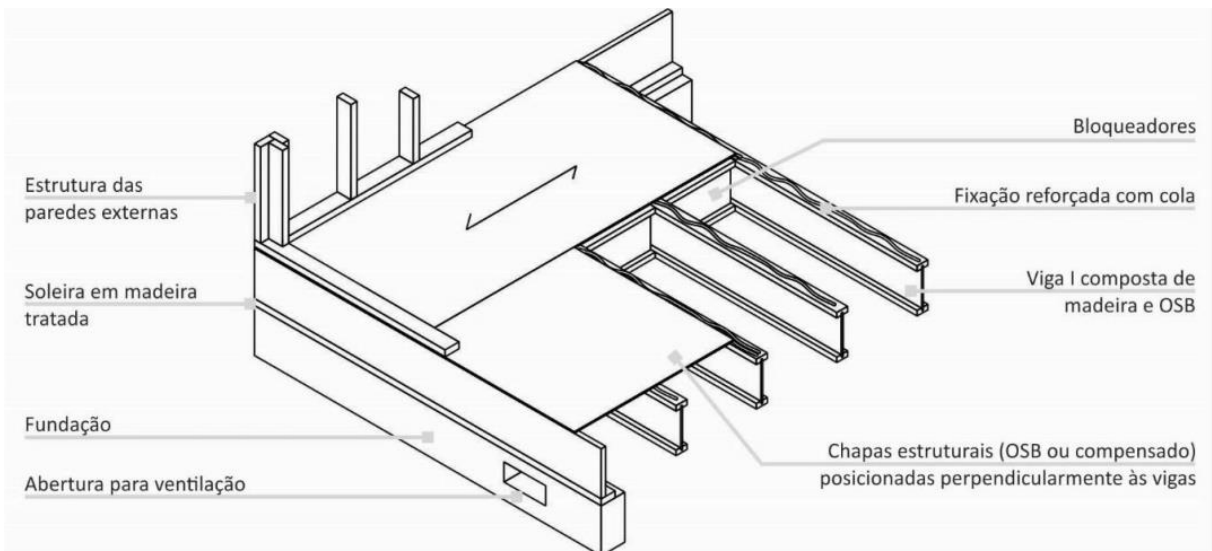
A fundação em sapatas também é mencionada em documentos técnicos americanos (APA, 2019). Sobre essa fundação, o piso térreo é fixado e estruturado por vigas de madeira maciça, madeira lamelada colada ou vigas I compostas por madeira e OSB, travadas por peças de madeira serrada e por chapas estruturais de madeira compensada ou OSB, como ilustram as Figuras 03 e 04.

Figura 03 - Plataformas de piso com vigas de madeira maciça (a) e lamelada colada (b)



Fonte: Adaptado de APA (2015) por Espíndola (2017).

Figura 04 - Plataformas de piso com vigas I compostas de madeira e OSB



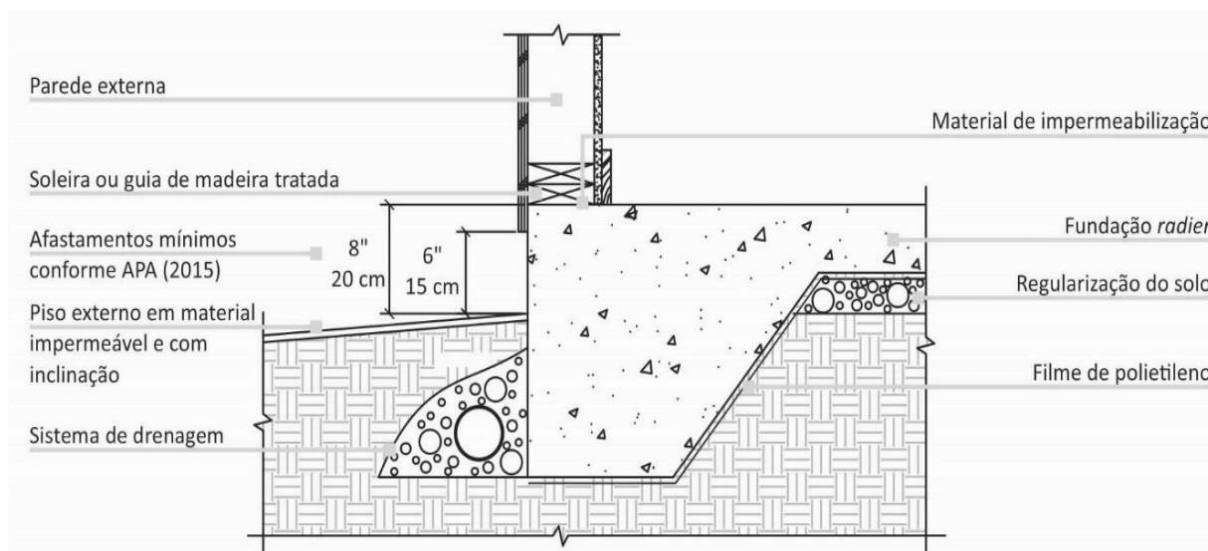
Fonte: Adaptado de APA (2015) por Espíndola (2017).

A fundação também pode ser executada em radier, conforme os detalhes do APA (2015) na Figura 05. Nesse caso, não é necessário realizar a estrutura de piso de madeira, pois a própria fundação tem a função de piso.

Ainda, os documentos técnicos reforçam que, na fundação das construções em *wood frame*, deve-se evitar que a umidade do solo passe e chegue até a estrutura de madeira. Por isso, recomendam: ter um sistema adequado de drenagem do solo em contato com a edificação, aplicar materiais de isolamento da umidade entre o solo e a fundação, executar um piso externo com inclinação adequada para

escoar a água para o sentido oposto da fundação, construir a parede com distâncias mínimas de 20 cm do nível do piso externo, e aplicar algum material para impermeabilização da fundação onde serão instaladas as soleiras das paredes (Figura 05) (APA, 2015 *apud* Espíndola, 2017).

Figura 05 - Detalhamento de fundação radier

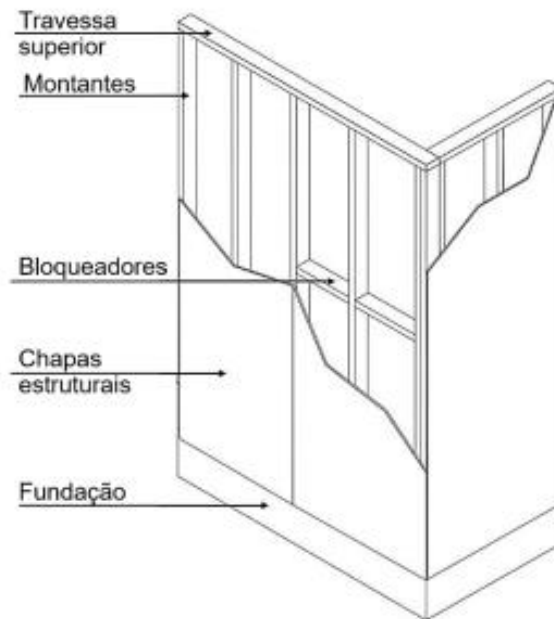


Fonte: Adaptado de APA (2015) por Espíndola (2017).

Os quadros estruturais de parede são compostos por peças estruturais de madeira serrada, denominados montantes, travessas inferiores e superiores, e bloqueadores. Sobre esta ossatura de madeira são aplicadas chapas estruturais, como OSB ou compensado, que proporcionam o contraventamento e rigidez ao conjunto estrutural, conforme as Figuras 06 e 07 (APA, 2019).

Nos Estados Unidos, utilizam-se peças de madeira serrada com dimensão de 2" x 4" (38 mm x 89 mm) ou 2" x 6" polegadas (38 mm x 140 mm), com montantes espaçados a cada 16" (40 cm) ou 24" (60 cm), dependendo da carga a ser suportada (APA, 2019). No Canadá, utilizam-se as mesmas dimensões para as estruturas de parede, 2" x 4" (38 mm x 89 mm) ou 2" x 6" (38 mm x 140 mm), geralmente espaçadas a 40 cm no centro, podendo ser alterado para 30 cm ou 60 cm dependendo da carga e do tipo e espessura dos revestimentos utilizados (CHMC, 2013).

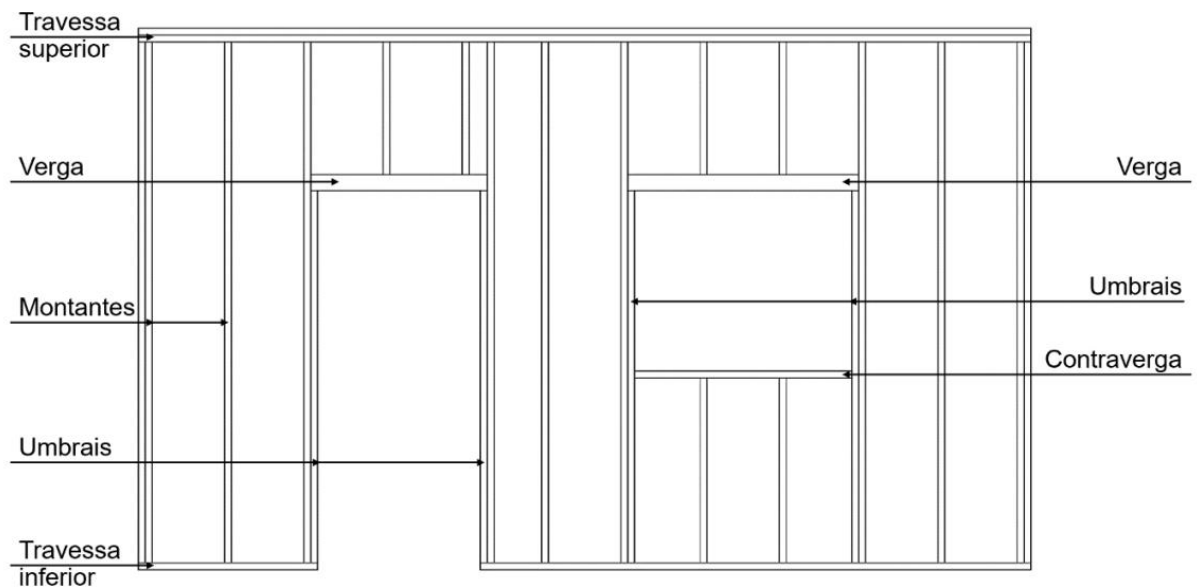
Figura 06 - Composição do quadro estrutural das paredes



Fonte: Adaptado de APA (2019) por Guessser (2019).

Em paredes com aberturas para esquadrias, conforme a Figura 07 detalha, além das peças utilizadas no quadro estrutural padrão, ainda são introduzidos componentes como vergas, contravergas e umbrais, unidos através de pregos galvanizados (APA, 2019).

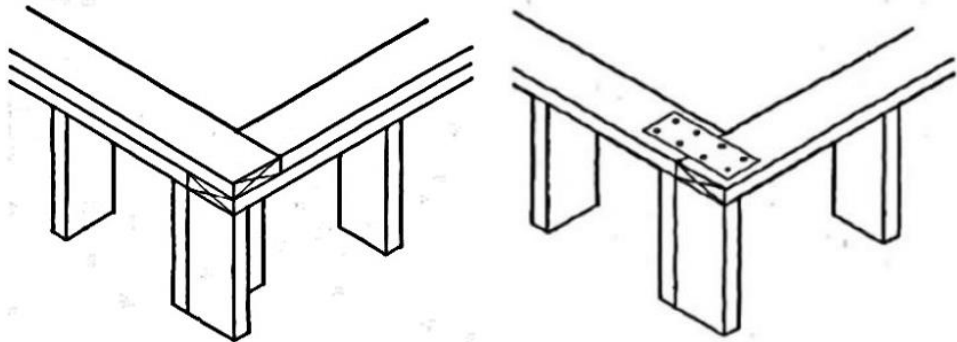
Figura 07 - Composição do quadro de parede com aberturas para esquadria



Fonte: Adaptado de Dias (2005) por Guessser (2019).

As travessas superiores devem ser preferencialmente duplas, pois assim permitem que haja o transpasse nos encontros de paredes e melhor amarração de toda a estrutura. A Figura 08 ilustra os encontros de parede, demonstrando o caso com travessas duplas ou unidas através de chapa metálica (Thallon, 2008).

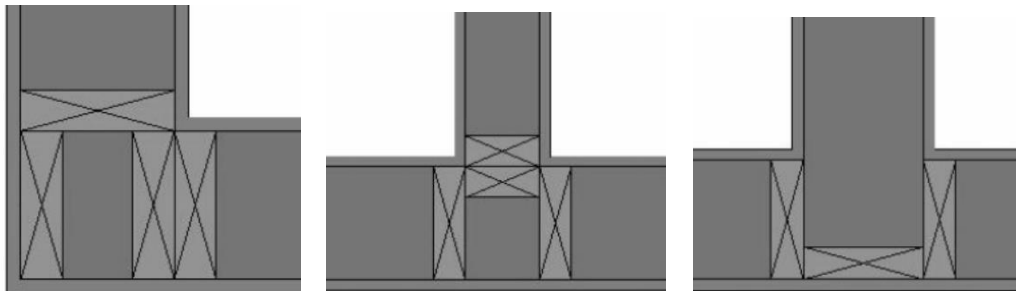
Figura 08 - União das travessas superiores nos encontros de parede



Fonte: Thallon (2008).

Para o encontro das paredes, os montantes podem ser dispostos como ilustra a Figura 09.

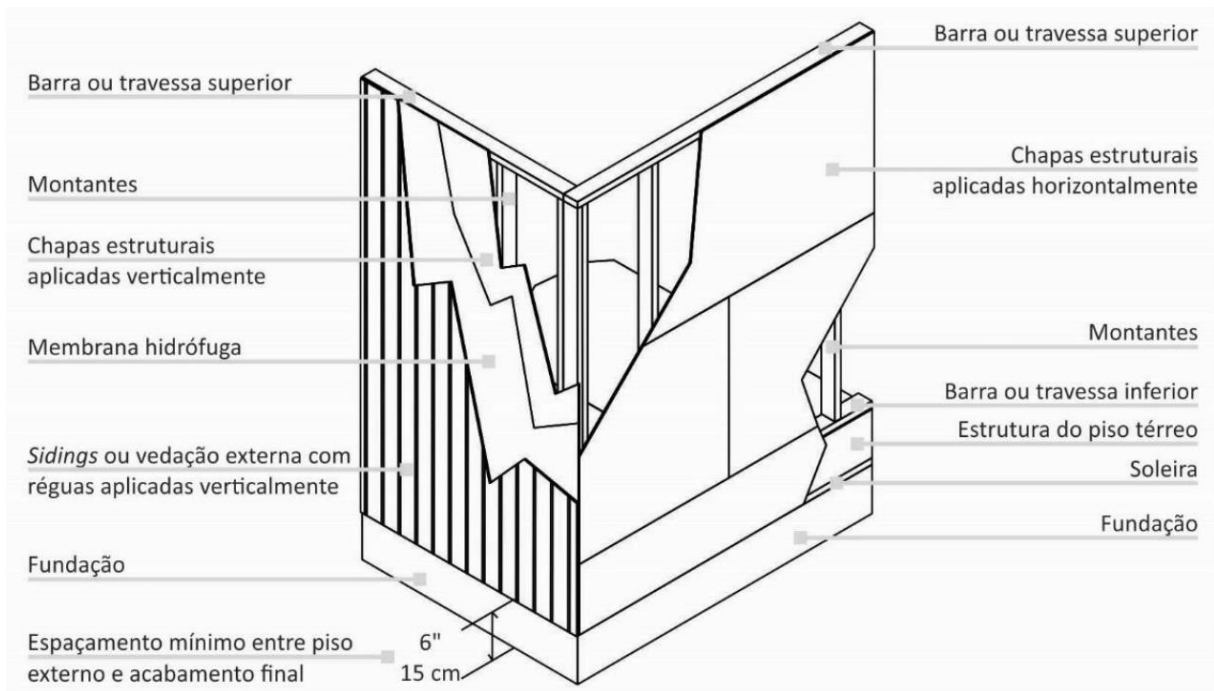
Figura 09 - Montantes nos encontros de parede



Fonte: Guesser (2019).

A posição das chapas estruturais aplicadas sobre a ossatura de madeira pode variar, podendo ser aplicadas no sentido vertical ou horizontal, (Figura 10). A orientação horizontal garante mais estabilidade à estrutura, assim como a utilização em ambas as faces da parede, tanto na superfície externa, quanto na superfície interna (CMHC, 2013).

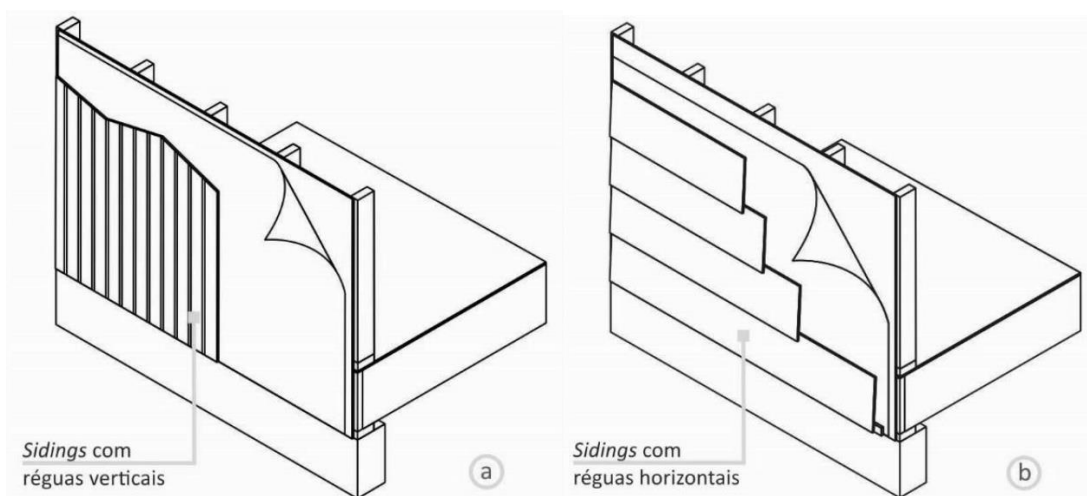
Figura 10 - Orientação das chapas estruturais



Fonte: Adaptado de APA (2015) por Espíndola (2017).

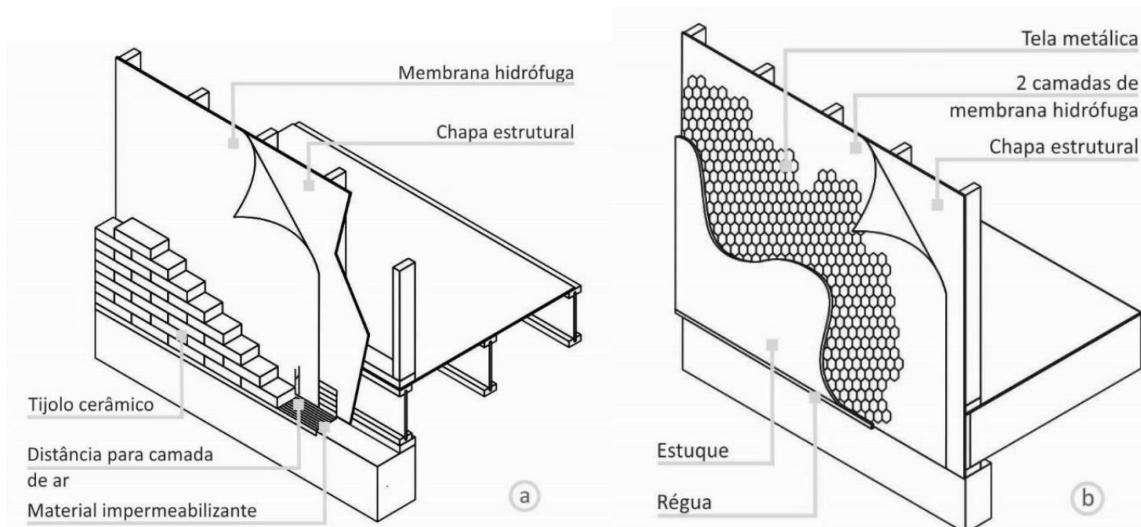
Nas camadas externas, de fechamento da ossatura de madeira, após a chapa estrutural, é sempre utilizada uma membrana hidrófuga, a fim de reter a entrada de água e permitir a saída de umidade e vapor interno ao *frame*. Como mostram as Figuras 11 e 12, são opções de revestimento externo: *sidings* ou régua de madeira ou PVC, blocos cerâmicos, estuque, entre outros (APA, 2019; CMHC, 2013).

