

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FELIPE LIMA BORBA**

**NILO SERGIO DE MESQUITA FILHO**

**ESTUDO COMPARATIVO DE ANÁLISE DE CUSTOS DE  
UMA RESIDÊNCIA UTILIZANDO O SISTEMA DE  
ALVENARIA ESTRUTURAL E O SISTEMA CONSTRUTIVO  
LIGHT STEEL FRAME PARA A REGIÃO DE ANÁPOLIS**

**ANÁPOLIS / GO**

**2018**

**FELIPE LIMA BORBA  
NILO SERGIO DE MESQUITA FILHO**

**ESTUDO COMPARATIVO DE ANÁLISE DE CUSTOS DE  
UMA RESIDÊNCIA UTILIZANDO O SISTEMA DE  
ALVENARIA ESTRUTURAL E O SISTEMA CONSTRUTIVO  
LIGHT STEEL FRAME PARA A REGIÃO DE ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: AURELIO CAETANO FELICIANO**

**ANÁPOLIS / GO: 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

BORBA, FELIPE LIMA/ FILHO, NILO SERGIO DE MESQUITA.

Estudo comparativo de análise de custos de uma residência utilizando o sistema de Alvenaria estrutural e o sistema construtivo Light Steel Frame para a região de Anápolis.

69p, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Alvenaria Estrutural | 2. Alvenaria Estrutural Armada |
| 3. Light Steel Frame    | 4. Sustentabilidade            |
| I. ENC/UNI              | II. Título (Série)             |

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORBA, Felipe Lima; FILHO, Nilo Sergio de Mesquita. Estudo comparativo de uma residência utilizando o sistema de Alvenaria Estrutural e o sistema construtivo Light Steel Frame para a região de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 69p. 2018.

### CESSÃO DE DIREITOS

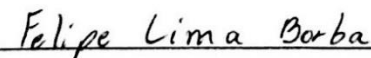
NOME DO AUTOR: Felipe Lima Borba

Nilo Sergio de Mesquita Filho

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo comparativo de análise de custos de uma residência utilizando o sistema de Alvenaria Estrutural e o sistema construtivo Light Steel Frame para a região de Anápolis.

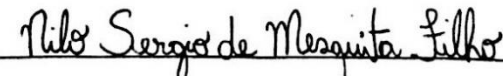
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Felipe Lima Borba

E-mail: felipelimaborba9@gmail.com



Nilo Sergio de Mesquita Filho

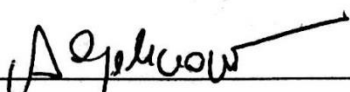
E-mail: nilosmfilho@gmail.com

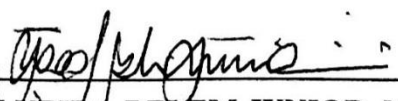
**FELIPE LIMA BORBA**  
**NILO SERGIO DE MESQUITA FILHO**

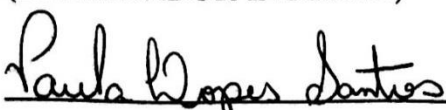
**ESTUDO COMPARATIVO DE ANÁLISE DE CUSTOS DE  
UMA RESIDÊNCIA UTILIZANDO O SISTEMA DE  
ALVENARIA ESTRUTURAL E O SISTEMA CONSTRUTIVO  
LIGHT STEEL FRAME PARA A REGIÃO DE ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**AURELIO CAETANO FELICIANO, Esp. (UniEvangélica)**  
**(ORIENTADOR)**

  
\_\_\_\_\_  
**JOÃO SILVEIRA BELEM JUNIOR, Me. (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

  
\_\_\_\_\_  
**PAULA LOPES SANTOS, Esp. (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADORA INTERNA)**

**DATA: 06 DE JUNHO DE 2018, ANÁPOLIS/GO.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para chegar onde estou hoje, à universidade UniEvangélica por ter proporcionado um excelente ambiente de estudo aos seus alunos e os profissionais qualificados, ao meu orientador Aurélio Caetano pela paciência e orientação que me permitiram concluir este trabalho e aos meus pais pelo amor, pelos ensinamentos e ao apoio às minhas escolhas.

Felipe Lima Borba

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por nunca deixar que os problemas fossem maiores que a minha vontade de prosseguir, aos meus familiares por todo apoio nessa longa caminhada, aos amigos que sempre estiveram juntos com pensamentos positivos e ao meu orientador Aurelio Caetano, que nos mostrou os atalhos para concluir esse trabalho da melhor forma possível.

Nilo Sergio de Mesquita Filho

## RESUMO

O presente estudo refere-se a uma análise comparativa de custos de construção de residência entre o método de Alvenaria Estrutural e sistema construtivo Light Steel Frame, com o intuito de descobrir qual deles é mais viável economicamente para a execução de uma residência em Anápolis. Como objetivos específicos, visa então comparar o método construtivo de Alvenaria Estrutural com o método construtivo Light Steel Frame, apontando as vantagens e as desvantagens de ambos os métodos; demonstrar as características técnicas de ambos os processos construtivos e as suas tecnologias; levantar dados com os custos de insumos, disponibilidade de matéria-prima e mão-de-obra; e comparar a viabilidade econômica para a construção de uma residência comum em Anápolis utilizando o método construtivo de Alvenaria Estrutural e o método construtivo Light Steel Frame. Tem-se como base do estudo o projeto de construção de 51,94 m<sup>2</sup>, sendo referente a uma casa popular de baixo padrão de dois quartos, sala, cozinha e um banheiro. Utilizou-se como base de especificações a tabela do SINAPI a qual apresenta as especificações de custos e a planilha da SINDUSCON – GO, que apresenta tanto os custos de mão-de-obra quanto a planta padrão utilizada, de acordo com os valores especificados pela construção civil do Estado de Goiás. Comparando a técnica construtiva de Alvenaria Estrutural com a de Light Steel Frame notou-se que os custos quanto à locação de obra o de Alvenaria Estrutural apresentou custo maior. Quanto às vantagens da técnica construtiva Light Steel Frame, sendo de custo um pouco mais baixo, refere-se também à baixa geração de resíduos, obra mais rápida e de mais baixa manutenção. Já a Alvenaria Estrutural possui custo relativamente alto, porém o acesso mais fácil aos materiais, principalmente no Brasil, e como buscado para a cidade de Anápolis a torna um método mais interessante a se utilizar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Custos; Técnicas construtivas; Alvenaria; Light Steel Frame.

## **ABSTRACT**

The present study refers to a comparative analysis of residence costs between the structural masonry method and the Light Steel Frame construction system, in order to find out which one is more economically feasible for the execution of a residence in Anapolis. As specific objectives, it aims to compare the constructive method of Structural Masonry with the Light Steel Frame constructional method, pointing out the advantages and disadvantages of both methods; demonstrate the technical characteristics of both construction processes and their technologies; data collection with input costs, availability of raw materials and labor; and to compare the economic viability for the construction of a common residence in Anapolis using the constructive method of Structural Masonry and the constructive method Light Steel Frame. It has as a base of study the construction project of 51.94 m<sup>2</sup>, referring to a low standard popular house with two bedrooms, living room, kitchen and a bathroom. The SINAPI table, which presents the cost specifications and the SINDUSCON-GO worksheet, which presents both the labor costs and the standard plant used, according to the values specified by the construction of the State of Goiás. Comparing the constructive technique of Structural Masonry with that of Light Steel Frame it was noticed that the costs related to the lease of work or of Structural Masonry presented a higher cost. As for the advantages of the Light Steel Frame construction technique, which is a little lower cost, it also refers to the low generation of waste, faster work and lower maintenance. Structural masonry, however, has a relatively high cost, but easier access to materials, especially in Brazil, and as sought after for the city of Anapolis makes it a more interesting method to use.

