

Estrutura metálica/steel frame – construção a seco, viabilidade do uso do steel frame

Estructura de acero/armazón de acero - construcción en seco, viabilidad de utilizar armazón de acero

Marili Siqueira da Silva

Cientista Social, aprovada pelo comitê científico do CAPES, autora do livro “Análise para o Futuro, publicado em 2020, vendido em mais de 60 países, é escritora e autora de outros livros acadêmicos e de cadernos de atividade de práticas supervisionadas. É mestra em Ministry in Business Administration pela Florida Christian University/ FCU/USA. É mestranda em Engenharia Civil na Unicamp, pós graduada em Gestão Empresarial e Financeira pelo Centro Universitário de Santo Andre - Unia , pós graduada em Logística e Processos Industriais pela Faculdade de Ciências Gerenciais de Jundiaí - FCG, MBA em Gestão de Negócios Internacionais pela Florida Christian University - FCU/USA, pós graduada em Estratégias de Marketing Aplicadas ao Turismo e Hotelaria pela Universidade de São Paulo - USP, pós graduada em Gestão de Pessoas pelo Centro Universitário Ibero-Americano - Unibero, pós graduada em Didática do Ensino Superior pela Faculdade Politecnica de Jundiaí - Anhanguera, pós graduada em Metodologias Ativas – Unifaj, pós graduada em Estética Avançada pela Uniasselvi, graduada Bacharel em Administração de Empresas pelo Centro Universitário de Santo Andre - Unia e graduada Bacharel em Ciências Contábeis pela Unifaj, graduada em Matemática pela Uniasselvi. É Professora universitária com vasta experiência no setor, atuando como Docente, Coordenadora e Diretora de Instituição de Ensino, com 23 anos de experiência em cursos de graduação em Administração, Tecnólogos e Engenharia e há 16 anos em cursos de Pós-graduação. Experiência profissional de 31 anos na área administrativa, financeira e produção. Foi Diretora Executiva de Estratégias em empresa do setor de Franquia e Diretora Executiva no setor de Energia Elétrica, Consultora e Assessora em Gestão Empresarial desde 2001. Exerce Mentoria e Coaching de Gestores e Executivos de diferentes setores de negócio. É palestrante na área de Gestão de Negócio e Gestão Estratégica, entre outros temas. Como professora de graduação e pós-graduação, leciona diferentes disciplinas: Engenharia de Manutenção, Engenharia Econômica, Pesquisa Operacional, Gestão da Qualidade, Gestão de Pessoas, Administração Financeira e Orçamentária, Custos de Produção, Gestão Estratégica, Competências Profissional, PCP, Processos de Fabricação, Projeto do Produto, Gerenciamento de Projetos e Logística, Gestão de Obras, Mecânica e Fluidos, Gestão da Cadeia de Suprimentos, Empreendedorismo, Metodologia Científica, TCC, Estágio, entre outras. Atualmente é Diretora de Polo Educacional IEMS – Instituto Educacional Marili Siqueira, Universidade Uniasselvi
E-mail: marilisiq50@gmail.com

Jeferson Pedro Campos da Silva Lima

Engenheiro Agrimensor, graduado pela Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga – FEAP, é Engenheiro civil pela Unifaj, pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro de Treinamento Educacional e Tecnologia - CTET Pirassununga, Professor do Curso de Engenharia de Agrimensura na Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga – FEAP, Professor do Curso de Pós-Graduação de Georreferenciamento de Imóveis Rurais no Centro de Treinamento Educacional e Tecnologia - CTET Pirassununga, experiência em gestão de pessoas, processos gerenciais, e sete anos como empresário no ramo de Topografia
E-mail: jeferson@scopusengenharia.com.br

Luiz Carlos Lawandovski

Engenheiro agrimensor formado pela Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga, é Engenheiro Civil pela Unifaj, Pós- graduado em georreferenciamento de imóveis rurais pela Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga, Pós-graduado em Perícia em Meio Ambiente pela Universidade Salesiana de Lorena. Há 30 anos desenvolvendo atividades ligadas à construção civil, infraestrutura, saneamento básico, implantação de loteamentos e indústrias, Usinas Hidroelétricas, Pontes, Rodovias; e diversas atividades ligadas à topografia.
E-mail: luizlw@hotmail.com



Ivair Sebastião Rodrigues (In Memoriam)

Era um ser humano fantástico, amigo, companheiro, estudioso, dedicado, amado e querido por todos que tiveram o prazer de conhecê-lo. Deixará muitas saudades, e esta é uma forma de homenageá-lo, pois foi muito grande e ativa sua participação na elaboração deste artigo. Ele era Engenheiro Agrimensor, graduado pela Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga – FEAP, era Engenheiro Civil graduado pela Unifaj, pós-graduado em Engenharia de Saúde e Segurança do Trabalho pela Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga – FEAP, Especializado Em Georreferenciamento de Imóveis Rurais pela Faculdade de Engenharia de Agrimensura de Pirassununga – FEAP, Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia Ambiental pela Universidade Cândido Mendes, Pós Graduado em Direito Imobiliário pela Universidade Anchieta, Técnico em edificações e técnico em Agrimensura pela Escola Técnica Estadual Vasco Antonio Venchiarutti, Técnico em agricultura e Pecuária pela Escola Técnica Estadual "Benedito Storani" e Técnico em transações imobiliárias pelo Instituto Monitor. Atuou 25 anos na área de construção civil, agrimensura e regularização fundiária. Realizando projetos rurais e urbanos no mercados publico e privado

E-mail: ivairsrodrigues@gmail.com

RESUMO

Realizar trabalhos com rapidez, economia de materiais e insumos (inputs e output), cada vez mais vem desafiando o setor da construção civil. Neste contexto vem tornando-se realidade as construções, que utilizam aço galvanizado para dar sustentação ao seu arcabouço estrutural, denominados de Light Steel Framing (LSF) tendo esta denominação sido conhecida de maneira global e no Brasil é conhecido como Estruturas de Aço Leve. Este sistema não utiliza materiais convencionais de alvenarias (blocos cerâmicos, vidro ou concreto, pedras, tijolos e outros), utilizando o concreto somente na sua parte inicial, na etapa de implantação da fundação, sendo a parte área da construção toda em aço galvanizado, salvo algumas exceções de clientes que desejam combinações de sistemas construtivos. Após a 2º guerra mundial evidenciou-se o aumento de materiais pré-fabricados, como o aço galvanizado, houve então uma aceleração no desenvolvimento das indústrias ligadas a construção civil, estimulando novos tipos de construção como o steel frame, que a cada ano vem se tornado um sistema construtivo mais ligado a modernidade para cliente de todo os países.

Palavras-chave: rapidez na construção, Steel Frame, construção, aço, modernidade.

RESUMEN

Realizar obras con velocidad, economía de materiales e insumos (entradas y salidas), cada vez más está desafiando a la industria de la construcción. En este contexto se está convirtiendo en realidad las construcciones que utilizan acero galvanizado para apoyar su marco estructural, llamado Light Steel Framing (LSF) teniendo este nombre se conoce a nivel mundial y en Brasil se conoce como estructuras de acero ligero. Este sistema no utiliza materiales convencionales de albañilería (bloques de cerámica, vidrio u hormigón, piedras, ladrillos y otros), utilizando el hormigón sólo en su parte inicial, en la etapa de ejecución de la fundación, y el área de construcción es todo en acero galvanizado, con algunas excepciones para los clientes que desean combinaciones de sistemas de construcción. Después de la Segunda Guerra Mundial se hizo evidente el aumento de los materiales prefabricados, como el acero galvanizado, por lo que hubo una aceleración en el desarrollo de las industrias relacionadas con la construcción, estimulando nuevos tipos de construcción, como el steel frame, que cada año se está convirtiendo en un sistema constructivo más conectado con la modernidad para los clientes de todos los países.

Palabras clave: velocidad en la construcción, steel frame, construcción, acero, modernidad.