Figura 11 - Revestimento externo em *sidings* verticais e horizontais



Fonte: Adaptado de APA (2015) por Espíndola (2017).

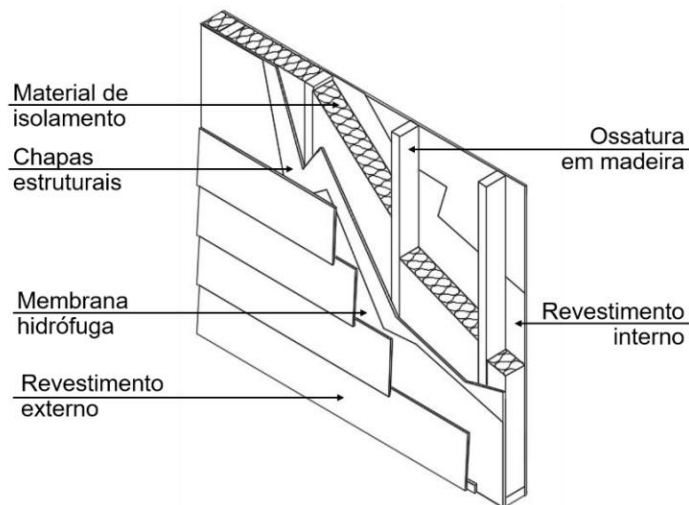
Figura 12 - Revestimento externo em blocos cerâmicos (a) e estuque (b)



Fonte: Adaptado de APA (2015) por Espíndola (2017).

O preenchimento da estrutura de madeira é feito a partir dos materiais para isolamento térmico e acústico, como é apresentado na Figura 13 (CMHC, 2013).

Figura 13 - Composição do painel de parede com revestimentos e isolamento

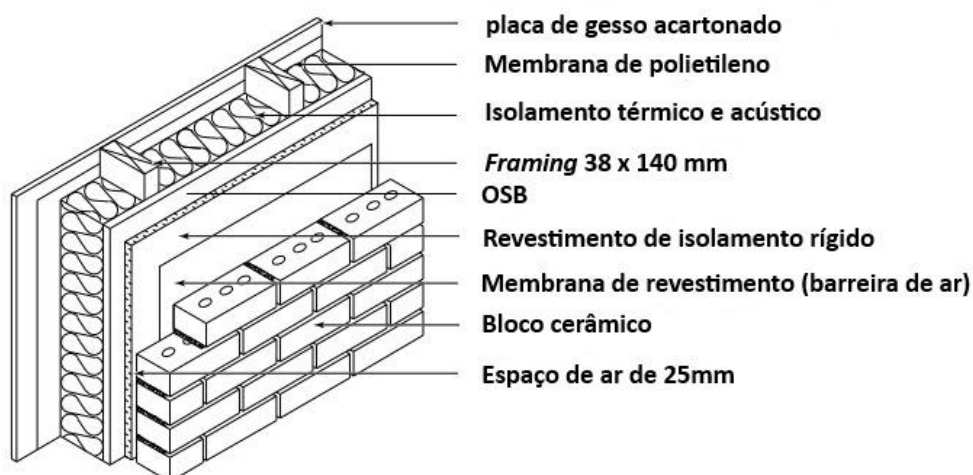


Fonte: Adaptado de APA (2019) por Guessser (2019).

Para as superfícies internas, o gesso acartonado é utilizado como revestimento, podendo ser fixado diretamente no entramado ou fixado sobre a chapa estrutural de OSB ou compensado. Ainda, em ambientes onde o clima é frio e o ambiente interno é mais aquecido, na face interna, antes do gesso, existe também uma membrana de barreira de vapor que impede que o vapor e a umidade dos ambientes internos passe para a estrutura de madeira (CMHC, 2013).

A Figura 14 apresenta esse caso em que uma membrana contra passagem de vapor é colocada na superfície interna, que é mais aquecida, e a membrana hidrófuga é aplicada na face externa para permitir a saída do eventual vapor interno à parede e impedir a entrada de água externa (CMHC, 2013).

Figura 14 - Isolamento contra vapor e umidade

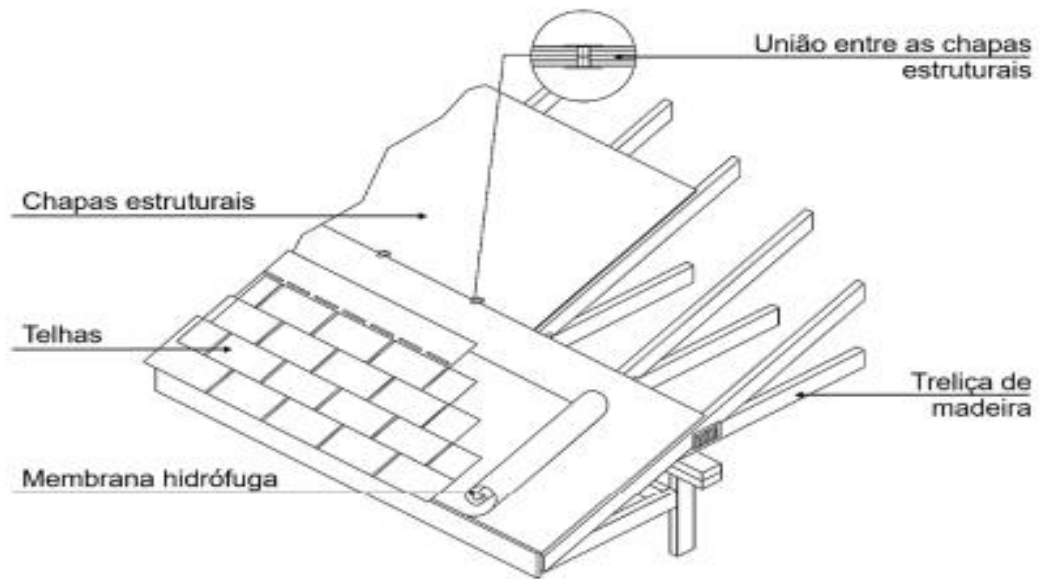


Fonte: Adaptado de CMHC (2013).

Nos países norte-americanos, as estruturas das coberturas são compostas, geralmente, por treliças pré-fabricadas com peças de madeira maciça ou por vigas I compostas de madeira e OSB (AWC, 2015). Conforme ilustra a Figura 15, sobre essa estrutura, são fixadas as chapas estruturais de OSB ou compensado, as membranas hidrófugas e, por fim, as telhas *shingle* (APA, 2015).

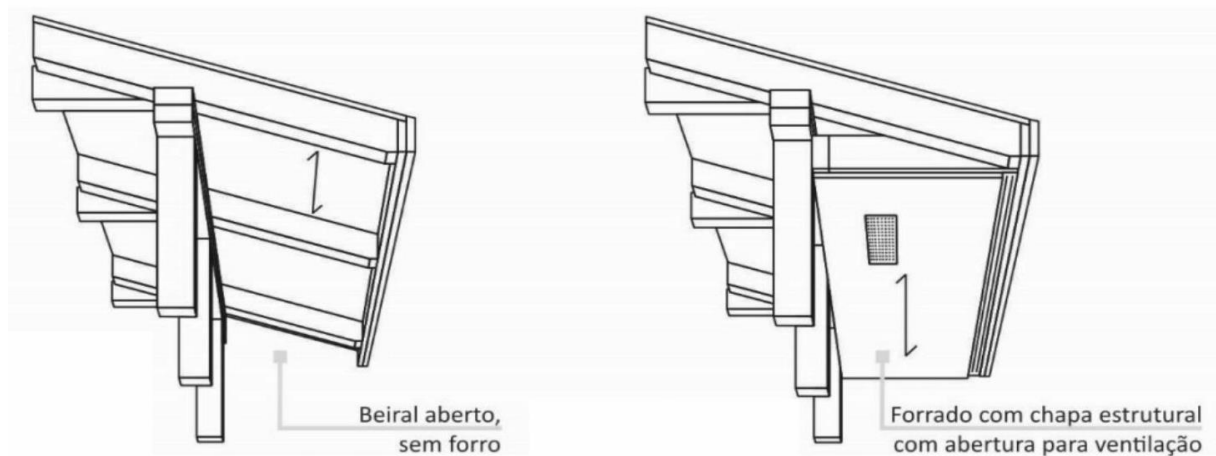
Também, é comum utilizar isolantes termoacústicos e vedação de gesso acartonado nas áreas internas, enquanto na área externa o beiral pode ser aberto ou forrado com chapas estruturais, como ilustrado na Figura 16, deixando pequenas aberturas para ventilação e circulação do ar (CMHC, 2013).

Figura 15 - Elementos de composição da cobertura norte-americana



Fonte: Adaptado de APA (2015) por Espíndola (2017).

Figura 16 - Beiral da cobertura sem forro e com forro



Fonte: Adaptado de APA (2015) por Espíndola (2017).

2.2 Desenvolvimento do *wood frame* no Brasil

No Brasil, no início dos anos 2000, foram registradas as primeiras construções em *wood frame*, com destaque para uma casa construída pelo engenheiro Carlos Alves e pelo construtor americano Alfred Lee Edgare no município de Viamão, Rio Grande do Sul, além de casas de médio e alto padrão

executadas pela Battistella Indústria e Comércio LTDA, também na região sul do país (Molina; Calil Júnior, 2010).

Entre os anos 2000 e 2009, as publicações sobre a realização de construções em *wood frame* no Brasil são raras (Espíndola, 2017). No entanto, nesse período foram realizadas pesquisas acadêmicas sobre resistência estrutural, projeto e execução de modelos construtivos do sistema *wood frame*, buscando adequá-lo ao contexto local. Por exemplo, destaca-se a construção de uma habitação de dois pavimentos com o sistema denominado Stella-UFSC (Figura 17), realizada pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em parceria com a empresa Battistella (Szücs *et al.*, 2006 *apud* Espíndola, 2017).

Figura 17 - Sistema Stella-UFSC desenvolvido pela UFSC em parceria com a empresa Battistella



Fonte: Szücs *et al.* (2006) *apud* Espíndola (2017).

No ano de 2009, ocorreu uma mudança significativa para a promoção do *wood frame* no Brasil. Um grupo atuante na indústria da construção em madeira organizou-se na chamada Comissão Casa Inteligente com o objetivo de definir diretrizes de desempenho para o sistema construtivo *wood frame* no Brasil, o qual ainda não possuía norma técnica nacional. Dentro do Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT) no âmbito do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), algumas empresas e instituições de pesquisa realizaram ensaios de acordo com os requisitos de desempenho da norma NBR 15575 vigente à época, obtendo a aprovação de Documentos de Avaliação Técnica (DATec), o que permitiu o financiamento e inclusão no programa habitacional Minha Casa Minha Vida (Figura 18). O residencial Haragano, localizado em Pelotas, Rio Grande do Sul, foi o primeiro projeto divulgado como habitação social em *wood frame* (Figura 19) (Espíndola, 2014, Espíndola, 2017).

Figura 18 - Protótipo de casa construída pela empresa Tecverde em Curitiba, Paraná



Fonte: Tecverde (2015) *apud* Espíndola (2017).

Figura 19 - Residencial Haragano construído em Pelotas, Rio Grande do Sul



Fonte: Souza, *et al.* (2021).

Com avanços nesse setor, em agosto de 2016, foi concluída a construção do primeiro prédio em *wood frame* do Brasil (Figura 20), em Araucária, no Paraná, pela empresa Tecverde. Conforme relatos da empresa, a montagem do edifício de três andares levou 64 horas para ser concluída no canteiro, com equipes trabalhando oito horas por dia, em colaboração com a CRM Construtora (Tecverde, 2016).

Figura 20 - Primeiro prédio em wood frame no Brasil, no Paraná



Fonte: Tecverde (2016).

Nesse período, De Araújo *et al.* (2016) e Espíndola (2017) realizaram levantamentos de empresas que utilizavam o *wood frame* no Brasil. O Quadro 1 apresenta o levantamento de Espíndola (2017), que contabilizou 23 empresas que atuavam com *wood frame* em 2017. Nota-se que as empresas estavam localizadas principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil, atuando, na maioria, com método de produção no canteiro. Mas, a grande maioria das unidades construídas entre 2010 e 2017, conforme Espíndola (2017), ocorreu em escala por método industrializado. Desde então, não há mais trabalhos que realizaram este tipo de levantamento.

Quadro 1 - Empresas brasileiras que atuavam com wood frame em 2016

Empresa	Atuação / Método de produção	Local
Tecverde Engenharia	Residencial e Institucional/Produção industrializada – painéis fechados	Araucária, PR
Ecos Haus / Grupo Kürten	Residencial /Produção industrializada – painéis fechados	Curitiba, PR
Roberto Ferreira	Residencial /Produção semi-industrializada – painéis abertos	Pelotas, RS
Tetti	Residencial /Produção semi-industrializada – painéis abertos, painéis fechados	Capão Bonito, SP
Canteiro	Construções temporárias / Produção semi-industrializada – painéis abertos	Santa Isabel, SP
Caribea – Casa Inteligente	Residencial / Produção semi-industrializada – painéis abertos	São Manuel, SP
Shintech	Residencial e Institucional / Produção no canteiro	Sorocaba, SP
Solução madeiras	Construções temporárias / Produção no canteiro	Arujá, SP
Buselli Arquitetura	Residencial / Produção no canteiro	Limeira, SP
Novo Horizonte Soluções de Engenharia	Residencial / Produção no canteiro	Rio de Janeiro, RJ
Madeiras MG	Residencial / Produção no canteiro	Belo Horizonte, MG
Elemental Construtora	Residencial / Produção no canteiro	Uberlândia, MG
Casa Certa	Residencial / Produção no canteiro	Brasília, DF
Volver Sistemas Construtivos Flexíveis	Residencial / Produção no canteiro	Curitiba, PR
Casa rápida Curitiba	Residencial / Produção no canteiro	Curitiba, PR
Embafort Sistemas Construtivos	Residencial / Produção no canteiro	Curitiba, PR
Montaggio Wood & Steel frame	Residencial / Produção no canteiro	Cascavel, PR
Bolsoni Carpintaria	Residencial / Produção no canteiro	Florianópolis, SC
Holz Haus	Residencial / Produção no canteiro	Florianópolis, SC
Madeframe – Construframe Montagem e Construções Ltda	Residencial / Produção no canteiro	Joinville, SC / Vargem Grande Paulista, SP
Sperotto Engenharia	Residencial / Produção no canteiro	Erechim, RS
Szücs Engenharia e Arquitetura	Consultoria, Projeto estrutural e executivo, acompanhamento da obra	Florianópolis, SC
Stamade Consultoria em Estruturas de Madeira	Consultoria, Projeto estrutural e executivo, acompanhamento da obra	São Carlos, SP

Fonte: Espíndola (2017).

2.2.1 Potenciais e entraves para disseminação do *wood frame* no Brasil

Com a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, o setor da construção civil procura matérias-primas mais sustentáveis. Assim, o sistema *wood frame*, que utiliza madeira de florestas plantadas, como pinus e eucalipto, matéria-prima renovável e com grande potencial contra emissões de CO₂, tem se destacado (Leite; Lahr, 2015). Por exemplo, as áreas de madeira de floresta plantada de pinus e eucalipto, em 2022, contabilizaram 9,93 milhões de hectares, 1,9% de crescimento com relação ao ano de 2020. Do volume total, 88,9% das florestas plantadas estão localizadas na região sul do Brasil, sendo Paraná e Santa Catarina os principais produtores (IBA, 2022).

No Brasil, apesar dos potenciais já apontados por pesquisadores e construtores, como racionalização e produtividade, o sistema *wood frame* enfrenta dificuldades como a barreira cultural e os preconceitos relacionados a falta de confiabilidade na madeira (Molina; Calil, 2010, Orsoni, 2022, Shigue, 2018).

Assim, é necessário difundir mais informações sobre o sistema ao público em geral para combater esse preconceito de utilizar a madeira como material principal da construção. Também, é importante fazer pesquisas de satisfação para compreender anseios, hábitos e necessidades dos usuários, assim como dialogar com os agentes construtores, visando a melhoria e a revisão de técnicas construtivas do sistema (Sotsek; Santos, 2018, Rodrigues; Moura; Silva, 2023).

Em conjunto, também, há a necessidade de formar profissionais capacitados para atuar especificamente com a construção em madeira. Segundo Oliveira (2014), a quantidade de profissionais que atuam com o sistema *wood frame* é muito pequena. Soares (2023, p. 379) corrobora dizendo que:

A consequência da associação da madeira como material secundário na construção civil fragiliza a formação profissional de pessoas qualificadas na área, já que profissionais recém-formados buscam consolidação no mercado, optando por capacitações em áreas mais estruturadas e usuais, como o caso das estruturas de concreto armado e alvenaria de blocos.

Ainda, segundo Rodrigues, Moura e Silva (2023, p. 586),

No campo do conhecimento, faz-se necessário a continuidade de trabalhos e desenvolvimento não só de ferramentas e normas, mas também de cursos e treinamentos, com iniciativas de capacitação aos profissionais, projetistas e pesquisadores, uma vez que, a cultura de ensino projetual arquitetônica e do desenho no Brasil, ainda é voltada para a alvenaria, tecnologia consolidada no país.

Portanto, é de extrema importância incorporar o sistema *wood frame* com mais propriedade e com mais carga horária nas unidades curriculares dos cursos da área da construção civil, como em arquitetura, engenharia civil e técnico em edificações.

E, além de profissionais habilitados para o detalhamento e a execução de projetos em madeira, fazem-se necessários a maior capacitação de mão de obra especializada no setor e a maior expansão tecnológica do mercado (Souza, 2022; Orsoni, 2022; Soares, 2023).

Antes, a falta de uma norma brasileira específica ao *wood frame* era apontada como um dos entraves para a disseminação do sistema (Fischer, 2021, Orsoni, 2022, Soares, 2023). Agora, com a publicação da ABNT NBR 16.936 em julho de 2023, espera-se que a indústria da construção brasileira, juntamente com os órgãos que fomentam e incentivam a pesquisa e a inovação, adotem esse sistema, impulsionando o desenvolvimento do sistema construtivo *wood frame* (AECweb, 2023).

Por fim, conforme prospecção do panorama do sistema *wood frame* no Brasil levantado por Sotsek e Santos (2018), em um âmbito mais amplo, a disseminação depende de incentivos governamentais e da integração do setor madeireiro com o setor da construção civil.

2.2.2 Técnicas construtivas do *wood frame* aplicadas no Brasil até meados de 2020

Conforme já mencionado, poucas referências acadêmicas registraram como o *wood frame* tem sido aplicado no território brasileiro. Na sequência, para descrever as principais técnicas construtivas aplicadas no Brasil até meados de 2020, este trabalho destaca: Molina e Calil Junior (2010), Espíndola (2017) e Souza (2021).

