



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGreste
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME HENRIQUE DE LUCENA PEREIRA

ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO-BENEFÍCIO ENTRE CONSTRUÇÃO A SECO E CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL

**CARUARU
2018**

GUILHERME HENRIQUE DE LUCENA PEREIRA

ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO-BENEFÍCIO ENTRE CONSTRUÇÃO A SECO E CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso II –TCC II, submetido à Banca Examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Profa. Msc.: Larissa Maria Argollo de Arruda Falcão

**CARUARU
2018**

Catalogação na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

P436a Pereira, Guilherme Henrique de Lucena.
Análise comparativa do custo-benefício entre construção a seco e construção convencional. / Guilherme Henrique de Lucena Pereira. - 2018.
138f.; il.: 30 cm.

Orientador: Larissa Maria Argollo de Arruda Falcão.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2018.
Inclui Referências.

1. Construção civil. 2. Construção - Industrialização. 3. Aço - Estruturas. I. Falcão, Larissa Maria Argollo de Arruda (Orientadora). II. Título.

ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO-BENEFÍCIO ENTRE CONSTRUÇÃO A SECO E CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL

GUILHERME HENRIQUE DE LUCENA PEREIRA

Trabalho de Conclusão de Curso II –TCC II, submetido à Banca Examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Profa. Msc.: Larissa Maria Argollo de Arruda Falcão

A banca composta pelos professores abaixo, considera O ALUNO GUILHERME HENRIQUE DE LUCENA PEREIRA APROVADO COM NOTA _____.

Aprovado em 09 de Julho de 2018 por:

Prof.^a Msc. Larissa Maria Argollo de Arruda Falcão
Curso de Engenharia Civil/UFPE (Orientadora)

Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz
Curso de Engenharia Civil/UFPE (Avaliador)

Prof. ^a Msc. Marília Neves Marinho
Curso de Engenharia Civil/UFPE (Avaliadora)

Prof. Dr. Elder Alpes de Vasconcelos
Curso de Engenharia Civil/UFPE (Coordenador da disciplina)

**Dedico
primeiramente a Deus, pela vida, saúde e ânimo;
dedico a minha mãe por todo amor, apoio e
encorajamento; dedico a minha namorada pela
ajuda, pelas dicas e todo o apoio intelectual e
técnico; dedico a minha professora e orientadora
por seu conhecimento, paciência e auxílio; e
dedico a todos que me ajudaram, incentivaram e
apoaram na minha caminhada durante o curso e
o intercâmbio que pude realizar na Irlanda.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela saúde, inteligência e tudo que Ele é para mim. Por ter sido um pai amoroso e misericordioso, me guiando pelo caminho certo e me tirando dos laços do inimigo. Toda honra e toda glória sejam dadas somente a Ele.

À Professora Larissa Falcão, por toda paciência, atenção, compreensão e orientação. Por todas as suas aulas de construção civil e todo seu conhecimento passado.

Aos meus familiares, especialmente minha mãe, Flávia, que sempre me deu apoio e carinho e me fez prosseguir no curso mesmo nos maiores momentos de aflição e pela sua compreensão nos momentos de ausência. Uma grande parcela de quem eu sou vem do seus ensinamentos e amor para comigo.

À minha namorada Fabiana, que sempre me deu apoio e carinho e me auxiliou em muitas partes deste trabalho. Por sua compreensão nas minhas ausências e momentos agitados, por toda sua atenção e amor.

A todos colegas, amigos e professores que me ajudaram ao longo do curso. Especialmente aos professores Cléssio, Bono, Humberto e Douglas, e meus amigos Jefferson, Belone, Felipe, Rayke e outros, pois aprendi muito com todos eles.

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), todos os professores, técnicos, funcionários e colegas por tudo que fizeram e fazem, por deixarem o ambiente do CAA sempre agradável e bonito.

“A verdade vem de Deus, onde quer que a encontremos, e é nossa, é da igreja... Não devemos fazer destas coisas um ídolo, mas a verdade, onde quer que a encontremos, é da igreja; portanto, com uma boa consciência podemos fazer uso de qualquer autor humano”.

Richard Sibbes

RESUMO

O sistema de construção convencional, que utiliza-se de concreto armado e alvenaria, ainda é o mais utilizado no Brasil, no entanto, em regiões com problemas hídricos, tal como o agreste de Pernambuco, este sistema construtivo acaba por elevar o consumo deste bem relativamente escasso nesta localidade. Desta feita, a engenharia precisa buscar soluções viáveis para este problema. Uma alternativa muito usada em países altamente desenvolvidos e industrializados, é o uso do sistema construtivo a seco, o qual pode ser em aço, madeira, *drywall* e outros. Estes são mais rápidos, leves, com menores desperdícios e aumentam a área útil da construção, todavia seus custos mais elevados, a mão-de-obra pouco qualificada e a desconfiança dos potenciais usuários fazem com que sua utilização seja um processo difícil e custoso. Nesse sentido objetivou-se comparar, tecnicamente, os métodos de construção a seco e convencional, apresentar algumas especificidades do método a seco e verificar se este método é uma alternativa viável para concorrer ou substituir os métodos construtivos convencionais, analisando fatores operacionais e econômicos e evidenciando vantagens e desvantagens de ambos os sistemas. Estudo de abordagem qualitativa do tipo revisão bibliográfica, no qual foram utilizadas bibliotecas virtuais (plataforma Google acadêmico, website da CBCA e website drywall.org.br) e biblioteca física da Universidade Federal de Pernambuco. Entre as fontes, estão artigos acadêmicos, normas técnicas, trabalhos de conclusão de curso e websites especializados. O estudo foi desenvolvido na cidade de Caruaru, no estado de Pernambuco, no período de Março de 2017 a junho de 2018. Em relação aos resultados, foi possível constatar que a construção em aço e *drywall* é mais leve, rápida, possui um desempenho termoacústico mais eficiente e economiza mais água quando faz-se uma comparação com a construção convencional. É visto, também, que o valor global do aço é maior, pois o rendimento é mais acentuado. Além disso, os fornecedores de materiais para construção a seco estão em constante crescimento no Brasil e em Pernambuco. Conclui-se, portanto, que o método construtivo a seco está muito bem estruturado e detalhado por meio de manuais, normas técnicas e várias obras que auxiliam pesquisadores, estudantes, construtores, clientes, empresas e profissionais do ramo a investirem nesta nova tecnologia. Seus frutos podem ser vistos em diversas obras ao redor do mundo, e o Brasil começa a investir mais seriamente na área. No entanto ainda há muito a se fazer, principalmente em

Pernambuco, pois existe uma resistência muito grande por parte de várias camadas da sociedade, que já estão satisfeitas com as tecnologias artesanais antigas e parecem não estar dispostas a avançar neste quesito.

Palavras-chave: Construção à seco. *Light Steel Framing*. *Drywall*. Construção industrializada.

ABSTRACT

The conventional construction system, which has reinforced concrete and masonry as its feedstock, is the most used one yet in Brazil, however, in regions where water problems are present, such as in Agreste of Pernambuco, this building system increases the consumption of this relatively meager substance at this location. Hence, the engineering industry needs to find possible solutions to those issues. An alternative which is widely used in highly developed and industrialized nations is the use of the dry construction system, which can be as steel frame, wood frame, drywall and others. Those methods are faster and softer, and they increase the construction floor area, although their bigger costs, the problem of an unqualified manpower and the mistrust of likely users make its use a hard and expensive process. By those means, the main goal was to compare technically those construction systems, showing features of the dry method and to verify whether this method is a possible alternative in order to compete or replace the conventional ones, analysing operational and economic factors, and proposing vantages and drawbacks from both systems. This study has a qualitative approach as a bibliographic review, on which were used virtual libraries (Academic Google, CBCA website and the website drywall.org.br) and the Library of The *Universidade Federal de Pernambuco*. Among the used sources, there are academic papers, codes and specialized websites. This study was undertaken in Caruaru, state of Pernambuco, from March 2017 to June 2018. In relation to the results, it was possible to conclude that steel framing and drywall are softer, faster, it has a better termo-acoustic and saves more water in comparison with the traditional method. It is also seen that the global value of steel framing is bigger, for the income is higher. Furthermore the dry construction material suppliers are in a steady growth in Brazil and in Pernambuco. Advantages and disadvantages from both constructive systems will be highlighted, as well as a valuation of cost and global value. It is necessary to do an evaluation of deadlines, the thermal acoustic insulation, and to evaluate the scenario of LSF and Drywall manufacturers in Brazil and the state of Pernambuco. The dry construction method is properly organized and detailed by manuals, codes and many Works which aid researchers, students, builders, clients, companies and professionals of this industry to invest in this new technology. Its results can be seen on lots of different Works all around the world, and Brazil starts to invest seriously in this industry. However there are many actions to do, mainly in

Pernambuco, because there is a big resistance kept by various layers of the local society, which are satisfied with the outdated craft Technologies and they are not willing to advance on this issue.

Keywords: Dry construction. Light Steel Framing. Drywall. Industrialized construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema típico e geral de uma residência em sistema LSF.....	28
Figura 2: Estrutura de Residência em LSF em São Paulo.....	29
Figura 3: Construção em Steel Frame.....	29
Figura 4: Parede externa em LSF.....	30
Figura 5: Parede interna em LSF (drywall).....	31
Figura 6: Fundação em radier.....	42
Figura 7: Fundações em sapata e bloco.....	43
Figura 8: Tijolos de 8 furos e suas dimensões.....	44
Figura 9: Revestimentos verticais argamassados.....	46
Figura 10: Trama de um telhado.....	49
Figura 11: Mais detalhes sobre a trama de um telhado.....	49
Figura 12: Colocação de esquadria pelo sistema convencional.....	51
Figura 13: Esquematização da colocação de esquadria em parede de alvenaria.....	51
Figura 14: Composição das tintas.....	54
Figura 15: Perfis típicos em LSF.....	61
Figura 16: Perfis de chapa dobrada, os quais são cobertos pela NBR-14672, 2001...	61
Figura 17: Tipos de elementos componentes de perfis formados a frio.....	62
Figura 18: Tipos de seções transversais mais comumente usadas.....	63
Figura 19: Tipos de chapas de gesso.....	66
Figura 20: Fechamento em placas de gesso acartonado.....	67
Figura 21: Aplicação de placas OSB em uma residência.....	68
Figura 22: Aplicação de placa cimentícia.....	69
Figura 23: Detalhe da peça de reforço na ancoragem da estrutura à fundação por meio de barra roscada.....	73

Figura 24: Esquema geral de ancoragem química com barra roscada.....	74
Figura 25: Parabolt expansível.....	74
Figura 26: Ancoragem Provisória.....	75
Figura 27: Fundação em sapata corrida.....	77
Figura 28: Corte detalhado de fundação em sapata corrida.....	77
Figura 29: Corte esquemático de fundação em radier.....	78
Figura 30: Detalhe esquemático de ancoragem de um painel estrutural em uma laje de fundação em radier.....	78
Figura 31: Componentes de um painel estrutural com aberturas.....	80
Figura 32: Componentes, em detalhes, de um painel estrutural com aberturas.....	80
Figura 33: Componentes de um painel de entrepiso (laje).....	81
Figura 34: Transmissão, para a fundação, da carga vertical que atua no painel.....	84
Figura 35: Painel típico em LSF.....	86
Figura 36: Esquema básico de uma placa de gesso acartonado (drywall).....	87
Figura 37: Esquema básico de uma divisória de gesso acartonado (drywall).....	87
Figura 38: Parafuso de cabeça sextavada e ponta broca.....	88
Figura 39: Esquematização de laje úmida.....	89
Figura 40: Esquema de Estrutura de laje seca em LSF.....	89
Figura 41: Esquematização de laje seca com painel OSB.....	90
Figura 42: Laje mista em LSF.....	90
Figura 43: Vigas de piso.....	91
Figura 44: Instalação de placas OSB sobre o telhado.....	91
Figura 45: Contraventamento em X.....	93
Figura 46: Contraventamento em K.....	93
Figura 47: Painéis contraventados em função das aberturas.....	94
Figura 48: Instalação de lã de vidro em painel.....	96

Figura 49: Painel e placa colocados.....	101
Figura 50: Colocação da lã mineral para isolamento.....	102
Figura 51: Acabamento das divisórias.....	102
Figura 52: Paredes em Steel Frame com instalações elétricas e hidráulicas.....	103
Figura 53: Esquema de instalações nos painéis em LSF ou drywall.....	104
Figura 54: Shaft numa residência em drywall e LSF.....	105
Figura 55: Sistema PEX para instalações hidráulicas em LSF.....	106
Figura 56: Tubulação de instalação elétrica em painéis drywall.....	106
Figura 57: Eletroduto com trava e caixas elétricas adequadas para LSF.....	107
Figura 58: (a) Parcela dos custos de uma habitação convencional e (b) Parcela dos custos de uma habitação em LSF.....	114
Figura 59: Formas correta e incorreta de estocagem das chapas de gesso.....	116
Figura 60: Forma correta de transporte manual de chapas de gesso pesadas.....	116
Figura 61: As maneiras correta e incorreta de estocagem dos perfis metálicos não-estruturais.....	117
Figura 62: Sequência de montagem do sistema drywall.....	119
Figura 63: Comparação do valor global de venda entre aço e concreto.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Desempenho de paredes drywall.....	26
Tabela 2: Estudo comparativo de Sistemas Construtivos.....	36
Tabela 3: Resistência térmica da alvenaria e da lã de vidro	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Desempenho das paredes Drywall.....	26
Quadro 2: Nomenclatura das paredes.....	27
Quadro 3: Vantagens na construção em aço.....	32
Quadro 4: Quesitos verificados para definição de um sistema de pintura adequado..	53
Quadro 5: Utilizações e propriedades mais comuns para o sistema drywall.....	58
Quadro 6: Perfis de aço para paredes Drywall.....	64
Quadro 7: Chapas de gesso mais comumente usadas.....	66
Quadro 8: Parafusos usados para fixação dos perfis.....	70
Quadro 9: Tipos de fitas para tratamento.....	71
Quadro 10: Tipos de massas para fixação.....	72
Quadro 11: Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em LSF e suas respectivas aplicações.....	81
Quadro 12: Tipos de perfis metálicos em aço galvanizado.....	82
Quadro 13: Dimensões básicas de uma divisória de gesso acartonado (drywall).....	87
Quadro 14: Especificação das lâs minerais.....	95
Quadro 15: Instalação de lã de vidro em painel.....	97
Quadro 16: Classe de transmissão de som para alguns elementos constitutivos.....	98
Quadro 17: Índice de redução acústica (Rw) correspondente à lã de vidro (Para o fabricante Saint-Gobain).....	99
Quadro 18: Resistência térmica e condutividade térmica da lã de vidro (Para o fabricante Saint-Gobain).....	100
Quadro 19: Custos de construção por m ² em cada sistema.....	110
Quadro 20: Custos de construção por m ² e o custo total aproximado pela modelagem proposta por Milan et al. (2011), em cada sistema.....	110
Quadro 21: Modelagem de Loturco (2011) para comparar os custos (em R\$) para uma residência de 188 m ² entre os dois sistemas estudados.....	111

Quadro 22: Cronograma de execução para uma residência popular em LSF.....	112
Quadro 23: Ferramentas necessárias para montagem dos sistemas em drywall...	117
Quadro 24: Principais ferramentas necessárias para fixação de objetos em paredes drywall.....	120
Quadro 25: Localização regional das empresas fabricantes de perfis para LSF e drywall.....	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Elemento com bordas vinculadas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AL – Elemento com borda livre

BDI - Bonificação e despesas indiretas

bf – Largura da mesa

bw – Largura da alma

°C – Graus Celsius

CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço

CTSA - Classe de Transmissão de Som Aéreo

CUB – Custo Unitário Básico

hf – Altura da mesa

K - Kelvin

LSF - *Light Steel Framing*

m² - Metro quadrado

NBR - Norma Brasileira.

OSB - *Oriented Strand Board*

PFF – Perfis Formados a Frio

PVC – Policloreto de Vinila

RF – Placa resistente ao fogo

RU – Placa resistente à umidade

ST – Placa Standard

tw – Espessura da alma

U – Perfil tipo “U”

Ue – Perfil tipo “U” enrijecido

VGV – Valor Global de Venda

W - Watts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Objeto de estudo.....	23
1.2 Justificativa.....	23
2 OBJETIVOS.....	24
2.1 Objetivo geral.....	24
2.2 Objetivos específicos.....	24
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
3.1 Paredes <i>Drywall</i>	24
3.2 <i>Light Steel Frame</i> (LSF).....	27
3.3 Quesitos avaliados.....	36
4 METODOLOGIA.....	39
4.1 Tipo de estudo.....	40
4.2 Local de estudo.....	40
4.3 Coleta e análise de dados.....	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
5.1 Sistema de Construção Convencional.....	41
5.1.1 Método Executivo.....	41
5.1.1.1 Fundação.....	41
5.1.1.2 Alvenaria.....	43
5.1.1.3 Revestimento e Forro.....	45
5.1.1.4 Revestimento de Paredes.....	45
5.1.1.5 Revestimento de Pisos.....	47
5.1.1.6 Cobertura.....	47
5.1.1.7 Esquadrias.....	49
5.1.1.8 Instalações Hidrossanitárias e elétricas.....	51
5.1.1.9 Pintura.....	52
5.1.2 Consumo elevado de água.....	54
5.1.3 Vantagens e Desvantagens.....	55

5.1.4 Análise do Custo.....	56
5.2 Sistema de Construção a Seco (LSF e Drywall).....	57
5.2.1 Materiais Componentes.....	60
5.2.1.1 Aço.....	60
5.2.1.2 Perfis Metálicos.....	60
5.2.1.3 Revestimentos de fechamentos e fixação.....	63
5.2.1.4 Ancoragem.....	72
5.2.2 Fundação.....	75
5.2.3 Estrutura.....	78
5.2.3.1 Principais definições estruturais.....	78
5.2.3.2 Estrutura Vertical.....	83
5.2.3.2.1 Painéis estruturais ou autoportantes.....	83
5.2.3.2.2 Painéis não-estruturais.....	86
5.2.3.3 Estrutura Horizontal.....	88
5.2.3.4 Estabilização da Estrutura.....	92
5.2.4 Isolamento.....	94
5.2.4.1 Isolamento Acústico.....	96
5.2.4.2 Isolamento Térmico.....	99
5.2.5 Revestimento e fechamento.....	100
5.2.6 Escadas.....	102
5.2.7 Instalações Hidrossanitárias e Elétricas.....	103
5.2.7.1 Instalações Hidrossanitárias	104
5.2.7.2 Instalações Elétricas.....	106
5.2.8 Vantagens e Desvantagens.....	107
5.2.9 Análise do Custo, do prazo de execução e da mão de obra.....	109
5.2.9.1 Análise do Custo.....	109
5.2.9.2 Análise do prazo de execução.....	112

5.2.9.3 <i>Análise da mão de obra</i>	113
5.2.10 Alguns detalhes adicionais sobre o Drywall.....	114
5.2.10.1 <i>Pintura</i>	114
5.2.10.2 <i>Estocagem</i>	115
5.2.10.3 <i>Montagem</i>	117
5.3 Cenário dos fabricantes de LSF e Drywall no Brasil.....	120
5.4 Breve resumo sobre o LSF.....	122
5.5 Comparação do Valor Global entre os sistemas.....	124
5.6 Breve resumo sobre os objetivos propostos alcançados.....	126
6 CONCLUSÕES.....	127
6.1 Sugestões para pesquisas futuras.....	128
REFERÊNCIAS	130
APÊNDICE A - Planta do térreo da residência estudada.....	135
APÊNDICE B - Planta do primeiro andar da residência estudada.....	136
APÊNDICE C – Planta de forma da residência estudada.....	137
ANEXO A – Relatório com os valores do CUB/m ² de Janeiro de 2018 em Pernambuco.....	138

1 INTRODUÇÃO

A globalização e o acelerado aumento populacional têm influência direta nos avanços tecnológicos, de tal forma que a indústria da construção civil necessite ser mais eficiente e produtiva, atendendo a uma demanda cada vez mais exigente e numerosa, de maneira a minimizar os desperdícios. Uma das saídas que muitos países desenvolvidos têm adotado é o uso de métodos construtivos a seco, tais como: *Light Steel Framing* (LSF), *Drywall* e Construções de Madeira, pois estes sistemas são altamente industrializados e de concepção racional, provendo um processo construtivo com maior eficiência, grande rapidez de execução, menor gasto de água e pequenos desperdícios de materiais (PRUDÊNCIO, 2013).

Ainda de acordo com Prudêncio (2013), a construção convencional baseia-se no consagrado modelo composto por concreto armado e alvenaria, o qual possui uma mão de obra muito ativa e qualificada no município de Caruaru, que segundo informações da SINDUSCON-PE (2017) a construção civil e os serviços contribuíram para o crescimento recente do Agreste pernambucano e com o setor, o Agreste conseguiu empreender sem depender de grandes financiamentos dos governos federal ou estadual, embora produza um bem caro: imóveis. Quase 80% dos edifícios de Caruaru foram erguidos em regime de condomínio a preço de custo, segundo dois empresários do ramo, Cláuston Pacas e João Melo, respectivamente diretores da CP Construção e da Comello, que tiveram papel atuante na verticalização da cidade de Caruaru, e praticamente todas as construtoras de Caruaru adotam o sistema convencional em suas obras. No entanto, há um grande consumo de água, que é um bem escasso na região, e desperdícios de materiais, além de gerar alongamentos nos prazos de entrega, o que pode tornar sua eficiência comprometida quando comparada com obras no modelo a seco.

Segundo Santhiago e Araújo (2008), diversas construções que usam o sistema a seco utilizam o sistema *Drywall* para divisórias internas sem função estrutural, como paredes, forros e revestimentos, enquanto que para a estrutura externa e partes internas com função estrutural, como vigas, lajes, pilares, paredes autoportantes e outros, geralmente é usado o *Light Steel Frame* (aço) e/ou madeira estrutural.

O *Light Steel Frame*, com papel estrutural no sistema a seco, possui uma concepção racionalizada, que tem se desenvolvido e sendo aceito no mercado da

construção civil brasileira (PRUDÊNCIO, 2013). É caracterizado pela utilização de perfis de aço galvanizados formados a frio, com grande esbeltez que formam sua estrutura, sendo um sistema que opera conjuntamente com subsistemas leves, também rationalizados, que fazem com que a construção seja industrializada com elevada rapidez e eficiência. O sistema LSF, no Brasil, é empregado principalmente na execução de habitações unifamiliares de pequeno porte, com até dois pavimentos, no entanto, também pode ser usado em diversas construções, tais como hospitais, escolas e edifícios com até quatro pavimentos e como fechamento externo de fachadas para edifícios de múltiplos pavimentos com estrutura principal portante (com função estrutural) (SANTHIAGO & ARAÚJO, 2008).

Há dois conceitos básicos intimamente ligados ao sistema *Light Steel Framing* (LSF), os quais são: *Frame* e *Framing*. *Frame* é o esqueleto estrutural projetado para dar forma e sustentar a edificação, sendo composto por elementos leves, que são os Perfis Formados a Frio (PFF). *Framing* é o processo pelo qual se unem e vinculam estes elementos. Desta feita, podem ser encontradas na bibliografia internacional as expressões *Light Steel Framing Housing* na Europa e *Residential Cold-Formed Steel Framing* nos Estados Unidos, referindo-se às residências construídas com painéis estruturados com perfis de aço revestidos de metais, formados a frio (RODRIGUES, 2006).

O *Drywall*, que significa parede seca, consiste em chapas de gesso acartonado, *Oriented Strand Board* (OSB) ou cimentícias, todas de alta resistência mecânica e acústica, combinadas a estruturas de aço galvanizado, produzidas industrialmente com rigoroso padrão de qualidade e seguindo normas de segurança muito bem fundamentadas. As placas cimentícias e OSB são mais empregadas em estruturas de aço e em áreas molhadas, pois suportam mais umidade que as chapas de gesso acartonado. Essa tecnologia começou a ser usada inicialmente na Europa e Estados Unidos em 1895, mas só chegou ao Brasil na década de 1970, e por ser um método novo e pouco empregado, gera uma insegurança e certa repulsa por parte dos clientes que não confiam em sua segurança e resistência. Todavia a utilização deste método requer mão de obra técnica qualificada, projetos bem planejados e organizados, sendo uma ótima opção construtiva por ser seco, rápido, cerca de 6 vezes mais leve que a alvenaria convencional, e mais facilidades para reparos, montagens e instalações elétricas, hidráulicas e hidrossanitárias (LABUTO, 2014).

O presente trabalho baseia-se em desenvolver uma análise comparativa do custo-benefício entre o sistema construtivo a seco e o sistema construtivo convencional e verificar sua viabilidade em construções costumeiras de padrão popular em municípios como Caruaru. Serão avaliadas algumas variáveis, tais quais: análise do projeto; estimativa da comparação do valor global entre os sistemas; tempo estimado de execução; acústica; segurança estrutural.

1.1 Objeto de estudo

Análise comparativa entre a construção convencional e a construção a seco, no contexto de custo-benefício e viabilidade na cidade de Caruaru.

1.2 Justificativa

A demanda por obras cada vez mais rápidas e eficientes, tem feito com que as construções em alvenaria e concreto armado venham sendo substituídas por métodos construtivos mais rápidos, eficientes e com menos uso de água e um menor desperdício de material. A construção a seco é uma realidade muito presente em países desenvolvidos e industrializados e oferece maior facilidade na montagem, projetos mais simples, pois as peças já vem fabricadas, no caso de *Drywall* e *LSF*, além de gerarem mais facilidades para reformas, mudanças de posicionamento das divisórias, maior isolamento acústico, e uma estrutura com peso próprio menor, porém com segurança e resistência (FERREIRA, 2014).

É relevante que Caruaru e região comecem a investir em mão-de-obra qualificada para lidar com esse tipo de construção industrializada a seco, e que empresários, clientes e profissionais do ramo da construção se familiarizem com construções que envolvam Madeira, *Light Steel Frame* e *Drywall*, como forma de gerar mais eficiência, velocidade, praticidade e ganhos em aspectos estéticos, acústicos e operacionais, mesmo que o custo financeiro seja mais alto que o da construção convencional, no entanto, o custo-benefício total do sistema a seco pode ser muito mais vantajoso, fato que será analisado e justificado. A motivação deste trabalho é buscar uma alternativa tecnológica de construção, que possa substituir, em partes ou totalmente, a construção artesanal que consome água em demasia.

1 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Producir uma comparação técnica entre os métodos de construção a seco e convencional, apresentar algumas especificidades do método a seco e verificar se este método é uma alternativa viável para concorrer ou substituir os métodos construtivos convencionais, analisando fatores operacionais (como isolamento termoacústico, prazo de execução, segurança estrutural, mão de obra) e econômicos (como estimativa de custos com materiais e mão de obra; Valor global de venda; economia de água).

2.2 Objetivos específicos

- Apresentar o método construtivo LSF na execução de habitações populares;
- Destacar vantagens e desvantagens em relação às edificações equivalentes executadas em métodos tradicionais de concreto armado ou alvenaria estrutural;
- Analisar brevemente a viabilidade da mão de obra;
- Analisar estimativa de custo e valor global entre os sistemas;
- Averiguar a rapidez da execução, o isolamento térmico e acústico e a segurança estrutural;
- Evidenciar o cenário dos fabricantes de LSF e *drywall* no Brasil e avaliar o potencial de Pernambuco.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Paredes *Drywall*

As paredes feitas em *drywall* devem atender substancialmente às exigências da Norma de Desempenho no tocante às diversas solicitações que estão sujeitas a sofrer no decorrer de sua vida útil, de acordo com ensaios. Dentre as solicitações pode-se citar impactos acidentais de pessoas, choques de móveis com a parede ou batidas fortes. Também devem permitir a fixação e a sustentação de cargas, dentre

as quais: aparelhos televisores, quadros, espelhos, armários, bancadas de pia, redes de dormir, dentre outros. Com a finalidade de dar facilidade e segurança em se fixar objetos nas paredes, são produzidos e amplamente comercializados na região nordeste do Brasil elementos como buchas, parafusos e outros acessórios específicos para este sistema (LUCA, 2014).

As paredes de gesso acartonado são feitas com placas de gesso revestido com lâminas de cartão duplex. Essas placas são presas com parafusos a estruturas de aço galvanizado. Esse tipo de parede é indicada apenas para uso interno, pois o gesso não resiste à água. Depois de pronta pode-se revestir com qualquer tipo de acabamento final (CONSTRUÇÃO PASSO A PASSO, 2009).

As ferramentas necessárias para a execução de serviço são: trena, metro, furadeira, parafusadeira, cordão para marcação, estilete, serrote de ponta, serrote comum, tesoura, nível magnético, plaina, serra-copo de 60 mm, levantador de placa, espátulas para acabamento (10 e 25 cm), desempenadeira de lâmina curta (28 cm), agitador de massa, finca-pino, martelo e puncionador (CONSTRUÇÃO PASSO A PASSO, 2009).

As paredes *drywall* são constituídas por uma estrutura de perfis de aço galvanizado, sendo fixadas nesta estrutura, nos dois lados, chapas de gesso específicas e direcionadas para esse sistema com parafusos próprios para o mesmo. As juntas entre as chapas e o encontro com as alvenarias e o teto são tratados com massas e fitas direcionadas para este sistema, permitindo que as paredes fiquem lisas (LUCA, 2014).

As paredes em *drywall* são formadas por chapas de gesso aparafusadas em ambos os lados de uma estrutura de aço galvanizado que pode ser simples ou dupla. A montagem e os materiais usados definem o nível de desempenho que pode variar de acordo com o número de chapas, a dimensão e o posicionamento da estrutura e da incorporação de elementos isolantes térmicos ou acústicos no seu interior. Para paredes de alto desempenho acústico: especificar banda acústica no contato do perímetro das vedações em *drywall* com o suporte. As principais empresas que confeccionam paredes em *drywall* no Brasil são: Lafarge, Gypsum, Placo Saint-Gobain e Knauf (MANUAL DE PROJETO DRYWALL, 2006).

Pode ser observado, no Quadro 1 e Tabela 1, a tabela de desempenho para paredes *drywall*.

