

CENTRO UNIVERSITÁRIO PLANALTO DO DISTRITO FEDERAL-UNIPLAN

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

COMPARATIVO DA PLACA DE OSB HOME PLUS COM A PLACA DE
COMPENSADO NAVAL COMO CONTRAVETAMENTO E FECHAMENTO VERTICAL
EXTERNO DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING

RODRIGO LEITE DA SILVA

BRASILIA / 2017

RODRIGO LEITE DA SILVA

SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING:

**COMPARATIVO DA PLACA DE OSB HOME PLUS COM A PLACA DE
COMPENSADO NAVAL COMO CONTRAVETAMENTO E FECHAMENTO VERTICAL
EXTERNO DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário
Planalto do Distrito Federal - UNIPLAN, como
requisito parcial à obtenção de título de Engenheiro
Civil.

ORIENTADOR: MSc FLAVIO DOS RAMOS DE SOUSA MENDONÇA

BRASILIA / 2017

S586c

Silva, Rodrigo Leite da.

Comparativo da placa de OSB Home Plus com a placa de compensado naval como contraventamento e fechamento vertical externo do sistema Light Steel Framing / Rodrigo Leite da Silva – 2017.

xiv, 81 f. : il. color.

Orientação de Flavio dos Ramos de Sousa Mendonça.

Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Planalto do Distrito Federal (UNIPLAN), Brasília, 2017.

1. OSB Home Plus. 2. Compensado naval. 3. Propriedades físicas e mecânicas. I. Mendonça, Flavio dos Ramos de Sousa. II. Título.

CDU: 693.972

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os que sempre me ampararam, em especial aos meus pais Geraldo e Eva aos meus filhos Henrique e Hugo a minha esposa Leiliane por todo o incentivo, compreensão e paciência, ao professor Flavio Ramos e Dr. Divino Eterno e aos amigos que contribuíram direta ou indiretamente neste trabalho.

Rodrigo Leite da Silva

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela possibilidade de aprendizagem diária que me desafia. Agradeço também a toda a minha família e amigos, que acreditou em meu potencial e me oportunizou estudar o Curso de Engenharia Civil nesta Universidade.

Agradeço ao professor orientador Flavio Ramos que, de forma incansável, me apoiou e esteve presente nos momentos de pesquisa e na árdua tarefa de desenvolvimento da escrita deste trabalho.

Aos colegas formandos que fizeram parte da minha história e que levarei em minha memória. Agradeço especialmente a minha esposa que esteve ao meu lado e me acompanhou durante um longo período nesta trajetória do curso.

Aos demais professores, destino minha confiança e respeito pelo conhecimento que eles me transmitiram.

Ao Laboratório de Produtos Florestais por permitir a utilização de suas instalações. Em especial, agradeço o professor Dr. Divino Eterno Teixeira por seu auxílio durante as atividades no laboratório.

EPÍGRAFE

" Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer. "

Albert Einstein

RESUMO

Existem diversos trabalhos de pesquisa sobre o Light Steel Framing (LSF), a grande maioria aborda o tempo de execução, que é mais ágil comparado ao projeto de alvenaria, sendo assim, obteve pouco avanço no mercado da construção civil. Este projeto abordou a possibilidade de substituição das placas usadas, visando a redução dos custos com insumos. Em 2003 a Caixa Econômica Federal (CEF), juntamente com o Sinduscon-SP e a Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) fizeram um manual com os requisitos de condições mínimas para financiamento de imóvel em LSF pela caixa, um desses quesitos foi o uso de placas OSB no contravetamento externo e/ou fechamento vertical externo. As placas de OSB usadas para o LSF são de origem canadense, e sua fabricação é feita por uma única empresa no Brasil, as construtoras de LSF ficam impossibilitadas de usar outro material. Para melhor competitividade nesse mercado de placas de madeira estrutural, criou-se a possibilidade de substituição do OSB pelo compensado naval, realizando ensaios em laboratório, fazendo um comparativo e testando a resistência mecânica e física dos materiais. As pesquisas em laboratório foram feitas, para assim determinar se o compensado naval tem resistência igual ou superior à do OSB Home Plus. Os ensaios realizados foram o de MOR, MOE e Cisalhamento na linha de cola para os ensaios mecânicos e Determinação do inchamento: Inchamento, Recuperação e Inchamento mais a recuperação, Determinação do teor de umidade, Massa específica aparente e a Absorção de água para os ensaios físicos, as amostras e os ensaios foram realizados com base nas normas da ABNT. Os ensaios, físicos e mecânicos, foram realizados no Laboratório de Engenharia e Física da Madeira, no Laboratório de Produtos Florestais – LPF/SFB na unidade do IBAMA. Os resultados das propriedades físicas da madeira compensada foram satisfatórios em comparação com o OSB já as propriedades mecânicas da madeira compensada não obteve os resultados esperados e não alcançou os critérios mínimos da norma no teste mecânico.

PALAVRAS- CHAVE: OSB Home Plus, Compensado Naval, Propriedades físicas e mecânicas.

ABSTRACT

There are several researches on Light Steel Framing (LSF), the great majority of which deals with the execution time, which is more agile compared to the masonry project, thus achieving little progress in the construction market. This project addressed the possibility of replacing used slab, aiming at reducing input costs. In 2003 the Caixa Econômica Federal (CEF), together with Sinduscon-SP and the Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) (Brazilian Center for Steel Construction) made a manual with the requirements of minimum conditions for financing of property in LSF by the Caixa Econômica Federal, one such question was Use of OSB slab in external contraception and / or external vertical closure. As OSB slab used for LSF are of Canadian origin, their manufacture was made by a single company in Brazil, as LSF builders are unable to use other material. In order to improve competition in this market for wood slabs, a possibility was created to replace the OSB by the naval plywood, conducting laboratory tests, comparing and testing a mechanical and physical resistance of the materials. As the laboratory research was done, to determine if the naval plywood has resistance equal to or greater than OSB Home Plus. The tests performed were MOR, MOE and Shearing in the glue line for the mechanical tests and Determination of swelling: Swelling, Recovery and Swelling plus recovery, Determination of moisture content, Apparent specific mass and Water absorption for the tests Physical, samples and tests were performed based on ABNT standards. The physical and mechanical tests were performed at the Laboratório de Engenharia e Física da Madeira (Laboratory of Engineering and Physics of Madeira), at the Laboratório de Produtos Florestais (Laboratory of Forest Products) - LPF / SFB at the IBAMA unit. The results of the physical properties of the plywood the results obtained with the OSB as mechanical properties of the plywood did not obtain the expected results and did not reach the minimum criteria of the norm in the mechanical test.

KEYWORDS: OSB Home Plus, Naval Plywood, Physical and Mechanical Properties

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vantagens da Construção Seca	4
Figura 2- Estrutura de residência em Light Steel Frame	5
Figura 3- Estrutura de residência em Light Wood Frame	6
Figura 4 - Corte lateral de uma Laje Radier	9
Figura 5 – Apresentação da montagem da ancoragem nos painéis estruturais em uma Laje Radier	9
Figura 6 - Fundação em Sapata Corrida.	10
Figura 7- Ação do vento na estrutura: a) translação e b) tombamento.....	11
Figura 8 - Projeto geral de ancoragem química com barra roscada.	12
Figura 9 - Parabolt usado em ancoragem provisória	12
Figura 10 – Uso de parabolts na ancoragem	13
Figura 11 - Máquina usadas para fabricação dos perfis seção Ue.....	13
Figura 12- Esquema de montagem do painel típico em LSF e seus componentes.....	17
Figura 13 – Tipo de painel com contravetamento em “X”	18
Figura 14 - Tipo de painel com contravetamento em “K”.	18
Figura 15 - Placa de OSB Home Plus.....	21
Figura 16- Posição das Tiras do OSB.....	21
Figura 17 - Processo de Prensagem da chapa de OSB	23
Figura 18 - Placa de Compensado Naval.....	24
Figura 19 - Posicionamento das lâminas no compensado	24
Figura 20 - Esquema da Placa Cimentícia e suas composições.	26
Figura 21 - Processo de fabricação do gesso	28
Figura 22 - A diferenciação visual do tipo de aplicação das placas.	29
Figura 23 - Impermeabilização das placas de OSB com membrana TYVEK.....	30
Figura 24 - Instalação de Siding Vinílico nas paredes externas do LSF.	31
Figura 25 - Esquema de montagem do Siding Vinílico.....	31
Figura 26 - Revestimento das placas de OSB com argamassa.	32
Figura 27 - Fachada revestida com argamassa com juntas aparentes.....	33
Figura 28 - CRUPE SYSTEM Projeção de Argamassa sobre Estrutura em LSF.	33
Figura 29 - Corpo de prova climatização	36
Figura 30 - Relógio Termo Higrômetro	36
Figura 31 - Relógio Comparador.....	38
Figura 32 - Corpos de prova controle	39
Figura 33 - Dessecador	39
Figura 34 - Corpos de prova imerso em água destilada	40
Figura 35 - Resfriamento dos corpos de provas	41
Figura 36 - Pesagem e medição do corpo de prova	42
Figura 37 - Corpos de prova imerso em água.....	43
Figura 38 - Arranjo esquemático da máquina de ensaio	45
Figura 39 - Máquina universal de ensaios	46
Figura 40 - Equipamento para ensaio a Flexão	47

Figura 41 – Ensaio a Flexão Estática.....	47
Figura 42 - Corpos de provas rompidos	48
Figura 43 - Esquema de corte de corpo de prova	49
Figura 44 - Imersão do Corpo de Prova em água fria	50
Figura 45 - Imersão do Corpo de Prova em água em ebulição.....	50
Figura 46 - Ensaio de cisalhamento linha de cola	51
Figura 47 - Corpos de provas rompidos	52
Figura 48 - Falha da linha de cola	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Teor de Umidade (TU).....	55
Gráfico 2 - Massa Específica (MEA)	56
Gráfico 3 - Absorção de Água (AA)	57
Gráfico 4 – MOR Perpendicular.....	59
Gráfico 5 - MOR Paralelo	60
Gráfico 6 - MOE Perpendicular	60
Gráfico 7 - MOE Paralelo.....	61

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Tipos de revestimento mínimo dos perfis estruturais e não estruturais.....	14
Tabela 2 – Tipos de perfis de aço formados a frio para o uso em LSF.....	15
Tabela 3 - Dimensões dos perfis de aço usado no Light Steel Framing.....	16
Tabela 4 – Característica física da Placa Cimentícia.....	27
Tabela 5 - Tipos de Chapas de Drywall mais usadas no LSF.	29
Tabela 6 - Determinação de Inchamento.....	53
Tabela 7- Tabela de Teor de Umidade TU.....	54
Tabela 8 - Tabela de Ensaio MEA.....	56
Tabela 9 - Tabela de Ensaio (AA).....	57
Tabela 10 - Flexão Estática do Compensado Naval.....	58
Tabela 11 - Flexão Estática do OSB Home Plus.....	59
Tabela 12 - Cisalhamento na Linha de Cola.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Absorção de água

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAGESSO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Blocos e Chapas de Gesso

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada

AISI - American Iron and Steel Institute

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço

CEF – Caixa Econômica Federal

DATecs - Documento de Avaliação Técnica

I - Inchamento em Espessura

LSF - Light Steel Framing

ISO - International Organization for Standardization

IR - Inchamento mais Recuperação

Kgf - Quilograma força

MDF - Medium Density Fiberbord

Mea – Massa específica aparente

MOR – Módulo de Ruptura

MOE – Módulo de Elasticidade

MPa – Mega Pascal

NASFA - North American Steel Framing Alliance

NBR – Norma Brasileira

OSB – Oriented Strand Board

PFF – Perfil formado a Frio

R - Recuperação

SINAT - Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

SINDISCON–SP - Sindicato da Industria da Construção Civil do Estado de São Paulo

TU – Resistencia a Linha de Cola

USIMINAS – Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 CONSTRUÇÃO SECA	4
2.2 DEFINIÇÃO DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING	5
2.3 HISTORIA DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING	6
3 CONSTRUÇÃO PELO MÉTODO LIGHT STEEL FRAMING.....	8
3.1 FUNDAÇÕES.....	8
3.1.1 Laje Radier.....	8
3.1.2 Sapata Corrida ou Viga Baldrame	10
3.1.3 Fixações dos Painéis na Fundação	10
3.2 PERFIS METÁLICOS.....	13
3.3 PAINÉIS	16
3.3.1 Painéis estruturais ou autoportantes	19
3.3.2 Painéis não estruturais	19
4 SISTEMA DE FECHAMENTO VERTICAL	20
4.1 PLACA OSB.....	20
4.1.1 Fabricação da Placa de OSB	22
4.2 PLACA DE COMPENSADO NAVAL	23
4.2.1 Fabricação da Placa de Compensado	25
4.3 PLACA CIMENTÍCIA	25
4.4 PLACA DRYWALL.....	27
4.5 MEMBRANA DE POLIESTIRENO	29
4.6 SIDING VINÍLICO	30
4.7 ARGAMASSA.....	32
5 MATÉRIAS E MÉTODO	35
5.1 MATERIAIS	37
5.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	37
5.3 TESTE FÍSICO.....	37
5.3.1 Determinação do inchamento	38
5.3.2 Determinação do teor de umidade	41
5.3.3 Determinação da massa específica aparente	42
5.3.4 Determinação da absorção de água	43
5.4 TESTE MECÂNICO	44

5.4.1	Resistências à flexão estática	44
5.4.2	Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento	48
6	ANALISE E RESULTADOS	53
6.1	ENSAIO FÍSICO	53
6.1.1	Determinação do inchamento	53
6.1.2	Determinação do teor de umidade	54
6.1.3	Determinação da massa específica aparente	55
6.1.4	Determinação da absorção de água	57
6.2	ENSAIO MECÂNICO	58
6.2.1	Resistências à flexão estática	58
6.2.2	Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento	61
7	CONCLUSÃO	63
8	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	66
	GLOSSÁRIO	72
	APÊNDICE	73

INTRODUÇÃO

As obras de edificações no Brasil e a indústria que mais consome matéria prima em suas edificações; pois a cultura do sistema construtivo convencional (concreto armado e alvenaria), ainda é muito usado no país. O Mercado da construção civil no Brasil teve poucas mudanças significativas em desenvolvimento nas tecnologias construtivas nos últimos anos. Assim o setor é caracterizado pelo grande impacto ambiental: na geração de diferentes tipos de resíduos, impermeabilização do solo, rebaixamento do lençol freático, consumo de recursos naturais é de origem não renovável além do alto custo para construção das edificações.

Tentando uma melhoria no padrão de qualidade e pensando no meio ambiente desenvolveu-se um novo sistema de construção conhecido como “construções secas” ou “construção sustentáveis”. Que possui baixo consumo de matéria prima. A construção seca tem pouco consumo de água, e grande parte do material usado é reaproveitado. Entre eles estão: a placa de gesso acantonado (Drywall), placa de Oriented Strand Board (OSB), lã de PET, telhas de caixa de leite, perfis de aço galvanizado entre outros.

O Light Steel Framing (LSF), e conhecido mundialmente, como sistema construtivo racional, que tem a característica principal de estrutura de perfil formado a frio (PFF), tem como aspecto estrutural capaz de resistir o carregamento que são exercidas dos demais conjuntos. O LSF tem grande rapidez em sua execução. Os painéis já vêm cortados da indústria e a montagem é feita no local da obra.

O LSF está no Brasil desde a décadas 90 e ainda assim não possui reconhecimento no mercado imobiliário, poucos avanços tivemos no sistema em tentar melhorar a sua qualidade e desempenho, afim de minimizar possíveis patologias. Com isso alguns engenheiros e arquitetos estão testando novas alternativas para a melhoria do sistema LSF como: melhor qualidade das edificações evitando patologia e alternativas construtivas para baixar o custo final para o cliente.

Como hoje no Brasil a comercialização das placas de OSB Home Plus, utilizada no sistema LSF como fechamento externo e contravetamento, é fabricada por apenas uma empresa em que detém a maior comercialização das placas, as construtoras de LSF não tem possibilidade de busca melhores preço reduzindo o custo final da edificação para o cliente.

Uma das alternativas é a substituição das placas de OSB home plus por chapas de Compensado Naval, as chapas de OSB atualmente são usadas pela sua agilidade de instalação e manuseio, tem excelente desempenho mecânico e durabilidade e a umidade, são com o uso das placas em forro para telhados, paredes estruturais, piso de casa residencial, tapume e

divisórias, decks e plataformas, entre outros. Possui um bom isolamento termo-acústica quando usado em paredes de fachada ou divisórias.

Já as placas de compensado têm boa resistência mecânica e resistência à água em relação ao OSB e maior estabilidade dimensional, as placas de compensado são utilizadas nas construções civis em formas para lajes, pilares e vigas por ter uma grande capacidade de reutilização e boa resistência mecânica.

Uma das possibilidades é o uso das placas de Compensado Naval no lugar do OSB Home Plus para melhorar o custo final da edificação e melhorando a competitividade na comercialização de placas para LSF.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar as etapas construtivas do LSF e pesquisar o comportamento físicos e mecânicos das placas de OSB Home Plus e Compensado Naval no sistema Steel Frame (SF).

Iremos comparar as características físicas das placas como: Determinação do inchamento, Determinação do teor de umidade, Determinação da massa específica aparente e absorção à água. Também será comparado as características mecânicas das placas como: Resistência a flexão estática MOE e MOR do OSB Home Plus e Compensado Naval com base nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O trabalho é constituído por oito capítulos. O primeiro é o capítulo introdutório onde são apresentados o problema, o objetivo geral e específico proposto, a hipótese.

O segundo pertence à contextualização da história e a evolução do sistema construtivo, a importância das construções seca. Neste capítulo é apresentada a evolução do Light Wood Framing (LWF) para o Light Steel Framing, como o LSF começou a ganhar espaço nas construções em países desenvolvidos.

O terceiro e quarto capítulo apresenta o sistema construtivo, desde sua fundação, até os fechamentos internos e externos. Neste capítulo iremos detalhar as etapas construtivas falando dos tipos de fundações que são geralmente usadas no sistema, os tipos de perfis que são utilizados nas estruturas, os tipos de fechamento interno externo,

O quarto capítulo aborda os tipos de materiais e o método em que iremos fazer os ensaios para levantar um estudo comparativo de dois tipos de placas. Neste capítulo iremos abordar quais os materiais que serão usados e os tipos de testes que será feito, e demonstrado o procedimento dos ensaios juntamente com as equações e as normas utilizadas.

O sexto capítulo, iremos confrontar os resultados de cada material analisado para compara as resistências e tentar definir se o compensado naval tem resistência superior ou similar do OSB Home Plus para ser usado no sistema Light Steel Framing (LSF)

E sétimo e último capítulo, será apresentada a conclusão final referente ao estudo realizado e sugestões para trabalhos futuros.