**KEYWORDS:** Costs; Construction techniques; Masonry; Light Steel Frame.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Método de Alvenaria Estrutural não armada .....	20
Figura 02: Alvenaria estrutural armada .....	21
Figura 03: Desenho dos tipos de blocos .....	23
Figura 04: Grauteamento .....	25
Figura 05: Geometria de paredes com maior resistência.....	26
Figura 06: Pilares de sustentação de edificação alvenaria estrutural.....	27
Figura 07: Vista frontal de verga e contra verga .....	28
Figura 08: Fundações .....	29
Figura 09: Método Stick.....	35
Figura 10: Corte esquemático de uma laje radier .....	36
Figura 11: Corte detalhado de fundação sapata corrida .....	37
Figura 12: Painel em Light Steel Frame.....	38
Figura 13: Esquema de painel não estrutural com abertura. ....	39
Figura 14: Estrutura de piso em Light Steel Frame.....	40
Figura 15: Planta de Estrutura de piso em Light Steel Frame .....	41
Figura 16: Desenho esquemático de laje úmida .....	42
Figura 17: Desenho esquemático de laje seca .....	43
Figura 18: Cobertura inclinada em Light Steel Frame .....	44
Figura 19: Revestimento externo com “Siding” vinílico .....	45
Figura 20: Revestimento de placas de OSB com argamassa sobre tela deployee.....	46
Figura 21: Instalação de lã de vidro em painel.....	47
Figura 22: Planta baixa padrão R1-B adaptada para avaliação dos custos construtivos .....	51
Figura 23: Custos por m <sup>2</sup> residência padrão baixo R1-B.....	52
Figura 24: Custos residência unifamiliar padrão R1-B em Alvenaria Estrutural.....	54
Figura 25: Custos de uma residência unifamiliar padrão R1-B em Light Steel Frame.....	57

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

LSF	Light Steel Frame
NBR	Norma Brasileira
ISO	Organização Internacional de Padronização
OSB	Oriented Strand Board
EPS	Poliestireno Expandido
PVC	Policloreto de Polivinila
PP	Polipropileno
PE	Polietileno
PEX	Polietileno Reticulado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 JUSTIFICATIVA .....	15
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 Objetivo geral .....	16
1.2.2 Objetivos Específicos .....	16
1.3 METODOLOGIA .....	16
<b>2 REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	17
2.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS SUSTENTÁVEIS .....	17
2.2 APLICAÇÕES .....	18
2.3 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL NO CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	18
2.4 ALVENARIA ESTRUTURAL .....	19
2.4.1 Definição .....	21
2.4.2 Alvenaria Estrutural Não Armada .....	21
2.4.3 Alvenaria Estrutural Armada .....	22
2.4.4 Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada .....	23
2.4.5 Alvenaria Estrutural Protendida .....	23
2.4.6 Vantagens e desvantagens .....	23
2.4.7 Componentes .....	24
2.4.7.1 Tijolos e Blocos .....	24
2.4.7.2 Argamassa .....	26
2.4.7.3 Graute .....	26
2.4.7.3 Armaduras .....	27
2.4.8 Elementos .....	27
2.4.8.1 Parede .....	27
2.4.9 Fundações .....	31
2.4.10 Fôrmas .....	32
2.4.11 Armaduras .....	32
2.4.12 Tempo .....	32
2.4.13 Mão de Obra .....	32
2.4.14 Revestimento .....	33

2.4.15 Entulho .....	33
2.5 LIGHT STEEL FRAME .....	33
2.5.1 Definição .....	35
2.5.2 Vantagens e Benefícios .....	35
2.5.3 Estrutura .....	36
2.5.4 Métodos de construção .....	36
2.5.5. Fundação Light Steel Frame .....	37
2.5.6 Laje radier.....	38
2.5.7 Sapata Corrida ou Viga Baldrame .....	38
2.5.8 Painéis.....	39
2.5.8.1 Painéis estruturais .....	39
2.5.8.2 Painéis não estruturais .....	40
2.5.9 Lajes .....	41
2.5.9.1 Tipos de Laje .....	43
2.5.10 Cobertura .....	45
2.5.11 Fechamento Vertical.....	46
2.5.12 Painéis de OSB .....	46
2.5.12 “Siding” vinílico .....	46
2.5.13 Cimentícios .....	47
2.5.14 Argamassa .....	47
2.5.15 Isolamento .....	48
2.5.16 Instalações .....	49
2.2.17 Sustentabilidade e construção de aço .....	49
2.2.17.1 Eficiência material.....	50
2.2.17.2 Reciclabilidade .....	50
2.2.17.3 Flexibilidade .....	50
2.2.17.4 Durabilidade .....	50
2.2.17.5 Manutenção .....	50
2.2.18 Características Sustentáveis do Aço Estrutural .....	51
2.2.19 Comparação entre as duas técnicas .....	52
<b>3 – MATERIAIS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS.....</b>	<b>53</b>

<b>4- ANÁLISE ALVENARIA X <i>LIGHT STEEL FRAMING</i></b> .....	54
4.1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS ALVENARIA ESTRUTURAL .....	55
4.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS LIGHT STEEL FRAME .....	57
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63
<b>ANEXOS</b> .....	67

## 1 INTRODUÇÃO

Devido à demanda por habitação e moradia, junto da necessidade de atividades sustentáveis e da preservação do meio ambiente, a indústria da construção civil vem procurando se desenvolver e empregar tecnologias mais eficientes e conscientes usadas em países desenvolvidos para aumentar a produtividade e diminuir o desperdício.

O Governo Federal, na finalidade de reduzir o déficit habitacional, criou vários programas habitacionais, como o programa Minha Casa Minha Vida, que segundo a Caixa Econômica Federal (2017), tem como meta chegar a 610 mil unidades em 2017. Com esses incentivos houve um crescimento acelerado na quantidade de construção de residências populares, havendo assim a necessidade de buscar novos métodos construtivos mais produtivos e de qualidade.

Em meio à diversidade de métodos construtivos, este trabalho terá como foco o comparativo entre dois sistemas construtivos pouco utilizados no Brasil na construção de pequenas residências, o método de Alvenaria Estrutural, e o sistema autoportante de construção a seco em aço, o Light Steel Frame (LSF), que por vezes não é usado devido a razões culturais e pelo preconceito existente para com os novos sistemas construtivos, com a visão de que são muito mais caros que os métodos construtivos tradicionais, e que, entretanto, apresentam uma série de vantagens.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O emprego da alvenaria como elemento estrutural de suporte em edificações vem sendo largamente ampliado, em especial por possibilitar, vias de regra, uma redução nos custos de produção das unidades habitacionais.

Já o método Light Steel Frame é um método bastante utilizado em países de primeiro mundo e pouco utilizado no Brasil. O motivo de ser pouco utilizado no país se da pela falta de informação, que acarreta no preconceito para com as construções em frame e na falta de mão de obra especializada. Em meio a essas barreiras, aliadas ao grande déficit habitacional e à necessidade de mudança nos métodos construtivos, o estudo da comparação do sistema construtivo de Alvenaria Estrutural com o sistema construtivo Light Steel Frame se faz relevante.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Realizar um comparativo entre o sistema construtivo de Alvenaria Estrutural e o sistema construtivo Light Steel Frame, analisando os pontos pertinentes relacionados a termos técnicos e econômicos na construção de uma residência comum na cidade de Anápolis e concluir qual método é o mais vantajoso.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Comparar o método construtivo de Alvenaria Estrutural com o método construtivo Light Steel Frame, apontando as vantagens e as desvantagens de ambos os métodos;

Demonstrar as características técnicas de ambos os processos construtivos e as suas tecnologias;

Levantar dados com os custos de insumos, disponibilidade de matéria-prima e mão-de-obra especializada na região de Anápolis;

Comparar a viabilidade econômica para a construção de uma residência comum em Anápolis utilizando o método construtivo de Alvenaria Estrutural e o método construtivo Light Steel Frame.

## 1.3 METODOLOGIA

Realização de uma análise comparativa entre o Sistema Light Steel Frame e Alvenaria Estrutural por blocos em termos econômicos, ambientais e de custos, apontando as vantagens e desvantagens de ambos os métodos, assim como a apresentação de dados obtidos através de pesquisas e orçamentos dos dois processos construtivos aplicados em uma residência de padrão baixo, promovendo assim uma conclusão da aplicabilidade dos sistemas construtivos estruturais.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1 SISTEMAS CONSTRUTIVOS SUSTENTÁVEIS

Sustentabilidade inclui preocupações ambientais, econômicas e sociais para alcançar um desenvolvimento duradouro da sociedade. Sustentabilidade na Construção compreende os principais aspectos sanitários e ambientais relacionados com os ciclos de vida de todos os tipos de edifícios. Este ciclo de vida inclui a produção, uso e desconstrução, e as atividades subjacentes e os fluxos materiais e energéticos geram influências inevitáveis no planeta (VACCARI, 2014).

A maioria das questões ambientais e econômicas pode ser afetada pelas escolhas feitas trabalhando dentro dos processos de construção. As preocupações sociais estão aqui principalmente deixadas para os políticos, planejadores e arquitetos. A sustentabilidade é um dos maiores desafios do mundo moderno.

O setor da construção desempenha um papel importante no desenvolvimento sustentável do mundo e nas economias tradicionais. A construção sustentável tem diferentes abordagens e diferentes prioridades em vários países. Alguns deles identificam aspectos econômicos, sociais e culturais como parte de suas construções sustentáveis, mas é levantada como uma questão importante apenas em alguns países (VACCARI, 2014).

A ênfase atualmente junto ao processo de construção civil aponta uma vertente sustentável, ou seja, tem-se procurado métodos construtivos que não causem tantos danos ao meio ambiente, que ocasione o mínimo possível de resíduos e custo acessível. Esses três viés tem sido sempre levantados quanto a preceitos desejáveis da construção civil no Brasil e no mundo. Diante disso, o sistema construtivo Light Steel Frame tem iniciado sua implementação no contexto brasileiro (PASSINI et al., 2014).

