



**APLICAÇÃO DA NBR 15575/2013: EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS –
DESEMPENHO, EM CONSTRUÇÕES A SECO – *DRYWALL***

CURITIBA

2013



TAIANE ANDRESSA RIGO EHLERT
TATIELY DE FATIMA ARMSTRONG

**APLICAÇÃO DA NBR 15575/2013: EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS –
DESEMPENHO, EM CONSTRUÇÕES A SECO - *DRYWALL***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em Gerenciamento e Execução de Obras, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Gerenciamento e Execução de Obras.

Prof. Orientador: Maurício Bianchini

Co – orientador: Andressa Arten

CURITIBA

2013

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil professor Maurício Bianchini pela valiosa colaboração na orientação deste trabalho.

À engenheira civil Andressa Arten pelo auxílio com materiais de pesquisa e pelo seu conhecimento, o qual agregou muito ao nosso trabalho.

À empresa R. Bassani pela disponibilidade em nos apresentar uma de suas obras, esclarecendo nossas dúvidas.

FOLHA DE APROVAÇÃO

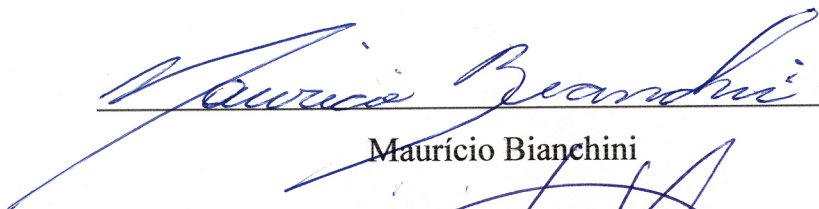
APLICAÇÃO DA NBR 15575/2013: EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – DESEMPENHO, EM CONSTRUÇÕES A SECO – DRYWALL

Por

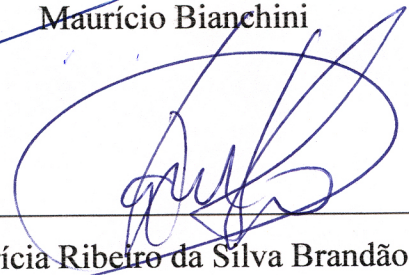
TAIANE ANDRESSA RIGO EHLERT
TATIELY DE FATIMA ARMSTRONG

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E
EXECUÇÃO DE OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO
FORMADA PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) 14 de Dezembro de 2013.



Maurício Bianchini



Patrícia Ribeiro da Silva Brandão



Rogério Lemos

RESUMO

O presente trabalho visa à análise da NBR 15575/ 2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho, com relação às edificações executadas com o sistema de construção a seco *drywall*. Esse sistema é composto por estruturas de aço e chapas pré-moldadas e industrializadas. Por fora parece uma parede de alvenaria, por dentro possui alta tecnologia, combinando estruturas de aço galvanizado com chapas de gesso de alta resistência mecânica e acústica, produzidas com rigoroso padrão de qualidade. Bastante popular em países da Europa desde a década de 1970, no Brasil a técnica começou a ser mais conhecida, difundida e aplicada somente em meados da década de 1990, primeiramente apenas mediante importação do produto e, posteriormente, com a instalação de fábricas multinacionais no país. Visto o crescimento mundial do sistema, neste trabalho foi apresentada a nova norma NBR 15575, a qual foi modificada e entrou em vigor em Julho deste ano, mostrando a eficiência do sistema *drywall* e atendimento perante a norma.

Palavras chave: construção a seco, *drywall*, NBR 15575/ 2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Sistema construtivo <i>wood frame</i> (http://en.wikipedia.org/wiki/Framing_(construction)).....	21
Figura 2. Vantagens e desvantagens da madeira como material (CRUZ, 2003; HENRIQUES, 2008, <i>apud</i> PAESE, 2012).....	22
Figura 3. Detalhe da fixação entre os painéis de paredes (MOLINA; CALIL, 2010).....	25
Figura 4. Esquema interno das paredes do sistema <i>wood frame</i> (TECVERDE, <i>apud</i> SANTOS, 2010).....	26
Figura 5. Estrutura executada no sistema Steel Frame, para posterior fechamento (http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ultimas-ler.php?cod=5500).....	27
Figura 6. Primeira construção em LSF (FRECHETTE, 1999).....	28
Figura 7. Esquema estrutural de uma edificação em LSF (BATISTA, 2011).....	29
Figura 8. Estrutura para fechamento em gesso acartonado (http://www.marcosgesso.com.br/servicos/gestao-de-obras/).....	31
Figura 9. Histórico do consumo de chapas de drywall no Brasil (ABRAGESSO, 2004, <i>apud</i> LOSSO; VIVEIROS, 2004).....	32
Figura 10: Tolerâncias e limites das chapas de gesso acartonado, segundo características geométricas (ABNT – NBR 14715:2001).....	35

Figura 11. Limites das chapas de gesso acartonado, segundo características físicas e mecânicas (ABNT – NBR 14715:2001).....	36
Figura 12. Tipos perfis para utilização no sistema <i>drywall</i> (Associação Brasileira de <i>Drywall</i>).....	37
Figura 13. Tipos de parafusos e suas características, para utilização em <i>drywall</i> (Associação Brasileira de <i>Drywall</i>).....	39
Figura 14. Detalhe da fixação do parafuso na chapa de gesso acartonado (PLACO DO BRASIL, s.d., apud TANIGUTTI; BARROS, 1998).....	40
Figura 15. Tipos de acessórios para <i>drywall</i> (Associação Brasileira de <i>Drywall</i>).....	41
Figura 16. Tipos de massas para juntas em sistemas <i>drywall</i> (Associação Brasileira de <i>Drywall</i>).....	42
Figura 17. Tipos de fitas para juntas em sistemas <i>drywall</i> (Associação Brasileira de <i>Drywall</i>).....	43
Figura 18. Características das massas e fitas para juntas, para o sistema <i>drywall</i> . (Revista Técnica 100 – Juntas em <i>Drywall</i> – p. 98).....	44
Figura 19. Ocorrência de falhas sob a ação de cargas de serviço em sistemas de vedações verticais. (ABNT NBR 15575/2013).....	49
Figura 20. Parede de <i>drywall</i> com espessura mínima (Associação Brasileira de <i>Drywall</i>).....	50
Figura 21. Resistências de algumas paredes de <i>drywall</i> (Gipsita S.A., disponível em http://www.cemear.com.br/wp-content/uploads/2012/09/Manual-Drywall-IPT.pdf).....	51

Figura 22. Impacto de corpo mole para vedações verticais internas (ABNT NBR 15575/2013).....	53
Figura 23. Impacto de corpo mole transmitido por saco de couro com massa de 40kgf (MARTINS, 2013).....	54
Figura 24. Impacto de corpo duro para vedações verticais internas (ABNT NBR 15575/2013).....	55
Figura 25. Classificação dos materiais, pelo método painel radiante (ABNT NBR 15575/2013).....	57
Figura 26. Classificação dos materiais conforme método EN 13823 (ABNT NBR 15575/2013).....	58
Figura 27. Resistência ao fogo conforme tipos e dimensões de paredes em <i>drywall</i> (Associação Brasileira de <i>Drywall</i>).....	60
Figura 28. Acoplamento de câmara de ensaio (ABNT NBR 15575/2013).....	62
Figura 29. Ambientes onde estão inseridas as paredes e seus níveis de desempenho acústico (ABNT NBR 15575/2013).....	66
Figura 30. Parâmetros de verificação para desempenho acústico (ABNT NBR 15575/2013).....	67
Figura 31: Níveis de redução sonora de acordo com as dimensões e materiais utilizados na composição das paredes de <i>drywall</i> (Losso e Viveiros, 2004).....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise dos resultados a partir da comparação de dados da ABNT NBR 15575/2013 e dados de fabricantes.....	71
---	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	122
2.	PROBLEMA	133
3.	OBJETIVOS.....	133
3.1	OBJETIVO GERAL	133
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	133
4.	HIPÓTESE	144
5.	JUSTIFICATIVAS.....	144
5.1	TECNOLÓGICAS	155
5.2	ECONÔMICAS	166
5.3	SOCIAIS	177
5.4	ECOLÓGICAS.....	188
6.	APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	18
7.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	199
7.1	DEFINIÇÃO DE CONSTRUÇÃO A SECO.....	199
7.2	SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO A SECO.....	20
7.2.1	<i>Wood Frame</i>	20
7.2.2	<i>Steel Frame</i>	277
7.2.3	<i>Drywall</i>	30
7.3	SISTEMAS ABORDADOS NA NBR 15575/2013	444
7.3.1	Requisitos Gerais	455
7.3.2	Sistemas Estruturais.....	455
7.3.3	Sistemas de Pisos	466
7.3.4	Sistemas de vedações Verticais Internas e Externas.....	466

7.3.5	Sistemas de coberturas.....	466
7.3.6	Sistemas Hidrosanitários.....	477
8.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	477
9.	DESENVOLVIMENTO	488
9.1	SEGURANÇA ESTRUTURAL	488
9.2	RESISTÊNCIA DE CORPO MOLE	511
9.3	IMPACTO DE CORPO DURO.....	555
9.4	SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO.....	566
9.5	ESTANQUEIDADE À ÁGUA.....	61
9.6	DESEMPENHO TÉRMICO	633
9.7	DESEMPENHO ACÚSTICO	655
10.	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	70
11.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
11.1	RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	733
12.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	744

1. INTRODUÇÃO

Grandes construtoras nacionais têm buscado investir em tecnologias construtivas mais eficientes, resultando em produtos finais de qualidade e com custos competitivos quando comparados aos sistemas totalmente artesanais, hoje ainda dominantes no país. A adoção por parte das construtoras de uma estratégia voltada à racionalização do processo construtivo constitui um ponto fundamental para que o setor da construção evolua, tornando-se mais competitivo (BARROS e SANTINI, 2003).

Atualmente, o desenvolvimento da construção civil bem como o acesso ao imobiliário estão sendo incentivados por diversos programas governamentais, como o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e Minha Casa, Minha Vida. Segundo dados de 2007, o valor do segmento de obras residenciais avançou 6,3% em termos nominais, principalmente em função do crescimento de edificações residenciais (13,9%), produto de maior peso na construção e diretamente influenciado pelo crédito imobiliário. Contudo, o Plano Nacional de Habitação - PLANHAB estabelece uma necessidade de produção de aproximadamente 28 milhões de unidades nos próximos 13 anos para atender à demanda futura e eliminar o atual déficit habitacional, até 2023. (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009)

Estipula-se que para a indústria da construção civil cumprir a meta de liquidar o déficit habitacional em 2023, a produtividade do setor deverá crescer cerca de 4% ao ano. (FGV ABRAMAT, 2008)

O sistema de construção a seco “DRYWALL” começou a ser apresentado pela construção civil brasileira nos início da década de 90. No entanto, era apenas utilizada nas paredes internas de uma construção, como paredes de vedação. (HERNANDES, 2013)

Neste trabalho serão apresentadas avaliações de desempenho da construção a seco, *Drywall*, explicando quais os principais materiais utilizados nessa nova forma de construir no Brasil, que a muito tempo é utilizada no exterior, e aos poucos vem conquistando o mercado nacional.

Com a nova Norma de Desempenho (NBR 15575/2013) em vigor, queremos identificar as verdadeiras vantagens na utilização desses materiais e se estão de acordo com as exigências desta nova Norma.

2. PROBLEMA

Os materiais e o sistema construtivo da construção a seco *drywall* atende a norma de desempenho NBR 15575?

3. OBJETIVOS

Aqui serão mencionados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os materiais utilizados na composição dos sistemas de construção a seco de vedações internas *drywall*, e avaliar se estão atendendo a nova Norma de Desempenho NBR 15575.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar os sistemas utilizados na construção a seco;
- b) Verificar os materiais o sistema de construção a seco para vedações internas *drywall*;
- c) Verificar as planilhas e critérios de avaliação de desempenho da Norma de Desempenho NBR 15575

- d) Avaliar as informações e dados fornecidas pelo fabricante sobre o desempenho dos sistemas;
- e) Visitar uma obra que esteja utilizando a tecnologia de construção a seco;
- f) Registrar possíveis falhas;
- g) Apontar as vantagens e desvantagens da tecnologia de construção a seco *drywall*.

4. HIPÓTESE

Considerando as vantagens econômicas, ecológicas e tecnológicas dos materiais utilizados no sistema construção a seco para vedações internas - *drywall* em edificações tem-se como hipótese que esses materiais atendem a todas as exigências da Norma de Desempenho NBR 15575/2013.

5. JUSTIFICATIVAS

Neste item serão apresentadas justificativas que nos esclareçam melhor os materiais e sistemas utilizados na construção a seco, avaliando as questões tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas e certificações enfatizando o *Drywall*.

A construção a seco tem como conceito básico o emprego de componentes industrializados na construção civil, aliado a uma metodologia executiva desses componentes que promovem um controle do processo do produto final mais apurado, gerando dessa forma mais segurança e menor risco de desvios nos procedimentos tanto a nível de materiais, bem como aos serviços envolvidos durante as etapas da construção. (LOPES; GOMES; MENEZHIN; SOARES, 2008).