1 INTRODUÇÃO

Sistemas construtivos que gerem economia, eficiência e lucratividade tornam-se desafios para a indústria da construção civil. Com o objetivo de apresentar opções para o mercado, cada vez mais entra no radar dos empresários da construção civil e das pessoas que pretendem construir a metodologia da construção seca, como o wood frame e o steel frame, que englobam todas as vantagens necessárias para dinamizar a rapidez do processo de construção e evitar desperdícios de materiais. Demonstrando-se superior em relação aos imóveis construídos em alvenaria tradicional, em todas as etapas do processo construtivo. Cronologicamente o ferro fundido foi o precursor, em relação aos materiais a serem produzidos pelas indústrias siderúrgicas por volta de 1780 a 1820. Tendo sido utilizados em pontes com arcos ou treliçadas e de estruturas metálicas e madeiras, utilizando-se técnica de ferro fundido comprimido. (LESSA, 2005)

Para entender o light steel framing é necessário retroagir na história dos Estados Unidos da América precisamente no século XIX, pois foi nessa época que a população norte americana teve a sua densidade populacional aumentada em 10 vezes. Portanto foi necessário buscar por novas técnicas de construção e materiais que estavam à disposição na época, visando otimizar o processo construtivo para moradia dos habitantes. O material mais abundante da época era a madeira, sendo facilmente encontrada pelos habitantes locais. Sendo então criado o sistema precursor do steel frame, o Wood frame. Este é um sistema construtivo composto de estrutura de madeira maciça com perfis leves, atualmente utilizadas como chapas estruturais da madeira transformada, tipo OSB (Oriented Strand Board), como contraventamento. (SILVA 2010).

Usadas como material para estabelecer as estruturas da construção como vigas e colunas, na construção de telhados, portas e janelas. Sua utilização foi tão bem sucedida que são utilizadas até os dias atuais. Quando teve fim a “segunda Guerra Mundial” no século XX, existia uma grande disponibilidade de aço para que as indústrias metalúrgicas a tivessem matéria prima, já que durante o período da guerra adquiriram uma vasta experiência no manuseio do metal. Foi largamente utilizado a princípio nas construções multifamiliares, conhecidas como edifícios, prédios ou arranha céus, que tinham suas estruturas em ferro. Com a fabricação do aço leve a frio obteve-se um novo nicho no mercado da construção civil, passando a ser utilizado como divisórias nas construções multifamiliares e unifamiliares, acreditando-se que em um futuro próximo iria substituir as antigas estruturas de madeira em construções para moradias dos habitantes

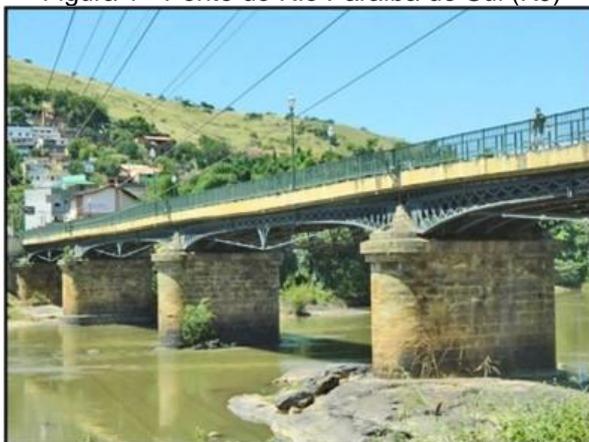
locais. Nos anos de 1980 nos Estados Unidos da América foi proibido a exploração da extração de madeira (corte de árvores) de matas nativas antigas, o que culminou na produção de materiais para a construção de baixa qualidade, ocasionando altas acentuadas nos preços das matérias primas utilizadas nas construções, chegando ao patamar de 80% em curto espaço de tempo (4 meses) no ano de 1991. Devido ao que ocorreu, principalmente neste ano, levou os construtores a migrar para uma nova tecnologia e novos materiais construtivos. Passando a utilizar nas novas construções o aço como substituto da madeira que estava em pleno declínio. (BEVILAQUA, 2005)

Na Europa especificamente em Portugal o sistema Steel Frame teve um aumento por parte do público consumidor. Conscientizados da baixa qualidade empregada nas construções em alvenaria e também da continua busca de novos sistemas construtivos, optaram pelo método Steel Frame que teve seu começo no ano de 1995. Teve seu início um pouco hesitante, mas nos dias atuais esse sistema tem conquistado cada vez mais interessados. Apagando o mau desempenho dos antecessores e acreditando que esse sistema seria uma solução viável. Hoje em dia com mais construções existentes e conseqüentemente maior divulgação, passou a ser mais conhecida pelo público consumidor que passou a escolher construtores e técnicos mais preparados, ocasionando uma simbiose entre indústria e consumidores. (GESSI HASS & MARTINS, 2011)

No Brasil o ramo da construção civil encontra-se em uma curva ascendente, ocasionando um aumento na concorrência entre as construtoras e/ou incorporadoras que disputam o mercado da construção civil, levando os atores desse nicho a buscarem por recursos e materiais que possam ser melhores aproveitados, traçando novas e melhores maneiras de gerenciar e planejar suas empresas. Levando-se em consideração que na sua maioria o mercado de construções ainda é representado por pequenas construções e além disso construídas artesanalmente, levando a desperdício de materiais, tempo alongado e alto custo, faz-se necessário a busca por novas tecnologias de construção. Levando-se em conta essas características de mercado, o sistema Light Steel Frame (LSF) tem sido visto como uma das soluções mais viáveis pelo mercado da construção civil. Tem uma produção construtiva baseada em estruturas formadas por perfis de aço galvanizado moldados a frio, utilizados para a fabricação de painéis estruturais (estruturais e não estruturais). Apesar disso esse sistema está longe do ideal e será preciso aprofundamento nos estudos visando torná-lo economicamente

atraente para o mercado e em conformidade com a realidade dos consumidores brasileiros, colocando à disposição toda a infraestrutura e logística que envolve esse sistema como por exemplo técnicos e mão de obra especializados à disposição e oferecer projetos construtivos adequados, além de informações sobre o sistema aos clientes interessados. (GOMES, VIVAN, SICHIER, & PALIARI, 2013). Tem-se no Brasil como exemplo dessa técnica construtiva a ponte construída para a travessia dos 30 metros entre calha do rio Paraíba do Sul/RJ (Imagem 01), que teve sua inauguração em 1857, Para realizar esse feito foram utilizados na construção arcos atirantados, sendo os arcos em ferro fundido e os tirantes em aço de baixo carbono (ferro forjado). (CARON, 2009)

Figura 1 - Ponte do Rio Paraíba do Sul (RJ)



Fonte: Modificado de Portal Vale do Café (2020, p. 10)

Neste contexto, o tema a ser desenvolvido trata da Estrutura metálica/Steel Frame – construção a seco - Viabilidade do uso do Steel Frame. Que abordará a problemática sobre a viabilidade do steel Frame na construção civil, onde se pretende responder: A construção a seco Steel Frame, viabiliza os processos de construção civil, minimizando os resíduos e contribuindo com o meio ambiente, bem como, torna mais rápido os processos de construção?

Assim, como objetivo geral tem a explicação de como funciona o Steel Frame e sua viabilidade na construção civil. Seus objetivos específicos são:

1. Explanar sobre como funciona o Steel Frame
2. Explicar a viabilidade do Steel Frame na construção civil

3. Decorrer sobre a agilidade do processo de Steel frame e suas vantagens tecnológicas

A metodologia a ser utilizada neste artigo é de pesquisas bibliográficas, artigos e periódicos publicados em cadernos técnicos e congressos específicos, revistas do setor de Engenharia Civil, entre outros que se achar necessário.

2 STEEL FRAME

No Brasil e no mundo há um movimento de transformação nos sistemas construtivos pelas empresas e empreendedores, visando torná-lo mais próximo a realidade das necessidades atuais do mercado imobiliário. O que se tem hoje, sobre o exposto supracitado, está ancorado nas pesquisas Koskela (1992), que prioriza a inovação pela Filosofia da Produção na Construção por meio da Construção Enxuta ou Lean Construction como também é conhecida, que prioriza a produção por métodos que não ocasionem perda através de sistemas de conversões, fluxos e valor. Técnica revolucionária aplicada pela Toyota, através da Lean Production desenvolvidos pelo STP - Sistema Toyota de Produção. (KOSKELA, 1992)

Na produção de aço mundial de 2007 o Brasil ocupou o 9º lugar no mundo (ISSB - Iron and Steel Statistics Bureau, 2008). Neste ano o país consumia internamente 60% do que produzia e ainda era um dos grandes exportadores desse material para o mundo. Tendo como protagonistas os estados de Minas Gerais em primeiro, São Paulo em segundo e em terceiro lugar o Espírito Santo. (IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2008).