Como outras atividades industriais, a construção de aço tem relações diretas com várias questões de sustentabilidade, como energia e resíduos, e outras melhorias devem ser feitas continuamente. Até porque a construção sustentável pode ser considerada um subconjunto do desenvolvimento sustentável e conter uma ampla gama de questões, ou seja: reutilização dos ativos construídos existentes, projeto para o mínimo de desperdício, minimização recursos e uso de energia e reduzindo a poluição (LARUCCIA, 2014).

A sustentabilidade visa utilizar recursos naturais de forma inteligente para suprir as necessidades do consumidor, unindo ações e atividades que, em médio e longo prazo



acarretam em uma preservação ao meio ambiente, evitando exploração desnecessária de água, florestas, acarretando em uma melhora até mesmo no hiperaquecimento do planeta.

O ponto de origem de uma ideia sustentável é a partir dos “3 R” que significa reduzir, reutilizar e reciclar, com a concretização dessas ações podendo acontecer com a redução de energia elétrica, reutilização da água da chuva e até mesmo o descarte de produtos recicláveis e orgânicos, pode-se dizer que está progresso aos meios sustentáveis, onde, diminuindo o uso discriminado desses pontos acaba resultando, também, em economia financeira para o consumidor (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

## 2.2 APLICAÇÕES

Nos últimos tempos a questão da sustentabilidade ganhou uma atenção muito grande por questão da deteriorização do meio ambiente. Desde então propostas para preservação e uso consciente dos consumidores estão vindo à tona, sempre visando evitar desperdícios e poluições desnecessárias. Hoje, o consumo de práticas usuais na construção, ainda são mais populares em propagandas e em maior quantidade nos comércios, mas não quer dizer que é difícil, muito menos impossível, práticas em sustentáveis (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

É muito comum ver tais aplicações nas áreas urbanas, uma residência com uso de energia solar principalmente para aquecimento de piscinas, outra com reaproveitamento da água de máquinas em tambores para uso futuros, pequenas hortas nos quintais das casas e até mesmo as cidades incentivando a reciclagem de lixo fazendo a busca dos descartes nas residências, de porta em porta; Porém há inúmeras ações que ainda podem ser aplicadas tanto em conjunto, como numa cidade, quanto em residências. O foco, no momento, são as aplicações em uma moradia familiar, de baixo custo, que podem gerar benefícios individuais e também, futuramente, em conjunto e gerações próximas (LARUCCIA, 2014).

## 2.3 A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL NO CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o advento da industrialização, em meados do século XVIII, a sustentabilidade começou a ser percebida como fator relevante para a qualidade de vida das pessoas, isso devido à utilização desordenada dos recursos naturais, com o descarte sem os cuidados necessários, realizados pelas indústrias à época (PEDRON, 2014). Ainda para a autora, tais atitudes impactaram o planeta a ponto de redefinir as ações e projetos, de empresas e

sociedade, objetivando aliar o avanço econômico ao desenvolvimento social e à preservação ambiental.

Neste contexto, tem-se o cerne do desenvolvimento sustentável, em que se adotam comportamentos ambientais conscientes como forma de sobrevivência das gerações atuais e futuras. Além disso, é de fundamental importância compreender e adotar padrões de consumo que promovam a compra, utilização e descarte de bens e serviços de forma responsável (VACCARI, 2014).

Essa nova postura se reflete em toda sociedade, em variados setores, como empresas, escolas, ONGs que também já está acontecendo também no campo da construção civil, e este é o foco deste trabalho, sendo que resíduos de indústrias da construção civil apresenta-se vasto devido que estes são materiais difíceis de decomposição como por exemplo restos de materiais, sobras de ferro, concretos, pau de escoramento, tijolos, areia e todos estes tem grande proporção no que tange aos impactos ambientais. (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Assim, o desafio para o setor da construção em países em desenvolvimento não é somente reagir aos desafios de habitação adequada, rápida urbanização e falta de infraestrutura, mas também fazer isto de forma que seja social e economicamente responsável. Como consequência, no mundo em desenvolvimento a construção sustentável começa de um ponto diferente e precisa colocar mais ênfase nos aspectos sociais da sustentabilidade.

Alves (2015) realizou comparação quanto ao emprego de novos processos e tecnologias construtivas e o sistema convencional, referente a custos, produtividade, impacto ambiental e desperdício, diante da demanda de mercado e pela sociedade, o sistema convencional não demonstra a opção mais viável, onde sistemas que visam construções mais limpas, como uso de containers tem demonstrado possibilidades e de aspectos positivos como segurança, economia, social e ambiental.

Diante de tais apontamentos o presente estudo apresenta aconotação quanto à utilização de outras estruturas como no caso de Alvenaria Estrutural x Light Steel Frame.

## 2.4 ALVENARIA ESTRUTURAL

A Alvenaria Estrutural teve sua origem na Pré-História, sendo um dos mais antigos sistemas de construção. Até o final do século XIX, a alvenaria foi um dos principais elementos de construção usados pelo homem. As construções da época eram erguidas segundo regras puramente experimentais, baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo dos anos (CAMACHO,2006).

No Brasil o seu uso teve início no período colonial, com o uso da pedra, do tijolo de barro cru e da taipa de pilão. Os primeiros avanços na técnica construtiva foram marcados pelo uso de tijolo de barro cozido, a partir de 1850, possibilitando construções com maiores vãos e maior resistência à água, encerrando com a técnica da taipa de terra socada. Já no final do século XIX, a precisão das dimensões dos tijolos permitiam a aplicação de conceitos na direção da industrialização e da racionalização (CAVALHEIRO, 1999).

No Brasil a utilização por alvenaria nas construções é uma realidade. As alvenarias “são as paredes que vão definir as diferentes áreas de uma edificação” conforme especificou Salgado (2014, p. 18), ou melhor explicando consiste na ligação de blocos e tijolos, ou seja, “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” (SALGADO, 2014, p. 112).

Esse refere a um sistema construtivo dos mais antigos, e conseqüentemente foi predominante em tempo considerável da história, e com isso sendo caracterizado como sistema convencional. No Brasil surgiu como uma técnica de construção apenas na década de 60, porém alguns historiadores caracterizam a utilização de tijolos de barro cozido como processo de alvenaria (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Porém, tem-se buscado nas últimas décadas novos métodos de sistemas construtivos, principalmente quanto a redução de custos, e diminuição de resíduos e danos ao meio ambiente, o que no caso a alvenaria tem apresentado de maior predominância.

A alvenaria consiste em construir estruturas colocando unidades individuais de alvenaria (tijolo, bloco de concreto, pedra, etc). Normalmente, as unidades de alvenaria são colocadas com argamassa de cimento, que as uni para criar uma estrutura. A construção de alvenaria pode fornecer belas paredes e pisos a preços econômicos. Devido às unidades individuais de alvenaria, a construção de alvenaria tende a ser bastante intensiva em mão-de-obra. Devido à natureza de cimento, argila ou pedra dos materiais de alvenaria, porém, a construção de alvenaria tende a ser durável e muitas vezes requer pouca manutenção (ROCHEDO, 2012).

Diante de tantos apontamentos com relação a melhor proposta de habitação, em termos de custos, habitação e aspecto ambiental, os conhecimentos da construção civil, e a associação de tais propostas demonstram total relevância (AZEVEDO; COSTA; ROCHA, 2016).

### 2.4.1 Definição

Segundo Cavalheiro (1999), a Alvenaria Estrutural é toda a estrutura em alvenaria, predominantemente laminar, calculada por métodos racionais de cálculo para suportar cargas além do seu peso próprio. Dividida em Alvenaria Estrutural Não Armada, Alvenaria Estrutural Armada, Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada e Alvenaria Estrutural Protendida.

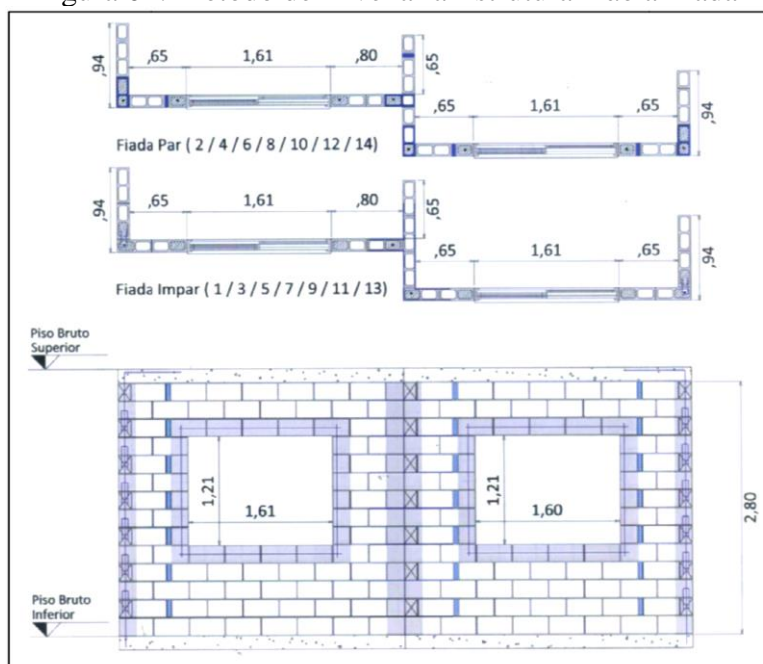
Conforme também explicou Costa (2011) de que as alvenarias estruturais são consideradas após realização de cálculos estáticos e elásticos quanto a sua absorção de impactos e fatores como ventos, variações térmicas, abalos, etc.