No Brasil, de uma forma geral, para a estrutura principal do sistema *wood frame* tem sido utilizadas peças leves de madeira oriundas de florestas plantadas e tratadas contra o ataque de insetos xilófagos, como cupins e fungos. A principal espécie adotada nessas construções brasileiras tem sido o pinus, tratado com Arseniato de Cobre Cromatado (CCA) ou com uma solução de Cobre, Cromo e Boro (CCB) (Molina; Calil Junior, 2010, Espíndola, 2017, Leite; Bertini, 2017, Souza, 2021).

Essas peças de madeira são utilizadas para formar estruturas de piso, parede e cobertura, que são combinados e/ou revestidos com outros materiais para proporcionar resistência, confortos térmico e acústico e proteção contra as condições climáticas e possíveis incêndios (Molina; Calil Junior, 2010, Espíndola, 2017).

Os principais detalhes técnicos dos subsistemas de fundação, paredes, entrepiso e cobertura serão detalhados na sequência (Figura 21).

Figura 21 - Principais subsistemas de uma edificação em *wood frame*



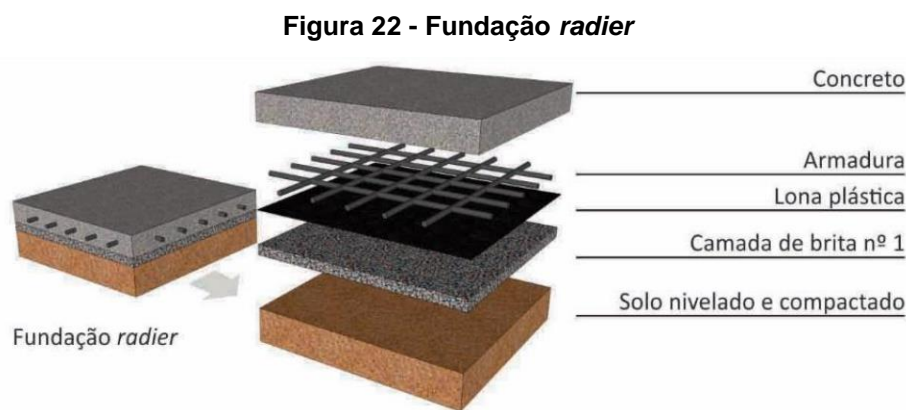
Fonte: Adaptado de APA (2008) por Guessser (2019).

2.2.2.1 Fundação

A escolha da fundação para um edifício está ligada diretamente à geotecnia, que considera as propriedades do solo, a absorção de tensões e compressões a que está sujeito (Borges, 2019). Como as construções em madeira são caracterizadas por ter uma estrutura leve, a transmissão de esforços para a fundação é menor,

quando comparado ao sistema convencional, diminuindo a necessidade de fundações profundas (ŠVAJLENKA *et al.*, 2017).

Assim, a fundação mais comumente utilizada para construções em *wood frame* no Brasil é a *radier* (Figura 22), que se trata de uma laje de concreto armado que transmite de maneira uniforme os esforços ao solo. Mas, também, são encontradas fundações construídas em blocos de concreto (Espíndola, 2017).



Fonte: Espíndola (2017).

2.2.2.2 Paredes

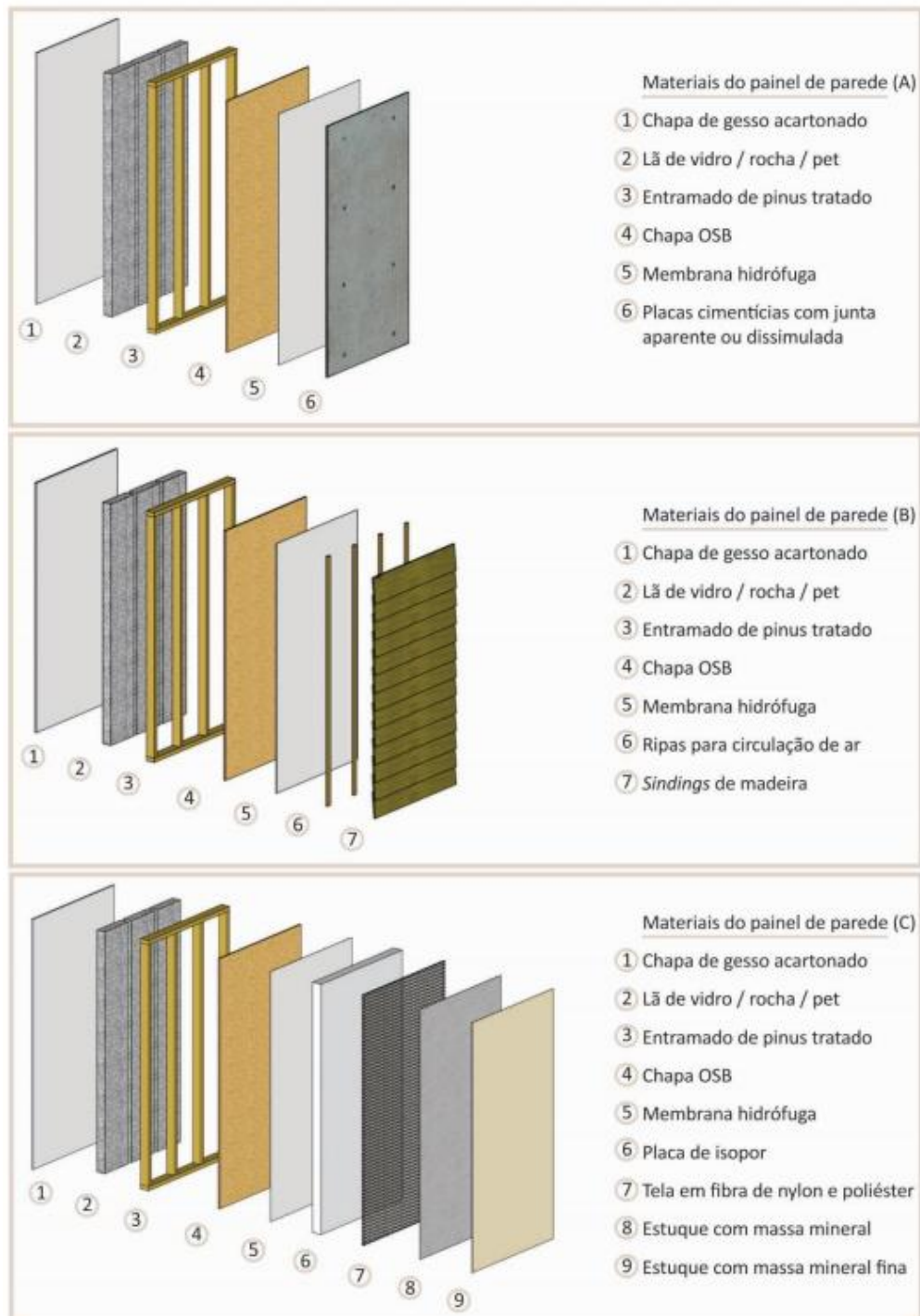
No Brasil, a constituição principal do *wood frame* é muito similar às referências norte-americanas. Os quadros estruturais de parede são compostos por peças de madeira serrada e tratada de pinus, em geral, com seção de 38 mm x 89 mm, e montantes espaçados a cada 40 cm. Entre os montantes e as travessas são colocados isolamentos, como lã de rocha, de vidro ou de PET (Espíndola, 2017).

Na face interna da parede, sobre o quadro estrutural, são aplicadas chapas de gesso acartonado ST ou RU conforme os ambientes, além de tratamentos e acabamentos para reter a umidade em ambientes molháveis (Espíndola, 2017).

E, na face externa da ossatura de madeira sempre são aplicadas chapas estruturais, como OSB, e a membrana hidrófuga sobre as chapas. E, para o acabamento externo, conforme a Figura 23, as empresas brasileiras utilizam: (A) placas cimentícias com tratamento de junta aparente ou dissimulada, (B) *sidings* de madeira ou em PVC e (C) o sistema EIFS, com placas de isopor, tela de reforço em

fibra de nylon e poliéster e estuque com massa mineral (Espíndola, 2017). Desses acabamentos externos, o mais utilizado, é o de placa cimentícia (Souza, 2021).

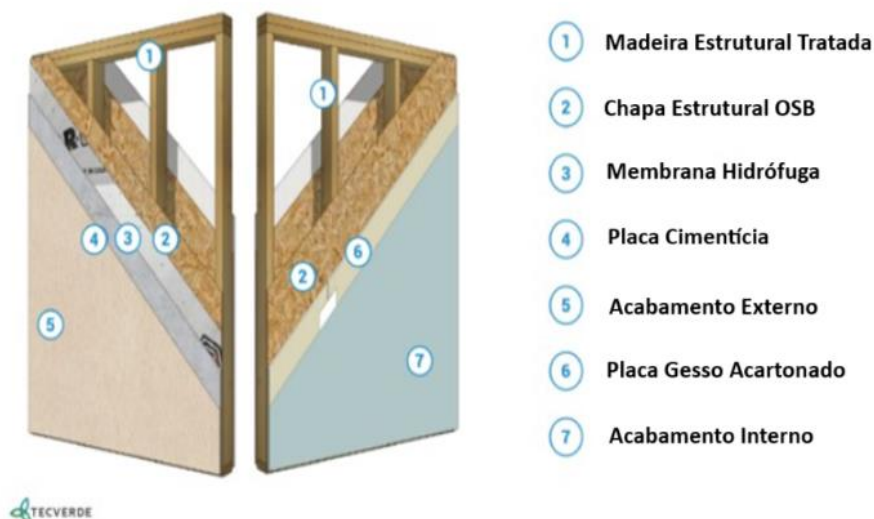
Figura 23 - Composições mais comuns em painéis de parede no Brasil



Fonte: Espíndola (2017).

A Figura 24 ilustra uma das composições mais usuais no Brasil, utilizada pela empresa Tecverde nas suas construções. Conforme já mencionado, atualmente, esta empresa é a maior produtora de unidades habitacionais no Brasil (Tecverde, 2023).

Figura 24 - Composição do painel de parede aplicado pela empresa Tecverde



Fonte: Tecverde (2016).

Para paredes internas sem função estrutural, muitas empresas escolhem instalar exclusivamente placas de gesso acartonado para fechar a estrutura de madeira. Quando esses painéis têm finalidade estrutural ou exigem maior resistência para suportar objetos suspensos, como móveis ou redes de dormir, as empresas aplicam placas de OSB em ambas as faces do painel (Espíndola, 2017).

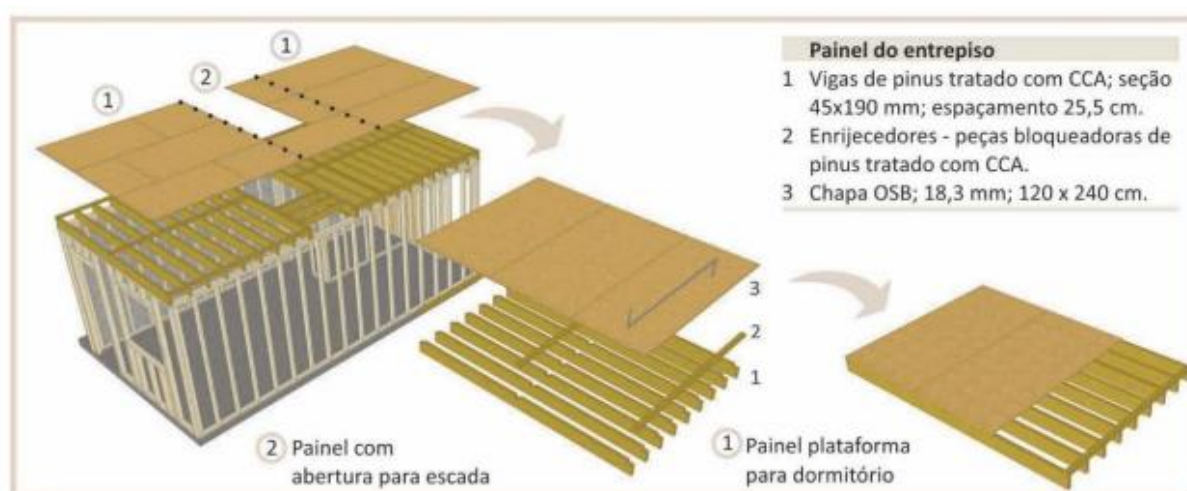
2.2.2.3 Entrepiso

No Brasil, as plataformas de piso entre pavimentos, em geral, são constituídas por barrotes, isto é, vigas retangulares de madeira maciça tratada. Sobre as vigas são fixadas as chapas de contraventamento, geralmente, de OSB, com pregos. E, usualmente, acrescenta-se cola nessa fixação para diminuir as vibrações do piso. Ainda, são colocadas peças de madeira bloqueadoras entre as vigas, nos encontros das chapas de OSB, para aumentar a rigidez da estrutura.

Sobre as chapas são instalados os acabamentos do piso conforme projeto (Espíndola, 2017).

A Figura 25 ilustra o entrepiso do Residencial Haragano que era composto por painéis de piso pré-fabricados, constituídos por vigas de pinus, com seção 45 mm x 190 mm, espaçadas a cada 25,5 cm, aproximadamente. O entrepiso é fixado sobre as paredes térreas e tem função de base para as paredes dos pisos subsequentes (Espíndola, 2017).

Figura 25 - Painel de Entrepiso



Fonte: Espíndola (2017).

2.2.2.4 Cobertura

Por fim, as coberturas mais frequentes no Brasil são as treliçadas em madeira ou metálica, com chapas de OSB, membrana hidrófuga e telhas, tais como: cerâmica, metálica, sanduíche ou *shingle* (Espíndola, 2017).

Por exemplo, na Figura 27 pode-se observar a cobertura adotada para o Residencial Haragano com treliças metálicas e telhas cerâmicas. E, na Figura 29, na construção do primeiro prédio em *wood frame* no Brasil, foram utilizadas treliças de madeira.

Figura 26 - Cobertura do Residencial Haragano, com treliças metálicas e telhas cerâmicas



Fonte: Espíndola, 2017.

Figura 27 - Cobertura do primeiro prédio em *wood frame*, com treliças em madeira



Fonte: Tecverde, 2023.

Ainda, Souza (2021) acrescenta que no Brasil as telhas mais utilizadas para as habitações sociais construídas com *wood frame* são as cerâmicas e as de fibrocimento. Pois, como não há fabricação da telha *shingle* no Brasil, com a importação, essas telhas apresentam valores mais elevados para este tipo de habitação. E, também, segundo o autor, faltam estudos que avaliem o desempenho deste sistema de cobertura no clima brasileiro.

Entretanto, em seus catálogos detalhando o sistema *wood frame*, o fabricante e fornecedor LP *Building Solution* (2012), localizado no Paraná, ilustra o subsistema de cobertura com telhas *shingle*. Assim como, os autores Molina e Calil Junior (2010) e Espíndola (2017) observam a aplicação das telhas *shingle* em construções de escala individual.

2.2.3 Documentos técnicos e normativas para o *wood frame* no Brasil

No Brasil, a ABNT NBR16.936 específica sobre *wood frame* foi publicada somente em julho de 2023. Então, até meados de 2010, conforme Molina e Calil Junior (2010), as referências técnicas utilizadas para a construção do *wood frame* no Brasil seguiam documentos internacionais, como o *Wood Frame Construction Manual* (WFWC) do *American Wood Council* (AWC) e a norma europeia EUROCODE 5 Parte 2; e, documentos nacionais, como a NBR7190 vigente.

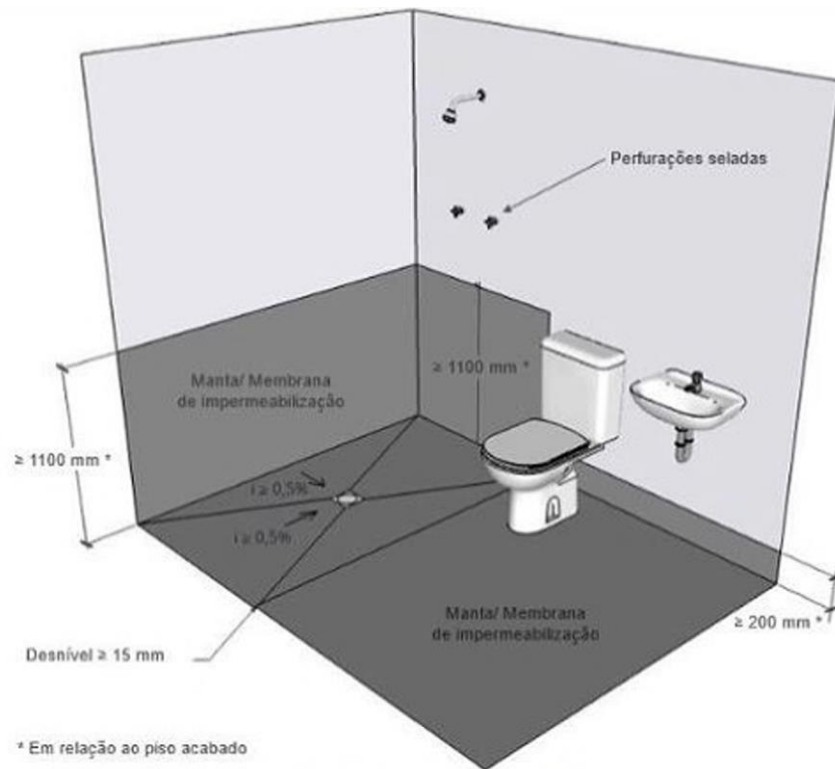
Também, conforme Rodrigues, Moura e Silva (2023), eram utilizados os Documentos de Avaliação Técnicas (DATECs) dos sistemas *wood frame* aprovados pelo Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Estes primeiros documentos técnicos foram publicados em 2011 e 2013:

- Diretriz SINAT nº 005: “Sistema construtivos estruturados em chapas delgadas – Sistemas leves tipo Light Wood Framing” (BRASIL, 2011);
- Documento de Avaliação Técnica (DATec) nº 20: “Sistema construtivo TECVERDE: Sistema leve em madeira” (BRASIL, 2013).

Desde então, estas publicações vêm sendo atualizadas periodicamente conforme os vencimentos das suas validades (Espíndola *et al.*, 2020). Por exemplo, no Anexo A, Guesser (2019) e Espíndola *et al.* (2020) resumem as principais especificações para os subsistemas de parede e de entepiso do *wood frame*, conforme a Diretriz SINAT nº 005 (BRASIL, 2017) e o DATec nº 020C (BRASIL, 2018).

Atualmente, a NBR16.936 (ABNT, 2023) regulamenta as construções em *wood frame* no Brasil. Dentre os requisitos para materiais e componentes, ressalta-se a necessidade de tratar quimicamente sob pressão as peças estruturais de madeira para garantir a resistência à organismos xilófagos. A norma também coloca requisitos para detalhes construtivos a fim de evitar o contato e a permanência dos componentes em madeira com a umidade, visando sua durabilidade, como ilustra a Figura 28.

Figura 28 - Detalhe de impermeabilização de áreas molháveis e molhadas



Fonte: ABNT NBR 16936 (2023).

Além de critérios para projeto e dimensionamento estrutural, a NBR16.936 (ABNT, 2023) apresenta os requisitos mínimos para os principais materiais constituintes do sistema *wood frame*, conforme resumido no Quadro 2.