Quadro 1: Desempenho das paredes Drywall

Tipologia	Espessura total da parede (mm)	Largura dos montantes (mm)	Distância entre montantes	Altura-limite (m)		Quantidade e borda das chapas	Peso (kg/m ²)	Resistência ao fogo (min)		Isolamento acústico <i>Rw</i> (dB)	
				Montantes simples	Montantes duplos (MD)			com chapa ST	com chapa RF	sem isolante	com isolante
73/48	73	48	600	2,50	2,90	2 BR 12,5	22	30	30/45	34/36	42/44
			400	2,70	3,25						
98/48	98	48	600	2,90	3,50	4 BR 12,5	42	60	120	42/44	49/50
			400	3,20	3,80						
95/70	95	70	600	3,00	3,60	2 BR 12,5	22	30	30/45	38/40	44/46
			400	3,30	4,05						
120/70	120	70	600	3,70	4,40	4 BR 12,5	42	60	120	44/46	50/52
			400	4,10	4,80						
115/90	115	90	600	3,50	4,15	2 BR 12,5	22	30	30/45	39/42	45/47
			400	3,85	4,60						
140/90	140	90	600	4,20	5,00	4 BR 12,5	42	60	120	45/47	53/55
			400	4,60	5,50						
Paredes especiais											
260/48 DEL	260	48	600	7,00	8,20	2 BR 12,5	24	30	30/45	53/55	57/59
			400	7,50	9,00						
160/48 DEL	160	48	600	4,90	5,80	4 BR 12,5	44	60	120	48/50	55/57
			400	5,50	6,50						
300/90 DEL	300	90	600	8,20	9,80	4 BR 12,5	44	60	120	55/57	60/62
			400	9,10	10,80						
160/70 DES	160	70	600	2,90	3,40	4 BR 12,5	44	60	120	53/55	60/62
			400	3,20	3,70						
200/70 DES	200	70	600	3,30	3,80	4 BR 12,5	44	60	120	59/61	64/66
			400	3,60	4,00						

Fonte: Manual de desempenho Drywall (2018)

Tabela 1: Desempenho de paredes drywall

1 ^a letra	1 ^a número	2 ^a número	3 ^a número	MD	DE (L ou S)	Chapas 1 ^a face	Chapas 2 ^a face	LM
Identificação do tipo de parede pelo fabricante	Espessura total da parede (mm)	Largura dos montantes (mm)	Espaçamento eixo a eixo dos montantes (mm)	Montante duplo	Dupla estrutura L = ligada S = separada	Quantidade e tipo das chapas de uma face	Quantidade e tipo das chapas da outra face	Presença de lã mineral (LV-lã de rocha) com a quantidade de camadas e respectivas espessuras

Fonte: Manual de desempenho da Gypsum (2017)

Nomenclatura das paredes drywall:

É formada por uma ordem sequencial de no máximo 9 itens, que podem ser números ou letras, que definem as características apresentadas no quadro 2:

Quadro 2: Nomenclatura das paredes

GYPSUM DRYWALL		Tabela de Desempenho - PAREDES									
		PAREDE TIPOLOGIA	PERFIL	ESPESURA DA PAREDE	PAGINAÇÃO DOS MONTANTES	ALTURA LIMITE MONTANTES		CHAPA QUANT./ESPESURA	PESO Kg/m ³	RESISTÊNCIA AO FOGO (Cf min.)	
						SIMPLES	DUPLOS			C/ ST	C/ RF
D	48	73mm	73mm	600	2,50	2,90	02 BR 12,5mm	20	30	30	34 / 36 42 / 44
				400	2,70	3,25					
			85mm	600	2,75	3,20	03 BR 12,5mm	30	30	30	37 / 39 45 / 47
				400	2,90	3,60					
			98mm	600	2,90	3,50	04 BR 12,5mm	40	60	90	42 / 44 49 / 50
				400	3,20	3,80					
			110mm	600	3,15	3,70	05 BR 12,5mm	50	60	120	43 / 45 50 / 51
				400	3,30	3,80					
			123mm	600	3,30	3,85	06 BR 12,5mm	60	90	150	44 / 46 50 / 52
				400	3,45	4,00					
	70	78mm	78mm	600	2,60	3,00	02 BR 15mm	50	30	60	35 / 37 43 / 45
				400	2,80	3,30					
			108mm	600	3,00	3,60	04 BR 15mm	60	90	120	43 / 45 50 / 51
				400	3,30	3,50					
			95mm	600	3,00	3,60	02 BR 12,5mm	20	30	30	38 / 40 44 / 46
				400	3,30	4,05					
	90	108mm	108mm	600	3,40	4,00	03 BR 12,5mm	30	30	30	40 / 42 44 / 46
				400	3,65	4,20					
			120mm	600	3,70	4,40	04 BR 12,5mm	40	60	90	44 / 46 50 / 52
				400	4,10	4,80					
			133mm	600	4,00	4,80	05 BR 12,5mm	50	60	120	45 / 47 53 / 55
				400	4,50	5,35					
			145mm	600	4,25	5,00	06 BR 12,5mm	60	90	150	48 / 50 54 / 56
				400	4,55	5,30					
			100mm	600	3,10	3,70	02 BR 15mm	50	30	60	39 / 41 45 / 47
				400	3,40	4,15					
			130mm	600	3,80	4,50	04 BR 15mm	60	90	120	45 / 47 51 / 53
				400	4,20	4,90					
	120	115mm	115mm	600	3,50	4,15	02 BR 12,5mm	20	30	30	39 / 42 45 / 47
				400	3,85	4,60					
			128mm	600	3,85	4,50	03 BR 12,5mm	30	30	30	40 / 42 44 / 46
				400	4,10	4,75					
			140mm	600	4,20	5,00	04 BR 12,5mm	40	60	90	45 / 47 53 / 55
				400	4,60	5,50					
			153mm	600	4,70	5,55	05 BR 12,5mm	50	60	120	46 / 48 54 / 56
				400	5,20	6,15					
			165mm	600	4,55	5,30	06 BR 12,5mm	60	90	150	48 / 50 54 / 56
				400	4,85	5,60					
			120mm	600	3,60	4,25	02 BR 15mm	50	30	60	40 / 43 46 / 48
				400	3,95	4,70					
			150mm	600	4,30	5,10	04 BR 15mm	60	90	120	46 / 48 54 / 56
				400	4,70	5,60					

As informações contidas nesta tabela estão em conformidade com a Norma ABNT NBR 15758-2009.

Fonte: Manual de desempenho Drywall (2017)

3.2 Light Steel Framing (LSF)

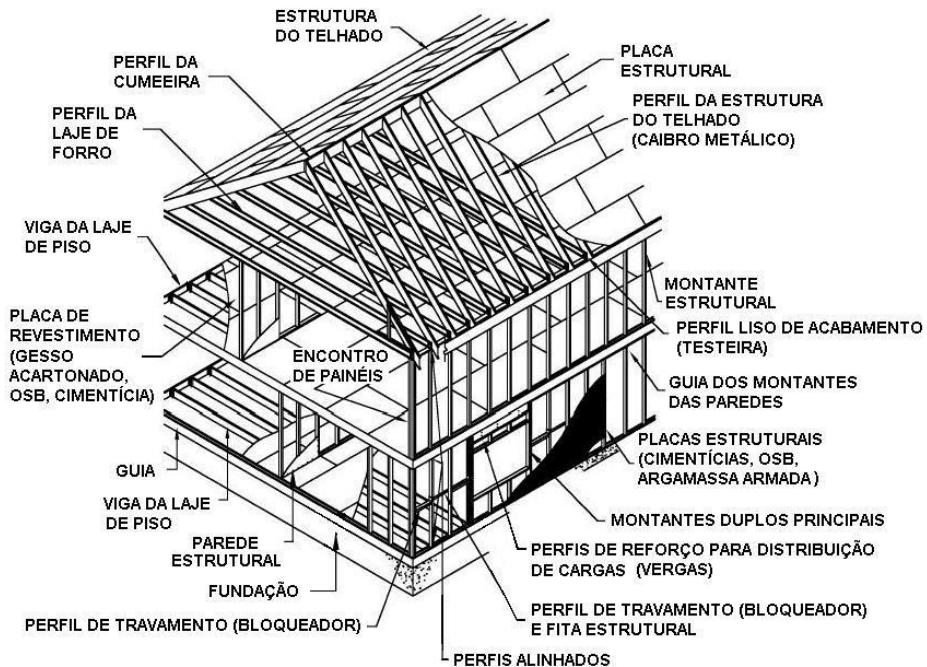
Segundo Domarascki (2009, p.37) pode-se afirmar que:

Apesar do *steel frame* e o *drywall* serem visualmente semelhantes, conceitualmente apresentam características bem distintas. O *steel frame* é a conformação do “esqueleto estrutural” composto por painéis em perfis leves, com espessuras nominais usualmente variando entre 0,80mm à 2,30mm e revestimento de 180g/m² para áreas não marinhas e 275g/m² para áreas marinhas, em aço galvanizado, projetados para suportar todas as cargas da edificação. Já o *Drywall* é um sistema de vedação, não estrutural, que utiliza aço galvanizado em sua sustentação, com espessura nominal de 0,50mm, com necessidade de revestimento de Zinco menor do que o *steel frame* (média mundial de 120g/m²) e que necessita de uma estrutura externa ao sistema para suportar as cargas da edificação.

Ainda de acordo com Domarascki (2009), O sistema *steel frame* é formado basicamente por três tipos gerais de subestruturas: os pisos estruturais, as paredes estruturais e o sistema de cobertura. Na Figura 1 é apresentada uma ilustração básica,

de cada uma dessas subestruturas componentes do sistema, já detalhando alguns de seus elementos.

Figura 1: Esquema típico e geral de uma residência em sistema LSF



Fonte: Tabela de dimensionamento CBCA (2018)

O sistema *steel framing* possui uma série de vantagens, tais como redução em 33% do tempo de construção quando comparado com o método convencional, o alívio de carga nas fundações, em função do reduzido peso e da uniforme distribuição dos esforços atuantes por meio de paredes leves e portáteis, gera um custo de 20% a 30% por metro quadrado inferior ao convencional, custos diretos e indiretos com menores valores, devido aos prazos reduzidos e inexistência de perdas comumente encontradas nas construções convencionais, o aço é o único material construtivo que tem a possibilidade de ser reaproveitado inúmeras vezes sem nunca perder suas características mais fundamentais de qualidade e resistência. Não por acaso, o aço, em suas várias formas, vem a ser o material mais reciclado em todo o planeta, por causa de suas características naturais, o aço não sofre o ataque de cupins. A estrutura que forma o telhado é em aço galvanizado, portanto, elimina qualquer necessidade de tratamento e despesas de manutenção, por meio de sua comprovada resistência, este material é capaz de vencer grandes vãos, eliminando pilares e paredes intermediárias. Com isso, oferece maiores espaços e confere flexibilidade na concepção e execução de projetos. O sistema *steel framing* é uma alternativa para

racionalizar a construção da estrutura da edificação utilizando-se perfis dobrados a frio. As chapas têm entre 0,8 mm e 3,0 mm de espessura, sendo a mais comumente utilizada a de espessura de 0,95 mm (DOMARASCKI, 2009)

O sistema construtivo LSF pode ser usado em projetos de edificações residenciais e em edifícios de uso não residencial. Onde são necessários grandes espaços, este sistema construtivo pode ser adequado em vãos com no máximo 12,00 m (LIMA, 2013). Como a residência em estudo possui dimensões inferiores a 12 metros, os pilares intermediários e alguns de extremidade não precisarão ser utilizados na situação em que é empregada a construção a seco. As Figuras 2 e 3, ilustram o esqueleto de construções residenciais em *steel frame*, as quais representam um guia para como a residência em estudo precisa ser em sua forma arquitetônica e estrutural.

Figura 2: Estrutura de Residência em LSF em São Paulo.



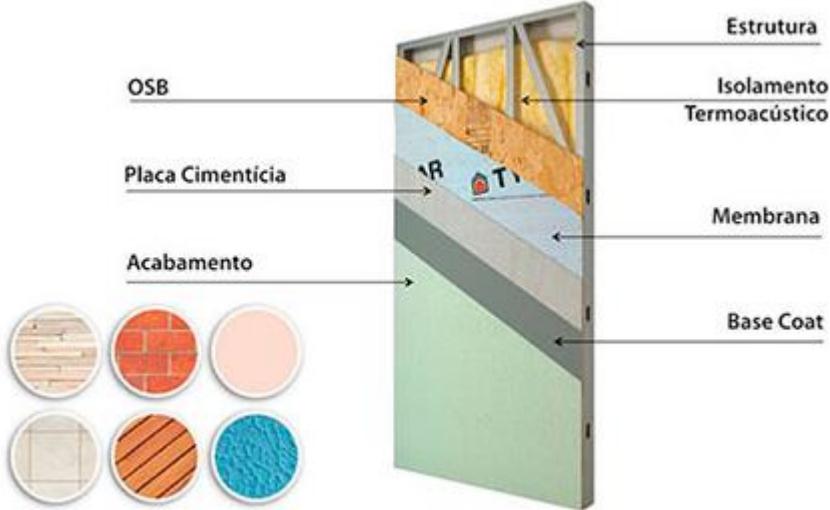
Fonte: Domarascki e Fagiani (2009)

Figura 3: Construção em Steel Frame.



Fonte: Domarascki e Fagiani (2009)

Figura 4: Parede externa em LSF.



Fonte: Gouveia (2018)

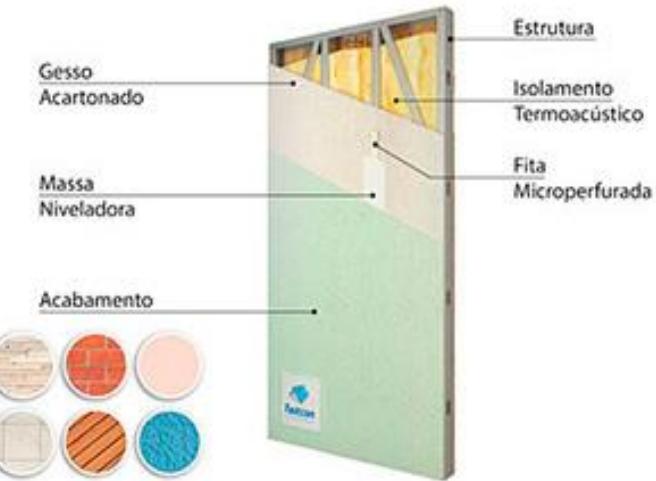
Como pode ser visto na Figura 4, esta é a estrutura de uma parede externa. Essa combinação de elementos tem uma razão de ser. Cada componente exerce uma função específica, visando garantir uma fachada resistente, durável e bonita. A estrutura é composta de aço galvanizado que recebe um tratamento anticorrosivo especial, que lhe confere vida útil superior a 100 anos. Para construções próximas ao mar, é utilizada uma camada mais espessa de galvanização (GOUVEIA, 2018).

Ainda segundo Gouveia (2018) a placa de OSB é um painel constituído de tiras prensadas de madeira reflorestada, o que aumenta sua resistência mecânica em relação a uma chapa de madeira comum. É usada como contraventamento da estrutura de aço. As construções de Steel Frame oferecem grande resistência a terremotos, tempestades e tufões, e boa parte dessa resistência é garantida pelo OSB. Toda a estrutura externa é “embalada” com uma membrana especial, que é a barreira de vapor, a qual impede a entrada de umidade, mas permite a transpiração da edificação. Assim, os problemas com mofo e infiltrações são aspectos ultrapassados. A partir da membrana, existem diversos materiais e tecnologias que podem ser empregados para o revestimento das paredes externas. Mas a placa cimentícia é o revestimento mais utilizado devido à sua semelhança com o reboco. Essa placa é composta por uma massa de cimento reforçada com fibra de vidro, resultando em chapas com grande planicidade e estabilidade dimensional.

As placas cimentícias recebem um acabamento especial chamado *base coat*. Esse acabamento nada mais é do que uma massa aplicada em toda a extensão da

parede, responsável por sua impermeabilização e seu aspecto monolítico. A partir do *base coat*, a parede é tratada de forma convencional. Pode receber pintura, textura ou qualquer outro tipo de revestimento, tal como pedras, porcelanato ou madeira. E depois de acabada, a aparência é igual a de uma parede de alvenaria. Há ainda a opção de deixar as placas cimentícias à vista, apenas resinadas, o que pode criar um efeito muito agradável dependendo do empreendimento. Entre as faces da parede, utiliza-se lã de vidro ou lã de PET como isolante, o que garante alto desempenho termo-acústico. A parede tem grande capacidade de manter a temperatura interna mais estável, ou seja, o ambiente fica mais fresco no verão e mais aconchegante no inverno, como resultado, há grande economia de energia com climatização. Além disso, o isolante diminui a transmissão de sons, tanto do meio externo para o interior da edificação, quanto de um ambiente para outro. (GOUVEIA, 2018).

Figura 5: Parede interna em LSF (drywall).



Fonte: Gouveia (2018)

A parede interna (Figura 5) é muito semelhante à externa. Porém, é chamada de drywall que é feita com gesso acartonado (material muito utilizado na construção civil nos Estados Unidos). Para eliminar as emendas no encontro das placas de drywall, utiliza-se uma fita microporfurada com massa niveladora, especialmente desenvolvida para esse fim, o que garante uma parede totalmente plana e sem fissuras a longo prazo. É o chamado tratamento de juntas. Depois do tratamento de juntas, a parede pode receber pintura, textura ou qualquer outro tipo de revestimento,

tal como pedras, porcelanato ou madeira. À primeira vista, o aspecto da parede acabada não tem diferença da convencional. Mas é uma parede bem mais lisa e com uma precisão alta no esquadro e no prumo. É preciso não confundir a parede de drywall do LSF com as divisórias de *drywall*. Apenas as placas utilizadas como fechamento são as mesmas. Entretanto, a parede do Sistema LSF é muito mais robusta, pois utiliza perfis estruturais, além de ser contraventada. Portanto, é muito mais resistente e flexível em relação à fixação de objetos pesados nas paredes. Existem buchas próprias para drywall, que suportam até 30Kg por ponto de fixação (GOUVEIA, 2018).

Há diversas vantagens na construção utilizando aço, e algumas delas serão demonstradas a seguir, segundo o site do CBCA:

Quadro 3: Vantagens na construção em aço.

Liberdade e maior dinamismo no projeto arquitetônico:	A tecnologia do aço oferece aos profissionais de arquitetura total liberdade criadora, permitindo a elaboração de projetos arrojados e de expressão arquitetônica marcante.
Produzir uma maior área útil no interior das obras:	As seções dos pilares e vigas de aço são consideravelmente mais esbeltas do que as equivalentes em concreto armado, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil, fator que vem a ser deveras importante, principalmente em garagens.
Flexibilidade:	A estrutura em aço mostra-se especialmente indicada nos casos onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de utilidades como água, ar

	condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática, etc.
Compatibilidade com outros materiais:	O sistema construtivo em aço é perfeitamente compatível com qualquer tipo de material de fechamento, tanto vertical como horizontal, admitindo desde os mais convencionais (tijolos e blocos, lajes moldadas in loco) até componentes pré-fabricados (lajes e painéis de concreto, painéis "drywall", etc).
Menor prazo de execução:	A fabricação da estrutura em paralelo com a execução das fundações, a possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente, a diminuição de formas e escoramentos e o fato da montagem da estrutura não ser afetada pela ocorrência de chuvas, pode levar a uma redução de até 40% no tempo de execução quando comparado com os processos convencionais.
Racionalização de materiais e mão-de-obra:	Numa obra, através de processos convencionais, o desperdício de materiais pode chegar a 25% em peso. A estrutura em aço possibilita a adoção de sistemas industrializados, fazendo com que o desperdício seja sensivelmente reduzido.
Alívio de carga nas fundações:	

	Por serem mais leves, as estruturas em aço podem reduzir em até 30% o custo das fundações.
Garantia de qualidade:	A fabricação de uma estrutura em aço ocorre dentro de uma indústria e conta com mão-de-obra altamente qualificada, o que dá ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior devido ao rígido controle existente durante todo o processo industrial.
Antecipação do ganho:	Em função da maior velocidade de execução da obra, haverá um ganho adicional pela ocupação antecipada do imóvel e pela rapidez no retorno do capital investido.
Organização do canteiro de obras:	Como a estrutura em aço é totalmente pré-fabricada, há uma melhor organização do canteiro devido entre outros à ausência de grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens, reduzindo também o inevitável desperdício desses materiais. O ambiente limpo com menor geração de entulho, oferece ainda melhores condições de segurança ao trabalhador contribuindo para a redução dos acidentes na obra.

Precisão construtiva:	Enquanto nas estruturas de concreto a precisão é medida em centímetros, numa estrutura em aço a unidade empregada é o milímetro. Isso garante uma estrutura perfeitamente aprumada e nivelada, facilitando atividades como o assentamento de esquadrias, instalação de elevadores, bem como redução no custo dos materiais de revestimento.
Reciclagem:	O aço é 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas com menor geração de resíduos.
Preservação do meio ambiente:	A estrutura em aço é menos agressiva ao meio ambiente pois além de reduzir o consumo de madeira na obra, diminui a emissão de material particulado e poluição sonora geradas pelas serras e outros equipamentos destinados a trabalhar a madeira.

Fonte: CBCA (2017)

A seguir, será mostrada uma tabela que traz o resultado de uma comparação feita por Souza (2014), avaliando 10 itens importantes para a escolha do método mais apropriado a ser usado.

Tabela 2: Estudo Comparativo de Sistemas Construtivos.

Desenvolvimento Econômico	Light Steel Framing	Alvenaria Estrutural	Concreto Pré-Moldado	Concreto Moldado In-Loco	Concreto PVC
1. Aceitação pelo Público Comprador	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa
2. Solidez e Durabilidade	Alta	Alta	Alta	Alta	Média Alta
3. Homologação Técnica	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
4. Industrialização	Sim	Baixa	Média Alta	Baixa	Média Alta
5. Potencial de Sustentabilidade	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Alta
6. Custo	Alta	Média Alta	Média Alta	Média	Alta
7. Velocidade de Execução	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Média Alta
8. Intensidade de Utilização de Mão de Obra	Baixa	Alta	Média	Alta	Média
9. Disponibilidade de Insumos nos Mercados Alvo	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa
10. Flexibilidade para Eventuais Modificações	Baixa	Média	Baixa	Alta	Baixa
11. Parede Externa	Placa cimentícia	Bloco de concreto	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Painéis PVC c/ concreto
12. Parede Interna	Drywall	Bloco de concreto	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Painéis PVC c/ concreto

Fonte: Souza (2014)

3.3 Quesitos avaliados

Serão avaliados os seguintes quesitos, para uma residência padrão econômico:

-Internamente e sem função estrutural: Projeto, Fixação, desempenho acústico, e quantitativo de materiais, para elementos em *drywall*, os quais serão: Paredes, forros, e revestimentos. Seu concorrente será a alvenaria simples.

-Externamente e com função estrutural: Projeto; montagem e desempenho estrutural, para elementos em *Light Steel Framing*, os quais serão: Vigas (por meio de treliças em LSF), pilares e lajes. Seu concorrente será o concreto armado.

Apenas para deixar mais claro sobre quais padrões de residência o presente trabalho está concentrado e para fins de estimativas orçamentárias, destaca-se que este possui os Padrões H2-2B ou H2-2N, em que, de acordo com Mattos (2006, p. 36), apresenta-se a primeira letra como o tipo da residência, que pode ser H, para habitacional ou C, para comercial; o primeiro número que equivale ao número de pavimentos; o segundo número que equivale ao número de quartos; e a segunda letra, que representa o padrão, o qual pode ser baixo (B), normal (N) ou alto (A). Desta feita, lida-se com uma residência do tipo habitacional, com 2 pavimentos e 2 quartos, e cujo padrão pode ser baixo ou normal.

Para a obtenção dos resultados requeridos neste estudo, será feita uma comparação entre os métodos convencional e o método à seco, aplicados a uma

residência geral com padrão popular. O primeiro método será o uso de concreto armado para vigas, pilares e lajes, e o uso de alvenaria para paredes. No segundo método, as vigas, pilares e lajes serão dimensionadas com *light steel frame* enquanto que as paredes serão de drywall. Serão avaliados o desempenho, o custo e a acessibilidade dos produtos. Buscar-se-á as vantagens e desvantagens da construção à seco em comparação com a construção convencional. A residência (8,5 m X 9,5 m), que possui assim 80,75 m² a qual é um bloco residencial aos moldes das casas populares convencionais brasileiras, que servirá de base para o estudo está representada, por meio de três plantas (térreo, primeiro andar e planta de forma), produzidas pelo autor do presente trabalho, inspirada em plantas de residências populares, as quais são mostradas nos apêndices A, B e C.

Com relação ao desempenho, fator requerido para a estrutura avaliada, pode-se seguir alguns preceitos ditados pela Norma de desempenho NBR 15575:2013, com a finalidade de se observar se o desempenho de construções a seco atendem à esta norma.

Esta norma possui consideráveis diferenças com relação às demais, pois não se trata de sistemas construtivos ou sobre os materiais construtivos, mas trata-se do desempenho global de edificações habitacionais de até cinco pavimentos. Baseia-se na necessidade de se atender às exigências do usuário, as quais deixam de ser subjetivas para se tornarem requisitos técnicos, com parâmetros determinados, fazendo com que muitos preceitos encontrados nesta norma não se encontram presentes em outras normas, como, por exemplo, o conforto tático e antropodinâmica dos usuários. Todos os projetos protocolados nas prefeituras devem estar de acordo com esta norma de desempenho, a qual não se aplica a reforma (MATOS, 2006).

Ainda de acordo com Matos (2006) foi idealizada partindo-se de um pedido da Caixa Econômica Federal para guiar uma análise qualitativa dos edifícios populares, no entanto seus requisitos podem ser aplicados a qualquer edifício residencial, com exceção dos requisitos que são função da altura. É guiada pela Norma Britânica BS 7543, que trata da durabilidade para edifícios e elementos componentes, com desempenho que se relacionam com a durabilidade e a vida útil. Há três atores importantes: quem faz o projeto, que pensa em todos os conceitos; quem executa, que deve cuidar do desempenho; e o usuário, que deve usar a edificação de maneira correta.

Outra valiosa ferramenta para o presente estudo se dá pela avaliação do orçamento das obras utilizando o modelo a seco, para que através deste estudo orçamentário, seja possível trazer aspectos quantitativos sobre a viabilidade desta tecnologia em comparação com a construção convencional, observando as etapas de uma análise de custo. Entre estas estão as etapas de levantamentos de quantitativos, execução de composições de preços unitários e o estabelecimento do preço final de empreendimento. Qualquer construção implica gastos consideráveis e em função de seu valor, de forma tal que quanto mais detalhado um orçamento for, mais este se aproximarará do real custo, que ocorrerá no futuro, gerando um lucro ou prejuízo (SAMPAIO *et al.*, 1989.).

É necessário compreender bem este tema, pois é de extrema benesse para a elaboração e controle do mesmo por meio da exposição das informações obtidas, evidenciando-o e demonstrando as etapas necessárias para o orçamento. O orçamento pode ser visto como a discriminação de todos os serviços e materiais necessários convertidos em quantidades e valores financeiros para executar uma obra (DOMINGUES, 2002).

Há um grande dinamismo no ambiente dos negócios, o que exige das empresas o maior aprimoramento de seus processos de planejamento, avaliação e controle, o que melhora a qualidade, visibilidade no mercado e lucratividade. A definição de orçamento é algo complexo, no entanto é visto como uma previsão de custos que pode ser interpretado de várias formas, sempre buscando uma probabilidade de certeza próxima aos 100%. Dentre os tipos de orçamentos pode-se destacar: estimativa de custos; orçamento preliminar; orçamento analítico ou detalhado; e orçamento sintético ou resumido. Dentre as etapas de composição de um orçamento podem ser citadas: análise das características; levantamento de qualitativos; composição de custos unitários; e aplicação do BDI (SAMPAIO *et al.*, 1989).

Ainda segundo Sampaio (1989) na etapa de levantamento de quantitativos faz-se a leitura de projetos, cálculos das áreas e volumes, consulta das tabelas de engenharia e tabulação de números. A quantificação dos diversos materiais usados é feita com base em projetos disponibilizados pelas mais variadas áreas, tais como: arquitetônico; estrutural; fundação; instalações elétricas, dentre outros. É montada uma tabela que especifica item, descrição do material, unidade, quantidade, preço unitário e preço total.

Na etapa de custos há os custos diretamente relacionados com o produto (custos diretos), que dizem respeito a mão-de-obra, materiais e equipamentos agregados ou não ao produto, e há os custos diretamente relacionados com o volume de produção (custos indiretos), que dizem respeito à específica mão-de-obra técnica e terceirizada, despesas administrativas, financeiras, comerciais, tributárias e gastos com instalações provisórias de água, energia elétrica e outros fins para o bom funcionamento do canteiro de obras e os gastos com segurança do trabalho. Daí parte-se para o custo total, o BDI, o preço global, o cronograma físico-financeiro e então faz-se um trabalho de orçamento (SAMPAIO et al., 1989).

O estudo orçamentário é imprescindível para a elaboração de projetos diversos, os quais necessitam de materiais de áreas e portes distintos, orientando empresas e profissionais para este fim. Este tema é muito amplo, dinâmico e complexo, e são aplicados na busca de uma melhor competitividade no mercado econômico moderno, reduzindo gastos, tendo o controle financeiro e aumentando a lucratividade das empresas. Vários autores e especialistas das mais variadas áreas, trazem definições diferentes sobre este tema, mas quando se aplica orçamento em obras de construção civil, é necessário seguir os padrões já conhecidos por engenheiros, usando seus conhecimentos técnicos e financeiros.

4 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica, que de forma descriptiva e explicativa, aborda a problemática proposta. Possui uma metodologia indutiva e comparativa, com caráter exploratório. As fontes utilizadas foram buscadas em bibliotecas virtuais (pela plataforma Google acadêmico, pelo website da CBCA e pelo website drywall.org.br) e pela biblioteca física da Universidade Federal de Pernambuco. Entre as fontes, estão artigos acadêmicos, normas técnicas, trabalhos de conclusão de curso e websites especializados. Os resultados são apresentados de forma majoritariamente qualitativa, no entanto, em alguns pontos são colocados resultados quantitativos, frutos de pré-dimensionamentos ou modelagens não muito abrangentes. Estas ferramentas permitem uma análise geral do objeto abordado, procurando as vantagens e desvantagens do sistema construtivo proposto, fazendo a comparação com o sistema construtivo que pretende-se confrontar, e então

mostrando se, de fato, o sistema proposto tem condições de ser aplicado na região de Caruaru, e se sua possível aplicação se dá a curto, médio ou longo prazo.

4.1 Tipo de estudo

O estudo é de abordagem qualitativa e em menor grau quantitativa (estimada por modelagens propostas); Foi realizada análise bibliográfica e foram feitas suposições baseadas nos pontos obtidos. Segundo Marconi e Lakatos (2010) a pesquisa bibliográfica reúne materiais já publicados sobre um tema de estudo. Esta modalidade de pesquisa inclui materiais impressos e disponibilizados pela internet, tais como: artigos científicos, livros, dissertações, manuais, normas, revistas, dentre outros. Permite o conhecimento e análise sobre trabalhos científicos publicados a respeito de temáticas de estudo. O presente estudo não tem a pretensão de ser um tratado ou um manual técnico detalhado sobre o assunto, apenas faz uma análise bibliográfica e procura aplicar alguns de seus conceitos na localidade proposta.

4.2 Local de estudo

O estudo foi desenvolvido na cidade de Caruaru, no estado de Pernambuco e utilizou exemplos de casos e materiais presentes em outras localidades.

4.3 Coleta e análise de dados

A coleta dos dados foi realizada no período de Março de 2017 a Junho de 2018. Foram utilizados artigos científicos, manuais técnicos, normas técnicas, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, livros e websites, os quais tratam de sistemas construtivos, construção a seco e construção convencional. Foram incluídas 48 publicações, as quais foram desenvolvidas entre 1995 a 2018, nos seguintes idiomas: português, inglês e espanhol. Foram excluídas as publicações de revisão da literatura sobre o tema. Após a identificação das publicações foi realizada compilação, e análise crítica dos dados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Sistema de Construção Convencional (Concreto armado e Alvenaria)

5.1.1 Método Executivo

O concreto armado é uma associação de concreto e aço que possui como objetivo aproveitar, de forma vantajosa, as qualidades de ambos os materiais. O concreto oferece alta resistência aos esforços de compressão e uma mínima resistência aos esforços de tração. O aço, de outra forma, apresenta excelente resistência a ambos os esforços, principalmente à tração. A união do aço com o concreto visa, portanto, a suprir as deficiências do concreto em relação aos esforços de tração, reforçando a sua resistência à compressão. Além disso, o aço, absorve os esforços de cisalhamento que atuam nos elementos de concreto (ARAUJO; FREITAS e RODRIGUES, 2006).

Há diversas maneiras e tipos diferentes de métodos executivos para concreto armado. Para uma modelagem exemplificada, o método executivo descrito será o utilizado nesta revisão bibliográfica, explicitando como se dá a execução deste tipo de método construtivo aplicado a construção de baixa ou média renda no Brasil e atendendo aos requisitos das normas brasileiras.