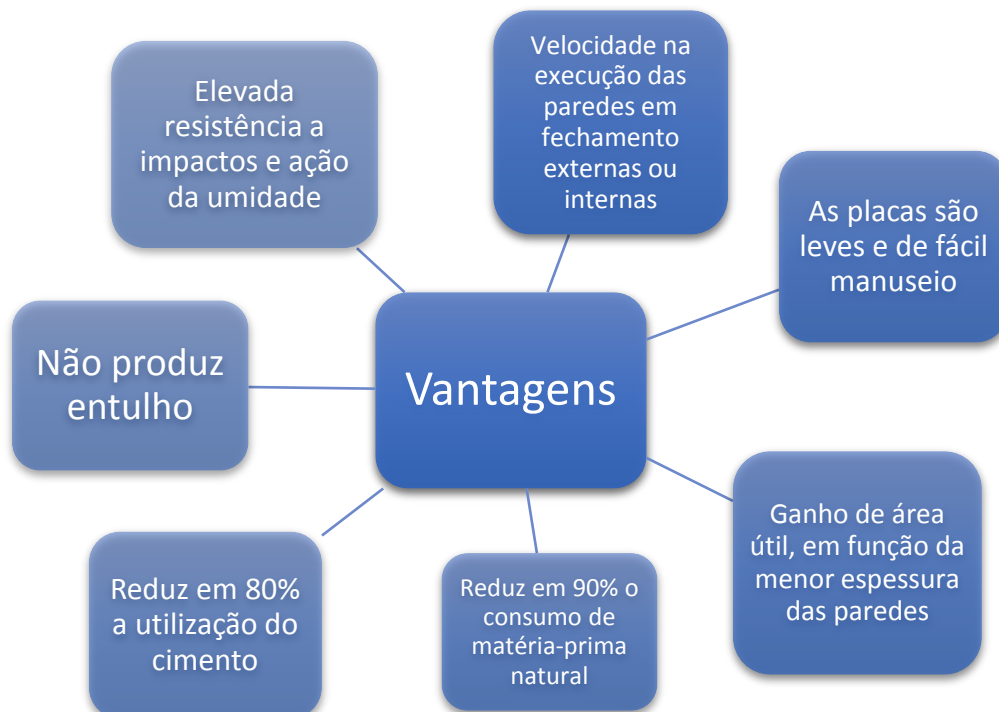
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSTRUÇÃO SECA

A construção seca ao contrário da tradicional não requer o uso de água em suas etapas da obra (BERTOLINI, 2013). Ela tem como característica de obras limpas com pouco refugo na obra e baixo consumo de água. Na maioria dos casos os entulhos das obras podem ser reciclados e reutilizados em novas obras. Na construção convencional usa grande quantidade de água em suas etapas de obra e tem grande desperdício de material e resto de refugo que na maioria das vezes são jogados em aterros.

Esse tipo de construção é muito utilizado na Europa e nos Estados Unidos, pela sua qualidade, alta resistência e durabilidade, o sistema atende os padrões internacionais e nacionais o que se refere a conforto térmico-acústico. O sistema é associado a processo de construção pré-fabricado e industrializados, onde na maior parte são usados no sistema aço ou madeira, tornando assim as construções altamente sustentáveis. (GRUPO BRICKA SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 2016) A figura 1 ilustra as vantagens da construção seca.

Figura 1 - Vantagens da Construção Seca



Fonte: (GRUPO BRICKA SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 2016)

2.2 DEFINIÇÃO DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING

A estrutura LSF é composta pelos perfis leves de aço (PFF). As espessuras mais utilizadas são 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm, e tem como revestimento contra corrosão mínimo de zinco de 180 g/m² segundo a ABNT NBR 7008/2012; e 275 g/m² e 350 g/m² (SANTIAGO,2008). Segundo o SINAT N° 3. “A espessura mais utilizada é a de 0,95 mm, sendo a de 1,25 mm mais utilizada para vigas e pilares por receber as cargas dos demais sistemas”. Além de elementos em aço leve galvanizado serem usados, para fins não estruturais, LSF é utilizada em edifício com até cinco pavimentos. A figura 2 ilustra a estrutura de uma residência em LSF.

Figura 2- Estrutura de residência em Light Steel Frame



Fonte: SIMONE FRAGA, 2015

O LSF é caracterizado como um sistema de construção leve, em que apresentar um peso próprio relativamente baixo quando comparado aos sistemas de estrutura convencional, executados em alvenaria. (WOLFART, 2016)

A estrutura de LSF é formada por pisos, paredes e cobertura. Juntos, eles possibilitam a integridade estrutural da edificação, resistindo aos esforços que a solicitam. Segundo o fabricante Brasilit (2004, p.60), “os perfis formados a frio (PFF) de aço galvanizado são utilizados na composição de painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes”. Reunindo com outros subsistemas como fundação, fechamento interno e externo, isolamento Termo-acústico e instalações elétricas e hidráulicas dão forma à edificação e garantem sua habitação segura.

2.3 HISTORIA DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING

O Framing começou a sua história no Estado Unidos em 1810 e 1860, com a chegada da migração na costa do Oceano Pacífico. Naquela época, a população americana se multiplicou, para solucionar a demanda por habitação, recorreu-se à utilização dos materiais disponíveis no local (madeira), utilizando os conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originadas na Revolução Industrial. (RODRIGUES, 2006),

O Light Wood Framing (LWF) consiste em uma estrutura composta por peças de madeira de pequena seção transversal conhecido como Balloon Framing. (CONSUL STEEL, 2002). Como apresentado na figura 3.

Segundo Wolfart (2016, p. 21 apud Sacco e Stamato, 2008):

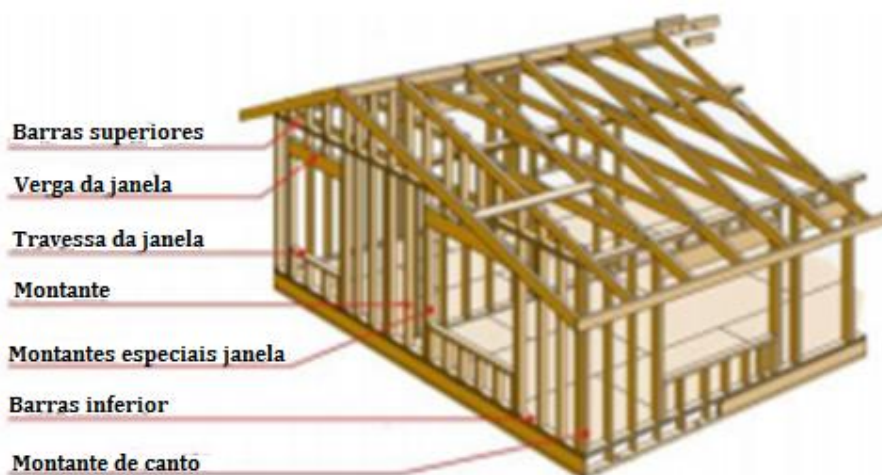
“nos explicam que o sistema possui, basicamente, paredes portantes que darão suporte para as cargas advindas da primeira plataforma ou piso. Há o conceito de que essa plataforma trava os apoios e contraventa horizontalmente as paredes portantes do pavimento imediatamente abaixo”.

A construção em madeira, amplamente utilizada ainda hoje na América do Norte, entretanto é caracterizada pela sua fácil combustão.

Segundo afirma Campos (2014, p.61):

“Em 1871, em Chicago, ocorreu um grande incêndio que consumiu boa parte da cidade, que era construída praticamente toda em madeira. Além desse acontecimento merecem destaques os incêndios causados pelo sismo de São Francisco em 1906, que deixaram mais de 250 mil desabrigados”.

Figura 3- Estrutura de residência em Light Wood Frame



Fonte: VASQUES E PIZZO, 2014

O sistema Wood Framing, deixou de ser utilizado após a Segunda Guerra Mundial quando houve progresso nos processos de fabricação de PFF, e o uso do perfil de aço para substituir os de madeira. (SANTIAGO, FREITAS E CRASTO, 2012)

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 13 apud Frechette,1999): “[..]em 1933, na Feira Mundial de Chicago nos Estados Unidos foi lançado o protótipo para uma residência em LSF, que utilizaria perfis de aço em estruturas ao invés estrutura de madeira”. O protótipo começou a tomar impulso somente no final do século XX, após a passagem do Furacão Andrew pela costa leste América, em agosto de 1992 e o terremoto de Northridge em janeiro de 1994 causando grande destruição e prejuízo para as famílias que foram atingidas. (CAMPOS,2014)

A maioria das residências em Light Wood Framing não resistiu aos impactos dos eventos naturais, e conseqüentemente as empresas de seguros passaram a incentivar o uso das construções em LSF, que possuíam uma resistência maior aos sismos e furacões. (JARDIM E CAMPOS. 2014)

No Japão, o Light Steel Framing (LSF), teve um grande avanço após a Segunda Guerra Mundial quando foi necessário a reconstrução de milhares de casa destruídas por bombardeios. As casas na época eram feitas de madeira, e foram destruídas por causa dos incêndios que se alastrava durante os ataques. (CRASTO,2005 apud METALMAG, 2004)

3 CONSTRUÇÃO PELO MÉTODO LIGHT STEEL FRAMING

3.1 FUNDAÇÕES

Como o sistema LSF tem como característica de baixo peso estrutural, a estrutura e os elementos de fechamento exercem menos esforço a fundação do que outras construções. Segundo afirma Trebilcock (1994), “um painel estrutural pesa apenas 20% de uma parede equivalente em blocos. Como a estrutura distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis estruturais, a fundações deverá ser continua suportando os painéis em toda a sua extensão”.

Segundo Wolfart (2016, p. 46)

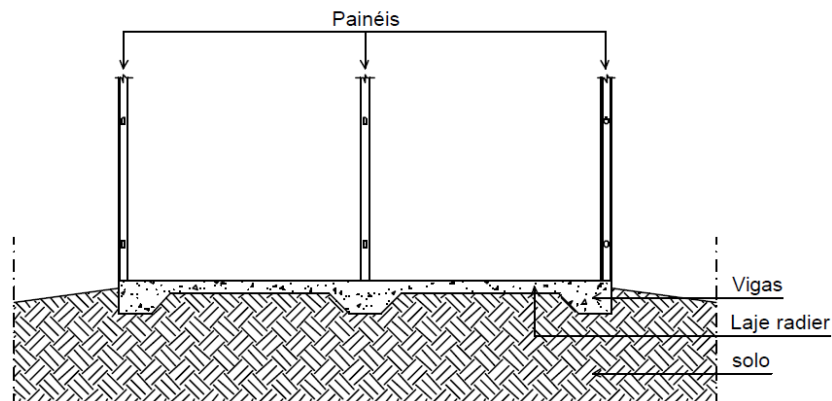
A utilização de fundações rasas do tipo “radier” se fez possível neste empreendimento com vista para o fato de que existe uma significativa redução de peso das unidades executadas em Light Steel Frame, de até 250kg/m² na estrutura convencional para aproximadamente 50 kg/m² no LSF.

O modelo de fundação a ser escolhida para a edificação depende de parâmetros do solo, como o nível de lençol freático, topografia do terreno, resistência do solo, profundidade da camada resistente, entre outro. (CRASTO, 2005), A fundação mais utilizada para a edificação em LSF são: laje radier, sapata corrida ou viga baldrame.

3.1.1 Laje Radier

De acordo com Dória (2007, p, 4) “O radier é um tipo de estrutura de fundação superficial, executada em concreto armado ou protendido, que recebe todas as cargas através de pilares ou alvenarias da edificação, distribuindo-as de forma uniforme ao solo”. Como ilustrado na figura 4.

Figura 4 - Corte lateral de uma Laje Radier



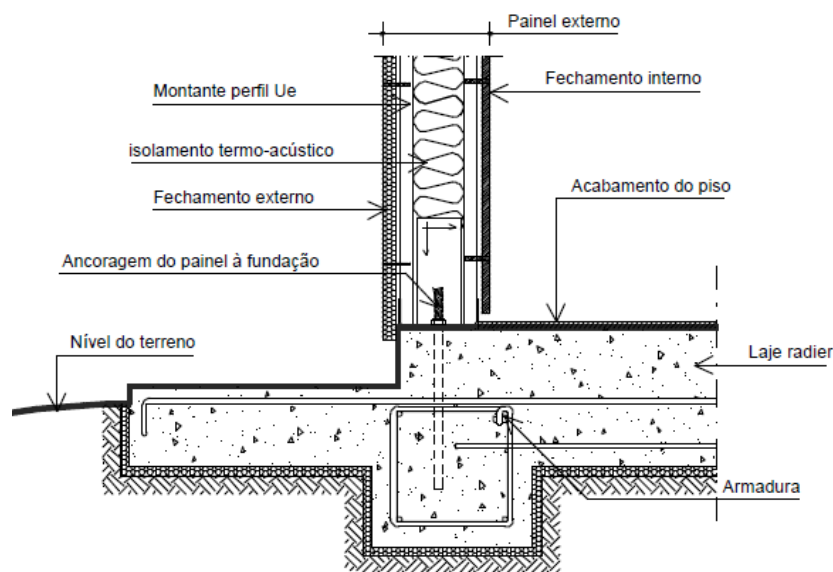
Fonte: Santiago, Freitas e Casto 2012, p. 27

Segundo Wolfart (2016, p. 46)

A execução de fundações do tipo radier é considerada bastante simples, considerado o fato de que o terreno necessita de boa capacidade de suporte, sendo comumente executado fazendo uso de armadura simples em telas soldadas de aço, positiva e negativa, afastadas por espaçadores, conforme projeto específico para cada obra.

O tipo de ancoragem de um painel estrutural à laje radier, tem dimensões e espaçamentos que são definidos pelo cálculo estrutural. A mais usada é a ancoragem de barra roscada com uso de uma cola química, colocada após a concretagem da fundação conforme figura 5. Uma cantoneira em aço é ligada à barra roscada e à guia e aparafusada ao montante (geralmente duplo) fixando a estrutura. (CRASTO, 2005)

Figura 5 – Apresentação da montagem da ancoragem nos painéis estruturais em uma Laje Radier



Fonte: Adaptado de CONSUL STEEL, 2002

3.1.2 Sapata Corrida ou Viga Baldrame

Elemento de fundação que recebe pilares alinhados, geralmente de concreto armado; pode ter seção transversal tipo bloco (sem armadura transversal), quando são frequentemente chamadas de baldrames ou tipo sapata, armadas. (BIANCHIN, 2013)

Crasto (2005, p. 33) afirma que:

As fundações de tipo sapata corrida e indicado para construções com paredes portantes, em que as distribuições das cargas e continua por toda a extensão da parede, e não apenas em um ponto isolado, como pilares. Constitui-se de viga que podem ser de concreto simples ou armado, de bloco de concreto ou de alvenaria que são locados sob os painéis estruturais. Figura 6

Figura 6 - Fundação em Sapata Corrida.



Fonte: (CONTRUIR,2016)

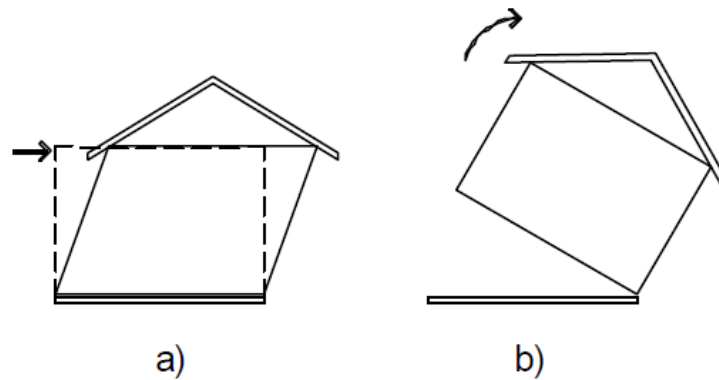
Santiago, Freitas e Crasto (2012, p.27) trata que:

O contra piso do pavimento térreo para esse tipo de fundação pode ser em concreto, ou construído com perfis galvanizados que apoiados sobre a fundação constituem uma estrutura de suporte os materiais que formam a superfície da contrapiso.

3.1.3 Fixações dos Painéis na Fundação

A fixação dos painéis e feita após a execução da fundação, os painéis devem ser fixados na fundação para resistir à pressão do vento, que poderá causar o efeito de translação e tombamento, fazendo a estrutura mover se lateralmente ou gira no eixo de sua base conforme figura 7. (SANTIAGO, FREITAS E CRASTO, 2012)

Figura 7- Ação do vento na estrutura: a) translação e b) tombamento

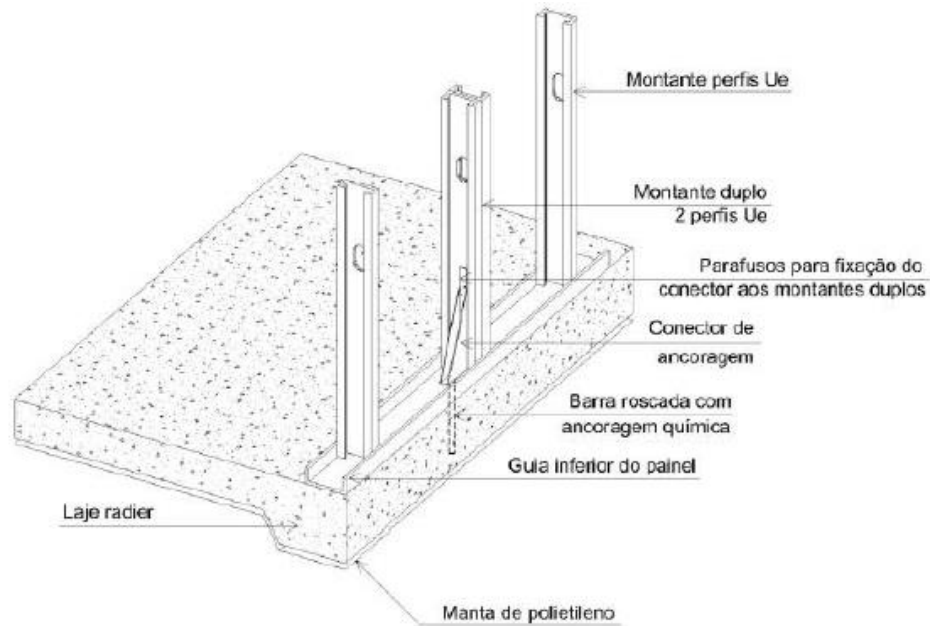


Fonte: Crasto, Santiago e Freitas 2012, p. 28

O modelo de ancoragem define-se devido ao tipo de fundação, as solicitações que ocorrem na estrutura devido às cargas, as condições climáticas e ocorrência de abalo sísmico (CONSUL STEEL, 2002). As dimensões e espaçamento são definidos segundo o cálculo estrutural, e as ancoragens mais utilizadas são as químicas; com barra rosca, a expansível com parabolts, e a provisória.

A ancoragem de barra rosca com cola química, é realizada após a concretagem da fundação por modo de fixação de uma barra rosca na mesma, através de um orifício e a colagem é feita geralmente com resina epoxídica, que permite uma ponte de aderência entre a barra e a fundação, a barra rosca e a guia e aparafusada ao montante geralmente duplo. (SANTIAGO, FREITAS E CRASTO, 2012) A figura 8 ilustra o esquema de ancoragem química das barras rosca.

Figura 8 - Projeto geral de ancoragem química com barra rosca.