Quadro 2 - Requisitos para os principais materiais constituintes do wood frame conforme a NBR 16936 (ABNT, 2023)

Madeira	
Densidade	Densidade aparente a 12% de teor de umidade conforme projeto
Resistência mínima	Resistência característica mínima de 20 Mpa à compressão paralela às fibras para corpos de prova isentos de defeitos, conforme NBR190
Tratamento	Tratamento químico sob pressão, conforme as categorias de uso 2, 3 e 4 da ABNT NBR 16143
Seção transversal nominal mínima para peças estruturais de parede (montantes e travessas)	38 mm x 89 mm com tolerância de 1,5 mm
Chapa OSB	
Tipo	Tipo 2 estrutural para condições secas Tipo 3 estrutural para condições úmidas (EN 300; CSA O325-16)
Umidade	2 a 12% (EN 300; CSA O325-16)
Resistência e módulo de elasticidade à flexão	EN 300; CSA O325-16
Inchamento (espessura)	<20% (EN 300; CSA O325-16)
Tratamento	Resistência ao ataque de cupins de madeira seca grau ≤ 1 Resistência ao ataque de cupins subterrâneos grau ≥ 7 (ASTM D 3345) Resistência a fungos emboloradores e apodrecedores - perda de massa ≤ 24% (ASTM 2017) e ABNT NBR 16143
Chapa de compensado estrutural	
Umidade	<18% (ABNT NBR 17002; PS1)
Resistência à flexão	ABNT NBR 17002
Inchamento (espessura)	<10% (ABNT NBR 17002)
Tratamento	ABNT NBR 16143

Fonte: Elaboração própria (2024).

Quadro 2 (continuação) - Requisitos para os principais materiais constituintes do wood frame conforme a NBR 16936 (ABNT, 2023)

Chapas de <i>drywall</i>	
Características	ABNT NBR 14715-1; ABNT NBR 14715-2
Barreira de vapor e umidade (membrana hidrófuga)	
Característica	membranas sólidas ou mantas líquidas para impedir a entrada de água na forma líquida para o interior dos painéis de parede e assegurar a saída da umidade do interior da parede em forma de vapor d'água (ASTM E1677, ASTM D5034, ASTM E96, EN 1931, ISO 12572, EN 13859-1, AATCC 127)
Chapa cimentícia	
Classes	Classe A – aplicações externas sujeitas à ação direta das intempéries; Classe B – aplicações externas não expostas à intempéries; Classe C – aplicações internas, podendo estar expostas ao calor, mas não podem estar expostas ao congelamento (ABNT NBR 15498)
Resistência à tração na flexão	ABNT NBR 15498
Permeabilidade à água	Na face interna, pode aparecer traços de umidade, porém não pode haver formação de gotas. Isso não se aplica às placas com acabamento ou revestidas (ABNT NBR 15498)
Variação dimensional	ABNT NBR 15575-4
Resistência mecânica após envelhecimento	O limite do resultado médio indicado deve ser superior a 0,70 (ABNT NBR 15498)
Juntas dissimuladas	Visíveis ou invisíveis (ABNT NBR 15575-4)
Revestimento externo para juntas invisíveis com <i>Basecoat</i>	Produto de base cimentícia ou polimérica em conjunto com malha de fibra de vidro (ABNT NBR 13278, ABNT NBR 15261, ABNT NBR 13279, ABNT NBR 15258, ABNT NBR 15259, ABNT NBR 13277, ABNT NBR 13280, EN 13496)
Sidings	
Tipos	Cimentícios, PVC ou OSB (ABNT NBR 16970-1, ABNT NBR 15575)

Fonte: Elaboração própria (2024).

Quadro 2 (continuação) - Requisitos para os principais materiais constituintes do wood frame conforme a NBR 16936 (ABNT, 2023)

Impermeabilização	
Proteção e estanqueidade	ABNT NBR 9575, ABNT 15575-4, Itens 6.10 a 6.13 ABNT NBR 16939
Elementos de fixação	
conectores metálicos, como pregos, parafusos, chumbadores	Não devem apresentar corrosão vermelha no ensaio de <i>salt spray</i> , câmara de exposição de névoa salina, conforme uso específico (ASTM B117, ABNT NBR 8094, ABNT 6211)

Fonte: Elaboração própria (2024).

Assim, observa-se que os elementos de madeira que compõem o quadro estrutural da parede devem ser tratados quimicamente, apresentar resistência característica à compressão paralela mínima de 20 MPa e seção transversal mínima de 38 mm x 89 mm. Esse quadro estrutural deve ter contraventamento quando solicitado, podendo ser utilizadas chapas estruturais de compensado ou de OSB, aplicados interna e/ou externamente (ABNT NBR 16936, 2023).

Na face externa, sobre a chapa estrutural, deve ser aplicada a membrana hidrófuga, que consiste em uma barreira de vapor e umidade que para impede a entrada de água na forma líquida para o interior das paredes e assegura a saída da umidade do interior das paredes em forma de vapor d'água. Estas podem ser aplicadas em mantas sólidas ou na forma líquida (ABNT NBR 16936, 2023).

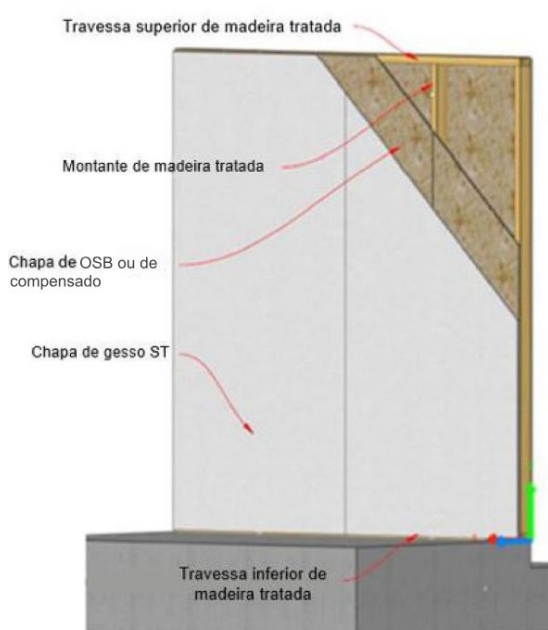
Na face interna das paredes, são aplicadas as chapas de *drywall* (Figura 29). E, na face externa, após a membrana hidrófuga, são aplicados os revestimentos externos, como *sidings* ou chapa cimentícia (Figura 30) (ABNT NBR 16936, 2023).

As juntas das chapas cimentícias podem ser dissimuladas visíveis ou invisíveis. Para o tratamento das juntas invisíveis, recomenda-se um revestimento externo do tipo *basecoat*, que consiste em uma base cimentícia ou polimérica reforçada com tela de fibra de vidro (ABNT NBR 16936, 2023).

Os elementos de fixação entre componentes do sistema podem ser conectores metálicos variados, como pregos, parafusos, chumbadores. Estes não devem apresentar corrosão vermelha no ensaio na câmara de exposição de névoa salina (ABNT NBR 16936, 2023).

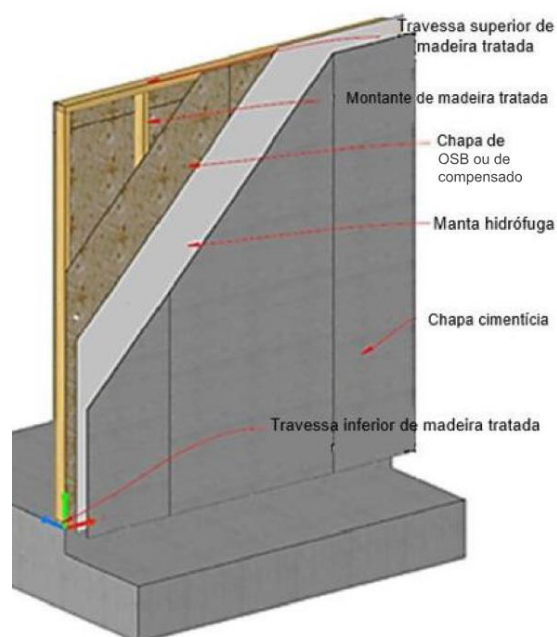
Como exemplo, as Figuras 29 e 30 ilustram uma composição de parede sugerida pela norma para o tempo requerido de resistência ao fogo (TRRF) de 30 minutos, com: chapa de gesso com 12,5 mm de espessura; montantes e travessas de madeira de pinus com seção 38 mm x 89 mm, tratados com CCA, classe de resistência C25; chapa OSB com 12 mm de espessura mínima; chapa cimentícia com 8 mm de espessura mínima, com tratamento de juntas e acabamento com *basecoat* de 3 a 5 mm de espessura; e isolamento dentro da ossatura, abaixo, acima e atrás das caixas elétricas, com camadas de lã de rocha com densidade de 32 kg/m³ e espessura 100 mm (ABNT NBR 16936, 2023).

Figura 29 - Detalhe da face interna de uma parede com TRRF de 30 minutos



Fonte: ABNT NBR 16936 (2023).

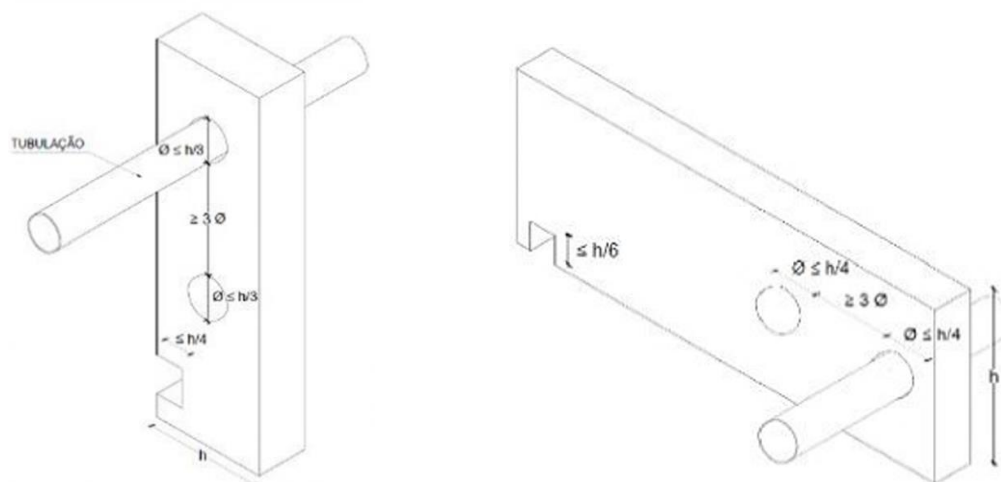
Figura 30 - Detalhe da face externa de uma parede com TRRF de 30 minutos



Fonte: ABNT NBR 16936 (2023).

Também, deve-se respeitar os limites para cortes e furos das peças estruturais de parede e de piso, conforme ilustra a figura (ABNT NBR 16936, 2023).

Figura 31 - Detalhe de limites de cortes e furos em montantes e barroteis estruturais



Fonte: ABNT NBR 16936 (2023).

Por fim, segundo a ABNT NBR 16936 (2023), as coberturas nas edificações em *wood frame* podem ser em painéis de diafragma horizontais ou em estruturas treliçadas, sendo este o mais usual. Seu dimensionamento deve ser feito conforme ABNT NBR 7190 (2022), assegurando a rigidez do conjunto da estrutura para esforços horizontais de vento.

O sistema de cobertura pode ser composto por treliças de madeira tratada, chapas estruturais de OSB, impermeabilização e telhas. Sobre as chapas de OSB é aplicado uma manta de cobertura, usualmente mantas asfálticas ou flutuantes de material sintético, e acima das mantas, cobre-se com telhas de acordo com o projeto (ABNT NBR 16936, 2023).

2.3 Métodos de produção do sistema *wood frame*

O sistema em *wood frame* pode ter diferentes métodos de produção, variando seu grau de industrialização. O grau de industrialização influencia principalmente na velocidade da construção, custo, garantia de qualidade, redução de risco e aumento dos benefícios ambientais. Os principais métodos de produção do *wood frame* são: tradicional, panelizado e modular (Quadro 3) (WoodWorks, 2014).

Quadro 3 - Comparação entre métodos de construção para o *wood frame*

Método Tradicional	Sistema Panelizado	Sistema Modular
Ossatura de madeira utilizando seções de padrões comerciais	Os painéis são pré-fabricados antes de serem enviados para o canteiro de obras	Os módulos são montados na fábrica e transportados para o canteiro de obra
Sistemas estruturais são construídos inteiramente ou grande parte <i>in loco</i>	Podem ser produzidos diferentes tipos de paredes, cobertura ou piso, sendo estruturais ou não	Há dois tipos de modular na construção: temporário e permanente
Construção linear: para uma etapa começar, depende da finalização da etapa anterior	Sistema permite ser fabricado em espaço fábriil ou adjacente ao canteiro de obras	Os módulos já são confeccionados com os fechamentos internos, intalações elétricas e hidráulicas, e muitas vezes, com os fechamentos externos também
	Permite montagem enquanto trabalhos anteriores ainda estão em processo de conclusão	Normalmente 80 a 95% do módulo é completo antes de ser enviado para o canteiro de obras
	Projetado para atender uma demanda específica	Os módulos são inspecionados na fábrica, mas a estrutura completa deve atender o mesmo requisito normativo que as construções tradicionais
		O tempo de construção pode ser reduzido de 30 a 50% quando comparado ao método tradicional de construção

Fonte: Adaptado de WoodWorks (2014) por Souza (2021).

O método tradicional é caracterizado pela sua baixa escala de produção e baixa produtividade, quando comparado aos demais métodos. A ossatura das paredes, aplicação das camadas internas e externas das paredes, a estrutura de piso e entrepiso, a estrutura de cobertura e demais acabamentos são todos executados no canteiro de obras (WoodWorks, 2014).

O método panelizado é caracterizado pela construção pré-fabricada de componentes, como painéis de parede, de piso e tesouras das coberturas, que são unidos no canteiro de obras (WoodWorks, 2014).

No método modular, as unidades são completamente industrializadas. Os módulos tridimensionais são construídos e acabados em um ambiente fabril. Após, são transportados ao local da obra, onde os módulos são içados por guindastes e conectados entre si (WoodWorks, 2014).

A industrialização dos processos de construção do *wood frame* pode oferecer diversos benefícios à construção, sendo um dos mais evidentes a velocidade de finalização da obra (WoodWorks, 2014), como aponta a Figura 32. Algumas ideologias aplicadas no método de *lean construction*, demonstram o aumento da eficiência geral da mão de obra na construção em 15 a 20%, fazendo com que essa velocidade também agregue valor ao serviço executado (BC Housing, 2014).

Figura 32 - Esquema de economia de tempo de construções modulares



Fonte: Adaptado de Modular Building Institute (2012).

Por exemplo, nos sistemas panelizados e modulares, enquanto os componentes e as unidades são executados na fábrica, o trabalho necessário no canteiro pode ocorrer ao mesmo tempo. Isso é vantajoso, pois, a produção em fábrica não depende do clima, que muitas vezes atrapalha a construção ao ar livre. Entretanto, os métodos mais industrializados enfrentam alguns desafios para se adequar ao mercado. Por exemplo, pode existir a necessidade de percorrer grandes distâncias entre a fábrica e o local da obra, o que pode ter um custo elevado ou causar danos à unidade transportada (BC Housing, 2014).

No Brasil, é possível encontrar os métodos tradicional (Figura 33-a), panelizado (Figura 33-b) e modular (Figura 33-c), sendo o panelizado o mais destacado na produção nacional (Espíndola, 2017).

Figura 33 - Métodos de construção: no local (a), por painéis pré-fabricados (b) e modular (c)

(a)



Fonte: Souza (2021).

(b)



Fonte: Tecverde (2023).

(c)



Fonte: Tecverde (2023).

3 METODOLOGIA

Conforme os conceitos metodológicos de Gil (2022) e de Prodanov e Freitas (2013), esta pesquisa é de natureza aplicada para aprofundar os conhecimentos sobre o sistema construtivo *wood frame* e apresenta uma abordagem qualitativa que visa descrever e compreender o cenário atual de aplicação deste sistema no Brasil, com ênfase para construtores localizados nas regiões sul e sudeste.

Portanto, trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva (Gil, 2022), com a finalidade de proporcionar mais informações técnicas sobre esse tema e caracterizar cinco projetistas e construtores de *wood frame*, assim como suas tecnologias adotadas, detalhando um estudo de caso de um desses construtores localizado em Santa Catarina. Para isso, os principais procedimentos realizados foram: levantamentos bibliográficos, aplicação de questionários e entrevistas e pesquisa documental de exemplos praticados. Os dados coletados foram compilados e analisados por meio de tabelas, imagens e textos descritivos.

Para embasar esta análise, um levantamento bibliográfico foi elaborado sobre os principais conceitos de *wood frame* necessários para este trabalho, como: histórico e evolução dos detalhes técnicos construtivos do *wood frame* em países onde o sistema já é mais difundido, como Estados Unidos e Canadá; a prática do sistema *wood frame* no Brasil desde meados de 2010; e a descrição dos principais métodos construtivos utilizados para construções em *wood frame*.

Conforme as lacunas levantadas e justificadas anteriormente, este trabalho se propôs analisar a implementação do sistema construtivo *wood frame* no Brasil a partir da caracterização de cinco empresas localizadas nas regiões sul e sudeste e do detalhamento das técnicas construtivas aplicadas em um estudo de caso de Santa Catarina.

Assim, para responder os objetivos estabelecidos nesta pesquisa, as seguintes atividades foram realizadas, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 - Atividades, métodos e resultados desenvolvidos nesta pesquisa

Objetivo específico 1: Levantar os possíveis construtores e projetistas que atuam com o sistema wood frame no Brasil no primeiro semestre de 2024		
Atividades	Métodos	Resultados alcançados
Levantamento dos possíveis construtores e projetistas que utilizam o sistema <i>wood frame</i> no Brasil no primeiro semestre de 2024	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento em plataformas digitais, como Instagram e LinkedIn, e, em ferramentas de buscas na Web como Google utilizando as palavras-chave: construção, <i>wood frame</i> e Brasil; - Aplicação do Questionário 1 por e-mail e aplicativos de mensagem para confirmação da utilização do sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lista com 70 possíveis construtores e de projetistas em <i>wood frame</i> no Brasil; - Lista com 16 construtores e projetistas que conformaram atuar com <i>wood frame</i> no Brasil no primeiro semestre de 2024.
Objetivo específico 2: Caracterizar cinco construtores e projetistas localizados nas regiões sul e sudeste do país		
Atividades	Métodos	Resultados alcançados
Caracterização de construtores e projetistas que utilizam o sistema <i>wood frame</i> no Brasil	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do Questionário 2 (Apêndice C) com os construtores e projetistas que conformaram atuar com <i>wood frame</i> no Brasil no primeiro semestre de 2024; - Levantamento de dados e imagens das empresas e suas construções em seus sites e plataformas digitais. 	<p>Descrição e ilustração dos perfis de cinco construtores e projetistas, com as seguintes variáveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formação acadêmica; - Conhecimento sobre <i>wood frame</i>; - Tempo de atuação com o sistema; - Equipe de trabalho; - Locais de atuação; - Tipos de edificações construídas.

Fonte: Elaboração própria (2023).