De acordo com Azeredo (1997) alvenaria é toda obra formada por pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto ligados ou não por argamassas, devendo oferecer condições apropriadas de resistência e durabilidade. A alvenaria de tijolos (simples ou não-estrutural) constituem entre nós a estrutura, que é o esqueleto do edifício, podendo ser empregadas isoladamente ou em combinação com o concreto armado. A alvenaria poderá ser feita usando-se os seguintes materiais: Tijolos de barro cozido (comum; laminado; furado, com 4, 6 ou 8 furos; refratário baiano), pedras naturais, blocos de concreto e outros. Em caruaru, um tijolo bastante usado é o de 8 furos, que possui dimensões 9 x 19 x 19 cm, com uma massa média de 2,2 Kg.

5.1.1.1 Fundação

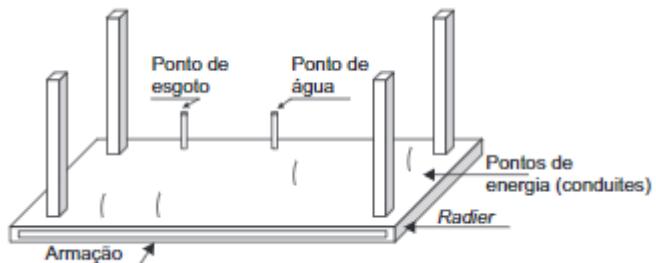
Segundo Castro (2005), a escolha do tipo de fundação a ser utilizada em uma construção depende dos parâmetros do solo, nível do lençol freático, resistência, topografia, profundidade até a camada resistente, entre outros. Para o caso de construção de baixa renda (popular) ou média renda, de um ou dois pavimentos, como

é o caso do estudo proposto para este trabalho, as opções mais utilizadas são fundações diretas como radier, baldrame ou sapatas. Pois as cargas do edifício são de pequenas proporções, mas no caso de solos problemáticos usam-se estacas ou tubulões. Para o caso de Caruaru, cidade que possui um solo competente e rochoso a melhor solução se dá pelo uso das fundações diretas.

A fundação em baldrame apresenta uma distribuição de carga para o terreno tipicamente linear, por exemplo, uma parede que se apoia no baldrame, sendo este o elemento que transmite a carga para o solo ao longo de todo o seu comprimento. Um baldrame pode ser construído de pedra, tijolos maciços, concreto simples ou de concreto armado. Quando o baldrame é construído de concreto armado ele recebe o nome de sapata corrida (ARAUJO, FREITAS e RODRIGUES, 2006).

Para Araújo, Freitas e Rodrigues (2006), o radier é um tipo de fundação direta que se aplica como uma laje contínua de concreto armado ou protendido ocupando toda a superfície da construção transmitindo as cargas dos pilares para o terreno (figura 6). Sua utilização se dá quando o solo tem baixa capacidade de carga, quando se deseja uniformizar os recalques, sapatas são muito próximas umas das outras ou quando a área destas for maior que a metade da área de construção.

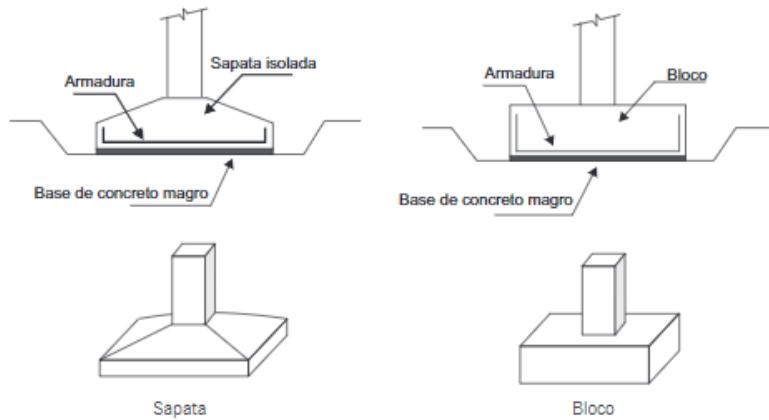
Figura 6: Fundação em radier.



Fonte: Salgado (2009)

Segundo Bastos (2016), o elemento de fundação superficial mais comum é a sapata (Figura 7), que pela área de contato base-solo transmite as cargas verticais e demais ações para o solo, diretamente. A sapata é definida na NBR 6122:2010 (item 3.2) como o “elemento de fundação superficial, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para esse fim.” Na NBR 6118:2014 (item 22.6.1), sapata é definida como as estruturas de volume usadas para transmitir ao terreno as cargas de fundação, no caso de fundação direta.

Figura 7: Fundações em sapata e bloco.



Fonte: Salgado (2009)

5.1.1.2 Alvenaria

De acordo com Moliterno (1995), as alvenarias podem ser classificadas em estruturais e não estruturais ou de vedação. A alvenaria estrutural pode ser chamada de portante. As alvenarias de vedação e divisórias são as paredes de fechamento sem valor estrutural. Elas são utilizadas para construções em concreto armado, normalmente com tijolos cerâmicos.

Normalmente as alvenarias de vedação são caracterizadas por elevado índice de quebras, retrabalhos, desperdícios, falta de padronização dos elementos da alvenaria, falhas de detalhamento de projeto e ausência de projeto de paginação e quando não há projetos específicos, não são tomados os cuidados mínimos necessários para um desempenho razoável na execução desses serviços. A alvenaria pode ser compreendida como um componente construído em obra pela união entre unidades (blocos e tijolos) e o elemento de ligação (argamassa de assentamento), formando um conjunto monolítico e estável. A alvenaria de vedação é utilizada para o fechamento de vãos ou delimitação de áreas. Nas estruturas em concreto armado ou aço, os espaços são preenchidos com elementos que não possuem função estrutural de sustentação, apenas suportando seu peso próprio (SALGADO, 2009).

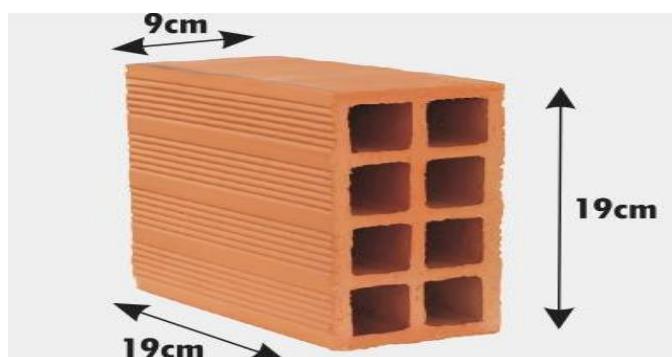
Após um dia de secagem da impermeabilização da fundação, sua execução consiste em locar a primeira fiada de tijolos, e depois prosseguir sua elevação respeitando o nível e mantendo o prumo sendo os tijolos assentados de meia vez por

argamassa (cimento, cal, areia e água). A argamassa para assentamento pode incluir aditivos plastificantes no lugar do cal para melhorar sua trabalhabilidade e torna-las menos permeáveis. A espessura da argamassa entre os tijolos é prevista em 1,50 cm (BORGES e MONTEFUSO, 1998).

Depois de executada a alvenaria, as paredes são chapiscadas depois emboçadas com argamassa de cimento, cal e areia, trabalho este extremamente artesanal, pois, o prumo da parede depende muito da habilidade do operário. Para as aberturas de vãos de esquadrias em alvenarias deve-se utilizar vergas e contravergas para a melhor distribuição de cargas e evitar o colapso localizado nessas aberturas. As vergas e contravergas são elementos estruturais, normalmente em concreto armado, que funcionam como vigas bi-apoiadas. As vergas são utilizadas na parte superior de portas e janelas, e as contravergas são utilizadas na parte inferior de janelas (OLIVEIRA, 2012).

Para Azeredo (2004), é necessário deixar um espaço entre a última fiada de tijolos e a viga. Esse espaço, com 20 cm aproximadamente, deve ser preenchido com tijolos maciços assentados inclinados, chamando-se a esse procedimento “aperto de parede”. Sua função é comprimir a alvenaria levantada contra a estrutura de concreto, de modo a evitar o surgimento de trinca de retração na alvenaria. É preciso esperar cerca de sete dias de cura da argamassa, para então realizar o preenchimento da alvenaria. Os tijolos mais utilizados na construção civil brasileira para casas de pequeno e médio porte são os tijolos de 8 furos, os quais, como pode ser visto na Figura 8, possuem dimensões de 9 x 19 x 19 cm.

Figura 8: Tijolos de 8 furos e suas dimensões.



Fonte: Felisbino (2017)

5.1.1.3 Revestimento e Forro

Revestimentos são conjuntos de camadas que cobrem a superfície da estrutura ou do vedo (que pode ser alvenaria, gesso acartonado, paredes maciças ou lajes de concreto maciças ou nervuradas), com o papel de desempenhar algumas funções devidas (MELO NETO, 2010).

Há diversos tipos de revestimentos que se utilizam em construções, como: gesso, pintura, textura, pedras, cerâmicas, entre outros. O mais importante quando se considera o revestimento, é a localidade onde o mesmo será aplicado, levando em consideração o tempo, se terá contato com umidade, em áreas molhadas, ou se será em área seca (OLIVEIRA, 2012). O preço do gesso é cerca de 40% superior ao preço da massa corrida com cerâmicas, mas sua execução é bem mais rápida.

Segundo Farias (2013) o forro de uma construção não pode ser definido apenas como um revestimento, estando num patamar maior. O forro pode designar a concepção do ambiente em que é utilizado de tal maneira a prover uma sensação de conforto e compor adequadamente a arquitetura do local. Escolhe-se o forro mais conveniente buscando o encaixe adequado entre a funcionalidade e o conforto visual, térmico e luminotécnico da construção. Na construção nacional os mais utilizados são os forros de gesso, madeira e Policloreto de polivinilina (PVC).

5.1.1.4 Revestimento de Paredes

O revestimento das paredes para construção simples pode ser feita por argamassa precedida de pintura, ou por placas cerâmicas. De acordo com Azeredo (2004), as argamassas são divididas segundo sua função, senda elas: argamassas de aderência (chapisco), argamassa de regularização (emboço) e argamassa de acabamento (reboco). O chapisco tem a função de proporcionar condições de aspereza nas superfícies muito lisas ou sem poros, como no caso de peças estruturais em concreto. Utiliza-se o chapisco para criar aderência e rugosidade e aspereza necessária para que se possa receber outras camadas de argamassa.

A argamassa de regularização, ainda segundo Azeredo (2004), tem a finalidade de regularizar a superfície tirando as irregularidades aparentes dos tijolos e protege-la contra infiltração se estiver em contato com umidade. Usualmente, o reboco e emboço são lançados como uma camada só, o emboço paulista, referido popularmente como emboço. Portanto, o emboço paulista serve também como camada de acabamento para receber pintura ou revestimento cerâmico. Para a

aplicação de revestimento cerâmico, se utiliza uma argamassa colante após a aplicação do emboço paulista. Logo em seguida do assentamento da cerâmica, utilize-se o rejunte para dar o acabamento entre suas peças.

De acordo com Melo Neto (2010), os revestimentos em argamassa são as etapas convencionais da aplicação da argamassa sobre as alvenarias e as estruturas com a finalidade de regularizar e uniformizar as superfícies, corrigindo possíveis irregularidades, prumos, alinhamento dos painéis, e quando trata-se de revestimento exterior, podem agir como uma camada de proteção contra a infiltração das águas pluviais. O mais comum é a execução de pelo menos três camadas superpostas, contínuas e uniformes, as quais são: chapisco, emboço e reboco. Outras camadas podem aparecer, entre elas tem-se: base, revestimento, rejunte e argamassa colante.

O chapisco é a argamassa básica de cimento e areia grossa, que pode ser no traço de 1:3 ou 1:4, sendo bastante fluída e possui a propriedade de gerar um véu impermeabilizante quando aplicada sobre superfícies umedecidas anteriormente, além de criar um substrato de aderência para fixação de outro elemento. O emboço é a argamassa de regularização que deve determinar a uniformização da superfície e cujo traço varia em função do que vier a ser executado como acabamento, e sua espessura não deve passar de 1,5 cm, dando impermeabilização aos tijolos e sendo constituído de uma argamassa grossa de cal e areia no traço de 1:3. Por fim, o reboco é a argamassa básica de cal e areia fina, onde a nata de cal adicionada em excesso na mistura, gera uma argamassa gorda, com uma espessura na ordem dos 2 mm, preparando a superfície para a aplicação da pintura. A figura abaixo ilustra a disposição das camadas de revestimento vertical argamassado (MELO NETO, 2010).

Figura 9: Revestimentos verticais argamassados.



Fonte: Melo Neto (2010)

5.1.1.5 Revestimento de Pisos

Os pisos são os planos horizontais primários de uma edificação que devem suportar cargas accidentais (pessoas, mobiliário e equipamentos móveis) e as cargas permanentes (peso próprio da construção). Um sistema de piso pode ser composto de uma série de vigas travessas cobertas por um plano de placas ou tábuas, ou pode consistir de uma laje de concreto armado quase homogênea. A espessura de um sistema de piso está diretamente relacionada com as dimensões e proporções dos vãos estruturais. O piso deve ser relativamente rígido e seu controle de deformação é o fator mais importante para seu dimensionamento. A espessura dos pisos e as cavidades nele existentes devem ser consideradas, caso seja necessário se embutir instalações elétricas ou mecânicas dentro do piso, e no caso de pisos entre dois pavimentos, é fundamental se considerar o isolamento acústico (CHING, 2001).

Após a impermeabilização das áreas necessárias da laje, segue-se para o revestimento de piso. Acima da laje, se executa o contrapiso, que serve como regularizador do piso para o futuro recebimento do acabamento, que pode ser feito de maneiras diversas, como, por exemplo, piso cerâmico, de cimento queimado, em pedra, em madeira, etc. O assentamento de revestimentos é feito por argamassa colante da mesma maneira que é feito para revestimentos de paredes, e o acabamento também é feito com rejunte (AZEREDO, 2004).

A argamassa para contrapiso é a parte do subsistema do piso produzido a partir de uma ou mais camadas de material lançado diretamente sobre uma base ou camada intermediária com espessura e superfícies adequadas às necessidades de suas respectivas funções, as quais são: regularização da superfície, recebimento do revestimento de piso, transmissão da carga, proporcionar desníveis e declividades, permitir o embutimento de instalações, estanqueidade e isolamento termo-acústico. Os materiais usados para sua designação são: cimento, agregado miúdo, pedrisco, água e possíveis aditivos (MELO NETO, 2010).

5.1.1.6 Cobertura

De acordo com Melo Neto (2010), as coberturas são elementos da envoltória da obra construída com os objetivos de: delimitar superiormente o espaço interno, proteger o ambiente interno contra agentes externos e criar uma certa situação ambiental interna que seja conveniente às condições de utilização em função das

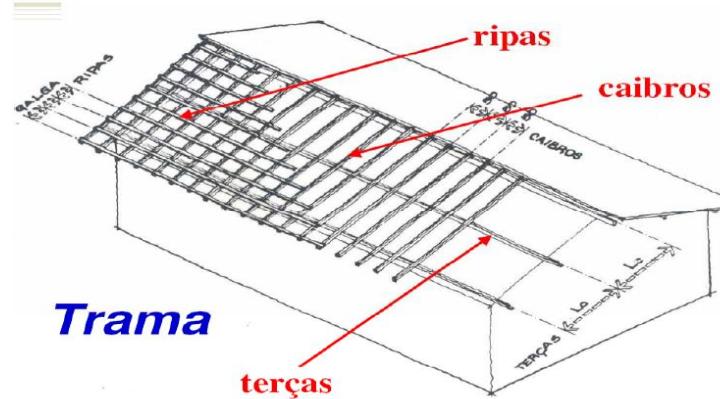
condições de exposição. Possui forte influência sobre a arquitetura, no caso de residências, e influencia na área útil da construção.

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012), a cobertura ou telhado é a parte da construção destinada a proteger o edifício da ação das intempéries, podendo também desempenhar uma função estética. Telhados podem variar desde simples cobertas planas até projetos mais complexos com grande intersecção de águas ou planos inclinados. Os telhados inclinados além da finalidade protetora, também funcionam como um regulador térmico dos ambientes cobertos, já que a camada de ar entre a cobertura e o forro, constitui um excelente isolante térmico. Devido a isso, no Brasil, país de clima tropical, os telhados inclinados são normalmente mais eficientes no que diz respeito ao conforto ambiental.

Para cobertura de habitações populares, pode-se utilizar variados tipos de telhas, tais como: concreto, cerâmico, fibrocimento, entre outras. Elas transmitem sua carga de peso próprio para a estrutura do telhado que os transmitem para a estrutura e paredes da construção para chegarem até a fundação, descarregando no solo (OLIVEIRA, 2012).

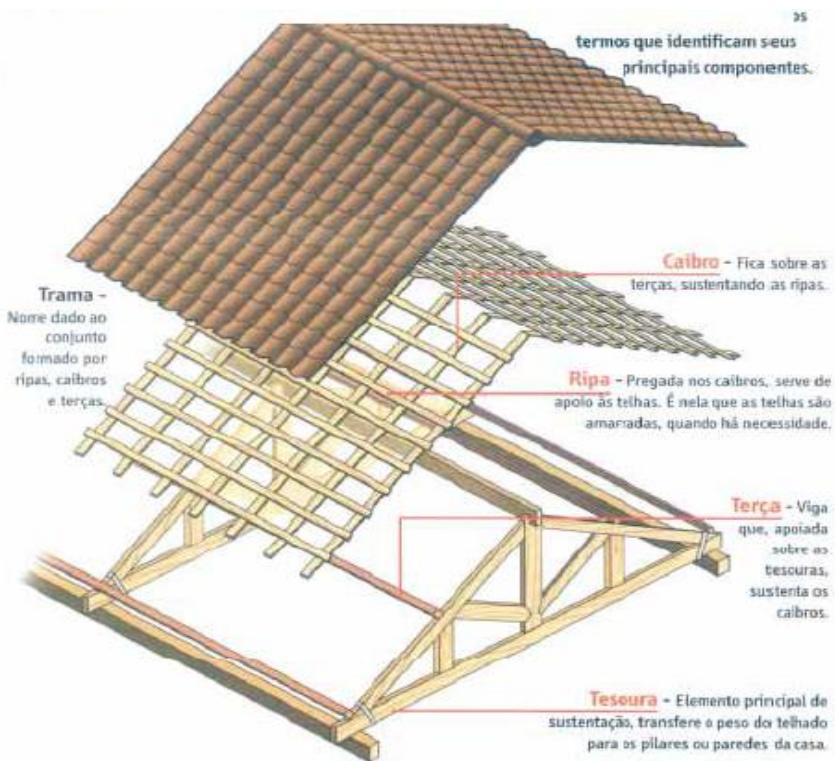
Segundo Borges (1998), para telhas cerâmicas e de concreto se utilizam em média 15 a 16 telhas por metro quadrado. O cimento deve ser de aproximadamente 35%, sendo mais adequado com uso com 40% da inclinação da cobertura. Para cobertura de fibrocimento com ondulação de 6mm e 8mm, o cimento deve ser de 22%. A estrutura para suporte da cobertura é feita normalmente em madeira. É constituída basicamente de 3 elementos estruturais: terças, caibros e ripas, conforme as figuras 10 e 11. Dependendo do modo que a treliça de cobertura será construída, pode haver a necessidade de utilizar tesoura ou não. Nas figuras abaixo podem ser vistas a trama de um telhado convencional, com ripas caibros e terças em madeira, e suas posições e proporções, bem como um detalhe da terça do telhado, que é uma treliça de madeira.

Figura 10: Trama de um telhado.



Fonte: Melo Neto (2010)

Figura 11: Mais detalhes sobre a trama de um telhado.



Fonte: Melo Neto (2010)

5.1.1.7 Esquadrias

Esquadria é o elemento que faz parte da vedação vertical e é usado para o fechamento dos vãos, com a finalidade de controlar a passagem de agentes internos (visão, ar e calor) e agentes externos (poeira, insetos, chuva, vento). Podem ser

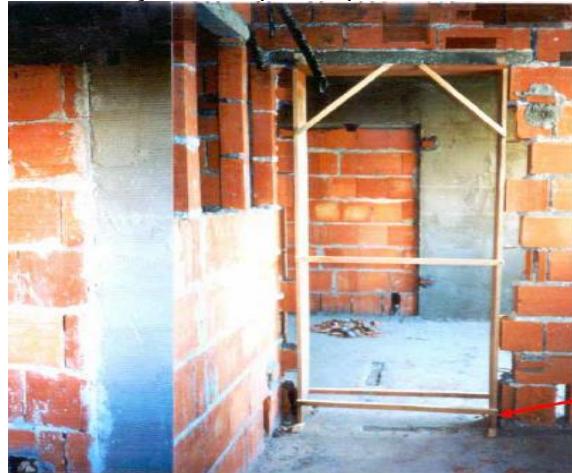
janelas, portas, telas, grades, portões, brises, gradis, alçapões e outros (MELO NETO, 2010).

Ao se realizar o projeto arquitetônico de uma edificação, deve-se manter o cuidado no que se refere a locação de esquadrias, mais especificamente de portas internas. Deve-se sempre locá-las de modo que fiquem numa posição em que sua abertura não atrapalhe a boa funcionalidade do ambiente e de modo a se obter o máximo de conforto para acesso e comodidade. Uma porta no meio de um cômodo pode dividi-lo em dois planos e com isso pode acabar atrapalhando na boa arrumação de móveis (AZEREDO, 2004).

Os componentes de portas são constituintes de um sistema funcional, tendo como elementos batente ou marco, guarnição (alizar), folhas e ferragem. O batente é o elemento fixo que guarnece o vão da parede onde a porta é instalada, e que tem um rebaixo onde a folha se encaixa (jabre). A guarnição ou alizar faz o acabamento entre o marco e a alvenaria, e a espuma expansiva auxilia na fixação do marco na alvenaria, com a finalidade de eliminar vazios para que o marco não empene (POZZOBON, 2007).

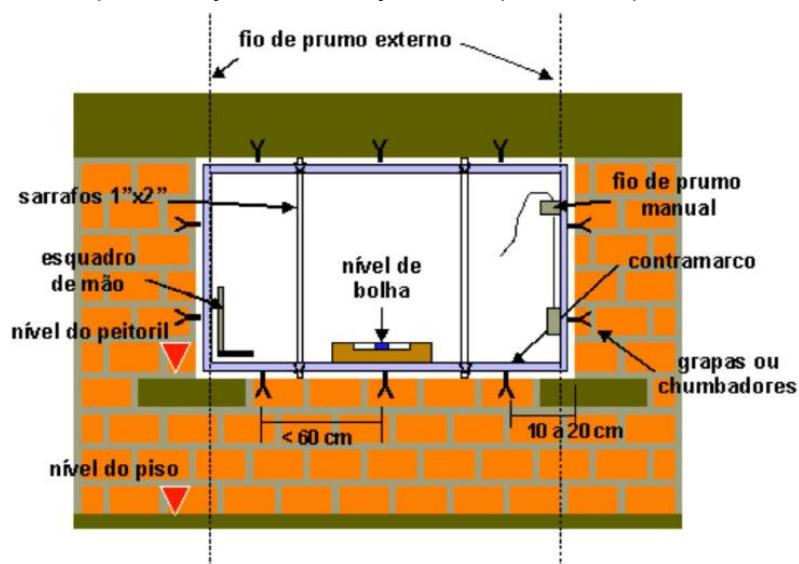
Existem variados tipos de esquadrias para janelas, como em alumínio, PVC, de ferro, madeira (figura 12), entre outras, porém sua função básica é a mesma: iluminar e ventilar ambientes. Elas possuem caixilhos onde se fixam os vidros (BORGES, 1998). Para esquadrias em alumínio, sua instalação depende muito do tipo de caixilho a ser utilizado e seu acabamento em relação aos peitoris externos e internos. Ao concluir a alvenaria, a instalação da esquadria de alumínio se inicia com a colocação do contra marco (peça que dá sustentação a esquadria e a fixa na alvenaria), deve-se manter o nível e o prumo em sua colocação, pois se o contra marco não estiver alinhado com a alvenaria e estrutura, não haverá o bom funcionamento da esquadria. As taliscas devem estar posicionadas estrategicamente para indicar o plano final de acabamento com a alvenaria e as grapas devem ser chumbadas na alvenaria, conforme a Figura 13 (POZZOBON, 2007).

Figura 12: Colocação de esquadria pelo sistema convencional.



Fonte: Melo Neto (2010)

Figura 13: Esquematização da colocação de esquadria em parede de alvenaria.



Fonte: Farias (2013)

5.1.1.8 Instalações Hidrossanitárias e elétricas

Para Azeredo (2004), a primeira etapa que configura as instalações elétricas é a locação dos elementos em planta baixa, em seguida é preciso desenhar o trajeto dos eletrodutos e especificar a quantidade de fios e circuitos que vão passar por este trajeto, e assim é possível dimensionar os fios e circuitos. Desta feita, faz-se a distribuição dos circuitos e a locação do quadro de distribuição de acordo com a norma NBR 5410/2014 e outras correspondentes, sendo a instalação feita nas dependências de circulação da casa. As caixas para tomadas, passagem de fios e interruptores podem ser de materiais metálicos ou plásticos, no entanto as plásticas são,

geralmente, mais utilizadas. As que ficam dentro do forro devem ser sextavadas e as de acesso a tomadas e interruptores devem ser retangulares ou duplas, que são quadradas. As marcações dos rasgos na alvenaria, para que haja a passagem da instalação, devem seguir alinhadas com o projeto executivo considerando-se a estética, o menor desperdício de materiais possível e sempre seguindo recomendações e requisitos da Norma de Instalações elétricas (NBR 5410/2017).

Para a designação das instalações elétricas de uma construção convencional é fundamental que se façam rasgos e cortes nas paredes em alvenaria, os quais contribuem para a diminuição da velocidade construtiva, gerando resíduos e desperdício de material, aumentando mão de obra e custos. Após a abertura de rasgos, há a colocação da instalação e em seguida, parte-se para o fechamento dos rasgos, que mais uma vez, exigem tempo e mão de obra. Se for necessário fazer manutenção na instalação, deve-se abrir mais uma vez os rasgos e fechá-los novamente (OLIVEIRA, 2012).

Em tratando-se das instalações hidráulicas, o processo é semelhante ao das instalações elétricas, sendo necessário a realização de rasgos para instalação das tubulações dentro das alvenarias contribuindo para geração de resíduos e desperdício de materiais (OLIVEIRA, 2012).

Conforme Azeredo (2004), as instalações hidrossanitárias de uma edificação podem ser classificadas em águas pluviais, esgoto, água fria, água quente e incêndio. As instalações hidrossanitárias devem ser executadas com a finalidade de prever futuras manutenções, o que facilita e agiliza em eventuais reparos. A presença de *shafts* é necessária para instalações sanitárias, e não podem ser embutidas em estruturas de concreto como vigas, pilares e lajes. Aberturas em vigas e lajes para passagem de tubulações devem ser previstas em projetos para que sejam reforçados nos locais destas aberturas.

5.1.1.9 Pintura

A pintura é um serviço que emprega um conjunto de técnicas e materiais (inclusive a tinta propriamente) para a execução de um sistema de pintura. É uma composição líquida, geralmente viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato. Utilizando

cores claras, pode-se obter um interessante conforto térmico, pois a luz solar reflete em sua superfície, amenizando a temperatura dentro do ambiente (NÓBREGA, 2013).

O sistema de pintura é um procedimento que consiste na aplicação de tintas às mais diferentes superfícies. Compreende preparo da superfície ou substrato, preparo da tinta e sua diluição, aplicação da tinta em suas diferentes demões, uso de utensílios e ferramentas e limpeza final. A camada de tinta aplicada sobre uma superfície é chamada de demão. A depender da tinta e da superfície a ser pintada, as demões podem variar de duas a quatro. Para a definição de um sistema de pintura adequado, primeiramente é preciso se verificar alguns quesitos, como mostrados no Quadro 4 (SALGADO, 2009).

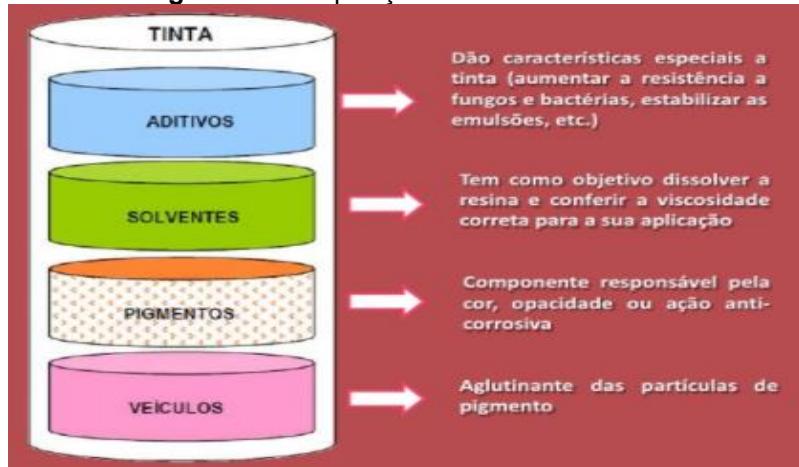
Quadro 4: Quesitos verificados para a definição de um sistema de pintura adequado.

Superfície	Madeira, alvenaria, argamassas, concreto, metal, pedras, etc.
Ambiente	Marítimo, industrial, residencial úmido, interno, externo, etc.
Condições do substrato	Superfície nova ou velha, estado de conservação, etc.
Textura	Lisa ou rústica
Acabamento	Brilhante, sem brilho, acetinado, fosco
Cores	Claras ou escuras
Pintura	Tinta (acabamento colorido) ou verniz (acabamento transparente)
Contato com água potável	Algumas tintas são próprias ou impróprias para revestimento de locais que armazenam água potável.

Fonte: Salgado (2009)

A tinta é uma composição química formada por uma dispersão de pigmentos, numa solução ou emulsão de um ou mais polímeros. Ao ser aplicada na forma de uma película fina sobre uma superfície, se transforma em um revestimento a ela aderente, que colore, protege e embeleza (LUCA, 2013). A seguir, é mostrado um breve esquema da composição das tintas.

Figura 14: Composição das tintas.



Fonte: Nóbrega (2013)

5.1.2 Consumo elevado de água

Geralmente, a água não é vista e nem tratada como um material de construção de fato, tanto que nas composições de custos dos serviços de engenharia não se inclui este item, mesmo sabendo-se que, para a confecção de um metro cúbico de concreto, gasta-se em média de 160 a 200 litros e, na compactação de um metro cúbico de aterro, podem ser consumidos até 300 litros de água, de acordo com Pessarello (2008).

Ainda seguindo o raciocínio de Pessarello (2008) a água é usada em quase todos os serviços nas mais variadas obras de engenharia, às vezes como componente e outras vezes como ferramenta, entrando como componente nos concretos e argamassas e na compactação dos aterros e como ferramenta nos trabalhos de limpeza, resfriamento e cura do concreto. A água é um dos componentes mais importantes na confecção de concretos e argamassas e imprescindível na umidificação do solo em compactação de aterros. A água é um material de construção nobre, que influencia diretamente na qualidade e segurança da obra. A utilização da água ocorre em vários serviços de construção, tais como fabricação de concreto e argamassas, cura do concreto, pinturas, impermeabilização e limpeza, como alguns dos exemplos mais evidentes.

5.1.3 Vantagens e Desvantagens

Para Farias (2013), algumas vantagens e desvantagens podem ser destacadas na estrutura de concreto armado com alvenaria não estrutural. Entre elas estão:

Vantagens:

- a) Ótima resistência mecânica e excelente resistência ao fogo;
- b) Adapta-se às diferentes formas com grande facilidade, de maneira tal que seus componentes podem ser moldados com diferentes formas, pois o lançamento do concreto é feito quando seu estado é semi-fluido;
- c) Podem ser usados aditivos plastificantes e fluidificantes para aumentar a fluidez e a trabalhabilidade do concreto e possibilitam a utilização de concreto bombeado em mangueiras sob altas pressões, o que pode reduzir custos e tempo nos serviços de transporte e lançamento;
- d) Alta durabilidade e baixos custos de manutenção, quando o projeto atende às normas e padrões de qualidade;
- e) Bons índices de impermeabilidade;
- f) Muito bem aceito por clientes e usuários. É o principal paradigma de método construtivo.