Fonte: Crasto, 2005, p. 35

Os outros modelos de amarração são parabolts, em que se trata de um chumbador de expansão com torque, parafusado na fundação. Já a ancoragem provisória é fixada através de uma pistola a pólvora. Esse procedimento é usado para manter o painel no prumo enquanto são montados e conectados os demais painéis do pavimento até que seja feita a ancoragem definitiva. (SANTIAGO, FREITAS E CRASTO, 2012). As figuras 9 e 10 ilustram os tipos de amarração das estruturas.

Figura 9 - Parabolt usado em ancoragem provisória



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto 2012, p. 29

Figura 10 – Uso de parabolts na ancoragem



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto 2012, p. 28

3.2 PERFIS METÁLICOS

Os perfis metálicos são compostos por dois tipos de elementos estruturais. Um formado pelos perfis laminado e soldado ou eletrofundidos e a outra por perfil formado a frio. Os PFF estruturais de aço são formados através de conjunto de matrizes rotativas, ou são formados por prensa dobradeira conforme figura 11. (CRASTO, 2005)

Figura 11 - Máquina usadas para fabricação dos perfis seção Ue



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto 2012, p. 21

Os perfis estruturais são formados por bobinas de aço revestido com Zinco de Alta Resistência (ZAR) resistente a escoamento, f_y não inferior a 230MPa ou liga alumínio-zinco por imersão a quente ou por eletrodeposição, conhecido como aço galvanizado. (RODRIGUES, 2006), A galvanização é um processo eficiente e econômico usados para proteger o aço da corrosão atmosférica. As massas mínimas de revestimento são aprestadas na tabela 1. (CRASTO, 2005)

Tabela 1 – Tipos de revestimento mínimo dos perfis estruturais e não estruturais.

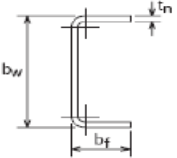
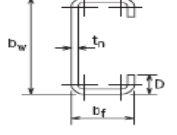
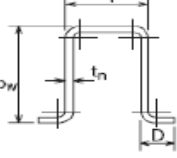
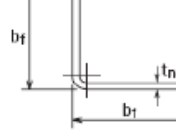
Tipo de revestimento	Perfis estruturais		Perfis não-estruturais	
	Massa mínima de revestimento g/m ² (1)	Designação do revestimento conforme normas	Massa mínima de revestimento g/m ² (1)	Designação do revestimento conforme normas
Zinco por imersão a quente	180	Z180 (NBR 7008)	100	Z100 (NBR 7008)
Zinco por eletrodeposição	180	90/90 (NBR 14964)	100	50/50 (NBR 14964)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150	AZ150 (NM 86)	100	AZ100 (NM86)

(1) A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (médias do ensaio tipo) e suas determinações deve ser conforme a NM 278

Fonte: Adaptada da ABNT NBR 15253/2014

Os perfis são usados na formação de painéis estruturais de parede, vigas de piso, vigas secundárias, treliças, tesoura de telhado, entre outros. Para montagem da estrutura existe no mercado vários tipos de espessuras de perfis que variam entre 0,80 até 3,0 mm (ABNT NBR 15253/2014) as seções mais utilizadas nas edificações LSF são as com formado em “C” ou “U” enrijecido (Ue) para montagem de vigas e o “U” que é usado como guia no topo e na base dos painéis aprestadas na tabela 2. (CRASTO, 2005)

Tabela 2 – Tipos de perfis de aço formados a frio para o uso em LSF.

Seção transversal	Série Designação NBR 6355:20031	Utilização
	U simples U bw x bf x tn	Guia Ripa Bloqueador Viga Principal
	U enrijecido Ue bx x bf x D x tn	Bloqueador Enrijecido de alma Montante Verga Viga
	Cartola Cr bw x bf x D x tn	Ripa
	Cantoneira de Aba desiguais L bf1 x bf 2 x tn	Cantoneira

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15253/2014

Conforme afirma Santiago, Freitas e Crasto (2012, p.22) que “as almas dos perfis Ue tem dimensões variam de 90 a 300 mm, já os perfis U tem largura de alma maiores que Ue, para permitir o encaixe da peça no perfil U”. No Brasil são comercializadas as dimensões de 90, 140 e 200 mm. (SANTIAGO,2008). Tipos de dimensões abaixo na tabela 3.

Tabela 3 - Dimensões dos perfis de aço usado no Light Steel Framing

Dimensões (mm)	Designação (mm)	Largura da alma bw (mm)	Largura da mesa bf (mm)	Largura do Erijecedor de Borda d (mm)
Ue 90x40	Montante	90	40	12
Ue 140x40	Montante	140	40	12
Ue 200x40	Montante	200	40	12
Ue 250x40	Montante	250	40	12
Ue 300x40	Montante	300	40	12
U 90x40	Guia	92	38	-
U 140x40	Guia	142	38	-
U 200x40	Guia	202	38	-
U 250x40	Guia	252	38	-
U 300x40	Guia	302	38	-
L 150x40	Cantoneira de aba desigais	150	40	-
L 200x40	Cantoneira de aba desigais	200	40	-
L 250x40	Cantoneira de aba desigais	250	40	-
Cr 20x30	Cartola	30	40	12

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15253/2014

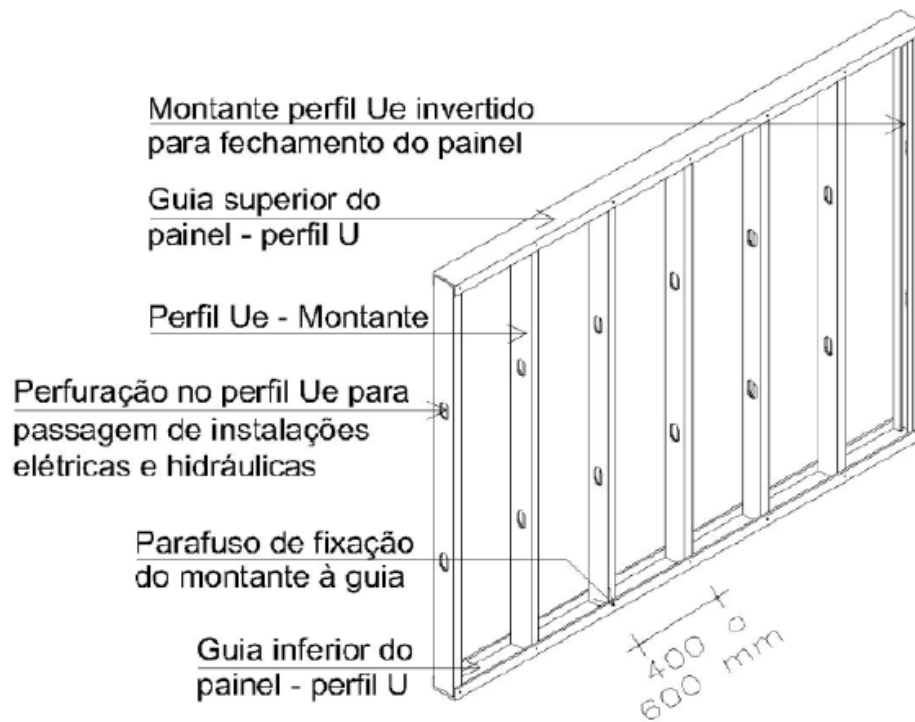
3.3 PAINÉIS

Os painéis no LSF são componentes da edificação, e tem como finalidade a vedação externo e internos, exercendo a mesma função das paredes das edificações convencionais. Os painéis são estruturais ou autoportantes para dividir as cargas em um número maior de elementos estruturais, onde cada um é projetado para receber uma pequena carga que será distribuída para fundação, ou em outros painéis estruturais ou sobre uma viga principal, e o não estrutural tem apenas a função de vedações verticais. (JARDIM E CAMPOS. 2014)

Os perfis verticais de seção Ue, chamados de montantes, tem espaçamento de 400 a 600 mm de acordo com a modelo determinado no projeto estrutural. Para Crasto (2005, p.42) “Os montantes são unidos em seus extremos inferiores e superiores pelas guias, perfil de seção transversal U simples. Sua função é fixar os montantes a fim de constituir um quadro estrutural.” Conforme ilustrada na figura 12. E os horizontais tem a função de piso ou lajes da estrutura.

A instalação do contravetamento pode intervir na localização das portas ou janelas nas fachadas. Neste caso podemos admitir um ângulo de inclinação maior da diagonal para que possa permitir a instalação do painel. (SANTIAGO, FREITAS E CRASTO, 2012)

Figura 12- Esquema de montagem do painel típico em LSF e seus componentes.



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto 2012, p. 33

Crasto (2005, p. 119) enfatiza: “Estrutura plana vertical formada por perfis Ue cruzando dispostos perpendicularmente ao plano das tesouras, travando-as e impedindo sua rotação e deslocamento, principalmente contra a ação de vento” e conhecido como contravetamento em “X” conforme apresentado na figura 13.

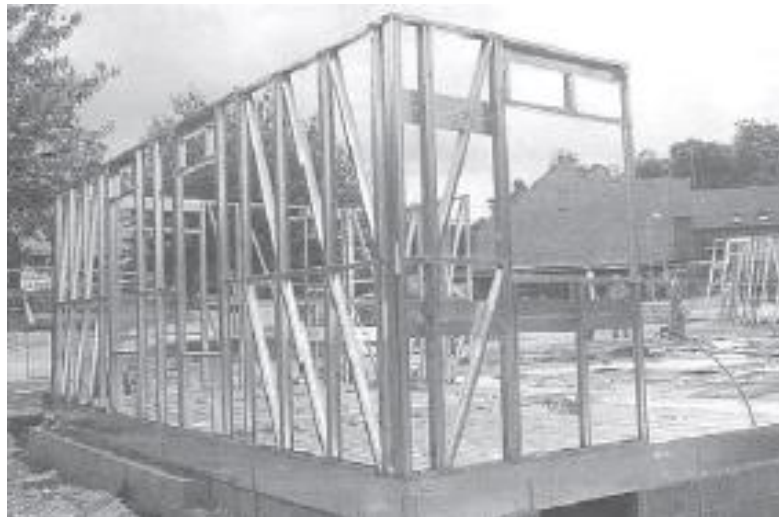
Figura 13 – Tipo de painel com contravetamento em “X”.



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto 2012, p. 38

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012, p.39): “Quando contravetamento em X não é mais apropriado, devido ao projeto arquitetônico parecer muita abertura em uma fachada, uma alternativa é o contravetamento em K” como mostra a figura 14.

Figura 14 - Tipo de painel com contravetamento em “K”.



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto 2012, p. 40

3.3.1 Painéis estruturais ou autoportantes

Os painéis autoportantes ou estruturais têm finalidade de suportar os carregamentos horizontais de ventos ou abalos sísmicos, e as cargas verticais causadas pelo peso do telhado, da laje, vigas e outros painéis. As cargas verticais são originadas do peso próprio da estrutura e de componentes construtivos e da sobrecarga como moveis, maquinas pessoas etc. Os painéis autoportantes têm a como propósito absorver os esforços e transmiti-los a fundação. (CRASTO, 2005)

3.3.2 Painéis não estruturais

De acordo com Crasto (2005, p. 47): “Os painéis não estruturais são aqueles que não suportam o carregamento da estrutura, mas apenas o peso próprio dos componentes que os constituem. Tem função de fechamento externo e divisória interna nas edificações”

Na condição de divisória pode ser usado o sistema de gesso acartonado ou drywall, onde as dimensões dos montantes e das guias são menores em dimensão e espessura. Para as divisórias externas, é aconselhado utilizar os mesmos perfis dos painéis estruturais. (CRASTO, 2005)

4 SISTEMA DE FECHAMENTO VERTICAL

Existe no Brasil vários tipos de painéis para vedações interna ou externas, no Light Steel Framing (LSF), os painéis mais comuns na edificação são OSB, gesso acartonado, placa cimentícia e também as chapas de Plywood (Madeira Compensado) que estão sendo bem aceita pelos engenheiros e arquitetos. Esse subsistema tem como finalidade proteger a estrutura contra condições adversas do clima, serve também como diafragma rígido além de criar condições de segurança e habitação de usuários. (BEVILAQUA, 2005)

Segundo Santiago (2008, p.21): “Os sistemas de acabamento devem atender aos critérios de habitação, desempenho estrutura, resistência a reação ao fogo, este à água conforto termo-acústico, durabilidade e estática. ”

Para financiar uma construção em LSF a CEF lançou em 2003 um manual com os requisitos e as condições mínimas para financiamento pela CAIXA. Nesse manual a CAIXA a caixa recomenda os seguintes fechamentos para edificações de até quatro pavimentos: (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL,2003)

- Placa de gesso acartonado para paredes internas;
- Tela expandida de aço zincado com argamassa projetada, para paredes internas e externas;
- Chapas de OSB com barreira de vapor e tela de poliéster aplicada sobre ela, e revestida com argamassa projetada, para parede internas e externas;
- Placas cimentícia revestida com argamassa projetada ou outros revestimentos convencionais de cobertura, para paredes internas e externas.

Existe também algumas restrições para os pisos dos pavimentos e coberturas que devem ser feitos com concreto aplicado sobre formas-lajes encorpadas de aço, conhecida como “steel-deck”, para a cobertura deve ser utilizar telhas cerâmica, de concreto, metálica e de cimentos reforçado por fios sintéticos. (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL,2003)

4.1 PLACA OSB

A placa de Oriented Strand Board (OSB) ou painel de tiras de madeira orientados são fabricadas em três a cinco camadas de tira de madeira reflorestada coladas com resina à prova de água e consolidados por prensagem a quente. Os painéis são tratados contra insetos e possui uma relativa resistência a umidade como ilustrado na figura 15 e 16. (SANTIAGO, FREITAS E CRASTO, 2012)

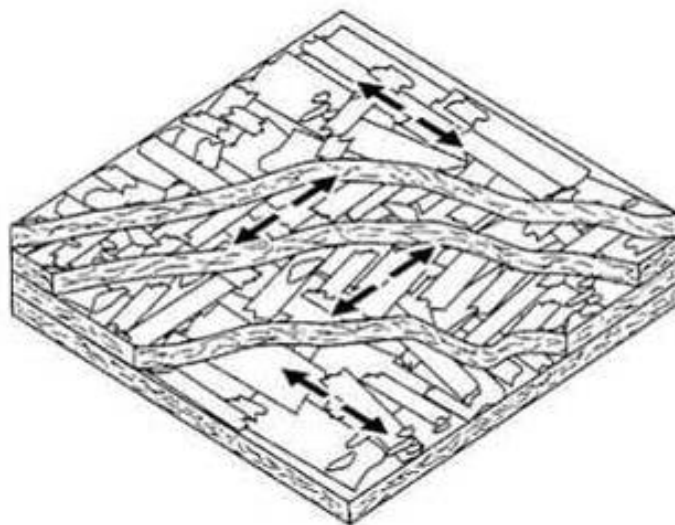
Segundo Bevilaqua (2005, p. 72): “Este material possui boa propriedade mecânica que conferem aos painéis a capacidade resistir aos esforços verticais, como proveniente de ventos e sismos”

Figura 15 - Placa de OSB Home Plus



Fonte: Acervo pessoal

Figura 16- Posição das Tiras do OSB



Fonte: (MASISA, 2016)

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012, p.39 apud AISI e NASFA) ” a espessura mínima da placa de OSB que reveste externamente a parede diafragma deve ser de 12 mm”.

Segundo o fabricante LP Brasil (2012, p.3) as vantagens de usar os painéis são:

- Economia e simplicidade na estrutura;
- Contraventa a estrutura dispensando o uso de fitas e barras;
- Alta resistência a impactos;
- Elevado conforto técnico devido à baixa condutibilidade do OSB;
- Elevado conforto acústico;
- Resistente a umidade;
- Garantia estrutural por 20 anos e contra cupins por 10 anos;
- Versátil: aceita diversos tipos de acabamentos;
- Rapidez de instalação;
- Produto ecologicamente correto;
- Assistência técnica garantida;

O OSB é pouco conhecido no mercado nacional. Teve sua introdução no Brasil através de importações da Europa. Mesmo antes da sua introdução, as pesquisas desenvolvidas em laboratórios sobre esse tipo de painel tiveram início no País. Embora pouco difundido, o produto já conta com uma fábrica instalada no Brasil, em escala industrial, em operação desde 2002, e ainda sem normas técnicas brasileiras para seus painéis de OSB Form e OSB Plastificado. (BASTOS, 2009)

Segundo Bortoletto e Garcia (2004, p.564 apud Cloutier, 1998; Janssens, 1998):

O OSB é reconhecido pelos Códigos de Construção do Canadá e dos Estados Unidos como sendo equivalente ao painel de compensado em aplicações estruturais. Três normas de padronização da “Canadian Standards Association” para o OSB são correntemente utilizadas no Canadá, a CSA O437.0 – “OSB and Waferboard”, a CSA O325 – “Construction Sheathing” e a CSA O452 – “Design Rated OSB”. Nos Estados Unidos, a norma adotada é a US PS 2-92 – “Performance Standard for Structural-Use Wood-Based Panels”.

4.1.1 Fabricação da Placa de OSB

As Placas de OSB são madeiras 100% reflorestadas como espécie de rápido crescimento, as chapas têm quatro camadas duas externas orientada longitudinal e duas internas, cruzadas no sentido perpendicular apresentado na figura 17.

Figura 17 - Processo de Prensagem da chapa de OSB



Fonte: (KALATAI; BRUM,2014)

A colagem das camadas longitudinais é feita com cola fenólica e as transversais com metil di-fenil diisocianato (MDI), após a colagem as camadas são prensadas a uma temperatura de 270 a 285 °C e são encaminhadas para serra onde são padronizadas de acordo com a norma. (LP BRASIL, 2016)

4.2 PLACA DE COMPENSADO NAVAL

As Placas de Plywood conhecido no Brasil como placa de madeira compensada, baseiam-se em painéis de madeiras estruturais em forma de lâminas finas de madeira com grão perpendicular entre lâminas adjacentes. (FERRAZ, 2013, p.14 apud IWAKIRI, 2005)

Existem no mercado três tipos de resinas utilizadas no compensado são: uso interior, produzido com a resina uréia-formaldeído, uso intermediário, produzidos com resina melamina-formaldeído, e uso exterior, produzido com a resina fenol-formaldeído. São encontrados no mercado sete tipos principais de compensado: laminados, sarrafeados, decorativos, industrial, naval, resinado e plastificado (IWAKIRI et al., 2005). Conforme apresentado na figura 18.

Segundo Kazmierczak (2012, p 17):

Os painéis de madeira compensada naval são painéis de utilização em uso externo, sua colagem deve ser à prova d'água, com alta resistência mecânica e montagem perfeita. Seu uso destina-se em aplicações que exigem contato direto com a água, exemplo a construção naval.