Quadro 4 (continuação) - Atividades, métodos e resultados desenvolvidos nesta pesquisa

Objetivo específico 3: Identificar as principais técnicas construtivas adotadas por um desses construtores nos subsistemas de um estudo de caso executado no estado de Santa Catarina entre os anos de 2022 e 2023		
Atividades	Métodos	Resultados alcançados
Detalhamento da tecnologia construtiva em <i>wood frame</i> utilizada em um estudo de caso da empresa E	- Aplicação de entrevistas não estruturadas mediante encontro presencial e mensagens pelo aplicativo WhatsApp; - Levantamento de fotos e vídeos da execução da obra no arquivo da empresa.	Apresentação da tecnologia construtiva adotada pela empresa E no estudo de caso, detalhando os subsistemas de fundação, piso, parede e cobertura com imagens e textos descritivos.
Objetivo específico 4: Comparar os dados adotados nesse estudo de caso de Santa Catarina com referências técnicas pré-existentes do sistema <i>wood frame</i> no Brasil e nos países norte-americanos		
Atividades	Métodos	Resultados alcançados
Comparação dos dados adotados no estudo de caso com referências técnicas pré-existentes do sistema <i>wood frame</i> no Brasil e nos países norte-americanos	- Elaboração de tabelas com resumo de informações levantadas no estudo de caso de Santa Catarina e na revisão bibliográfica sobre a tecnologia <i>wood frame</i> .	Análise comparativa entre os dados do estudo de caso e as publicações sobre o uso do <i>wood frame</i> no Brasil e na América do Norte.

Fonte: Elaboração própria (2023).

O levantamento de empresas, construtores, projetistas e autônomos que trabalham com o sistema em *wood frame* no Brasil foi realizado através de ferramentas de busca na Web, como Google, e em redes sociais, como Instagram e LinkedIn, utilizando palavras-chave para refinamento da pesquisa, como, as principais: construção, *wood frame* e Brasil. Além disso, também foi utilizado levantamentos anteriores já registrados e publicados. Esta pesquisa totalizou 70 construtores e projetistas que possivelmente atuam com *wood frame* no país (APÊNDICE A).

Para confirmar quais e quantos desses construtores e projetistas trabalham com o sistema *wood frame* no país, foi feito um primeiro contato com todas as 70 empresas listadas enviando, por e-mail e aplicativo de mensagem, o Questionário 1 (APÊNDICE B), do tipo *Google Forms*, para saber se a pessoa contatada:

- está atuando com *wood frame* no Brasil no período da pesquisa;
- em quais regiões do país atua ou já atuou com *wood frame*;
- trabalha como empresa, equipe construtora ou autônomo;
- qual nome da sua empresa ou equipe construtora, conforme o caso.

Destas 70 pessoas questionadas, foram obtidas 18 respostas, sendo duas respostas de uma mesma empresa. Ainda, destas 18, um entrevistado afirmou não atuar com *wood frame* no período desta pesquisa realizada no primeiro semestre de 2024. Assim, foram contabilizadas 16 empresas que atuam com o *wood frame* no Brasil no primeiro semestre de 2024.

Na sequência, foi enviado o Questionário 2 (APÊNDICE C) para caracterizar as empresas que confirmaram atuar com *wood frame* no Brasil. As variáveis questionavam:

- confirmação do nome da empresa;
- formação acadêmica;
- como obteve conhecimento sobre as construções em *wood frame*;
- quais as motivações quanto ao sistema construtivo;
- equipe de trabalho;
- locais de atuação;
- tempo de mercado;
- quantidade de construções em *wood frame*;
- tipos e usos destas edificações.

Dos questionários enviados, foram obtidas cinco respostas de construtores localizados nas regiões sul e sudeste do país. Suas respostas foram compiladas para definir os perfis individuais das empresas que estão adotando o *wood frame* no Brasil em 2024. As caracterizações destas cinco empresas foram completadas com informações levantadas nos seus sites e em suas plataformas digitais, como Instagram. Conforme o tempo de atuação de cada empresa e o número de edificações construídas por essas em *wood frame*, no resultado apresentado, umas vão ter mais informações do que outras.

Após esta caracterização, o objetivo inicial deste trabalho era detalhar as técnicas aplicadas por cada um dos cinco construtores brasileiros que estavam

participando nesta pesquisa. Entretanto, por limitações de comunicação entre os pesquisadores e as empresas no primeiro semestre de 2024, escolheu-se delimitar esse detalhamento para um único estudo de caso, localizado no município de Biguaçu, em Santa Catarina.

O estudo de caso escolhido é uma construção desenvolvida pela Empresa E, localizada no município de Biguaçu, da Grande Florianópolis, Santa Catarina, iniciado no fim de 2022 e finalizado no primeiro semestre de 2023. Assim, os levantamentos dos dados principais foram realizados através de entrevistas não-estruturadas com respostas abertas através de encontros presenciais com os responsáveis pela empresa. E, também, dados complementares foram obtidos em vídeos e imagens do arquivo pessoal e das publicações digitais da empresa.

A escolha desse estudo de caso foi feita pela facilidade da localização na região da Grande Florianópolis, onde os autores da pesquisa se encontram. E, também, pela disponibilidade da empresa para aplicação pessoal da entrevista não-estruturada. Saliencia-se que no momento da pesquisa não havia obras específicas sobre wood frame sendo executada pela empresa na região da Grande Florianópolis.

Para detalhar as principais técnicas utilizadas nos subsistemas de fundação, parede, entrepiso e cobertura, além das instalações hidro e elétrica, desse estudo de caso, foram feitas perguntas como as colocadas no Apêndice D, como:

- fundação: tipo, impermeabilização, fixação entre parede e fundação;
- parede: espécie de madeira, tratamento da madeira, seção transversal dos montantes e das travessas, definições em projeto estrutural, tipo de chapa estrutural para contraventamento, aplicação de membrana hidrófuga, aplicação de isolamento termoacústico, vedações internas e externas, impermeabilização de áreas molhadas, instalações hidro e elétricas;
- Entrepiso: determinação da dimensão e dos espaçamentos das vigas; chapa estrutural utilizadas; acabamentos e impermeabilização de áreas molhadas;
- Cobertura: tipo de estrutura, tipo de telhas.

Por fim, foi feita uma comparação entre as técnicas aplicadas neste estudo de caso da empresa E em Santa Catarina com os dados levantados e já apresentados nas referências bibliográficas deste trabalho sobre o *wood frame* na América do Norte e no Brasil.

As referências norte-americanas utilizadas para o comparativo foram retiradas do *Canada Mortgage and Housing Corporation* (CMHC, 2013) do Canadá e do *Engineered Wood Association* (APA, 2019) e do *Wood Frame Construction Manual* (WFCM, 2015) dos Estados Unidos. Estes materiais foram selecionados, pois observa-se que há uma tendência de se utilizar estas referências no Brasil, por estarem disponíveis publicamente anteriormente a norma brasileira. E, também, como já mencionado por Espíndola (2017), alguns construtores que adquiriram a experiência prática sobre o *wood frame* nos EUA e no Canadá estão retornando ao Brasil.

E, como o estudo de caso é anterior à publicação da NBR NBR16.936 (ABNT, 2023), este trabalho elaborou a análise comparativa com as seguintes referências brasileiras: Molina e Calil Junior (2010), Espíndola (2017), Guessser (2019), Espíndola *et al.* (2020) e Souza (2021).

Para esta comparação, foram elaborados quadros com as principais informações técnicas do *wood frame* por subsistemas de fundação, parede, entrepiso e cobertura.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa apresentam: o levantamento de construtores e projetistas de *wood frame* no Brasil, a caracterização de cinco construtores localizados nas regiões sul e sudeste, o detalhamento de técnicas construtivas de um estudo de caso em Santa Catarina e o comparativo das técnicas aplicadas neste estudo de caso com as técnicas referenciadas em normas americanas e autores do tema no Brasil.

4.1 Levantamento de Construtores e Projetistas em *wood frame*

Foi realizado um levantamento abrangente de empresas que possivelmente atuam com o sistema *wood frame* no Brasil, totalizando 76 construtores e projetistas (APÊNDICE A). Destas, 16 empresas, descritas no Quadro 5, confirmaram trabalhar com *wood frame* no Brasil, por meio das respostas ao Questionário 1 (APÊNDICE B).

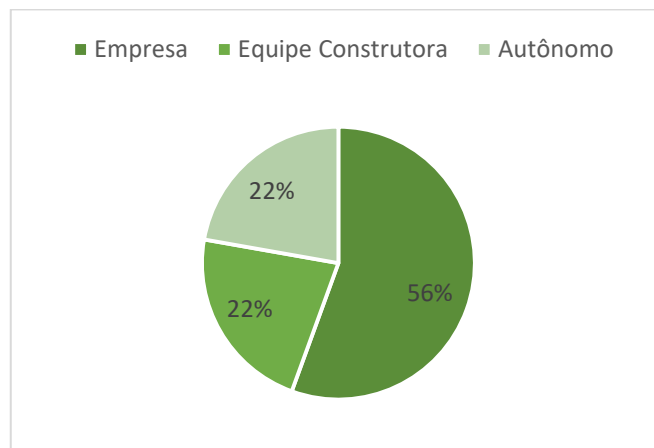
Quadro 5 - Atuantes com o sistema *wood frame* no primeiro semestre de 2024

	Empresas, construtores e projetistas
1	Semente Construções
2	Sultifort
3	Dantas Construções
4	Mundo do Frame
5	Rafael Santos
6	Casa de Bem com a Terra
7	Habitate Arquitetura
8	Plátano
9	Assis
10	MAF Engenharia
11	Lucas Gonzatti
12	Couna Arquitetura
13	KBANA Construtora
14	Executa BR
15	Gaúcho Engenharia
16	Cazza de Madeira

Fonte: Elaboração própria (2024).

Desses 16 entrevistados, 56% trabalham em empresas, 22% são de equipe construtora e 22% são autônomos (Gráfico 1), sendo que 61,1% atuam mais na área de construção e 38,9% na área de projeto.

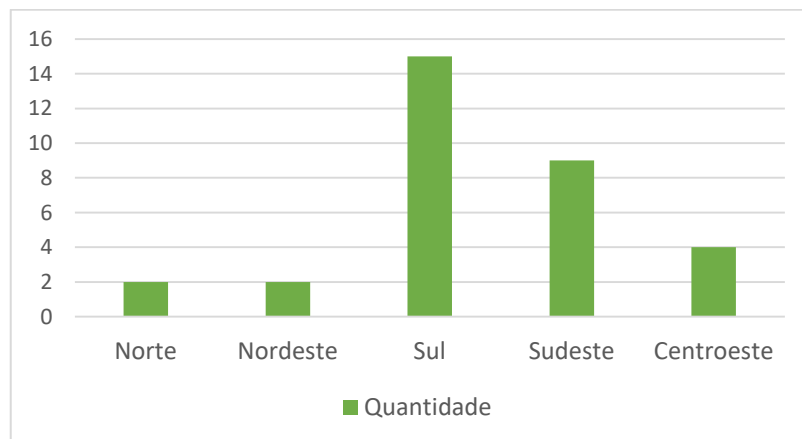
Gráfico 1 - Tipo de empresas



Fonte: Elaboração própria (2024).

Estas empresas estão atuando principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil conforme o Gráfico 2 aponta.

Gráfico 2 - Atuação de empresas por regiões do Brasil



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.2 Caracterização de construtores e projetistas

Para esta caracterização foram consideradas cinco empresas, construtores e projetistas das regiões sul e sudeste do Brasil, localizados conforme o Quadro 5.

Quadro 6 - Empresas caracterizadas das regiões sul e sudeste

Empresa	Localização da sede
A	Nova Friburgo, Rio de Janeiro
B	Bragança Paulista, São Paulo
C	Curitiba, Paraná
D	Porto Alegre, Rio Grande do Sul
E	Florianópolis, Santa Catarina

Fonte: Elaboração própria (2024).

4.2.1 Empresa A

A Empresa A está situada em Nova Friburgo e atua na região serrana do Rio de Janeiro. Seu fundador tem formação em letras e, atualmente, exerce as funções de construtor, gestor de obra e incorporador, contando com uma equipe de até cinco aprendizes. Seu conhecimento inicial sobre as construções em *wood frame* ocorreu em 2017 por meio de pesquisas pessoais sobre o sistema em vídeos e bibliografias técnicas norte-americanas. E, em 2021, contou com a consultoria de um construtor brasileiro que atuou por muitos anos neste setor nos EUA e, agora, dá cursos, consultorias e constrói em *wood frame* no Brasil.

A primeira construção totalmente em *wood frame* da empresa A é de 2021, de uma residência térrea, produzida pelo método artesanal com montagem totalmente no canteiro de obras em Nova Friburgo, como demonstram as Figuras 34, 35 e 36.

O projeto foi desenvolvido por um escritório de arquitetura que também acompanhou a construção. (Figuras 37 e 38).

Figura 34 - Execução de piso da Empresa A

Fonte: Plataforma digital – Empresa A (2024).

Figura 35 - Execução de paredes da Empresa A



Fonte: Plataforma digital – Empresa A (2024).

Figura 36 - Ossatura em madeira, membrana hidrófuga e *sidings* da Empresa A



Fonte: Plataforma digital – Empresa A (2024).

Figura 37 - Projeto desenvolvido por escritório de arquitetura em parceria com a empresa A



Fonte: Plataforma digital – Escritório de arquitetura + Empresa A (2024).

Figura 38 - Projeto em execução



Fonte: Plataforma digital – Escritório de arquitetura + Empresa A (2024).

A empresa A também atua com construções dos tipos: quadros de madeira com fechamento em tábuas horizontais (Figura 39); toras de madeira empilhadas (Figura 40); pilar-viga de troncos de madeira com vedação em alvenaria; e sistemas mistos de madeira.

Figura 39 - Construção com quadros de madeira fechados com tábuas horizontais



Fonte: Plataforma digital – Empresa A (2024).

Figura 40 - Log house



Fonte: Plataforma digital – Empresa A (2024).

4.2.2 Empresa B

A empresa B está localizada em Bragança Paulista, São Paulo, e é uma referência no setor de construções industrializadas do país, com foco em sistemas construtivos como *wood frame*, *steel frame* e sistemas mistos.

Foi fundada no Brasil em 2021 e é liderada por um profissional construtor que iniciou sua experiência nos EUA há 23 anos, onde atuou até o ano de 2020, incluindo edificações térreas até multipavimentos, como mostra a Figura 41.

Figura 41 - Construções realizadas pela Empresa B nos EUA



Fonte: Plataforma digital – Empresa B (2024).

Atualmente, sua equipe de execução é composta por seis profissionais qualificados, que desempenham funções como pregadores e ajudantes. A empresa B já construiu mais de 15 obras em *wood frame* de usos comercial e residencial nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Distrito Federal.

A primeira obra da empresa B (Figura 42) no Brasil foi executada em 2022 no município de Barracão, no Rio Grande do Sul.

Figura 42 - Primeira construção da Empresa B no Brasil



Fonte: Plataforma digital – Empresa B (2024).

Na Figura 43, observa-se o fechamento externo da ossatura com chapas de compensado, protegidas com membrana hidrófuga e finalizadas com EPS, tela de

fibra de vidro e *basecoat*, que caracterizam o sistema EIFS (Exterior Insulation Finish Systems).

Figura 43 - Fechamento externo com sistema EIFs da Empresa B



Fonte: Plataforma digital – Empresa B (2024).

A Figura 44 mostra uma cobertura executada pela empresa B, no município de Mairiporã, em São Paulo, utilizando madeira serrada, chapas OSB protegidas com manta hidrófuga na subcobertura e telhas *shingle*.

Figura 44 - Execução de telhado com telhas single pela Empresa B no município de Mairiporã



Fonte: Plataforma digital – Empresa B (2024).

A empresa relata constantemente suas obras na sua plataforma digital, demonstrando detalhes construtivos específicos do *wood frame* em vídeos e fotos, acessíveis para o público, incluindo outros trabalhadores do sistema (Figura 45).

Figura 45 - Exemplos de vídeos com detalhes construtivos publicados pela Empresa B



Fonte: Plataforma digital – Empresa B (2024).

A empresa B é reconhecida por sua atuação em obras de grande porte e projetos complexos, como ilustra a Figura 46 de uma obra em Brasília, de 2023.

Figura 46 - Obras de grande porte realizadas pela empresa B



Fonte: Plataforma digital – Empresa B (2024).

A empresa B trabalha em parceria com projetistas, como uma arquiteta especialista em construções industrializadas, com a qual também faz parceria para oferta de cursos de capacitação.

4.2.3 Empresa C

A empresa C está localizada no município de Curitiba, no Paraná. É constituída por um engenheiro, um projetista, três carpinteiros e vários terceirizados. Está no mercado há cinco anos e não atua com outros sistemas construtivos. Sua

especialidade é na construção de cabanas com um pavimento. Seu aprendizado sobre *wood frame* ocorreu por conta própria. E, sua primeira construção em *wood frame* é de 2019, localizada no município de São Luiz do Purunã, no Paraná, em um hotel fazenda. Já totaliza, em 2024, mais de 15 construções nos estados do Paraná e de Santa Catarina. Suas construções em *wood frame* são com o método de painéis montados em fábrica, transportados ao canteiro para serem finalizados.

Interessante observar que a empresa C teve como base para sua fundação uma empresa de marcenaria, onde um dos sócios proprietários trabalhou por dez anos. No ano de 2012, ele e sua família construíram uma casa em *wood frame*. E, com o conhecimento adquirido, na sequência, construíram mais três edificações em *wood frame*. Durante sua graduação em engenharia civil na Universidade Federal do Paraná, ele fez parceria com uma discente que havia realizado intercâmbio no Canadá, onde o sistema *wood frame* é amplamente utilizado. Junto com mais outra colega, em 2018, eles foram selecionados para apresentar o modelo de negócio da empresa na Universidade de São Paulo (USP) durante o projeto *Academic Working Capital (AWC)*, de iniciativa do Instituto TIM, onde iniciaram sua *startup*.

Inicialmente, além de projetar e construir cabanas, a empresa C também fazia projetos personalizados. As Figuras 47 e 48 mostram uma residência de dois pavimentos construída no ano de 2020 em uma praia do Paraná, onde os painéis produzidos na fábrica foram transportados por caminhão e barco até o local, onde a construção foi finalizada.

Figura 47 - Construção executada pela Empresa C em praia do Paraná em 2020



Fonte: Plataforma digital – Empresa C (2024).

Figura 48 - Etapas da construção realizada em 2020 pela Empresa C



Fonte: Plataforma digital – Empresa C (2024).

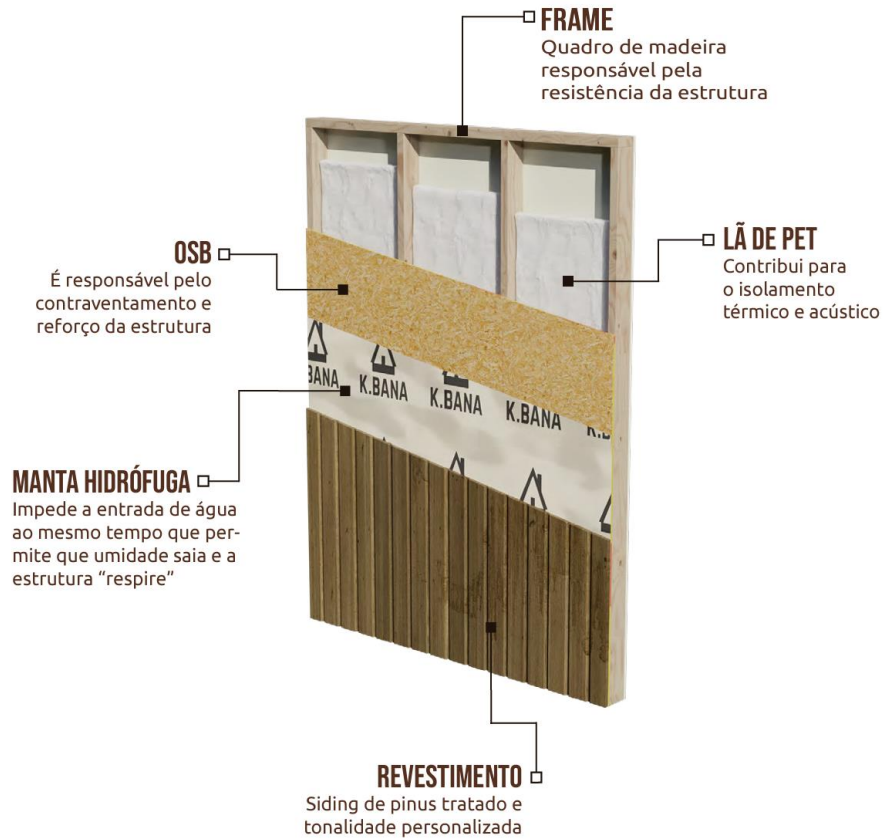
Atualmente, o modelo de negócio da empresa C é construir apenas cabanas disponibilizadas nos seus catálogos, como as cinco cabanas ilustradas na Figura 49 do catálogo de 2024. E a Figura 50 demonstra os principais elementos constituintes das paredes das cabanas.