### 2.4.2 Alvenaria Estrutural Não Armada

Quando não possui armaduras ou estas são colocadas com finalidade construtiva ou de amarração (CAVALHEIRO, 1999).

Nonato (2013) também explicou tal método como o que não há a necessidade de receber graute, utilizando como armadura somente aspectos construtivos como vergas, contravergas, para evitar trincas e fissuras na estrutura, conforme exemplificado na figura abaixo:

Figura 01: Método de Alvenaria Estrutural não armada



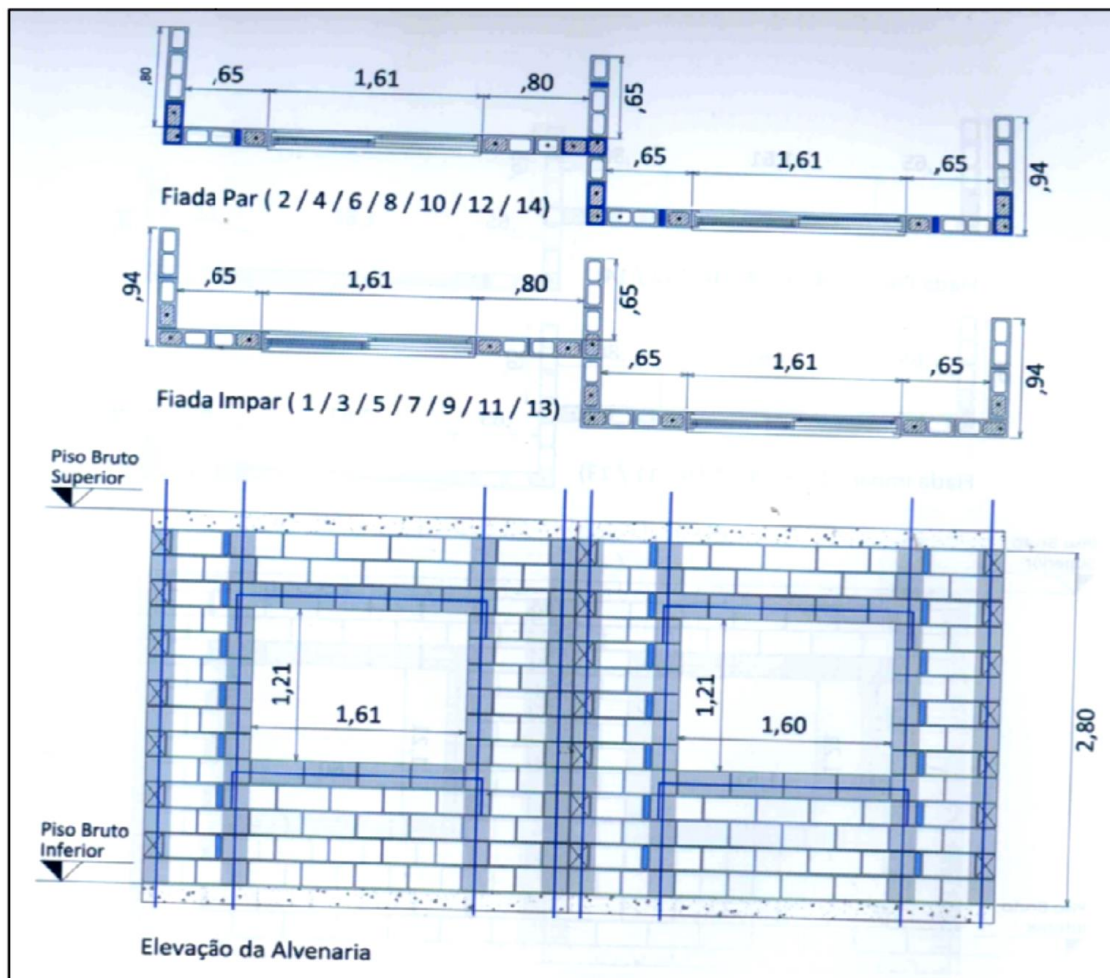
Fonte: Nonato (2013, p. 16).

### 2.4.3 Alvenaria Estrutural Armada

Aquela que possui armaduras colocadas em alguns vazados dos blocos ou entre tijolos, devidamente envolvidas por graute, para absorver os esforços calculados (CAVALHEIRO, 1999).

Schmitz (2008) também caracterizou a alvenaria estrutura armada como aquela em que o elemento resistente requer armadura passiva, que normalmente é utilizada do material aço, tendo regiões pré definidas para sua colocação, servindo como um reforço, conforme exemplificado na figura abaixo:

Figura 02: Alvenaria estrutural armada



Fonte: Nonato (2013, p. 17).

#### 2.4.4 Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada

Quando parte da estrutura tem paredes com armaduras passivas para resistir para resistir aos esforços calculados, além das armaduras com finalidade construtiva ou de amarração (CAVALHEIRO, 1999).

Nonato (2013) também descreveu que alvenaria parcialmente armada aquela em que incorpora armadura mínima em sua seção, tendo como propósito maior resistência dos aspectos construtivos, ou seja, para evitar fissuras, movimentações internas, rupturas, etc.

#### 2.4.5 Alvenaria Estrutural Protendida

Aquela na qual a armadura é pós- tensionada, sendo, portanto ativa (CAVALHEIRO, 1999). Nesse sentido também explicou Nonato (2013) de que a alvenaria estrutural protendida é aquela de modo reforçado por armadura ativa, apresentando assim um pré-tensionamento, a qual é realizada por tensões de compressão.

#### 2.4.6 Vantagens e desvantagens

Segundo Roberto Dalledone Machado (2010), Engenheiro Civil e Mestre em Estruturas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), as vantagens mais imediatas da alvenaria estrutural são: a redução de custo e o menor prazo de execução. Estes fatores são muito positivos no atual cenário do mercado imobiliário, que está cada vez mais aquecido. É nesse contexto que aparecem as vantagens da alvenaria estrutural, por ser uma maneira simples, rápida e barata de se construir.

A principal desvantagem é que as paredes não poderão ser removidas depois. De acordo com Dalledone, se o projeto não for elaborado especificamente para alvenaria, ele deixa de ser compensador, porque a alvenaria presume padronização. Outra grande desvantagem desse método é a quantidade de entulhos gerados devido à quebra da alvenaria por conta dos rasgos feitos na mesma para passar as tubulações. Este defeito e desvantagem, tanto ambiental como econômica, pode chegar a um desperdício de 30% do custo total da construção, o que ocasiona ainda outras desvantagens econômicas em termos de custo dos aspectos construtivos, quando comparado a outros métodos como Light Steel Frame (KATO, 2002).