Observando os dados estatísticos, foram exportados pelo Brasil por volta de 12,52 milhões de toneladas em 2006 da produção total de 30,9 mi/ton (IBS, 2008). Em termos de consumo o Brasil em julho 2006 consumia de aço 14,5 mi/ton, por volta de 98,4 kg hab/ano, em uma densidade populacional por volta de 186,77 milhões de habitantes. Sendo que nos sistemas construtivos são utilizados no máximo 5 kg/hab/ano. (FREITAS, 2005)

Não ocorrendo mudanças na economia e no setor de construção civil, quase nada mudou de 2004 para a atualidade. Podendo deduzir-se que aproximadamente 5% do consumo desse material (aço) vai para a indústria da construção. Sendo um valor baixo comparando-se com a média internacional que é de 24%, aumentando expressivamente

em 1999, mantendo estável (IBS, 1998, apud MORAES, 2000). Sobre as vantagens e desvantagens das estruturas metálicas, quanto a sua utilização. (Faversani Jr. 2002)

Vantagens sobre a utilização do aço:

1. Propicia alta velocidade e produtividade;
 2. Aceita precisão alta e esforço baixo;
 3. Não necessita de equipamentos de grande porte e tem facilidade no transporte ou na elevação pelo seu baixo peso;
 4. Possui deformação lenta desprezível;
 5. É mais fácil de manusear na construção de edifícios altos;
 6. Podem ser projetados vãos com abertura maiores com mais economia;
- desenvolvimento de projetos mais precisos facilitando os processos construtivos.

Desvantagens sobre a utilização do aço:

1. Precisa de mercado especializado com bom desenvolvimento (pré-moldada, dry-wall, etc.);
2. Limita alternativas arquitetônicas;
3. Possibilita o aumento das distâncias na construção dos pisos dos andares superiores;
4. Apresenta deficiência nas vedações verticais ao se implantar o contraventamento para realizar as ações horizontais.

A respeito das desvantagens salientadas por Faversani Jr. (2002), à medida que vão se desenvolvendo as técnicas e tecnologias desse sistema produtivo, bem como a facilidade de encontrar esse material, serão superadas ao passar dos anos. Os metais e especificamente o aço de forma geral sempre foram materiais considerados nobres que os outros materiais utilizados na construção civil, portanto mais caros. Esses materiais tiveram sua utilização intensificada por volta do século XVIII, observada durante a Revolução Industrial. Levando em consideração Braga (1998), apud MORAES (2000), a maciça utilização do aço se dá com a construção das pontes e das estações de trem, e que eram de relevante importância no século anterior (XVIII, através de teatros à prova de fogo na França e fábricas à prova de fogo na Inglaterra. O aço teve sua maior expansão durante a revolução industrial na Europa e reconhecido como material estrutural. Começou nos Estados Unidos da América, porém, foi em Chicago, onde o aço teve sua utilização em maior quantidade na construção de edificações. Conforme

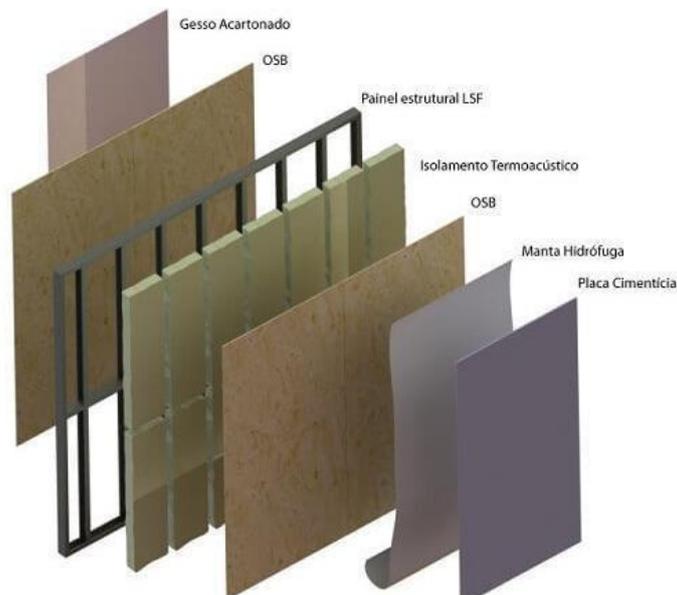
Frampton (1997) Chicago foi afetada totalmente por um incêndio ocorrido 1871. Necessitando que a cidade que era considerada a capital do centro-oeste americano, passasse por uma reconstrução total. Com essa reestruturação da infraestrutura, ocasionou grande pressão sobre o preço de terrenos e imóveis, obrigando os construtores e profissionais a procurar soluções mais eficientes para os processos construtivos visando aumentar a densidade das zonas urbanas. As construções metálicas tornaram se uma solução viável para os construtores, já que era praticamente inviável construir edificações muito altas com as tecnologias da alvenaria convencional e corroboradas pelo surgimento de uma grande invenção da engenharia para transportes verticais, o elevador. Com o desenvolvimento da agricultura foi necessário a construção de ferrovias visando as exportações. Além do aumento do transporte de passageiros desses trens, o que acelerou a utilização do aço em quantidades maiores Braga (1998), apud MORAES (2000), salientavam que a arquitetura dessas estruturas era de origem europeia.

2.1 SISTEMA CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO

O sistema steel frame também conhecido como light steel frame consiste em um processo construtivo utilizando-se de estruturas de perfis de aço galvanizado, tendo seu fechamento preenchido por placas (vide figura 02), podendo ser de diversos materiais com composição cimentícias, de madeira drywall entre outras. Tem isolamento térmico e acústico sendo sua estrutura básica feito pelo lado externo. Sua estrutura é composta basicamente por: fechamento externo, isolantes termo acústicos e fechamento interno. (FRASSON & BITENCOURT, 2017)

O Steel Frame é um sistema construtivo racional constituído de perfis leves de aço galvanizado, que formam paredes estruturais e não estruturais depois de receber os painéis de fechamento. Por ser um processo industrializado de construção, permite executar a obra com grande rapidez, a seco e sem desperdícios. (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008, p.83)

Figura 02: Steel Frame, parede interna e externa.



Fonte: Viva Decora(2019, p. 4)

O sistema steel frame caracteriza-se pela limpeza durante as obras no interior dos canteiros, criados nos locais de construção. Não necessita de água, pois o seu processo construtivo é de construção seca, sendo por este motivo conhecido pelos que atuam nesse mercado (figura 03). (FRASSON & BITENCOURT, 2017).

Figura 03: Residência no campo.



Fonte: Viva Decora (2019, p. 5)

Uma das muitas características do Light steel framing é referente a precisão deste sistema, havendo uma exatidão entre a quantidade de material estimada no projeto e a sua implantação na obra, levando a obtenção de quase zerar as sobras da construção.

Devido ao fato dos materiais serem fabricados com os dimensionamentos sob medida conforme projeto, evitando desperdício, cortes nos materiais, leva a redução dos custos dessa obra, tornando-a mais rápida e limpa. Quando o projeto contempla vários pavimentos, a separação entre eles será de lajes leves constituídas de aço galvanizado revestida por placas cimentícias, madeiras, forros leves (drywall, pvc, etc) e lajes pré-moldadas de concreto. (Pereira, 2019)

O sistema construtivo a seco conhecido internacionalmente como Light steel framing, e no Brasil são conhecidos como estruturas construídas por aço leve, sistema construtivo LSF ou construção de edificações por aço galvanizado. Esse sistema é definido, quanto ao seu processo produtivo, como construções de aço galvanizado como o principal componente estrutural. São construções que não utilizam processos construtivos de alvenaria (tijolos, blocos, cimentos e etc.), utilizando concreto somente na fase de fundações.

O termo steel significa o tipo de matéria prima utilizada nesse sistema construtivo (Figura 04). Como o aço utilizado é leve, foi acrescentado a palavra light, que em português significa leve, por terem essas estruturas produzidas em chapas de aço peso baixo e espessura laminar. (SOUSA & TEIXEIRA, 2013)

Figura 04: Exemplo de construção em Steel Frame.