Figura 49 - Modelos disponibilizados de projetos



Fonte: Plataforma digital – Empresa C (2024).

Figura 50 - Elementos que constituem a parede das construções da Empresa C



Fonte: Plataforma digital – Empresa C (2024).

E, o processo de construção da fábrica ao canteiro pode ser observado nas Figuras 51 e 52.

Figura 51 - Processo de fabricação de painéis de parede da Empresa C



Fonte: Plataforma digital – Empresa C (2024).

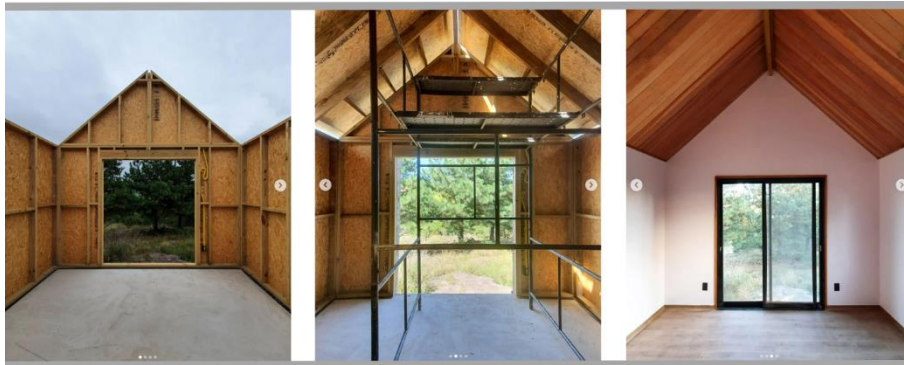
Figura 52 - Construção de uma cabana da Empresa C no canteiro de obras



Fonte: Plataforma digital – Empresa C (2024).

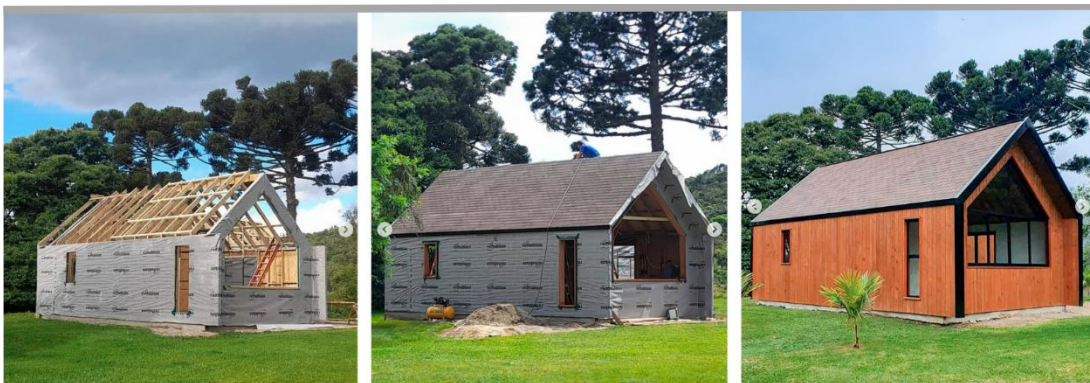
Por fim, as Figura 53 e 54 mostram exemplos de construções até os acabamentos interno e externo, respectivamente.

Figura 53 - Exemplo de acabamento interno executado pela Empresa C



Fonte: Plataforma digital – Empresa C (2024).

Figura 54 - Exemplo de acabamento externo executado pela Empresa C



Fonte: Plataforma digital – Empresa C (2024).

4.2.4 Empresa D

A empresa D foi fundada por um engenheiro que construiu sua própria casa em *wood frame* em 2001, em parceria com um empreiteiro americano (Figura 55).

Figura 55 - Primeira construção em 2001 realizada pela empresa D



Fonte: Plataforma digital – Empresa D (2024).

Atualmente, a empresa, com sede no Rio Grande do Sul, conta com mais 5 funcionários na equipe. A empresa trabalha com projetos, dimensionamento estrutural, detalhamento, planejamento e execução de obras residenciais e comerciais de até dois pavimentos, como mostra a Figura 56.

Figura 56 - Exemplos de projetos detalhados e executados pela Empresa D



Fonte: Plataforma digital – Empresa D (2024).

Em geral, suas construções são feitas no local (Figura 57), utilizando revestimento externo em EIFS, composto por chapa OSB, membrana hidrófuga, EPS, tela de fibra de vidro e *basecoat*. E, no revestimento interno das paredes e do forro, aplica chapa de gesso acartonado. Também, lã de vidro é colocada no interior das paredes e nos forros para conforto termoacústico.

Figura 57 - Construção em andamento pela empresa D



Fonte: Plataforma digital – Empresa D (2024).

Além do *wood frame*, a empresa D trabalha com o sistema convencional e o *steel frame*. Também, oferece capacitação sobre estes sistemas através de cursos ministrados pelo engenheiro em parceria com fornecedores e construtores.

4.2.5 Empresa E

A empresa E está localizada no município de Florianópolis, Santa Catarina. Foi fundada por um administrador com experiência sobre o sistema *wood frame* desde 2014, quando participou de um curso sobre o assunto. Atualmente, a empresa também tem como sócio um arquiteto com experiência adquirida em construções executadas no município de Pelotas, Rio Grande do Sul.

A empresa E é composta por um conjunto multidisciplinar de profissionais, incluindo o administrador e incorporador, engenheiros responsáveis pela execução das obras, arquitetos encarregados dos projetos e funcionários de canteiro de obra, que podem ser contratados diretamente pela empresa ou terceirizados para serviços específicos, conforme as necessidades de cada projeto. A empresa também oferece cursos de capacitação sobre construções em *wood frame* no sul do Brasil.

A empresa já participou da construção de mais de 15 obras residenciais no Brasil, nos seguintes estados: Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Distrito Federal.

A empresa adapta suas técnicas de construção conforme cada obra, utilizando principalmente o método de construção no local (Figura 58). Mas, também, tem a possibilidade de construir com painéis de parede produzidos em fábrica.

Figura 58 - Construção no local executada pela empresa E em Santa Catarina em 2024



Fonte: Plataforma digital – Empresa E (2024).

Atualmente, enquanto incorporadora, a empresa E oferece os modelos de construções apresentados na Figura 59.

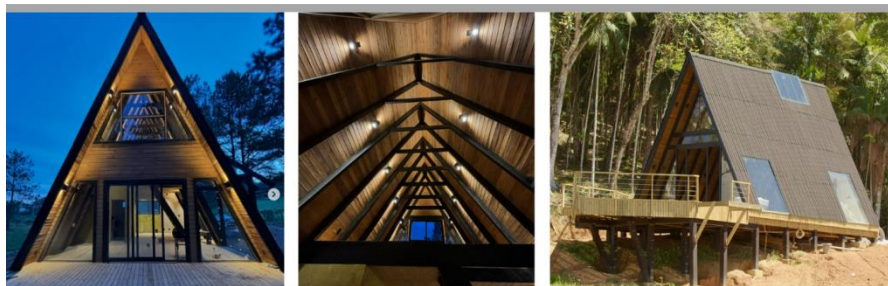
Figura 59 - Modelos de casas da empresa E



Fonte: Plataforma digital – Empresa E (2024).

Entretanto, outra tipologia de construção em que atua é a de chalés, que chama de “A Frame” (Figura 60).

Figura 60 - Modelo "A frame" da empresa E



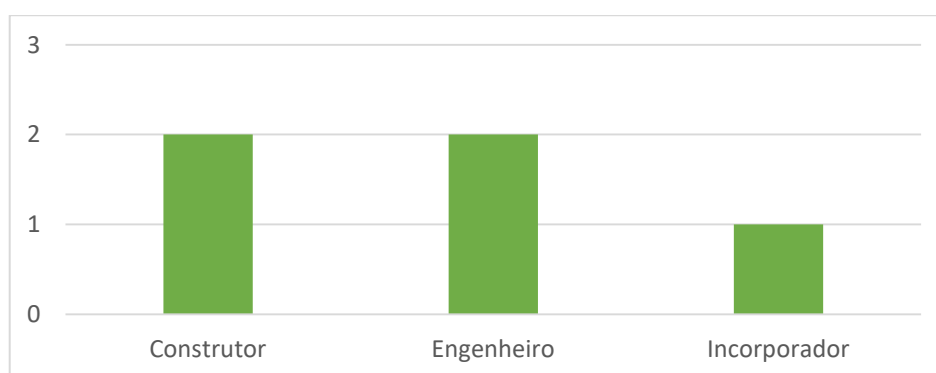
Fonte: Plataforma digital – Empresa E (2024).

4.2.6 Caracterização geral das empresas das regiões sul e sudeste

Para esta caracterização, foram observadas as seguintes variáveis: função e formação do proprietário ou responsável; composição da equipe de trabalho; tempo de construção em *wood frame*; método construtivo mais aplicado; motivações para trabalhar com *wood frame*.

Observou-se que, dos cinco empresários, dois são construtores, dois são engenheiros e um é incorporador (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Função atuante na empresa

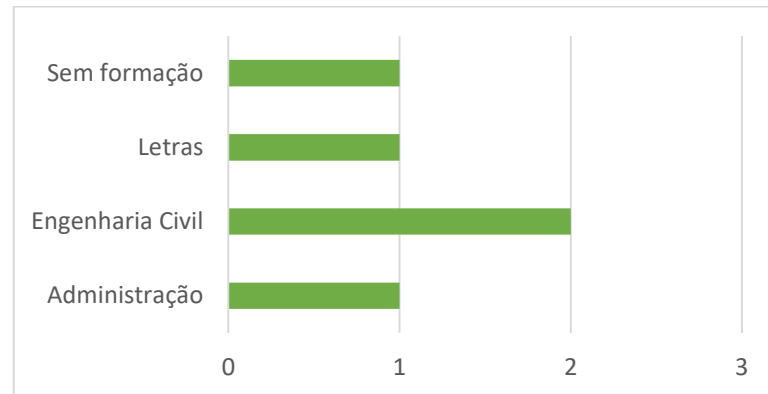


Fonte: Elaboração própria (2023).

Destes, três do cinco não tem formação acadêmica na área de construção civil, aprendendo sobre *wood frame* em bibliografias técnicas, cursos de formação

rápida e na prática do canteiro de obras com consultores mais experientes (Gráfico 4).

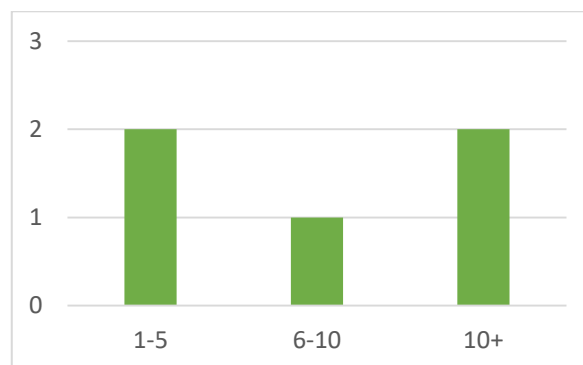
Gráfico 4 - Formação escolar dos participantes da pesquisa



Fonte: Elaboração própria (2023).

Dois entrevistados trabalham há menos de 5 anos com *wood frame*, um trabalha entre 6 e 10 anos, e, outros dois, há mais de 10 anos, porém um destes com atuação por 20 anos nos EUA e aproximadamente 3 anos no Brasil (Gráfico 5).

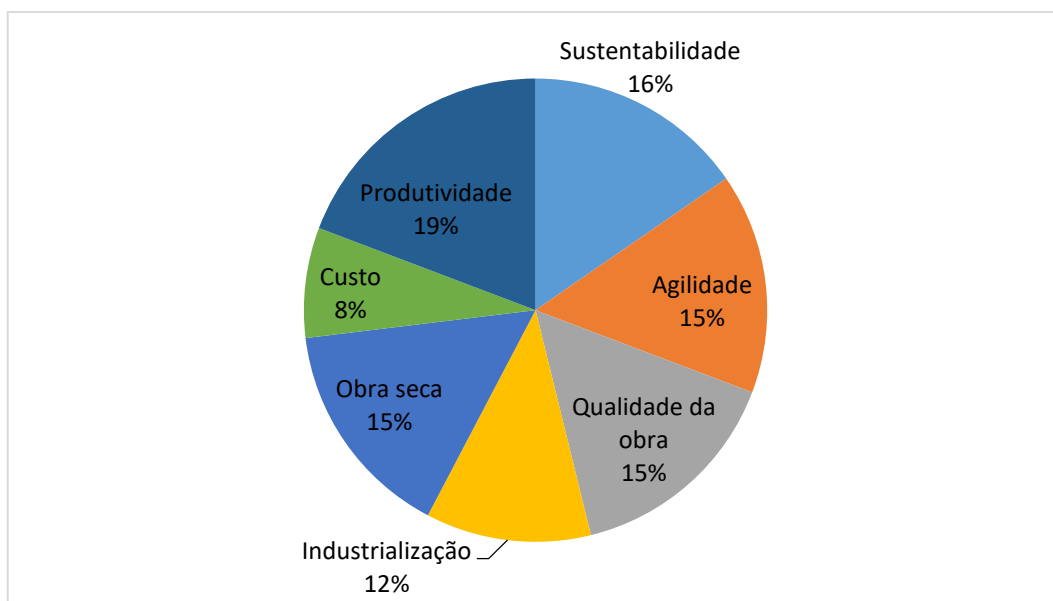
Gráfico 5 - Tempo de atuação com wood frame



Fonte: Elaboração própria (2023).

Em geral, as equipes destas empresas são compostas por pregadores, ajudantes, carpinteiros e aprendizes. Trabalham, principalmente, com o método de construção no local.

Quanto à escolha do sistema *wood frame* para construção no Brasil, os empresários destacam a produtividade obtida neste tipo de obra (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Aspectos que motivam os construtores de wood frame

Fonte: Elaboração própria (2023).

O Apêndice E resume as características gerais destas cinco empresas pesquisadas.

4.3 Estudo de caso: Técnicas aplicadas pela empresa E em uma construção de Santa Catarina

Na sequência, são apresentados detalhes construtivos de uma obra localizada no município de Biguaçu, em Santa Catarina, executada pela empresa E entre os anos de 2022/1 e 2023/1 (Figura 61).

Figura 61 - Projeto 3D e construção da edificação do estudo de caso

Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

O projeto residencial tem dois pavimentos, conforme layout apresentado na Figura 62, com área social de sala, cozinha e sala de jantar, e no segundo piso a área privada com um banheiro e 3 quartos, sendo um deles uma suíte.

Figura 62 - Plantas com layouts dos pavimentos térreo e superior do estudo de caso



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

O desenvolvimento do projeto dessa edificação foi realizado em parceria com arquitetos e engenheiros para a elaboração do projeto estrutural (Figura 63), aliado ao design de layout da casa.

Figura 63 - Paralelo entre o projeto estrutural e a execução da ossatura em madeira



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

4.3.1 Fundação

Os tipos de fundações aplicados pela empresa variam conforme o tipo e características de solo encontradas no local da construção. O mais comum é que o primeiro pavimento das construções seja feito com laje de concreto com aditivo impermeabilizante, para evitar a umidade do solo nas peças de madeira.

No caso dessa obra em Biguaçu, foi feito uso de bate estacas, bomba sapo para drenagem de água para facilitar a concretagem das vigas baldrames e da laje do térreo, conforme ilustra a Figura 64.

Figura 64 - Fundação com blocos de estaca e laje concretada



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

4.3.2 Paredes

Para a ossatura da parede do estudo de caso, a empresa E utilizou madeira de pinus, adquirida de um fornecedor especializado em madeira tratada para obras de *wood frame*, localizado no estado do Rio Grande do Sul. Conforme o fornecedor, esta madeira foi tratada com CCA (Figura 65).

Entretanto, a empresa E também relata a possibilidade de tratamento das madeiras utilizadas em suas obras com MCA-C em autoclave, que oferece proteção contra organismos de deterioração e presença reduzida de metais pesados.

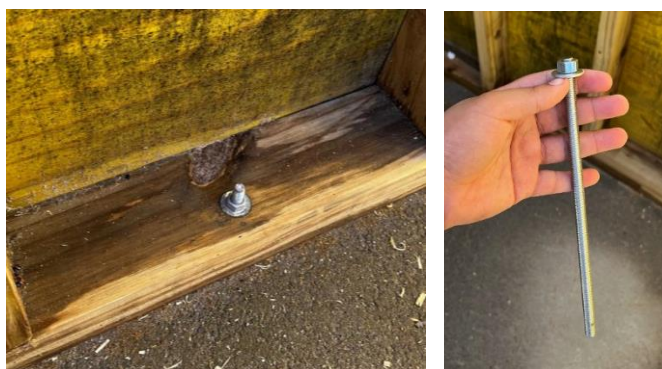
Figura 65 - Madeiras empilhadas para a construção



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

As ossaturas de madeira das paredes foram fixadas à estrutura da laje através de fixação mecânica, utilizando parafusos autobrocantes sextavados pela travessa inferior (Figura 66).

Figura 66 - Fixação mecânica de estruturas de paredes em lajes de concreto



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

Para garantir a estanqueidade entre a laje e a madeira, a empresa utilizou uma fita de manta asfáltica metalizada entre a travessa inferior da ossatura e a laje de concreto (Figura 67).

Figura 67 - Fita metálica utilizada para proteger ossatura de madeira das paredes



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

A estrutura de madeira das paredes foi feita com peças de seção de 4 cm x 9 cm, fixadas entre si por pregos galvanizados com o auxílio de pregadeiras pneumáticas (Figura 68).

Figura 68 - Ossatura de parede com abertura para esquadria



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

As paredes foram temporariamente contraventadas com régua de madeira para conferência de prumo. E, então, na sua face, foram fixados os compensados estruturais de 12 mm de espessura, os quais juntos dos bloqueadores de madeira, garantem o contraventamento da estrutura (Figura 69).

Figura 69 - Instalação das chapas de compensados de 12mm nas paredes externas



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

A empresa aplicou o compensado nas faces externas da construção. E, quando há mobiliário e a parede precisa de um reforço estrutural, foram também aplicados nas paredes internas.

Ainda, nesse estudo de caso, o isolamento das paredes foi feito com lã de PET (Figura 70).

Figura 70 - Isolamento com lã de PET



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

Para composição de camadas internas, a empresa utilizou o gesso acartonado como opção de fechamento, variando o tipo de chapas entre *standard* (ST), para locais secos, e resistente à umidade (RU) para áreas molháveis e molhadas.

Para os fechamentos externos, após a chapa de compensado, foi aplicada a membrana hidrófuga e executado o sistema EIFS, com EPS, tela de fibra de vidro e *basecoat* (Figuras 71 e 72).