### 2.4.7 Componentes

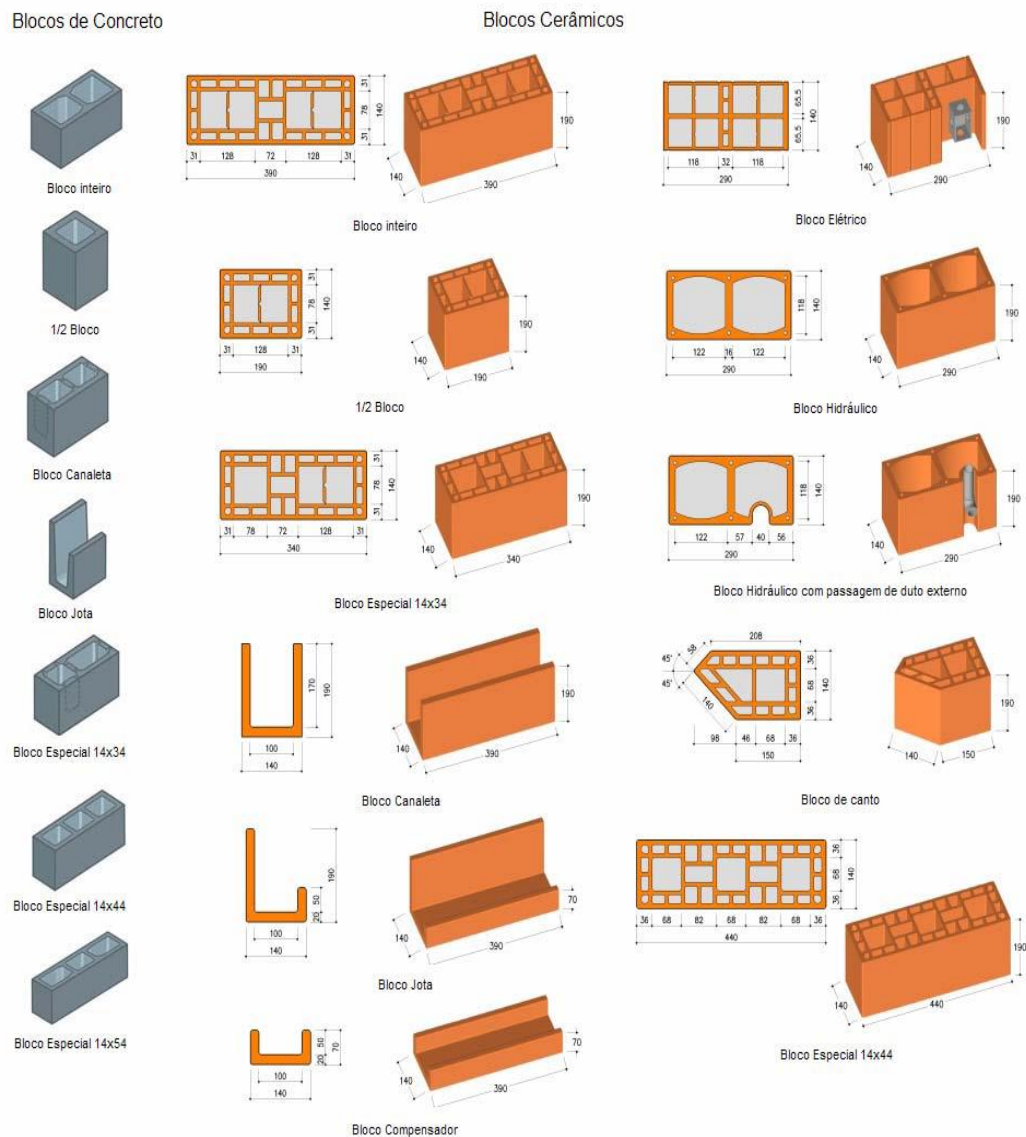
São unidades utilizadas em alvenaria estrutural. A argamassa, que seria o produto que uni, transmite e uniformiza as tensões entre as unidades de alvenaria, e também que evitam entrada de água e vento nas edificações. Normalmente esse apresenta resistência, plasticidade e durabilidade. Tem-se ainda o graute que é um concreto com agregados pequenos que visa preencher os vazios dos blocos, e este deve apresentar resistência maior ou igual duas vezes o bloco. E, por fim, tem as armaduras que são barras de aço utilizadas como estrutura que são envolvidas por garute para garantir a qualidade do serviço, exceto em armaduras colocadas nas juntas das argamassas (RAMALHO, 2003).

Os principais componentes usados na construção de edifícios de alvenaria estrutural são as unidades (tijolos ou blocos), a argamassa, o graute e as armaduras (construtivas ou de cálculo). A presença de elementos pré-fabricados como: vergas, contravergas, coxins, entre outros acessórios também é frequente (CAMACHO, 2006).

#### 2.4.7.1 Tijolos e Blocos

Tem-se a Alvenaria Estrutural como unidades blocos e/ou tijolos, e são estes os principais responsáveis para as características de resistência da estrutura construída, sendo o tijolo é considerado produto maciço com índice de vazio menor de 25%, e os blocos são unidades vazadas e que apresentam área de vazio em torno de 50% (COSTA, 2011).

Figura 03: Desenho dos tipos de blocos.



(Fonte: Camacho, 2006).

Os Tijolos e Blocos são os componentes mais relevantes que compõe a Alvenaria Estrutural, já que eles regem a resistência à compressão e definem os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos. Podem ser cerâmicos, de concreto, sílico-calcáreos, entre outros, sendo maciços ou vazados. Resistência à compressão, estabilidade dimensional, vedação, absorção adequada, trabalhabilidade e modulação são suas principais propriedades (CAMACHO, 2006).



### 2.4.7.2 Argamassa

A argamassa é o componente usado na junção entre os blocos, evitando pontos de união de tensões, sendo feita de cimento, agregado miúdo, água e cal. Algumas argamassas podem utilizar adições para melhorar determinadas propriedades (CAMACHO, 2006).

Unir as unidades, garantir a vedação, propiciar aderência com as armaduras nas juntas e compensar as variações dimensionais das unidades são suas principais funções (COSTA, 2011).

### 2.4.7.3 Graute

O graute é um concreto fino, formado de cimento, água, agregado miúdo e agregados graúdos de pequena dimensão (até 9,5mm), apresentando como característica alta fluidez, de maneira que preencha adequadamente os vazios dos blocos onde serão usados (CAMACHO, 2006).

Aumentar a resistência da parede e propiciar aderência com as armaduras são suas principais funções. Trabalhabilidade e resistência adequada à compressão são suas principais propriedades (COSTA, 2011).

Figura 04: Grauteamento.



(Fonte: <http://slideshare.net>, 2017).

### 2.4.7.3 Armaduras

As armaduras usadas na Alvenaria Estrutural são iguais às utilizadas no concreto armado e estão sempre presentes na forma de armadura construtiva ou de cálculo (CAMACHO, 2006).

Tem como propósito absorver esforços de tração ou compressão e cobrir necessidades construtivas, servindo assim como processo de sustentação ou reforço, caso os aspectos construtivos apresentem (COSTA, 2011).

### 2.4.8 Elementos

Segundo Cavalheiro (1999), os elementos são partes da obra feitas com os componentes da alvenaria. Os elementos básicos da alvenaria estrutural são os seguintes: parede, pilar, cinta, verga, contraverga, viga, enrijecedor e laje.

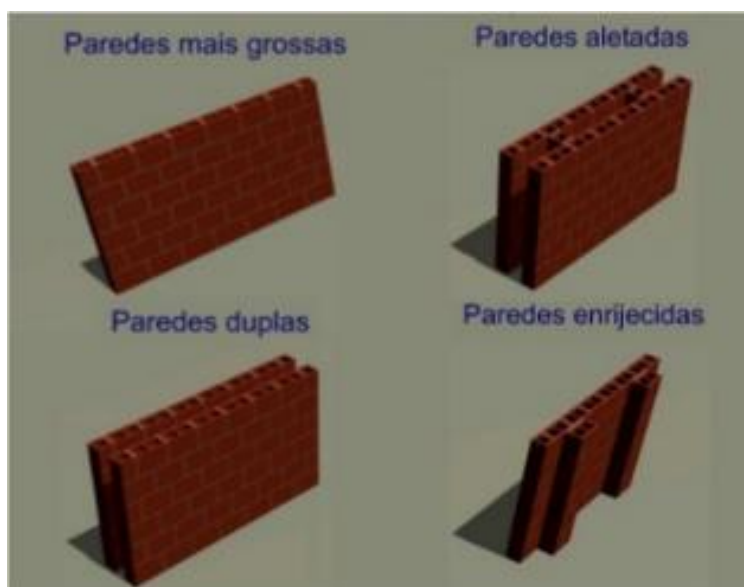
#### 2.4.8.1 Parede

De acordo com Cavalheiro (1999), parede é uma lâmina vertical apoiada de modo constante em toda a sua base, com comprimento maior que cinco vezes a sua espessura.

Na Alvenaria Estrutural as paredes desempenham as funções de vedação e de estrutura, absorvendo as cargas permanentes e acidentais, tendo como consequência a melhoria acústica das unidades mais resistentes usadas. As paredes na Alvenaria Estrutural servem ainda de estalagem para os dutos elétricos (CAVALHEIRO, 1999).

Podem ser classificadas como: parede resistente, parede não resistente e parede de contraventamento.

Figura 05: Geometria de paredes com maior resistência.