Desvantagens:

- a) Valor elevado do peso próprio do concreto, pois possui uma massa específica que varia entre 2000 kg/m³ a 2800 kg/m³;
- b) Alta quantidade de armadura (aço), deixando a parte estrutural mais pesada e a obra mais cara;
- c) As paredes de alvenaria têm a função única de vedação e contribuindo para o aumento do peso em lajes, vigas ou fundações;
- d) Gera muito entulho, tais como madeira usada nas formas de elementos estruturais, metralhas, pregos, arames cozidos e outros elementos que podem elevar a composição final do entulho na obra;
- e) Quantidade mais elevada de operários, tais como: pedreiros, carpinteiros, ferreiros, eletricistas, apontadores e diversos ajudantes (serventes);
- f) Produtividade baixa, pois este sistema construtivo é bem artesanal;

- g) Nas situações de reparos de instalações, há um grande desperdício de material causado pela destruição de paredes;
- h) Maiores riscos de acidentes, pois há grande presença de barras de aço expostas, pregos e flepas;
- i) Em localidades litorâneas, há a possibilidade da oxidação e corrosão do aço;
- j) Consumo muito grande de água.

Este trabalho não pretende desqualificar a construção convencional, pois a mesma apresenta vantagens interessantes, como sua alta resistência mecânica e boa resistência ao fogo; seus componentes podem ser moldados de diversas formas. Além disso, possui baixos custos de manutenção, é bastante impermeável, possui várias opções de preços e prazos, tem uma mão de obra bastante ativa e numerosa e há várias formas de se melhorar a fluidez, resistência e trabalhabilidade do concreto. Todavia, sua maior vantagem passa por sua aceitação quase unânime por parte de clientes e de construtoras. Há décadas este sistema vem sendo utilizado no país, com relativo sucesso, e sua aceitação é extremamente alta.

No entanto, suas desvantagens mais marcantes são o elevado peso próprio do concreto, que ocasiona a necessidade de fundações mais robustas, mesmo em casos de solos competentes. A necessidade de aços para armaduras, encarecendo a obra; a geração de bastante entulho; alta quantidade de operários; pequena produtividade, por ser um sistema artesanal; possui um alto desperdício de materiais; em caso de instalações e reparos há a necessidade de quebrar paredes e depois reconstruir algumas partes, gerando maiores gastos e mais desperdício de material. Há maiores riscos de acidentes durante as obras e precisa de um altíssimo consumo de água, fator este que pesa bastante em localidades semiáridas que enfrentam problemas hídricos, tal como Caruaru.

5.1.4 Análise do Custo

Como pode ser visto no anexo A, há um relatório com alguns valores do CUB/m² para o estado de Pernambuco no mês de Janeiro de 2018. A residência padrão que está sendo utilizada neste trabalho, se encaixaria como R-2, podendo ser padrão baixo ou normal. O CUB/m² seria de aproximadamente R\$ 1500,00/m².

Para o custo estimado da construção desta habitação, os itens que mais impulsionam no orçamento são a infraestrutura e, em seguida, a superestrutura e estrutura de cobertura. A porcentagem da estrutura da cobertura relativa ao custo total da obra é de aproximadamente 7%. Enquanto a superestrutura quantifica um valor de 4% e a infraestrutura 12%, e quantificando o valor de concreto armado utilizado nesta construção, tem-se a soma dos dois que dá 16% do valor total da residência (FARIAS, 2013).

5.2 Sistema de Construção a Seco (LSF e Drywall)

O sistema *steel frame* é uma proposta para racionalizar a concepção da estrutura da edificação utilizando-se perfis dobrados a frio. As chapas têm entre 0,8 mm e 3,0 mm de espessura, sendo a mais utilizada a de espessura de 0,95 mm. O sistema *steel frame* é composto basicamente por três tipos de subestruturas: os pisos estruturais, as paredes estruturais e o sistema de cobertura. (DOMARASCKI, 2009).

De acordo com Freitas (2006) o LSF pode ser aplicado em residências unifamiliares, edifícios residenciais e comerciais até quatro pavimentos, hotéis, hospitais, clínicas, escolas, unidades modulares, *retrofit* de edificações, entre outros.

De acordo com Souza (2014) o LSF é composto por um conjunto de subsistemas e de processos resultantes de métodos e técnicas construtivas iniciadas de sistemas construtivos a seco e da construção em aço. Os conjuntos e processos construtivos que formam este sistema podem ser colocados como:

- a) Subsistema estrutural;
- b) Subsistema de vedação e isolamento multicamada;
- c) Subsistema de piso, laje e entrepiso;
- d) Subsistema de cobertura.

Como sistema construtivo o *Light Steel Framing* é composto por vários subsistemas que formam o conjunto. Sendo a fundação, estrutura, instalações elétricas e hidráulicas, isolamento termo-acústico, e fechamento interno e externo, vertical e horizontal, os subsistemas que o compõem. Para que o desempenho e as funções do sistema sejam cumpridos é necessário que estes subsistemas estejam inter-relacionados entre si e que todo o processo construtivo desde a escolha de materiais, seleção da mão-de-obra, e execução da construção seja pautada pela

excelência e qualificação. O LSF é um sistema construtivo amplo, capaz de integrar todos componentes e subsistemas necessários à construção de uma edificação. O LSF é uma estrutura formada por perfis de aço galvanizado formados a frio, que formam painéis estruturais (paredes, pisos, cobertura) ou não (fechamentos e vedações) que são ligados entre si por meio de parafusos, compondo assim um conjunto autoportante que é dimensionado com a finalidade de receber e transmitir os esforços atuantes na edificação (SOUZA, 2014).

O sistema construtivo em drywall vem para substituir as tradicionais alvenarias de vedação. Trata-se de uma estrutura de chapa de aço revestido com zinco pelo processo de imersão a quente posicionado de acordo com as divisões dos cômodos ou áreas seguido de uma incorporação de chapas de gesso fixadas, nos dois lados, por parafusos nessa estrutura. Essas chapas são fabricadas a partir de uma mistura de gesso e aditivos e, para dar sustentação à placa, o gesso é comprimido por laminação, entre duas folhas de papel-cartão (SALGADO, 2009).

Ainda de acordo com Salgado (2009), o sistema drywall permite todos os tipos de revestimentos tradicionais; inclusive é possível aplicar placas sobre revestimentos já existentes. Para isso, é necessário utilizar produtos fornecidos especialmente para a finalidade desejada. Uma vantagem interessante é que as placas, após sua aplicação e rejuntamento devido, oferecem uma superfície plana e lisa que pode receber diretamente um sistema de pintura convencional. Para aplicação de revestimento em azulejo, recomenda-se a utilização de argamassa colante flexível. O Quadro 5 mostra algumas utilizações e propriedades do drywall.

Quadro 5: Utilizações e propriedades mais comuns para o sistema drywall.

Forros	Substituição dos tradicionais forros de gesso em placas
Versatilidade de projeto	A estrutura pode ser adaptada a diferentes projetos arquitetônicos tanto em linhas retas como em curvas
Revestimento	Pode ser aplicado como revestimento em paredes, vigas e pilares
Resistência a impactos	O gesso, por ser estruturado, possui resistência a impactos comuns no uso

	diário, mas é preciso ter grande cuidado com objetos pontiagudos
Conforto térmico e acústico	As divisórias podem conter, entre as placas de gesso, isolamento termoacústico como lã de rocha ou lã de vidro, o que proporciona conforto adicional em ambientes contíguos
Resistência à umidade	O gesso absorve, naturalmente, a umidade do ambiente. Para solucionar esse problema, as placas recebem acartonados apropriados e imunes à água, do tipo RU. Estas placas são usadas em ambientes sujeitos à umidade, mas não em ambientes onde a presença de água é intermitente.
Leveza	O sistema confere grande redução das cargas permanentes de uma construção, refletida diretamente na estrutura e nas fundações. Uma parede de gesso acartonado tem aproximadamente 25 kg/m^2 , enquanto uma parede em alvenaria pode atingir 165 kg/m^2 .

Fonte: Salgado (2009)

No entanto, alguns cuidados precisam ser tomados. A execução deve ser realizada por profissionais habilitados, normalmente indicados pelos fornecedores fabricantes. Os perfis estocados devem ser mantidos amarrados e alinhados, evitando distorções que podem ocasionar amassamento ou torções nas peças. As embalagens do produtos para aplicação na execução, como sacos de gesso e placas, devem ser estocadas em lugares arejados e livres de umidade e as placas devem ser transportadas verticalmente para que não haja risco de quebra (SALGADO, 2009).

5.2.1 Materiais Componentes

5.2.1.1 Aço

O aço tem sido usado como um material de diversas aplicações, com alto desempenho e bem adaptável às mais complicadas condições de serviços. Pelo fato de suas características serem bastante vantajosas, tem substituído outros materiais em numerosos setores industriais. O aço empregado no sistema *steel frame* é produzido no parque siderúrgico brasileiro e integrado com outros componentes industrializados, substituindo com vantagens técnicas, econômicas e ambientais, materiais como tijolos, madeiras, vigas e pilares de concreto; proporcionando um avanço qualitativo no processo produtivo e posicionando a indústria de construção civil brasileira de uma forma mais competitiva diante de um mercado globalizado (CBCA, 2017).

Possui características extremamente vantajosas tais como: não produzir resíduos e seus derivados são integralmente reutilizáveis; economia maior de tempo ao permitir uma elevada velocidade de execução; economia de materiais usados e auxilia na preservação do solo (baixo peso dos perfis utilizados permite fundações menores que não exigem escavações gerando entulho e consequentes viagens de caminhão); resiste a terremotos; o aço é magneticamente neutro; possui uma vida útil relativamente longa; permite economia de energia através de alto isolamento e baixa inércia térmica; oferece excelentes soluções para isolamento acústico; é flexível e é 100% reciclável (CBCA, 2017).

5.2.1.2 Perfis Metálicos

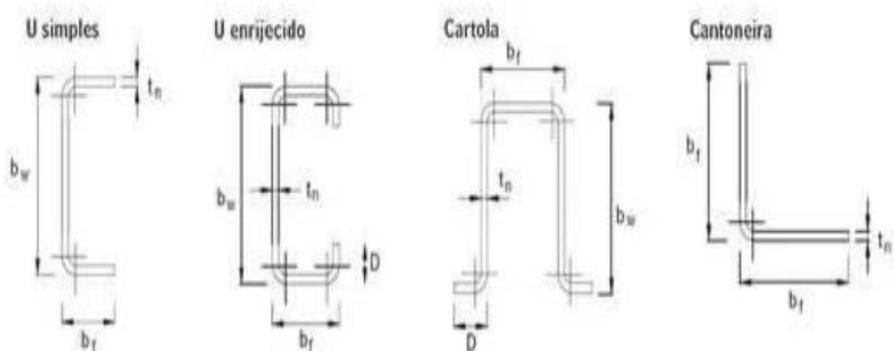
Os perfis metálicos são empregados na composição de painéis estruturais de paredes, vigas de piso, vigas secundárias, treliças, tesouras de telhado, entre outros componentes. As montagens mais usuais de LSF utilizam combinações de seções transversais “U” enrijecido (Ue) e “U” simples, mas há sistemas de montagem que beneficiam-se apenas de seções Ue (BELIVAQUA, 2009).

A Figura 15 apresenta os perfis mais comuns em LSF. Estes são: U simples; U enrijecido; Cartola; e Cantoneira. Sua geometria diferenciada ocorre por necessidades diferentes, pois algumas precisam resistir mais aos esforços cortantes que outras; há, em algumas, a necessidade de funcionarem em conjunto com

contraventamento; e algumas são perfis para vigas e/ou pilares, outras como apoio, e assim por diante (YAMASHIRO, 2011).

Segundo Castro (2005), os perfis utilizados neste sistema são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço galvanizado e as seções mais comuns nas construções em LSF são o perfil “U” enrijecido (Ue) para montantes e vigas, o “U” usado como guia na base e no topo dos painéis, o “Cartola” (Cr) empregado em ripas e as cantoneiras (L).

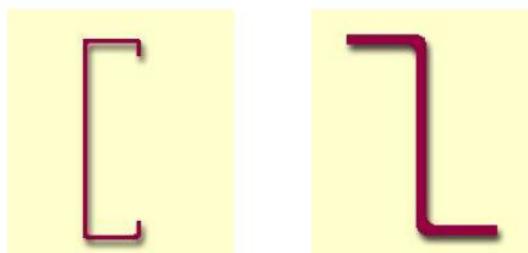
Figura 15: Perfis típicos em LSF.



Fonte: Yamashiro (2011)

A norma NBR-14762 (2010) faz uma espécie de complemento à norma NBR 8800 (2008), trazendo os PFF e os perfis de chapa dobrada, que podem ser vistos na figura a seguir (LEÃO, 2013).

Figura 16: Perfis de chapa dobrada, os quais são cobertos pela NBR-14762:2010.

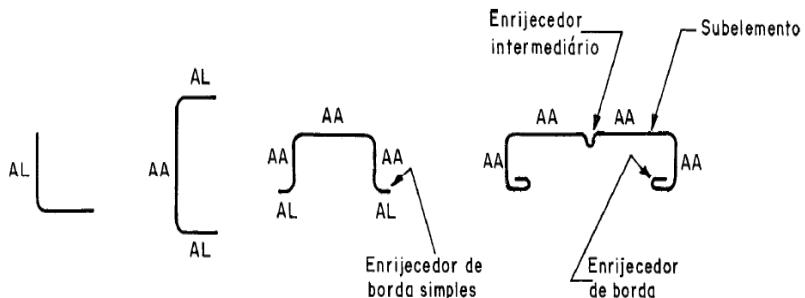


Fonte: Leão (2013)

A norma NBR-14762 (2010) mostra os tipos de elementos que formam os PFF, e ajudam no dimensionamento e escolha das melhores seções. Cada perfil pode possuir elementos com bordas vinculadas (AA) ou livres (AL), e pode haver a

necessidade do uso de enrijecedores intermediários, de bordo simples ou de bordo (dobrado), e seus usos são definidos de acordo com os esforços atuantes na estrutura.

Figura 17: Tipos de elementos componentes de perfis formados a frio.

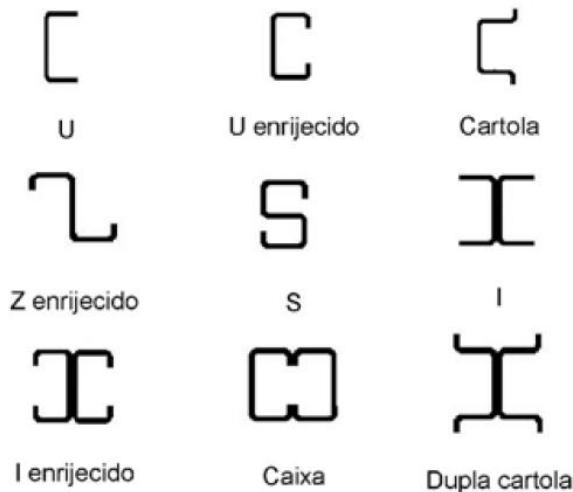


Fonte: NBR-14762 (2010)

Os PFF tem hoje sua utilização em fase de rápido crescimento no Brasil. Tal difusão se deve a diversidade de aplicações apresentadas pelo produto final que se obtém a partir da conformação de chapas finas, podendo obter concepções estruturais esbeltas e eficientes para uso nas edificações com as mais diversas aplicações, tais como: coberturas de galpões em geral; edificações residenciais; estrutura para sistemas construtivos em LSF e painéis de fechamento em gesso acartonado (tipo Drywall); ginásios poliesportivos e auditórios; entre outros. Uma particularidade dos PFF e a sua concepção cada vez mais esbelta, através da conformação a frio de chapas com espessuras a partir de 0,80 mm para o sistema LSF, podendo, com isto, representar uma economia na construção metálica leve (RODRIGUES, 2006).

Os diversos empregos mencionados são possíveis devido a grande variedade das formas de seções transversais (Figura 18). É possível a fabricação de perfis com seção transversal do tipo U, U enrijecido, Z, Z enrijecido, cartola, tubular, etc., o que pode ser realizado até mesmo em fábricas de menor porte. A conformação a frio das chapas finas altera as propriedades mecânicas do aço. Provoca-se uma elevação da resistência ao escoamento e a redução da ductilidade do material, sendo estes efeitos concentrados nas regiões vizinhas aos cantos dobrados ou distribuídos ao longo dos elementos que constituem a seção transversal do perfil, dependendo do processo de conformação utilizado. Outro efeito oriundo da conformação a frio é o aparecimento das tensões residuais nos elementos do perfil, cuja distribuição e intensidade também dependem do processo de conformação (RODRIGUES, 2006).

Figura 18: Tipos de seções transversais mais comumente usadas.



Fonte: Rodrigues (2006)

Ainda segundo Rodrigues (2006) outra particularidade dos PFF está relacionada ao melhor aproveitamento dos perfis, tornando- os mais leves e econômicos. Para isto, procura-se aumentar a relação largura-espessura de seus elementos, levando a concepções cada vez mais esbeltas. Os perfis assim obtidos tem seus elementos com maior susceptibilidade à flambagem local, não representando tal fenômeno um colapso estrutural do elemento mas uma redução gradativa principalmente de sua rigidez axial e de flexão. Sabe-se que as chapas esbeltas apresentam comportamento pós-crítico estável, com força resistente pós-crítica que pode ser levada em conta no cálculo estrutural. Além destes perfis pode ser necessária a utilização de tiras metálicas com a função de contraventamento da estrutura.

5.2.1.3 Revestimentos de fechamentos e fixação

Serão abordados os tipos de revestimento em gesso acartonado, placas cimentícias e em placas de OSB, que são os mais usados em conjunto com o LSF por serem rápidos e fáceis de montar, além de apresentarem uma leveza e economia de material que condizem com o sistema a seco. Mostrar-se-ão, também, a estrutura geral dos perfis de aço e a fixação destes componentes por meio de parafusos.

a) Estrutura dos perfis de aço

De acordo com Luca (2014) as paredes em *drywall* são formadas por uma estrutura com elementos em aço galvanizado, sendo fixadas em ambos os lados por chapas de gesso com parafusos específicos. As juntas entre as chapas e o encontro com possíveis alvenarias e o teto são tratados com fita e massas próprias para a construção a seco, deixando as paredes monolíticas e lisas.

Os perfis de aço para *Drywall* são revestidos com zinco classe Z275, a qual exerce a proteção galvânica do zinco e evitando a corrosão do aço. Os montantes possuem furações com dimensões e espaçamentos padronizados para passagem de instalações pelo interior das paredes. Caso haja a necessidade de furos extras em outras posições ao longo dos montantes, eles podem ser executados desde que feitos com serra copo, mantendo as dimensões da furação original e ficando centralizados na largura dos montantes. No Quadro 6, são mostrados os perfis de aço para paredes *drywall*, os quais podem ser montantes, guias ou cantoneiras. É mostrada sua possível largura e sua espessura (LUCA, 2014).

Quadro 6: Perfis de aço para paredes Drywall.

Tipo	Nome	Largura	Espessura mm
	Gula	48	0.50
		70	
		90	
	Montante	48	0.50
		70	
		90	
	Cantoneira perfurada	23/23	0.30*

Fonte: Luca (2014)

b) Gesso Acartonado

Segundo Luca (2014) as chapas de gesso usadas para *Drywall* são fabricadas seguindo os padrões da norma ABNT NBR 14.715:2010, as quais são constituídas por um miolo de gesso revestido em ambos os lados por lâminas de cartão duplex especificamente desenvolvidas para o *drywall* por meio de papel e papelão reciclados. A finalidade destas lâminas de cartão é proporcionar a resistência mecânica e a

flexibilidade às chapas e gerar uma alta qualidade de acabamento para as paredes. As chapas de gesso fazem o fechamento e complementam a estruturação da parede quando são parafusadas nos dois lados da estrutura de aço. A espessura e o número de chapas são diretamente proporcionais à resistência mecânica do conjunto.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2016), as chapas de gesso acartonado são vedações leves, porque não possuem uma função estrutural e sua densidade superficial varia entre 6,5 kg/m² a 14 kg/m² dependendo da sua espessura. Esse sistema permite derivações e composições em função das necessidades de resistência ao fogo e à umidade, fixação em grandes vãos ou isolamento acústico. As dimensões nominais e tolerâncias são especificadas por normas, e geralmente as chapas são vendidas com largura de 1,20 m e comprimentos que variam de 1,80 m a 3,60 m, o que é ditado pelo fabricante. As espessuras da placa variam entre 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm. No mercado brasileiro são oferecidos 3 tipos de placas, a saber:

- a) Placa *Standard* (ST) – para aplicações em paredes direcionadas às áreas secas, como divisórias de salas, quartos, escritórios, consultórios, entre outros;
- b) Placa resistente à umidade (RU) – chamada de placa verde, é usada para paredes colocadas em ambientes propícios à ação da umidade, por tempo limitado e de forma intermitente, como banheiros e cozinhas;
- c) Placa resistente ao fogo (RF) – Também conhecida como placa rosa, é usada em áreas secas, mas em paredes com exigências especiais de resistência ao fogo.

Algumas das principais características das placas apresentadas, podem ser vistas no Quadro 7 e na Figura 19.

Quadro 7: Chapas de gesso mais comumente usadas.

Tipo	Nome	Código	Utilização
	Standard	ST	Aplicação em áreas secas
	Resistente à umidade	RU	Aplicação em áreas sujeitas à umidade por tempo ilimitado de forma intermitente
	Resistente ao fogo	RF	Aplicação em áreas secas, nas quais é exigido um maior desempenho em relação ao fogo

Fonte: Luca (2014)

Figura 19: Tipos de chapas de gesso.



Fonte: Souza (2014)

As placas de gesso acartonado são um pouco mais pesadas que as OSB, porém ainda assim são consideradas leves e de fácil instalação. Apresentam superfície lisa e regular, por isso o acabamento pode ser realizado sem a necessidade de grandes quantidades de revestimento. As placas de gesso acartonado também se comportam como isolante termo-acústico e, se usados em conjunto com um bom isolante de lã de vidro, por exemplo, garante um bom resultado aumentando o conforto da edificação. Sua fixação é feita da mesma maneira que placas OSB, com parafusos autoatarraxantes. Uma grande vantagem da placa de gesso acartonado é a facilidade de sua retirada para verificação de instalações ao se fazer manutenção. Ao se instalar uma placa ao lado da outra, deve-se fazer um tratamento nas juntas para que haja um bom acabamento e um bom funcionamento do conjunto. A execução é muito mais rápida e muito mais “limpa”, pois a montagem é feita por acoplamento mecânico, a seco, sem necessidade de argamassa e água (o que se chama de “construção seca”);

além disso, a perda de material e a produção de entulho é muito menor que nas paredes em alvenaria e revestimentos em argamassas convencionais. Como consequência, o canteiro fica mais limpo e organizado, e a obra pode ser feita em menor prazo. Os revestimentos e acabamentos ficam mais fáceis e baratos, pois a superfície das placas é lisa e plana, não havendo necessidade de regularizações, como o emboço na alvenaria. É possível observar-se, na figura a seguir, como fica uma parede em *drywall* depois do acabamento (CASTRO, 2005).

Figura 20: Fechamento em placas de gesso acartonado.



Fonte: Farias (2013)

c) Placas de OSB

As placas de OSB podem ser empregadas nas estruturas vertical (painéis) e horizontal (lajes secas), exercendo grande utilidade estrutural, no entanto não pode ficar exposto às intempéries, desta feita deve receber um acabamento de impermeabilização quando for usado em áreas externas (FARIAS, 2013).

Estas placas possuem uma alta resistência mecânica e a impactos, além do fato de que na sua fabricação há um tratamento especial contra insetos, que corrobora para o aumento de sua vida útil. Este tipo de fechamento é mais usado na parte externa (Figura 21), já que resiste mais à umidade do que o gesso acartonado, sendo o gesso acartonado mais empregado na parte interna da edificação, pois apresenta melhor desempenho estético e funcional (CASTRO, 2005).

O fato de esta placa ser bastante leve gera facilidade de transporte e instalação. Sua fixação é feita por parafusos autoatarraxantes, e a instalação em áreas externas e internas precisa contar com a presença de juntas de dilatação com

cerca de 3 mm entre as placas. Quando usadas em contato com a chuva, há a necessidade da aplicação de uma manta de polietileno de alta densidade revestindo toda área externa da placa. Para evitar a exposição à chuva é preciso que a aplicação da manta seja feita imediatamente depois da fixação da placa OSB (FARIAS, 2013).

Figura 21: Aplicação de placas OSB em uma residência.



Fonte: Castro (2005)

d) Placas cimentícias

Esta placa é formada basicamente por uma mistura de agregados, cimento *Portland* e fibras de celulose ou fibras sintéticas. É um fechamento que pode ser usado para áreas internas e externas, em estruturas horizontais e verticais e pode ser exposto à chuva (FARIAS, 2013).

As placas cimentícias possuem peso próprio de aproximadamente 18 kg/m² variando de acordo com a espessura da placa, apresentando boas características, tais como elevada resistência a impactos e à umidade, além de serem compatíveis com a maioria dos revestimentos, fáceis de serem cortadas por equipamentos diversos e montadas, e uma boa resistência ao fogo. Este fechamento é incorporado ao sistema LSF, porque garante limpeza na obra, velocidade e uma construção mais leve (CASTRO, 2005).

Para Farias (2013) escolhe-se a espessura da placa de acordo com a função da própria placa, sendo que a espessura pode variar entre 6, 8 e 10 mm. As dimensões comerciais das placas cimentícias são de 1,20 m de largura e um comprimento que varia de 2,00 m a 3,00 m. As placas de 6 mm podem ser usadas em paredes internas sem função estrutural. As placas de 8 mm podem ser aplicadas em paredes internas e externas, com ou sem umidade, estruturais ou não. As de 10 mm

são utilizadas em paredes internas e externas e são as mais recomendadas para painéis estruturais, pois esta placa melhora a resistência a impactos e o isolamento termo-acústico, devido a sua maior espessura (Figura 22).

A fixação destas placas é feita por parafusos do tipo cabeça de trombeta e ponta broca. É preciso um tratamento das juntas após a fixação das placas, e o melhor tratamento é o feito com silicone, especialmente nas paredes externas (FARIAS, 2013).

Figura 22: Aplicação de placa cimentícia.



Fonte: Farias (2013)

e) Fixação com parafusos

Para Luca (2014) os parafusos empregados para fixação dos perfis entre si e das chapas na estrutura são fabricados de acordo com uma norma específica e são exclusivos para *Drywall*, tendo como características serem autoperfurantes e autoatarraxantes e são protegidos contra corrosão. Objetos fixados à parede exercem esforço de cisalhamento em quadros, espelhos, etc.

O comprimento dos parafusos que fixam os perfis metálicos entre si precisa perpassar o último elemento metálico em pelo menos três passos de rosca. Os comprimentos dos parafusos que fixam as chapas *drywall* nos perfis metálicos são dados pela quantidade e espessura de chapas a serem usadas. Os parafusos sempre precisam ultrapassar o perfil metálico em no mínimo 10 mm. O espaçamento máximo entre os parafusos na fixação das chapas é 30 cm, o que dá resistência ao conjunto. A profundidade do parafuso é um fator importante para a correta fixação da chapa,

evitando-se que fique saliente ou aprofundado demais (LUCA, 2014). No Quadro 8, podem ser vistos os principais tipos de parafusos usados, seus respectivos desenhos e códigos, seus comprimentos nominais e quais tipos de perfis metálicos podem ser usados, bem como suas aplicações e funções.

Quadro 8: Parafusos usados para fixação dos perfis.

Tipo	Desenho	Código	Comprimento nominal mm	Perfil metálico	Função/aplicação
Cabeça trombeta e ponta agulha		TA 25	25	Espessura máxima de 0,7 mm	1 chapa com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TA 35	35		2 chapas com espessura de 12,5 mm em perfis metálicos
		TA 45 TA 50	45 50		2 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TA 55 TA 65 TA 70	55 65 70		3 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
Cabeça trombeta e ponta broca		TB 25	25	Espessura máxima de 0,7 mm até 2,00 mm (steel frame)	1 chapa com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TB 35	35		2 chapas com espessura de 12,5 mm em perfis metálicos
		TB 45 TB 50	45 50		2 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm em perfis metálicos
		TB 55 TB 65 TB 70	55 65 70		3 chapas com espessura de 12,5 mm ou 15 mm 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 máxima de 0,7 mm até 2,00 mm (steel frame)	Fixação de perfis metálicos entre si

Fonte: Luca (2014)

Os parafusos utilizados para fixação dos perfis entre si e das chapas na estrutura são fabricados de acordo com a norma ABNT NBR 15.758:2009 – Parte 1 e são específicos para *drywall*, sendo autoperfurantes e autoatarraxantes, respectivamente, protegidos contra corrosão com zincação e fosfatização. O parafusamento adequado é fundamental para garantir a rigidez, a estabilidade e o bom desempenho das paredes ante os esforços a que são submetidas. Para fixação

das chapas, o espaçamento máximo entre parafusos é de 25 a 30 cm, de modo a assegurar a resistência do conjunto. A profundidade do parafuso também é muito importante para a boa fixação da chapa. Não deve ficar saliente para não comprometer o acabamento da parede e não deve ser aprofundado demais para evitar cortar o cartão da chapa comprometendo a sua fixação. Quando este último caso ocorrer, deve ser aplicado outro parafuso ao lado do inadequado (LUCA, 2014).

f) Tratamento de juntas e parafusos

O tratamento das juntas entre chapas e o tratamento do encontro das alvenarias com o teto são feitos com fitas (Quadro 9) e massas (Quadro 10) especificamente designadas para *drywall*. Além do fato de gerarem acabamentos a essas regiões, as fitas e massas contribuem para a complementação da rigidez das paredes, evitando fissuras e trincas. As cabeças dos parafusos que fixam as chapas também precisam receber a massa de acabamento (LUCA, 2014).

Quadro 9: Tipos de fitas para tratamento.

Nomenclatura	Largura	Utilização
 Fita de papel microporurado	50 mm	Tratamento de juntas entre chapas e tratamento dos encontros entre as chapas e o suporte (alvenarias ou estruturas de concreto)
 Fita de papel com reforço metálico	50 mm	Reforço de ângulos salientes
 Fita de isolamento (banda acústica)	48 mm 70 mm 90 mm	Isolamento dos perfis nos perímetros das paredes e dos revestimentos

Fonte: Luca (2014)

Quadro 10: Tipos de massas para fixação.

Nomenclatura	Apresentação	Utilização
Massa de rejunte Massa de rejunte lenta	em pó	Tratamento de juntas entre chapas e recobrimento das cabeças dos parafusos em paredes, forros e revestimentos. Deve ser misturada com água para sua aplicação.
Massa de rejunte	pronta para uso	Tratamento de juntas entre chapas e recobrimento das cabeças dos parafusos em paredes, forros e revestimentos.
Massa de colagem	em pó	Revestimento por meio da colagem das chapas em alvenarias e estruturas de concreto. Deve ser misturada com água para sua aplicação.

Fonte: Luca (2014)

5.2.1.4 Ancoragem

Com a finalidade de evitar o movimento da edificação em virtude da pressão do vento, a superestrutura deve ser firmemente ancorada na fundação. Esses movimentos podem ser de transição ou de tombamento com rotação do edifício. A translação é uma ação na qual o edifício desloca-se lateralmente em função da ação do vento. Já o tombamento é uma elevação da estrutura na qual a rotação pode ser causada por assimetria na direção dos ventos que acometem a edificação. (SCHARFF, 1996).