Diante desta realidade, acredita-se que a utilização destes sistemas

construtivos industrializados poderá contribuir para a concretização de um plano de desenvolvimento e provisão principalmente de moradias desejados em menor tempo, uma vez que estes sistemas garantem a produção em larga escala, com mão-de-obra especializada e produtiva. (SANTIAGO; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010)

O presidente da Associação Brasileira de *Drywall*, Stenio Almeida, acentua: “Os indicadores de desempenho de nosso segmento demonstram que a construção industrializada, que contribui para elevar a qualidade e a produtividade nas obras, segue conquistando espaço crescente no mercado brasileiro”. E complementa: “A modernização de nossa construção é irreversível. Somente com sistemas industrializados como o *drywall* será possível atender a demanda por novas edificações, comerciais, residenciais, públicas e para outros fins, cobrir o déficit habitacional e responder às necessidades criadas pelos grandes eventos esportivos de 2014 e 2016”. (Associação Brasileira de *Drywall*)

Os números comprovam a ascensão dessa tecnologia na preferência de quem projeta e constrói. As estimativas para este ano baseiam-se no fato de que o consumo de chapas foi superior a 4 milhões de m² no primeiro trimestre, com crescimento de aproximadamente 25% sobre o mesmo período do ano passado e de 43% sobre os três primeiros meses de 2005. Esses dados revelam que o segmento de *drywall* evolui a uma velocidade bem superior à do PIB da construção civil, que acumulou uma alta de apenas 4,6% de 2001 a 2006, enquanto o consumo anual de chapas, no mesmo período, teve um crescimento superior a 30%. (Associação Brasileira de *Drywall*)

5.1 TECNOLÓGICAS

Sistema construtivo de construção a seco, pode ser dividido em *Steel frame* e *Drywall* e *Wood frame*. Utilizam materiais como placas cimentícias (*Steel Frame*), gesso acartonado (*Drywall*), materiais acústicos como lã de rocha e alumínio, e perfis leves de aço galvanizado, ou perfis de madeira (*Wood*

frame). Deixando a obra mais rápida, limpa e sustentável, a construção a seco também favorece a manutenção predial e a flexibilidade de mudanças de layout se necessário. (FIGUEIREDO, 2008)

Muito conhecida e utilizada em outros países como Canadá, Estados Unidos e Austrália, começou a ser mais utilizado no Brasil em 1990, mas até hoje existem muitos preconceitos com a utilização deste material. Erroneamente imaginado como um material frágil, os produtos utilizados são todos certificados e passam por vários testes de laboratório, e testes de qualidade. (Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=84>>)

Do ponto de vista da engenharia, é a solução mais adequada à tendência de se construírem edifícios com vãos livres maiores, visando a assegurar maior espaço em garagens e dar maior flexibilidade ao projeto, com várias opções de plantas, de modo a atender com mais facilidade as diferentes preferências dos consumidores. Adicionalmente, uma parede *drywall* pode ser parametrizada em todos os seus aspectos: ou seja, com um mínimo de alterações, pode-se obter paredes com desempenho acústico superior ou resistentes à umidade ou resistentes ao fogo ou ainda com todas essas características somadas, assegurando o nível de conforto desejado pelos usuários finais. A obtenção de curvas ou a execução de recortes são igualmente facilitadas, dando ao arquiteto muito mais liberdade criativa. (HERNANDES, 2012).

5.2 ECONÔMICAS

As vantagens na utilização a seco começam já nas fundações, pois o alívio de cargas chega a 30%, e a economia no desperdício de material na obra pode chegar a 25%. (HERNANDES, 2012)

Segundo Hernades (2012), a redução em 1/3 os prazos de construção quando comparada com o método convencional e facilita a manutenção de instalações de hidráulica, elétrica, ar condicionado, gás, etc.

No cenário nacional, a utilização da tecnologia *drywall* concentra-se nas regiões Sudeste, com São Paulo à frente, e Sul, que respondem por aproximadamente 80% do mercado. Da parcela restante, aproximadamente dois terços vão para a região Centro-Oeste e um terço para as regiões Nordeste e Norte, esta última com participação muito pequena ainda. (Associação Brasileira de *Drywall*).

5.3 SOCIAIS

Por ser uma construção mais rápida diminuindo o tempo de obra, o proprietário da construção consegue poderá utilizá-la antes, e com as vantagens econômicas e ecológicas estão contribuindo com o incentivo ao uso desses materiais. (Silva e Silva, 2004)

As obras ficam mais rápidas, organizadas e limpas, sem os desperdícios típicos dos métodos construtivos convencionais. A precisão dimensional é outro destaque, com todos os elementos rigorosamente no prumo, no nível e no esquadro. Já os incorporadores podem oferecer, nos novos empreendimentos residenciais, um grande número de opções de planta, de acordo com as preferências e as necessidades dos compradores. E quando estes desejarem modificar a distribuição interna poderão fazê-lo com rapidez, sem os transtornos do tradicional “quebra-quebra”. Isso acaba valorizando o próprio imóvel, facilitando sua comercialização ou revenda. E, para os arquitetos, que estão no início do processo, isso representa maior liberdade de criação. E eles ainda podem contar com a flexibilidade do *drywall*, que permite a obtenção de formas curvas e diferenciadas com a mesma facilidade com que são montadas estruturas retilíneas. (SANTIAGO, FREITAS E CASTRO, 2012)

5.4 ECOLÓGICAS

O aço ainda pode ser reciclado, as peças de acartonado ou placas cimentícias se forem corretamente retiradas, podem ser reaproveitadas em outro local. O que torna a construção sustentável. Reduzindo inclusive o uso de água na obra e mantendo um canteiro de trabalho bem mais limpo e organizado, pois o material não fica muito tempo estocado. (SANTIAGO, FREITAS E CASTRO, 2012)

A quantidade de entulho torna-se muito menor, cerca de 5% de seu peso (contra 30% da alvenaria convencional), o que facilita sua coleta e seu transporte.

Os restos de perfis de aço galvanizado já têm soluções de reciclagem consagradas no mercado, a exemplo do que ocorre com a maioria dos metais, que podem ser facilmente reaproveitados pela indústria metalúrgica. Por outro lado, no caso específico das chapas para *drywall*, que são produzidas à base de gesso, testes efetuados em indústrias de cimento comprovaram que são 100% aproveitáveis no processo de produção do cimento, pois este requer certa quantidade de gesso, que, quando originário das chapas para *drywall*, apresenta um grau de pureza superior ao de outros componentes desse material utilizados no mercado, em razão do apuro tecnológico que cerca sua produção industrial. (Associação Brasileira de *Drywall*)

6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Neste trabalho serão apresentados os materiais do sistema de construção a seco, e uma análise comparativa entre suas características e a Norma de Desempenho NBR 15575/2013, dividida nos seguintes capítulos:

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delineia as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica que discorre sobre os tipos de sistemas de construção a seco, apresentando alguns materiais utilizados, abordando aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ecológicos para a definição da construção a seco. Descreve a evolução histórica dos sistemas enfatizando o uso do *drywall*.

O **Capítulo 3** trata da abordagem sobre a norma de desempenho da ABNT NBR 15575, e as bibliografias fornecidas pelos fabricantes de *drywall*, demonstrando alguns ensaios realizados para a verificação da matéria e das normativas.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo com base na NBR 15575, descrevendo as principais vantagens e características dos materiais estudados.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo foram apresentadas as definições de construção a seco, materiais utilizados, e planilhas demonstrativas de desempenho.

7.1 DEFINIÇÃO DE CONSTRUÇÃO A SECO

O termo construção seca se caracteriza pela não utilização de água na execução da obra. Um exemplo desse tipo de construção seria o Sistema CES, Construção Energitêmica Sustentável, que compreende os sistemas construtivos *Wood Frame*, *Steel Frame* e *Drywall*. Nestes sistemas o OSB pode ser utilizado nas paredes, lajes e coberturas. (Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/aplicacoes/aplicacoes-na-contrucao-ces.asp>>.)

É um sistema construtivo amplamente utilizado em países

desenvolvidos como os Estados Unidos e o Canadá, onde mais de 90% das casas são construídas em CES.

A principal característica desse sistema é o uso de uma estrutura de perfis leves de aço (*Steel Frame e Drywall*) ou de madeira (*Wood Frame*), contraventadas com placas estruturais, que unidos funcionam em conjunto, dando rigidez, forma e sustentação à edificação. (SANTIAGO, FREITAS E CASTRO, 2012).

O termo Construção Energitérmica Sustentável (CES) transmite de forma clara as principais características da construção: energitérmica, pelo ótimo desempenho térmico da edificação e pela economia de energia, tanto durante o processo construtivo, como após a ocupação do imóvel; sustentável, devido ao uso de materiais ecológicos como o *OSB*, melhor eficiência energética do sistema, ótimo desempenho térmico e acústico, redução do desperdício de materiais, menor geração de resíduos (menos de 1%), redução de consumo de água e baixa emissão de CO₂. (Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/aplicacoes/aplicacoes-na-contrucao-ces.asp>>).

7.2 SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO A SECO

7.2.1 *Wood Frame*

Segundo Molina e Calil (2010) *wood frame* é um sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, que possuem finalidade de elevar o conforto térmico e acústico, sem deixar de proteger a edificação das intempéries. Esse sistema para construção de casas de até cinco pavimentos é muito interessante, pois é um sistema leve, que permite a utilização em conjunto com diversos materiais, além

de permitir rapidez na montagem e total controle dos gastos já na fase de projeto por ser industrializado.

Na figura 1 pode-se observar uma edificação no sistema *wood frame*.



Figura 1: Sistema construtivo *wood frame*.

Fonte: ([http://en.wikipedia.org/wiki/Framing_\(construction\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Framing_(construction)))

A madeira é um material que apresenta propriedades energéticas, químicas, alimentícias e edificadoras. Apesar do longo período de uso da madeira, somente após a primeira metade do século XX é que foram estabelecidas teorias e práticas relacionadas às estruturas de madeira. O seu uso atualmente como material construtivo competitivo econômica e ecologicamente se baseia nas modernas técnicas de reflorestamento, aliadas ao desenvolvimento de produtos industrializados de madeira, com o mínimo de perdas. (PFEIL; PFEIL, 2003, *apud* PAESE, 2012)

A figura 2 mostra as vantagens e desvantagens da utilização da madeira na construção civil, em serviços gerais.

Vantagens	Desvantagens
• Obtenção de grandes quantidades, por ser fonte renovável se explorada racionalmente; • Material versátil, que serve para a produção de peças de grande dimensão, que podem ser rapidamente desdobradas em peças pequenas e de delicadeza excepcional; • Trabalhabilidade com ferramentas simples e reempregadas várias vezes; • Pode ser reempregada, depois que seu uso primário chega ao fim; • É leve em peso e tem grande resistência mecânica. Resiste a esforços tanto de compressão quanto de tração, cisalhamento e de torção; • Facilidade de obtenção de formas de encaixes e conexão de peças entre si; • Massa unitária baixa x grande resistência mecânica; • Sua resistência permite absorver choques que romperiam ou fendilhariam outro material; • Apresenta boas condições naturais de isolamento térmico e absorção acústica; • Apresenta grande variedade de padrões, texturas e cores, em sua forma natural; • Não estilhaça ao impacto, absorve golpes com maior eficiência que outros materiais (exemplo: madeira usada em cais e ancoradouros).	• Material heterogêneo, não uniforme; • Material anisotrópico que se expande ou se retrai de forma diferente às variações de umidade no ambiente, consoante sejam considerados os sentidos relativos de suas fibras; • É vulnerável a agentes externos, como o clima e ataques biológicos, e sua durabilidade enquanto desprotegida é limitada; • É combustível; • Facilmente apresenta falhas e defeitos, o que comprometem sua estética e resistência; • A umidade causa grandes variações volumétricas e favorece o ataque de fungos.

Figura 2: Vantagens e desvantagens da utilização da madeira na construção civil.

Fonte: (CRUZ, 2003; HENRIQUES, 2008, *apud* PAESE, 2012)

A tecnologia proporcionou atenuações nos aspectos negativos da utilização da madeira, por processos de beneficiamento pelo tipo de reflorestamento, secagem artificial, tratamentos de preservação por pressão em autoclaves, que tem assegurado proteção por longo tempo contra ataque de fungos e destruição por insetos. Enquanto trabalhada sob a forma de peças serradas, a madeira apresenta excelentes propriedades, mas alta heterogeneidade e anisotropia das quais derivam uma boa parte das falhas de comportamento. Sob a forma de madeira para a construção civil, onde se despreza partes que apresentam defeitos como nós, mudanças de direção de fibras, visando minimizar os defeitos, foram desenvolvidos processos capazes de reestruturar a madeira como material, e torná-la mais homogênea, como o OSB, por exemplo.

(LAROCA, 2012; PASZTORY, 2012; ALLEN; THALLON, 2011; ESPOSITO, 2007; MELLO, 2007, *apud* PAESE, 2012)

HASS e MARTINS (2011, *apud* LAER; FERNANDES; SOARES; TABARELLI; POUEY, 2013) enfatizam que o método de construção seca pode oferecer qualidade igual ou superior ao método convencional em alvenaria, com vantagens como menor tempo de execução, menor consumo de mão de obra e qualificação das mesma e menor impacto ambiental, além de facilidades na manutenção e versatilidade da casa. Por exemplo, a manutenção de instalações elétricas e hidráulicas pode ser feita sem quebra de paredes, apenas com desaparafusamento e remoção das placas, liberando, assim, acesso necessário para o reparo. Entretanto, de acordo com HASELEIN (2000, *apud* LAER; FERNANDES; SOARES; TABARELLI; POUEY, 2013), as casas em madeira, aos olhos da sociedade, provocam certo receio quanto à qualidade, pois, equivocadamente, rapidez de execução não é vinculada à qualidade e aos resultados satisfatórios.

De acordo com Molina e Calil (2010), as etapas construtivas de casas no sistema *wood frame* devem ser seguidas rigorosamente conforme as particularidades do sistema.

A fundação deve ser escolhida em função das cargas de projeto e do tipo de solo existente. Em alguns países que possuem inverno rigoroso, a fundação é composta por estruturas subterrâneas de paredes, tecnicamente chamadas de *basementwall*, que formam compartimentos abaixo do nível do solo, e estes servem para garantir o conforto térmico da edificação. O *basementwall* sustenta cargas de piso, paredes, telhados e outras cargas da construção, e pode ser construído tanto em madeira como também em concreto. Neste tipo de fundação também é muito comum a utilização de vigas de madeira com seção I sobre o *basementwall* para a sustentação e distribuição das cargas provenientes da edificação. A transmissão das cargas verticais, neste caso, acontece de forma não concentrada o que torna a fundação uma etapa bastante rápida e econômica. A estrutura principal utilizada nas casas em *wood frame* é de madeira e distribui as cargas ao longo das paredes. Pelo fato da estrutura sobre a

fundação ser leve e com cargas distribuídas ao longo das paredes, uma boa solução para a fundação é o radier ou ainda a sapata corrida.

Nos pisos são utilizados decks constituídos por chapas de OSB apoiadas sobre vigas de madeira geralmente com seções retangulares ou I. A utilização de vigas I, neste caso, é interessante, pois proporcionam pisos leves e eficientes, que resistem aos esforços de flexão decorrentes das ações de peso próprio e acidentais. A chapa de OSB que compõe o deck funciona, neste caso, como contrapiso. Nas áreas úmidas utilizam-se chapas cimentíceas coladas diretamente sobre contrapiso de OSB, sendo que sobre as chapas cimentíceas aplica-se, por pintura, uma impermeabilização do tipo membrana acrílica impermeável. Nas juntas entre as placas cimentíceas, bem como nos cantos com as paredes, aplica-se fibra de vidro com estruturante. Sobre a impermeabilização coloca-se o piso frio com argamassa colante.