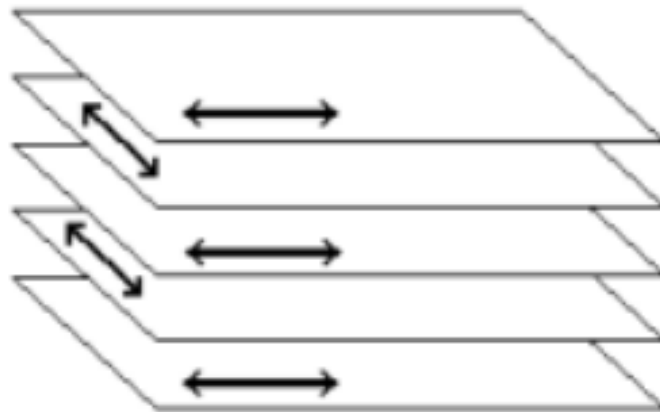
Figura 18 - Placa de Compensado Naval



Fonte: Acervo pessoal

Segundo Dias (2005, p.14 Interamnense, 1998), o compensado é um painel formado por lâminas de madeira, justapostas em camadas ímpares, coladas entre si de maneira que a direção da grã de camadas adjacentes forme um ângulo de 90° entre si conforme figura 19.

Figura 19 - Posicionamento das lâminas no compensado



Fonte: Adaptado de DIAS, 2004 p. 31

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2004a) o compensado pode ser classificado segundo seis diferentes tipos, sendo:

- Uso geral, utilizado comumente na construção civil e para embalagens;
- Fôrmas de concreto (resinada ou plastificada), utilizadas na construção civil;
- Uso decorativo, utilizado na indústria moveleira;
- Uso industrial, utilizado na construção civil e para embalagens;
- Uso naval, utilizado na construção civil em ambientes externos;
- Sarrafeado, utilizado, principalmente, na indústria moveleira.

Segundo Ferraz (2013, p.16):

O compensado chegou ao Brasil por volta do ano de 1928, porém a primeira indústria foi instalada nos anos de 1940, no sul do país e, utilizava a madeira de Araucária (angustifólia) conhecida popularmente por Pinheiro do Paraná como matéria prima. Com a redução do estoque de Pinheiro do Paraná as indústrias de compensado da região sul foram forçadas a mudar para o norte do país na década de 1970, passando a produzir painel de compensado de madeira tropical da Amazônia.

Segundo Polzl (2011, p.23 apud Perry,2008): “Apresenta vantagens significativas como: estabilidade dimensional, resistência distribuída, disponibilidade, custo, facilidade de trabalho, e propriedades mecânicas como a capacidade de curvar, dobrar e formar produtos”.

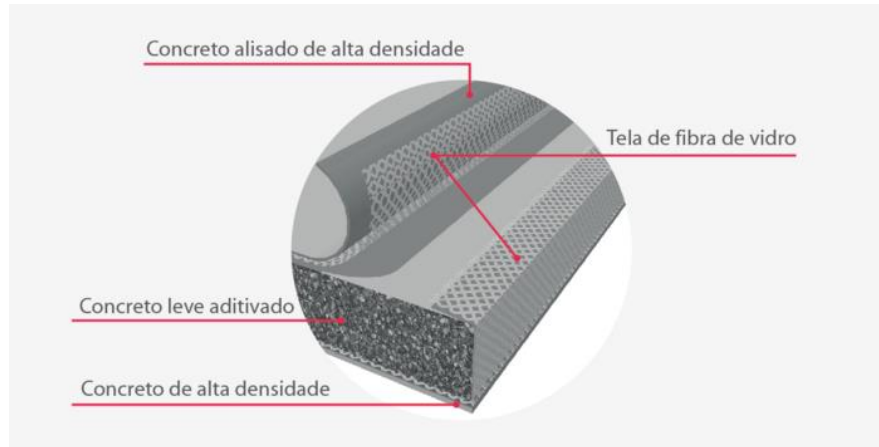
4.2.1 Fabricação da Placa de Compensado

O Compensado Naval é produzido com capa de Paricá e miolo de Pinus colado com fenol-formaldeído. O processo de fabricação da placa começa no corte de árvores de Pinus onde passa por etapas sendo: armazenamento das toras, remoção da casca, seccionamento, aquecimento das toras, laminação, secagem, aplicação do adesivo e montagem do painel, pré-prensagem, prensagem e acabamento. (FERREIRA, 2011)

4.3 PLACA CIMENTÍCIA

As placas cimentícia tem como matéria-prima o cimento Portland misturado com fibras de celulose ou sintéticas e agregados, as chapas têm camadas de 16 a 36 mm de espessura de concreto leve apresentado na figura 20. (SPECK, 2014)

Figura 20 - Esquema da Placa Cimentícia e suas composições.



Fonte. (GRUPO BRICKA, 2016)

Segundo Speck (2014, p.20 apud Franco,2008): “A principal vantagem das placas cimentícia frente a outros materiais é a possibilidade de manutenção, onde através de resina especiais, pode-se obter um produto renovado e/ou até mesmo mudar a cor do produto.”

As placas cimentícia são geralmente utilizadas como fechamento externo ou internos substituído o gesso acartonado, e em áreas molhadas. A placa e bastante usada em fachadas por ter uma melhor qualidade no acabamento.

Segundo o fabricante Brasilit (2004, p.60): “As principais características da placa cimentícia são:

- Elevada resistência a impactos, o que possibilita seu uso em fechamentos externos;
- Grande resistência à umidade, podendo ser exposta as intempéries;
- São incombustíveis;
- Podem ser curvadas depois de saturadas, possibilitando curvaturas no sentido do comprimento com até 3 m de raio;
- Tem baixo peso próprio, até 18 Kg por m², facilitando o transporte e manuseio, dispensando o uso de equipamentos;
- Compatível com a maioria dos acabamentos ou revestimentos: pintura acrílica, cerâmicas, pedras naturais, pastilhas, etc;
- São cortadas com facilidade com ferramentas com superfície de ataque de metal duro;
- Rapidez de execução: sistema de montagem semelhante ao do gesso acartonado”.

A tabela 4 estão apresenta as medidas comerciais da placa de compensado, além do peso e local de aplicação.

Tabela 4 – Característica física da Placa Cimentícia.

Dimensões, pesos e aplicações					
Espessura	Comprimento	Largura	Peso placa	Peso p/m ²	Aplicação
6 mm	2.00 m	1.20 m	24,7 kg	10,3 kg	Divisórias leves, ferros, dutos de ar-condicionado.
	2.40 m	1.20 m	29,6 kg	10,3 kg	
	3.00 m	1.20 m	37,0 kg	10,3 kg	
8 mm	2.00 m	1.20 m	32,9 kg	13,7 Kg	Paredes internas em áreas secas e úmidas, revestimentos de paredes comuns ou em subsolo.
	2.40 m	1.20 m	39,4 kg	13,7 Kg	
	3.00 m	1.20 m	49,3 kg	13,7 Kg	
10 mm	2.00 m	1.20 m	41,0 kg	17,1 kg	Utilizadas para áreas seca e úmidas, internas e externas ideais no fechamento externos em sistemas steel e wood framing e isolamento termoacústico,
	2.40 m	1.20 m	49,2 kg	17,1 kg	
	3.00 m	1.20 m	61,6,kg	17,1 kg	

Fonte: Adaptado da Brasilit, 2004

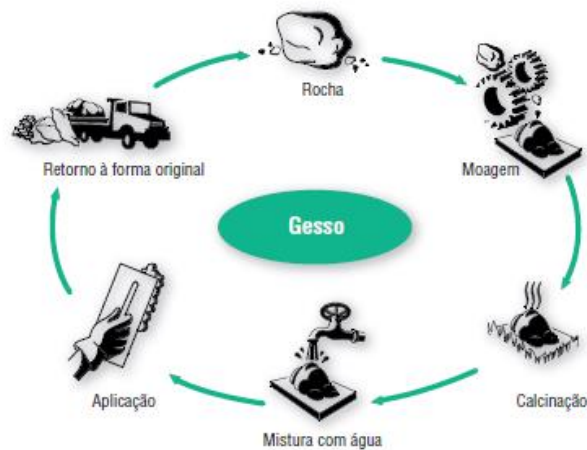
As placas são comercializadas nas dimensões de 1,20 m de largura fixa e comprimento que variam de 2,00 m, 2,40 m e 3,00m e as espessuras variam entre 6,8 e 10 mm são os mais usados em LSF e o de 12 mm e usado apenas em questões estéticas ou ficas especificadas. (CRASTO, 2005)

4.4 PLACA DRYWALL

A Gypsita e a matéria prima extraída para fabricação das placas de drywall, esse minério e retirado de jazidas de minério abundante no Brasil e em outros países, dispõe importantes reservas que são encontradas nas bacias sedimentares do Amazonas, do Tocantins, da Paraíba entre outras cidades do Norte e Nordeste do Brasil. (BRASIL, 2009)

O minério e extraído de sua forma natura através de britagem e por trituração em que são encaminhadas para as fábricas de gesso, no qual são aquecidos a 160° C que dá origem ao gesso em pó, para confecção das placas e adicionado água e aditivos para moldagem da placa. (BRASIL, 2009). Conforme figura 21.

Figura 21 - Processo de fabricação do gesso



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2012

As chapas recebem uma camada inferior e superior de papel cartão, e são cortadas nos padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 14715-2/2010 que são de 1,20 m de largura por 2,60 a 3,0 m de comprimento e espessuras de 12,5 mm, 15 mm e 18 mm. (ABRAGESSO, 2004)

O sistema de placas drywall é composto por chapas de gesso acartonado que são fixados em perfis de aço galvanizado não estrutural com massa mínima de zinco e de 100g/m² conforme citado anteriormente na tabela 1. (CRASTO, 2005)

Segundo Condeixa (2013, p. 116):

Por vezes o sistema drywall é confundido com o sistema ou de Estrutura de Aço Leve (Light Steel Framing) [...], que são fechadas por gesso acartonado (CBCA-IABRA,2012). Enquanto sistema drywall não é estrutural, seus perfis de aço te, a função de suporta apenas as placas. Para a fixação de louças, armários, quadro de luz, bancada, aparelhos de TV, etc.

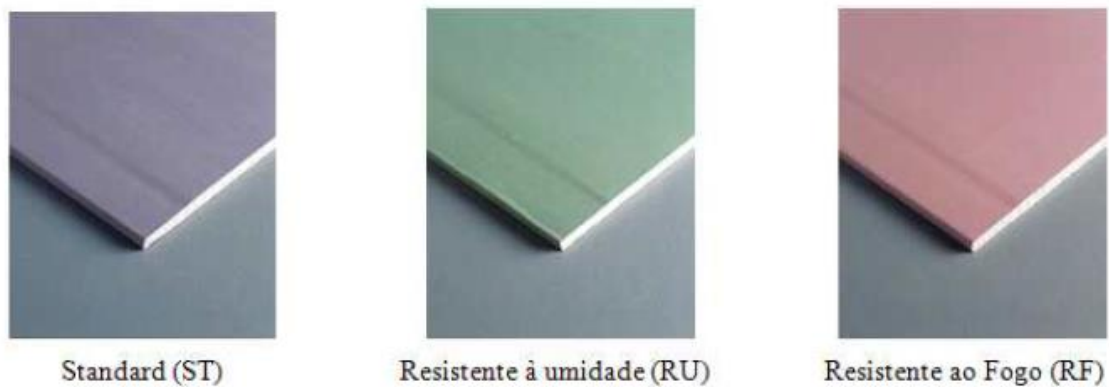
A ABNT NBR 14715-1/2010 trata dos tipos de chapas de drywall. A tabela 5 especifica os tipos de placas comercializadas, e são diferenciadas pelas cores conforme figura 22.

Tabela 5 - Tipos de Chapas de Drywall mais usadas no LSF.

Tipo	Código	Aplicação
Standard	ST	Para aplicação em áreas secas
Resistente à Umidade	RU	Para aplicação em áreas sujeitas à umidade por tempo limitado de forma intermitente
Resistente ao Fogo	RF	Para aplicação em áreas secas, necessitando de um maior desempenho em relação ao fogo

Fonte: adaptado de ABNT NBR 14175-1/2010

Figura 22 - A diferenciação visual do tipo de aplicação das placas.



Fonte: (LABUTO, 2014)

Há três tipos de chapas principais: Standard (ST), para uso geral; Resistente à Umidade (RU), também conhecida como “chapa verde”, para uso em banheiros, lavabos, cozinhas, áreas de serviço e outros ambientes sujeitos a umidade; e Resistente ao Fogo (RF), para uso em áreas nas quais o Corpo de Bombeiros exige maior resistência a incêndios. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2012)

4.5 MEMBRANA DE POLIESTIRENO

Segundo Crasto (2005, p. 127): “Deve-se prever juntas de dilatação entre as placas, devido às variações dimensionais ocasionadas pela temperatura e a umidade do ar.” O fechamento externo deve ter resistência contra a umidade e à água por modo de uma membrana de polietileno de alta densidade figura 23 que reveste área externa das placas. (SANTIAGO,2008).

Segundo Santiago (2008, p. 99): “As mantas ou membranas de polietileno de alta densidade com as propriedades descritas são comercializadas no Brasil sob as marcas *Tyvek* (fabricante DuPont) e *Vario* (fabricante Saint-Gobain).”

Dupont Brasil (2016, p.39.):

Tyvek é uma marca mundial da DuPont e caracteriza-se por um não-tecido composto de 100% de fibras de polietileno de alta densidade que não possuem corantes nem resinas em sua composição. O não-tecido, cuja tecnologia é exclusividade da DuPont, apresenta alta resistência aos rasgos, furos, rupturas e perfurações. (Manual de instalação Dupont Brasil)

Figura 23 - Impermeabilização das placas de OSB com membrana TYVEK.



Fonte:(PORTAL METÁLICA, 2016)

4.6 SIDING VINÍLICO

O revestimento Siding Vinílico consiste em um revestimento em PVC para uso externo que proporciona à fachada da edificação um acabamento fino, resistente e durável, sendo assim, uma excelente opção para fachadas residências e comerciais.

Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 81) enfatiza:

O “siding” é um revestimento de fachadas, composto de placas paralelas, muito comuns nas residências norte-americanas. O “siding”, como mencionado anteriormente, pode ser vinílico que é feito com PVC, de madeira ou cimentício. Sua principal vantagem é oferecer uma alternativa de construção mais rápida e limpa que os revestimentos tradicionais como argamassa, pintura e revestimentos cerâmicos. Outra vantagem é proporcionar um acabamento que melhor se adapta ao fechamento em OSB.

A aplicação do “Siding” Vinílico e muito fácil de aplicar e não necessita de muitos cuidados na manutenção. Pode ser limpo com água e sabão, o revestimento é impermeável, para proteger as placas de OSB. São comercializados em painéis composto por régua dupla com 5,00 m de comprimento 25,0 cm de largura. (SANTIAGO,2008). As figuras 24 e 25 ilustram a montagem do Siding Vinílico.

Figura 24 - Instalação de Siding Vinílico nas paredes externas do LSF.



Fonte CRASTO, 2005, p. 54

Figura 25 - Esquema de montagem do Siding Vinílico



Fonte: IPT, 2013 p. 9

O revestimento é impermeável, em função do seu material e do sistema de montagem de barras intertravadas que possibilita a estanqueidade. Porém, não apresenta grande resistência a impactos, apesar de atender a normas internacionais de desempenho. (Revista Techné, 2003)

4.7 ARGAMASSA

A tática mais indicada para revestir o OSB com argamassa, consiste em aplicá-la sobre tela “deployée” ou tela plástica durável a alcalinidade. A tela juntamente com a membrana de poliestireno serve para dá mais aderência entre o OSB e a argamassa conforme apresentado na figura 26. (CRASTO, 2005)

Com o revestimento com argamassa não é obrigatório o tratamento das juntas das placas de OSB, em razão da membrana de polietileno que foi instalada junto com a tela já garante essa estanqueidade, mas é necessário fazer juntas na argamassa para a orientação de trinca. (SANTIAGO, FREITAS E CRASTO, 2012). Ilustrado na figura 27.

Figura 26 - Revestimento das placas de OSB com argamassa.



Fonte CRASTO, 2005, p. 54

Figura 27 - Fachada revestida com argamassa com juntas aparentes.



Fonte CRASTO, 2005, p. 83

Existe outro tipo de argamassa que é utilizado no LSF, conhecida como argamassa projetada, esse tipo de argamassa já é utilizado em alguns países, a argamassa projetada é utilizada para fechamento das paredes conhecido como sistema CRUPE SYSTEM, que consiste em, projetar argamassa com adesivos na parede, para garantir a leveza e o conforto térmico. (COELHO, 2014)

A técnica é basicamente uma tela metálica fixada na placa de OSB e através de um bombeamento a argamassa é lançada na parede, que é formada uma camada de argamassa figura 28.

Figura 28 - CRUPE SYSTEM Projeção de Argamassa sobre Estrutura em LSF.



Fonte COELHO 2014, p. 34

Essa alternativa é bem eficaz, pois ajuda na diminuição dos perfis de aço que são montados a cada 600 mm. (COELHO, 2014)

O uso de argamassa no LSF vai contra os princípios do sistema, já que é necessário o uso de água para ativar os componentes químicos da argamassa, e o Light Steel Framing (LSF), reconhecido mundialmente como sistema de obra seca, então os construtores de LSF tornaram esse método obsoleto no sistema em suas obras. (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008)

5 MATÉRIAS E MÉTODO

O trabalho foi fundamentado em análise de bibliografia, livros, normas, manuais técnicos, sites de internet de empresa e fornecedores que atuam com o sistema analisado, artigos e trabalhos acadêmicos (TCC, Dissertações e Teses) disponíveis.

Com base nessas informais iremos testar em ensaio de laboratório de matérias se a placa de Compensado Naval tem a mesma resistência mecânica como: Resistência à flexão estática: Módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) e Cisalhamento na linha de cola, e se tem grande variação física como: Determinação do inchamento: Inchamento (I), Recuperação (R) e Inchamento mais a recuperação (IR), Determinação do teor de umidade (TU), Massa específica aparente (MEA) e a Absorção de água (AA) da placa de OSB Home Plus, segundo as normas da ABNT.

Os ensaios, tanto físicos e mecânicos, foram realizados no Laboratório de Engenharia e Física da Madeira, no Laboratório de Produtos Florestais – LPF/SFB. Com base nas normativas da ABNT NBR 9533/2012, ABNT NBR ISO 12466-1/2012, ABNT NBR ISO 12466-2/2012, ABNT NBR 9486/2011, ABNT NBR 9488/2011, ABNT NBR 9489/2011, ABNT NBR 9484/2011, ABNT NBR 9485/2011 e ABNT NBR 9535/2011.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta normas que estabelecem dimensões, tolerâncias e condições a serem seguidas para classificação das chapas de compensado, madeiras aglomeradas e MDF.

Para realização dos ensaios, os copos de prova foram destinados à sala de climatização para estabilização da umidade. Conforme as figuras 29 e 30.

Figura 29 - Corpo de prova climatização



Fonte: Acervo pessoal

Os corpos de provas foram mantidos em uma sala de climatização durante 20 dias até a estabilização da umidade de cada amostra. As amostras foram pesadas diariamente até o peso das amostras apresentar uma massa constante.

Figura 30 - Relógio Termo Higrômetro



Fonte: Acervo pessoal

A sala de climatização deve estar com a temperatura média $21^{\circ} \pm 1^{\circ}$ e umidade relativa $65\% \pm 5\%$.

5.1 MATERIAIS

O material usado será a placa de OSB Home Plus 11.1 mm e o Compensado Naval de uso externo de 10 mm.