Fonte: (PEDREIRÃO, 2019, p. 2)

Neste sistema construtivo não há necessidade de utilização de equipamentos e máquinas pesadas. Além disso tem grande flexibilidade permitido acabamentos dentro e fora da construção. Outra característica marcante é o baixo peso das edificações, devida a sua estrutura ser leve (Figura 5) e ao fato desse sistema construtivo ser aplicado

em edifícios que não são muito altos. Porém podem ser utilizados em edificações altas, como prédios de apartamento desde que não tenham função estrutural, mas o comum mesmo é ser utilizado em construções de dois a três pavimentos, que são considerados leves. O termo light lembra também a utilização na restauração de construções antigas, pelo fato dessas estruturas de aço galvanizado darem suporte as estruturas pesadas dessas construções que tem pouca resistência aos abalos sísmicos. O termo Framing na língua portuguesa é utilizado para a estrutura formada por esqueleto constituído de vários elementos individuais, mas com ligações entre todos esses elementos fazendo com que funcionem como um conjunto único dando suporte a construção e tudo que existe nele. Essa palavra representa também todos os outros elementos utilizados no processo e que também auxiliam nas interligações como madeira e ferro ou aço galvanizado. Como esse termo Framing é de difícil tradução para o português, muitos tem utilizado o termo caixilharia. Contudo ficou consolidado no setor da construção o nome Light Steel Framing, traduzindo para a língua portuguesa como estruturas de aço leve. (ENGENHARIA, 2020)

Figura 05: Exemplo de construção em Stell Frame.



Fonte: (SANTIAGO, RODRIGUES, & OLIVEIRA, 2010, p. 6)

O aço é um dos materiais mais utilizados assim como o ferro fundido, contudo o aço ainda é o mais utilizado. No material a base de ferro fundido sua composição é compreendida pela junção das ligas de ferro com o carbono, além de elementos adicionados com o objetivo de otimizar as características físicas e mecânicas deste material denominado de elemento de liga, com composição de aço com porcentagem de no mínimo 0,008% e máximo 2,11% de carbono. O carbono torna o aço mais resistente,

contudo faz com que fique mais frágil. Os aços com composição de 2% a 4,3% de carbono são denominados ferros fundidos, que possuem característica quebradiça. Logo, como os elementos das estruturas em aço trabalham a tração e compressão, a melhor escolha certamente é o aço carbono. (GERVASIO, 2000)

2.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS EM AÇO

Elementos Estruturais

Os principais elementos estruturais em aço são:

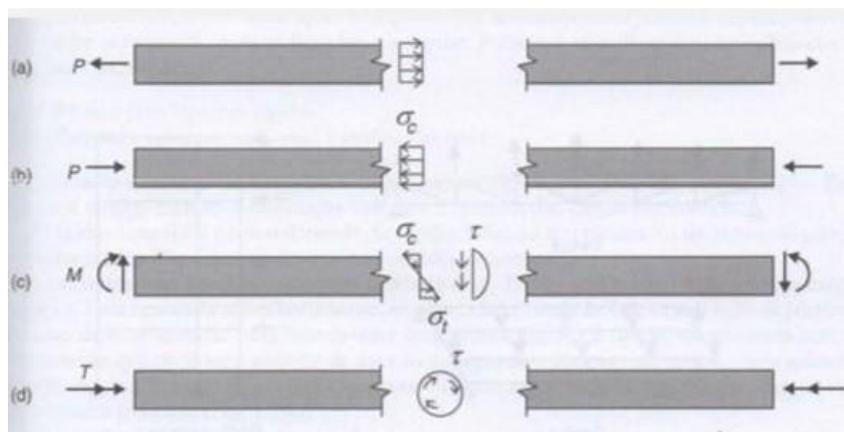
- Elementos lineares alongados, denominadas hastes ou barras;
- Elementos bidimensionais, constituídos por placas ou chapas.

Hastes

Dimensão transversal pequena em relação ao seu comprimento; em função da ação predominante, podem ser classificadas em:

- Tirantes (tração);
- Colunas ou Escoras (compressão);
- Vigas (cargas transversais);
- Eixos (torção).

Figura 06: Tipos de hastes, em função da solicitação predominante: (a) tirante; (b) coluna; (c) viga; (d) eixo da torção.

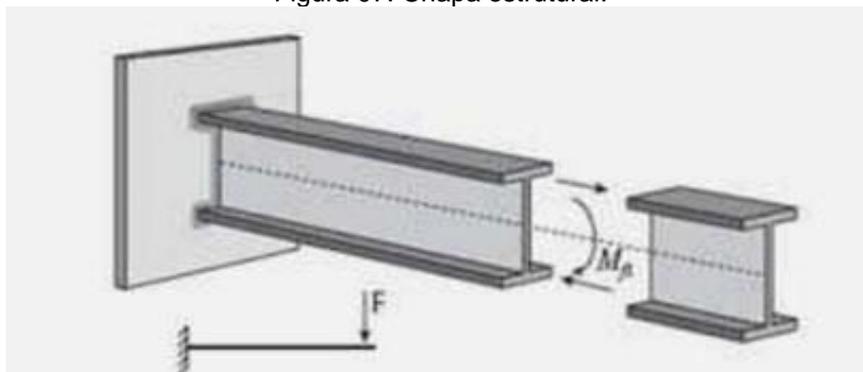


Fonte: Rodrigues, 2006

Chapas

Elementos de espessura pequena em relação a largura e ao comprimento, são utilizadas isoladamente ou como elementos constituintes de sistemas planos ou espaciais.

Figura 07: Chapa estrutural.

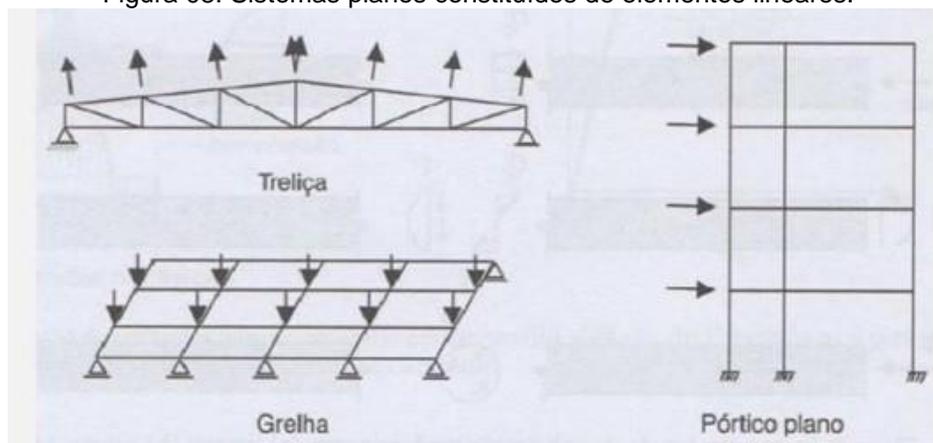


Fonte: Rodrigues, 2006

2.3 SISTEMAS PLANOS DE ELEMENTOS LINEARES

A formação dos sistemas de elementos lineares é compreendida pela combinação dos tirantes, coluna e as vigas, tendo como resultado a formação de estruturas das construções.

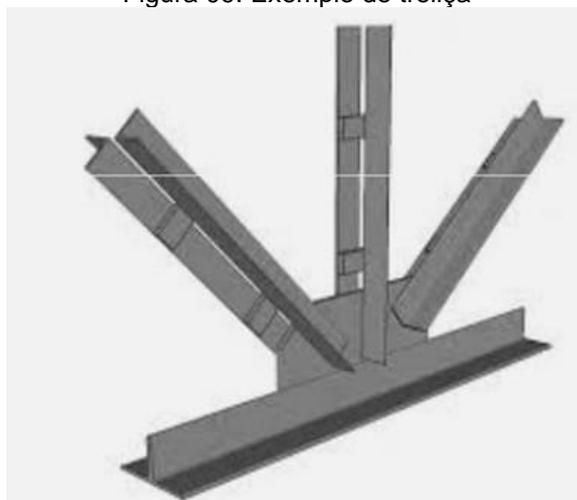
Figura 08: Sistemas planos constituídos de elementos lineares.



Fonte: Rodrigues, 2006

As treliças possuem modelo teórico de cálculo com suas hastes (tração e compressão) com nós rotulados, porém, praticamente, sabemos que elas possuem nós rígidos e que pela esbeltes de suas hastes, os momentos gerados são de pequena ordem.

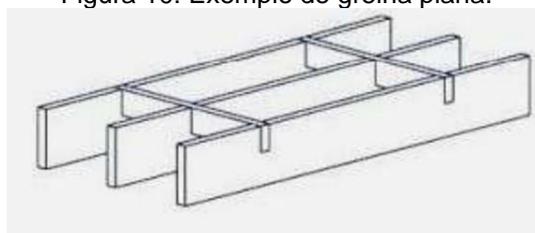
Figura 09: Exemplo de treliça



Fonte: Rodrigues, 2006

A grelha plana é formada por dois conjuntos de vigas, que suportam as cargas verticais atuantes.