As paredes são compostas por montantes verticais de madeira, dispostos em consonância com painéis de OSB. As ligações entre os elementos estruturais no painel são efetuadas pela utilização de pregos, sendo que estes elementos metálicos de fixação devem ser galvanizados. Para as aberturas de portas e janelas os montantes que se encontram nestas regiões devem ser deslocados lateralmente, mas nunca eliminados. O piso superior da edificação é apoiado nas paredes, que solicitam os montantes na direção paralela às fibras e estes descarregam os esforços no pavimento inferior ou fundação. Na figura 3 é mostrado como é feita a fixação entre os painéis de paredes.

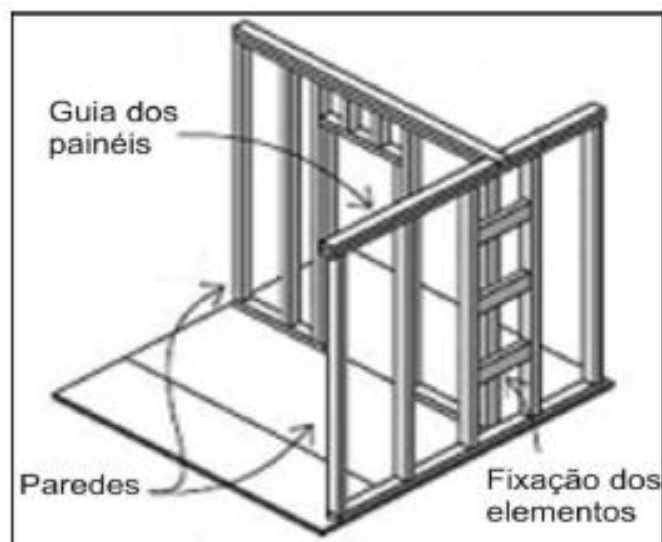


Figura 3: Detalhe da fixação entre os painéis de paredes.

Fonte: (MOLINA; CALIL, 2010)

As instalações elétricas e hidráulicas podem ser idênticas ao de uma construção convencional, mas em comparação com as construções com alvenaria o uso do sistema *wood frame* é mais prático e rápido à construção em eventuais reparos ao permitir embutir as instalações nos vãos internos aos montantes.

Revestimentos podem ser utilizados tanto dentro quanto fora da casa. As paredes externas, por exemplo, podem ser revestidas com *sidings* de aço, madeira e PVC, desenvolvidos especificamente para este sistema, mas também podem ser utilizados outros tipos de materiais como placas cimentíceas que dão um acabamento semelhante ao da alvenaria, além de tijolos aparentes e argamassa armada. Nas áreas expostas a água como, por exemplo, banheiro e cozinha são utilizadas placas cimentíceas com selador acrílico anti-fungo e pintura de resina acrílica pura, ou ainda placas de gesso acartonado revestidas com azulejo. Para melhorar o desempenho térmico e acústico do sistema são utilizadas mantas de lã de vidro no interior dos painéis.

Na figura 4 pode-se observar como é constituída uma parede no sistema *wood frame*.

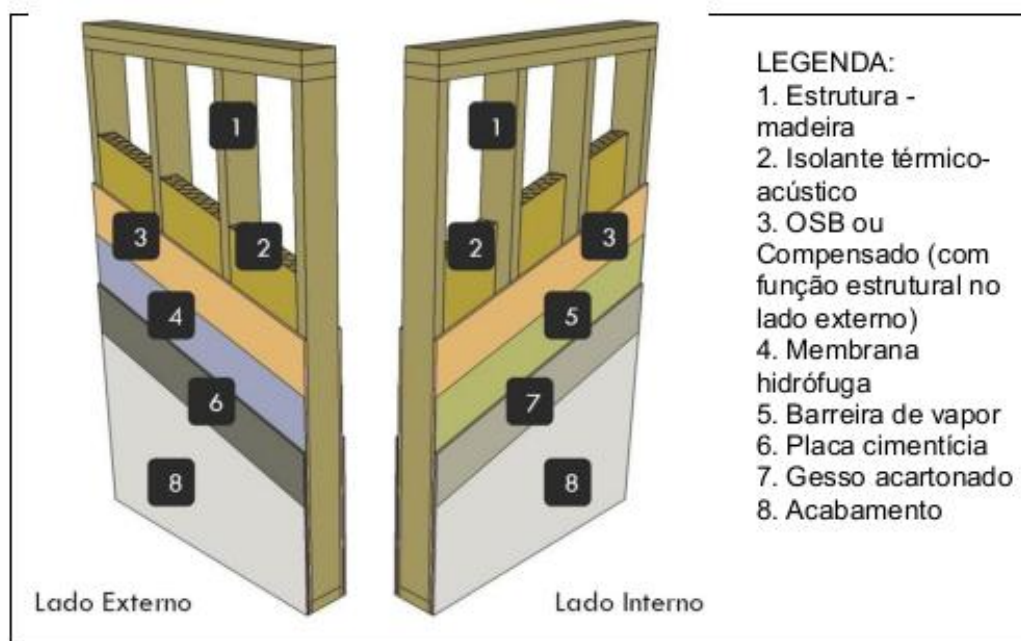


Figura 4: Esquema interno das paredes do sistema *wood frame*.

Fonte: (TECVERDE, *apud* SANTOS, 2010)

O contraventamento vertical da edificação é feito com a fixação de placas de OSB nas faces externas das paredes.

Na execução do telhado, sobre as paredes do último piso da edificação são, geralmente, posicionadas treliças industrializadas de madeira com conectores do tipo chapas de dentes estampados. Com esse tipo de treliça é possível reduzir o peso da cobertura em até 40%, pois as seções dos elementos que a compõem são de pequenas dimensões. Alguns tipos de telhas precisam de um deck de OSB para servir de base sobre as treliças. No caso das telhas cerâmicas são utilizadas diretamente ripas sobre as treliças tomando-se o cuidado de se aplicar uma manta antes do ripamento para garantir a estanqueidade. Podem ainda ser utilizadas telhas metálicas, de fibrocimento e asfálticas.

A madeira utilizada no sistema *wood frame* normalmente é o pinus. A madeira de pinus, por ser conífera é mais leve, não apresenta cerne e seu lenho é totalmente permeável, o que não ocorre com a maioria das madeiras nativas brasileiras e com o eucalipto que são folhosas. O tratamento mais recomendado para *wood frame* é aquele feito em autoclave com produtos hidrossolúveis, sendo que estes tornam a madeira imune ao ataque de fungos e cupins.

7.2.2 Steel Frame

O *Steel Frame* ou Light Steel Framing (LSF) é um sistema construtivo de concepção racionalizada, que vem passando por processo de aceitação e desenvolvimento no mercado da construção civil nacional. Trata-se de um sistema caracterizado pelo uso de perfis de aço galvanizado formados a frio, bastante esbeltos e que compõem sua estrutura. Esse sistema trabalha em conjunto com subsistemas leves (acabamento, cobertura, etc.), também racionalizados, proporcionando uma construção industrializada, com grande rapidez de execução e a seco. (RODRIGUES, 2006, *apud* SANTIAGO; ARAÚJO, 2008)

Na figura 5 pode observar uma edificação no sistema *steel frame*.



Figura 5: Estrutura executada no sistema *Steel Frame*, para posterior fechamento.

Fonte: (<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ultimas-ler.php?cod=5500>)

O principal emprego do sistema LSF no Brasil é na execução de habitações unifamiliares de pequeno porte (até dois pavimentos). Seu uso também abrange construções bastante variadas, como hospitais, escolas e

edifícios de apartamentos de até quatro pavimentos, além de retrofit de edificações existentes. (FREITAS e CRASTO, 2006, apud SANTIAGO; ARAÚJO, 2008)

Apesar de ser considerada uma tecnologia nova, a origem do *Light Steel Framing* remonta ao início do século XIX. Na verdade, historicamente inicia com as habitações em madeira construídas pelos colonizadores no território americano naquela época. Para atender ao crescimento da população, foi necessário empregar métodos mais rápidos e produtivos na construção de habitações, utilizando os materiais disponíveis na região, no caso a madeira. A partir daí, as construções em madeira, conhecidas por “Wood Frame”, tornaram-se a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos. Aproximadamente um século mais tarde, em 1933, com o grande desenvolvimento da indústria do aço nos Estados Unidos, foi lançado na Feira Mundial de Chicago, o protótipo de uma residência em *Light Steel Framing* que utilizava perfis de aço substituindo a estrutura de madeira (FRECHETTE, 1999). Na figura 6 é mostrada a primeira construção utilizando o sistema *light steel frame*.



Figura 6: Primeira construção em LSF.

Fonte: (FRECHETTE, 1999)

É caracterizado por possuir um esqueleto estrutural feito com aço, formado por elementos individuais (perfis de aço galvanizado formados a frio), ligados entre si, que em conjunto resistem às cargas de solicitação. Não se resumindo a apenas a estrutura de aço, o sistema LSF é composto por vários outros subsistemas, que além de estrutural, é também de fundação, de contraventamento, de isolamento térmico e acústico, de fechamento interno e externo e de instalações elétricas e hidráulicas. Na figura 7 é possível visualizar a estrutura de aço e outros subsistemas de uma edificação em LSF.

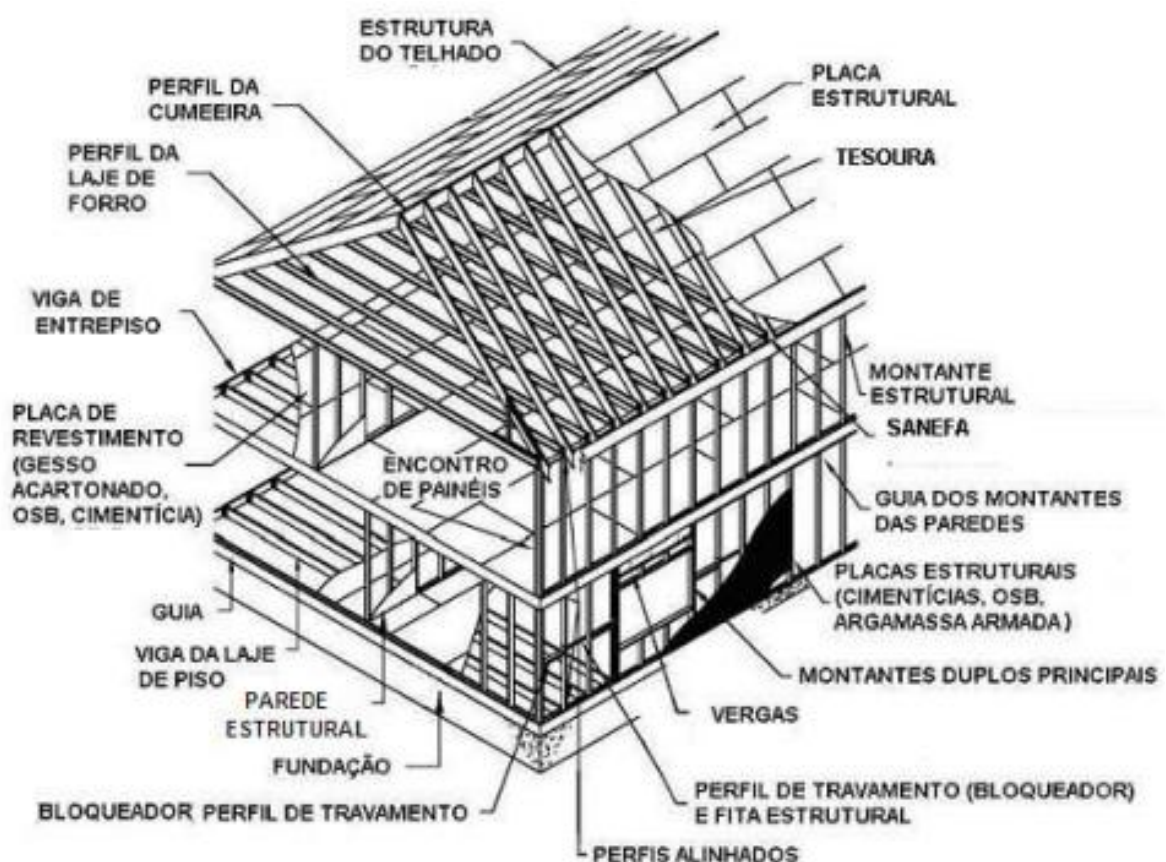


Figura 7: Esquema estrutural de uma edificação em LSF.

Fonte: (BATISTA, 2011)

De acordo com Crasto (2005, *apud* SANTIAGO; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010), os principais benefícios e vantagens no uso do sistema LSF, quando comparado com a construção convencional, são: os produtos que constituem o sistema são padronizados de tecnologia avançada, em que os

elementos construtivos são produzidos industrialmente, onde a matéria prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade; facilidade de obtenção dos perfis formados a frio; o aço, devido a sua resistência e alto controle de qualidade, tanto na produção da matéria-prima quanto de seus produtos, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura; facilidade de montagem, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos; durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis; diminuição do uso dos recursos naturais e o desperdício; facilidade de execução das instalações elétricas e hidráulicas; facilidade na execução das ligações; rapidez de construção (cerca de 50% de redução do tempo no canteiro de obra); estrutura muito leve, permitindo uma redução de até 70% na fundação; o aço é um material incombustível e reciclável; e grande flexibilidade no projeto arquitetônico.

Comparado com o sistema convencional, a alvenaria, o sistema LSF possui uma grande quantidade de detalhes construtivos, que pode gerar algumas desvantagens, como a necessidade de profissionais altamente qualificados. (BATISTA, 2011)

7.2.3 Drywall

Uma das técnicas mais utilizadas em todo mundo e que vem sendo aplicada em grande escala no Brasil é denominada de *drywall* ou o gesso acartonado. As placas são fixadas a uma leve estrutura metálica, podendo ser utilizadas para acabamento sobre a alvenaria ou para estruturar paredes e forros com espessuras menores. O ganho de espaço pode chegar a até 4%. É utilizado para separar ambientes, sendo mais indicado trabalhar com uma parede dupla, com montantes de 48 ou 70 mm e material acústico entre as placas. O tratamento acústico é fundamental, pois trata apenas de duas placas de gesso. O número

exagerado de juntas ou a existência de muitos pontos elétricos pode prejudicar o desempenho da parede. (CATAI; PENTADO; DALBELLO, 2006)

Na figura 8 pode-se observar a montagem de uma parede no sistema *drywall*.



Figura 8: Estrutura para fechamento em gesso acartonado.