Figura 71 - Fechamento externo com sistema EIFS



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

Figura 72 - Modelo de camadas do sistema EIFS utilizado no revestimento externo



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

Para os banheiros, a empresa E realizou a impermeabilização do piso e das paredes da área do box, conforme ilustra a Figura 73. Após a impermeabilização, todo o banheiro foi revestido com porcelanato.

Figura 73 - Impermeabilização de piso e parede em ambientes molhados



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

As instalações hidráulicas foram executadas com tubulações convencionais em PVC. A empresa construiu paredes duplas para a instalação das tubulações com diâmetros maiores. Quando externas à ossatura da parede, a fixação das tubulações foi realizada com fitas metálicas perfuradas. E, para passar as tubulações internamente à ossatura da parede, os montantes foram recortados e furados, como apresentado na Figura 74.

Figura 74 - Instalações hidráulicas



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

As instalações hidráulicas e de climatização foram executadas com tubulações convencionais, como apresentam as Figuras 75 e 76.

Figura 75 - Instalações Elétricas



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

Figura 76 - Instalações de Climatização



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

4.3.3 Entrepiso

O entrepiso do estudo de caso foi composto por vigas de madeira maciça de pinus tratado, seção 4 cm x 30 cm, espaçadas à cada 30 cm, contraventadas por compensado de 18mm (Figura 70).

Figura 77 - Entrepiso



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

Para dar maior estabilidade e garantir um travamento maior das peças, foram adicionadas peças de madeira em formato de X por debaixo das vigas do entrepiso (Figura 78).

Figura 78 - Travamento de peças de entrepiso



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

4.3.4 Cobertura

As coberturas das obras da empresa E, geralmente, têm suas camadas compostas pela estrutura de madeira, onde são fixados os compensados de 12mm, seguidos da manta hidrófuga e das telhas *shingle*.

Entretanto, na obra de Biguaçu, foi utilizado um telhado metálico pré-fabricado (Figura 79) a fim de reduzir tempo e peso da estrutura no geral.

Figura 79 - Telhado metálico pré-fabricado



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

Para este telhado, uma calha foi dimensionada para grandes volumes de chuva, para manter a integridade das estruturas de madeira (Figura 80).

Figura 80 - Montagem de calhas



Fonte: Arquivo - Empresa E (2023).

Por fim, as telhas que cobrem esse telhado foram as do tipo sanduíche.

4.3.5 Análise comparativa entre as técnicas aplicadas pela empresa E no estudo de caso de Santa Catarina e as técnicas em referências norte-americanas e brasileiras

Neste item, foi feita uma comparação entre as principais técnicas utilizadas no estudo de caso da empresa E, localizado em Biguaçu, Santa Catarina, e as técnicas apresentadas nas referências norte-americanas (CMHC, 2013, WFCM, 2015, APA, 2019) e nas referências brasileiras anteriores a 2023 (Molina e Calil Junior, 2010, Espíndola, 2017, Guessser, 2019, Espíndola *et al.*, 2020, Souza, 2021).

Em todas as referências, constatou-se que não há uma regra para o tipo de fundação a ser utilizada para as edificações. O peso da construção em *wood frame* é menor quando comparado às construções convencionais, por isso, geralmente se usa fundação do tipo *radier* no Brasil; mas ainda deve-se levar em conta o tipo de solo onde a construção será apoiada. Assim, a fundação do estudo de caso foi feita com estacas de concreto, sapata corrida em concreto e laje de alvenaria e concreto (Quadro 7).

Quadro 7 - Comparativo de fundações

Fundação	Fontes norte-americanas	Fontes brasileiras	Estudo de caso
Tipo	Radier Sapata corrida Sapata isolada	Radier Sapata corrida Sapata isolada	Estacas de concreto, Vigas de concreto e Laje de alvenaria e concreto

Fonte: Elaboração própria (2024).

Quanto à matéria prima (Quadro 8), grande parte utiliza a madeira Pinus, tendo algumas variações de espécies dependendo da região onde a construção se encontra. Já o tratamento é diferente, já que nos Estados Unidos o tratamento com CCA é proibido, utilizando assim o MCA-C.

Quadro 8 - Comparativo de matéria prima

Madeira	Fontes norte-americanas	Fontes brasileiras	Estudo de caso
Espécie	Spruce-pine-fir (SPF) e Southern Yellow Pine (YP) – variações de pinus	Pinus, classe C20	Pinus
Tratamento	MCA-C	CCA CCB CA	CCA

Fonte: Elaboração própria (2024).

Com relação à paredes (Quadro 9), a estruturação da ossatura mantém o tamanho de seção, sendo utilizado o padrão 4x9 cm tanto nas referências quanto no local. Diferencia-se apenas quanto ao material utilizado para o isolamento termoacústico e aos diversos tipos de revestimentos externos.

Quadro 9 - Comparativo de estruturas de parede

Paredes	Fontes Norte-Americanas	Fontes Brasil	Executado pela empresa pesquisada
Seção montantes	4 cm x 9 cm	4 cm x 9 cm	4 cm x 9 cm
Contato entre travessa inferior e piso de concreto	Não especificado	Não especificado	Fita metalizada
Fixação	Parabolt	Não especificado	Parafuso autobrocante
Isolamento termoacústico	Espuma de poliuretano	Lã de PET Lã de Rocha Lã de Vidro	Lã de PET
Fechamento externo	Compensado ou OSB	Compensado ou OSB	Compensado
Fechamento interno	Gesso acartonado	Gesso acartonado	Gesso acartonado
Impermeabilização	Manta hidrófuga	Manta hidrófuga	Manta hidrófuga
Revestimento externo	Sidings de madeira Estuque Blocos cerâmico	Placa cimentícia Sidings Estuque	Sistema EIFS

Fonte: Elaboração própria (2024).

Os entrepisos variaram seções e se equiparam na informação de utilização de espessura de compensados (Quadro 10).

Quadro 10 - Comparativo de entrepisos

Entrepiso	Fontes Norte-Americanas	Fontes Brasil	Executado pela empresa pesquisada
Seção montantes	5x25 cm	4x19 cm	4x30 cm
Chapas	Compensado 18mm	Compensado ou OSB 18mm	Compensado 18mm

Fonte: Elaboração própria (2024).

As coberturas seguem o padrão para utilização de telha shingle, porém como mostrado no texto, tem sido comum a utilização de sistemas mistos em alguns subsistemas (Quadro 11)

Quadro 11 - Comparativo de coberturas

Cobertura	Fontes Norte-Americanas	Fontes Brasil	Executado pela empresa pesquisada
Chapas	Compensado 12mm	Compensado ou OSB 12mm	Estrutura metálica
Telhas	Shingle	Shingle	Telha sanduíche

Fonte: Elaboração própria (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando comparado com referências anteriores, como a de Espíndola (2017), o levantamento apontou um aumento no número de 20 para 70 dos possíveis construtores e projetistas em *wood frame* no Brasil, desde 2017 até 2024, respectivamente.

Nesta pesquisa, apesar de apenas 16 empresas brasileiras confirmarem atuar com *wood frame* em 2024 no país, a caracterização de cinco destes construtores localizados nas regiões sul e sudeste permitiu identificar um panorama diversificado e em expansão para este setor da construção brasileira.

A pesquisa revelou tanto a presença de empresas especializadas que têm se consolidado no mercado, quanto de construtores iniciantes e com negócios em desenvolvimento. Observou-se um crescimento no interesse de construtores quanto ao sistema *wood frame*, visando principalmente sua produtividade, quando comparada às obras convencionais encontradas normalmente no Brasil.

Estes construtores têm-se baseado principalmente em referências norte-americanas. Isso se deve pela disponibilidade de publicações norte-americanas anteriores a publicação da norma brasileira. Também, existem casos de construtores que há tempos trabalharam com o método construtivo nos Estados Unidos e, atualmente, trazem essa expertise para o nosso país.

Assim, essa pesquisa evidencia como os construtores brasileiros têm seguido basicamente os mesmos padrões técnicos norte-americanos, impondo algumas alterações por conta da adaptação ao local das obras.

O conhecimento sobre o *wood frame* no Brasil tem sido disseminado para novos aspirantes através de cursos de curta duração, presencial ou à distância, com conteúdo variado como execução e projetos, com público voltado para engenheiros, arquitetos, carpinteiros e qualquer outra pessoa que se interesse pelo assunto. Outros ainda tentam aprender sobre o sistema *wood frame* na prática de uma construção, sozinhos ou com auxílio de colaboradores mais experientes.

Geralmente, o método de construção mais aplicado pelos construtores pesquisados é o no local, com obras específicas e únicas, seguindo um modelo de construção mais artesanal, porém, ainda, com necessidade de mão de obra

especializada no trabalho com madeira. Apenas as empresas que têm modelos prontos de projeto estão atuando com produção de painéis em fábrica.

As técnicas adotadas atualmente, como as detalhadas no estudo de caso de Santa Catarina, estão de acordo com as informações contidas em referências brasileiras e americanas.

Por fim, é evidente que o sistema *wood frame* ainda não atingiu toda sua capacidade no Brasil, porém também fica claro que não está estagnado. O sistema tem evoluído, a mão de obra tem se especializado, materiais têm sido fabricados no país e normas têm sido publicadas, tudo isso para que esse tipo de inovação alcance seu espaço e seja uma opção viável na hora de se escolher um sistema construtivo de uma edificação. Mas deve-se ter cuidado para que experimentos não tragam pontos negativos para aumentar o preconceito sobre a madeira no país.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros sugere-se:

- a) Aprofundar a caracterização dos construtores e projetistas no país;
- b) Comparar as técnicas adotadas em construções executadas antes e depois da publicação da ABNT NBR 16.936 (2023).

REFERÊNCIAS

ABDI (org.). **MANUAL DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA**. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2015.

AECweb. **Está em vigor a norma técnica do sistema construtivo wood frame**. 2023. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/esta-em-vigor-a-norma-tecnica-do-sistema-construtivo-wood-frame/24854>. Acesso em: 10 out. 2023.

APA - The Engineered Wood Association. **Free CAD Details for wood frame construction**. APA CAD. 2015.

APA - The Engineered Wood Association. **Free CAD Details for wood frame construction**. APA CAD. 2019.

APA - The Engineered Wood Association. **Build energy efficient walls**. Washington: EUA. 2008.

APA - The Engineered Wood Association. **Engineered Wood Construction Guide**. Washington: EUA. 2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 16936: Edificações em light wood frame**. Rio de Janeiro, 2023.

AWC - The American Wood Council. **Wood Frame Construction Manual for One- and Two-Family Dwellings**. 2015 edition. ANSI / AWC WFCM, 2015.

BC HOUSING. **Modular and Prefabricated Housing: Literature Scan of Ideas, Innovations, and Considerations to Improve Affordability, Efficiency, and Quality**. British Columbia, 2014.

BORGES, A. P. Gatilhos geotécnicos para escolha do tipo de fundação. **Engenharia Civil-Tubarão**, 2019.

BRASIL, Ministério das Cidades. 2017. **Diretriz SINAT nº 005 – Revisão 02: Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”)**. Brasília: PBQP-H.

BRASIL, Ministério das Cidades. 2018. **DATec nº 020-C: “Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada - Tecverde (tipo light wood framing)”**. Brasília: SNH, PBQP-H, SINAT.

CAMPOS, L. A.; DIAS, R. R. **Vantagens e desvantagens do sistema construtivo wood frame e a comparação de custos com a alvenaria**. 2016.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Construção com madeira: as oportunidades no Brasil**. As oportunidades no Brasil. 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-com-madeira-as-oportunidades-no-brasil/>. Acesso em: 10 set. 2023.

CESAR, C. G.; ROMAN, H. R. Desenvolvimento de um processo construtivo racionalizado: painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos. In: **Coletânea Habitar: inovação tecnológica na construção habitacional**. 6. ed. Porto Alegre: Antac, 2006. p. 116-141.

CMHC. Canada Mortgage Housing Corporation. **Wood-Frame House Construction**. Canada: CMHC, 2013.

CRUZ, A. F. R.; BARBOSA, M. T. G.; CASTANÕN, J. A. B. Análise do processo de manutenção em diferentes sistemas construtivos no Brasil. In: **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, Petrópolis, v. 1, n. 1, p. 33-43, 28 jan. 2018.

DE ARAUJO, V. A. *et al.* Woodframe: light framing houses for developing countries. **Revista de la Construcción. Journal of Construction**, v. 15, n. 2, p. 78-87, 2016.

DOS SANTOS, M. M. L. *et al.* Revisão integrativa do uso da madeira através do sistema construtivo wood frame no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e31511124831-e31511124831, 2022.

DIAS, G. L. **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano**. 2005. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ECKER, T. W. P.; MARTINS, V. **Comparativo dos sistemas construtivos steel frame e wood frame para habitações de interesse social**. 2014. 154 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

ESPINDOLA, L. R.; INO, A. Inserção e financiamento do sistema Wood Frame no programa habitacional Minha Casa Minha Vida. In: **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, p. 1578-1587, 2014.

ESPINDOLA, L. R. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil**. 2017. 331 f. Tese (Doutorado). Curso de Arquitetura, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

ESPINDOLA, L. R. *et al.* Revisão das diretrizes técnicas do SINAT para componentes das paredes do sistema *Light Wood Frame* no Brasil. In: **VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, UNISUL, Palhoça, 2020.

FISCHER, A. C. et al. Processo produtivo de materiais de madeira que compõem o sistema construtivo *wood frame*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 119453-119471, 2021.

FOREST NEWS (Brasil). **Norma deve ampliar a utilização de wood frame na construção civil**. 2023. Disponível em: <https://forestnews.com.br/norma-ampliar-utilizacao-wood-frame-construcao/#:~:text=A%20NBR%2016936%20amplia%20o,com%20essa%20nova%20norma%20t%C3%A9cnica>. Acesso em: 10 out. 2023.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. [Rio de Janeiro]: Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559771653. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/>. Acesso em: 10 out. 2023.

GUESSER, Isabel. **Estudo de caso: modelagem em bim de uma edificação aplicando o sistema wood frame**. 2019. 137 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Câmpus Florianópolis, Florianópolis, 2019.

IBA. **Relatório anual 2022**, 2022. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf> . Acesso em 10 de out. de 2023.

ISTCHUK, R. N.; SILVA, L. M.; MIOTTO, J. L. Habitação em *wood frame*: análise de sustentabilidade ambiental. **Inovacivil**, Maringá, v. 1, n. 1, p. 1-11, 15 maio 2020.

LEITE, M. A.; BERTINI, A. A. Sistema construtivo *wood frame* e a possibilidade da industrialização da construção: visão da realidade brasileira por meio de estudos de campo. In: Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos, 1, 2017. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2017.

LEITE, J. C. P. S.; LAHR, F. A. R. Diretrizes básicas para projeto em Wood Frame. **CONSTRUINDO**, 2015.

LP Building Solutions. **Catálogo Técnico**: Telhado Shingle. 2012.

MODULAR BUILDING INSTITUTE. **Multifamily Modular Construction Toolkit**. Modular Building Institute, 2012.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em. **Semina**: Ciências Exatas e Tecnológicas, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 143, 15 dez. 2010. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0375.2010v31n2p143>.

MONICH, C. R. **Avaliação Ambiental de uma habitação de interesse social pré-fabricada em madeira no sistema wood frame no estado do Paraná**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Curitiba, 2012.

MUNARO, M R; FISCHER, A C; AZEVEDO, N C; TAVARES, S F. Proposal of a building material passport and its application feasibility to the wood frame constructive system in Brazil. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.L.], v. 225, p. 012018, 24 fev. 2019. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012018>.

OLIVEIRA, L. A. **Avaliação da aceitabilidade do sistema construtivo “Wood Frame”**. Monografia (Especialização). Curso de especialização em construções sustentáveis, Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2014.

ORSONI, A. R. **O sistema construtivo em wood frame comparado à alvenaria convencional para o uso em prédios públicos no cenário brasileiro**. TCC (graduação). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia Civil. Florianópolis, 2022.

OSAKA, S. **Cement emits as much CO2 as India.: why is it so hard to fix?**.2023. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/climate-solutions/2023/06/27/concrete-greenhouse-gas-emissions-cement/>. Acesso em: 13 set. 2023.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (Brasil). Governo Federal do Brasil (org.). **DATEcs**. 2023. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/tipo-documento/datecs/>. Acesso em: 09 out. 2023.

REITHERMAN, R.; COBEEN, K. **Design Documentation of Woodframe Project Index Buildings**. 29. ed. California: CUREE, 2003. 272 p.

RODRIGUES, N. N. A.; MOURA, J. D. M.; SILVA, R. D. Wood frame constructive system: use and cultural assimilation in Brazil. In: **ENSUS 2023 – XI Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, UFSC, Florianópolis, 2023.

SANTOS, L. C. F. **Avaliação de impactos ambientais da construção: comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em wood light frame**. 2012. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SHIGUE, E. K. **Difusão da construção em madeira no Brasil: agentes, ações e produtos**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2018.

SOARES, A. C. M. Construções de Residências Sustentáveis em Wood Frame no Brasil: Vantagens e Desvantagens do Método Construtivo. In: **Rebena - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 6, p. 373-390, 2023.

SOTSEK, N. C.; SANTOS, A. P. L. Panorama do sistema construtivo *light wood frame* no Brasil. **Ambiente construído**, v. 18, p. 309-326, 2018.

SOUZA, F. G. **A sustentabilidade implícita no modelo de construção em wood frame**: análise do impacto ambiental causado pelo método construtivo. 2022. 116 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. **Revista Especialize online, Florianópolis**, 2013.

SOUZA, R. V. **Manifestações patológicas em habitações de interesse social construídas com o sistema light wood frame no sul do Brasil**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2021.

SOUZA, R. V. *et al.* Aspectos técnico-construtivos e estéticos nas vedações do sistema construtivo Light Wood Frame. **Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 57, p. 98-111, 2021.

ŠVAJLENKA, J.; KOZLOVSKÁ, M.; SPIŠÁKOVÁ, M. The benefits of modern method of construction based on wood in the context of sustainability. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 14, p. 1591-1602, 2017.

SZÜCS, C. P. *et al.* Sistema Stella-UFSC: avaliação e desenvolvimento de sistema construtivo em madeira de reflorestamento voltado para programas de habitação social. In: **Coletânea Habitare**, Porto Alegre, Brazil: Antac, p. 66-115, 2006.

TECVERDE (2015). **Relatório de sustentabilidade 2014/2015**. Curitiba: Tecverde.

TECVERDE (2016). **Panorama do sistema construtivo Tecverde**. Curitiba: Tecverde construções eficientes.

TECVERDE. **Construção em Wood Frame no Brasil: História e Tecnologia**. 2023. Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/2023/11/22/construcao-em-wood-frame-no-brasil-historia-e-tecnologia/>. Acesso em: 09 out. 2023.

TECVERDE. **Construção Industrializada e Modular: Tecnologias Revolucionando a Construção Civil no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/2023/09/28/construcao-industrializada-e-modular-tecnologias-revolucionando-a-construcao-civil-no-brasil/>. Acesso em: 09 out. 2023.

TECVERDE. **Produtividade na Construção Civil: Conceito e Métodos de Medição**. 2023. Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/2023/11/07/produtividade-na-construcao-civil-conceito-e-metodos-de-medicao/>. Acesso em: 09 out. 2023.

THALLON, R. **Graphic guide to Frame Construction**. 3. ed. Newtown: The Taunton Press, 2008.

THINK WOOD. **Light Frame Wood Construction**: construction types. Construction types. 2023. Disponível em: <https://www.thinkwood.com/light-frame-wood-construction>. Acesso em: 10 out. 2023.

TURAN, M. Reconstructing The Balloon Frame: a study in the history of architectonics. **Metu Journal Of The Faculty Of Architecture**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 175-209, 15 dez. 2009. Middle East Technical University, Faculty of Architecture. <http://dx.doi.org/10.4305/metu.jfa.2009.2.10>.