Figura 10: Exemplo de grelha plana.



Fonte: Rodrigues, 2006

Os pórticos são formados por hastes (colunas e vigas) associados e com ligações rígidas entre si.

Figura 11: Exemplo de pórtico



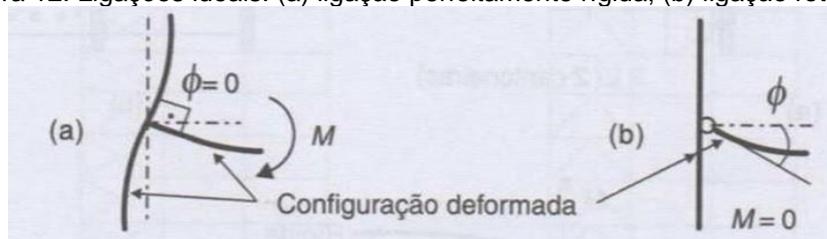
Fonte: Rodrigues, 2006

2.4 COMPORTAMENTOS DAS LIGAÇÕES

As estruturas têm o seu funcionamento através de peças que são pré-fabricadas e interligadas, como ocorre no sistema construtivo steel frame. As estruturas são isoladas, mas interligadas entre si.

A figura abaixo mostra os dois tipos ideais de comportamento das ligações: rígida e rotulada.

Figura 12: Ligações ideais: (a) ligação perfeitamente rígida; (b) ligação rotulada.



Fonte: Rodrigues, 2006

3 TIPOS DE ESTRUTURAS E APLICABILIDADES

3.1 ESTRUTURAS APORTICADAS

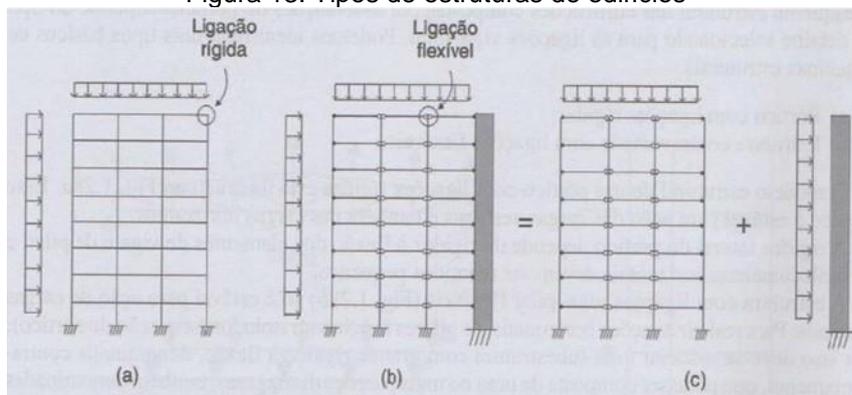
Usadas nas construções, toda a parte estrutural das construções estão associadas aos pórticos e dependendo do detalhamento das combinações viga-pilar. Há dois tipos de esquema estrutural identificados nesta situação:

1. Pórtico com ligações rígidas;
2. Estrutura contraventada com ligações flexíveis.

3.2 TIPOS DE ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS:

- a) Pórtico ligado rigidamente entre as vigas e pilares;
- b) Estruturas com ligações viga-pilar flexíveis, e que deve associar-se a uma subestrutura de contraventamento fornecendo rigidez para os lados e resistências para as ações horizontais;
- c) Decomposição dos sistemas componentes da estrutura da figura, acima, B consorciada com a subestrutura de contraventamento como as parede-diafragma.

Figura 13: Tipos de estruturas de edifícios



Fonte: Rodrigues, 2006

A estrutura com ligações rígidas e estáveis para as cargas verticais e também para as cargas horizontais.

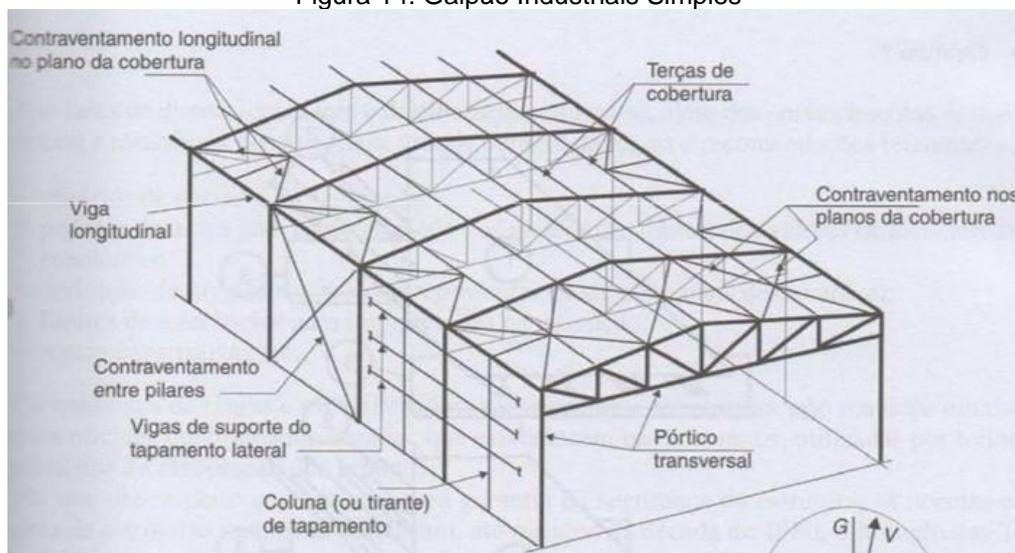
A estrutura com ligações flexíveis somente e estável para ações de carga vertical. Para resistir as ações horizontais, como os pilares operam estruturalmente isolados, deve-se associar a estrutura uma subestrutura, com grande rigidez a flexão, denominada contraventamento.

3.3 GALPÕES INDUSTRIAIS SIMPLES

São formados pela associação de elementos lineares e sistemas planos.

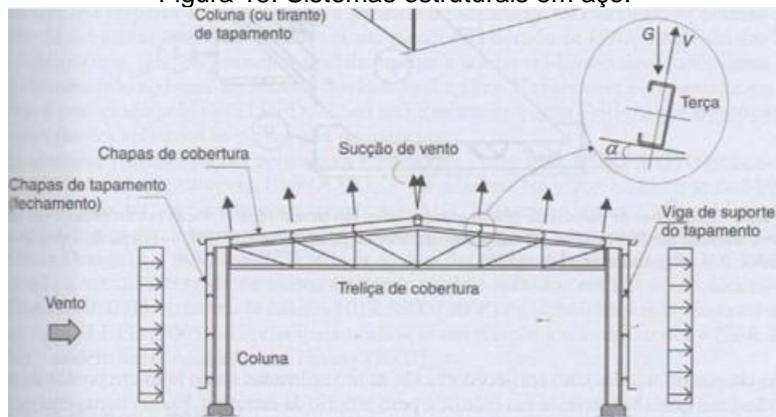
Terças: Vigas longitudinais dispostas no plano da cobertura, são destinadas a transmitir para a estrutura principal as cargas atuantes, como telhas e ação do vento.

Figura 14: Galpão Industriais Simples



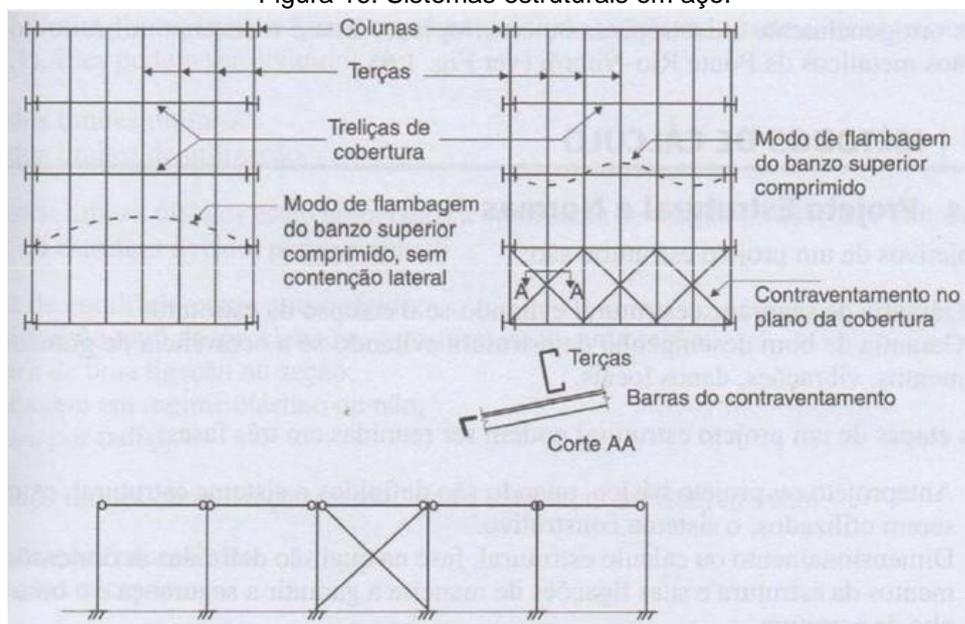
Fonte: Rodrigues, 2006

Figura 15: Sistemas estruturais em aço.