Fonte: (<http://www.marcosgesso.com.br/servicos/gestao-de-obras/>)

As placas de gesso acartonado foram inventadas nos Estados Unidos, no ano de 1898, por Augustine Sackett. (TANIGUTTI; BARROS, 1998)

Apesar de estar presente desde 1974, o gesso acartonado começou a ganhar expressiva importância no Brasil na segunda metade da década de 90. Até então, o sistema era praticamente uma novidade para projetistas, construtoras e para o público em geral. Entretanto, o uso de tal sistema já estava difundido e consolidado há muito tempo no exterior. Diversos países já estão em um estágio de desenvolvimento do produto bastante adiantado, com uso expressivo em relação a outros sistemas de vedação interna. Nos Estados Unidos, por exemplo,

aproximadamente 90% dos fechamentos internos são realizados com gesso acartonado. A partir da verificação do potencial de crescimento desse sistema nacionalmente, as principais empresas fabricantes mundiais começaram a migração em direção ao mercado brasileiro. Dessa forma, conjugando aspectos econômicos com vantagens oferecidas pelo material, o mercado apresentou um crescimento expressivo, como apresentado na figura 9 e, atualmente, o sistema já se encontra bastante difundido no mercado interno. (CORBIOLLI, 1995, *apud* LOSSO; VIVEIROS, 2004)

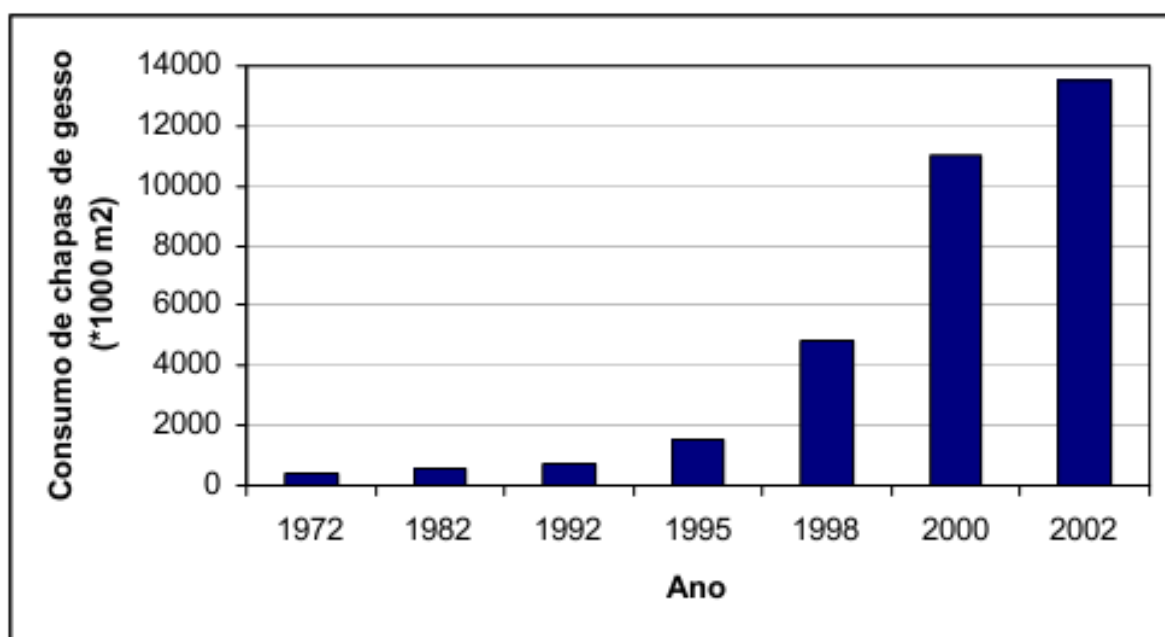


Figura 9: Histórico do consumo de chapas de *drywall* no Brasil.

Fonte: (ABRAGESSO, 2004, *apud* LOSSO; VIVEIROS, 2004)

As chapas de gesso acartonado são montadas em ambos os lados de estruturas metálicas leves que, por sua vez, são fixadas na estrutura principal da edificação (lajes, vigas, pilares). As placas são montadas sequencialmente até a vedação da toda a superfície. Na parte interna da parede fica um vazio, por onde podem passar tubulações elétricas e hidráulicas. Entre cada placa existe uma junta que, além de separá-las, serve para absorver esforços mecânicos oriundos de movimentações estruturais das próprias placas e/ou da estrutura principal da

edificação. Também, outras movimentações, como dilatações e retrações térmicas, são absorvidas pelas juntas. A última etapa da montagem consiste em realizar a vedação das juntas entre placas ou entre elementos construtivos (laje-placa, por exemplo). Para isto são utilizadas fitas de papel micro perfuradas, massas especiais flexíveis, para evitarem-se fissuras, e colas para calafetação. (ANDRADE SANTOS; CARDOSO DOS SANTOS; FERREIRA; DEUS; FABRIS; RUSSO, 2013)

De acordo com Tanigutti e Barros (1998), as vantagens do uso das placas de gesso acartonado com relação à alvenaria são: retirada da vedação vertical do caminho crítico da obra; construção a seco, levando a possibilidade de maior limpeza e organização do canteiro; superfície pré-acabada, facilitando o acabamento final; uso de revestimentos de pequena espessura; elevada produtividade; não depende da habilidade do profissional (artesão); precisão dimensional; desmontabilidade; menor peso; possibilidade de embutimento das instalações. Por outro lado possui desvantagens: resistência mecânica: cargas pontuais superiores a 35 kg devem ser previstas com antecedência, para instalar reforços no momento da execução; resistência à umidade: as placas de gesso acartonado não resistem a alta taxa de umidade; necessidade de nível organizacional elevado para obter vantagens potenciais; barreira cultural do construtor e do consumidor; falta de visão sistêmica dos construtores, de modo que o potencial de racionalização oferecido pelo sistema não seja totalmente explorado.

A placa de gesso acartonado comum é formada por uma mistura de gesso (gipsita natural) em sua parte interna, revestida por um papel do tipo *kraft* em cada face. Existem outros tipos de placas especiais para usos específicos, como para áreas úmidas (banheiros e cozinha) e para proporcionar maior resistência ao fogo. O que diferencia essas placas são aditivos incorporados ao gesso com o objetivo de melhorar a propriedade específica a que se destina. (LOSSO; VIVEIROS, 2004)

Segundo Oliveira Jr. (2005, *apud* SOUZA, 2008), os principais tipos de paredes são parede simples, que é composta por uma linha de guias e

montantes e com uma única camada de chapas de gesso acartonado em cada face; parede dupla, composta por uma linha de guias e montantes e duas camadas de chapas de gesso acartonado em cada face; parede com lã mineral, constituída de um material absorvente acústico; parede com dupla estrutura, composta por duas linhas de guias e montantes, adotadas em razão do desempenho estrutural ou acústico requerido; parede com montantes duplos, normalmente composta por uma linha de guias e montantes, sendo empregados montantes fixados entre si a justapostos dois a dois, utilizada quando são necessárias alturas mais elevadas; e parede com estruturas desencontradas, composta por duas linhas de guias e montantes desencontrados, adotada em razão do desempenho estrutural ou acústico requerido.

De acordo com os autores Tanigutti e Barros (1998), ASTM (1995a) e Ferguson (1996), atualmente, comercializa-se no Brasil três tipos de chapas: chapas de gesso padrão, chapas de gesso resistente à umidade e chapas de gesso resistente ao fogo.

As chapas para uso padrão (Standard) são compostas por um miolo de gesso e aditivos, sendo revestida em ambas as faces com papel *kraft*. Pode-se identificar pela cor do cartão, que é branco na face frontal e marfim na face posterior.

As chapas resistentes à umidade são constituídas por gesso e aditivos, como silicone ou fibras de celulose, e têm as duas superfícies cobertas por um cartão com hidrofugante. Apesar de ser recomendada para áreas molháveis, não devem ser empregadas em áreas sujeitas a uma alta taxa de umidade. Além disso, as chapas devem ser montadas de tal modo a se evitar a entrada de vapor de água, que pode deteriorar o material. Pode ser reconhecida pela cor verde do cartão.

As chapas resistentes ao fogo possuem aditivo no gesso e fibras de vidro, que melhoram a resistência à tração e reduzem a absorção de água, além de conferirem maior resistência ao fogo à chapa de gesso. Devem apresentar resistência ao fogo durante uma hora, no caso das chapas com espessura de 15 mm, e 45 minutos, para as chapas com espessura de 12,5 mm. Possuem o cartão na cor rosa.

As chapas de gesso acartonado devem ser fixadas sobre um plano liso e estável, pois não possuem muita resistência estrutural. Dessa forma, se as chapas forem fixadas sobre um componente frágil, haverá o aparecimento de fissuras.

Na figura 10, são mostradas as tolerâncias e os limites das chapas de gesso acartonado, segundo suas características geométricas.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			TOLERÂNCIA	LIMITE
Espessura		9,5 mm	± 0,5 mm	-
		12,5 mm		-
		15,0 mm		-
Largura			+ 0 / - 4 mm	Máximo de 1.200 mm
Comprimento			+ 0 / - 5 mm	Máximo de 3.600 mm
Esquadro			≤ 2,5 mm	-
Rebaixo ^a	Largura	Mínimo	-	40 mm
		Máximo	-	80 mm
	Profundidade	Mínimo	-	0,6 mm
		Máximo	-	2,5 mm

Figura 10: Tolerâncias e limites das chapas de gesso acartonado, segundo características geométricas.

Fonte: (ABNT – NBR 14715:2001)

Na figura 11, são mostrados os limites das chapas de gesso acartonado, segundo suas características físicas e mecânicas. Fonte: (ABNT – NBR 14715:2001)

CARACTERÍSTICAS		LIMITES		
		ESPESSURA DA CHAPA mm		
		9,5	12,5	15,0
Densidade superficial de massa kg/m ²	Mínima	6,5	8,0	10,0
	Máxima	8,5	12,0	14,0
	Variação máxima em relação à medida das amostras de um lote	± 0,5		
Resistência mínima à ruptura na flexão N	Longitudinal ^a	400	550	650
	Transversal ^b	160	210	250
Dureza superficial determinada pelo diâmetro máximo da massa mm		20		
Absorção máxima de água para chapa resistente à umidade (RU) %		5		

Figura 11: Limites das chapas de gesso acartonado, segundo características físicas e mecânicas.

Fonte: (ABNT – NBR 14715:2001)

Conforme a NBR 15.217:2005, os principais tipos de perfis são a guia, que é um perfil de aço com formato em “U”, fixado à estrutura do edifício ou outro elemento construtivo, na posição horizontal, com a finalidade de estruturar as paredes, sendo os mais usuais os G48, G70 e G90; o montante, que é um perfil de aço com formato em “C”, constituinte da estrutura da parede, posicionado na vertical, entre guias, sobre o qual as chapas são fixadas, sendo os mais usuais os M48, M70 e M90; e a cantoneira, que é um perfil de aço com formato em “L”, utilizado na proteção (cantoneira perfurada de abas iguais) ou estruturação das paredes (cantoneiras de abas desiguais). A tolerância para as dimensões nominais dos comprimentos dos perfis é de $\pm 0,2$ %. O montante deve apresentar furos em toda sua extensão, sendo que o eixo de seu furo inicial deve ter espaçamento mínimo de 190 mm e máximo de 310 mm de uma de suas extremidades. Com relação ao espaçamento entre os furos intermediários, a distância deve ser no mínimo de 400 mm e no máximo de 600 mm. Nas cantoneiras de abas iguais, os furos devem ter diâmetros de 6,0 mm, com tolerância de $\pm 1,0$ mm.

Na figura 12 são mostrados os variados tipos de perfis existentes, para utilização no sistema *drywall*.

Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
Guia (formato de 'U')		G 48 G 70 G 90	48/28 70/28 90/28	Paredes, forros e revestimentos
Montante (formato de 'C')		M 48 M 70 M 90	48/35 70/35 90/35	Paredes, forros e revestimentos
Canaleta 'C' (formato de 'C')		C	47/18	Forros e revestimentos
Canaleta Ômega (formato de 'Ω')		O	70/20	Forros e revestimentos
Cantoneira (formato de 'L')		CL	25/30	Forros e revestimentos
Cantoneira de reforço (formato de 'L')		CR	23/23 28/28	Paredes e revestimentos
Tabica metálica (formato de 'Z')		Z	Variável	Forros
Longarina		L	Variável	Forro removível
Travessa		T	Variável	Forro removível

Figura 12: Tipos de perfis para utilização no sistema *drywall*.

Fonte: (Associação Brasileira de *Drywall*)

Conforme Souza (2008), os principais tipos de parafusos para fixação são parafuso auto-atarraxante com cabeça trombeta e ponta agulha (parafuso TA), seu comprimento varia de 25 a 70 mm, são utilizados para fixação das chapas aos perfis metálicos com espessura de até 0,70 mm; parafuso auto-atarraxante com cabeça trombeta e ponta broca (parafuso TB), para fixação das chapas aos perfis metálicos com espessura de 0,70 a 2,00 mm; e parafuso auto-atarraxante com cabeça lentilha ou panela, ponta agulha ou broca (parafuso LA ou PA e parafuso LB ou PB), utilizado para fixação dos perfis metálicos entre si (fixação dos montantes às guias, encabeçamentos de portas ou vãos, fixação entre montantes duplos, etc.). As características técnicas que os parafusos precisam apresentar são resistência à corrosão, apresentando resistência à corrosão vermelha mínima de 48 h na câmara *salt spray*; comprimento dos parafusos suficiente para fixação das chapas aos perfis metálicos, ultrapassando o perfil em pelo menos 10 mm, ou quando da fixação dos perfis metálicos entre si, ultrapassar a última chapa metálica em no mínimo três passos de rosca; e devem apresentar também adequada capacidade de penetração e resistência à torção.

Na figura 13, são mostrados os tipos de parafusos e suas características, de acordo com a Associação Brasileira de *Drywall*.