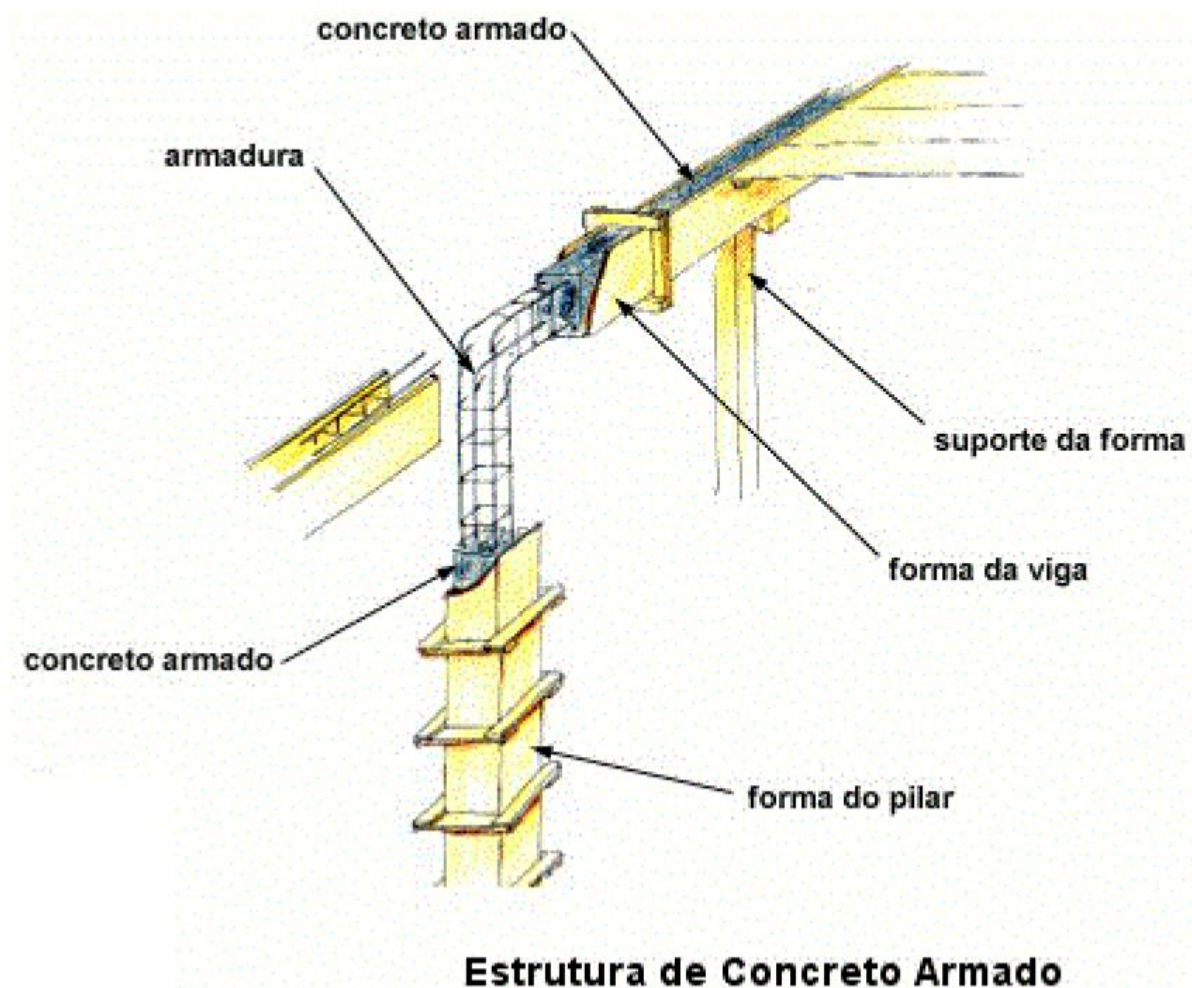
(Fonte: <http://slideshare.net>, 2017).

A parede resistente é a parede dimensionada para resistir cargas além do seu peso próprio. Também chamada de parede estrutural ou portante. A parede não resistente é toda que no projeto projetot não é usada na finalidade de suporte de cargas, além do seu peso próprio. Também chamada de parede de vedação ou não portante. Tem-se ainda a parede de Contraventamento que visa promover o travamento da estrutura, absorvendo esforços provenientes de ações externas e de efeitos de segunda ordem. Também chamada de parede de travamento (CAMACHO, 2006).

Já a forma pilar é estabelecida como elemento linear de eixo reto, geralmente disposto na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes. É todo elemento estrutural em que a seção transversal retangular utilizada no cálculo do esforço resistente possui relação de lados inferior ou igual a cinco, prevalecendo no caso de seções compostas, as dimensões de cada ramo distinto (CAVALHEIRO, 1999).

Conforme se observa na figura 06 exemplificada abaixo:

Figura 06: Pilares de sustentação de edificação alvenaria estrutural



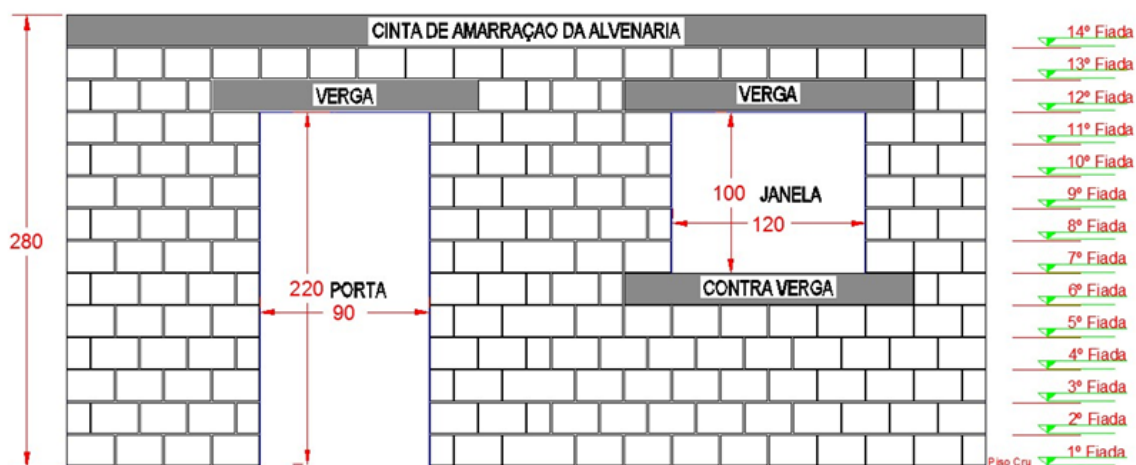
Fonte: Miranda e Zamboni (2016, p. 14).

Vale enfatizar que os pilares são elementos de concretos armado que servem como sustentação da edificação, e que faz parte do sistema de contravenamento da obra.

As cintas é um elemento construtivo estrutural que fica continuamente apoiado na parede, ligado ou não às lajes ou às vergas das aberturas e que transmite cargas para as paredes resistentes, tendo como função a amarração (CAVALHEIRO, 1999).

Verga é o elemento estrutural colocado sobre vão de abertura geralmente não maior que 1,20 m, com a finalidade de transmitir cargas verticais para os trechos de parede adjacentes ao vão, tendo também o contra verga que é o elemento estrutural colocado sob o vão de abertura com a finalidade de absorver eventuais tensões de tração (CAVALHEIRO, 1999).

Figura 07: Vista frontal de verga e contra verga.



(Fonte: <http://ceramicacity.com.br>, 2017).

Viga é o elemento estrutural linear sobre vão geralmente maior que 1,20 m, dimensionado para suportar cargas verticais, transmitindo-as para paredes ou pilares (CAVALHEIRO, 1999).

Segundo a NBR-6118/2013 (item 14.4.1.1), a viga é um elemento linear em que a flexão é preponderante.

O enrijecedor é o elemento estrutural vinculado a uma parede resistente, objetivando o enrijecimento horizontal na direção perpendicular da mesma (CAVALHEIRO, 1999).

E, a laje é o elemento estrutural laminar trabalhando como chapa em seu plano e que, quando horizontal e convenientemente ligado às paredes resistentes, tem a finalidade de transmitir esforços de seu plano médio às paredes (CAVALHEIRO, 1999).

Tem-se também a cobertura que refere a cobertura da edificação, que é do tipo mista por meio de treliça metálica, a qual é transferido carregamento para caibros de madeiras, ripas e telhas. O telhado deve possuir um beiral de 60 cm da edificação e apresentar 50% de inclinação. As treliças devem ser compostos de perfis U estrutural de 68 x 30 #2 mm nos montantes e em diagonais perfis U 75 X 38 # 2 mm nas barras superior e inferior, e por fim deve apresentar travamento no meio do vão ligando as treliças em perfil U 75 x 38 # 2mm (COSTA, 2011).