Fonte: Rodrigues, 2006

Figura 16: Sistemas estruturais em aço.



Fonte: Rodrigues, 2006

4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

4.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O aço é produzido, basicamente, a partir de minério de ferro, carvão e cal. A fabricação do aço pode ser dividida em quatro etapas: 1. preparação da carga, 2. redução, 3. refino e 4. laminação.

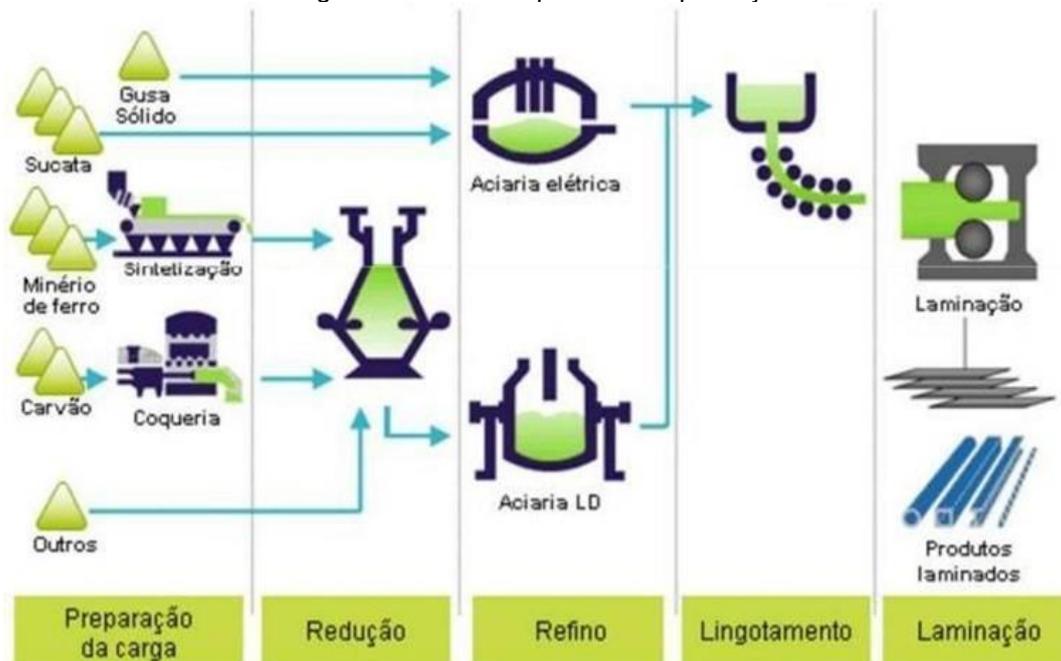
1) Preparação da carga: grande parte do minério de ferro (finos) é aglomerada utilizando-se cal e finos de coque. O produto resultante é chamado de sinter. O carvão é processado na coqueria e transforma-se em coque.

2) Redução: essas matérias-primas, agora preparadas, são carregadas no alto forno. Oxigênio aquecido a uma temperatura de 1000°C é soprado pela parte de baixo do alto forno. O carvão, em contato com o oxigênio, produz calor que funde a carga metálica e dá início ao processo de redução do minério de ferro em um metal líquido: o ferro-gusa. O gusa é uma liga de ferro e carbono com um teor de carbono muito elevado.

3) Refino: Aciarias a oxigênio ou elétricas são utilizadas para transformar o gusa líquido ou sólido e a sucata de ferro e aço em aço líquido. Nessa etapa parte do carbono contido no gusa é removido juntamente com impurezas. A maior parte do aço líquido é solidificada em equipamentos de lingotamento contínuo para produzir semiacabados, lingotes e blocos.

4) Laminação: Laminação: Os semiacabados, lingotes e blocos são processados por equipamentos chamados laminadores e transformados em uma grande variedade de produtos siderúrgicos, cuja nomenclatura depende de sua forma e/ou composição química.

Figura 17: Fluxo simplificado de produção



Fonte: Rodrigues, 2006

5 PROCESSO CONSTRUTIVO

5.1 PROCESSO CONSTRUTIVO STEEL FRAME

O processo construtivo Modular em LSF, principal tema desse artigo, é compreendida pela subdivisão das construções metálicas, com a utilização de perfis de aço leves conformados a frio apresentando ainda ser pouco conhecida pelas pessoas que necessitam do mercado da construção civil. Consultando Freitas e Castro (2006), no processo construtivo em aço existem dois grupos de elementos estruturais (perfis laminado, soldados, eletro fundidos formados a quente e outra por perfis formados a frio originados a partir do dobramento de chapas ou bobinas em prensas dobradeiras ou por perfilagem em conjunto de matrizes rotativas). Perfis formados a frio demonstram algumas vantagens, quando comparados aos outros.

Pela versatilidade, peso menor, fácil manuseio e na execução de elementos estruturais compostos por painéis portantes (mostrados na figura 18), amplamente disponíveis no mercado. A resistência dos perfis formados a frio está ligada a sua geometria e o processo que lhe dá a conformação final. As propriedades mecânicas das chapas, quando perfiladas, apresentam suas propriedades mecânicas modificadas, elevando a resistência ao escoamento e redução da ductibilidade, fazendo com que estes efeitos concentrem-se nas regiões adjacentes aos cantos dobrados com distribuição ao longo da seção transversal do perfil.

Figura 18: Formas de produção do aço.



Fonte: Rodrigues, 2006

Perfis de aço leves pertencem ao grupo dos perfis formados a frio e possuem baixo peso próprio e espessura delgada. São perfis de aço zincado com alta resistência (ZAR), de espessura nominal entre 0,80 mm e 3,00 mm para os perfis estruturais enquanto os não estruturais tem menor espessura e revestidos com zinco ou alumínio-zinco aplicando o processo de submersão a quente ou ainda pode ser por eletrodeposição



com o objetivo de evitar a corrosão atmosférica. O Light Steel Framing e o sistema construtivo com maior incidência de utilização dos perfis de aço leve. Sendo sistema construtivo que gera edificações de forma racional através da criação de um esqueleto estrutural de perfis de aço, todos com ligações entre si, por painéis estruturais e não estruturais. São três métodos principais de montagem: Método Stick, onde o processo construtivo é feito no local; Método Painéis, onde é realizado o processo construtivo fora e transportado até a obra; Método Modular, baseado em unidades tridimensionais pré-fabricadas com a montagem onde são fabricados, deixando para o local da obra só o que não é possível fazer em suas dependências. O processo construtivo Steel Frame se confunde com o desenvolvimento industrial da construção civil, e com o crescimento dos materiais pré-fabricados com a 2ª Guerra Mundial. O método construtivo por painel autoportantes de aço começou com a utilização das construções pelo método wood frame. Processo construtivo que tem como sua principal matéria prima a madeira. Esse sistema produtivo Wood Frame teve início no século XIX. O processo construtivo Steel frame só começou a ser viável após o desenvolvimento industrial, devido a sua matéria prima ser o aço, o Wood Frame utiliza como material construtivo a madeira, que sempre foi abundante para fazer as construções. A obtenção do aço como matéria prima levou um longo tempo desde o início do Wood Frame. A primeira construção realizada no Steel frame com a estrutura metálica foi a ponte sobre o rio Severn de ferro fundido em 1779, daí para frente o ferro foi largamente utilizado, com diminuição no tempo de montagem das construções e com a consequente diminuição do uso da madeira em diversas obras. Foi James Borgadus (1800-1874), foi responsável pela primeira construção usando materiais pré-fabricados como vigas, pilares e painéis de vedação em ferro fundido, com bastante semelhança ao que é usado hoje. (RODRIGUES, 2006)

Com baixa resistência da fundição à tração e ao fogo, o ferro fundido deu espaço para o aço laminado, com a criação do forno Siemens-Martin 1864 que tinha a função específica de produzir aço. Então foi possível avançar nas técnicas de construção em aço, porque permitiam o armazenamento dos materiais que iriam ser utilizados nas construções, dando o pontapé inicial para a industrialização do setor da construção civil, permitindo celeridade no processo construtivo. Mas foi somente na metade do século XX com a chegada do aço galvanizado que o sistema steel frame começou, em escala gradual, a tomar o mercado Wood frame, substituindo os painéis autoportantes pelas

placas de aço com espessuras mais finas e resistentes a corrosão. Situação que só se tornou possível pelo avanço técnico das siderúrgicas americanas.