Tipo	Código	Comprimento nominal (mm)	Utilização	
			Perfil metálico	Espessura e quantidades máximas das chapas de gesso a serem parafusadas
Cabeça trombeta e ponta agulha	TA 25	25	Espessura máxima de 0,7mm	1 chapa espessura 12,5 mm ou 15mm em perfis metálicos
	TA 35	35		2 chapas espessura 12,5 mm em perfis metálicos
	TA 45	45		2 chapas espessura 12,5 mm ou 15mm em perfis metálicos
	TA 50	50		2 chapas espessura 12,5 mm ou 15mm em perfis metálicos
	TA 55	55		3 chapas espessura 12,5 mm ou 15mm em perfis metálicos
	TA 65 TA 70	65 70		3 chapas espessura 12,5 mm ou 15mm em perfis metálicos
Cabeça trombeta e ponta broca	TB 25	25	Espessura de 0,7 até 2,00mm	1 chapa espessura 12,5 mm ou 15mm em perfis metálicos
	TB 35	35		2 chapas espessura 12,5 mm em perfis metálicos
	TB 45	45 50		2 chapas espessura 12,5 mm ou 15mm em perfis metálicos
	TB 55 TB 65 TB 70	55 65 70		3 chapas espessura 12,5 mm ou 15mm em perfis metálicos
Cabeça lenticilha ou panela e ponta agulha	LA ou PA	Comprimento: superior a 9 mm	Espessura máxima de 0,7 mm	Fixação de perfis metálicos entre si
Cabeça lenticilha ou panela e ponta broca	LB ou PB	Comprimento: superior a 9 mm	Espessura de 0,7 até 2,00 mm	

Figura 13: Tipos de parafusos e suas características, para utilização em *drywall*.

Fonte: (Associação Brasileira de *Drywall*)

Um cuidado a ser observado durante a fixação das chapas é para que a cabeça do parafuso fique nivelada com a face do cartão. A cabeça do parafuso não pode ficar saliente, para não comprometer o acabamento, e também não pode ficar reentrante, pois a cabeça do parafuso deve estar fixa no cartão, que vai resistir aos esforços requeridos. Esse detalhe pode ser observado na figura 14 (TANIGUTTI; BARROS, 1998).

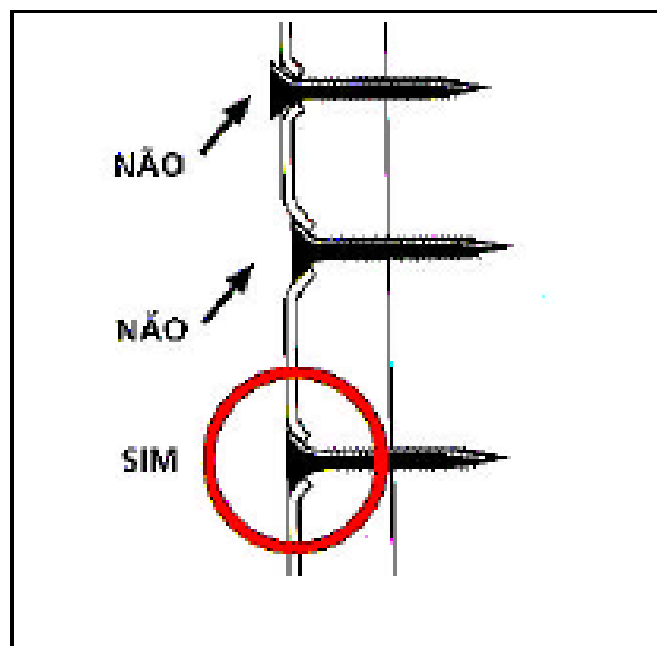


Figura 14: Detalhe da fixação do parafuso na chapa de gesso acartonado.

Fonte: (PLACO DO BRASIL, s.d., *apud* TANIGUTTI; BARROS, 1998)

Acessórios são peças indispensáveis para a montagem dos sistemas *drywall*. Normalmente são utilizadas para a sustentação mecânica dos sistemas. Para acessórios em aço zincado, estes deverão ter, no mínimo, revestimento zincado Z 275, conforme NBR 7008:2003 (massa mínima de revestimento de 275 g/m² – ensaio triplo – total nas duas faces). Caso sejam fabricados com outros materiais, deverão ter uma proteção contra a corrosão, no mínimo equivalente aos de aço zincado. (Associação Brasileira de *Drywall*)

Na figura 15, são mostrados os tipos de acessórios de acordo com a Associação Brasileira de *Drywall*.

Tipo de acessório	Desenho	Utilização
Tirante (mínimo nº 10 – diâmetro 3,4mm)		Ligação entre o elemento construtivo (lajes, vigas, etc.) e o suporte nivelador
Suporte nivelador (p/ perfil omega)		Ligação entre a estrutura do forro com o tirante
Suporte nivelador (para perfil canaleta)		
Suporte nivelador (para perfil longarina)		
Junção H		União entre chapas de gesso de 0,60m de largura entre si, além de suporte para a fixação do arame galvanizado no forro armado
Conector		União entre os perfis tipo canaleta 'C'
Peça de reforço		Reforço metálico ou de madeira a ser instalado no interior das paredes ou revestimentos para fixação de carga suspensa
Clip		União entre canaleta e cantoneira (ou guia) em forros ou revestimentos

Figura 15: Tipos de acessórios para *drywall*.

Fonte: (Associação Brasileira de *Drywall*)

As massas para rejuntamento são à base de gesso e possuem aditivos, que conferem maior trabalhabilidade e plasticidade. De acordo com o teor de

aditivos nas massas, o endurecimento pode ocorrer rapidamente ou não. (MITIDIERI, 1997, apud TANIGUTTI; BARROS, 1998)

Oliveira Jr. (2005, apud SOUZA, 2008) diz que os principais tipos de massa para juntas são massa em pó de pega rápida, que é fornecida em pó e necessita da adição de água na obra para seu preparo, variando em uma hora e meia a quatro horas o seu tempo de secagem; massa em pó de pega lenta, que também é fornecida em pó e necessita da adição de água na obra para seu preparo, variando em 12 a 48 horas o seu tempo de secagem; e massa pronta para uso, que é comercializada dosada e pronta para uso, não sendo permitida adição de água na obra.

Na figura 16, são mostrados os tipos de massas de acordo com a Associação Brasileira de *Drywall*.

Desenho	Características	Utilização
	Massa de rejunte em pó rápida (curto tempo de secagem entre demãos). Massa de rejunte em pó lenta (longo tempo de secagem entre demãos).	Tratamento de juntas entre chapas em paredes, forros e revestimentos. Deve ser misturada com água para sua aplicação.
	Massa de rejunte pronta para uso.	Tratamento de juntas entre chapas em paredes, forros e revestimentos. Não há necessidade de ser misturada com água para sua aplicação.
	Massa de colagem.	Para revestimento através da colagem das chapas em alvenarias e estruturas de concreto. Deve ser misturada com água para sua aplicação.

Figura 16: Tipos de massas para *drywall*.

Fonte: (Associação Brasileira de *Drywall*)

As massas para rejunte possuem pouca resistência à deformação, e se as juntas entre as placas forem preenchidas somente com essa massa, certamente haverá o aparecimento de fissuras nessa região. Dessa forma, utilizam-se também fitas para reforçar as juntas formadas no encontro de duas ou mais placas, para reforçar os cantos, e também para o reparo de fissuras. (TANIGUTTI; BARROS, 1998)

Oliveira Jr. (2005, *apud* SOUZA, 2008) afirma também que os principais tipos de fitas para juntas são fita de papel microperfurada, que pode ser usada nas juntas entre as chapas de gesso acartonado, evitando o surgimento de fissuras nas juntas e na interface entre paredes de gesso acartonado com outros tipos de paredes ou estruturas de concreto; e fita de papel microperfurada com reforço metálico que é estruturada com reforço de lâminas de aço flexível e utilizada em cantos externos de paredes de gesso acartonado que possuam ângulos diferentes de 90°, quando não serão submetidas a grandes impactos mecânicos.

Na figura 17, são mostrados os tipos de fitas de acordo com a Associação Brasileira de *Drywall*.

Desenho	Nome e características	Utilização
	Fita de papel microperfurado	Tratamento de juntas entre chapas
	Fita de papel microperfurado com reforço metálico	Reforço de ângulos salientes
	Fita de isolamento (banda acústica)	Isolamento dos perfis nos perímetros das paredes, forros e revestimentos.

Figura 17: Tipos de fitas para *drywall*.

Fonte: (Associação Brasileira de *Drywall*)

Na figura 18 são mostradas as características técnicas das massas e fitas para juntas, para o sistema *drywall*.

	Característica	Requisito
Massa isoladamente ou conjunto massa/fita	Retração	$\leq 35 \%$
	Craqueamento/ fissuração	Não fissurar
	Putrefação	> 4 dias
	Aderência da fita à massa	$\geq 90 \%$
	Fissuração da massa nas bordas da fita	$\leq 10 \%$
Fita	Resistência à tração	$\geq 5,24$ N/mm
	Largura (nominal de 50 mm)	47,6 a 57,2 mm
	Espessura	$\leq 0,30$ mm
	Número de furos	em elaboração
	Estabilidade dimensional	Longitudinal $\leq 0,4 \%$
		Transversal $\leq 2,5 \%$

Figura 18: Características das massas e fitas para juntas, para o sistema *drywall*.

Fonte: (Revista Técnica 100 – Juntas em *Drywall* – p. 98)

7.3 SISTEMAS ABORDADOS NA NBR 15575/2013

Em maio de 2008, foi lançada a norma de desempenho de edifícios habitacionais NBR 15575:2008 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho, que definiu 13 exigências dos usuários relativas a segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Sua cobrança, no entanto, seria realizada apenas dois anos depois. Ou seja, a norma ficou disponível por dois anos para ser estudada e para permitir que as construtoras e o mercado a testassem, adequando-se às novas exigências. (LITWINCZIK, 2011). A norma de desempenho tem como características estabelecer as responsabilidades de cada um dos envolvidos: construtores, incorporadores, projetistas, fabricantes de materiais, administradores condominiais e os próprios usuários. (Disponível em:

<<http://www.institutodeengenharia.org.br>>)

Segundo a Associação Brasileira de Drywall (2013), a norma regulamenta construções com níveis de desempenho, que vai do mínimo ao superior, passando pelo intermediário. Essa definição deverá ser feita logo no início do projeto, antes mesmo da construção, ou seja, o consumidor terá acesso na planta aos critérios que serão adotados para sua construção. A nova norma, que criou um marco regulatório no setor da Construção Civil, agrega valores como segurança, qualidade e conforto para a produção imobiliária. A NBR 15575/2013 veio atender às necessidades dos usuários de imóveis em quesitos como níveis de iluminação, isolamento acústico, conforto térmico, durabilidade, garantias, dentre outros.

7.3.1 Requisitos Gerais

De acordo com a NBR 15575/ 2013 estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam às edificações habitacionais, como um todo, bem como serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos. Estabelece critérios relativos ao desempenho térmico, acústico, lumínico e de segurança ao fogo.

7.3.2 Sistemas Estruturais

Em referencia a esta parte da NBR 15575/2013 estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema estrutural da edificação habitacional, analisando as edificações com base nos itens citados no tópico 8. Procedimentos Metodológicos, deste trabalho.

7.3.3 Sistemas de Pisos

De acordo com a NBR 15575/ 2013 estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema de pisos da edificação habitacional.

7.3.4 Sistemas de vedações Verticais Internas e Externas

No sistema de vedações verticais tanto externo ou interno, a NBR 15575, que além da volumetria e a compartimentação dos espaços da edificação, integram-se de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando o desempenho da edificação.

Mesmo sem função estrutural, as vedações podem atuar como contraventamentos de estruturas reticuladas, ou sofrer deformações das estruturas, requerendo assim, uma análise conjunta do desempenho dos elementos que a integram.

7.3.5 Sistemas de coberturas

Segundo a NBR 15575/2013, os sistemas de coberturas possuem funções importantes, os sistemas de coberturas, ajudam na prevenção da saúde dos usuários, proteção do corpo da edificação, interferindo assim, na durabilidade dos elementos da construção.

Esse sistema impede a infiltração de umidade provenientes das intempéries para os ambientes da construção. Por esse motivo, precisam ser planejados e executados para proteger os demais sistemas.

7.3.6 Sistemas Hidrosanitários

Em referencia a NBR 15575/2013, as instalações hidrossanitárias são responsáveis diretas pelas condições de saúde e higiene requeridas para a habitação, além de apoiarem todas as funções humanas nela desenvolvidas. As instalações devem ser incorporadas à construção, de forma a garantir a segurança dos usuários, sem riscos de queimaduras (nas instalações de água quente), ou outros acidentes. Devem ainda harmonizar-se com a deformabilidade das estruturas, interações com o solo e características físico-químicas dos demais materiais de construção.

8. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Avaliando a construção a seco em relação a Norma de Desempenho NBR 15575/2013 e compará-la com a norma anterior, analisando os seguintes itens:

- Desempenho estrutural;
- Resistência de corpo mole;
- Impacto de corpo duro;
- Segurança contra incêndio;
- Estanqueidade de fachadas;
- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Durabilidade e manutenibilidade

Métodos a serem empregados nesse estudo serão através de coleta de dados fornecidos pela norma de desempenho ABNT NBR 15575/2013 e dados fornecido pelos fabricantes dos produtos, análise do modelo de ensaio com os materiais e posteriormente a comparação destes ensaios feitos em laboratórios fornecidos pelas empresas fabricantes dos produtos de construção a seco ou importadora dos mesmos, e a atual Norma de Desempenho NBR 15575, e a

verificação se os materiais do sistema construtivo a seco atende ou não as premissas da norma.

9. DESENVOLVIMENTO

9.1 SEGURANÇA ESTRUTURAL

Os critérios de avaliação para desempenho estrutural na ABNT NBR 15575/2013, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 15575-1 e ABNT NBR 8681, seguintes:

- Integridade estrutural
- Ruína
- Falha
- Deformação
- Deslocamento
- Flecha
- Fissura de componente estrutural
- Estado inaceitável de fissuração
- Trinca
- Mossa

As normas de projeto e execução de estruturas enfocam normalmente a estabilidade e segurança da construção frente a cargas gravitacionais, à ação do vento e a outras.

A NBR 15575/2013 define os sistemas de construção a seco como sistemas de vedação vertical interno e externo (SVVIE) partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas.

Algumas premissas de projetos indicados na NBR 15575/2013 são que os painéis pré-fabricados estruturais devem ser ensaiados nas mesmas

condições do emprego em obra, com a altura prevista para o pé direito e largura mínima de 1,20 m, ou de 5 vezes a espessura para paredes monolíticas.

A resistência de painéis e trechos de paredes estruturais deve ser verificada partir de 3 ensaios, para a solicitação $S_d = \gamma_g S_{gk} + \gamma_q S_{qk} + \gamma_w S_{wk}$; as cargas devidas ao vento devem ser consideradas somente se produzirem esforços de compressão em painéis e trechos de parede (no caso de sucção devem ser desconsideradas).