United Nations Environment Programme. **Building Materials and the Climate: Constructing a New Future**. 2023. Disponível em: <<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293>>. Acesso em: 10 set. 2024.

WOODWORKS. **Putting the Pieces Together**: on the right projects, prefabrication and modular construction can increase speed and lower cost. WoodWork, 2014.

ANEXOS

ANEXO A – Resumo de especificações para wood frame no Brasil segundo a Diretriz SINAT nº 005 - Revisão 02 e o DATec nº 20C (elaborado por Guesser (2019) e Espíndola *et al.* (2020))

Especificações para quadro estrutural de paredes			
Componentes do quadro estrutural		Diretriz SINAT nº 005 -Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATec nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Peças de madeira	Espécie / resistência	Coníferas: Classe mínima C20, 12% de umidade	Pinus taeda
	Seção transversal nominal mínima	38mm x 89 mm (tolerância de - 1,5mm)	38mm x 140mm - Paredes externas 38mm x 89mm - Paredes internas
	Espaçamento máximo entre montantes	Não consta	60cm, conforme cálculo estrutural
	Dispositivo de fixação metálicos	Informações com descrição, tipo e uso devem constar no projeto e no DATec específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 240 horas	Pregos do tipo anelado (em rolo) ou do tipo espiralados (em ardox) com diâmetro mínimo de 3,1mm e comprimento de 75mm, espaçados a cada 20cm
Especificações para face externa das paredes			
Componentes da face externa das paredes		Diretriz SINAT nº 005 -Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATec nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Chapa estrutural de fechamento	Tipo	OSB estrutural tipo 3 (uso externo)	OSB estrutural tipo 3 (uso externo)
	Espessura	Conforme EN300	9,5 mm
	Dimensões	Não consta	Não consta
	Dispositivos de fixação	Informações com descrição e tipo devem constar no projeto e no DATec específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 480 horas (ambiente urbano); 720 horas (ambiente marinho)	Grampos galvanizados com comprimento mínimo de 50mm espaçados a cada 150mm ou pregos anelados com diâmetro mínimo de 2,5mm, comprimento mínimo de 50mm e espaçados a cada 200mm
Revestimen- to	Tipo	Placa cimentícia - Classe A (uso externo)	Placa cimentícia - Classe A3
	Espessura	Mín. Categoria 2, conforme NBR 15498 (2016)	8mm
	Dimensões	Não consta	Não consta
	Juntas	Tipo aparente ou dissimulada	Espaçamento de 3mm a 5mm e do tipo aparente ou dissimuladas
Dispositivos de fixação	Conforme NBR 15498 (2016)	Parafusos do tipo rosca soberba, cabeça cônica estriada, com espaçamentos determinados pelo fornecedor da placa cimentícia	
Barreiras impermeáveis à água e permeáveis ao vapor	Tipo	Consultar ISO 9073	Permeabilidade ao vapor de água médio de $1,30 \times 10^{-2} \text{ng/Pa.s.m}$ e gramatura de $101,0 \text{g/m}^2$
	Dispositivos de fixação	Consultar normas pertinentes	Fixada nas chapas de OSB por meio de grampos galvanizados
Acabamen- to	Pintura	Não consta	Placas de cimentícias revestidas com argamassa cimentícia "base coat" com 5mm e textura acrílica com 3mm de espessura.

continuação

Especificações para face interna das paredes			
Componentes da face interna das paredes		Diretriz SINAT nº 005 -Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATec nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Chapa estrutural de fechamento	Tipo	OSB estrutural tipo 2 (ambientes secos); OSB estrutural tipo 3 (ambientes molháveis e molhados)	OSB tipo 2 (uso interno em ambientes secos); tipo 3 (uso externo e interno) em áreas molháveis e molhadas), segundo o EM 300
	Espessura	Conforme EN 300	9,5 mm
	Dimensões	Não consta	Não consta
	Dispositivos de fixação	Informações com descrição, tipo e uso devem constar no projeto e no DATEC específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 96 horas (ambientes secos); 240 horas (ambientes molháveis ou molhados)	Grampos galvanizados com comprimento mínimo de 50mm espaçados a cada 150mm ou pregos anelados com diâmetro mínimo de 2,5mm, comprimento mínimo de 50mm e espaçados a cada 200mm
Revestimento	Tipo	Gesso acartonado: Standard - ST (ambientes secos); Resistente à umidade - RU + tratamento impermeabilizante (ambientes molháveis e molhados)	Gesso acartonado: Duas chapas Standard (ST) em ambientes secos; chapas Resistentes à Umidade (RU) em áreas molhável e molhada
	Espessura	Conforme NBR 14715 (2010)	12,5 mm
	Dimensões	Conforme NBR 14715 (2010)	Dissimuladas e recobertas com massa e fita celulósica para <i>drywall</i>
	Juntas	Não consta	Não consta
	Dispositivos de fixação	Conforme NBR 14715 (2010)	Parafusos de rosca soberba (ponta agulha)
Membrana impermeável à água e ao vapor		Membranas de impermeabilização na interface entre piso e parede de áreas molháveis e molhadas, até a altura de 200mm, antes da aplicação da camada de acabamento. Membranas em paredes que contenham pontos hidráulicos. As dimensões do elemento de impermeabilização devem ultrapassar o equipamento em no mínimo 200mm (acima, a partir do piso, e laterais a partir do final do equipamento)	Em áreas molhadas, a face das chapas de gesso do box deve ser revestida por membrana impermeável. As demais recebem membrana impermeável aplicada desde o piso até a altura de 200mm acima do ponto de hidráulica mais alto. Nas paredes sem pontos de hidráulica, a membrana impermeável de base acrílica é aplicada em três demãos cruzadas até altura de 200mm do piso acabado
Acabamento	Pintura	Não consta	Pintura acrílica sobre as chapas de gesso em ambientes secos
	Revestimento cerâmico	Não consta	Revestimento com placas cerâmicas do piso ao teto no box e até 150cm de altura nas demais paredes, com argamassa colante do tipo ACII em áreas molhável e molhada
	Rodapé	Material resistente à água; altura mín. 7 cm	Material cerâmico com no mínimo 70mm de altura, assentado com argamassa colante do tipo ACII

continuação

Especificações para quadro estrutural de entrepisos			
Componentes do quadro estrutural		Diretriz SINAT nº 005 - Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATec nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Peças de madeira	Espécie / resistência	Coníferas: Classe mínima C20, 12% de umidade	Pinus taeda
	Seção transversal nominal mínima	38mm x 89 mm (tolerância de - 1,5mm)	45mm x 190mm
	Espaçamento máximo entre barrote	Não consta	Não consta
	Dispositivo de fixação metálicos	Informações com descrição, tipo e uso devem constar no projeto e no DATec específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 240 horas	Pregos anelados (em rolo) ou espiralados (em ardox), diâmetro mínimo de 3,1mm e comprimento de 75mm, espaçados a cada 20cm. Parafuso metálico de cabeça escareada 8mmx260mm para fixação do entrepiso nas travessas superiores
Especificações para revestimento/acabamento de entrepisos			
Componentes de Revestimento/Acabamento		Diretriz SINAT nº 005 -Revisão 02 (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)	DATec nº 20C (Edificações térreas, sobrados e quatro pavimentos)
Chapa estrutural de fechamento	Tipo	OSB estrutural tipo 2 (ambientes secos); OSB estrutural tipo 3 (ambientes molháveis e molhados)	A face superior recebe chapa de OSB nas áreas secas e molháveis e, chapa de compensado do tipo naval multilaminada em madeira Pinus nas áreas molhadas
	Espessura	Conforme EN 300	18,3mm
	Dimensões	Não consta	Não consta
	Dispositivos de fixação	Informações com descrição, tipo e uso devem constar no projeto e no DATEC específico. Tempo mínimo para aparecimento de corrosão: 96 horas (ambientes secos); 240 horas (ambientes molháveis ou molhados)	Grampos galvanizados com comprimento mínimo de 50mm espaçados a cada 150mm ou pregos anelados com diâmetro mínimo de 2,5mm, comprimento mínimo de 50mm e espaçados a cada 200mm
Impermeabilização		Emprego de mantas ou membranas de impermeabilização em toda a superfície do contrapiso de áreas molhadas (banheiro com chuveiro, incluindo piso do box, área de serviço e áreas descobertas)	Utilização de filme de polietileno (lona plástica) sobre chapas de OSB e chapas de compensado. Emprego de membrana de impermeabilização em toda a superfície do contrapiso de áreas molhadas
Acabamento		Camada de argamassa para nivelar a superfície de um piso, sobre a qual se aplica o acabamento/revestimento. Aplicação de revestimento cerâmico, melamínico, cimentado, etc	Contrapiso de base cimentícia com espessura de 40mm e acabamento em revestimento de placas cerâmicas assentadas com argamassa industrializada do tipo ACII

Forro	Formado por chapas de gesso para drywall, e ou chapas cimentícias em áreas molhadas, ou outra chapa desde que conhecidas suas características e que contribuam no atendimento aos requisitos de desempenho	Camada dupla de chapas de gesso para drywall de 12,5mm de espessura
-------	--	---

Fonte: Guessser (2019) e Espíndola *et al.* (2020)

APÊNDICES

APÊNDICE A – Empresas que possivelmente atuam com o *wood frame* no Brasil no primeiro semestre de 2024

EMPRESA	LOCAL
TECVERDE	ARAUCÁRIA, PR
ECO HAUS	CURITIBA, PR
ROBERTO FERREIRA	PELOTAS, RS
TETTI	CAPÃO BONITO, SP
CANTEIRO	SANTA ISABEL, SP
CARIBEA – CASA INTELIGENTE	SÃO MANUEL, SP
SCHINTECH	SOROCABA, SP
SOLUÇÃO MADEIRAS	ARUJÁ, SP
BUSELLI ARQUITETURA	LIMEIRA, SP
NOVO HORIZONTE SOLUÇÕES DE ENGENHARIA	RIO DE JANEIRO, RJ
MADEIRAS MG	BELO HORIZONTE, MG
ELEMENTAL CONSTRUTORA	UBERLÂNDIA, MG
CASA CERTA	BRASÍLIA, DF
VOLVER SIST. CONSTRUTIVOS FLEXÍVEIS	CURITIBA, PR
CASA RÁPIDA	CURITIBA, PR
EMBAFORT SISTEMAS CONSTRUTIVOS	CURITIBA, PR
MONTAGGIO WOOD E STEEL FRAME	CASCADEL, PR
BOLSONI	FLORIANÓPOLIS, SC
HOLZ HAUS	FLORIANÓPOLIS, SC
MADEFRAME	JOINVILLE, SC
SPEROTTO ENGENHARIA	ERECHIM, RS
SZUCS ENGENHARIA E ARQUITETURA	FLORIANÓPOLIS, SC
STAMADE CONSULTORIA EM ESTRUTURAS DE MADEIRA	SÃO CARLOS, SP
SEMENTE CONSTRUÇÕES	FLORIANÓPOLIS, SC
CONSTRUTORA ARAUCÁRIA	FOZ DO IGUAÇU, PR
IMMERGRUN	ARAUCÁRIA, PR
FRAME SYSTEM	TOLEDO, PR
FRAMETECH	CURITIBA, PR
URUBICI WOOD FRAME	URUBICI, SC
CAZZA DE MADEIRA	NOVA FRIBURGO, RJ
HAMMER CONSTRUÇÃO	FLORIANÓPOLIS, SC
EXECUTA WOOD FRAME	SÃO PAULO, SP
ANDIAMO ARQUITETURA	PORTO ALEGRE, RS
CASA JACARANDÁ	BRASÍLIA, DF
WOODING	GAROPABA, SC
CASEMA	PORTUGAL, PT
CASA DE BEM COM A TERRA	JACAREÍ, SP
ENG. THIAGO PRIOSTA	JUNDIAÍ, SP
ALEA – TENDA	CAÇAPAVA, SP
PLÁTANO	FLORIANÓPOLIS, SC
COUNA	URUBICI, SC
WOODFRAME FLORIPA	FLORIANÓPOLIS, SC
GAÚCHO ENGENHARIA	PORTO ALEGRE, RS
LINEA STUDIO	SANTA MARIA, RS
CARUSO ENGENHARIA	LIMEIRA, SP
ALCANCE ENGENHARIA JR	CURITIBA, PR
RICARDO HS	CURITIBA, PR
TIMBER ARQUITETURA	CHAPECÓ, SC
A MICURA	MOGI DAS CRUZES, SP
CASA DA MATA	SEM INFORMAÇÃO

CASAS KUERTEN	CURITIBA, PR
MAF ENGENHARIA	SÃO PAULO, SP
MG HOMES	SÃO PAULO, SP
MIS CONSTRUÇÕES INTELIGENTES	ATIBAIA, SP
MELAO ENGENHARIA	GUARATINGUETÁ, SP
HM ENGENHARIA	CAMPINAS, SP
KBANA	CURITIBA, PR
PEDRO AGUIAR	ARRAIAL DO CABO, RJ
ENGEMAPE	VINHEDO, SP
WOOD FRAMING BRASIL	FLORIANÓPOLIS, SC
ANCORA	VINHEDO, SP
GREENLAR	CURITIBA, PR
REINO CONSTRUIR E EDIFICAR	SÃO PAULO, SP
REAL CASAS	TRÊS BARRAS, SC
ANDRADE MEDEIROS	SEM INFORMAÇÃO
NEW WALL	CURITIBA, PR
MJ CONSTRUÇÕES	JOINVILLE, SC
MUNDO DO FRAME	SÃO PAULO, SP
RABONI ENGENHARIA	CURITIBA, PR
ARAUTEC CONSTRUTORA	AMPÉRE, PR
SULTIFORT	FLORIANÓPOLIS, SC
CASAS ALPHA	SÃO FRANCISCO, SP
NOBRE CASAS INDUSTRIALIZADAS	SANTA IZABEL, SP

APÊNDICE B – Questionário 1: Levantamento inicial sobre trabalho com *wood frame* no Brasil

Nome: *

Texto de resposta curta
.....

Contato (telefone, whatsapp ou e-mail) *

Texto de resposta curta
.....

Onde você trabalha com wood frame ? *

- Empresa
- Equipe construtora
- Autônomo

Se Empresa ou Equipe Construtora, qual o nome ?

Texto de resposta curta
.....

Você projeta ou constrói em wood frame ? *

- Projeto
- Construção



Você trabalha com wood frame no Brasil atualmente? *

Sim

Não

Em quais regiões do Brasil você atua ? *

Norte

Nordeste

Sudeste

Sul

Centro-Oeste

Indique outras empresas que trabalham com Wood Frame:

Texto de resposta curta
.....

APÊNDICE C – Questionário 2: Caracterização das empresas que confirmaram atuar com *wood frame* no Brasil

Qual o seu nome ?

Sua resposta _____

Você recebeu esse questionário por:

Escolher ▼

Em qual empresa você trabalha ?

Sua resposta _____

Quais suas funções na obra/empresa ?

Engenheiro

Projetista

Construtor

Gestor de Obra

Estagiário

Outro: _____

Qual sua formação acadêmica ?

- Técnico em edificações
- Arquitetura
- Engenharia Civil
- Sem formação
- Outro: _____

Como aprendeu sobre wood frame ?

- Curso especializado
- Sozinho, na prática
- Outro: _____

Motivação para trabalhar com o wood frame

- Sustentabilidade
- Agilidade
- Qualidade da obra
- Industrialização
- Obra seca
- Custo
- Produtividade
- Outro: _____

Qual foi seu primeiro projeto ou construção em wood frame no Brasil ? (Nome, localização, ano)

Sua resposta _____

Você trabalha com alguma equipe ou sozinho ?

- Sozinho
- Equipe

Caso a resposta anterior tenha sido "Equipe", qual a quantidade de pessoas que compõe esta equipe? Quais as funções dessas pessoas?

Sua resposta _____

Há quanto tempo está no mercado em geral ?

- Menos de 1 ano
- Entre 1 e 5 anos
- Entre 6 e 10 anos
- Mais de 10 anos

Além de wood frame, com quais outros sistemas construtivos você trabalha ?

- Sistema convencional (Estrutura de concreto + Alvenaria)
- Steel Frame
- Alvenaria estrutural
- Concreto Pré-Moldado
- Parede de Concreto
- Outro: _____

Quais métodos construtivos do sistema wood frame são utilizados nas obras da sua empresa ?

- Construção in-loco
- Construção Pré-fabricada (Panelizada)
- Construção Modular

Quantas edificações em wood frame você já realizou ?

- Menos de 5
- Entre 5 e 10
- Entre 11 e 15
- Mais de 15

Qual tipo de edificação você realiza ?

- Térreo
- Sobrado
- Edifícios até 5 pavimentos
- Edifícios com mais de 5 pavimentos
- Outro: _____

As construções realizadas por você tem qual uso final ?

- Residencial unifamiliar
- Residencial multifamiliar
- Comercial
- Misto
- Institucional (escolas, hospitais...)

Você está com alguma obra em execução ainda no primeiro semestre de 2024 ?

- Sim
- Não

APÊNDICE D – Entrevista não-estruturada aplicada com a empresa E sobre um estudo de caso em Santa Catarina

1. Técnicas de fundação

- a) Qual tipo de fundação é mais usado?
- b) Como é feita a fixação dos painéis de parede na fundação *radier*?
- c) Como é feita a impermeabilização da fundação?

2. Técnicas de parede

- a) Qual espécie de madeira utiliza?
- b) A madeira recebe tratamento? Qual?
- c) Qual seção transversal principal dos montantes e das travessas?
- d) Como é determinado o espaçamento entre os montantes? Tem acompanhamento de projeto e dimensionamento estrutural?
- e) Qual chapa estrutural é utilizada? E em qual face da parede?
- f) Aplica a membrana hidrófuga na face externa?
- g) Aplica algum isolamento termoacústico? Qual?
- h) Como é a vedação das paredes internas?
- i) Como é a vedação das paredes externas?
- j) Como é feita a impermeabilização de áreas molhadas?
- k) Como ocorre a instalação hidro e elétrica nas paredes?

3. Técnicas de piso

- a) Como é determinado o espaçamento e a dimensão das vigas do entrepiso? Tem acompanhamento de dimensionamento estrutural?
- b) Qual chapa estrutural é utilizada?
- c) Como é feita a impermeabilização de áreas molhadas e molháveis?

3. Técnicas de cobertura

- a) Quais tipos de estrutura e de telhas aplica na cobertura?

APÊNDICE E – Caracterização geral de cinco construtores localizados nas regiões sul e sudeste do Brasil

Empresa	Localização	Função	Formação acadêmica	Aprendizado / início com wood frame	Primeira construção em wood frame no Brasil	Tempo de trabalho com wood frame (anos)	Obras executadas	Método construtivo	Estados que atua
A	RJ	Construtor	Letras	Curso curta duração, prática com consultoria. Início 2017.	2021	1-5	Menos de 5	No local	RJ
B	SP	Construtor	-	Prática nos EUA. Início 2001.	2022	10+	Mais de 15	No local	MG, SP, RS e DF
C	PR	Engenheiro	Engenharia Civil	Prática própria e intercâmbio no Canadá. Início em 2019.	2019	1-5	Mais de 15	No local, Panelizado	PR e SC
D	RS	Engenheiro	Engenharia Civil	Prática própria com consultoria americana. Início em 2001.	2001	10+	5 a 10	No local	RS, SC, SP
E	SC	Incorporador	Administração	Curso curta duração, prática própria. Início em 2014.	2017	6-10	Mais de 15	No local, Panelizado	MT, MG, PR, RS, SC, SP e DF