De acordo com Freitas (2006) a escolha da melhor opção, em eficiência, da ancoragem depende do tipo de fundação e das solicitações que estão presentes na estrutura em função das cargas, aspectos climáticos e possibilidade de atividade sísmica. O tipo de ancoragem, suas respectivas dimensões e espaçamentos são designados pelo cálculo estrutural. Os tipos mais comuns de ancoragem são: Ancoragem química com barra rosqueada e Ancoragem expansível com *parabolts*, além da Ancoragem provisória.

As Figuras 23 e 24 ilustrarão um pouco sobre alguns detalhes dos principais tipos de fixação que estão ligados às fundações.

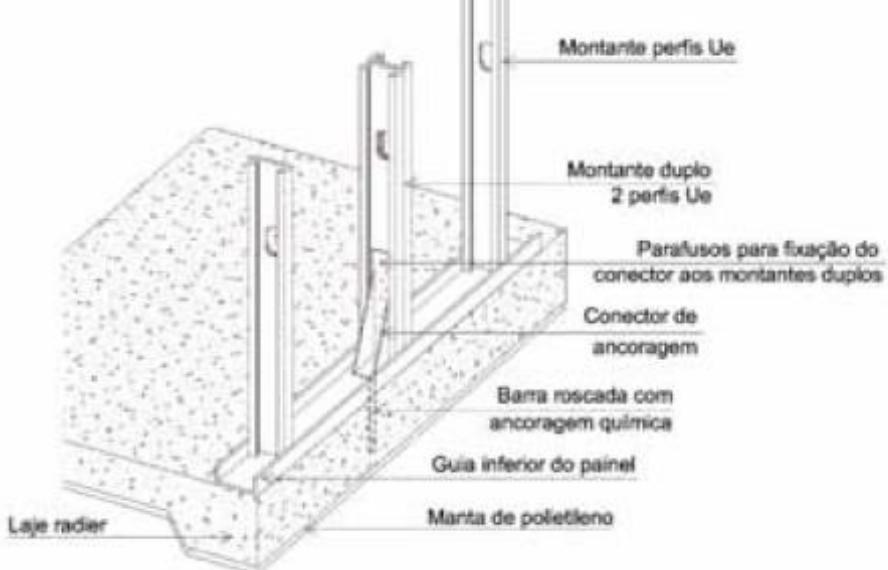
A ancoragem química com barra roscada é colocada depois da concretagem da fundação. Consiste em uma barra roscada com arruela e porca, que é fixada no concreto por meio de perfuração preenchida com uma resina química formando uma interface resistente com o concreto. A fixação à estrutura se dá por meio de uma peça em aço que é conectada à barra roscada e à guia e aparafusada ao montante geralmente duplo. As figuras abaixo ilustram a fixação do painel à fundação (FREITAS, 2006).

Figura 23: Detalhe da peça de reforço na ancoragem da estrutura à fundação por meio de barra roscada.



Fonte: Freitas (2006)

Figura 24: Esquema geral de ancoragem química com barra roscada.



Fonte: Freitas (2006)

No Brasil, o tipo de ancoragem mais utilizado no LSF é o *parabolt* expansível, o qual fixa os painéis na estrutura de fundação, quando esta é feita usando-se os procedimentos convencionais, usando concreto. Primeiramente faz-se um furo em lugar previamente determinado pelo engenheiro projetista, e então coloca-se um *parabolt* neste furo. O *parabolt* expansível expande-se ao passo que vai sendo rosqueado o parafuso, garantindo sua fixação na estrutura de fundação. (CASTRO, 2005).

O tipo de ancoragem usando o *parabolt* expansível funciona como o mecanismo de uma bucha empregada em residências para a fixação de objetos na parede, todavia ao invés de usar um material plástico, usa-se uma bucha parafuso que possui uma elevada resistência ao arranque, fato que garante a fixação completa e eficiente dos painéis na fundação (FARIAS, 2013).

Figura 25: *Parabolt* expansível.



Fonte: Farias (2013)

No processo de montagem da estrutura, usando a ancoragem provisória (Figura 26), no pavimento térreo, os painéis são fixados à fundação através de sistema de finca pinos acionados a pólvora. Esse método é utilizado para manter o prumo dos painéis enquanto são montados e conectados a outros painéis do pavimento e até que seja feita a ancoragem definitiva. São também utilizados em painéis não estruturais como fixação e para evitar deslocamentos laterais (FREITAS, 2006).

Figura 26: Ancoragem Provisória.



Fonte: Freitas (2006)

5.2.2 Fundação

De acordo com Santiago, Freitas e Castro (2012) uma das vantagens do LSF é baixo peso da estrutura e de seus componentes de fechamento se comparado aos sistemas construtivos tradicionais. Devido a essa característica as fundações em LSF são menos exigidas e possibilitam considerável redução no dimensionamento das fundações, consequentemente menor custo da estrutura. No entanto, um dos fundamentos do LSF é o conceito de estrutura alinhada ou *In-line Framing*, que consiste na distribuição uniforme das cargas ao longo dos painéis estruturais. Assim a fundação de uma construção em LSF deve ser contínua e suportar os painéis em toda a sua extensão.

As fundações no LSF seguem o mesmo processo de uma construção tradicional e a escolha sobre qual tipologia a ser adotada será definida a partir da análise da topografia local e sondagem do terreno, verificando condições como tipo de solo, nível de lençol freático, estabilidade do solo, entre outros.

As fundações são à base de qualquer construção e no LSF é imprescindível que a mesma seja executada com alto controle de qualidade, uma vez que a montagem da estrutura e componentes do sistema com precisão depende também de uma superfície corretamente nivelada e em esquadro. Importante ressaltar que assim como no sistema tradicional deve-se executar as devidas técnicas de proteção e isolamento da fundação contra umidade, de forma a garantir a estanqueidade e durabilidade do sistema (SOUZA, 2014).

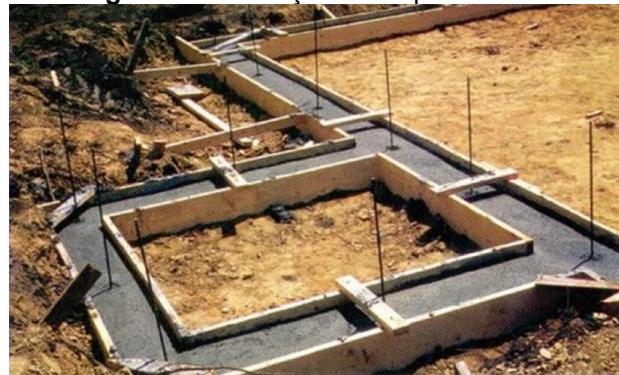
Assim como ressaltado por Souza (2014) é importante destacar que um bom projeto e execução da fundação implica em maior eficiência estrutural. A qualidade final da fundação está intimamente ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que formam o edifício.

Diante deste cenário e necessidade técnica do LSF os tipos de fundações mais usuais associados ao sistema para ancoragem dos painéis estruturais são as fundações tipo laje radier e sapata corrida.

Para que o conjunto estrutura-fundação interaja de maneira a não causar deslocamentos, a ancoragem da estrutura deve ser bem dimensionada e executada. Ancoragem é a maneira construtiva que a estrutura deve se prender à fundação e permitir que a transmissão dos esforços impeça qualquer deslocamento indesejável. Todos os tipos de ancoragem requerem uma guia (SOUZA, 2014).

Para fundação em sapata corrida (Figura 27), que é normalmente feita em concreto armado, seu funcionamento é representado como o de uma viga posicionada sob os painéis estruturais do sistema, transmitindo seu carregamento para o solo. O contrapiso do térreo pode ser feito em concreto ou em perfis formados a frio como no LSF apoiados sobre as vigas da fundação, funcionando como laje. O uso de sapata corrida para edificações populares em LSF não é recomendado, pois é menos econômica, visto que se usa mais formas de madeira e exige mais tempo para ser executada. É ideal utilizá-la quando se tem limitações topográficas do terreno (FARIAS, 2013).

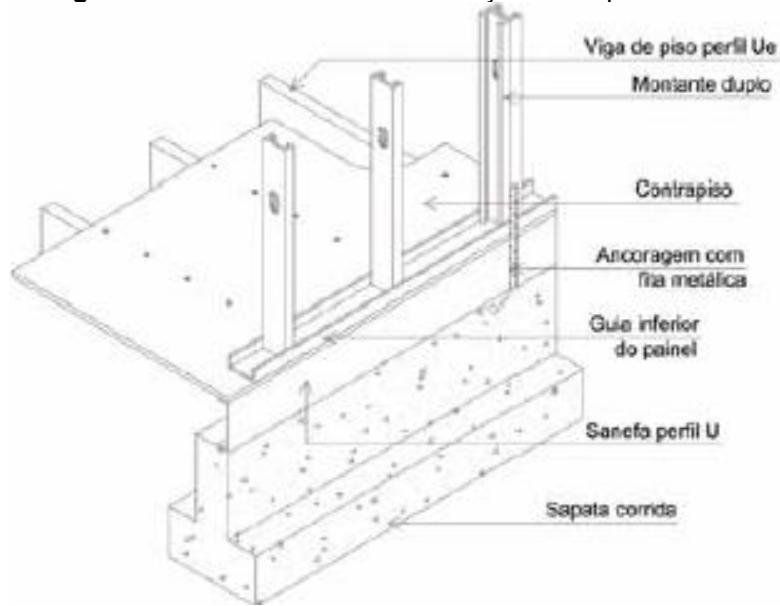
Figura 27: Fundação em sapata corrida



Fonte: Farias (2013)

A fundação em sapata corrida (Figura 28) é um tipo de fundação indicada para construções com paredes portantes, onde a distribuição da carga é contínua ao longo das paredes. Constitui-se de vigas que podem ser de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria que são locados sob os painéis estruturais. O contrapiso do pavimento térreo para esse tipo de fundação pode ser em concreto, ou construído com perfis galvanizados que apoiados sobre a fundação constituem uma estrutura de suporte aos materiais que formam a superfície do contrapiso (FREITAS, 2006).

Figura 28: Corte detalhado de fundação em sapata corrida.

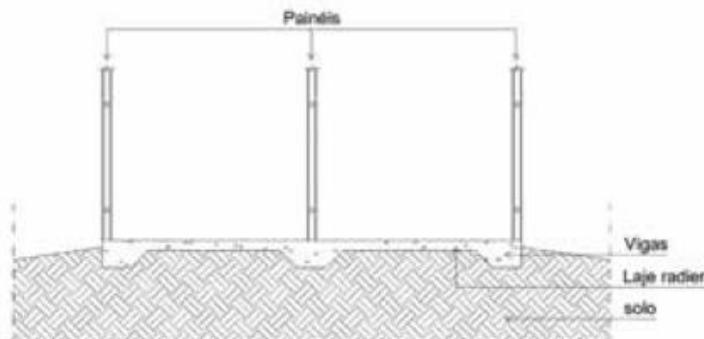


Fonte: Freitas (2006)

O radier é um tipo de fundação rasa que funciona como uma laje e transmite as cargas da estrutura para o terreno. Os componentes estruturais fundamentais do radier são a laje contínua de concreto, e as vigas no perímetro da laje e sob as paredes

estruturais ou colunas, e onde mais for necessário para fornecer rigidez no plano da fundação (Figura 29). Sempre que o tipo de terreno permite, a laje radier é a fundação mais comumente utilizada para construções em *Light Steel framing* (FREITAS, 2006).

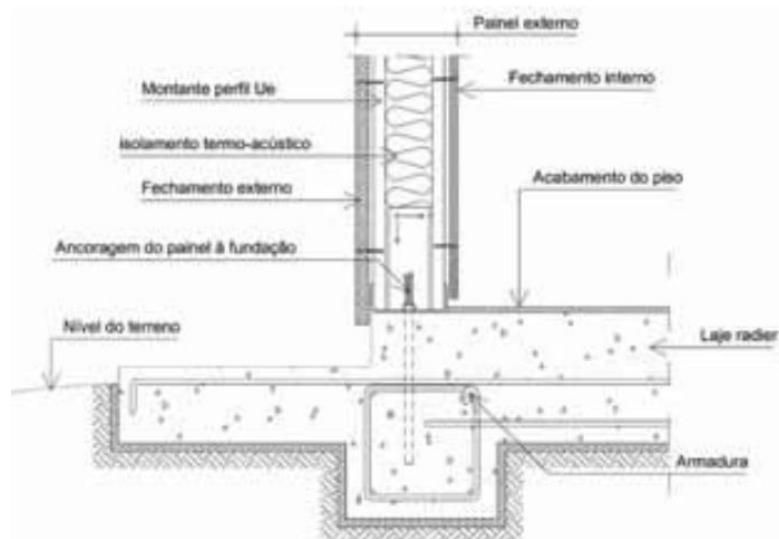
Figura 29: Corte esquemático de fundação em radier.



Fonte: Freitas (2006)

A Figura 30 mostra o detalhe do esquema de ancoragem de um painel estrutural a uma laje radier:

Figura 30: Detalhe esquemático de ancoragem de um painel estrutural em uma laje de fundação em radier.



Fonte: Souza (2014)

5.2.3 Estrutura

5.2.3.1 Principais definições estruturais

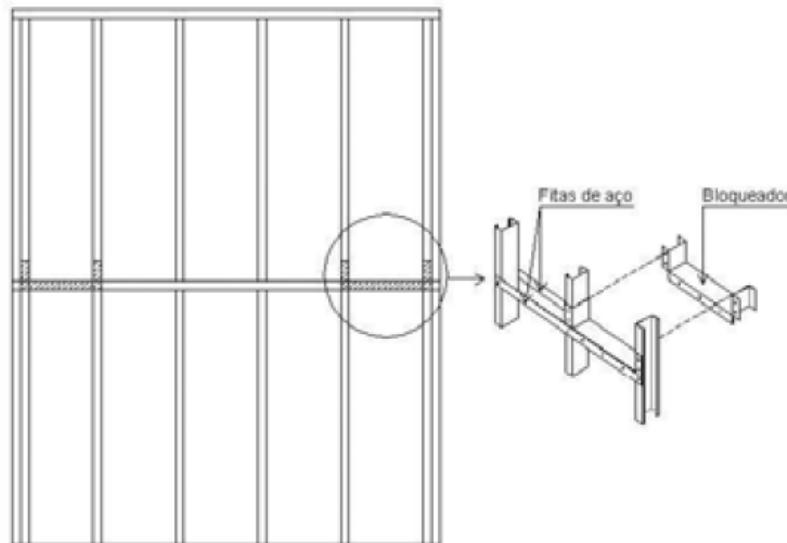
De acordo com Rodrigues (2006), as principais definições que auxiliam o calculista nas etapas de concepção e dimensionamento do sistema estrutural em LSF,

serão apresentadas a seguir, juntamente com o auxílio de algumas figuras que ilustram tais partes (Figuras 31, 32 e 33).

- a) Bloqueador: Perfil empregado horizontalmente no travamento lateral de montantes e vigas;
- b) Enrijecedor de apoio: Perfil usado verticalmente no apoio de vigas de entrepiso, enrijecendo a alma do perfil;
- c) Fita: Fita de aço galvanizado que é usada na diagonal como elemento de contraventamento. Combina-se com os bloqueadores para formar o sistema de travamento lateral dos montantes de painéis e vigas de entrepiso;
- d) Guia: Perfil aplicado como base e topo de painéis de parede e encabeçamento de estruturas de entrepisos e telhados;
- e) Montante: Perfil empregado verticalmente na composição de painéis de paredes;
- f) Montante auxiliar (*King*): Montante que é fixado à ombreira ou usado nos limites laterais das aberturas de painéis não estruturais;
- g) Montante de composição (*Cripple*): Perfil usado verticalmente na composição de painéis de parede, acima e abaixo das aberturas;
- h) Ombreira (*Jack*): Perfil utilizado verticalmente para apoio da verga ou de painel de parede sobre a abertura;
- i) Sanefa: Perfil empregado para encabeçamento de estruturas de entrepisos;
- j) Terça: Perfil utilizado para apoio de telhas, placas de revestimento ou painéis de cobertura;
- k) Viga: Perfil usado horizontalmente na composição de entrepisos;
- l) Verga: Perfil aplicado horizontalmente sobre as aberturas (esquadrias) para suporte da estrutura do entrepiso e/ou do painel do pavimento superior.

Nas figuras a seguir, serão mostrados alguns detalhes sobre os componentes de um painel estrutural com aberturas e de um painel de entrepiso (laje).

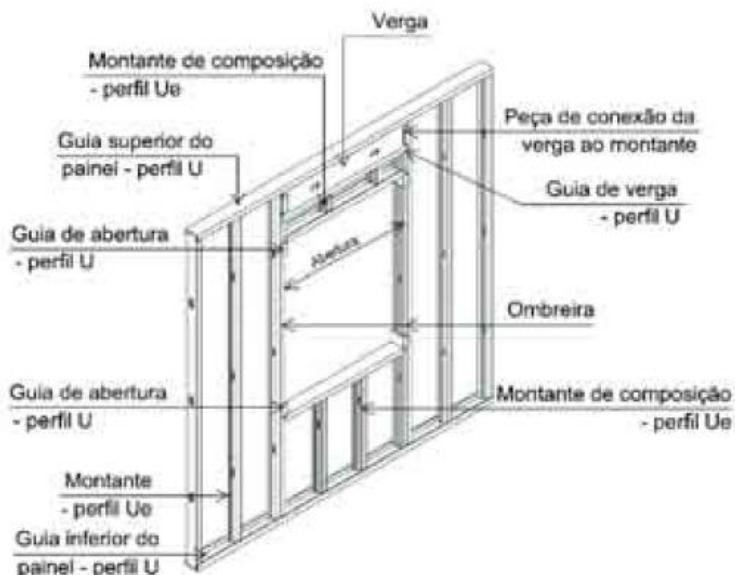
Figura 31: Componentes de um painel estrutural com aberturas.



Fonte: Rodrigues (2006)

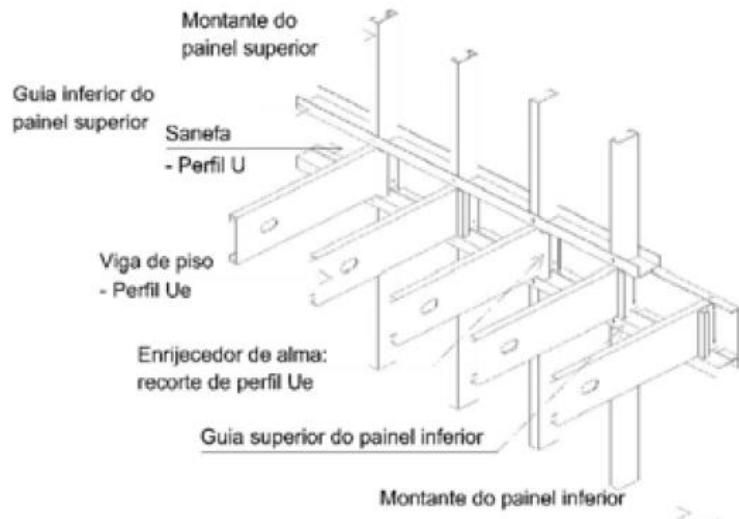
De acordo com Rodrigues (2006) o Bloqueador é o Perfil empregado horizontalmente no travamento lateral de montantes e vigas, enquanto que a Fita de aço galvanizado é usada na diagonal como elemento de contraventamento. Combina-se com os bloqueadores para formar o sistema de travamento lateral dos montantes de painéis e vigas de entrepiso.

Figura 32: Componentes, em detalhes, de um painel estrutural com aberturas



Fonte: Freitas (2006)

Figura 33: Componentes de um painel de entrepiso (laje).



Fonte: Rodrigues (2006)

Quadro 11: Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em LSF e suas respectivas aplicações.

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	U simples U $b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Saneira
	U enrijecido Ue $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Cartola Cr $b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais L $b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: NBR 15253 (2014)

Os perfis metálicos em aço galvanizado (Quadro 12) são perfis fabricados industrialmente mediante um processo de conformação contínua a frio, por sequência de rolos a partir de chapas de aço galvanizadas pelo processo de imersão a quente, e seus tipos podem ser vistos abaixo (CASTRO, 2005).

Quadro 12: Tipos de perfis metálicos em aço galvanizado.

Tipo de perfil	Desenho	Código	Dimensões nominais (mm)	Utilização
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')		Ω	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
Tablica metálica (formato de 'Z')		Z	Varável	Forros
Longarina		L	Varável	Forro removível
Travessa		T	Varável	Forro removível
Cuta (formato de 'U')		C 48 C 70 C 90	48/28 70/28 90/28	Paredes, forros e revestimentos

Fonte: Manual de projetos de sistemas Drywall (2006)

5.2.3.2 Estrutura Vertical

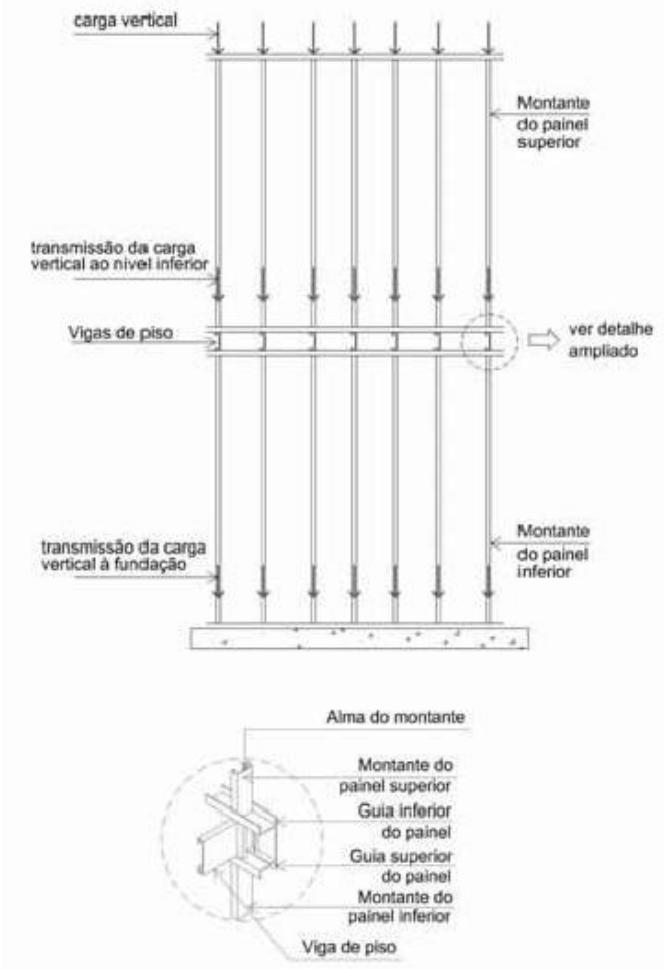
Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012) a estrutura vertical em LSF é formada por painéis, os quais cumprem as mesmas funções que uma parede duma edificação, além de funcionarem como parte do sistema estrutural da obra. Associados a elementos de vedação estes painéis desempenham as mesmas funções que uma parede em alvenaria teria.

Quando constituem partes da estrutura, os painéis são chamados de estruturais ou autoportantes (Figura 34), os quais podem ser externos ou internos, e possuem a responsabilidade de suportar as cargas propiciadas pela edificação. Nas condições em que estes painéis são exclusivamente elementos de fechamento ou vedação, são definidos de painéis não-estruturais e são empregados como fechamento externo ou divisória interna, sem qualquer contribuição estrutural (FARIAS, 2013).

5.2.3.2.1 Painéis estruturais ou autoportantes

Segundo Castro (2005) os painéis estruturais possuem a finalidade de transmitir para as fundações, outros painéis ou vigas principais os carregamentos aos quais estão sob ação. Estes carregamentos podem ser horizontais (pela pressão do vento ou abalos sísmicos) e verticais (causados pelo peso próprio da estrutura e pelas sobrecargas na edificação).

Figura 34: Transmissão, para a fundação, da carga vertical que atua no painel.



Fonte: Souza (2014)

Os painéis são formados pela composição de elementos verticais de seção transversal tipo Ue (Perfil tipo “U” enrijecido), os quais são chamados de montantes. Há também os elementos horizontais de seção transversal tipo “U”, (Perfil tipo “U” simples) conhecidos como guias (SOUZA, 2014).

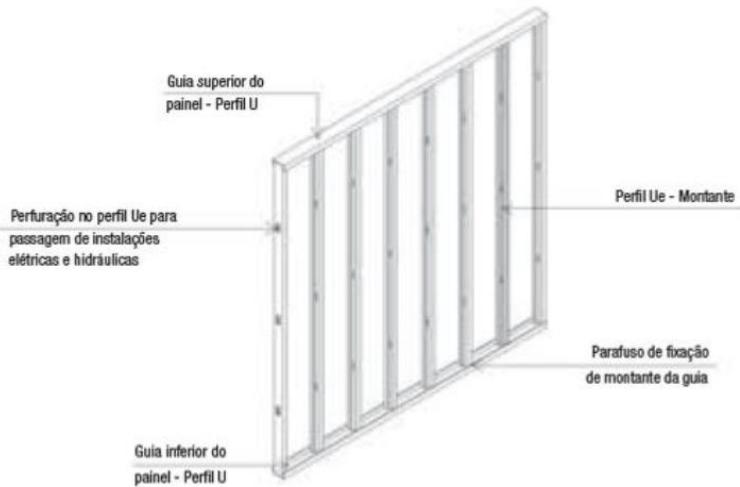
As guias compostas por perfis do tipo “U” são dispostas horizontalmente nas extremidades dos montantes. Os espaçamentos usuais ou modulação são de 400 mm ou 600 mm e podem chegar até 200 mm no caso de atuação de grandes cargas, como de caixas de água e elevadores. O dimensionamento destes perfis é realizado pela verificação dos esforços de flexo-compressão e flexo-tração. Quanto maior é o carregamento em um painel, menor deverá ser o espaçamento entre os montantes, e maior o número de montantes usados. Os parafusos cabeça de lentilha e ponta de broca são os mais usados para a fixação de montantes em guias (FARIAS, 2013).

Os painéis instalados na vertical (Figura 35) são utilizados como paredes, e na horizontal como pisos. Os verticais, na sua maioria, são autoportantes, trabalhando como a estrutura da edificação, recebendo as cargas e dando estabilidade ao conjunto. Outros podem ser empregados nas paredes com a finalidade de vedação. A concepção do sistema LSF proporciona o trabalho conjunto dos painéis, travando-se entre si e gerando uma integridade na estrutura. Nas aberturas correspondentes às portas e janelas nos painéis estruturais é necessária a utilização de elementos estruturais para redistribuição das solicitações dos montantes interrompidos (YAMASHIRO, 2011).

Para se realizar aberturas para esquadrias em painéis autoportantes, se utilizam vergas que fazem o papel de vigas metálicas para transmitir as cargas dos perfis interrompidos até a fundação. As vergas podem ter várias combinações, mas são compostas basicamente por dois perfis Ue conectados um ao outro através de perfis U apafusados em suas extremidades. A viga é apafusada diretamente na guia superior do painel do pavimento. Além disso, as vergas também são conectadas a ombreiras que têm como função evitar a torção da verga em torno do eixo das guias do painel. As instalações de esquadrias (portas e janelas) no LSF podem ser feitas de maneira análoga ao sistema convencional, com espuma de poliuretano ou com parafusos (CASTRO, 2005).

Para cargas horizontais devido a ação do vento, os perfis verticais não possuem a capacidade de absorver tais esforços por si só, desta feita, é necessário o uso de contraventamento na estrutura de maneira que estes esforços sejam absorvidos e transmitidos para a fundação. O tipo de contraventamento mais empregado no LSF é com o uso de fitas metálicas com dimensões definidas em projeto. Elas garantem a estabilidade e limitam deformações excessivas que podem levar ao colapso da edificação (FARIAS, 2013).

Figura 35: Painel típico em LSF.

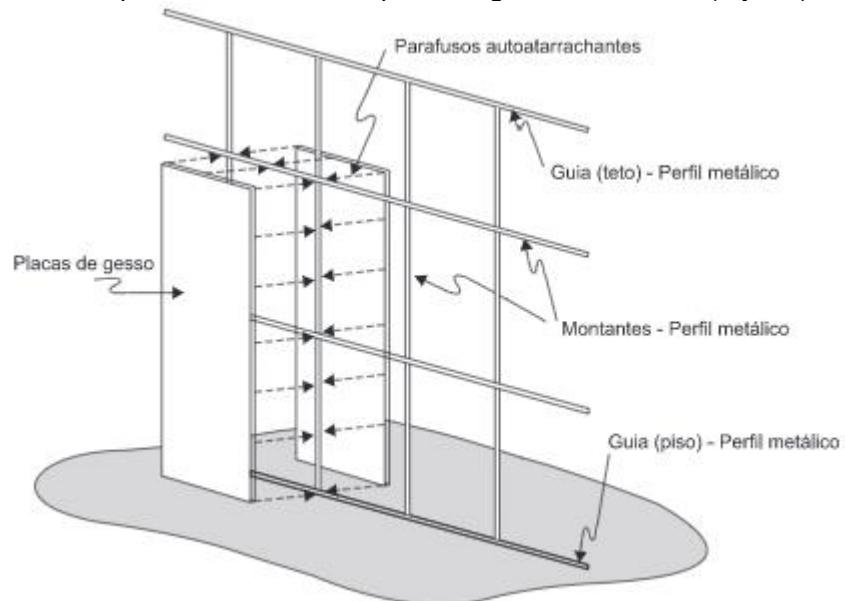


Fonte: Souza (2014)

5.2.3.2.2 Painéis não-estruturais

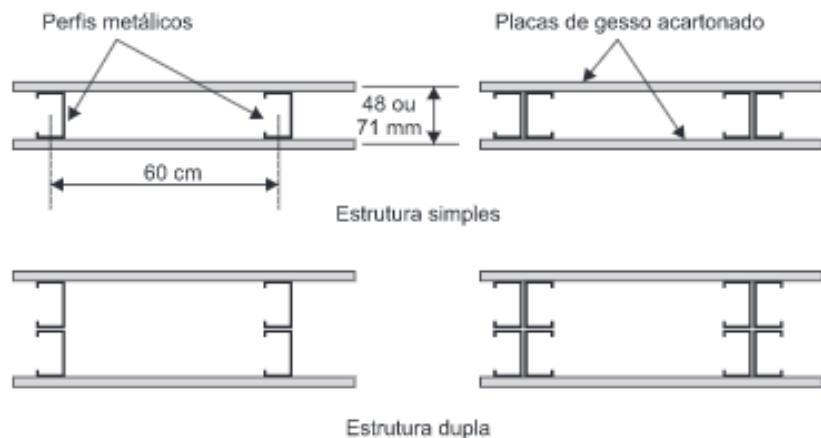
Estes painéis que configuram de fato o *drywall*. O *drywall* nada mais é do que um sistema de painéis não-estruturais os quais não são projetados para suportar carregamentos que vão além do seu peso próprio. São compostos por guias e montantes dispostas exatamente da mesma maneira que nos painéis estruturais. Seus montantes possuem uma menor espessura, gerando paredes mais esbeltas. Os painéis não-estruturais são recomendados apenas para fechamentos e divisórias internas. No caso de abertura de vãos para esquadrias, não é preciso o emprego de vergas, pois estes painéis não conseguem suportar cargas que precisem ser transmitidas diretamente para a fundação. Todavia usa-se guias aparafusadas nos montantes interrompidos nas partes superior e inferior da abertura do vão (CRASTO, 2005). As figuras 36 e 37, e o quadro 13, dão uma ideia acerca do esquema básico de uma placa de *drywall*, dando detalhes de seus componentes e da divisória, evidenciando suas posições, formatos e valores.

Figura 36: Esquema básico de uma placa de gesso acartonado (drywall).



Fonte: Salgado (2009)

Figura 37: Esquema básico de uma divisória de gesso acartonado (drywall).