Na figura 19 poderemos verificar a ocorrência de falhas sob a ação de cargas de serviço.

Elemento	Solicitação	Critério
SVVIE com função estrutural	Cargas verticais: $S_d = S_{gk} + 0,7 S_{qk} + S_{wk}$ (desconsiderar S_{wk} no caso de alívio da compressão)	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/500$ $d_{hr} \leq h/2500$
SVVIE com ou sem função estrutural	Cargas permanentes e deformações impostas $S_d = S_{gk} + S_{\epsilon k}$	Não ocorrência de falhas, tanto nas paredes como nas interfaces da parede com outros componentes
SVVE (paredes de fachadas) com ou sem função estrutural	Cargas horizontais: $S_d^{(*)} = 0,9 S_{gk} + 0,8 S_{wk}$	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais ^(b) : $d_h \leq h/500$ (SVVE com função estrutural); $d_{hr} \leq h/2500$ (SVVE com função estrutural); $d_h \leq h/350$ (SVVE com função de vedação); $d_{hr} \leq h/1750$ (SVVE com função de vedação). Entende-se neste critério como SVVE as paredes de fachada
(*) No caso de ensaios de tipo considerar $S_d = S_{gk} + 0,8 S_{wk}$ (b) Para paredes de fachada leves ($G \leq 60 \text{ Kg/m}^2$), sem função estrutural, os valores de deslocamento instantâneo (d_h) podem atingir o dobro dos valores acima indicados nesta tabela. onde: h é altura do elemento parede; d_h é o deslocamento horizontal instantâneo; d_{hr} é o deslocamento horizontal residual; S_{gk} é a solicitação característica devida a cargas permanentes; S_{wk} é o valor característico da solicitação devida a deformação específica do material; S_{qk} é o valor característico da solicitação devida a cargas acidentais ou sobrecargas de uso; S_{wk} é o valor característico da solicitação devida ao vento. Nota: estes limites aplicam-se, a princípio, a SVVIE destinados a edificações de até cinco pavimentos		

Figura 19: Ocorrência de falhas sob a ação de cargas de serviço em sistemas de vedações verticais.

Fonte: (ABNT NBR 15575/2013)

No ensaio a carga vertical no topo da parede deve ser prevista com a excentricidade acidental $e(a) = b / 30 \geq 1\text{cm}$, sendo “b” a espessura da parede, além da eventual excentricidade de projeto. Este modelo de ensaio aplica-se a sistemas destinados a edificações habitacionais de até cinco pavimentos.

Quando a modelagem matemática do comportamento conjunto dos materiais que constituem a parede não for conhecida e consolidada por experimentação, permite-se estabelecer uma resistência mínima de projeto através de ensaio destrutivo e traçado do diagrama carga x deslocamento, conforme previsto na ABNT NBR 15575-2.

Para os fabricantes:

De acordo com ensaios realizados pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, todas as paredes *drywall* especificadas na NBR 15758 (desde a mais simples, mostrada na figura 10, com 73 mm de espessura, composta por estrutura com perfis de 48 mm de largura e uma chapa para *drywall* com 12,5 mm de cada lado) atendem a Norma de Desempenho no que diz respeito a: estabilidade e resistência estrutural; deslocamento e fissuração; solicitação de cargas provenientes de peças suspensas; impacto de corpo mole; impacto de corpo duro; e ações transmitidas por impactos nas portas.

Na figura 20 podem ser observadas as dimensões mínimas de uma parede em *drywall*.



Figura 20: Parede de *drywall* com espessura mínima.

Fonte: (Associação Brasileira de *Drywall*)

Na figura 21, podemos verificar as resistências de acordo com o tamanho de algumas opções de paredes de *drywall*.

Tipo de Chapa	Comprimento Médio (mm)		Largura Média (mm)		Espessura Média (mm)		Desvio de esquadro máximo (mm/m)	Absorção de água máxima (%)	Rebaixo de bordas		Densidade superficial de massa (kg/m ²)	Resistência à flexão mínima (N)	
	Nominal	Determinado	Nominal	Determinado	Nominal	Determinado			Profundidade (mm)	Largura (mm)		transv	long
Gypsum ST	2600	2598	1200	1196	12,5	12,2	0,8	—	0,6 a 0,9	57 a 59	8,6 a 9,1	247	620
Gypsum RU	2600	2598	1200	1196	12,5	12,5	0,8	2,9	0,6 a 0,9	43 a 45	11,0 a 11,2	299	634

Figura 21: Resistências de algumas paredes de *drywall*.

Fonte: (Gipsita S.A., disponível em <http://www.cemear.com.br/wp-content/uploads/2012/09/Manual-Drywall-IPT.pdf>)

A norma brasileira define que para edifícios residenciais seja considerada uma carga horizontal oriunda de um vento com velocidade de 144 km/h. Uma casa no sistema *Steel Frame* é calculada para resistir ventos de 200 Km/h, além de oferecer maior segurança que qualquer outro sistema construtivo. Na verdade, durante uma tempestade de raios o recomendado é procurar uma casa em *Steel Frame*, pois o aço oferece um caminho de descarga elétrica direto ao solo reduzindo riscos de explosão, incêndios ou acidentes com pessoas.

Pelo fato de não serem necessárias vigas ou colunas isoladas de apoio, todas as paredes exteriores podem ser consideradas como estrutura do edifício e por onde se reparte todo o peso das placas e andares. Assim, facilmente se compreende a extraordinária resistência sísmica destes edifícios. A inteira casa pode ser comparada a uma enorme caixa metálica reforçada por revestimento em.

9.2 RESISTÊNCIA DE CORPO MOLE

Este requisito se traduz pela resistência dos SVVIE à energia de impacto dos choques acidentais gerados pela própria utilização da edificação ou choques provocados por tentativas de intrusões intencionais ou não. Os impactos

com maiores energias referem-se ao estado-limite último. (NBR 15575/2013).

Os critérios para resistência a impactos de corpo mole determinados de NBR 15575 - Sob ação de impactos progressivos de corpo mole, os SVVIE não devem:

a) sofrer ruptura ou instabilidade (impactos de segurança), que caracterize o estado limite último, para as correspondentes energias de impacto indicadas na figura 22;

b) apresentar fissuras, escamações, delaminações ou qualquer outro tipo de falha (impactos de utilização) que possa comprometer o estado de utilização, observando-se ainda os limites de deslocamentos instantâneos e residuais indicados na figura 22;

c) provocar danos a componentes, instalações ou acabamentos acoplados ao SVVIE, de acordo com as energias de impacto indicadas na figura 22.

Na figura 22 verificamos o impacto de corpo mole nas vedações verticais internas.

Sistema	Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho	Nível de desempenho
Vedação com função estrutural	360	Não ocorrência de ruína	M
	240	São admitidas falhas localizadas	
	180	Não ocorrência de falhas	
	120	Não ocorrência de falhas; Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$; $d_{tr} \leq h/1\ 250$	
	60	Não ocorrência de falhas	
Vedação sem função estrutural	240	Não ocorrência de ruína	I; S
	180	São permitidas falhas localizadas	
	120	Não ocorrência de falhas; Limitação da ocorrência de deslocamento: $d_h \leq h/125$; $d_{tr} \leq h/625$	
	60	Não ocorrências de falhas	M
	120	Não ocorrência de ruína São admitidas falhas localizadas	
	60	Não ocorrência de falhas; Limitação da ocorrência de deslocamento: $d_h \leq h/125$ * $d_{tr} \leq h/625$	

* Para paredes leves ($G \leq 600 \text{ N/m}^2$), sem função estrutural, os valores do deslocamento instantâneo (d_h) podem atingir o dobro dos valores indicados nesta tabela.

Figura 22: Impacto de corpo mole nas vedações verticais internas.

Fonte: (ABNT NBR 15575/2013)

Os ensaios dos impactos são realizados através de um saco cilíndrico de couro, com diâmetro de 35 cm, altura de 70 cm e massa de $400 \pm 4 \text{ N}$, produzindo-se, por exemplo, impactos de 480 J pelo movimento pendular do corpo a partir de $H = 1,20 \text{ m}$ ($480 \text{ J} = 400 \text{ N} \times 1,2 \text{ m}$; $480 \text{ J} = 40 \text{ kgf} \times 12 \text{ dm}$). (MARTINS, 2013)

Na figura 23 é mostrado como são realizados os ensaios dos impactos.

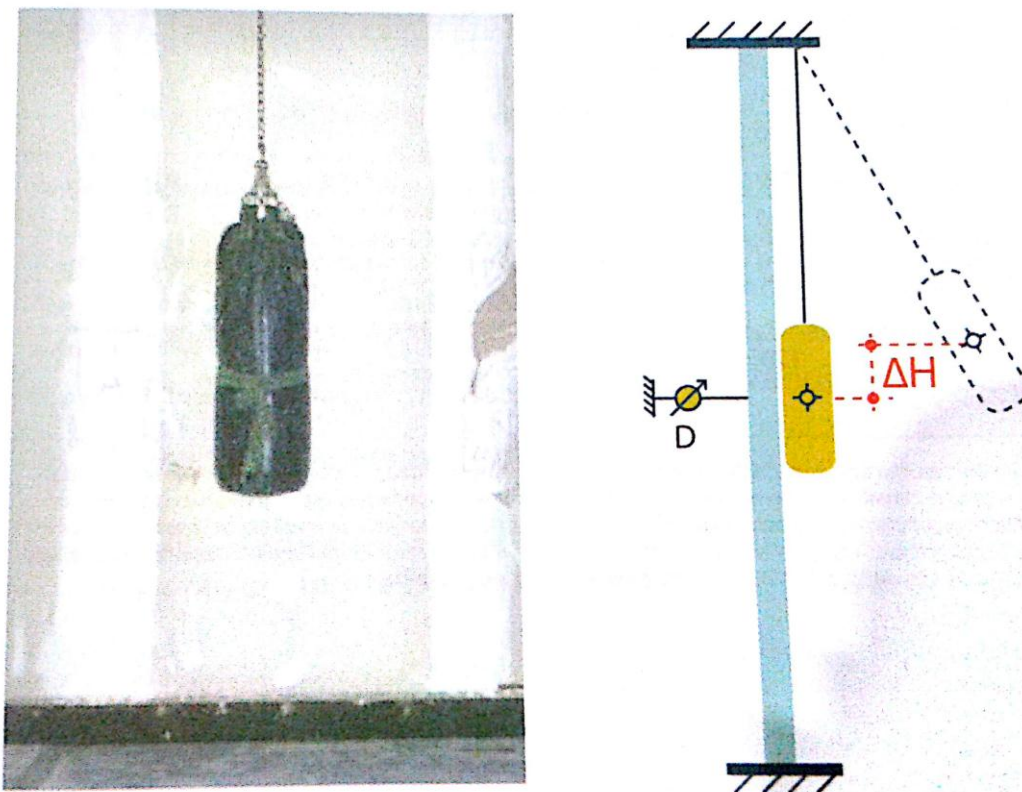


Figura 23: Impacto de corpo mole transmitido por saco de couro com massa de 40kgf.

Fonte: (MARTINS, 2013)

Segundo os maiores fabricantes do país, a simulação de uma pessoa projetar-se sobre uma parede com energias bastante elevadas (240 J) sem causar nenhum dano a parede. As paredes foram submetidas a impactos de corpo mole, conforme critérios apresentados a seguir:

- Impactos com energias de 60 J e 120 J (3 impactos), para impactos de utilização e de 180 J e 240 J, para impactos de segurança (Critério IPT);
- Impactos com energia de 60 J, para impactos de utilização e 120 J (3 impactos) para impactos de segurança (NBR 11675).

As paredes simples, com uma única camada de chapas de gesso em cada lado (D 100/75/600), enquadram-se na NBR 11675, como divisórias leves internas moduladas. As paredes duplas, com duas camadas de chapas em cada face (D 125/75/600), enquadram-se nos Critérios IPT, como paredes internas sem função estrutural.

9.3 IMPACTO DE CORPO DURO

Impactos de corpo duro procuram representar choques acidentais gerados pela própria utilização da edificação, atos de vandalismo e outros. (MARTINS, 2013).

Os critérios para resistência a impactos de corpo duro indicados pela NBR 15575/2013 serão avaliados da seguinte forma:

Sob a ação de impactos de corpo duro, as paredes verticais externas (fachadas) e as vedações verticais internas não devem:

a) apresentar fissuras, escamações, delaminações ou qualquer outro tipo de dano (impactos de utilização), sendo admitidas mossas localizadas, para os impactos de corpo duro indicados na figura 24;

b) apresentar ruptura ou traspassamento sob ação dos impactos de corpo duro indicados na figura 24.

Na figura 24 encontramos os resultados de impacto de corpo duro para vedações verticais internas.

Sistema	Energia de impacto de corpo duro J	Critério de desempenho	Nível de desempenho
Vedação vertical com ou sem função estrutural	2,5	Não ocorrência de falhas	M
	10	Não ocorrência de ruptura e traspassamento	
	2,5	Não ocorrência de falhas Profundidade da mossa $p \leq 2,0$ mm	I; S
	10	Não ocorrência de ruptura e traspassamento	

Figura 24: Impacto de corpo duro para vedações verticais internas.

Fonte: (ABNT NBR 15575/2013)

Nos ensaios de impactos de corpo duro são aplicados por esferas de aço com diâmetro de 5 cm/ massa de 5 N (impactos de utilização) e diâmetro de 6,25 cm/ massa de 10 N (impacto de segurança). (MARTINS, 2013)

Segundo os maiores fabricantes do país, para impactos de corpo duro, os critérios IPT consideram a energia de impacto de 2,5 J, para impactos de

utilização, e de 10 J para impactos de segurança.

9.4 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Devem ser atendidos os requisitos e critérios pertinentes constantes da ABNT NBR 15575-1 e da ABNT NBR 15575-2. Assim, dificultar a ocorrência da inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio e não gerar fumaça excessiva capaz de impedir a fuga dos ocupantes em situações de incêndio.

Os critérios para avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos:

- a) I, II A ou III A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- b) I, II A, III A ou IV A, quando estiverem associadas a outros locais internos habitação, exceto cozinhas;
- c) I ou II A, quando estiverem associadas a locais de uso comum da edificação,
- d) I ou II A, quando estiverem associadas ao interior das escadas, porém com Dm inferior a 100.

Os materiais empregados no meio das paredes (miolo), sejam externas ou internas, devem classificar-se como I, IIA ou III A.

Estas classificações constam da figura 25 ou da figura 31, de acordo com o método de avaliação previsto.