As placas de madeira para uso externo têm resistência à água e são classificadas em três tipos básico de uso conforme a ABNT NBR 2426/2006:

IR – interior: Chapa colada com cola do tipo interior, destinada a utilização em locais protegidos da ação de água ou de alta umidade relativa.

IM – Intermediária: Chapa colada com cola do tipo intermediária, destinada a utilização interna, mas em ambiente de alta umidade relativa, podendo eventualmente receber a ação de água.

EX – Exterior: Chapa colada com cola à prova d'água, destinada ao uso exterior ou em ambientes fechados, onde é submetida a repetidos ciclos de umedecimentos e secagens ou ação d'água.

5.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Relógio comparado de espessura que permita leitura com resolução de no mínimo 0,05 mm.
- Paquímetro que permitam leitura com resolução de no mínimo 0,01 g.
- Balança que permita leitura com resolução de no mínimo 0,01 g.
- Estufa datada de termostato, a fim de garantir uma temperatura de $50\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- Dessecador com desidratante e indicador de saturação.
- Máquina universal de ensaios mecânicos: Tração e compressão com capacidade de 10.000 N.

5.3 TESTE FÍSICO

Os painéis de OSB Home Plus e Compensado Naval analisados foram realizados testes físicos, sendo eles massa específica, teor de umidade, inchamento e absorção de água. Os ensaios realizados foram sempre baseados em normas da ABNT.

5.3.1 Determinação do inchamento

Os ensaios foram baseados na norma da ABNT NBR 9535/2011, em que foi realizado o teste para a determinação do inchamento, para a realização do ensaio foram retirados seis corpos de provas de cada placa, com as dimensões de 60 x 10 mm sendo comprimento e largura, conforme exigência da norma o comprimento deverá ser no sentido perpendicular à direção das fibras da lamina da externa.

Após o corte, os corpos de provas foram lixados a fim de remover possíveis defeito de corte como especifica a norma, em seguida foi medida as espessuras no centro de todos os corpos de prova com um relógio comparador como mostra a figura 31.

Figura 31 - Relógio Comparador



Fonte: Acervo pessoal

Conforme determina a norma foi separa em dois conjuntos de três corpos de prova, sendo um conjunto é para controle, as amostras do primeiro conjunto foram colocadas na estufa por 24 horas com temperatura de 103 ± 2 °C e após as 24 horas, os corpos de prova foi resfriado em dessecador em seguida foram realizadas nova medição da espessura conforme as figuras 32 e 33.

Figura 32 - Corpos de prova controle



Fonte: Acervo pessoal

Figura 33 - Dessecador



Fonte: Acervo pessoal

As amostras do segundo conjunto foram imersas em água destilada por 24 horas, e após esse período foi realizada as medidas da espessura novamente. Em seguida, as amostras do segundo conjunto foram colocadas na estufa com temperatura de 103 ± 2 °C e deixadas por 24 é, novamente foi realizada medidas das espessuras. Conforme figura 34.

Figura 34 - Corpos de prova imerso em água destilada



Fonte: Acervo pessoal

Com os dados obtidos nos ensaios foi possível determina a porcentagem de recuperação da espessura e o inchamento da espessura. Estes cálculos foram realizados através da equação 1, 2 e 3.

$$R = \left(\frac{e_1 \times e_5}{e_2 \times e_3} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

R – é a recuperação da espessura, em porcentagem (%);

e_1 – é a soma das espessuras condicionadas dos corpos de prova utilizados como controle, expressa em milímetros (mm);

e_2 – é a soma das espessuras dos corpos de prova secos em estufa utilizados como controle, expressa em milímetros (mm);

e_3 – é a soma das espessuras dos corpos de prova antes de imersão em água, expressa em milímetros (mm);

e_5 – é a soma das espessuras dos corpos de prova após imersão em água, expressa em milímetros (mm).

$$IR = \left(\frac{e_1 \times e_4}{e_2 \times e_3} \right) \times 100 \quad (2)$$

IR - é o inchamento mais a recuperação da espessura, expresso em porcentagem (%);

e_4 - é a soma das espessuras dos corpos de prova após imersão em água e submetidos à secagem em estufa, expressa em milímetros (mm).

$$I = IR - R \quad (3)$$

Onde:

I – é o inchamento em espessura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm).

5.3.2 Determinação do teor de umidade

A determinação do teor de umidade foi baseada na norma da ABNT NBR 9484/2011. A norma não estabelece dimensões para os corpos de prova, somente específica que cada corpo de prova tenha no mínimo 10g de massa seca. Para a execução deste teste foram utilizados seis corpos de prova de cada material analisado possuindo mais de 10g. Primeiramente as amostras foram pesadas em uma balança de precisão de 0,01g como específica a norma. Após a pesagem foram colocados em uma estufa com temperatura de $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, onde foram deixados até que as amostras estivessem com uma massa constante. Após a etapa de secagem os corpos de prova foram resfriados em um dessecador, e foram pesados novamente como mostra a figura 35.

Figura 35 - Resfriamento dos corpos de provas



Fonte: Acervo pessoal

Com os dados obtidos nas pesagens foi determina o teor de umidade a partir da equação

4.

$$TU = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

TU – é o teor de umidade, expresso em porcentagem (%);

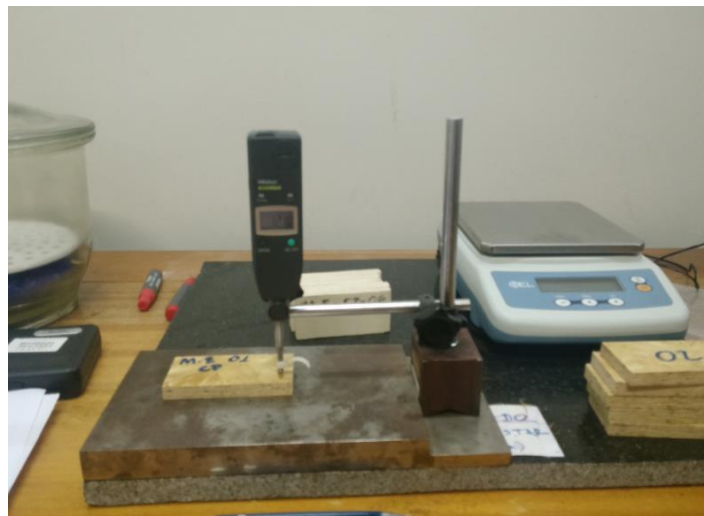
Mu – é a massa úmida (inicial) do corpo de prova, expressa em grama (g);

Ms – é a massa seca (final) do corpo de prova, expressa em gramas (g).

5.3.3 Determinação da massa específica aparente

Baseado na norma ABNT NBR 9485/2011 foi realizado o ensaio para determinação de massa específica aparente. Na realização dos ensaios foram utilizados seis corpos de provas de cada placa com dimensões de 100 x 50 mm sendo comprimento e largura para cada amostra, de acordo com a norma. Para determina a massa específica aparente primeiramente foi pesado as amostras e, em seguida foram realizadas medições de largura, comprimento e espessura, no caso da espessura a amostra foi medida em quatro pontos localizado a 25 mm de distância da borda conforme figura 36.

Figura 36 - Pesagem e medição do corpo de prova



Fonte: Acervo pessoal

Com os dados obtidos nas pesagens foi determina a massa específica aparente através da equação 5.

$$Mea = \frac{m}{c.l.e} \quad (5)$$

Onde:

Mea – é massa específica aparente, expressa em gramas por centímetro cubico (g/cm³);

m – é a massa do corpo de prova, expressa em gramas (g);

c – é o comprimento do corpo de prova, expressa em centímetros (cm);

l – é a largura do corpo de prova, expressa em centímetros (cm);

e – é a espessura do corpo de prova, expressa em centímetros (cm).

5.3.4 Determinação da absorção de água

Para determinação da absorção de água foi realizada segundo a norma ABNT NBR 9486/2011. Foram utilizados seis corpos de provas de cada placa, com as seguintes dimensões de 75 mm comprimento, 25 mm de largura e 10 mm para o compensado e 11.1 para OSB, sendo o comprimento perpendicular à direção das fibras da lâmina da capa para a chapa de compensado e para a chapa de OSB foi analisado a área que tinha maior número de laminas no sentido da chapa, conforme específica a norma.

Para determinação da absorção da água primeiramente pesou-se os corpos de prova em uma balança com resolução de no mínimo 0.01 g. Após a pesagem os corpos de prova foram imersos em água destilada por 24 horas, a uma temperatura média de $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ e após as 24 horas foram novamente pesados conforme figura 37.

Figura 37 - Corpos de prova imerso em água



Fonte: Acervo pessoal

Com os dados obtidos nas pesagens, calculou-se a porcentagem de água absorvida nos corpos de prova através da equação 6.

$$A = \frac{Mf - Mi}{Mi} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

A – é a quantidade de água absorvida, expressada em porcentagem (%);

Mf – é a massa final do corpo de prova, expressada em gramas (g);

Mi – é a massa inicial do corpo de prova, expressada em gramas (g).

5.4 TESTE MECÂNICO

Os painéis de OSB Home Plus e Compensado Naval analisados foram submetidos a testes Mecânicos, sendo eles flexão estática para determinação do Modo de Ruptura MOR e Modo de Elasticidade MOE e cisalhamento na linha de cola. Os ensaios realizados foram sempre baseados em normas da ABNT.

5.4.1 Resistências à flexão estática

Os ensaios foram realizados com base na norma da ABNT NBR 9533/2011 similar a similar à norma americana ASTM D 1037/99. Foram retirados dez corpos de prova de cada chapa, sendo cinco na direção perpendicular e cinco na direção paralela a fibras externas da chapa. Devido as espessuras dos corpos de provas serem diferente foi realizado uma equação para cada amostra analisada.

O Compensado Naval tem espessura de 10 mm então as suas dimensões foram as seguintes 75 mm de largura e 300 mm de comprimento, e o OSB Home Plus tem espessura de 11.1 mm sua dimensão será de 75 mm de largura e 327,5 mm de comprimento conforme equação 07 estabelecida pela norma para determinação do comprimento.

$$c = 25 \times e + 50 \quad (7)$$

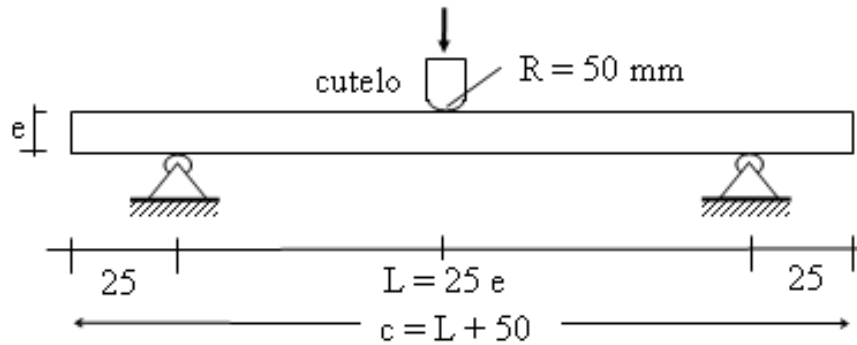
Onde:

c – é o comprimento do corpo de prova (mm);

e – é a espessura do corpo de prova (mm).

Primeiramente os corpos de prova foram marcados para orientação de posicionamento das amostras entre os cutelos da máquina de ensaios, conforme esquema estabelecido pela norma apresentado pela figura 38.

Figura 38 - Arranjo esquemático da máquina de ensaio



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9533/2011

Foi aplicado uma carga continua a uma velocidade constante, a qual pode ser calculada pela equação 08.

$$V = \frac{k \times L^2}{6 \times e} \quad (8)$$

Onde:

V – é a velocidade de carregamento (mm/s);

k – é a taxa de deformação de fibra, a qual é igual a 0,00005;

L – é a distância entre apoios (mm);

e – é a espessura do corpo de prova (mm).

A máquina de ensaio utilizada tem capacidade de 10 000 N e possui um sistema automático que lê a carga exercida em kgf no do corpo de prova chamado de “WinDaq”, para encontra os resultados de MOE e MOR foi usado programa Excel em que foi inserido as equações 9 e 10. As figuras 39, 40, 41 e 42 ilustram os testes realizados.

$$MOE = \frac{L^2 \times (F_2 - F_1)}{4 \times l \times e^2 \times (S_2 - S_1)} \quad (9)$$

Onde:

MOE – é o modulo de elasticidade (MPa);

L – é a distância entre apoios (mm);

e – é a espessura do corpo de prova (mm);

l – é a largura do corpo de prova (mm);

$F_2 - F_1$ - é o incremento de carga no trecho reto da curva carga-deformação (N);

$S_2 - S_1$ - é o incremento de deflexão, no ponto central do vão correspondente (mm)

$$MOR = \frac{3 \times F_{m\acute{a}x} \times L}{2 \times l \times e^2} \quad (10)$$

Onde:

MOR – é a tensão de ruptura a flexão estática (MPa);

$F_{m\acute{a}x}$ – é a carga de ruptura (N);

L – é a distância entre apoios (mm);

e – é a espessura do corpo de prova (mm);

l – é a largura do corpo de prova (mm).

Figura 39 - Máquina universal de ensaios



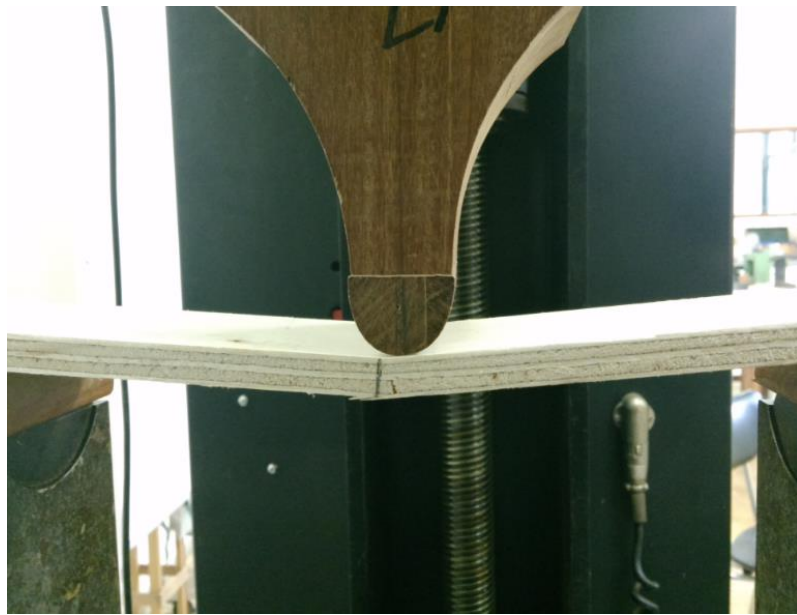
Fonte: Acervo pessoal

Figura 40 - Equipamento para ensaio a Flexão



Fonte: Acervo pessoal

Figura 41 – Ensaio a Flexão Estática



Fonte: Acervo pessoal

Figura 42 - Corpos de provas rompidos



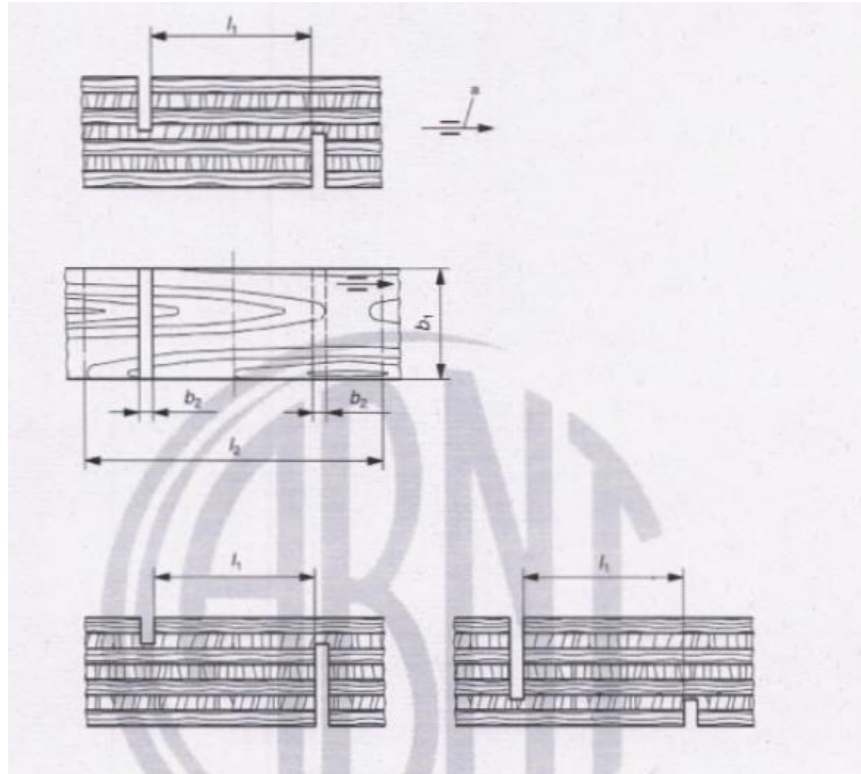
Fonte: Acervo pessoal

5.4.2 Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento

Os ensaios foram realizados com base na norma da ABNT NBR ISO 12466-1/2012 e ABNT NBR ISO 12466-2/2012, o ensaio de cisalhamento na linha de colcha só foi realizado na amostra de compensado naval como o OSB não tem linha de cola sua resistência ao cisalhamento será muito alta.

Primeiramente foram retirados cinco corpos de prova da chapa de compensado, na direção perpendicular fibras externas da chapa, com as seguintes dimensões 150 mm de comprimento e 25 mm de largura em seguida foram feitos sulcos até a linha de cola a uma distância estabelecida pela norma conforme figura 43.

Figura 43 - Esquema de corte de corpo de prova



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 12466-1/2012

Onde:

$b_1 = 25 \pm 0,5$ mm – é a largura de área de cisalhamento (largura do corpo de prova)

$b_2 = 2,5$ a 4 mm – é a largura dos cortes de serra

$l_1 = 25 \pm 0,5$ mm – é o comprimento da área de cisalhamento;

$l_2 = 50$ mm – é a distância mínima entre as garras

a – no sentido das fibras da face.

As amostras passaram por um pré-tratamento conforme ABNT NBR ISO 12466-2/2012, sendo os corpos de prova foram imersos em água a uma temperatura não inferior a 17 °C durante 24 horas, após as 24 horas foi imergida em água em ebulição por 6 horas, em seguida foi resfriada em água a uma temperatura inferior a 30 °C por 1 hora antes de iniciar os ensaios. Os ensaios foram executados com os corpos de prova úmidos sendo o excesso de umidade superficial removido. As figuras 44 e 45 ilustram os testes realizados.