Fonte: Salgado (2009)

Quadro 13: Dimensões básicas de uma divisória de gesso acartonado (drywall)

Largura (cm)	60 ou 120
Espessura (mm)	8 – 9,5 -12,5 - 15
Comprimento (cm)	180 – 200 – 240 – 250 – 280 – 300

Fonte: Salgado (2009)

5.2.3.3 Estrutura Horizontal

O mesmo princípio empregado em relação aos painéis é usado para o projeto e montagem da parte horizontal da estrutura em LSF, sendo constituída por perfis de aço galvanizado distribuídos de maneira contínua e equidistante. Com a finalidade de facilitar a construção e reduzir o tempo de execução, pode-se usar a mesma modulação para toda a estrutura (lajes, paredes e coberturas). A função da estrutura horizontal é a transmissão das cargas de utilização da edificação para os painéis estruturais, e destes para a fundação. Para que seu papel seja devidamente cumprido, precisam ser suficientemente rígidos e não podem apresentar deformações maiores que aquelas que são permitidas por norma (FARIAS, 2013).

Da mesma forma que acontece nas construções convencionais, a versatilidade do sistema *light steel framing* possibilita a realização dos mais variados projetos de cobertura. Para os telhados inclinados, a estrutura em LSF segue o mesmo princípio estrutural dos telhados convencionais em madeira. Portanto, o projeto de ambos apresenta grande similaridade (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2012).

De acordo com Castro (2005) sua composição é dada por perfis “Ue”, os quais compreendem as vigas de piso. As vigas de piso devem coincidir com os montantes dos painéis e emprega-se perfis “Ue” nas extremidades da viga como enrijecedores de alma, e um perfil U (chamado de sanefa) que dá a forma da estrutura da laje, tudo isso para evitar o esmagamento das vigas de piso. As ligações entre os componentes da estrutura horizontal são feitas geralmente por parafusos do tipo estrutural de cabeça sextavada e ponta broca (Figura 38).

Figura 38: Parafuso de cabeça sextavada e ponta broca.

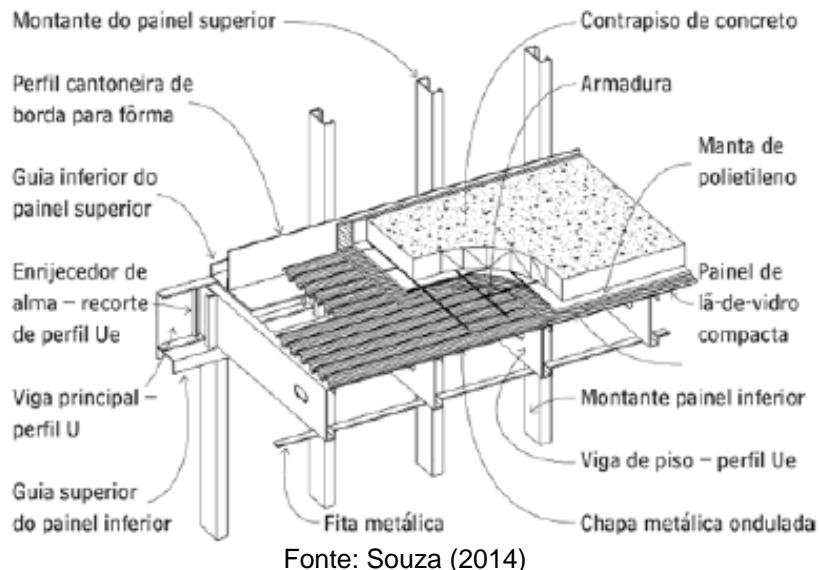


Fonte: Ciser (2018)

O assoalho da laje em LSF pode ser feito de duas formas distintas: laje úmida (Figura 39), molhada ou mista, ou laje seca. Para a laje úmida (Figuras 40 e 41) usa-se forma metálica ondulada sobre a estrutura da laje, que é formada por vigas de piso e depois há a aplicação de concreto aramado com tela soldada sobre a forma. A laje

úmida possui uma maior rapidez e eficiência na construção e utiliza placas rígidas, principalmente de OSB estrutural, e sua espessura mais aplicada para fins estruturais no LSF é a de 18 mm. Em áreas molhadas e com grande umidade, são empregadas placas cimentícias, as quais resistem mais à umidade (FARIAS, 2013).

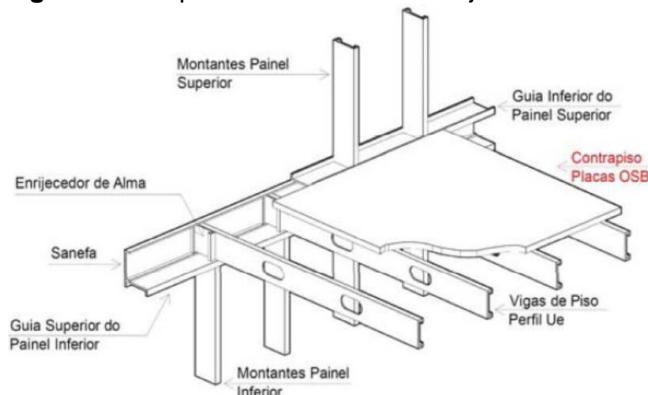
Figura 39: Esquematização de laje úmida.



Fonte: Souza (2014)

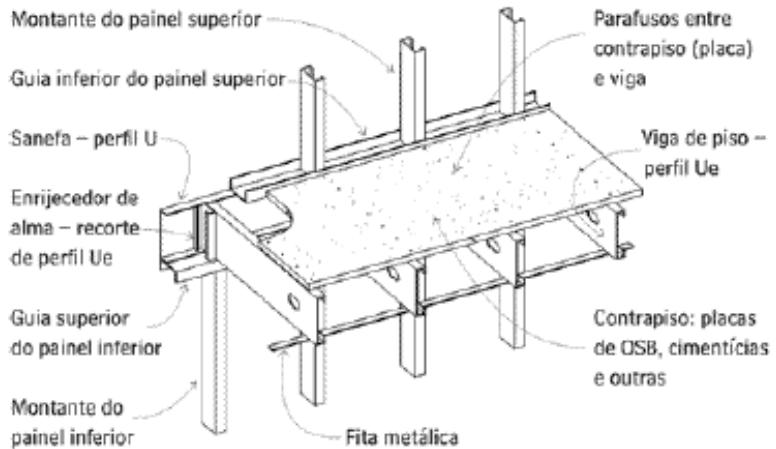
Nas lajes secas, a lá de vidro é colocada envolta de filme de polietileno sob estes materiais, pois gera conforto térmico e acústico nesta laje. A laje seca tem sua execução de forma rápida e simples, é leve e apresenta propriedades estruturais satisfatórias, além de não precisar de tempo de cura e minimiza o desperdício de materiais (FARIAS, 2013).

Figura 40: Esquema de Estrutura de laje seca em LSF.



Fonte: Farias (2013)

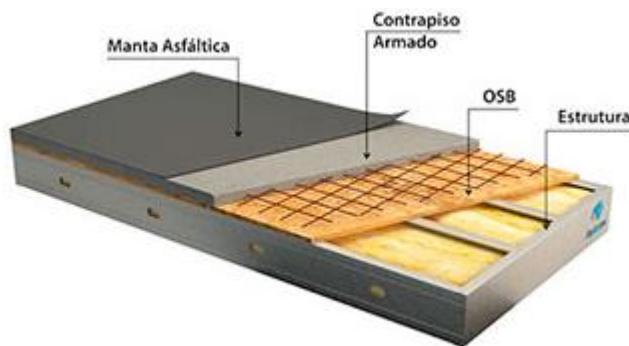
Figura 41: Esquematização de laje seca com painel OSB.



Fonte: Souza (2014)

Um outro tipo de laje bastante comum, que é uma laje mista, é o *Steel Deck* (Figura 42). O *steel Deck* é uma laje mista formada por uma capa de concreto e um conjunto de chapas de aço conformadas a frio, de forma geral tendo seu perfil na forma trapezoidal. A geometria de sua seção e as características do aço dão grande rigidez ao conjunto de trapézios, permitindo sua utilização como forma estrutural para a concretagem da capa de compressão. Relativo ao acabamento, as chapas de *steel deck* podem ser fornecidas com galvanização nas duas faces, ou com pintura adicional de proteção ou acabamento na face inferior (DELIBERATO, 2006).

Figura 42: Laje mista em LSF.



Fonte: Metálica (2018)

Em todas as soluções estruturais para a cobertura deve ser garantido o efeito diafragma visando a estabilidade global do sistema. Este efeito pode ser obtido com

o emprego de contraventamento em diagonais com fitas ou perfis de aço galvanizado na forma de V, X ou K, instalados no plano do engradamento metálico da cobertura ou com o uso de placas estruturais de revestimento - do tipo OSB, ou telhas de aço galvanizado com função estrutural. Esses componentes possuem boas propriedades mecânicas que podem conferir aos painéis da cobertura a capacidade de resistir aos esforços horizontais, como os provenientes da ação do vento (RODRIGUES, 2016).

As vigas de piso (Figura 43) são responsáveis por transmitir aos painéis estruturais as cargas a que a laje está sujeita, servindo também como apoio para o contrapiso. Estas vigas são perfis de seção Ue, dispostos na horizontal, com dimensões de mesa geralmente similares àquelas dos montantes dos painéis, e altura determinada em cálculo, de acordo com as cargas o vão desejados. Os perfis são transportados para a obra e sua montagem ocorre no canteiro em virtude da dimensão da laje dificultar o eventual transporte de todo o painel de piso montado (SANTIAGO, 2008).

Figura 43: Vigas de piso.



Fonte: Souza (2014)

Figura 44: Instalação de placas OSB sobre o telhado.



Fonte: Santiago; Freitas & Crasto (2012)

5.2.3.4 Estabilização da Estrutura

Para Freitas e Crasto (2006), de forma isolada os montantes não possuem a capacidade de resistir aos esforços horizontais que solicitam a estrutura, principalmente o esforço do vento. Esses esforços podem gerar perda de estabilidade da estrutura causando deformações que podem levar a estrutura ao colapso. Para evitar este mal, é preciso fazer com que a estrutura tenha ligações rígidas ou possua elementos que sejam capazes de transferir estes esforços às fundações. Em associação com estes mecanismos, é preciso que haja uma adequada ancoragem da estrutura à sua fundação. Assim, as combinações mais comuns para dar resistência aos esforços horizontais nas estruturas em LSF são:

- a) Uso de contraventamento nos painéis, combinando ao diafragma rígido no plano de piso que atua transmitindo os esforços aos painéis contraventados;
- b) Fechamento da estrutura com placas que funcionem como diafragmas rígidos no plano vertical (painéis).

O método mais comum de estabilização da estrutura é o contraventamento em X (Figura 45), que consiste na utilização de fitas em aço galvanizado fixadas na face do painel, cuja largura, espessura e localização são determinadas pelo projetista. Quando o uso do contraventamento em X não é o mais adequado, pelo fato de o projeto arquitetônico prover muitas aberturas em uma fachada, uma boa alternativa é o contraventamento em K (FREITAS E CRASTO, 2006).

Ainda de acordo com Freitas e Crasto (2006), os elementos de contraventamento em K (Figura 46) agem tanto à tração quanto à compressão, e junto com os montantes que estão adjacentes a eles, formam uma treliça vertical. As principais dificuldades neste tipo de sistema são as condições de suas conexões, a necessidade de montantes adjacentes mais robustos em painéis a sotavento e altos valores de excentricidades que podem ocorrer nestes painéis. Desta forma, esse sistema é usado apenas quando o contraventamento em X realmente não é possível.

Figura 45: Contraventamento em X.

Fonte: Souza (2014)

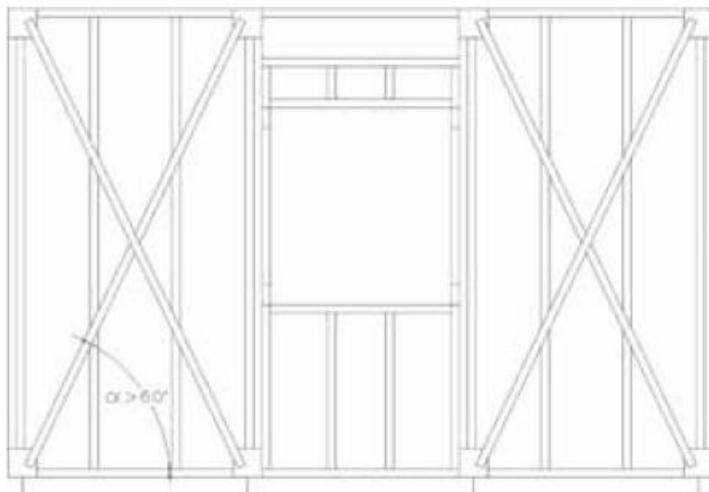
Figura 46: Contraventamento em K.

Fonte: Freitas e Crasto (2006)

Para se evitar o efeito de rotação que pode ocorrer nos montantes duplos onde estão fixadas as diagonais, deve se prever a colocação do contraventamento nas duas faces do painel. O uso do contraventamento pode interferir na colocação de abertura de portas ou janelas nas fachadas. Às vezes, é necessário se adotar um ângulo de inclinação grande da diagonal a fim de permitir a colocação de uma abertura no painel (Figura 47). No entanto, é preferível que no projeto sejam previstos painéis cegos para a colocação dos contraventamentos. Apesar do uso da estrutura de piso atuando como diafragma rígido, possibilitar que os contraventamentos sejam necessários em apenas alguns painéis, a interação entre os projetos de arquitetura e

engenharia é imprescindível, para que o calculista possa orientar sobre a melhor distribuição dos painéis contraventados (FREITAS e CRASTO, 2006).

Figura 47: Painéis contraventados em função das aberturas



Fonte: Freitas e Crasto (2006)

5.2.4 Isolamento

Antigamente, o conceito de isolamento baseava-se no emprego de materiais com grande massa ou densidade e elevada espessura. É errado pensar que estruturas e vedações mais leves, que possuem menor massa, podem não ter um desempenho satisfatório. Atualmente, com o avanço tecnológico dos produtos e processos de cálculo, consegue-se mensurar a real necessidade do isolamento e quantificar o material isolante necessário. As atuais crises energéticas reforçam a necessidade de utilização de materiais e procedimentos eficientes de forma a garantir o isolamento e conservação de energia. Não se trata, porém, de não consumir energia e sim de consumi-la melhor, mediante adoção de técnicas que permitam gastar menos para o mesmo fim. O moderno conceito de isolamento dá-se por barreira, contrapondo-se com o antigo conceito de isolamento por massa (YAMASHIRO, 2011).

Várias são as maneiras de conservação energética em uma construção, são elas: conter infiltrações de água e a passagem de vento, evitar penetração e formação de umidade, adequado projeto de circulação de ar dentro da edificação ou ainda, reduzir as perdas térmicas entre o meio interno e externo. Abaixo, apresenta-se alguns sistemas de isolamento, com a finalidade de garantir a conservação de energia na edificação (YAMASHIRO, 2011):

- Barreira de água e vento;

- Barreira de vapor;
- Áticos ventilados;
- Isolantes térmicos.
- Seladores;
- Acondicionamento Acústico.

Para Freitas e Crasto (2006) o desempenho termo-acústico de uma edificação é designado por meio de sua capacidade de gerar condições de qualidade ambiental adequadas ao desenvolvimento das atividades para as quais ela foi projetada. É uma forma de controlar a qualidade do conforto dentro de um ambiente de maneira tal que as condições externas não influenciem nos ambientes internos, impedindo a propagação de sons e evitando as perdas ou ganhos de calor para o meio externo.

Os princípios de isolamento termo-acústico em LSF baseiam-se em conceitos mais modernos de isolação multicamada, que consiste em combinar placas leves de fechamento afastadas, gerando um espaço entre estes, preenchido por um material isolante, mais comumente a lã mineral. Desta forma, várias combinações podem ser feitas com a função de aumentar o desempenho do sistema, através da colocação de mais camadas de placas ou com o aumento da espessura da lã mineral (Quadro 14). A lã mineral é um material constituído de lã de vidro (Figura 48) ou lã de rocha, a ser instalado nas paredes entre as chapas de gesso, nos revestimentos entre as chapas de gesso e o suporte ou nos forros sobre as chapas de gesso; têm o objetivo de aumentar o isolamento termo-acústico. As lãs minerais são apresentadas em feltros ou painéis, podendo ser revestidas ou não (FREITAS E CRASTO, 2006).

Quadro 14: Especificação das lãs minerais.

Feltros	Largura mm	Comprimento m	Espessura mm
Lã de vidro	1200	10 a 15	50 - 75 -100
Painéis			
Lã de rocha	600	1350	25 - 40 - 50 - 75 - 100
Lã de vidro	600	1200	50 - 75 - 100

Fonte: Manual de projeto de sistemas *Drywall* (2006)

Figura 48: Instalação de lã de vidro em painel.



Fonte: Souza (2014)

5.2.4.1 Isolamento Acústico

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2016), para ser transmitido, o som precisa de um meio elástico no qual as partículas vibram. O meio mais comum é o ar, mas também podem ser transmitidos por meio dos materiais de uma edificação. O isolamento acústico ocorre quando se minimiza a transmissão de som de um ambiente para outro ou do exterior para dentro do ambiente e vice-versa.

A característica de isolamento sonoro de uma parede é normalmente expressa em termos da Perda de Transmissão (PT), quanto maiores os valores da perda de transmissão, mais baixa será a transmissão da energia acústica, e vice-versa. O isolamento acústico de paredes pode ser classificado, de acordo com os valores das respectivas perdas de transmissão, conforme o Quadro 15:

Quadro 15: Instalação de lã de vidro em painel.

Quantificação do isolamento	Perda de Transmissão (PT)	Condições de audição
Pobre	< 30 dB	Compreende-se a conversação normal facilmente através da parede.
Regular	30 a 35 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não se entende bem a conversação normal.
Bom	35 a 40 dB	Ouve-se a conversação em voz alta, mas não é facilmente inteligível.
Muito bom	40 a 45 dB	A palavra normal é inaudível e em voz alta é muito atenuada, sem compreensão.
Excelente	> 45 dB	Ouvem-se muito fracamente os sons muito altos.

Fonte: Souza (2014)

O desempenho acústico de um material pode ainda ser estimado por meio da Classe de Transmissão de Som Aéreo (CTSA) que indica, de uma maneira global, a capacidade do material de reduzir o nível sonoro entre dois ambientes, dada em decibéis (dB). Essa grandeza é obtida em laboratório para determinado componente construtivo, e não leva em consideração o isolamento do ambiente (Quadro 16).

Entretanto, pode-se proceder a avaliação acústica do conjunto de elementos construtivos levando-se em consideração valores obtidos somente para a parede, desde que os demais elementos tenham CTSA maior ou igual à mesma. A tabela a seguir fornece o CTSA para alguns componentes usados na construção convencional e em LSF. Atualmente, o classificador CTSA vem sendo substituído por R_w (Índice de Redução Acústica) que baseia-se na norma internacional ISO 717:1996 (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2016).

Quadro 16: Classe de transmissão de som aéreo para alguns elementos constitutivos

Componente da Construção	CTSA
Parede de tijolo com 25 cm	52
Placa de vidro de 6 mm	26
Bloco de concreto celular autoclavado	45
Painel de gesso acartonado com mortantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 12,5 mm em ambos os lados sem isolamento com lã mineral	33
Painel de gesso acartonado com mortantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados sem isolamento com lã mineral	34
Painel de gesso acartonado com mortantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 12,5 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 50 mm de espessura	36
Painel de gesso acartonado com mortantes 90x40 a cada 400 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 50 mm de espessura	38
Painel de gesso acartonado com mortantes 90x40 a cada 600 mm com placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75 mm de espessura	45-49
Painel de gesso acartonado com mortantes 90x40 a cada 600 mm com 2 placas de gesso de 15 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75mm de espessura	50-54

Fonte: Santiago; Freitas & Crasto (2012)

Ainda de acordo com Santiago; Freitas e Crasto (2012), o isolamento de painéis em LSF segue o princípio massa-mola-massa, onde em lugar de uma parede de massa m , usam-se camadas separadas de massa, cujo espaço entre elas é preenchido com um elemento absorvente, cujo objetivo é reduzir a transmissão de som entre as camadas de massa.

Os materiais de alta absorção acústica geralmente são porosos e/ou fibrosos onde parte da energia sonora que os atravessa é transformada em energia térmica, a qual é dissipada do material absorvente por convecção, fazendo com que a energia sonora perca intensidade. A lã de vidro, por ser um material fibroso, apresenta grande capacidade de isolamento sonora. O índice de R_w (Redução Acústica) da lã de vidro em

feltros e painéis combinados com placas de gesso acartonado, e representados no Quadro 17:

Quadro 17: Índice de redução acústica (R_w) correspondente à lã de vidro (Para o fabricante Saint-Gobain).

	Parede Simples	Parede Dupla	Parede Simples	Parede Dupla	Parede Simples	Parede Dupla
Espessura da lã de vidro (mm)	50	50	75	75	100	100
R_w (dB)	43	50	47	55	52	58

Fonte: Santiago; Freitas & Crasto (2012)

5.2.4.2 Isolamento Térmico

O objetivo mais importante do sistema de isolamento térmico em um edifício é o de controlar as perdas de calor no inverno e os ganhos de calor no verão. Os métodos tradicionais de avaliação do desempenho térmico de edificações adotam como indicador a condutividade térmica (Tabela 3) ou a resistência térmica (Quadro 18) dos elementos da edificação, no entanto é preciso avaliar simultaneamente todas as trocas térmicas dinâmicas que ocorrem nos ambientes, devido à condição climática do país (SOUZA, 2014).

A lã de vidro é um material isolante largamente utilizado para isolamento térmico e acústico em edificações em LSF no Brasil e no mundo. Desta feita, de forma a apresentar um parâmetro de análise do comportamento e desempenho térmico de edificações construídas em LSF, é apresentada na tabela seguinte a capacidade de isolamento térmico de painéis de vedação, constituídos de placas de gesso e preenchidos internamente com lã de vidro. Para efeitos de comparação, pode-se citar que a condutividade térmica da alvenaria é de cerca de 0.7 W/m.°C (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2012).

Quadro 18: Resistência térmica e condutividade térmica da lã de vidro (Para o fabricante Saint-Gobain).

Espessura da lã de vidro	Condutividade Térmica (W/m °C)	Resistência Térmica (m² °C/W)
50 mm	0,042	1,19
75 mm	0,042	1,78
100 mm	0,042	2,38

Fonte: Santiago; Freitas & Crasto (2012)

Tabela 3: Resistência térmica da alvenaria e da lã de vidro).

Grupo	Material	Massa específica (kg/m ³)	Condutividade térmica (W/mK)	
			Seco	Molhado
Alvenaria	Tijolo	1600-1900	0.6-0.7	0.9-1.2
	tijolo de Areia-cal	1900	0.9	1.4
		1000-1400	0.5-0.7	
Lã de Vidro		150	0.04	

Fonte: Protolab (2018)

5.2.5 Revestimento e fechamento

De acordo com Farias (2013) de forma geral, podem-se empregar todos os principais revestimentos utilizados na construção convencional no Brasil, todavia de acordo com o tipo de placa requerida como fechamento de painéis, é preciso tratar sua superfície para receber alguns tipos de revestimentos. Para a placa OSB e cimentícias, usadas frequentemente em áreas externas de edificações em LSF, além da membrana de impermeabilização aplicada, é necessária a aplicação de argamassa. Essa aplicação é feita sobre uma tela que é aparafusada na placa e que não permite que a argamassa escorregue pela superfície da placa e garante a boa aderência da argamassa. Após a aplicação da argamassa, podem ser feitos tanto pintura como aplicação de cerâmicas.

Em placas de gesso acartonado, não há necessidade de aplicação de argamassa, pois as placas já são lisas e bem acabadas, portanto podem ser feitos acabamentos de pintura diretamente sobre eles, como pode ser visto nas Figuras 49, 50 e 51 (FARIAS, 2013).

Para uma eficiente implantação de sistemas de fechamento, é preciso que seu projeto em conjunto com os projetos estrutural e de instalações tenham início na etapa de anteprojeto, sejam desenvolvidos concomitantemente e estejam

devidamente coordenados e compatibilizados para que se evitem interferências e não-conformidades que possam comprometer a qualidade do processo construtivo e o produto final (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2016).

Ainda de acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2016), antes de se começar a montagem do sistema de fechamento interno, é fundamental que seja verificada a compatibilização dos projetos entre si. As seguintes condições também precisam ser verificadas:

- a) Todo fechamento vertical externo já deve estar instalado e impermeabilizado, e lajes de piso e telhado devem ter sido terminadas;
- b) Todas as atividades que usem água precisam ter sido finalizadas;
- c) Os períodos de cura devem estar vencidos, como no caso de lajes úmidas e fundações em radier;
- d) As lajes e fundações devem estar niveladas e acabadas;
- e) As saídas das instalações hidrossanitárias e elétricas precisam estar devidamente posicionadas, com as prumadas já prontas, evitando-se rasgos consideráveis nos perfis metálicos;
- f) Para a fixação dos perfis para *drywall* é preciso verificar se o elemento de fixação é compatível com a base de apoio.

Figura 49: Painel e placa colocados.



Fonte: Lessa (2005)

Figura 50: Colocação da lã mineral para isolamento.



Fonte: Lessa (2005)

Figura 51: Acabamento das divisórias.



Fonte: Lessa (2005)

5.2.6 Escadas

Há diversas maneiras de se executar escadas em LSF. Mais comumente, são utilizadas combinações de perfis U e Ue para a montagem da escada. Os pisos e espelhos das escadas podem ser formados por painéis de OSB ou de pranchas de madeira maciça aparafusadas na estrutura da escada. Um dos tipos mais usuais de escadas em LSF é a escada viga caixa inclinada. Ela é composta por dois perfis Ue parafusados um ao outro, formando uma viga que serve de guia para os degraus. Utiliza-se uma guia dobrada nas dimensões dos degraus que é aparafusado nesta

viga. Duas vigas com a guia dobrada acima formam os lances das escadas onde se fixam os painéis OSB, por exemplo, formando a escada (CASTRO, 2005).

De acordo com Freitas e Crasto (2006) as escadas em LSF podem ser dos tipos:

- a) Viga caixa inclinada;
- b) Painel com inclinação;
- c) Painéis escalonados e Painéis de degrau.

5.2.7 Instalações Hidrossanitárias e Elétricas

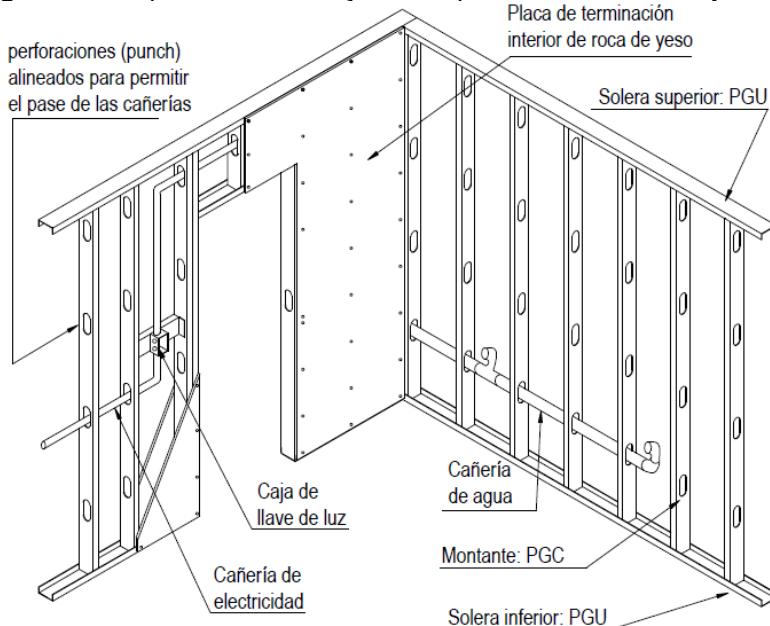
De acordo com Farias (2013) as instalações para obras em LSF são exatamente as mesmas usadas em edificações com o sistema convencional, apresentando o mesmo desempenho. Logo, os materiais empregados são os mesmos, bem como os projetos de instalações, que seguem as mesmas normas e requisitos de dimensionamento e montagem. Os esquemas são mostrados nas Figuras 52 e 53.

Figura 52: Paredes em Steel Frame com instalações elétricas e hidráulicas.



Fonte: Domarascki e Fagiani (2009)

Figura 53: Esquema de instalações nos painéis em LSF ou drywall.



Fonte: ConsulSteel (2002)

5.2.7.1 Instalações Hidrossanitárias

Entre os sistemas de instalações hidráulicas para água quente e água fria presentes no mercado, o sistema PEX (Figura 55) é o que tem a melhor adequabilidade ao conceito construtivo do LSF, dando extrema facilidade, velocidade e flexibilidade às instalações. Os kits de hidráulica são formados por cavaletes com tubulações rígidas de esgoto que ficam embutidas nas paredes, chicotes que são formados de tubulações PEX flexíveis para alimentação da água fria e/ou quente, encaixes para conexões e registros. A fixação dos registros requer a instalação de uma peça auxiliar, que é metálica ou de policarbonato, no interior da parede (SOUZA, 2014).

A maior parte do ganho de produtividade do sistema PEX está ligado ao uso de tubos flexíveis, que eliminam a necessidade de peças para mudança de direção da tubulação, e eliminam as constantes emendas ao longo do caminhamento da tubulação e eventuais perdas de material, uma vez que são fornecidos em rolos. O sistema ainda apresenta alta resistência química e à corrosão e baixa perda de calor e é atóxico (SANTIAGO, FREITAS E CRASTO, 2012).

De acordo com Souza (2014), no projeto de instalações hidráulicas em construções LSF não é indicado à instalação de vasos sanitários com válvula de descarga convencional. Esse tipo de solução pode gerar significativa vibração e não

é dotado de peças adaptadas para fixação nas placas de revestimento. Sendo recomendada a utilização de bacias sanitárias com caixa acoplada que são alimentadas por pontos comuns de água fria.

Da mesma forma que as instalações de água quente e água fria, as instalações de esgoto e águas pluviais para LSF é bastante semelhante ao da alvenaria convencional. Sendo possível utilizar materiais utilizados convencionalmente em construções de alvenaria, mas com necessidade de adaptações para sua fixação de alguns componentes. Um aspecto importante a ressaltar é que o diâmetro das tubulações é limitado pela largura nominal dos montantes (que é de 90 mm), desta forma, tubulações com diâmetro de 100 mm ou maiores, comumente utilizados nas instalações de esgoto e prumadas de drenagem pluvial de edificações convencionais com múltiplos andares, não podem ser embutidas nas paredes de LSF (SOUZA, 2014).

Figura 54: *Shaft* numa residência em drywall e LSF.



Fonte: Lessa (2005)

Figura 55: Sistema PEX para instalações hidráulicas em LSF.

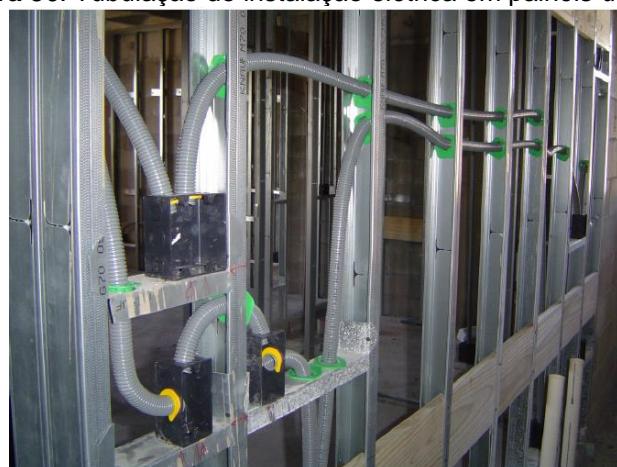


Fonte: Farias (2014)

5.2.7.2 Instalações Elétricas

No que diz respeito às instalações elétricas, o seu respectivo conjunto de elementos é composto pelo quadro elétrico e conjunto de fiação, no qual alguns componentes são desenvolvidos especificamente para serem instaladas em construções de LSF, como o caso da caixa de eletricidade que possui concepção que permite que sejam instaladas nas placas de revestimento. Os conduítes são instalados tendo como caminho de passagem os furos de serviços existentes nos montantes e nas vigas de piso, devendo ser fixados aos perfis para perfeito funcionamento das instalações, sem existência de deslocamentos indesejados quando da passagem dos fios, o que é propiciado pelas travas dos eletrodutos, como pode ser conferido nas Figuras 56 e 57 (SOUZA, 2014).