Na figura 25 os materiais são classificados com base na ABNT NBR 9442, com base na determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método painel radiante.

Método de ensaio		ISO 1182	NBR 9442	ASTM E 662
Classe				
I		Incombustível $\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$; $\Delta m \leq 50\%$; $t_f \leq 10\text{ s}$	-	-
II	A	Combustível	$lp \leq 25$	$Dm \leq 450$
	B	Combustível	$lp \leq 25$	$Dm > 450$
III	A	Combustível	$25 < lp \leq 75$	$Dm \leq 450$
	B	Combustível	$25 < lp \leq 75$	$Dm > 450$
IV	A	Combustível	$75 < lp \leq 150$	$Dm \leq 450$
	B	Combustível	$75 < lp \leq 150$	$Dm > 450$
V	A	Combustível	$150 < lp \leq 400$	$Dm \leq 450$
	B	Combustível	$150 < lp \leq 400$	$Dm > 450$
VI		Combustível	$lp > 400$	-

Notas:

lp – Índice de propagação superficial de chama.

Dm – Densidade específica ótica máxima.

ΔT – Variação da temperatura no interior do forno.

Δm – Variação da massa do corpo de prova.

tf – Tempo de flamejamento do corpo de prova.

Figura 25: Classificação dos materiais, pelo método painel radiante.

Fonte: (ABNT NBR 15575/2013)

Na figura 26 temos os materiais classificados tendo como base o método EN 13823. Método de teste para determinar a reação ao fogo e comportamento dos produtos de construção.

Classe		Método de ensaio		
		ISO 1182	EN 13823	ISO 11925-2 (exp. = 30 s)
I		Incombustível $\Delta T \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Delta m \leq 50\text{ \%}$; $t_f \leq 10\text{ s}$	-	-
II	A	Combustível	FIGRA $\leq 120\text{ W/s}$ LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 7,5\text{ MJ}$ SMOGR $\leq 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200\text{ m}^2$	FS $\leq 150\text{ mm}$ em 60 s
	B	Combustível	FIGRA $\leq 120\text{ W/s}$ LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 7,5\text{ MJ}$ SMOGR $> 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200\text{ m}^2$	FS $\leq 150\text{ mm}$ em 60 s
III	A	Combustível	FIGRA $\leq 250\text{ W/s}$ LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 15\text{ MJ}$ SMOGR $\leq 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200\text{ m}^2$	FS $\leq 150\text{ mm}$ em 60 s
	B	Combustível	FIGRA $\leq 250\text{ W/s}$ LSF < canto do corpo de prova THR600s $\leq 15\text{ MJ}$ SMOGR $> 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200\text{ m}^2$	FS $\leq 150\text{ mm}$ em 60 s
IV	A	Combustível	FIGRA $\leq 750\text{ W/s}$ SMOGR $\leq 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200\text{ m}^2$	FS $\leq 150\text{ mm}$ em 60 s
	B	Combustível	FIGRA $\leq 750\text{ W/s}$ SMOGR $> 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200\text{ m}^2$	FS $\leq 150\text{ mm}$ em 60 s
V	A	Combustível	FIGRA $> 750\text{ W/s}$ SMOGR $\leq 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $\leq 200\text{ m}^2$	FS $\leq 150\text{ mm}$ em 20 s
	B	Combustível	FIGRA $> 750\text{ W/s}$ SMOGR $> 180\text{ m}^2/\text{s}^2$ e TSP600s $> 200\text{ m}^2$	FS $\leq 150\text{ mm}$ em 20 s
VI		-	-	FS $> 150\text{ mm}$ em 20 s

FIGRA – Índice da taxa de desenvolvimento de calor.
 LFS – Propagação lateral da chama.
 THR600s – Liberação total de calor do corpo de prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.
 TSP600s – Produção total de fumaça do corpo de prova nos primeiros 600 s de exposição às chamas.
 SMOGR – Taxa de desenvolvimento de fumaça, correspondendo ao máximo do quociente de produção de fumaça do corpo de prova e o tempo de sua ocorrência.
 FS – Tempo em que a frente da chama leva para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado.

Figura 26: Classificação dos materiais conforme método EN 13823.

Fonte: (ABNT NBR 15575/2013)

O método de ensaio de reação ao fogo utilizado como base da avaliação dos materiais empregados nas vedações verticais é o ABNT NBR 9442 “Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante – Método de ensaio”, conforme classificação dos materiais de acordo com a tabela 14. Entretanto para certas situações este método não é apropriado: quando ocorre derretimento ou o material sofre retração abrupta afastando-se da chama-piloto; quando o material é composto por miolo combustível protegido por barreira incombustível ou que pode se desagregar; materiais compostos por diversas camadas de materiais combustíveis apresentando espessura total superior a 25 mm; materiais que na

instalação conformam juntas através das quais, especialmente, o fogo pode propagar ou penetrar.

Nestes casos listados acima a classificação dos materiais deve ser feita de acordo com o padrão indicado na tabela 15. Neste caso o método de ensaio de reação ao fogo utilizado como base da avaliação dos materiais empregados nas vedações verticais é o EN 13823 – *Reaction to fire tests for building products – Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item (SBI)*.

Os ensaios para avaliação dos materiais devem considerar a maneira como são aplicados na edificação.

Caso o material seja aplicado sobre substrato combustível, este deverá ser incluído no ensaio. Caso o material seja aplicado a um substrato incombustível, o ensaio poderá ser realizado utilizando-se substrato de placas de fibro-cimento com 6 mm de espessura.

Segundo os fabricantes:

O Corpo de Bombeiros estabelece níveis de resistência ao fogo em 30, 60, 90 ou 120 minutos, dependendo do tipo de edifício e da utilização de cada espaço interno. Uma parede com 73 mm de espessura se enquadra na categoria CF 30 (ou seja, corta-fogo 30 minutos). A categoria CF 60 (corta-fogo 60 minutos). Essas duas paredes atendem a praticamente a totalidade das paredes residenciais. Paredes com resistência a 120 minutos, são montadas com estrutura de 70 mm e duas chapas resistentes ao fogo (com 15 mm de espessura) de cada lado.

Na figura 27 podemos identificar a classificação e os tipos de parede em *drywall* com especificação das dimensões e os tempos de resistência ao fogo.

Item	Paredes citadas na tabela 18	Corte da parede e designação	A = Distância entre montantes (mm)	Altura limite da parede (m)		Quantidade de chapas	Espessura das chapas (mm)	Resistência ao fogo (minutos)		Peso da parede (kg/m²)
				Montantes				Chapas		
				Simples	Duplo			ST ou RU	RF	
1	Item D	 73/48/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR	600	2,50	2,90	2	12,5	CF 30	CF 30	22
			400	2,70	3,25					
2	Item D	 73/48/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	2,50	2,90	2	12,5	CF 30	CF 30	23
			400	2,70	3,25					
3	Itens A, B, C, D, E e F	 98/48/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,50	4	12,5	CF 60	CF 90	43
			400	3,20	3,80					
4	Item D	 95/70/A/MS/ES/1S112,5+1S112,5/BR	600	3,00	3,60	2	12,5	CF 30	CF 30	22
			400	3,30	4,05					
5	Itens A, C, D e F	 95/70/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,00	3,60	2	12,5	CF 30	CF 30	23
			400	3,30	4,05					
6	Itens A, B, C, D, E e F	 120/70/A/MS/ES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	3,70	4,40	4	12,5	CF 60	CF 90	43
			400	4,10	4,80					
7	Itens A, C, D e F	 115/90/A/MS/ES/1ST12,5+1ST12,5/BR/1LM50	600	3,50	4,15	2	12,5	CF 30	CF 30	22
			400	3,85	4,60					
8	Itens A, B, C, D, E e F	 193/70/A/MS/DES/2ST12,5+2ST12,5/BR/1LM50	600	2,90	3,40	4	12,5	CF 60	CF 90	45
			400	3,20	3,70					

Figura 27: Resistência ao fogo conforme tipos e dimensões de paredes em *drywall*.

Fonte: (Associação Brasileira de *Drywall*)

9.5 ESTANQUEIDADE À ÁGUA

As condições de saúde e higiene nas habitações podem ser comprometidas por uma série de fatores, sendo a umidade a fonte potencial de doenças respiratórias, formação de fungos e outros. Além disso, a durabilidade da construção está diretamente associada a estanqueidade à água e seus elementos. A norma NBR 15575/ 2013 estabelece critérios para a estanqueidade de fachadas, pisos e áreas molhadas, coberturas e demais elementos da construção, incluindo as instalações hidrossanitárias. (MARTINS, 2013)

Os corpos-de-prova (paredes e esquadrias externas) quando forem ensaiados conjuntamente devem reproduzir fielmente o projeto, as especificações e características construtivas dos sistemas de vedações verticais externas, janelas e caixilhos, com especial atenção às juntas entre os elementos ou componentes.

A resistência mecânica, após ciclos de imersão em água e secagem (envelhecimento acelerado), não pode ser inferior a 70% da resistência de referência, conforme critério da NBR 15498 (2007). Após ensaio de resistência à água quente, a resistência mecânica também não pode ser inferior a 70% da resistência de referência.

O ensaio consiste em submeter um trecho de parede à presença de água, compressão constante, por meio de uma câmara acoplada à parede. A câmara com formato de caixa, com dimensões internas de 16 cm x 34 cm, contendo no seu perímetro uma moldura para acoplamento com a parede. A bureta graduada em centímetros cúbicos, para manutenção da pressão constante no interior da câmara e para medida do volume de água eventualmente infiltrado na parede. A bureta deve ser emborcada na câmara, de tal forma que sua boca tangencie o nível de água no seu interior; caso haja infiltração de água na parede, o mesmo volume de água infiltrada deve ser repostado pela água contida na bureta, mantendo-se constante o nível de água no interior da câmara e permitindo-se a quantificação da água infiltrada, conforme ilustrado na figura 28.

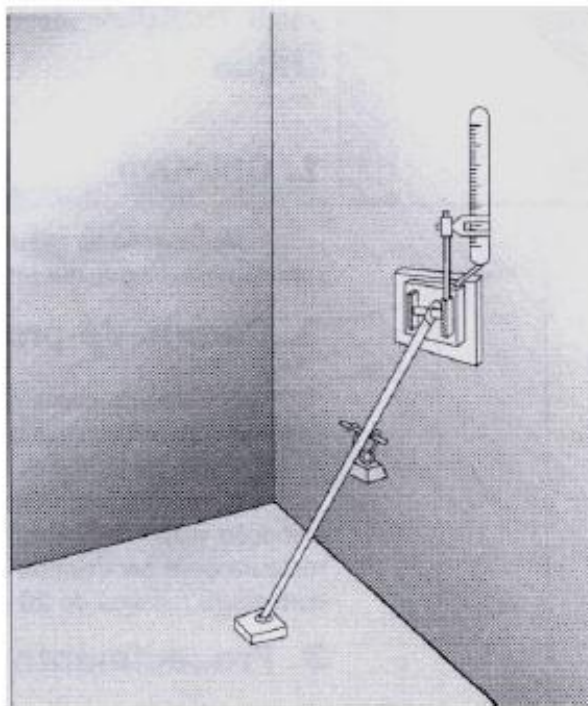


Figura 28: Acoplamento de câmara de ensaio

Fonte: (ABNT NBR 15575/2013)

Para os fabricantes:

A permeabilidade à água deve ser baixa, ou seja, as chapas cimentícias quando ensaiadas podem apresentar traços de umidade nas faces inferiores, porém sem surgimento de gotas de água, conforme critério da NBR 15.498 (2007). A absorção de água, segundo a diretriz Sinat 003, deve ser menor ou igual a 25%.

Para paredes com chapas “Gypsum RU” foram conduzidos ensaios de comportamento sob ação do calor e umidade, de forma a verificar as exigências da NBR 11675. Sob ação do calor e umidade, nenhuma ocorrência foi observada ao término do ensaio. Sob ação da umidade, a variação na espessura ficou dentro do limite especificado na NBR 11675, tendo a face que recebeu nebulização com água apresentando pequenos pontos de bolor. Ressalta-se que os corpos de prova foram constituídos por chapas com a face nua, ou seja, sem nenhuma proteção ou revestimento adicional, além do próprio cartão de fabricação.

Foi conduzido ensaio de determinação da resistência ao desenvolvimento de fungos, conforme procedimento adaptado da norma ASTM D3273-94, *Standard Test Method for Resistance to Growth of Mould on the Surface of Interior Coating in a Environmental Chamber*. Foram incluídas no ensaio, juntamente com as chapas “Gypsum RU”, chapas “Gypsum ST” e réplicas de chapas de madeira, todas as amostras nas mesmas condições. Após 7 dias de incubação, apenas as réplicas de chapas de madeira apresentavam mais do que 70% de crescimento sobre a área total; nesta idade, as amostras de chapas de gesso acartonado não apresentavam crescimento de fungos. Após 28 dias de incubação, as amostras de chapas “Gypsum Ru” apresentavam valores variados de crescimento de fungos, até 30% (um corpo de prova), até 70% (cinco corpos de prova) e mais que 70% (3 corpos de prova) de crescimento sobre a área total. Após 28 dias de incubação, as chapas “Gypsum ST” apresentavam valores de crescimento de fungos de até 70% ou mais que 70% de crescimento sobre a área total. Ressalta-se que as amostras foram preparadas apenas com as chapas, sem nenhuma proteção superficial.

Desta forma, ressalta-se a necessidade de proteção superficial nas chapas tipo RU em áreas úmidas, a importância da adequada execução em obra, do emprego de impermeabilizações nas paredes e pisos, da adoção de detalhes construtivos para que não haja o comprometimento do desempenho e da durabilidade das paredes. Além disso, é importante o uso adequado dos ambientes, além da previsão em projeto de sistemas eficientes de ventilação e insolação.

9.6 DESEMPENHO TÉRMICO

O adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e as atividades normais em uma habitação, contribuindo ainda para a economia de energia. A avaliação de desempenho pode ser feita de forma simplificada, com base em propriedades térmicas das fachadas

e das coberturas, ou por simulação computacional, onde são cotejados simultaneamente todos os elementos e todos os fenômenos intervenientes (MARTINS, 2013).

Esta parte da ABNT NBR 15575 apresenta os requisitos e critérios para verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico de vedações verticais externas e internas, conforme definições, símbolos e unidades das ABNT NBR 15220-1 e ABNT NBR 15220-5.