Figura 44 - Imersão do Corpo de Prova em água fria



Fonte: Acervo pessoal

Figura 45 - Imersão do Corpo de Prova em água em ebulição



Fonte: Acervo pessoal

Segundo a norma o tempo de ensaio deve estar compreendido entre 30 ± 10 s a uma velocidade entre 6 mm/min e 12 mm/min. O cálculo da resistem da linha de cola ao esforço de cisalhamento foi realizado de acordo com a equação 11. As figuras 46, 47 e 48 ilustram os testes realizados.

$$T = \frac{F_{m\acute{a}x}}{l \times b} \quad (10)$$

Onde:

T – é a tensão de ruptura (MPa);

F_{máx} – é a carga de ruptura (MPa);

l – é o comprimento da área de cisalhamento (mm);

b – é o largura da área de cisalhamento (mm);

Figura 46 - Ensaio de cisalhamento linha de cola



Fonte: Acervo pessoal

Figura 47 - Corpos de provas rompidos



Fonte: Acervo pessoal

Figura 48 - Falha da linha de cola



Fonte: Acervo pessoal

6 ANÁLISE E RESULTADOS

A seguir estão apresentados os resultados obtidos com os testes físicos e mecânicos entre compensado naval e o OSB home plus. Os testes foram realizados com o propósito de uso ou substituição do OSB, pelo compensado, sabendo que o OSB é usado como padrão conforme manual de construção de aço: Steel Framing da CBCA e os requisitos e condições mínimos para financiamento pela Caixa Econômica Federal. Os ensaios foram realizados conforme as normas ABNT NBR 9533/2012, ABNT NBR ISO 12466-1/2012, ABNT NBR ISO 12466-2/2012, ABNT NBR 9486/2011, ABNT NBR 9488/2011, ABNT NBR 9489/2011, ABNT NBR 9484/2011, ABNT NBR 9485/2011 e ABNT NBR 9535/2011. Os testes consistem em: Flexão estática, Cisalhamento na linha de cola, Inchamento, Teor de umidade, Massa específica aparente e a Absorção de água.

6.1 ENSAIO FÍSICO

6.1.1 Determinação do inchamento

A tabela 6 apresenta os resultados médios encontrados para os testes de inchamento em 24h. Segundo Gorski (2014, p. 92): “em relação à normativa para comercialização de painéis OSB, a CSA 0437 (1993) exige que o IE 24 horas não ultrapasse 10%”.

Tabela 6 - Determinação de Inchamento

Amostra	Inchamento	Valor (%)
Compensado Naval	R	6,139%
	IR	2,054%
	I	4,085%
OSB Home Plus	R	22,873%
	IR	11,808%
	I	11,065%

R - Recuperação
 IR - Inchamento mais a recuperação
 I - Inchamento

Fonte: Acervo pessoal

Os resultados indicam uma diferença significativa entre o compensado e OSB, em que a chapa de compensado naval apresentou melhor resistência ao inchamento.

6.1.2 Determinação do teor de umidade

O teor médio de umidade do compensado naval foi de 10,14% e coeficiente de variação (CV) de 2%. O teor médio de umidade do OSB home plus foi de 9,36% e coeficiente de variação (CV) de 1%. A tabela 7 apresenta a porcentagem do TU juntamente com o coeficiente de variação.

Tabela 7- Tabela de Teor de Umidade TU

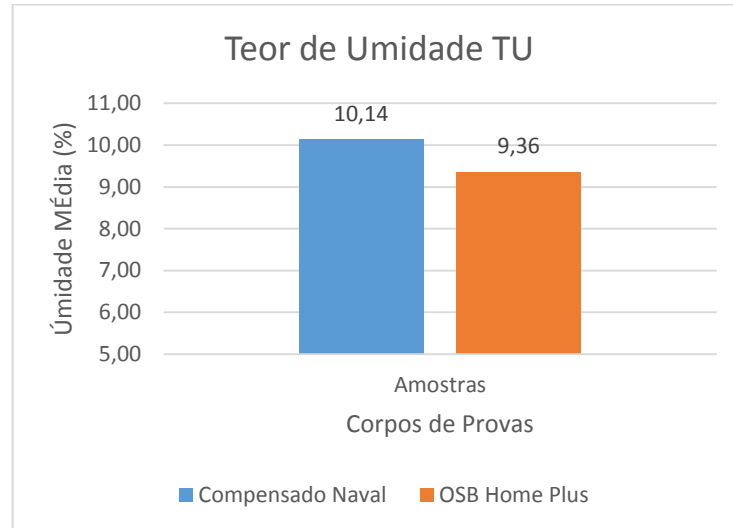
Amostra	CP-Nº	TU (%)	Média	Máximo	Mínimo	D. P	C. V
Compensado Naval	1	9,84	10,14	10,44	9,84	0,238	2%
	2	10,44					
	3	10,40					
	4	10,14					
	5	10,06					
	6	9,96					
OSB Home Plus	1	9,30	9,36	9,53	9,26	0,097	1%
	2	9,41					
	3	9,31					
	4	9,53					
	5	9,34					
	6	9,26					

D. P - Desvio Padrão

C. V - Coeficiente de Variação

Fonte: Acervo pessoal

Gráfico 1 - Teor de Umidade (TU)



Fonte: Acervo pessoal

Com os resultados obtido podemos verificar no gráfico 1 que o compensado tem um teor de umidade maior que o OSB. Em escala comercial, a empresa produtora de painéis OSB no Brasil adota uma faixa aceitável de 2 a 12% de umidade em seus produtos finais. (LP BRASIL, 2016).

6.1.3 Determinação da massa específica aparente

Na tabela 8 são apresentados os valores médios da massa específica do compensado naval e do OSB. Nota-se que, para o compensado a massa específica média foi de 0,35 % e coeficiente de variação (CV) de 4% e a massa específica média do OSB foi de 0,64% e coeficiente de variação (CV) de 3%.

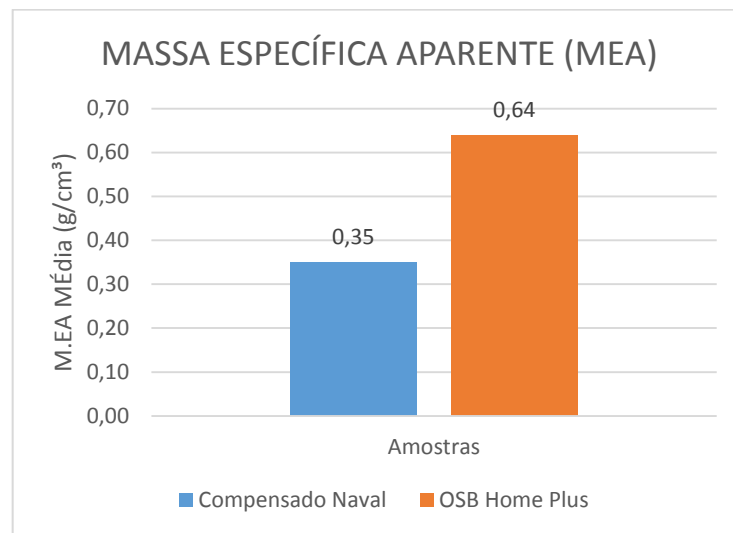
Tabela 8 - Tabela de Ensaio MEA

Amostra	CP-Nº	Peso Específico (g/cm³)	Média	Máximo	Mínimo	D. P	C. V
Compensado Naval	1	0,328	0,35	0,36	0,33	0,014	4%
	2	0,359					
	3	0,355					
	4	0,330					
	5	0,346					
	6	0,356					
OSB Home Plus	1	0,651	0,64	0,68	0,62	0,021	3%
	2	0,616					
	3	0,646					
	4	0,632					
	5	0,633					
	6	0,679					

D. P - Desvio Padrão
C. V - Coeficiente de Variação

Fonte: Acervo pessoal

Gráfico 2 - Massa Específica (MEA)



Fonte: Acervo pessoal

A massa específica é uma propriedade que pode afetar as características mecânicas de um painel, assim como na qualidade de linha de cola nas diferentes camadas do mesmo, pois interfere no processo de penetração e de ancoragem do adesivo. A massa específica do produto final é a soma da densidade da matéria-prima (madeira e adesivo) e do processo de prensagem que, geralmente, compactado.

6.1.4 Determinação da absorção de água

Os resultados obtidos para os ensaios foram dispostos e analisado a partir da tabela e gráficos apresentadas a seguir. Na tabela 9 são apresentadas as médias de absorção de água após 24 horas nos dois tipos de painéis analisado.

Tabela 9 - Tabela de Ensaio (AA)

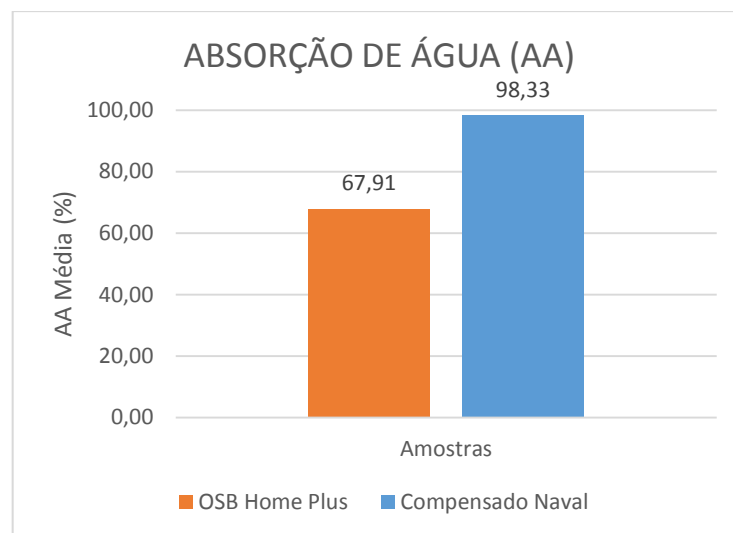
Amostras	CP-Nº	AA (%)	Média	Máximo	Mínimo	D. P	C. V
Compensado Naval	1	98,48	98,33	102,96	93,80	2,943	3%
	2	102,96					
	3	99,08					
	4	98,21					
	5	97,47					
	6	93,80					
OSB Home Plus	1	59,00	67,91	75,81	59,00	6,203	9%
	2	67,23					
	3	72,20					
	4	70,37					
	5	62,84					
	6	75,81					

D. P - Desvio Padrão

C. V - Coeficiente de Variação

Fonte: Acervo pessoal

Gráfico 3 - Absorção de Água (AA)



Fonte: Acervo pessoal

Os resultados apresentados no gráfico 3, mostram que houve uma diferença significativa entre o compensado naval e o OSB, no compensado à absorção de água média

após 24 horas foi de 98,33% e coeficiente de variação (CV) de 3%. Já no OSB foi de 67,01% e coeficiente de variação (CV) de 9%.

Essa diferença foi devida a resinas fenólicas aplicada nas camadas externas, nas internas, metil di-fenil diisocianato (MDI), que garantem alta adesão interna das tiras e uma resistência adequada para aplicações em ambientes externos.

6.2 ENSAIO MECÂNICO

6.2.1 Resistências à flexão estática

Os resultados médios de MOE e MOR perpendicular e paralelo está apresentados nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10 - Flexão Estática do Compensado Naval

CP-Nº	MOE (MPa)	Média	D. P	C. V	MOR (MPa)	Média	D. P	C. V	
Perpendicular	1	3.581			25,17				
	2	3.482			27,64				
	3	3.384	3.671	287,26	8%	26,92	28,67	3,09	11%
	4	3.809				30,82			
	5	4.101				32,82			
Paralelo	6	2.455			18,29				
	7	2.104			18,95				
	8	2.514	2.323	182,43	8%	24,14	20,49	2,50	12%
	9	2.384				22,02			
	10	2.158				19,07			

D. P - Desvio Padrão

C. V - Coeficiente de Variação

Fonte: Acervo pessoal

Tabela 11 - Flexão Estática do OSB Home Plus

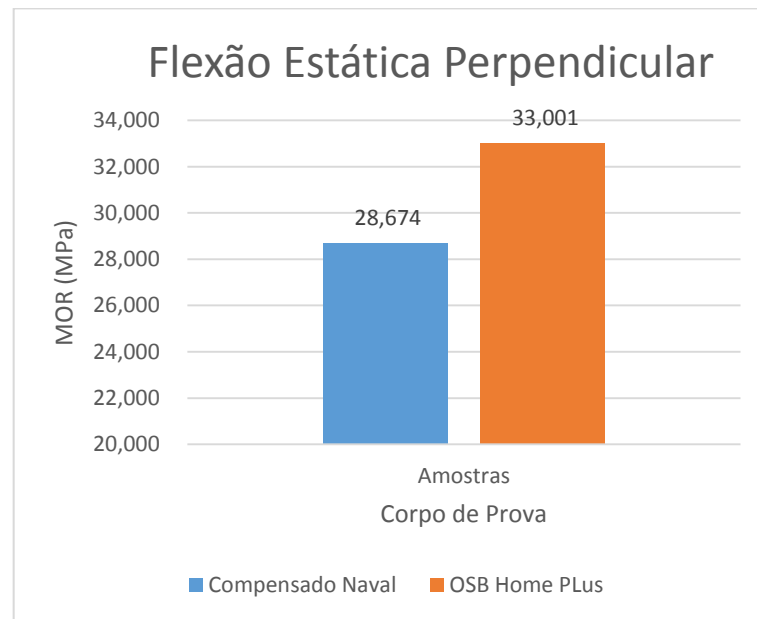
CP-Nº	MOE (MPa)	Média	D. P	C. V	MOR (MPa)	Média	D. P	C. V	
Perpendicular	1	14.080			29,05				
	2	10.475			31,50				
	3	20.219	13.738	3.850	28%	36,28	33,00	3,41	10%
	4	12.242				31,29			
	5	11.671				36,88			
Paralelo	6	23.595			20,30				
	7	20.450			22,00				
	8	19.905	20.680	1.657	8%	21,63	21,45	0,71	3%
	9	19.748				22,01			
	10	19.703				21,29			

D. P - Desvio Padrão

C. V - Coeficiente de Variação

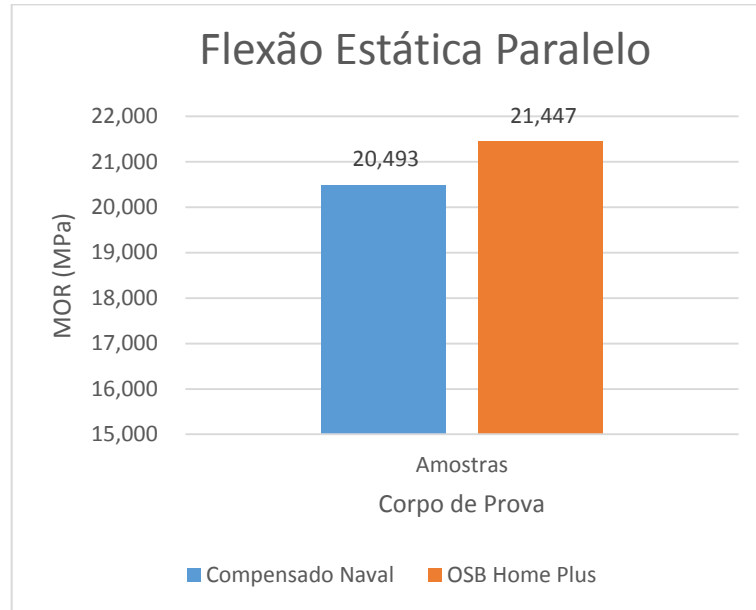
Fonte: Acervo pessoal

Gráfico 4 – MOR Perpendicular



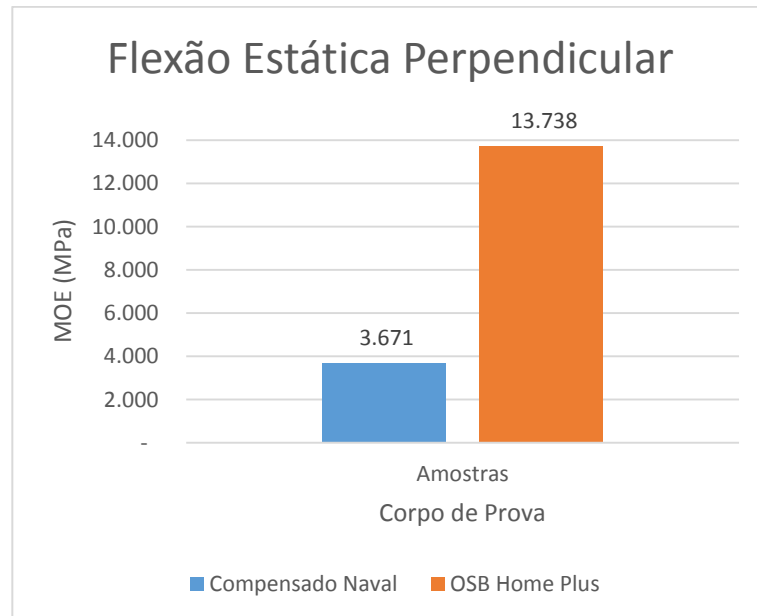
Fonte: Acervo pessoal

Gráfico 5 - MOR Paralelo



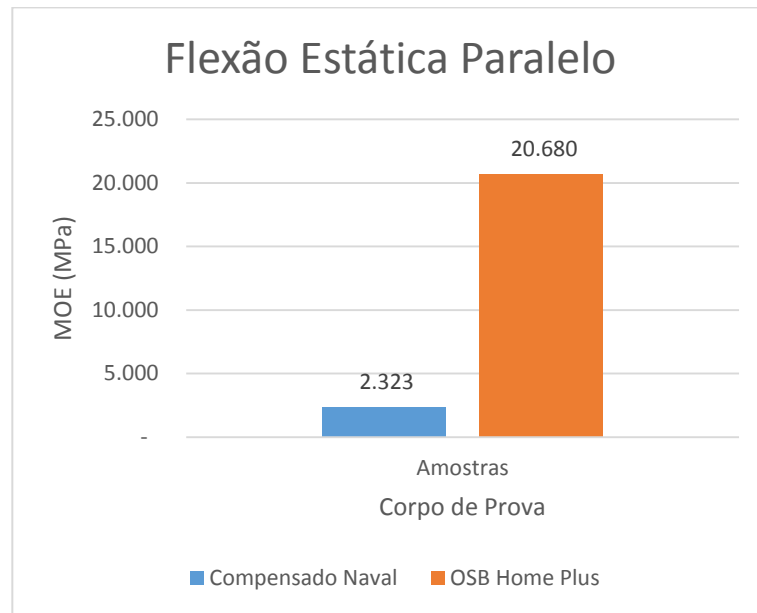
Fonte: Acervo pessoal

Gráfico 6 - MOE Perpendicular



Fonte: Acervo pessoal

Gráfico 7 - MOE Paralelo



Fonte: Acervo pessoal

Nos gráficos 4, 5, 6 e 7 estão apresentadas os resultados média de MOE e MOR e foi possível identificar uma diferença superior do OSB em relação ao painel de compensado.

Segundo Bortoletto e Garcia (2004, p.568 apud Cloutier, 1998):

A norma CSA 0437.0 (1993) estabelece duas classes de painéis OSB, sendo O-1 e O-2. Para o OSB ser enquadrado na classe O-1, os valores mínimos de resistência e rigidez são os seguintes: MOR paralelo e perpendicular de 23,4 e 9,6 MPa, respectivamente; e MOE paralelo e perpendicular de 4500 e 1300 MPa, respectivamente. Para o OSB ser enquadrado na classe O-2, os valores mínimos de resistência e rigidez exigidos são os seguintes: MOR paralelo e perpendicular de 29,0 e 12,4 MPa, respectivamente; e MOE paralelo e perpendicular de 5.500 e 1.500 MPa.