A necessidade de moradias só começou a satisfazer os consumidores a partir da 2ª Guerra Mundial, quando os pré-fabricados começaram ganhar força e notoriedade. Foram criados diversos métodos durante essa época com o objetivo de aumento de produtividade, racionalizar o projeto e minimizar o tempo na construção dessas edificações. Com o mercado globalizado na década de 70 foi realizado esforços para que houvesse um padrão construtivo. Visando essa padronização mundial desse sistema foi adotado o Sistema Internacional de Medidas, onde o módulo fundamental é 600mm e os múltiplos de 3, ocorrendo por preção japonesa na década de 80. O Steel Frame começa a tomar impulso no começo da década de 90 com o aumento dos custos das construções de madeira, ocasionada pelo desastres naturais Andrew em 1992 e em 1994 o terremoto Northridge que castigaram os EUA. Esses desastres naturais mostraram que as construções em Wood Frame tinham pouca resistência e não ofereciam segurança aos habitantes e o que ocasionou 25 mortes pela baixa resistência das construções de madeira, além de causar o maior reembolso pelas seguradoras do Estados Unidos da América devida aos efeitos dos desastres naturais. Por esse motivo a seguradoras passaram a sobretaxar as construções em Wood Frame e sub taxar as de Steel Frame, gerando maiores vantagem e impulsionando o mercado de construções em Steel Frame que de 500 construções em 1992 para 500.000 construções em 2004. Com mais de 100 anos de história ao redor do mundo esse método construtivo fez uma revolução no mercado da construção civil, situação que posiciona o sistema construtivo Steel Frame como principal tecnologia construtiva nas diversas situações pós-catástrofes. (FAU–USP, 2011, p. 1.

Figura 19: Casa em Steel Frame obra de 1933, Chicago EUA (Ativa até hoje)



Fonte: (www.netcasaonline.com.br, 2020)

Seguindo o sucesso das construções no método steel frame no Japão, o Chile que também padecia dos mesmos problemas dos japoneses pelos constantes terremotos, em fevereiro de 2010 realizou com base no método construtivo steel frame uma reconstrução de suas habitações de forma rápida, eficiente e organizada. Após esses fatos houve também no Chile uma aceitação desse sistema construtivo, que em 2015 já contava com cerca de 60% das construções no método construtivo steel frame. Já nos Estados Unidos da América o número de construções era de 40%, enquanto que o Canadá e Austrália estavam utilizando esse sistema construtivo em ampla escala. (LUMINAÇÃO, 2019, p. 3)

5.2 SURGIMENTO DA TÉCNICA CONSTRUTIVA STEEL FRAME NO BRASIL

A construtora paulista Sequencial em 1998, foi a primeira a construir em na metodologia Steel Frame no Brasil. Foi construído um condomínio de alto padrão, utilizando-se de materiais quase todos importados e em 100 dias a obra já estava finalizada. Nos dias atuais a situação é bem diferente com um bom desenvolvimento, quanto à procura dos consumidores pelo sistema, quanto no atendimento dessa demanda pelos fornecedores. Atualmente todos os materiais necessários para a construção é encontrado no Brasil com todas as garantias necessária de qualidade e criando até concorrências entre as empresas do setor. Não há um dado estático ou pesquisa que possam demonstrar qual é o nível de desenvolvimento do Steel Frame no Brasil, porém o Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS), responsável pelo acompanhamento do mercado do aço no Brasil, informa que o mercado de aço galvanizado para a construção civil teve um aumento de 91% entre os anos 2000 a 2008. O sistema construtivo Steel Frame ainda não se encontra consolidado e com aceitação no mercado da construção civil brasileira, mas é notoriamente visível o empenho e vontade demonstradas pelos grandes empresários do setor que enxergam neste sistema um grande futuro e atuam para que essa técnica construtiva seja conhecida e utilizada em todo país. Uma demonstração que esses empresários, supracitados, estão com a visão empresarial correta, é a indústria neozelandesa Framcad que atua no mercado a mais de 29 anos, com um faturamento anual que gira em torno de 75 milhões de dólares e gradativamente está entrando no Brasil, considerando-o um mercado em potencial.

No Brasil temos como exemplo a Votorantim que tem se desenvolvido em todas as regiões brasileiras e que também tem sua atuação em muitos países. Tem incentivado

o crescimento do sistema Steel Frame dando apoio e treinamento aos técnicos que atuam neste mercado. Como exemplo norte americana temos a empresa LP Building Products que chegou em 2008 no Brasil (LP Brasil) e depois de 7 anos está atuando no mercado brasileiro em mais de 800 cidades.

A Argentina através da empresa A A.D Barbieri chegou ao Brasil em 2011 e só tem expandido seus negócios no Brasil. Oferecendo ao mercado da construção civil brasileiro um aço galvanizado com alta qualidade e bom preço. Sendo competitivo e ofertando aos consumidores brasileiros uma escolha melhor quanto aos preços e qualidade do produto. O sistema construtivo Steel Frame no Brasil abrange principalmente as residências multifamiliares e familiares como também para outros tipos de uso como em Canteiros de obras (alojamento e galpões de materiais), construções para prefeituras e mercado privado (creches, escolas), no mercado de comércio (shopping e lojas comerciais). Apesar da diversidade desse processo construtivo apenas 3% das construções investem neste sistema. (FAU–USP, 2011,p. 2)

5.3 CONTINUIDADE DO SISTEMA NO BRASIL

Contar com apenas 3% de consumidores utilizando o sistema construtivo Steel Frame é insuficiente em observância com grandeza do mercado da construção civil. Situação que inibe a intenção do Brasil em ser o maior mercado desse sistema construtivo da América Latina. Logicamente temos que considerar a grande intenção do território brasileiro, mas por outro lado podemos vislumbrar o potencial que a tecnologia Steel Frame tem para percorrer, significando que os profissionais devem estar atentos as inovações e novas técnicas, para que possa atender as crescentes demandas dos clientes.

Atualmente no Brasil existe um grande déficit de moradias uni familiares e multi familiares, situação agravada pela carência de mão de obra especializada para as construções em alvenaria e que em sua grande maioria encontra-se ultrapassada.

No mercado da construção civil existem algumas técnicas construtivas industrializadas, que podem dar mais rapidez e dinamismo as obras, porem alguns desses métodos não são regulamentados por normas, o que inviabiliza a sua utilização de forma racional pelo mercado da construção civil.

Utilizou-se como marco inicial para definir o processo construtivo industrializado de forma analítica e com aprofundamento orientando-se pela diretrizes SINAT, do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

A função do SINAT, como citado acima, é de avaliação dos processos construtivos que não tem norma regulamentadora. Atua utilizando-se de Instituições Técnicas Avaliadoras (ITA) terceirizadas e quando os produtos são considerados inovadores passam por uma análise geral e se estiverem de acordo com as análises das diretrizes já desenvolvidas pelo SINAT são aprovados. Gerando um documento chamado de Avaliação Técnica (DATec).

Foram identificados em caráter inicial alguns sistemas construtivos inovadores, com o objetivo de montar um cenário de como está a construção civil industrializada em relação ao mercado brasileiro. Foram consideradas para realizar este trabalho as seguintes informações: um percentual de método de construção deveria ser industrializado;

1. O sistema deveria ser considerado inovador; Rapidez no canteiro de obras;
2. Diminuição da diversidade dos materiais empregados em obra; Baixa geração de resíduos no canteiro;
3. Fornecedores e montadores disponíveis no país.