Figura 56: Tubulação de instalação elétrica em painéis *drywall*.



Fonte: Lessa (2005)

Figura 57: Eletroduto com trava e caixas elétricas adequadas para LSF.



Fonte: Souza (2014)

5.2.8 Vantagens e Desvantagens

Para Freitas (2006), algumas vantagens e desvantagens podem ser destacadas no LSF. Entre elas estão:

Vantagens:

- a) Há uma padronização, com avançada tecnologia, dos produtos que constituem este sistema. Os elementos construtivos são produzidos industrialmente, em que a matéria-prima aplicada, os processos de fabricação, as características técnicas e acabamentos passam por controles de qualidade bastante rigorosos;
- b) O aço é um material com alta resistência e com diversas normas e procedimentos que regulam o controle de sua qualidade. Permite maior precisão dimensional e um mais avançado desempenho estrutural;
- c) Os perfis formados à frio são bastante fáceis de serem obtidos, pois são extensivamente empregados na indústria;
- d) Maior vida útil e preservação da estrutura, isso graças ao processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis.
- e) Os elementos são leves, o que gera uma maior facilidade no transporte, manuseio e montagem;
- f) Minora o uso de recursos naturais, principalmente a água, e o desperdício;
- g) Os perfis perfurados previamente e o emprego de painéis de gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidrossanitárias;

- h) Melhor desempenho termo-acústico, o qual é proporcionado pela combinação de materiais de fechamento e isolamento;
- i) As ligações são executadas com extrema facilidade;
- j) Rapidez da construção, pois o canteiro torna-se um local apenas para montagem;
- k) O aço é um material incombustível;
- l) O aço é um material reciclável por diversas vezes, sem que haja perda de suas propriedades;
- m) Gera uma grande flexibilidade no projeto arquitetônico;
- n) Tem sido muito empregada em projetos que visam reduzir o déficit habitacional, pois um grande volume de obras pode ser entregue em pouco tempo.

Para o Website da *Sienge* (2018) e de acordo com Farias (2013), algumas desvantagens podem ser destacadas, tais como:

Desvantagens:

- a) Pequena adesão a esse método por meio do mercado brasileiro devido a fatores culturais, pois as empresas e profissionais geralmente não estão dispostos a utilizar materiais e técnicas distintos daqueles com os quais já possuem extrema familiaridade;
- b) Baixa qualificação da mão de obra. Este método demanda conhecimentos que a maioria dos profissionais não tem;
- c) Há uma limitação regional dos fornecedores preparados para suprir as necessidades daqueles que querem utilizar o LSF;
- d) Custo mais elevado;
- e) Limitação no número de pavimentos. As construções em LSF não podem ter mais de 6 pavimentos no Brasil. Não deve-se ultrapassar este limite por causa da distribuição de carga deste tipo de construção e das pequenas espessuras dos perfis de aço galvanizado.

Analizando estas informações, infere-se que a construção a seco possui muito mais vantagens do que desvantagens. É um modelo de construção seguro, bastante

eficiente e está sob um rígido padrão de segurança e qualidade. Todavia, suas desvantagens mais marcantes passam pelo fato de que há ainda poucos fornecedores e fabricantes no Brasil, e de que, pelo desconhecimento na tecnologia, a demanda ainda é pequena. Há muita desconfiança e pouca divulgação deste método, dificultando sua aceitação. Caruaru, por ficar no interior de Pernambuco, demora a receber as tecnologias construtivas estrangeiras, as quais entram no país pelas grandes cidades do Sudeste e Sul, depois de alguns anos vão para as capitais e grandes cidades, para alguns anos depois chegar no interior de Brasil. Portanto, como os dados nas grandes capitais ainda são desanimadores para o LSF e o Drywall, estima-se ser bastante difícil aplicar a construção a seco em um município como Caruaru.

Mesmo com as vantagens tecnológicas, construtivas, econômicas e de prazo, a resistência por fatores culturais e de mão de obra pouco qualificada, tornam bastante complicada a quebra de paradigma construtivo no Agreste pernambucano, que tem Caruaru como seu principal expoente.

5.2.9 Análise do Custo, do prazo de execução e da mão de obra

5.2.9.1 *Análise do Custo*

De acordo com Farias (2013) as etapas mais importantes para a construção de uma residência em LSF (caso necessário usando-se *drywall*) são: a etapa de fechamento; a etapa estrutural; e a etapa de revestimento. De tal forma, estas 3 etapas requerem mais tempo, material e trabalho, o que ocasiona numa maior necessidade por recursos financeiros para sua devida execução. Em conjunto, essas 3 etapas correspondem a cerca de 45% do preço final do imóvel pronto. Acerca da velocidade construtiva no sistema, há maiores impactos no custo quando se utiliza de menos mão de obra em menos tempo. O sistema pode ser todo montado no local, mas também pode ser pré-fabricado e montado nalgum galpão, com a estrutura ou os subsistemas já instalados e embutidos.

Segundo Yamashiro (2011) os custos construtivos em LSF são bem parecidos ao de uma construção pelo sistema convencional, podendo ter até um custo menor para construções acima de 100 m². Mas é preciso destacar que a definição de custo por m² de obra é uma maneira bem geral e pouco precisa, pelo fato de que cada projeto

possui suas características particulares e específicas, que influenciam diretamente no custo total da obra.

Milan, Novello e Reis (2011), fizeram um estudo de estimativa dos custos de uma construção hipotética com dois pavimentos e uma área de 261,00 m² e propuseram uma modelagem aproximada para determinação do custo em ambos sistemas construtivos. A escolha do projeto baseou-se nas características apontadas pelo estudo como ideais para a construção do sistema LSF. O orçamento feito por eles apontou uma diferença maior do que 2,74% sobre os custos relativos entre o LSF e o convencional. De acordo com eles, os custos unitários por m² são apresentados no Quadro 19:

Quadro 19: Custos de construção por m² em cada sistema.

<i>Tipos (sistemas) de construção</i>	<i>Custos por m² (em R\$)</i>
Convencional	985,80
Light Steel Frame	1.012,84

Fonte: Milan; Novello & Reis (2011)

Lembrando que área de construção, do pavimento térreo, da residência que está sendo simulada neste trabalho (ver planta nos apêndices A, B e C) é de 80,75 m². Usando a modelagem econômica feita por Milan *et al.* (2011) pode-se chegar a um valor aproximado dos custos totais em cada sistema, e a tabela com os resultados do custo total pode ser mostrada no Quadro 20, feito pelo autor.

Quadro 20: Custos de construção por m² e o custo total aproximado pela modelagem proposta por Milan *et al.* (2011), em cada sistema.

<i>Tipos (sistemas) de construção</i>	<i>Custos por m² (em R\$)</i>	<i>Área da construção (m²)</i>	<i>Custo Total (em R\$)</i>
Convencional	985,80		79603,35
LSF	1012,84	80,75	81786,83

Fonte: Autor (2018)

O custo total relativo do LSF foi 2,74% superior ao custo no sistema convencional. O pavimento da residência proposta no sistema a seco custou R\$ 81.786,83, enquanto que o mesmo pavimento no sistema convencional custou R\$ 79.603,35, dando uma diferença de R\$ 2.183,48, diferença essa que não é tão

considerável, no entanto, é preciso destacar que esta modelagem é apenas uma estimativa não-detalhada.

Loturco (2011), conforme citado por Yamashiro (2011. p. 40), também realizou uma modelagem através de um estudo comparativo de etapas entre o sistema construtivo usando concreto armado apoiado em um conjunto bloco-estaca e o de LSF para uma residência com 188 m² de área construída, com acabamento de alto padrão com 2 pavimentos. Chega-se à conclusão de que, com sua modelagem estimada, a construção baseada em LSF tem um custo final menor que o sistema artesanal. O Quadro 21 mostra os gastos feitos pela modelagem, a qual não considera instalações prediais, pois os materiais são exatamente os mesmos entre os dois sistemas. Todavia, para se empregar todo o potencial de racionalização do LSF é recomendável materiais desenvolvidos especificamente para o sistema construtivo, fato que geraria uma diminuição da diferença entre os custos apontados.

Quadro 21: Modelagem de Loturco (2011) para comparar os custos (em R\$) para uma residência de 188 m² entre os dois sistemas estudados.

Descrição dos serviços	Convencional	Light Steel Frame
Infra-estrutura	11.740,00	4.180,00
Superestrutura	27.245,00	22.670,00
Contrapisos	3.640,00	Incluso na infra-estrutura
Alvenaria e fechamentos	8.085,00	8.370,00
Isolamento termoacústico	Não é utilizado	4.900,00
Revestimento de forros	1.480,00	2.650,00
Revestimento de paredes internas	5.150,00	Incluso no gesso acartonado
Revestimento de paredes externas	3.510,00	7.750,00
Total (R\$)	60.850,00	50.520,00

Fonte: Loturco *apud*. Yamashiro (2011)

O custo total relativo do LSF foi 20,45% inferior ao custo no sistema convencional, dando uma diferença de R\$ 10.330, diferença essa que já é considerável, no entanto, é preciso destacar que esta modelagem também é apenas uma estimativa não-detalhada.

- Custo dos tipos mais comuns de *drywall* (Casa abril, 2018)

O preço varia de acordo com o projeto. Os valores abaixo incluem instalação.

Parede: a placa *Standard* (de 12,5 mm), com montantes de 70 mm e espessura de 95 mm, vale R\$ 70 o m². Com recheio de lã mineral, passa para R\$ 80 o m². Já o modelo verde (RU) custa R\$ 100 o m², e o rosa (RF), R\$ 130 o m².

Forro: a *Standard*, com 12,5 mm, incluindo acessórios, sai por R\$ 55 o m². Com lã mineral, cresce para R\$ 65 o m². As versões rosa e verde quase não são utilizadas para esse fim.

Prateleiras e nichos: as empresas cobram por virada – termo para o encontro das placas, formando quadrados ou retângulos. Na *Infinity Revestimentos*, um trabalho recente com 13 viradas sobre um painel com quatro nichos custou R\$ 1 mil. Usaram-se placas *Standard*, de 12,5 mm com montantes de 70 mm.

5.2.9.2 Análise do prazo de execução

De acordo com um estudo de modelagem proposto por Santiago *et al.* (2010), com a construção em LSF, verifica-se uma redução de tempo e outros problemas, e para muitos usuários este é um dos principais benefícios que este processo pode gerar, e esta vantagem está diretamente ligada ao custo final da obra. O prazo de uma construção modelada por este autor pode ser reduzido substancialmente em relação com o sistema de construção convencional, considerando o emprego do mesmo contingente de trabalhadores. Uma casa popular em LSF pode ser construída num prazo de 6 dias de trabalho. O Quadro 22 mostra os prazos estimados para cada etapa construtiva, a partir da entrega da fundação concluída.

Quadro 22: Cronograma de execução para uma residência popular em LSF.

Etapa	Prazo (dias)	1	2	3	4	5	6	7
Pré-montagem da estrutura	X							
Marcação da locação das paredes	X							
Instalação da estrutura de paredes	X							
Instalação da estrutura do telhado	X							
Instalação das placas cimentícias	X	X	X					
Instalação das telhas da cobertura			X					
Instalação das esquadrias			X	X				
Instalações elétricas					X			
Instalações hidráulicas					X			
Instalação placas gesso e isolamentos					X	X		
Instalação do forro interno						X	X	
Pintura externa e interna								X

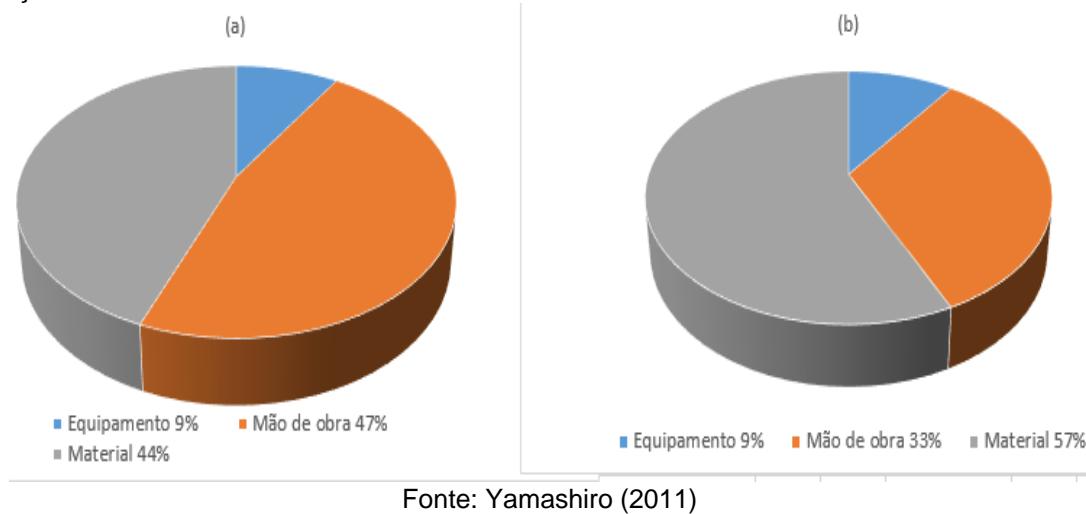
Fonte: Souza *et al.* (2010)

A tabela acima detalha de uma forma clara quais serviços, ou etapas, são necessários para a execução de uma residência popular em LSF a partir da entrega da fundação, evidenciando que em 6 dias úteis a obra pode ficar pronta para o uso. No primeiro dia, os serviços que precisam ser feitos são a pré-montagem da estrutura, depois a marcação para a locação das paredes, em seguida pelas instalações da estrutura de paredes, da estrutura do telhado e o início da instalação das placas cimentícias, que prossegue como serviço único no segundo dia e é finalizada no terceiro dia. Ainda no terceiro dia é iniciada e concluída a instalação das telhas de cobertura e iniciada a instalação das esquadrias. No quarto dia as esquadrias são finalizadas e as instalações elétricas e hidrossanitárias são feitas. As placas de gesso e o sistema de isolamento são feitos nos quarto e quinto dias. No sexto e último dia são concluídas a instalação do forro interno e a pintura tanto no interior quanto exteriormente à obra.

5.2.9.3 Análise da mão de obra

De acordo com Yamashiro (2011), em uma construção convencional boa parte do custo final da obra vem da mão de obra. Nas construções a seco, especialmente as que utilizam estruturas metálicas, há uma redução de cerca de 14% no efetivo de mão de obra, e com isso pode-se investir na qualidade de materiais básicos. No entanto, para o LSF, é necessária a utilização de mão de obra extremamente qualificada e especializada para esta tecnologia, usando-se profissionais experientes e bem treinados, no entanto com salários maiores em relação aos outros operários da construção civil. Mesmo com este fato, o rendimento destes operários mais qualificados é bem superior à média nacional, fato que gera reduções consideráveis no valor da força de trabalho manual e, por consequência disto, uma redução do custo total final.

Figura 58: (a) Parcela dos custos de uma habitação convencional e (b) Parcela dos custos de uma habitação em LSF.



Fonte: Yamashiro (2011)

É possível observar pela Figura 58, que na construção de uma habitação em sistema convencional os maiores gastos são com a mão de obra (47%) e logo após com material (44%), enquanto que para uma habitação em LSF o maior custo é com o material (57%), uma vez que o aço é mais caro, enquanto que a mão de obra gera 33% dos gastos, pois há uma menor presença desta, devida à rapidez da obra em LSF. Em ambas as situações, os gastos com equipamento são responsáveis por 9% dos gastos globais.

Chega-se à conclusão de que, mesmo a mão de obra para o LSF sendo bem mais qualificada e consequentemente mais cara por unidade de serviço, o gasto com a mão de obra na construção convencional vem a ser mais alto no final, pois o tempo de obra na construção convencional é relativamente bem maior que na construção a seco. Então, mesmo a mão de obra em LSF sendo mais custosa, vale mais a pena se gastar com a mão de obra em LSF do que em construção convencional, pois o tempo de serviço é bem menor.

5.2.10 Alguns detalhes adicionais sobre o *Drywall*

5.2.10.1 Pintura

Os sistemas construtivos de paredes, forros e revestimentos em chapas de gesso para *drywall* são utilizados sempre na parte interna das construções e são constituídos basicamente de chapas de gesso fixadas sobre estruturas de aço galvanizado com parafusos próprios para *drywall*. As chapas de gesso para *drywall*

são constituídas de um miolo de gesso revestido nos dois lados por cartão duplex próprio para *drywall*. Portanto, a superfície dos elementos construtivos - paredes, forros e revestimentos - que receberão o esquema de pintura não é constituída de gesso, e sim, de cartão. Nesses sistemas, as juntas entre as chapas recebem um tratamento com massa e fita próprias para *drywall*, tornando a superfície plana, lisa e monolítica. As cabeças dos parafusos que fixam as chapas nos perfis são recobertas com a mesma massa. Após a secagem da massa, a superfície está pronta para receber o esquema de pintura (LUCA, 2013).

De acordo com Luca (2013), a superfície do *drywall* pode receber qualquer tipo de tinta que atenda às especificações da Norma ABNT NBR 15079:2011 – Tintas para construção civil – Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais – Tintas látex nas cores claras. Cores escuras, quando aplicadas na parte interna da construção, protegida das intempéries, seguem as mesmas especificações da norma acima.

5.2.10.2 Estocagem

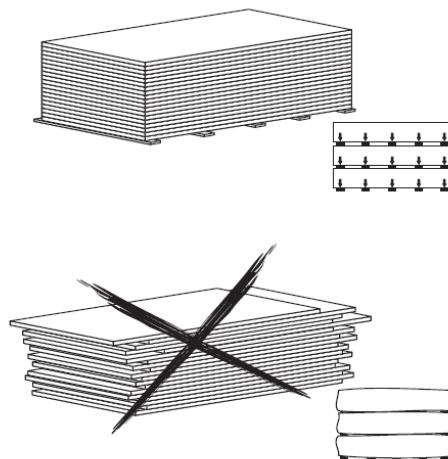
De acordo com o Manual de Projeto de Sistemas *Drywall* (2006), todos os componentes dos sistemas precisam obrigatoriamente ser estocados em local seco e abrigado. Para as chapas de gesso é preciso se verificar a sua integridade, antes de iniciar a descarga.

As chapas devem ser empilhadas sobre apoios de no mínimo 7,5 cm de largura espaçados em aproximadamente 40 cm e o comprimento dos apoios deve ser igual à largura das chapas. Deve-se manter o alinhamento dos apoios ao empilhar vários *pallets*, e não deve-se empilhar chapas curtas em conjunto com chapas longas ou fora de alinhamento (Figura 59). É necessário verificar se a resistência da laje e a capacidade da empilhadeira estão adequadas para suportar o peso das chapas. A fita lateral deve ser retirada somente no momento da aplicação das chapas. As chapas podem ser transportadas manualmente ou por empilhadeira. Em caso do transporte manual as chapas devem ser levadas na posição vertical, e no caso de chapas muito pesadas o transporte manual pode ser realizado por duas pessoas, mostrado na Figura 60 (MANUAL DE PROJETO DE SISTEMAS DRYWALL, 2006).

Os perfis metálicos devem ser mantidos preferencialmente amarrados e alinhados (Figura 61), evitando-se balanços e distorções que possam causar

amassamento ou torção nos perfis, destacando que perfis menores sempre devem ser apoiados sobre perfis maiores. Para massas em pó, é preciso estocar os sacos afastados do piso, recomendadamente sobre estrados, e em pilhas de no máximo 20 sacos intercalados para assegurar a estabilidade das pilhas. No caso de massas prontas, deve-se estocar os baldes em locais secos e em pilhas de até 3 baldes (MANUAL DE PROJETO DE SISTEMAS DRYWALL, 2006).

Figura 59: Formas correta e incorreta de estocagem das chapas de gesso



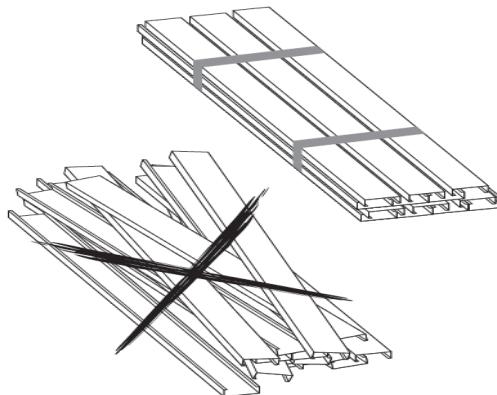
. Fonte: Manual de projeto de sistemas *drywall* (2006)

Figura 60: Forma correta de transporte manual de chapas de gesso pesadas.



Fonte: Manual de projeto de sistemas *drywall* (2006)

Figura 61: As maneiras correta e incorreta de estocagem dos perfis metálicos não-estruturais.



Fonte: Manual de projeto de sistemas *drywall* (2006)

5.2.10.3 Montagem

De acordo com o Manual de Projeto de Sistemas Drywall (2006) são necessárias para montagem dos sistemas em chapa de gesso acartonado, as seguintes ferramentas, de acordo com o Quadro 23:

Quadro 23: Ferramentas necessárias para montagem dos sistemas em drywall.

USO	FERRAMENTAS
Para medição, marcação e alinhamento dos sistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Trena; • Cordão para marcação ou fio traçante; • Nível laser; • Linha; • Prumo; • Nível de bolha; <p>Mangueira de nível</p>
Corte das chapas;	<ul style="list-style-type: none"> • Faca retrátil; • Estilete; • Serrote comum; • Serrote de ponta.
Parafusamento das chapas nos perfis e dos perfis entre si;	<ul style="list-style-type: none"> • Parafusadeira com rotação de 0 a 4.000 rpm,

	regulagem de profundidade e reversor.
Preparo de massa e fixações	<ul style="list-style-type: none"> • Furadeira.
Para desbaste das boras das chapas;	<ul style="list-style-type: none"> • Plaina.
Para abertura circulares nas chapas;	<ul style="list-style-type: none"> • Serra copo;
Para o corte dos perfis metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • Tesoura.
Fixação dos perfis entre si;	<ul style="list-style-type: none"> • Alicate punctionador.
Posicionamento e ajuste das chapas;	<ul style="list-style-type: none"> • Levantador de chapa de pé; • Levantador de chapa manual.
Tratamento das juntas entre as chapas	<ul style="list-style-type: none"> • Espátula metálica; • Espátula metálica larga; • Espátula metálica de ângulo; • Desempenadeira metálica.
Preparo de massas;	<ul style="list-style-type: none"> • Batedor
Fixações.	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola finca-pino.

Fonte: Manual de projetos de sistemas *Drywall* (2006)

A sequência de montagem do sistema *drywall* é relativamente simples e rápida. Começa com a locação e fixação das guias, para se fazer a colocação dos montantes, com o auxílio das colocações dos reforços e paralelamente com a execução das instalações. Depois deste passo, faz-se o fechamento da primeira face

da divisória, com o preenchimento com isolamento. Após este passo, faz-se o fechamento da segunda fase da divisória. Então faz-se o tratamento das juntas, para se encaminhar ao acabamento final. Todo este passo a passo, é resumidamente mostrado na Figura 62.

Figura 62: Sequência de montagem do sistema *drywall*.



Fonte: Souza (2014)

O Quadro 24 apresenta as principais ferramentas necessárias para a fixação de objetos em paredes *drywall*. A estas ainda se somam ferramentas de uso comum como trena; nível de bolha; serrote de ponta para execução de aberturas; brocas de aço rápido para execução de furos; chaves de fenda e *Phillips*; e espátulas e desempenadeiras para serviços de acabamento.

Quadro 24: Principais ferramentas necessárias para fixação de objetos em paredes *drywall*.

Tipo	Nomenclatura	Utilização
	Estilete	Corte de chapas
	Serra-copo	Corte de chapas e perfis
	Disco de serra para madeira	Para serra mármore ou serra circular
	Plaina	Desbaste de chapas
	Furadeira	Execução de furos
	Parafusadeira	Fixação de parafusos
	Tesoura para perfil	Corte de perfis
	Alicate expensor	Expansão de bucha metálica ("guarda-chuva")

Fonte: Luca (2014)

5.3 Cenário dos fabricantes de LSF e *Drywall* no Brasil

Uma pesquisa feita em 2014 pelo CBCA mostra o perfil dos fabricantes e o crescimento do setor no país, com o objetivo de facilitar o entendimento da atuação e da capacidade produtiva do segmento. De acordo com este estudo, o *drywall* tem sido aplicado em diferentes tipologias, como edifícios comerciais e residenciais (principalmente alto e médio alto padrão), empreendimentos industriais e *shopping centers*. Alcançando uma participação expressiva de 44% nos edifícios comerciais. Os fabricantes de LSF e *Drywall* produziram juntos cerca de 143 mil toneladas, empregaram 1.600 trabalhadores e faturaram o montante de 400 milhões de reais, em 2014. Os fabricantes estão otimistas e confiantes com o desenvolvimento do segmento, uma vez que todas as empresas que participaram da pesquisa planejam crescer nos próximos anos.

Ainda segundo a pesquisa feita pelo CBCA (2014), as empresas que produzem perfis para LSF e *drywall* estão presentes em quatro regiões do país, porém

a região sudeste comporta a maior parte das indústrias (62%) e o estado de São Paulo concentra o maior número de fabricantes (42%). O tipo de aço mais utilizado em LSF é o Z275, tendo 62% da aplicação. O estado de Pernambuco é o único estado do Norte-Nordeste que possui fabricantes de perfis para LSF e *drywall*, tendo uma quantia de 10 % da produção nacional.

O website da CBCA publicou um estudo mostrando a localização regional das empresas fabricantes de perfis LSF e *drywall*. Este pesquisa mostrou que 62% das empresas fabricantes estão na região sudeste; a região sul possui 25% destes fabricantes; o nordeste está representado com 10%; o centro-oeste tem 3% e a região norte não possui nenhuma empresa fabricante de perfis LSF e *drywall*. Na região nordeste, o único estado que possui empresas fabricantes é Pernambuco. O Quadro 25 mostra as porcentagens das localizações das empresas fabricantes.

Quadro 25: Localização regional das empresas fabricantes de perfis para LSF e *drywall*.

REGIÃO	ESTADOS
Sudeste (62,0%)	São Paulo (42,0%) Rio de Janeiro (10,0%) Espírito Santo (7,0%) Minas Gerais (3,0%)
Sul (25,0%)	Paraná (14%) Rio Grande do Sul (11%)
Nordeste (10,0%)	Pernambuco (10%)
Centro-Oeste (3,0%)	Goiás (3%)
Norte (0,0%)	

Fonte: CBCA (2014)

Este fato mostra que Caruaru tem grande potencial para investir no sistema de construção a seco, especialmente com LSF e *drywall*, pois há empresas em Pernambuco que podem suprir a necessidade de materiais e mão de obra com preços não tão elevados, uma vez que Caruaru não é tão distante da região metropolitana de Recife. É preciso destacar que a cidade pernambucana de Araripina é um polo gesseiro, e o gesso é a principal matéria-prima do *drywall*.

O autor buscou as principais empresas distribuidoras e instaladoras de *Drywall* e LSF em Pernambuco, levantando alguns nomes e suas respectivas cidades sedes.

- Principais empresas de *Drywall* em Pernambuco

- G-so 10 (Recife);
- Dgn Forros e divisórias (Recife);
- Condiforma (Jaboatão dos Guararapes);
- Pr Engenharia Consultoria (Olinda);
- Construseco (Petrolina);
- Drywall Recife (Recife);
- Gesso Moderno Ltda. (Araripina);
- Gypsum Drywall (Araripina)

b) Principais empresas de LSF em Pernambuco

- Bonanza Steel Frame (Recife);
- Metal Frame (Recife)

Percebe-se que as principais empresas de *drywall* localizam-se nas regiões sudeste e sul, e nestas regiões o número de construções usando o sistema a seco está crescendo. Enquanto isso, o Nordeste ainda está começando a fazer poucas construções, pois a questão cultural ainda é muito forte no Nordeste, fazendo com que a construção convencional ainda seja completamente dominante.

5.4 Breve resumo sobre o LSF

Segundo o Site da *Schneider* (acessado em 2018) o LSF é uma construção eficiente, limpa e eficaz, o que permite a utilização de diversos materiais. Sendo flexível, não apresenta grandes restrições aos projetos, racionalizando e otimizando a utilização dos recursos e o gerenciamento das perdas. É customizável, permitindo maior confiabilidade dos gastos, além de ser durável e reciclável. Um breve resumo, adaptado para o presente trabalho, segundo a própria *Schneider*, pode ser mostrado como se segue:

a) Fundação;

- O LSF possui, em média, uma carga pontual 30% inferior em relação ao sistema convencional, possibilitando que haja mais opções na escolha da fundação. As fundações são as mesmas para edificações em alvenaria e concreto armado, no entanto, como as cargas são menores, é possível economizar mais nas fundações. É

preciso certificar-se que a estrutura estará devidamente ancorada na fundação.

b) Estrutura;

- A idealização estrutural parte em dividir as cargas em um maior número de elementos estruturais, de forma que cada elemento seja projetado para receber uma reduzida fração da carga, ocasionando no emprego de perfis conformados com finas chapas de aço galvanizado. Com o esqueleto estrutural montado, aplicam-se, interna e externamente, placas de OSB, ou de gesso acartonado (caso do *drywall*), ou outro tipo de fechamento. Os fechamentos podem ter função estrutural, ou não. Caso os fechamentos não tenham a função estrutural, entre em ação, mais comumente, o *drywall*. No caso do uso da placa estrutural em OSB, esta placa gera contraventamento e vedação para a estrutura de paredes, entrepisos e telhados.

c) Revestimentos;

- Para o revestimento externo, o LSF proporciona a aplicação de diversos revestimentos externos, tais como: placas OSB; *Siding* vinílico; placa cimentícia; revestimento argamassado; revestimento cerâmico e outros. No caso do revestimento interno, o fechamento pode ser feito com as placas de gesso acartonado (*drywall*) ou outros tipos de placas que não foram abordadas neste trabalho. Estas placas proporcionam uma superfície lisa e monolítica, pronta para receber o acabamento. Nas divisórias da construção industrializada, o usuário pode ter a liberdade de aplicar armários ou peças suspensas em qualquer ponto da parede, sem a necessidade de buscar por reforços.

d) Laje;

- Em LSF, a laje pode ser de dois tipos: seca ou molhada. No caso da laje seca, sua execução o corre com a aplicação de painéis diretamente sobre o vigamento metálico, garantindo a resistência e permitindo a aplicação dos mais variados revestimentos, entre eles: pisos vinílicos, carpete, laminados de madeira, assoalhos, tábuas corridas e outros. Para as lajes molhadas há a colocação de um

contrapiso de 3 a 4 cm de argamassa sobre os painéis, tendo um reforço com fibras de aço ou polipropileno.

e) Instalações elétricas e hidráulicas;

- As instalações elétricas e hidrossanitárias para LSF são exatamente as mesmas empregadas no sistema convencional, apresentando o mesmo desempenho e seguindo às mesmas normas técnicas e especificações. Mas vários produtos e soluções que podem otimizar as instalações nas edificações em LSF já estão sendo estudados, pesquisados e em processo de desenvolvimento no mercado.

f) Isolamentos;

- As edificações em LSF apresentam um excelente conforto termo-acústico. Também permitem o emprego de variados tipos de isolamento, os quais podem ser instalados nas paredes externas e internas, autoportantes ou não, em forros e até telhados. O principal tipo de isolamento é por meio de lã mineral.

g) Esquadrias;

- As instalações das esquadrias em LSF são executadas de maneira extremamente similar em relação ao sistema convencional, sendo feita com espuma de poliuretano ou com parafusos.

h) Coberturas e telhados.