O MOR médio paralelo e perpendicular do compensado foi de 20,49 e 28,67 Mpa, e MOE médio paralelo e perpendicular foi 2.323 e 3.671 MPa, o OSB tem MOR médio paralelo e perpendicular de 21,44 e 33,00 Mpa, e MOE médio paralelo e perpendicular foi 13.738 e 20.680 MPa.

6.2.2 Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento

O ensaio de cisalhamento na linha de cola é indicado para avaliação da qualidade da união colada em painéis compensados. Para valorização da qualidade da colagem, além da resistência da linha de cola, utiliza-se o aspecto externo da superfície de ruptura através de seus valores médios comparados com as exigências da norma de qualidade.

Como o OSB é fabricado por tiras de madeira orientadas entre três a cinco camadas de tira de madeira e o compensado é formado de lâminas finas de madeira com grã perpendicular entre lâminas adjacentes. Com nesse ensaio é avaliado a resistência na linha de cola e o OSB não tem linha de cola, não foi possível fazer os ensaios da amostra. A tabela 12 demonstra os resultados obtido no ensaio do compensado, o resultado médio foi de 85,34 MPa com coeficiente de variação (CV) de 26%.

Tabela 12 - Cisalhamento na Linha de Cola

Amostras	CP	Carga Máx. (kgf)	Área de cisalhamento (cm ²)	Tensão de Ruptura (kgf/cm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)	Média	D. P	C. V
Compensado Naval	1	87,99	91,15	785,99	77,03	85,34	22	26%
	2	105,34	91,34	942,97	92,41			
	3	58,25	91,74	523,71	51,32			
	4	117,96	90,51	1046,25	102,53			
	5	118,93	90,53	1055,12	103,40			

D. P - Desvio Padrão

C. V - Coeficiente de Variação

Fonte: Acervo pessoal

7 CONCLUSÃO

Conforme a norma de painéis de OSB CSA 0437:93 em que o inchamento após as 24 horas não ultrapasse os 10%. (GORSKI, 2014) O Compensado Naval de 10 mm e OSB Home Plus de 11,10 mm apresentaram diferença significativa em relação a determinação do inchamento, em que o compensado apresentou apenas 4,08% de inchamento e o OSB 11,07% ultrapassando a norma CSA de 10% dessa forma pode concluir que o compensado teve maior resistência ao inchamento que o OSB.

O fabricante do OSB adota uma faixa de umidade de 2 a 12% em seu produto. (LP BRASIL, 2016) O teor de umidade encontrado para o compensado foi de 10,14 % de umidade e o OSB 9,36% de umidade, em uma comparação entre o OSB e o compensado na determinação do teor de umidade foi possível verificar uma baixa diferença entre as amostras pesquisada com base nessas informações pode concluir que o compensado teve uma resistência similar ao OSB.

A massa específica do OSB foi de 0,64 g/cm³ e a do compensado foi de 0,35 g/cm³, com base nos resultados obtidos foi verificado que o compensado é mais leve que o OSB, com esse tipo de material o sistema Light Steel Framing ficará mais leve e podendo reduzir os gastos na fundação da edificação, assim pode concluir que o compensado é mais leve que o OSB e podendo trazer uma maior leveza para o sistema.

No teste de absorção de água o compensado naval não teve o resultado esperado, sabendo que o compensado naval tem resistência à água, por ser muito utilizado na indústria naval e em construção de embarcações. O resultado médio do compensado foi de 98,33% já o OSB foi de 67,91%. Assim pode concluir que o compensado não teve resistência significativa em relação ao OSB.

No teste de flexão estática o compensado teve boa resistência no Módulo de Ruptura (MOR) médio de 28,67 MPa na direção perpendicular e 20,49 MPa na direção paralela e a do OSB teve 33,00 MPa na direção perpendicular e 21,45 MPa na direção paralela. Já no Módulo de Elasticidade (MOE) médio de 3.671 MPa na direção perpendicular e 2.323 MPa na direção paralela e a do OSB teve 13.738 MPa na direção perpendicular e 20.680 MPa na direção paralela.

A norma Canadense Canadian Standards Association (CSA) 0437.0:93 estabelece duas classes de painéis de OSB, sendo O-1 com resistência mínima MOR paralelo e perpendicular de 23,4 e 9,6 MPa, respectivamente; e MOE paralelo e perpendicular de 4.500 e 1.300 MPa, e o

O-2 com resistência mínima MOR paralelo e perpendicular de 29,0 e 12,4 MPa, respectivamente; e MOE paralelo e perpendicular de 5.500 e 1.500 MPa.

O compensado teve boa resistência paralela e perpendicular no MOR onde atendeu a classe O-1 mais não atendeu no MOE onde os valores foi muito inferior ao estabelecido pela norma, já o OSB teve ótima resistência paralela e perpendicular atendendo a classe O-2 da norma. Em uma comparação compensado e OSB o compensado foi muito inferior no MOR e MOE. Com os resultados obtidos no teste de flexão estática pode concluir que o compensado não tem resistência similar para substituir o OSB.

No teste de resistência na linha de cola só foi executado no compensado devido o OSB não ter linha de cola não foi possível fazer uma comparação entre os dois materiais pesquisado.

Com o resultado obtido nessa pesquisa pude concluir que o compensado naval teve boa resistência nos testes físicos mais não atendeu aos critérios mínimos da norma no teste mecânico, como o OSB home plus tem a função de recebe as forças laterais devido a carregamento de vento tanto na horizontal quando na vertical, onde as placas de OSB servem como contravetamento, e também podem ser, utilizadas como fechamento externo das edificações em LSF.

Como o compensado naval não obteve os resultados esperado, foi possível concluir que o mesmo não tem possibilidade de ser usado nas edificações do sistema Light Steel Framing como contravetamento, e nem como fechamento externo devido a sua resistência mecânicas ser muito inferiores a placa de OSB Home Plus e também a boa absorção à água, assim o compensado poderá ter sua durabilidade reduzida podendo ocasionar patologias na edificação contrapondo a hipótese levantada.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Fazer estudo com uso de Placa fabricada com caixas de leite para que seja usada como sistema de fechamento externo.
- Fazer estudo do compensado com outros tipos de resina e com diferentes números de laminas, para aumenta a resistência mecânica e absorção de água.
- Uso da placa de OSB em Tesoura Pratt, Howe, Belga ou Alemã.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 2426:2006** Madeira compensada - Classificação pela aparência superficial. Rio de Janeiro: Moderna, 2014. 4 p.

_____. **NBR 7008:2012**: Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou com liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente. Rio de Janeiro: Moderna, 2003. 7 p.

_____. **NBR 9484:2011** Compensado - determinação do teor de umidade. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2011. 2 p.

_____. **NBR 9485:2011** Compensado – determinação de massa específica aparente. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2011. 3 p.

_____. **NBR 9486:2011** Compensado – determinação da absorção de água. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2011. 2 p.

_____. **NBR 9488:2011** Amostragem de compensado para ensaio- Requisitos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2011. 3 p.

_____. **NBR 9489:2011** Compensado – condicionamento de corpos-de-prova de compensado para ensaios. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2011. 2 p.

_____. **NBR 9533:2012** Compensado – determinação da resistência à flexão estática. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2012. 3 p.

_____. **NBR 9535:2011** Compensado – determinação do inchamento. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2011. 3 p.

_____. **NBR NRB ISO 12466:2012** Madeira compensada – Qualidade de colagem Parte 1: Métodos de ensaio. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2012. 16 p.

_____. **NBR NRB ISO 12466:2012** Madeira compensada – Qualidade de colagem Parte 2: Requisitos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2012. 5 p.

_____. **NBR 14715:2010** Chapas de gesso para drywall Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: Moderna, 2010. 7 p.

_____. **NBR 14715:2010** Chapas de gesso para drywall Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: Moderna, 2010. 17 p.

_____. **NBR 15253:2014** Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações. Rio de Janeiro: Moderna, 2014. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **RESÍDUOS DE GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL Coleta, armazenagem e reciclagem**. São Paulo: 2012. 7p CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BLOCOS E CHAPAS DE GESSO - ABRAGESSO. **MANUAL DE MONTAGEM DE SISTEMAS DRYWALL**. São Paulo: Pini, 2004. 51p CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **PRODUTOS DE MADEIRA**. Curitiba, 2004. 15 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 1037/99**: Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. Philadelphia: Annual Book Of Astm Standards, 1999. 31 p.

BASTOS, Eliomar Ferreira. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE PAINEL DE OSB DO TIPO FORM**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia Civil, e, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

BERTOLINI, Hibrán Osvaldo Lima. **CONSTRUÇÃO VIA OBRAS SECAS COMO FATOR DE PRODUTIVIDADE E QUALIDADE**. 2013. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Cap. 2. CD-ROM

BEVILAQUA, Rosane. **ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE PRÉDIOS ESTRUTURADOS EM PERFIS FORMADOS A FRIO SEGUNDO OS SISTEMAS APORTICADO E “LIGHT STEEL FRAMING”**. 2005. 225 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas, Departamento de Engenharia Civil, Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. CD-ROM

BIANCHIN, Denis. **FUNDAÇÕES PARA BASES DE SILOS METÁLICOS DE FUNDO PLANO**. 2013. 105 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2013. CD-ROM.

BORTOLETTO JÚNIOR, Geraldo; GARCIA, José Nivaldo. PROPRIEDADES DE RESISTÊNCIA E RIGIDEZ À FLEXÃO ESTÁTICA DE PAINÉIS OSB E COMPENSADOS. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 4, p.563-570, 10 ago. 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. Diretrizes Para Avaliação Técnica de Produtos (Org.). **DIRETRIZ SINAT**: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas. 03. ed. Secretaria Nacional da Habitação: Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_sinat.php>. Acesso em: 02 fev. 2016.

_____. Ministério de Minas e Energia. Marcelo Soares Bezerra. **RELATÓRIO TÉCNICO 34**: Perfil da gipsita. 2009. J. Mendo Consultoria. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P24_RT34_Perfil_da_Gipsita.pdf/cde62398-0912-43c2-af79-27c0651d1412>. Acesso em: 29 abr. 2016

BRASILIT (São Paulo). **CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA**. Bairro Água Branca, 2014. 88 p. (Apostila). Brasilit. Disponível em: <<http://www.brasilit.com.br/sites/default/files/treinamentos/pdf/apostila-construcao-industrializada.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (São Paulo). **SISTEMA CONSTRUTIVO UTILIZANDO PERFIS ESTRUTURAIS FORMADOS A FRIO DE AÇO REVESTIDOS**: Requisitos e Condições Mínimos para Financiamento pela Caixa. São Paulo: Caixa, 2003. 28 p. CD-ROM.

CAMPOS, Patrícia Farrielo de. **LIGHT STEEL FRAMING**: Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. 2014. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Departamento de Arquitetura, Universidade de São Paulo, 2014. CD-ROM.

COELHO, André Santos Ribeiro. **LIGHT STEEL FRAME**: Recomendações de Projeto, Processo Construtivo e Detalhes Orçamentários. 2014. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia, Uniceub, Brasília, 2014. CD-ROM.

CONDEIXA, Karina de Macedo Soares Pires. **COMPARAÇÃO ENTRE MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA**: Sistema drywall e alvenaria de vedação. 2013. 210 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013. CD-ROM.

CONSTRUIR, Blog (Comp.). **SAPATAS – O QUE SÃO E QUAL SUPRIRÁ CADA NECESSIDADE** 2016. Disponível em: <http://blog.construir.arq.br/fundacao_sapata/>. Acesso em: 25 fev. 2016

CONSUL STEEL (Argentina). **MANUAL DE PROCEDIMIENTO**: Construcción Con Steel Framing. Buenos Aires, 2002. 303 p. CD-ROM.

CIOCCHI, Luiz. Revestimento em régua paralelas. Revista Techné, São Paulo, n ° 76, p. 54-56, julho 2003.

CRASTO, Renata Cristina Morais. **LIGHT STEEL FRAMING**: Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados. 2005. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005. CD-ROM.

DIAS, Fabricio Moura. **APLICAÇÃO DE RESINA POLIURETANA À BASE DE MAMONA NA FABRICAÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA E AGLOMERADA**. 2005. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais, Área Interunidades, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005. CD-ROM.

DÓRIA, Luís Eduardo Santos. **PROJETO DE ESTRUTURA DE FUNDAÇÃO EM CONCRETO DO TIPO RADIER**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Maceió, 2007. CD-ROM.

DUPONT BRASIL (Brasil). MANUAL TÉCNICO TYVEK®. **SEGMENTO RESIDENCIAL: DUPONT TYVEK® 3480**, São Paulo, p.1-39, Disponível em: <<http://www.dupont.com.br/content/dam/assets/products-and-services/construction-materials/tyvek-building-envelope/Documentation/DuPont-Tyvek-Brasil-Manual-Instalacao-Subcobertura-Residencial.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

FERRAZ, Daniel Bracher. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE COMPENSADO PRODUZIDO COM DOIS DIFERENTES ADESIVO EM DUAS VARIAÇÕES DE PRESSÃO DE Prensagem**. 2013. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Departamento de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita, Itapeva, 2013. CD-ROM.

FERREIRA, Bruno Santos. **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE PAINEL DE COMPENSADO DE Eucalyptus sp. E ADESIVO PVA**. 2011. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira. Departamento de Engenharia, Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Departamento de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita, Itapeva, 2011. CD-ROM.

GRUPO BRICKA SISTEMAS CONSTRUTIVOS (Paraná). **CONSTRUÇÃO SECA**. 2016. Disponível em: <<http://www.bricka.com.br/construcao-seca/>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

GORSKI, Luciane. **PAINÉIS DE PARTÍCULAS ORIENTADAS (OSB) DA MADEIRA DE Pinus spp. e Eucalyptus benthamii**: 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014. CD-ROM.

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Documento de Avaliação Técnica nº 15. Sistema construtivo LP Brasil OSB em Light Steel Frame e fechamento em chapas de OSB revestidas com siding vinílico. São Paulo. 2013

IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S.; MENDES, L. M. **Painéis de madeira compensada**. In: IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. p. 87-122.

JARDIM, Guilherme Torres da Cunha; CAMPOS. Alessandro de Souza. **LIGHT STEEL FRAMING: Uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da construção civil**. 19 p. Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.cbca-iabr.org.br/upfiles/downloads/apresent/SteelFramingCBCA.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2016.

KALATAI, Daiane Francielle; BRUM, Laura Sabrina. **ESTUDO DE PRODUTOS À BASE DE MADEIRA RECONSTITUÍDA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Caracterização e Aplicação de Chapas de OSB Revestidas com Placas Cimentícia**. 2014. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. Pato Branco, 2014. CD-ROM.

KAZMIERCZAK, Sandra. **QUALIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA FABRICADA COM LÂMINAS DE MADEIRA DE Eucalyptus saligna, Eucalyptus dunnii E Eucalyptus urograndis**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais,, Universidade Estadual do Centro-oeste, Irati, 2012. CD-ROM.

LABUTO, Leonardo Vinícius. **PAREDE SECA: SISTEMA CONSTRUTIVO DE FECHAMENTO EM ESTRUTURA DE DRYWALL**. 2014. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais Para, Minas Gerais, 2014. CD-ROM. MASISA (Curitiba). **OSB MASISA**. MASISA. Disponível em: <<http://www.madecenter.com.br/wp-content/uploads/2013/03/osb-multiuso-tapume-masisa.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2016.

LP BRASIL (Brasil). **Processo de fabricação da placa de OSB**. 2016. LP BRASIL. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/osb/processo-de-fabricacao.asp>>. Acesso em: 01 maio 2016.

LP BRASIL (Brasil). **Catálogo Técnico**. Curitiba, 2012. 8 p. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/download/catalogos-tecnicos.asp>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

POLZL, Priscilla Falco Klingelfus. **ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE EM FÁBRICAS DE PAINÉIS COMPENSADOS PLASTIFICADOS**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia de Produção, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção Mestrado em Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 2011. CD-ROM.

PORTAL METÁLICA (Brasil). **Casa em Steel Frame: Refúgio São Chico**. 2016. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/casa-em-steel-a-construcao-passo-a-passo?hc_location=ufi>. Acesso em: 02 abr. 2016.

SANTIAGO, Alexandre Kokke. **O USO DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING: Associado a Outros Sistemas Construtivos Como Fechamento Vertical Externo Não Estrutural**. 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia, Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008. CD-ROM

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Morais. **STEEL FRAMING: Manual de Construção em aço**. 2012. 2 v. Instituto Aço Brasil Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2012. CD-ROM.

SIMONE FRAGA (Caxias do Sul). Tuti Arquitetura + Verde. **A HISTÓRIA DO STEEL FRAME – VOCÊ CONHECE?** 2015. Disponível em: <<http://www.tuti.arq.br/blog/historia-do-steel-frame/>>. Acesso em: 02 maio 2016.

SPECK, Jaison Araujo. **PLACA CIMENTÍCIA: Análise do desempenho de placa cimentícia através da adição de fibras e telas, visando a redução de deformações térmicas e patologias**. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. CD-ROM.

TECNOLOGIA: **CASA LEVES**. São Paulo: Téchne, n. 112, mar. 2006. Mensal. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo286061-1.aspx>>. Acesso em: 03 fev. 2016.

TERNI, Antonio Wanderley; SANTIAGO, Alexandre Kokke; PIANHERI, José. **Steel frame**: Fechamento. 2008. TECHNE. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/139/artigo286547-2.aspx>>. Acesso em: 10 maio 2016.

TREBILCOCK, P.J. Building design using cold formed steel sections: an architect's guide. Berkshire: Steel Construction Institute (SCI) Publication, 1994; 95p.

WOLFART, Geovâni Luís. **SISTEMA CONSTRUTIVO EM LIGHT STEEL FRAME COM REVESTIMENTO EXTERNO EM EIFS**: Aspectos e Gargalos do Processo Executivo. 2016. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. CD-ROM

GLOSSÁRIO

Autoportantes – são estruturas que além de função desejada tem a função de sustentar toda a edificação sem a necessidade de vigas de concreto.

Balloon Framing – método de construção de edificação em Light Steel Framing onde a estrutura do piso é fixada nas laterais dos montantes e os painéis são geralmente muitos grandes e vão além de um pavimento.

Contravetamento – elemento estrutural, geralmente fita metálica de aço galvanizado ou perfis Ue, capaz de transferir os esforços horizontais que solicitam a edificação para as fundações.

Delaminação - patologia que ocorre em pisos desempenados, causados pelo aprisionamento da água exsudada, ou ar, promovendo o deslocamento da camada superficial do piso (cerca de 2 a 3 mm).

Grã – direção das células do tecido da madeira distribuídas de forma cruzada.

Light Steel Framing - sistema construtivo de concepção racional caracterizada pelo uso de perfis formados a frio de aço galvanizado compondo sua estrutura e por subsistemas que proporcionam uma construção industrializada e a seco.