Logo após o SINAT definir as diretrizes e as disponibilizar, divulgaram as informações a seguir:

1. Light Steel Framing: método de construção com estruturas de aço galvanizado com perfis metálicos e fechado com placas de fina espessura, sistema que está em franco desenvolvimento no Brasil.
2. Concreto-PVC: Método construtivo que é compreendido por paredes em concreto com fechamento por formas de PVC acoplados entre si.
3. Esse método é pouquíssimo utilizado no Brasil.

Os problemas com as moradias no Brasil existem desde o século XIX. Nos dias atuais este problema está mais avançado ainda, necessitando de soluções urgentes para não se tornar um caos. Com a primariedade do processo construtivo brasileiro se torna primordial a industrialização de todas as etapas do processo construtivo, visando a facilitação das necessidades habitacionais em todo o Brasil. O sistema construtivo Steel Frame vem de encontro a essas necessidades supracitadas, trazendo para o mercado da

construção civil produtos e serviços industrializados ou pré-fabricados, mostrando-se como alternativas viáveis para o mercado construtivo brasileiro, através da diminuição do tempo gasto nas obras, economias de materiais, valorização de projetos, fomentação das indústrias voltadas para a construção civil, entre outros. O sistema construtivo Steel Frame veio como uma das alternativas construtivas para mitigar o difícil de moradias no território brasileiro, mas para resolver totalmente ou em patamar aceitável, será necessário redobrar os esforços da sociedade Brasileira. Significando que existe um vasto mercado para a tecnologia Steel Frame.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o embasamento teórico obtido na realização desse artigo possibilitou-se uma ampla visão das técnicas utilizadas no sistema construtivo Light Steel Framing e compreender os aspectos intrínsecos e peculiares que o envolvem. Como por exemplo, as suas vantagens e desvantagens em relação aos outros sistemas construtivos convencionais, que utilizam como componentes o concreto armado consorciado com a alvenaria de tijolo, blocos cerâmicos e de concreto.

Também foi observado, que o sistema construtivo Light Steel Framing, possui uma enormidade de vantagens tecnológicas para a construção de residência uni familiares e multifamiliares, como também para outros tipos de construções, como edificações comerciais e industriais. Tendo como principal diferencial, em relação às vantagens, os componentes serem industrializados, proporcionando construções com estruturas mais leves, rapidez dos processos construtivos, componentes fáceis de manusear e com qualidade caso necessite de reparos.

Neste sentido, mesmo com todas essas vantagens que caracterizam o sistema construtivo Light Steel Framing, não é possível encontrá-lo em diversas regiões do território brasileiro, obrigando os interessados neste sistema a procurar por profissionais especializados e seus produtos e serviços em regiões onde este sistema está mais desenvolvido. Entretanto com a expansão das indústrias que atuam na construção civil e a popularização das vantagens desse sistema em relação aos sistemas convencionais, aliado aos planos de incentivos governamentais, poderão modificar essa realidade atual com redução de custos, criando paradigmas e quebrando barreiras culturais, transformando o sistema construtivo Light Steel Framing em uma realidade para todos que pretendem construir residência, comércios ou indústrias.



Portanto, conclui-se que, a estrutura metálica Steel Frame – construção a seco, é muito viável, e possibilita a aplicação de uma técnica mais rápida, limpa e eficiente, seja no processo de construção, seja na contribuição ambiental, por se tratar de um processo bem mais limpo e eficaz. Um processo moderno, com muitas vantagens tecnológicas e que revoluciona o mercado da construção civil no Brasil, que ainda, está muito acostumado com a alvenaria tradicional, que acaba saindo bem mais cara e com um processo bem mais demorado, com número maior de resíduos. Desta forma, é evidente a viabilidade que um processo de Steel Frame pode se tornar na área da Construção Civil.

REFERENCIA

- BEVILAQUA, R. Estudo comparativo do desempenho estrutural. Dissertação de Mestrado, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo horizonte. (2005)
- BRAGA, M. A. Abordagem Sistêmica e Avaliação de Sistema Construtivos. Brasil - Florianópolis, SC. 1998. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7º, Florianópolis, 1998. Artigo técnico.
- CAFÉ, P. V.. Sobre o Vale do Café. Acesso em 17 de 05 de 2020, disponível em Portal Vale do Café: https://www.portalvaledocafe.com.br/paraiba_do_sul.asp. (17 de 05 de 2020)
- CARON, J. M.. Aços Estruturais. Artigo Técnico, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Curitiba. (2009)
- ENGENHARIA, C.. O que é o light steel framing? Acesso em 31 de Maio de 2020, disponível em Tudo Sobre Engenharia Civil: <https://engenhariacivil.wordpress.com/2008/05/04/o-que-e-o-light-steel-framing/>. (2020)
- FAU-USP.. PEF 2603 – Estruturas na arquitetura II – Sistemas Reticulados. Acesso em 02 de Junho de 2020, disponível em PRE FABRICADOS STEEL FRAME: <https://prefabricadosteelframe.wordpress.com/2-aspectos-historicos/>. (2011)
- FAVERSANI JR., N. A Construção Metálica no Mercado Brasileiro. São Paulo: In: II CICOM, 2002.
- FRAMPTON, K. História crítica da arquitetura moderna. Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- FRASSON, C. K., & BITENCOURT, M. Análise comparativo dos sistemas construtivos Alvenaria e Light Steel Frame: Um estudo de caso em residência unifamiliar. Monografia de Conclusão de Curso, UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA - UNISUL, Tubarão. (2017)
- GERVASIO, A. P.. Dissolução eletrolítica para a determinação de elementos de liga em aço ferramenta por ICP-AES. Artigo Técnico, Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos. (2000)
- GESSI HASS, D. C., & MARTINS, L. F.. Viabilidade econômica do uso do Sistema Construtivo Steel Frame como métodos construtivo para habitações sociais. Monografia, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL, CURITIBA. (2011)
- GOMES, C. E., VIVAN, A. L., SICHIER, I. E., & PALIARI, J. C.. Light Steel Frame na produção de moradias no Brasil. Matosinhos - Portugal: IX Congresso de Construção Metálica e mista. (2013)
- KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report n.72. Stanford: CIFE, September, 1992.

RODRIGUES, F.C. Steel Framing: Engenharia. Rio de Janeiro: IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia e CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2006. LESSA, G. A.. Drywall em edificações residenciais. Monografia, Universidade Anhembi Morumb, SÃO PAULO. (2005)

LUMINAÇÃO.. Quando o Steel Frame chegou no Brasil? A história e futuro do sistema. Acesso em 03 de Junho de 2020, disponível em <https://luminaco.com.br/>: <https://luminaco.com.br/quando-o-steel-frame-chegou-no-brasil-a-historia-e-futuro-do-sistema/>. (23 de Julho de 2019)

PEDREIRÃO.. Steel Frame: Vantagens e Desvantagens. Aprenda Agora! Acesso em 31 de Maio de 2020, disponível em Pedreira: <http://pedreira.com.br/steel-frame-vantagens-e-desvantagens-passo-a-passo/>(2019)

Pereira, C.. Steel Frame: o que é, características, vantagens e desvantagens. Artigo Técnico, Escola Engenharia, São Paulo. (2019)

PRO, V. D.. Saiba como deixar suas obras mais rápidas com o Steel Frame. Acesso em 30 de Maio de 2020, disponível em Viva Decora: <https://www.vivadecora.com.br/pro/arquitetura/steel-frame/>. (16 de Janeiro de 2019)

SANTIAGO, A. K., RODRIGUES, M. N., & OLIVEIRA, M. S.. Light Steel Framing como alternativa para construção de moradias populares. Artigo Técnico, CONSTRUMETAL, São Paulo. (2010)

SANTOS, P., & AROSO, B. (2019). O Sistema Construtivo em LSF (Lightweight Steel Frame).

Artigo Técnico, UNIVERSIDADE DE COIMBRA, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL,

Coimbra - portugal.

SILVA M.G. ; SILVA, V.G. Painéis de Vedação. Rio de Janeiro: IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia e CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2003. SOUSA, S., TEIXEIRA, J. M.

(2013). Prevenção de riscos profissionais na construção de edifícios com estruturas em aço leve. Artigo Técnico, Universidade do Minho , Braga, Portugal.

www.netcasaonline.com.br. (2020). Entenda um Pouco Como Surgiu o Steel Frame. Acesso em 03 de Junho de 2020, disponível em www.google.com.br: <https://www.netcasaonline.com.br/index.php/steelframe/>

VARGAS, M.R. Resistência ao Fogo das Estruturas de Aço. Rio de Janeiro: IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia e CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2003.