- As placas de OSB são uma excelente opção para fazer parte dos substratos de telhados e coberturas. Estas placas, em conjunto com os perfis, garantem a resistência à ação de ventos e melhoram o conforto térmico e acústico das edificações. Para os telhados, há várias soluções, como: *steel deck*, telhas asfálticas, telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas gravicolor, telhas *topsteel* e outras.

5.5 Comparação do Valor Global entre os sistemas

Um dos termos mais comuns do mercado imobiliário, o Valor Global de Vendas (VGV), é também um dos que mais despertam a curiosidade dos que estão entrando neste mercado. É um valor calculado pela soma do valor potencial de venda

de todas as unidades de um empreendimento a ser lançado. Além de ajudar a indicar se o empreendimento é ou não viável do ponto de vista comercial, o VGV auxilia na definição do orçamento da obra, das verbas administrativas da incorporadora, no desempenho da empresa no mercado, dentre outros (PORTAL VGV, 2009)

Figura 63: Comparação do valor global de venda entre aço e concreto.



Fonte: CBCA (2018)

A Figura 63 ilustra como o VGV de uma obra em aço é superior ao de uma obra em concreto. Pelo fato de o aço ser mais leve, como foi apresentado anteriormente, o gasto e o tempo usado para os serviços de fundações são menores. No entanto, os pilares e vigas em aço são mais caros que os de concreto. As instalações prediais são praticamente iguais entre os dois sistemas, bem como as despesas indiretas. Assim o lucro bruto do executor da obra é menor se a obra for feita em aço, mas o rendimento é maior, pelo fato de que há um menor prazo construtivo, menos serviços e menos desperdícios de materiais. Ou seja, em geral, o preço final de uma obra construída a seco é maior que o de uma obra equivalente no sistema convencional, mas quando se coloca fatores como tempo, utilização racional dos materiais, e otimização da mão-de-obra, o sistema a seco é mais vantajoso.

5.6 Breve resumo sobre os objetivos propostos alcançados

- a) Apresentar o método construtivo LSF na execução de habitações populares:

Foi feito em toda a seção 5.2 e seu resumo no item 5.4.

- b) Destacar vantagens e desvantagens em relação às edificações equivalentes executadas em métodos tradicionais de concreto armado ou alvenaria estrutural:

Para o sistema convencional a análise de vantagens e desvantagens foi feita no item 5.1.3, enquanto que para o LSF foi feita no item 5.2.8.

- c) Analisar brevemente a viabilidade da mão de obra;

Foi feita no item 5.2.9.3.

- d) Avaliar estimativa de custo e valor global entre os sistemas;

Foi feita no item 5.5.

- e) Averiguar a rapidez da execução, o isolamento térmico e acústico e a segurança estrutural;

O prazo de execução foi discutido no item 5.2.9.2; Os isolamentos térmico e acústico forma discutidos no item 5.2.4; a segurança estrutural foi abordada no item 5.2.3.4.

- f) Evidenciar o cenário dos fabricantes de LSF e *drywall* no Brasil e avaliar o potencial de Pernambuco.

Foi avaliado no item 5.3.

6 CONCLUSÕES

O futuro da construção civil está na industrialização. No Brasil, o segmento de construção a seco vem investindo progressivamente neste produto. Ultimamente, este sistema construtivo foi muito explorado em diversos projetos, o que levou ao início de uma quebra de paradigma na construção civil brasileira. Muitos trabalhos, artigos e manuais já foram escritos e continuarão o sendo, com a finalidade de expor os pontos positivos e tratar dos negativos que dizem respeito a esta nova tecnologia construtiva. Quando são buscadas soluções para a diminuição do consumo de água nas construções, principalmente em cidades com grandes problemas hídricos como Caruaru, tem-se como alternativa vantajosa o sistema de construção a seco. Dentro desta área, os métodos construtivos com mais proeminência e efetividade são o LSF e o *drywall*.

Neste trabalho, foram mostrados características e aspectos dos dois sistemas construtivos avaliados, quais sejam: construção convencional (representada por concreto armado e alvenaria) e construção a seco (representada pelo LSF e *drywall*). No entanto, o viés deste trabalho voltou-se para a construção a seco, desta forma mais detalhes e mais páginas foram devotados para este sistema, de forma que o tão consagrado sistema artesanal teve exposto apenas informações básicas e gerais.

Além dos detalhes, foram mostradas também as principais vantagens e desvantagens de ambos os métodos, uma vez que só o preço isoladamente não deve ser um ponto chave na hora da escolha. Foram apresentadas várias características para que o custo-benefício entre em ação, o qual considera segurança, tempo da obra, arquitetura, eficiência, gastos, e a qualidade do produto final.

Construir em LSF e *drywall* é bastante prático e eficiente, pois seus materiais passam por um rígido controle de qualidade, e a mão de obra empregada em tais métodos precisa ser extremamente capacitada. Os materiais são mais esbeltos e leves, diminuindo o peso próprio da construção, que reflete na diminuição da robustez das fundações e da área útil do produto final. Além disso, tanto a parte estrutural quanto as divisórias possuem sua segurança mais elevada, pois as cargas atuantes são menores, e a flexibilidade no projeto arquitetônico, futuras reformas e reparos, e simples mudanças requeridas pelo usuário, ajudam a deixar este sistema construtivo bastante simpático aos olhos daqueles que procuram aplicar a tecnologia na indústria da construção civil. Baseado nisso, conclui-se que o sistema de construção a seco é

uma alternativa viável para concorrer e até mesmo substituir o sistema construtivo convencional, quando são analisar os fatores operacionais e econômicos.

O método construtivo a seco está muito bem estruturado e detalhado por meio de manuais, normas técnicas e várias obras que auxiliam pesquisadores, estudantes, construtores, clientes, empresas e profissionais do ramo a investirem nesta nova tecnologia. Seus frutos podem ser vistos em diversas obras ao redor do mundo, e o Brasil começa a investir seriamente na área. Mas ainda há muito a se fazer, principalmente em Pernambuco, pois existe uma resistência muito grande por parte de várias camadas da sociedade, que já estão satisfeitas com as tecnologias artesanais convencionais e não estão dispostas a avançar neste quesito.

Para a cidade de Caruaru - PE, o sistema que emprega LSF e *drywall* pode e deve crescer nos próximos anos, pois há uma necessidade urgente de se economizar água, bem escasso que é bastante consumido na construção convencional. Pernambuco é o principal estado do Norte-Nordeste neste assunto, e Caruaru precisa seguir este ritmo. Para isso, novos profissionais, como engenheiros civis e arquitetos, precisam começar a propagar esta ideia, para que novos clientes se interessem por esta tecnologia, e as empresas de construção civil da região começem a buscar profissionais capacitados e empresas revendedoras para alavancar este sistema na localidade.

Ainda há muito a ser feito, mas simples trabalhos como este podem mostrar a necessidade e as boas características deste novo sistema. Esta tecnologia é limpa, sustentável, eficiente, segura, bem estruturada, segue um rígido controle de qualidade e possui profissionais qualificados. As principais barreiras a serem rompidas para que sua implantação seja total são: divulgação do método; passar confiança aos potenciais usuários; capacitar a mão de obra; atrair vendedores, fabricantes e pesquisadores desta área para a região; gerar uma diminuição gradativa dos preços dos materiais e serviços, com a finalidade de equiparar-se ao sistema convencional com relação ao custo.

6.1 Sugestões para pesquisas futuras

Como sugestões para futuras pesquisas, indicam-se as seguintes propostas:

- Fazer o dimensionamento estrutural em LSF para uma edificação de pequeno porte, usando a NBR 14762:2010;
- Desempenhar um estudo mais detalhado sobre o custo de uma edificação construída a seco e fazer seu paralelo com o custo de uma edificação com as mesmas proporções mas usando o sistema convencional;
- A partir de um projeto arquitetônico tipo, de uma residência padrão popular, dimensionar todo o sistema estrutural e os outros demais sistemas componentes, em LSF e *drywall*, e apresentar de forma quantitativa seu orçamento, bem como o cronograma físico-financeiro, procurando provar se o custo-benefício desta obra a seco é superior ao de uma obra análoga na convencional;
- Propor a construção de casas populares usando outros sistemas a seco, tais como: *Woodframing*; construção em contêineres; entre outros. Procurar avaliar se a combinação LSF e *drywall* é a melhor para a construção a seco;
- Desenvolver um estudo acerca da quantidade de água que pode ser economizada em obras que usam a construção a seco, e como este fato pode influenciar na pegada hídrica de uma região que vier a aplicar este sistema mais comumente.
- Desenvolver um questionário com as principais construtoras do agreste pernambucano, buscando identificar quais motivos fazem com que elas continuem a utilizar o método convencional, avaliando se estão dispostos a incluir novos métodos que economizem mais água e material ou se a tendência é que continuem da mesma forma.

REFERÊNCIAS

ABNT - NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001.

ABNT - NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturados reticulados em edificações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.

ABNT - NBR 15575: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013

ABNT - NBR 15758-1: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.758-1: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagem. Parte 1: Requisitos para sistemas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009

ARAUJO, Freitas & Rodrigues. Apostila de Concreto Armado. UFFRJ. 2006

AMORIM, Analice França Lima. Notas de Aulas da disciplina de Fundações 1. Universidade Federal de Pernambuco. 2013.

AZEREDO, Hélio Alves de. O Edifício até sua cobertura. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 2º ed. 1997.

AZEREDO, Hélio Alves de. O Edifício e seu acabamento. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 2004.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos, SAPATAS DE FUNDAÇÃO. Bauru, Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Bauru/SP, 2016.

BELIVAJUA, R. Estudo comparativo do desempenho estrutural de prédios estruturados em perfis formados a frio segundo os sistemas aporticado e "light steel framing. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

BORGES, Alberto de Campos; MONTEFUSCO, Elizabeth; LEITE, Lopes. Práticas das Pequenas Construções. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1998.

Casa abril. Materiais de construção. Drywall: entenda como funciona esse sistema de construção. Disponível em:<<https://casa.abril.com.br/materiais-construcao/drywall-entenda-como-funciona-esse-sistema-de-construcao/>>. Acessado em: 06 Abr. 2018.

CASTRO, R. C. M. Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados. Light steel framing. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CBCA. Construção em aço: Vantagens. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-vantagens.php>>. Acesso em: 19 Jun. 2017.

CBCA. Light Steel Frame e Drywall (2014). Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7190>> Acesso em: 12 Fev. 2018.

CBIC. Camara Brasileira da Indústria da Construção. Disponível em <<http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/PE/>>. Acesso em: 07 Fev. 2018.

CHING, Francis D. K. Técnicas de construção ilustradas. Trad. Luiz Augusto M. Salgado – 2. Ed.- Porto Alegre: Bookman, 2001.

Construção passo a passo. PINI, Editora. Construção passo a passo. São Paulo, 2009. PINI. Capítulo 4, pgs 16-32, 256 páginas

CONSULSTEEL. Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

Ciser. Ciser parafusos e porcas. Disponível em: <<http://www.ciser.com.br/produto/22066825>>. Acesso em: 11 Fev. 2018.

DELIBERATO, Celso. Diretrizes para o projeto e execução de lajes mistas de concreto e chapas metálicas trapezoidais. (“Steel Deck”). IPT, São Paulo, 2006.

DOMARASCKI C. S.; FAGIANI L. S. Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional. Barretos: Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, 2009.

DOMINGUES, Marco Antônio. Orçamentação de empreendimentos de arquitetura e engenharia civil - uma solução metodológica para atender a lei de responsabilidade fiscal e a lei de licitações. São Paulo, 2002. 247.

FARIAS, João Lopes. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Método Construtivo *Light Steel Framing* numa residência unifamiliar de baixa renda. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

FERREIRA, AUGUSTO SENDTKO. Estudos comparativo de sistemas construtivos industrializados: Paredes de Concreto, Steel Frame e Wood Frame. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. Steel Framing: Arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

GOUVEIA, Lucas. Steel Frame: a construção inteligente. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=1450>. Acessado em: 05 Abr. 2018.

LABUTO, L. V. Parede seca – sistema construtivo de fechamento em estrutura de drywall. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

LEÃO, Cel. Prof. Marcel; ARAGÃO, Maj. Prof. Moniz de. Notas de aula da disciplina de Estruturas Metálicas. Instituto Militar de Engenharia (IME). Rio de Janeiro, 2013.

LESSA, Gustavo Araujo Dias Themudo. Drywall em edificações residenciais. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

LIMA, R. F. de. Técnicas, métodos e processos de projeto e construção do sistema construtivo *Light Steel Frame*. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

LOTURCO, B. Opção metálica e fechamento com painéis pode reduzir custos com infra-estrutura. Disponível em: <<http://www.fernandoavilasantos.kit.net/steelframe.htm>>. Acesso em 06 out. 2011. Apud YAMASHIRO, Wagner Luis. Execução de habitações populares com sistema construtivo Light Steel Frame. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2011.

LUCA, Carlos Roberto de. Pintura em Drywall: O que é preciso saber. Associação Brasileira do Drywall, São Paulo, 2013.

LUCA, Carlos Roberto de. Resistência mecânica e fixação de objetos em paredes Drywall. Associação Brasileira do Drywall, São Paulo, 2014.

Manual de desempenho Drywall, Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/biblioteca.php/1/3>>. Acesso em 15 Jun. 2017.

Manual de desempenho da Gypsum, Disponível em: <<http://www.gypsum.com.br>>. Acesso em 11 Ago. 2017.

Manual de projeto de Sistemas Drywall: paredes, forros e revestimentos. --São Paulo, 2006.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Mattos, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos / Aldo Dórea Mattos. -- São Paulo: Editora Pini, 2006.

MILAN, G. S.; NOVELLO, R. V.; REIS, Z. C. A viabilidade do sistema light steel frame para construções residenciais. Revista Gestão Industrial, Paraná, v. 07, n. 01, 2011.

MELO NETO, Antônio Acácio de. Notas de Aulas da disciplina de Construção Civil 2. Universidade Federal de Pernambuco. 2010.

MOLITERNO, Antonio. Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples. São Paulo, Editora: Edgard Blücher, 1995.

NÓBREGA, Ana Cecília Vieira da. Notas de Aulas da disciplina de materiais Construção 1. Universidade Federal de Pernambuco. 2013.

OLIVEIRA, Gustavo V. Análise comparativa entre o sistema construtivo em light steel framing e o sistema construtivo tradicionalmente empregado no nordeste do brasil aplicados na construção de casas populares. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba. 2012.

PESSARELLO, Regiana Grigoli. Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

PORTAL VGV. O que é VGV? Saiba o significado deste termo tão comum no mercado imobiliário. Disponível em: < <https://www.portalvgv.com.br/site/o-que-e-vgv-saiba-o-significado-deste-termo-tao-comum-no-mercado-imobiliario/> >. Acesso em: 05 Abr. 2018. Publicado em: 25 Out. 2009.

POZZOBON, Cristina Eliza. Notas de Aulas da disciplina de Construção Civil II. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2007.

Protolab. Tabela de condutividade térmica de materiais de construção. Disponível em: <<http://www.protolab.com.br/Tabela-Condutividade-Material-Construcao.htm>>. Acesso em: 12 Fev. 2018.

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. Projeto e análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e light steel framing. Paraná: Universidade Tecnológica do Paraná, 2013.

Rodrigues, Francisco Carlos. Steel Framing: Engenharia. Rio de Janeiro IBS/CBCA, 2006.

Rodrigues, Francisco Carlos. Steel Framing: Engenharia. Rio de Janeiro IBS/CBCA, 2° ed. 2016.

SALGADO, Júlio César Pereira. Técnicas e práticas construtivas para edificação. 2. ed. rev.—São Paulo: Editora Érica, 2009.

SAMPAIO, Fernando Morethson. Orçamento e Custo da Construção. 1ª Ed. Brasília: Hemus, 1989.

SANTIAGO, A. K. O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2008.

SANTIAGO, A. K.; RODRIGUES, M. N.; OLIVEIRA, M. S. Light steel framing como alternativa para a construção de moradias populares. In: CONSTRUMETAL – CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2010, São Paulo, 2010.

SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. de.: Manual de Construção em Aço - Steel Framing: Arquitetura.: 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço, 2012.

SCHARFF, Robert. Residential Steel Framing Handbook. New York: McGraw Hill, 1996.

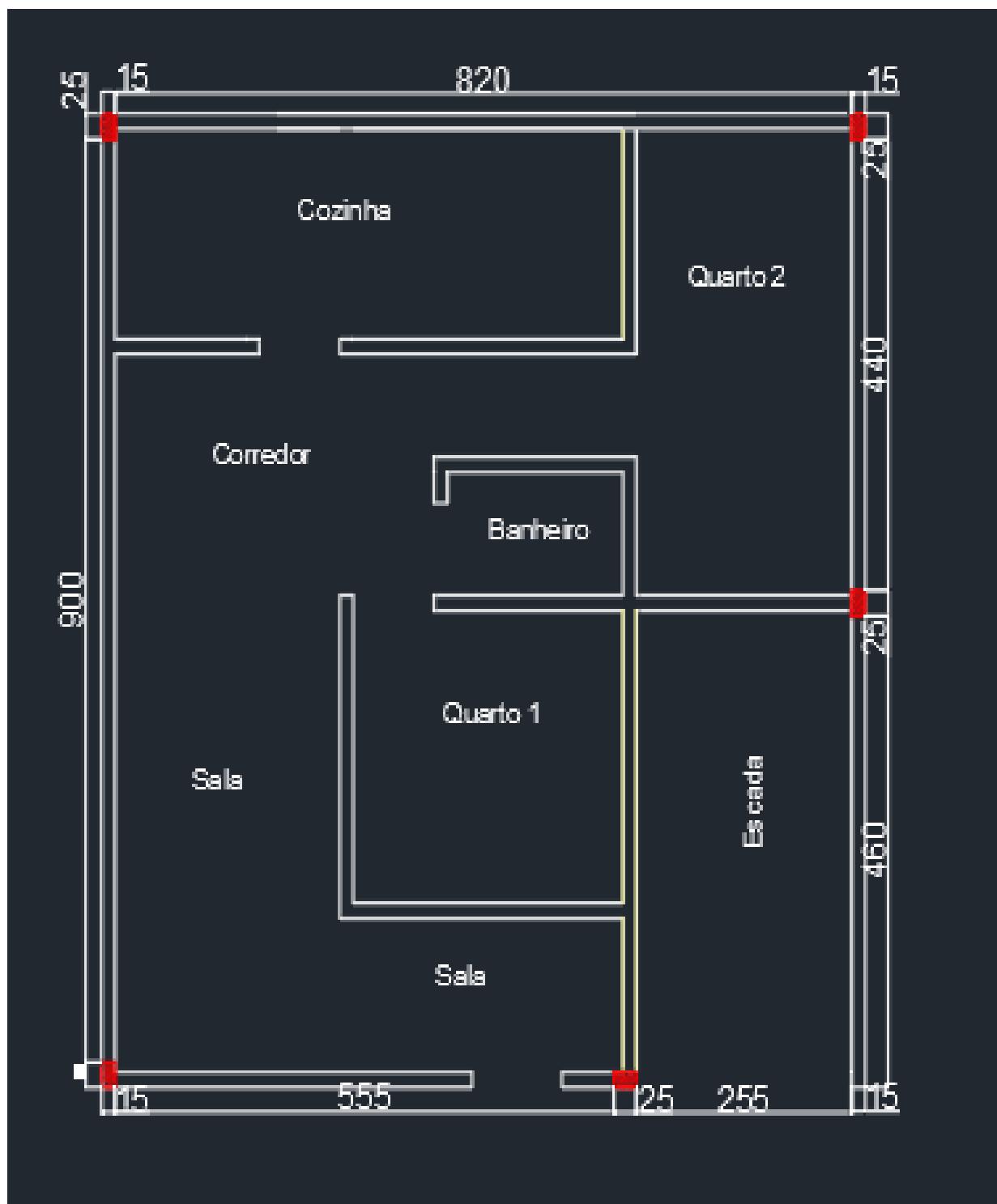
Schneider. Schneider soluções em Steel Frame. Disponível em : <http://www.st.eco.br/passo_a_passo>. Acesso em 13 Fev. 2018.

Sienge. Construção em Steel Frame: Vantagens e desvantagens. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/steel-frame-desvantagens-vantagens/>>. Acesso em: 10 Fev. 2018.

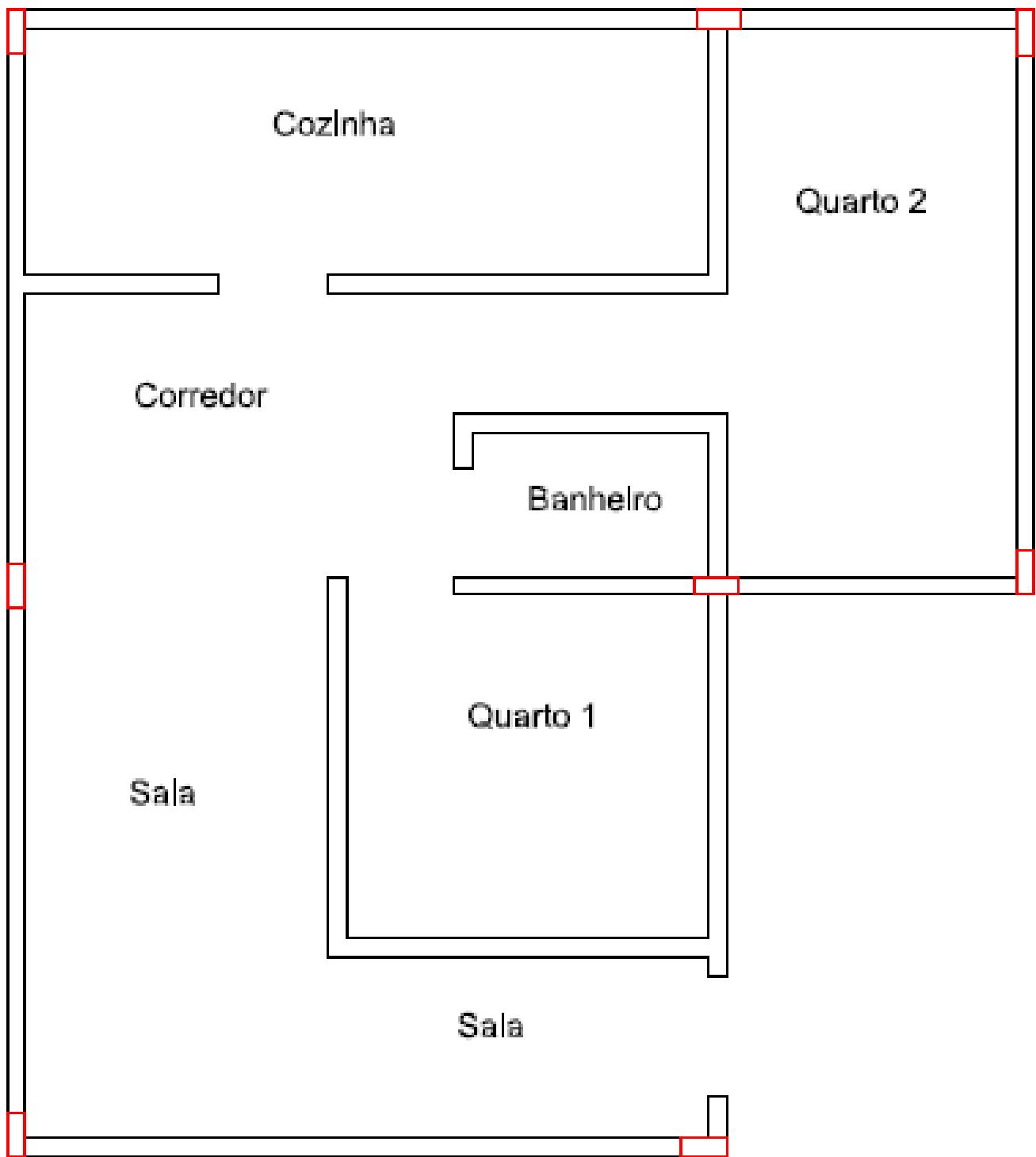
SINDUSCON. O impacto nos serviços e construção. Disponível em: <<http://www.sindusconpe.com.br/mobile/clipping.php?clipping=927>>. Acesso em: 04 Abr. 2018. Publicado em 18 Out. 2017.

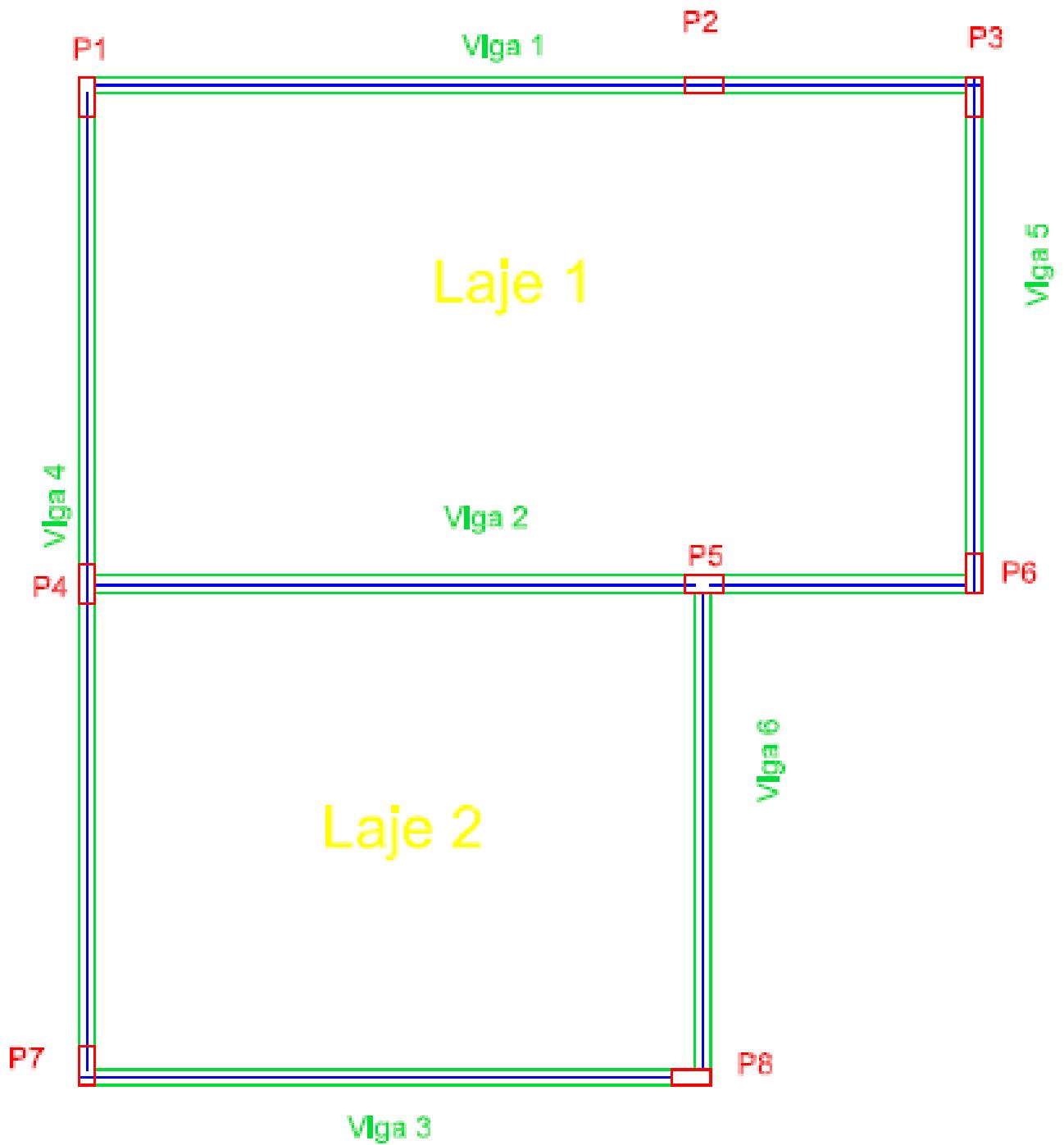
SOUZA, Eduardo Luciano de. Construção civil e tecnologia: estudo do sistema construtivo light steel framing. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

YAMASHIRO, Wagner Luis. Execução de habitações populares com sistema construtivo Light Steel Frame. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2011.

APÊNDICE A - Planta do térreo da residência estudada (Caruaru-PE, 2017)

**APÊNDICE B - Planta do primeiro andar da residência estudada (Caruaru-PE,
2017)**



APÊNDICE C – Planta de forma da residência estudada (Caruaru-PE, 2017)

ANEXO A – Relatório com os valores do CUB/m² de Janeiro de 2018 em Pernambuco (CIBIC, 2018)

CUB/m²

Custos Unitários Básicos de Construção

Sinduscon-PE

(NBR 12.731:2006 - CUB 2006) - Janeiro/2018

Os valores abaixo referem-se aos Custos Unitários Básicos de Construção (CUB/m²), calculados de acordo com a Lei Fed. nº. 4.591, de 16/12/64 e com a Norma Técnica NBR 12.731:2006 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e são correspondentes ao mês de Janeiro/2018. "Estes custos unitários foram calculados conforme disposto na ABNT NBR 12.731:2006, com base em novos projetos, novas memorialas descriptivas e novos critérios de organização e, portanto, constituem nova série histórica de custos unitários, não comparáveis com a anterior, com a designação de CUB/2006".

"Na formação destes custos unitários básicos não foram considerados os seguintes itens, que devem ser levados em conta na determinação dos preços por metro quadrado de construção, de acordo com o estabelecido no projeto e especificações correspondentes a cada caso particular: fundações, submuros, paredes-diâfragma, tintas, rebocoamento de teto/teatro; elevador(es); equipamentos e instalações, tais como: fogões, aquecedores, bombas de recarga, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão, entre; playground (quando não classificado como área construída); obras e serviços complementares; urbanização, recreação (piscinas, campos de esporte), ajardinamento, instalação e regulamentação do condomínio; e outros serviços (que devem ser discriminados no Anexo A - quadro III); impostos, taxas e encargos cartoriais, projetos arquitetônicos, projeto estrutural, projeto de instalação, projetos especiais; remuneração do construtor; remuneração do incorporador."

VALORES EM R\$ m²

PROJETOS - PADRÃO RESIDENCIAIS

PADRÃO BAIXO	
R-1	1.435,55
PP-4	1.265,91
R-II	1.191,52
PSI	917,93

PADRÃO NORMAL	
R-1	1.772,90
PP-4	1.647,66
R-II	1.386,54
R-16	1.354,29

PADRÃO ALTO	
R-1	2.232,38
R-II	1.771,79
R-16	1.693,84

PROJETOS - PADRÃO COMERCIAIS: CAL (Comercial Andares Livres) e CSL (Comercial Salas e Lojas)

PADRÃO NORMAL	
CAL-II	1.518,59
CSL-II	1.316,22
CSL-16	1.743,46

PADRÃO ALTO	
CAL-II	1.655,09
CSL-II	1.490,57
CSL-16	1.975,94

PROJETOS - PADRÃO GALPÃO INDUSTRIAL (GI) E RESIDÊNCIA POPULAR (RP1Q)

RP1Q	1.345,09
GI	723,16

Número Índice: Projeto-padrão R16-N (Janeiro/2018)

Número Índice: - (Base Fevereiro/2007 = 100)

Variação Global: -