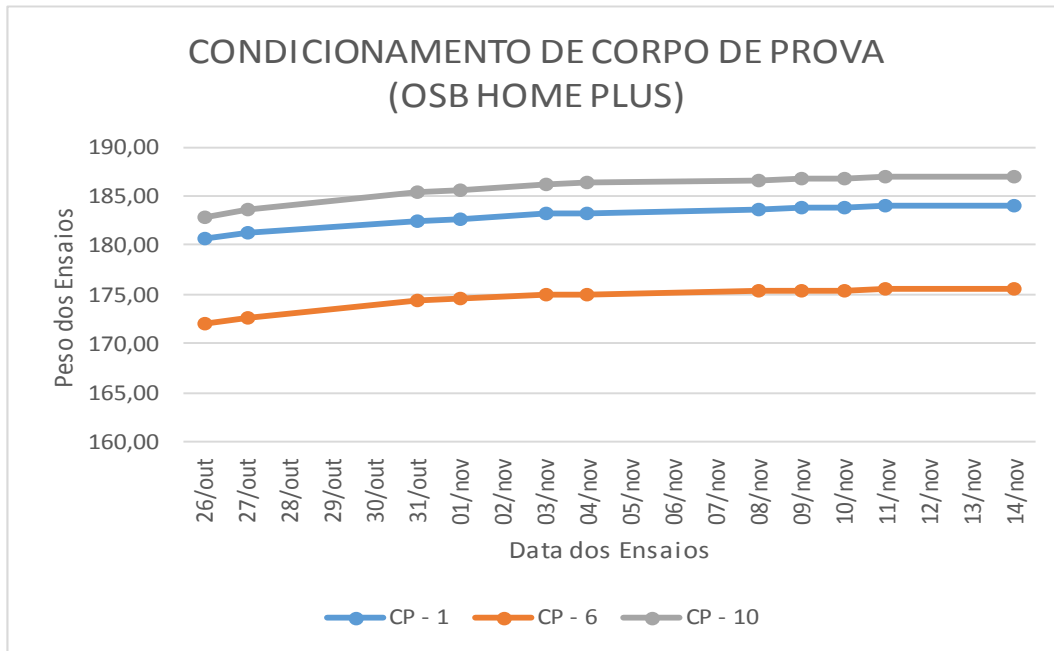
Manta de polietileno – membrana impermeável formada por fibras muito finas e de alta densidade de polietileno, cuja função é fornecer uma camada impermeável, garantindo a estanqueidade da edificação, porém permitindo a passagem da umidade interna para o exterior.

Siding vinílico – revestimento de fechamento composto de placas paralelas em PVC.

APÊNDICE

CONDICIONAMENTO DE CORPO DE PROVA OSB HOME PLUS FLEXÃO ESTÁTICA

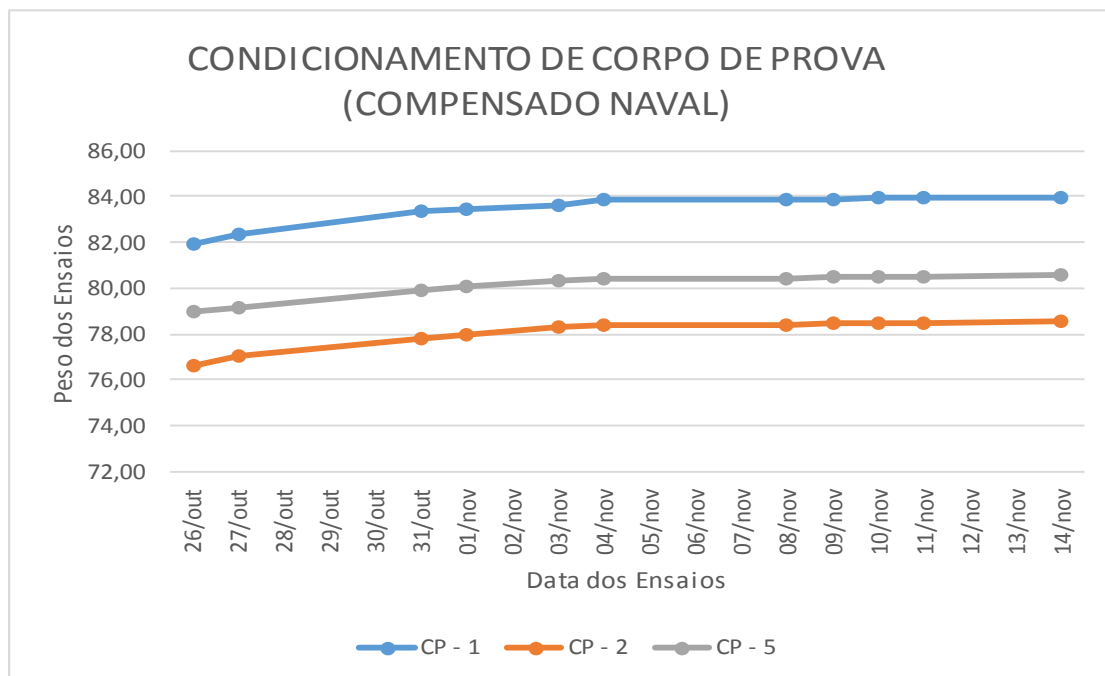
DATA	PESO	CP - 1	DATA	PESO	CP - 6	DATA	PESO	CP - 10
26/out	180,60	1	26/out	172,03	6	26/out	182,91	10
27/out	181,33	1	27/out	172,63	6	27/out	183,64	10
31/out	182,38	1	31/out	174,32	6	31/out	185,43	10
01/nov	182,59	1	01/nov	174,48	6	01/nov	185,63	10
03/nov	183,18	1	03/nov	174,91	6	03/nov	186,20	10
04/nov	183,33	1	04/nov	175,03	6	04/nov	186,33	10
08/nov	183,65	1	08/nov	175,28	6	08/nov	186,65	10
09/nov	183,76	1	09/nov	175,34	6	09/nov	186,74	10
10/nov	183,88	1	10/nov	175,44	6	10/nov	186,85	10
11/nov	183,96	1	11/nov	175,52	6	11/nov	186,93	10
14/nov	184,04	1	14/nov	175,60	6	14/nov	187,01	10
0,0435%			0,0456%			0,0428%		



CONDICIONAMENTO DE CORPO DE PROVA COMPENSADO NAVAL

FLEXÃO ESTÁTICA

DATA	PESO	CP - 1	DATA	PESO	CP - 2	DATA	PESO	CP - 5
26/out	81,92	1	26/out	76,61	2	26/out	79,00	5
27/out	82,32	1	27/out	77,05	2	27/out	79,15	5
31/out	83,36	1	31/out	77,84	2	31/out	79,90	5
01/nov	83,46	1	01/nov	78,00	2	01/nov	80,07	5
03/nov	83,63	1	03/nov	78,28	2	03/nov	80,36	5
04/nov	83,83	1	04/nov	78,36	2	04/nov	80,45	5
08/nov	83,89	1	08/nov	78,41	2	08/nov	80,46	5
09/nov	83,91	1	09/nov	78,46	2	09/nov	80,49	5
10/nov	83,93	1	10/nov	78,49	2	10/nov	80,52	5
11/nov	83,96	1	11/nov	78,52	2	11/nov	80,54	5
14/nov	83,99	1	14/nov	78,55	2	14/nov	80,56	5
0,0357%			0,0382%			0,0248%		



TESTE COMPENSADO NAVAL - FLEXÃO ESTÁTICA

Data: 13/12/2016

Vão livre: 25 cm

Norma: ABNT NBR 9533:2012

Velocidade (mm/min): 3,12 mm/mim

Comprimento

CP	C1(cm)	C2(cm)	C Media
1 ⊥	30,12	30,1	30,11
2 ⊥	30,09	30,09	30,09
3 ⊥	30,13	30,13	30,13
4 ⊥	30,13	30,14	30,14
5 ⊥	30,14	30,12	30,13
6	30,15	30,15	30,15
7	30,17	30,17	30,17
8	30,16	30,17	30,17
9	30,15	30,15	30,15
10	30,16	30,17	30,17

Largura

CP	L1(mm)	L2(mm)	L3(mm)	L Media
1 ⊥	74,63	74,68	74,59	74,63
2 ⊥	74,46	74,52	74,56	74,51
3 ⊥	74,48	74,51	74,51	74,50
4 ⊥	74,51	74,56	74,53	74,53
5 ⊥	74,53	74,59	74,61	74,58
6	74,67	74,63	74,65	74,65
7	74,51	74,52	74,46	74,50
8	74,44	74,46	74,49	74,46
9	74,50	74,56	74,51	74,52
10	74,61	74,67	74,60	74,63

Espessura

CP	E1(mm)	E2(mm)	E3(mm)	E4(mm)	E5(mm)	E6(mm)	E media (mm)
1 ⊥	10,68	10,70	10,71	10,46	10,45	10,57	10,60
2 ⊥	10,42	10,56	10,58	10,56	10,54	10,55	10,54
3 ⊥	10,61	10,65	10,51	10,58	10,33	10,46	10,52
4 ⊥	10,42	10,56	10,63	10,62	10,65	10,63	10,59
5 ⊥	10,63	10,57	10,64	10,61	10,72	10,67	10,64
6	10,58	10,82	10,67	10,64	10,49	10,59	10,63
7	10,71	10,62	10,42	10,73	10,49	10,71	10,61
8	10,59	10,51	10,63	10,61	10,63	10,47	10,57
9	10,55	10,43	10,72	10,63	10,54	10,50	10,56
10	10,63	10,71	10,84	10,67	10,62	10,63	10,68

TESTE COMPENSADO NAVAL - FLEXÃO ESTÁTICA

Data: 13/12/2016

Vão livre: 25 cm

Norma: ABNT NBR 9533:2012

Velocidade (mm/min): 3,12 mm/mim

CP	Massa(g)	Volume	Dens. Aparente (kg/cm ³)	Densidade Média (kg/cm ³)	Carga Máx. (kgf)	MOE (kgf/cm ²)	MOE (MPa)	MOR (kgf/cm ²)	MOR (MPa)	Veloc. Teste (mm/min)	Tempo teste (s)
1 ⊥	83,14	238,09	0,349	0,342	57,39	36.539	3.581	256,88	25,174	3,12	198,00
2 ⊥	77,69	236,21	0,329		62,2	35.533	3.482	282,05	27,640	3,12	211,33
3 ⊥	79,47	236,22	0,336		60,43	34.527	3.384	274,68	26,918	3,12	228,00
4 ⊥	81,55	237,75	0,343		70,04	38.872	3.809	314,52	30,823	3,12	200,00
5 ⊥	84,17	239,08	0,352		75,39	41.843	4.101	334,86	32,816	3,12	208,00
6	84,27	239,29	0,352	0,341	41,99	25.050	2.455	186,61	18,288	3,12	152,67
7	78,78	238,54	0,330		43,27	21.465	2.104	193,36	18,950	3,12	207,33
8	81,69	237,50	0,344		54,69	25.656	2.514	246,36	24,143	3,12	245,33
9	81,03	237,31	0,341		49,8	24.325	2.384	224,65	22,016	3,12	211,33
10	80,79	240,49	0,336		44,19	22.018	2.158	194,56	19,067	3,12	184,00

Densidade Máximo 0,352

Densidade Mínimo 0,329

Densidade Média 0,341

TESTE COMPENSADO NAVAL - FLEXÃO ESTÁTICA

Data: **13/12/2016**

Vão livre: **25 cm**

Norma: **ABNT NBR 9533:2012**

Velocidade (mm/min): **3,12 mm/mim**

CP	Tempo 1 (s)	P1 (kgf)	Tempo 2 (s)	P2 (kgf)	Veloc. (mm/min)	Veloc. (mm/s)	S2-S1	F2-F1
							Δ def (mm)	Δ Plp (kgf)
1 \perp	0	3,40	80,00	37,94	3,12	0,052	4,16	34,54
2 \perp	0	2,92	87,33	38,91	3,12	0,052	4,54	35,99
3 \perp	0	3,89	85,33	37,94	3,12	0,052	4,44	34,05
4 \perp	0	3,89	89,33	44,75	3,12	0,052	4,65	40,86
5 \perp	0	3,40	93,33	50,10	3,12	0,052	4,85	46,70
6 \parallel	0	0,98	94,67	29,30	3,12	0,052	4,92	28,32
7 \parallel	0	0,92	115,33	30,27	3,12	0,052	6,00	29,35
8 \parallel	0	0,49	115,33	35,16	3,12	0,052	6,00	34,67
9 \parallel	0	0,98	113,33	33,20	3,12	0,052	5,89	32,22
10 \parallel	0	0,98	115,33	31,74	3,12	0,052	6,00	30,76

Zerar o tempo com F4 e ler a carga P1

Escolher ponto antes do regime plástico e anotar (T2) e a carga correspondente (P2).

$$\Delta \text{ def} = (T2 \cdot \text{veloc}) - (T1 \cdot \text{veloc})$$

$$\Delta \text{ Plp} = P2 - p1$$

Na fórmula do MOE entra o ΔT e o ΔP

TESTE OSB HOME PLUS - FLEXÃO ESTÁTICA

Data: **13/12/2016**

Vão livre: **27,75 cm**

Norma: **ABNT NBR 9533:2012**

Velocidade (mm/min): **3,42 mm/mim**

Comprimento

CP	C1(cm)	C2(cm)	C Media
1 ⊥	11,12	11,11	11,12
2 ⊥	11,10	11,12	11,11
3 ⊥	11,12	11,12	11,12
4 ⊥	11,11	11,13	11,12
5 ⊥	11,11	11,11	11,11
6	11,12	11,12	11,12
7	11,12	11,13	11,13
8	11,10	11,10	11,10
9	11,10	11,10	11,10
10	11,12	11,13	11,13

Largura

L1(mm)	L2(mm)	L3(mm)	L Media
75,99	75,85	75,87	75,90
76,02	76,03	76,10	76,05
76,00	76,08	76,02	76,03
76,04	75,93	75,97	75,98
75,86	75,79	75,80	75,82
76,18	76,11	76,10	76,13
76,10	76,07	76,02	76,06
75,80	75,77	75,98	75,85
75,79	75,73	75,71	75,74
76,04	75,94	76,03	76,00

Espessura

E1(mm)	E2(mm)	E3(mm)	E4(mm)	E5(mm)	E6(mm)	E media (mm)
11,61	11,51	11,47	11,46	11,55	11,54	11,52
11,74	11,74	11,66	11,76	11,69	11,69	11,71
11,69	11,83	11,80	11,74	11,74	11,66	11,74
11,56	11,47	11,46	11,44	11,63	11,47	11,51
11,54	11,66	11,69	11,61	11,65	11,62	11,63
11,68	11,59	11,82	11,78	11,64	11,62	11,69
11,48	11,63	11,84	11,68	11,65	11,61	11,65
11,72	11,67	11,86	11,86	11,89	11,89	11,82
11,98	11,83	11,98	11,89	11,46	11,49	11,77
11,87	11,76	11,82	11,98	11,81	11,84	11,85

TESTE OSB HOME PLUS - FLEXÃO ESTÁTICA

Data: **13/12/2016**

Vão livre: **27,75 cm**

Norma: **ABNT NBR 9533:2012**

Velocidade (mm/min): **3,42 mm/mim**

Massa(g)	Volume	Dens. Aparente (kg/cm ³)	Densidade Média (kg/cm ³)	Carga Máx. (kgf)	MOE (kgf/cm ²)	MOE (MPa)	MOR (kgf/cm ²)	MOR (MPa)	Veloc. Teste (mm/min)	Tempo teste (s)
184,80	97,22	1,901	1,854	71,78	143.671	14.080	296,44	29,051	3,42	115,33
179,08	98,97	1,809		80,57	106.891	10.475	321,42	31,499	3,42	130,67
187,66	99,29	1,890		93,26	206.320	20.219	370,22	36,282	3,42	177,33
178,57	97,21	1,837		77,15	124.923	12.242	319,31	31,293	3,42	157,33
179,74	97,95	1,835		92,69	119.094	11.671	376,35	36,882	3,42	198,00
176,09	98,95	1,780	1,869	51,76	240.768	23.595	207,15	20,301	3,42	233,33
186,06	98,57	1,888		55,66	208.672	20.450	224,49	22,000	3,42	20,67
192,50	99,47	1,935		56,15	203.111	19.905	220,74	21,633	3,42	208,67
179,47	98,97	1,813		56,64	201.509	19.748	224,62	22,013	3,42	208,67
193,06	100,17	1,927		55,66	201.048	19.703	217,21	21,286	3,42	202,00

Densidade Máximo **1,935**

Densidade Mínimo **1,780**

Densidade Média **1,862**

TESTE OSB HOME PLUS - FLEXÃO ESTÁTICA

Data: **13/12/2016**

Vão livre: **27,75 cm**

Norma: **ABNT NBR 9533:2012**

Velocidade (mm/min): **3,42 mm/mim**

CP	Tempo 1 (s)	P1 (kgf)	Tempo 2 (s)	P2 (kgf)	Veloc. (mm/min)	Veloc. (mm/s)	S2-S1	F2-F1
							Δ def (mm)	Δ Plp (kgf)
1 \perp	0	2,50	48,40	88,67	3,42	0,057	2,76	86,17
2 \perp	0	1,83	52,73	75,33	3,42	0,057	3,01	73,50
3 \parallel	0	1,95	59,08	90,67	3,42	0,057	3,37	88,72
4 \perp	0	1,46	59,57	93,33	3,42	0,057	3,40	91,87
5 \perp	0	1,46	57,13	88,00	3,42	0,057	3,26	86,54
6 \parallel	0	1,59	21,48	68,67	3,42	0,057	1,22	67,08
7 \parallel	0	1,53	28,32	77,33	3,42	0,057	1,61	75,80
8 \parallel	0	1,95	31,25	86,67	3,42	0,057	1,78	84,72
9 \parallel	0	1,95	26,37	72,00	3,42	0,057	1,50	70,05
10 \perp	0	1,95	30,27	84,00	3,42	0,057	1,73	82,05

Zerar o tempo com F4 e ler a carga P1

Escolher ponto antes do regime plástico e anotar (T2) e a carga correspondente (P2).

$$\Delta \text{ def} = (T2 \cdot \text{veloc}) - (T1 \cdot \text{veloc})$$

$$\Delta \text{ Plp} = P2 - p1$$

Na fórmula do MOE entra o ΔT e o ΔP

TESTE COMPENSADO NAVAL - CISALHAMENTO NA LINHA DE COLA

Data: **22/12/2016**

Norma: **ABNT NBR ISO 12466-1/2012**

Velocidade (mm/min): **6 mm/mim**

CP	I1(cm)	I2(cm)	I Media	b1(mm)	b2(mm)	b Media	Carga Máx. (kgf)	Área de cisalhamento (cm ²)	Tensão de Ruptura (kgf/cm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)
1	29,64	29,78	29,71	30,54	30,82	30,68	87,99	91,15	785,99	77,03
2	29,71	29,72	29,72	30,85	30,63	30,74	105,34	91,34	942,97	92,41
3	29,71	29,68	29,70	30,30	31,49	30,90	58,25	91,74	523,71	51,32
4	29,81	29,91	29,86	30,50	30,12	30,31	117,96	90,51	1046,25	102,53
5	29,78	29,69	29,74	30,89	30,00	30,45	118,93	90,53	1055,12	103,40

Legenda	Especificação
I1	Comprimento medida 1
I2	Comprimento medida 2
IM	Comprimento Médio
b1	Largura medida 1
b2	Largura Medida 2
bM	Largura Média