No procedimento de simulação do desempenho térmico podem ser consideradas condições de ventilação e desombreamento, conforme NBR 15575-1. No caso da ventilação pode ser considerada uma condição “padrão”, com taxa de 1ren/h, ou seja, uma renovação de ar por hora do ambiente (renovação por frestas), e uma condição “ventilada”, com taxa de 5 ren/h, ou seja, cinco renovações de ar por hora do ambiente sala ou dormitório. No caso do sombreamento das aberturas pode ser considerada uma condição “padrão”, na qual não há nenhuma proteção da abertura contra a entrada da radiação solar, e uma condição “sombreada”, na qual há proteção da abertura que corte pelo menos 50% da radiação solar incidente no ambiente sala ou dormitório.

Os requisitos a serem atendidos serão adequação de paredes externas e apresentar transmitância térmica e capacidade térmica que proporcionem pelo menos desempenho térmico mínimo estabelecido em 11.2.1 para cada zona bioclimática estabelecida na ABNT NBR 15220-3.

Método de avaliação:

Cálculos conforme procedimentos apresentados na ABNT NBR 15220-2. Este método está sendo considerado como simplificado para efeito de análise conforme ABNT NBR 15575-4.

De acordo com os fabricantes:

Com uma espessura de apenas 195 mm de sistema de fachada, obtém-se um isolamento térmico de 0,24 W/m²K. Em comparação com a alvenaria convencional para o mesmo isolamento térmico, seria preciso no mínimo 365

mm para o bloco de concreto ou 490 para o bloco cerâmico. Essa parte da norma verifica o desempenho térmico das fachadas da edificação, como o *drywall* é parede de vedação interna, não vamos abranger muito esta etapa.

9.7 DESEMPENHO ACÚSTICO

Segundo MARTINS (2013), faz-se necessária a adequação acústica por parte de fachadas, coberturas, entrepisos e paredes de geminação. Além de critérios de isolamento ao som aéreo, a norma inclui disposições para a isolamento ao ruído transmitido por impactos, fator extremamente importante para os entrepisos e coberturas acessíveis.

Esta parte da ABNT NBR 15575/2013 apresenta os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns.

Os valores normativos são obtidos por meio de ensaios realizados em campo para o sistema construtivo. São apresentados valores de referência, considerando ensaios realizados em laboratório, em componentes, elementos e sistemas construtivos.

Na figura 29, encontramos os ambientes onde estão inseridas as paredes e os níveis de desempenho acústico considerados do mínimo ao superior indicados pela norma NBR 15575/2013.

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso em que pelo menos um dos ambientes é dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S

Figura 29: Ambientes onde estão inseridas as paredes e seus níveis de desempenho acústico.

Fonte: (ABNT NBR 15575/2013)

Métodos de ensaios:

- Método de precisão, realizado em laboratório:

Este método determina a isolamento sonora de componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros), fornecendo valores de referência de cálculo para projetos. O método de ensaio é descrito na norma ISO 10140-2.

Para avaliar um projeto com diversos elementos (parede com janela, parede com porta etc.), é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

- Método de engenharia, realizado em campo:

Para SVVE (fachadas): determina, em campo, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso), caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema.

O método é descrito na norma ISO 140-5. Para SVVI (paredes internas): determina, em campo, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema. O método é descrito na norma ISO 140-4.

Os resultados obtidos restringem-se somente às medições efetuadas.

- Método simplificado de campo

Este método permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso), do isolamento sonoro global entre recintos internos, em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter este parâmetro. O método simplificado é descrito na ISO 10052.

Os resultados obtidos restringem-se somente às medições efetuadas.

Entre os métodos de medição de campo, o método de engenharia é o mais preciso.

Parâmetros de verificação:

Os parâmetros de verificação adotados nesta parte da norma constam na figura 30.

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
R_w	Índice de Redução Sonora Ponderado	ISO 10140-2 ISO 717-1	Componentes, em laboratório
$D_{nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes etc.)
$D_{2m,nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada	ISO 140-5 ISO 717-1	Fachadas, em edificações Fachadas e coberturas em casas térreas e sobrados

Figura 30: Parâmetros de verificação para desempenho acústico.

Fonte: (ABNT NBR 15575/2013)

Método de avaliação:

Devem ser avaliados os dormitórios da unidade habitacional. Deve-se utilizar um dos métodos de campo para a determinação dos valores da diferença padronizada de nível, D2m, nT, w. As medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora.

De acordo com os fabricantes:

Uma parede *drywall* com 120 mm de espessura, composta por estrutura com perfis de aço galvanizado de 70 mm de largura com duas chapas de cada lado e lã mineral no interior, isola de 50 a 52 decibéis e, assim, atende aos níveis mínimos e intermediários em praticamente todos os casos. Já uma parede com 200 mm de espessura, com dupla estrutura separada, duas chapas de cada lado e lã mineral no interior, atende com folga ao nível superior em qualquer situação, pois isola de 64 a 66 decibéis. Exigências ainda maiores podem ser atendidas com paredes *drywall*.

Na figura 31 vamos encontrar os níveis de redução sonora de acordo com as dimensões e materiais utilizados na composição das paredes de *drywall* fazendo um comparativo com os principais fornecedores brasileiros.

Fabricante/ Especificação da parede	Nº total de camadas de chapas de gesso	Índice de redução sonora ponderado (Rw)	
		Sem lâ de vidro	Com lâ de vidro
Knauf			
W111-73/48/600	2 x 12,5 – GKB-AK	34	44 (50 mm)
W115-195/70/600	4 x 12,5 – GKB-AK	51	61 (50 mm)
Lafarge			
D 100/75/600	2 BR 12,5	39	45 (75 mm)
D 125/75/600	4 BR 12,5	45	50 (50 mm)
Placo			
73/48/600	1st 12,5/ 1st 12,5	36	43 (50 mm)
98/48/600	2st 12,5/ 2st 12,5	42	49 (50mm)

Figura 31: Níveis de redução sonora de acordo com as dimensões e materiais utilizados na composição das paredes de *drywall*.

Fonte: (Losso e Viveiros, 2004)

Na maior parte das edificações modernas não existe forma de isolar o som produzido em outras dependências da casa ou mesmo o ruído proveniente do exterior. Muitas vezes pensa-se que a única forma de evitar a propagação do ruído é aumentar a largura das paredes. No entanto, este problema poderia ser resolvido caso se utilizassem materiais que comprovadamente revelam ser maus condutores do som, ao contrário do que acontece com o tijolo e o cimento.

As lãs minerais, utilizadas na cavidade interior das paredes, são eficazes não só pela sua estrutura como também pela sua densidade, sendo consideradas por testes laboratoriais como possuindo alto poder de isolamento acústico.

No entanto, os restantes materiais também atuam como escudo dispersor dos ruídos. Nas paredes interiores, a utilização do gesso cartonado contribui para reduzir a transmissão do som. Nas exteriores, além do gesso numa das faces, há ainda que contar com o OSB e ainda o poliestireno expandido.

10. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na tabela 1, veremos uma análise sintética dos resultados a partir da comparação dos dados fornecidos pela ABNT NBR 15575/2013 e as dos fabricantes, indicando que o sistema vedações internas de construção a seco drywall está atendendo e quanto a mais de desempenho temos em cada parte da norma.

	NBR 15575/2013	ENSAIOS FABRICANTES	RESULTADOS
Segurança estrutural	Não ocorrência de falhas quando não tiver função estrutural	De acordo com ensaios feitos pelo IPT, atendem a norma	Atende a norma
Resistência a corpo mole	Energia de impacto de 240J não pode ocorrer ruínas	Com 3 impactos de 240J não ocorreu falhas	A parede mais simples de 7,3cm atende ao ensaio de desempenho
Impacto de corpo duro	Energia de impacto com 10J	De acordo com ensaios do IPT atendem a norma	Atende a norma
Segurança contra incêndio	Depende da edificação de 30 a 120 minutos	As paredes mais simples suportam 30 minutos com placas chapas resistentes ao fogo atendem os 120 minutos	A estrutura continua a mesma, apenas trocando as chapas com resistência ao fogo, e aumentando para 2 chapas de cada lado, consegue atender o desempenho previsto
Estanqueidade à água	Na norma frisa mais as paredes externas, não mostrando indicações de estanqueidade para as internas	As placas diferenciadas para áreas úmidas absorvem menos de 25 % da umidade, e reduz o crescimento de fungos em 70 %	Se a área úmida tiver muita intensidade de água indica-se trocar as placas de <i>drywall</i> por placas cimentícias
Desempenho térmico	Indica desempenho para paredes externas	<i>Drywall</i> é aplicado apenas em áreas externas	Os sistemas de fachada com placas cimentícias atendem as especificações
Desempenho acústico	Para divisão de geminadas o nível maior que 50db é satisfatório	Uma parede de <i>drywall</i> com 12 cm de espessura com duas chapas de cada lado e lã mineral isola de 50 a 52db	Se aumentarmos a parede de <i>drywall</i> para 20 cm com dupla estrutura separada, duas chapas de cada lado e lã mineral no interior isola de 64 a 66 db, mesmo com

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de avaliação do emprego das normas técnicas para a produção de *drywall* foi viabilizado através do estudo detalhado da biografia disponível e da aplicação das normas técnicas vigentes, detacando-se a ABNT NBR 15575-2013.

As vedações verticais internas foram avaliadas em todas as subdivisões da norma de desempenho, comparando-se com as informações fornecidas pelos fabricantes e associações, demonstrando sempre a preocupação com a padronização desde a fabricação até a montagem no local.

O material utilizado no Brasil é o mesmo utilizado em outros países que anos vem industrializando a construção civil, tendo uma margem de erro muito pequena, quase imperceptível na fabricação das chapas ou montantes. Assim os projetos que especificam os sistemas de construção a seco são rigorosamente seguidos.

A análise das biografias fornecidas pelos fabricantes valida a hipótese levantada no item 2. Deste trabalho, qual seja, que os sistemas de construção a seco – *drywall* está sempre em constante evolução para atender as normas e sempre ter uma eficiência superior aos outros materiais da construção civil. Procurando a muitos anos seguir uma padronização de qualidade e bons resultados no seu uso.

Apesar de parecer um sistema frágil, com a busca de uma mão de obra especializada, o *drywall* tem previvão de crescer muito mais como material de construção, tornando-se mais popular para as vedações verticais internas, observando-se o aumento de seu consumo nos últimos anos.

O comportamento do sistema *drywall* em relação aos diferentes quesitos da Norma de Desempenho é explicado pelo consultor técnico da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall*, Carlos Roberto de Luca, que esclarece: “Para que os desempenhos especificados sejam alcançados, deve ser obedecida a Norma de Projeto e Montagem desse sistema

(ABNT NBR 15758), que oferece todas as orientações para a correta aplicação da tecnologia *drywall* em várias situações”.

Podemos concluir que o *drywall* atende as normas de desempenho NBR 15575/2013 e é recomendado o uso principalmente em situações de grande complexidade, já que ele apresenta variações de formas e complementos, tornando-o viável.

11.1 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Sugerem-se, abaixo, proposições para novos trabalhos relacionados ao presente estudo:

- Custo de uma obra em sistema convencional x sistema de construção a seco;
- Detalhamento construtivo para execução de obras com *drywall*;
- Intempéries e soluções em obras com *drywall*;
- Comparação da NBR 15575/ 2013 antes e após a revisão.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, Sandra de Andrade; SANTOS, Luciana Cardoso; FERREIRA, José Leonidio; DEUS, Gilmar Souza; FABRIS, Stephanie Russo; RUSSO, Suzana Leitão. **Prospecção Tecnológica: Gesso Acartonado**. IV Simpósio Internacional de Inovação Tecnológica, 2013.

MARTINS, José Carlos; **Desempenho de Edificações Habitacionais**. Guia Orientativo para Atendimento À Norma ABNT NBR 15575/2013.

LOSSO, Marco; VIVEIROS, Elvira. **Gesso acartonado e isolamento acústico: teoria versus prática no Brasil**. Iconferência latino-americana de construção sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2004.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; RODRIGUES, Maíra Neves; OLIVEIRA, Márcio Sequeira. **Light steel framing como alternativa para a construção de moradias populares**. Construmetal – congresso latino-americano da construção metálica, 2010.

TANIGUTTI, Eliana Kimie; BARROS, Mercia Maria S. Bottura de. **Recomendações para produção de vedações verticais para edifícios com placas de gesso acartonado**, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho de Edificações Habitacionais**. ABNT NBR 15575, 2013.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Manual de Construção em Aço: Steel Framing – Arquitetura**. Instituto Brasileiro de Siderurgia – Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2006.

KRUGER, P. von. **Análise de Painéis de Vedação nas edificações em estrutura metálica**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2000.

COELHO, R. A. **Sistema construtivo integrado em estrutura metálica**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CATAI, R. E.; PENTEADO, A. P.; DALBELLO, P. F. **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. 17º CBECIMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, Paraná, 2006.

BATISTA, R. C. **Análise estrutural de uma residência constituída por perfis de aço galvanizados de pequena espessura formados a frio segundo o sistema construtivo a seco – Light Steel Framing (LSF)**. Monografia – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SANTIAGO, A. K.; ARAÚJO, E. C. **Sistema Light Steel Framing como fechamento externo vertical industrializado**. Construmetal – Congresso Latino – Americano da Construção Metálica. São Paulo, 2008.

MOLINA, J. C.; CALIL, C. **Sistema Construtivo em wood frame para casas de madeira**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas. Londrina, Paraná, 2010.

PAESE, M. C. B. **Análise de sistemas construtivos em madeira implantados na região de Curitiba – Paraná**. Dissertação (Mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LAER C. B. V.; FERNANDES, B. B.; SOARES, P. P.; TABARELLI, A.; POUEY, M. T. F. **Construção Seca estilo wood frame: estudo de casos regionais de moradias populares**. XXII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas. Rio Grande do Sul, 2013.

SANTOS, H. H. V. **O uso de wood frame na construção de edificações públicas escolares sustentáveis no estado do Paraná**. Monografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

WEIRICH, P. **Análise comparativa do volume de madeira empregado em telhados convencionais e no sistema wood-frame**. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

SOUZA, J. **Alternativas tecnológicas para edificações**. Volume 1. São Paulo: Pini, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. Disponível em: <www.drywall.org.br>.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=84>>. Acesso em: 12 de novembro de 2013.

LP BRASIL. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/aplicacoes/aplicacoes-na-construcao-ces.asp>>. Acesso em: 10 de novembro de 2013.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. Disponível em: <<http://www.institutodeengenharia.org.br>>. Acesso em: 20 novembro 2013.