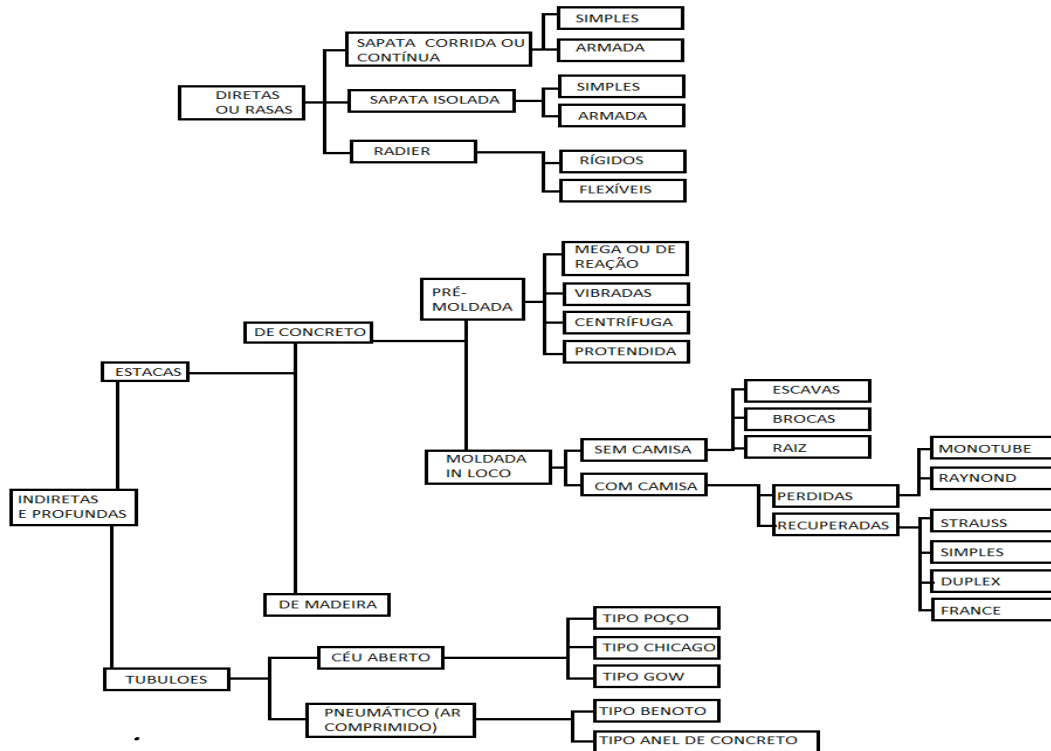
## 2.4.9 Fundações

Segundo Cavalheiro (1999), na Alvenaria Estrutural as paredes desempenham as funções de vedação e de estrutura, absorvendo as cargas permanentes e acidentais, tendo como consequência das unidades mais resistentes empregadas a melhoria acústica. As paredes servem ainda de alojamento para os dutos elétricos.

Por serem resistentes, as paredes absorvem os esforços e assim todas as cargas acabam por se distribuírem em superfícies maiores, sapatas corridas ao longo de todo o perímetro das paredes resistentes, resultando em baixas tensões no solo (CAVALHEIRO, 1999).

A escolha correta de uma solução de fundação deve passar necessariamente por uma criteriosa análise técnica e econômica de várias alternativas, devendo ser ponderadas variáveis tais como as condições das edificações vizinhas à obra, geotécnica local, viabilidade executiva e existência de mão-de-obra especializada para execução da solução definida.

Figura 08: Fundações



(Fonte: FERREIRA, 2009, p.27)

No caso de construção de imóveis residenciais que é foco desse estudo, as fundações normalmente leva-se em conta o critério como perfil da obra, análise geotécnica, e edificações próximas.

#### 2.4.10 Fôrmas

Na alvenaria estrutural as fôrmas podem inexistir, dispensando-se totalmente o uso da madeira, a não ser quando a opção é pela execução de lajes moldadas “in loco”. E mesmo assim há um ganho da redução do escoramento, pelo aproveitamento das paredes como apoio parcial das formas. Numa obra comum de concreto armado a madeira corresponde a quase 50% do preço do concreto empregado, ou seja, quase 12% do custo total (CAVALHEIRO, 1999).

#### 2.4.11 Armaduras

Na Alvenaria Estrutural as armaduras podem até inexistir (apenas construtivas e de amarração) e quando necessárias são, na sua grande maioria, retas, sem ganchos e sem dobras (CAVALHEIRO, 1999).

#### 2.4.12 Tempo

Na Alvenaria Estrutural ocorre uma economia de tempo que pode chegar a 50% quando comparada com uma obra comum de concreto armado, na execução até as instalações básicas, acelerando o cronograma da obra e conseqüentemente diminuindo os encargos financeiros (CAVALHEIRO, 1999).

#### 2.4.13 Mão de Obra

As estruturas de concreto armado exigem mão-de-obra bastante especializada: pedreiro, carpinteiro, eletricista, encanador, armador, apontador, além de servente e ajudante especial. Já na Alvenaria Estrutural esse elenco é mais reduzido devido à sincronia das etapas de execução, a qual induz a versatilidade do operário através de um relativamente fácil treinamento (CAVALHEIRO, 1999).

Sendo ainda o método convencional (alvenaria) o método construtivo mais empregado nas construções de casas no Brasil, e diante do incentivo ao ramo habitacional, requer cada vez mais mão de obra especializada, bem como diversos profissionais envolvidos em uma obra, cada qual com sua função e responsabilidade. E, isso se torna um dispendio maior com relação aos custos em obras de alvenaria, quando comparado a outros métodos como Light Steel Frame, que também requer profissional capacitado para desenvolvimento da obra, porém requer menor número de profissionais envolvidos (COSTA, 2011).

#### 2.4.14 Revestimento

A elevada precisão das dimensões das unidades de Alvenaria Estrutural resulta em economia no revestimento. Em alguns casos, emboço e chapisco podem ser dispensados sem prejudicar a uniformidade de espessura do reboco. A inexistência de recortes na Alvenaria Estrutural resulta, também, em economia nas áreas revestidas com azulejo (CAVALHEIRO, 1999).

#### 2.4.15 Entulho

Alguns estudos mostram que numa obra convencional entra 1,8 t/m<sup>2</sup> de material e fica apenas 1,2 t/m<sup>2</sup>, ou seja, 0,6 t/m<sup>2</sup> é entulho que sai. Já nas obras racionalizadas entram 1,0 t/m<sup>2</sup> e ficam 0,8 t/m<sup>2</sup>, reduzindo assim em 67% o material não aproveitável a ser retirado. E a retirada da cada caminhão de entulho (6 m<sup>3</sup>) de uma obra pode equivaler ao custo de uma ou mais semanas de pedreiro (CAVALHEIRO, 1999).

## 2.5 LIGHT STEEL FRAME

Apesar de considerado atual, o método construtivo Light Steel Frame vem sendo usado desde o início do século XIX. Na verdade, historicamente seu uso se inicia com as habitações em madeira construídas pelos colonizadores no território americano daquela época. Para atender ao crescimento da população, foi necessário criar métodos mais produtivos e rápidos na construção de habitações, utilizando os materiais disponíveis na região, no caso a madeira. Esse método consistia em uma estrutura composta de peças em madeira serrada de pequena seção transversal conhecido por Balloon Framing. A partir daí, as construções em madeira, conhecidas por “Wood Frame”, tornaram-se a tipologia residencial mais comum nos



Estados Unidos. Um século mais tarde, com o grande desenvolvimento da indústria do aço no país, foi lançado na Feira Mundial de Chicago o protótipo de uma residência em Light Steel Frame que utilizava perfis de aço substituindo a estrutura de madeira (SANTIAGO, 2012).

Segundo Santiago (2012), apesar do Light Steel Frame ser um sistema construtivo bastante empregado em países onde a construção civil é predominantemente industrializada, no Brasil ainda é pouco conhecido.

A estrutura de aço estrutural é uma opção durável, confiável, econômica e sustentável para projetos de edifícios baixos, médios e altos, e normalmente se refere a sistemas de estruturas de edifícios onde os elementos estruturais verticais e horizontais são formados por um sistema estrutural, vigas e colunas de aço. O espaçamento entre colunas é tipicamente de 25 a 45 pés no centro, com variações de espaçamento mais baixas e mais altas, dependendo dos requisitos de arquitetura. A variedade de formas e tamanhos disponíveis permite que praticamente qualquer requisito de arquitetura seja atendido (PRUDÊNCIO, 2013).

Formas de aço estrutural laminadas a quente, como vigas e pilares de flange largo, são definidas em ASTM A6, Especificações Padrão para Requisitos Gerais para Barras de Aço Estruturais Laminadas, Chapas, Formas e Estacas-Pranchas. Uma variedade de seções estruturais ocas formadas a partir de chapas de aço estão disponíveis em vários fabricantes. Seções estruturais construídas podem ser fabricadas usando chapa de aço (MIRANDA, ZAMBONI, 2016).

A estrutura de aço estrutural é normalmente projetada, fabricada e montada de acordo com os padrões desenvolvidos pelo Instituto Americano da Construção em Aço nos Estados Unidos e pela Canadian Standards Association no Canadá. Também é adaptável a quase qualquer layout arquitetônico e é usado rotineiramente em uma variedade de projetos de construção. O aço estrutural é o material de moldagem mais popular para edifícios não residenciais nos Estados Unidos, com mais de metade da metragem quadrada construída enquadrada em aço estrutural anualmente (MIRANDA, ZAMBONI, 2016).

O aço estrutural, devido à sua resistência superior, quando comparado ao concreto armado, permite a execução de elementos estruturais com seções inferiores, possibilitando a construção de estruturas maiores, que consomem menos matérias-primas. Além disso, ao contrário do concreto armado, o aço pode ser facilmente reutilizado ou reciclado no final da vida útil do edifício.

Este sistema de construção é caracterizado por um maior grau de industrialização em comparação à construção convencional de concreto armado, uma vez que grande parte dos

elementos construtivos é produzida em uma fábrica e não no local, o que se traduz em uma maior velocidade de construção, diminuição da quantidade de mão de obra e equipamentos pesados necessários, melhores condições de higiene e segurança no local, e também uma quantidade reduzida de resíduos.

### 2.5.1 Definição

O método Light Steel Frame, assim conhecido mundialmente, é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes da edificação. É também conhecido como Sistema Auto-portante de Construção a Seco (SANTIAGO, 2012).

Os sistemas de construção com estrutura de aço leve surgem como uma alternativa ao sistema de construção tradicional - estrutura de concreto armado e alvenaria de tijolo cerâmico – em a busca de maior sustentabilidade, reduzindo o consumo de matérias-primas, o uso de materiais de construção mais ecológicos e um processo de construção mais industrializado. Este sistema de construção é mais conhecido como Light Steel Frame (LSF) e é especialmente direcionada à construção de edifícios de dois ou três andares, com estrutura de aço galvanizado perfis de aço de baixa espessura, resultando em um peso bastante baixo dos elementos estruturais (MIRANDA, ZAMBONI, 2016).

Steel Framing (SF) é uma metodologia de construção que utiliza aço galvanizado estrutural ponderado com contraplacado e pré-fabricado de placas de cimento. Os quadros são dispostos de acordo com as necessidades arquitetônicas e conectados por parafusos, formando painéis e treliças. Além do que, os materiais são todos pré-fabricados aumentando a velocidade da produção. Light Steel Framing (LSF) se refere a elemento estrutural utilizado no sistema construtivo como elemento estrutural. Esse método é utilizado em outros países como por exemplo, Estados Unidos. Já no Brasil observa-se predominância de alvenaria (tijolos, concretos) (MIRANDA, ZAMBONI, 2016).

### 2.5.2 Vantagens e Benefícios

Segundo Santiago (2012), as principais vantagens e benefícios no uso do sistema Light Steel Frame em edificações são: o aço é um material de grande resistência e alto

controle de qualidade; maior precisão dimensional; facilidade de manuseio e montagem; durabilidade e conservação da estrutura; baixo nível de desperdício; facilidade nas instalações hidráulicas e elétricas; facilidade na aplicação das ligações; agilidade na construção; e grande flexibilidade no projeto arquitetônico.

### 2.5.3 Estrutura

O material usado na estrutura de um edifício SF é de aço galvanizado. As colunas e As vigas utilizadas nos edifícios SF são obtidas a partir de chapas de aço galvanizado por imersão em zinco.

O processo de produção dos perfis mencionados consiste no corte de rolos de chapa de aço tiras de menor largura. A folha é então formada a frio na forma desejada dobrando ou rolando processos de formação. As seções mais populares usadas no sistema SF são a forma em "U" e Perfis em "C" (MIRANDA, ZAMBONI, 2016).

Essas peças variam tanto em seção quanto em espessura, dependendo do tipo de solução adotada e as cargas que o edifício será submetido. Na estrutura da parede, é comum o uso de perfis com altura de seção variando entre 80 e 150 mm e espessura da folha entre 0,8 e 2 mm. O revestimento interior das paredes exteriores, como o revestimento das paredes interiores, é realizado através de placas de gesso, que são aparafusadas diretamente na estrutura de aço (MIRANDA, ZAMBONI, 2016).

As paredes interiores do sistema SF são painéis sanduíche revestidos com placas de gesso cartonado ambos os lados, e seu interior preenchido com material absorvente de som. O aço como material para construção tem um papel importante como componente de edifícios e estruturas neering, e é usado em uma ampla gama de aplicações. Por outro lado, o aço é o mais material reciclado e da produção total do mundo, quase a metade é obtida a partir de resíduos (SANTIAGO, 2012).

### 2.5.4 Métodos de construção

Segundo Santiago (2012), há três métodos de construção que são utilizados no sistema Light Steel Frame: método stick, método por painéis e construção modular. O método Stick de construção consiste no corte dos perfis no canteiro de obras, tais como, painéis, lajes, colunas, contraventamentos e tesouras. Os perfis são previamente furados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas, conforme se pode observar na figura 10 abaixo:

Figura 09: Método Stick.



Fonte: Miranda e Zamboni (2016, p. 27).

Tem-se ainda o método por painéis a qual é composto por painéis estruturais ou não estruturais, contraventamentos, lajes, e tesouras de telhado, podendo ser pré-fabricados fora do canteiro de obras e montados no local. A construção modular são unidades completamente pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos, como, revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações hidráulicas e elétricas (ZAMBONI, 2016).

#### 2.5.5. Fundação Light Steel Frame

Por ser muito leve, a estrutura de LSF e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções. No entanto, como a estrutura distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis estruturais, a fundação deverá ser contínua suportando os painéis em toda a sua extensão. A escolha do tipo de fundação vai depender além da topografia, do tipo de solo, do nível do lençol freático e da profundidade do solo firme (SANTIAGO, 2012).

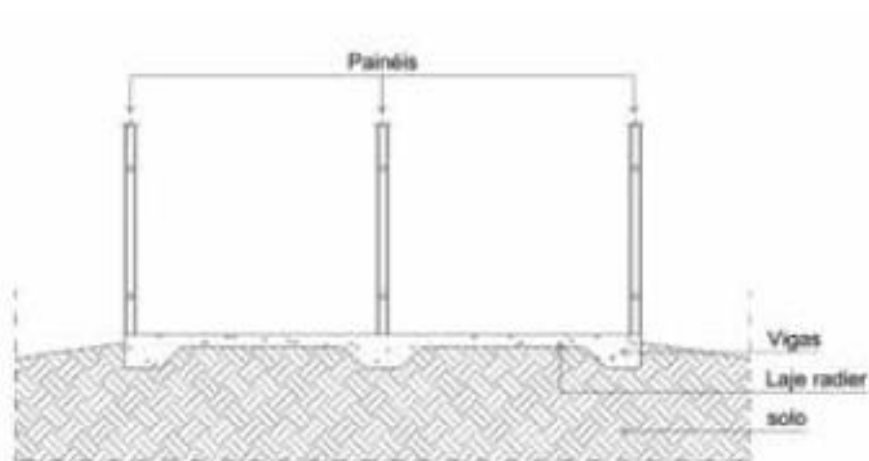
As fundações para edificações de até dois pavimentos são do tipo rasas, como as sapatas corridas e radier. As sapatas corridas ou viga baldrame são estruturas planas que tem

por função a transmissão de esforços da estrutura diretamente ao solo. Já o radier, e similar a uma laje de concreto armado, que tem por função a transmissão dos esforços da edificação de forma homogeneia por toda área que ela está projetada (CAMPOS, 2014).

#### 2.5.6 Laje radier

Segundo Santiago (2012), o radier é um tipo de fundação rasa que funciona como uma laje e transmite as cargas da estrutura para o terreno. Sempre que o tipo de terreno permite, a laje radier é a fundação mais comumente utilizada para construções em Light Steel Frame.

Figura 10: Corte esquemático de uma laje radier.

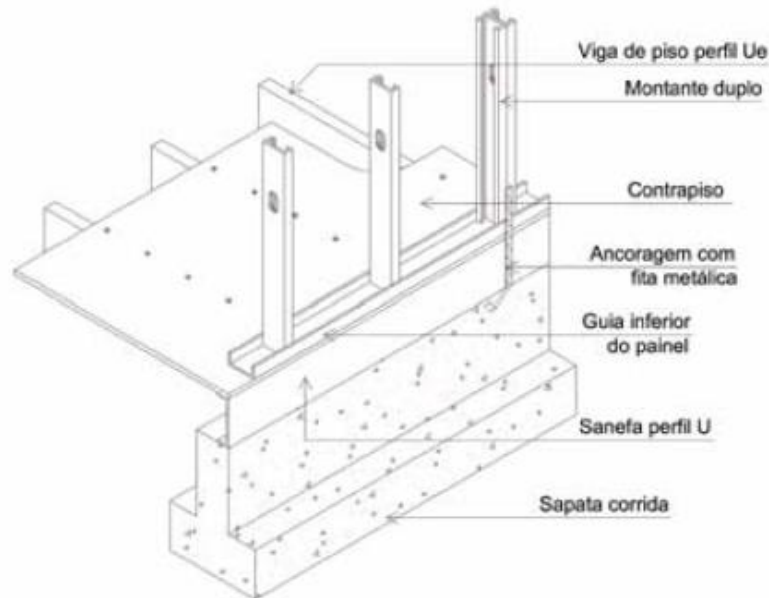


(Fonte: Santiago, 2012).

#### 2.5.7 Sapata Corrida ou Viga Baldrame

A sapata corrida 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 (SANTIAGO, 2012).

Figura 11: Corte detalhado de fundação sapata corrida.



(Fonte: Santiago, 2012).

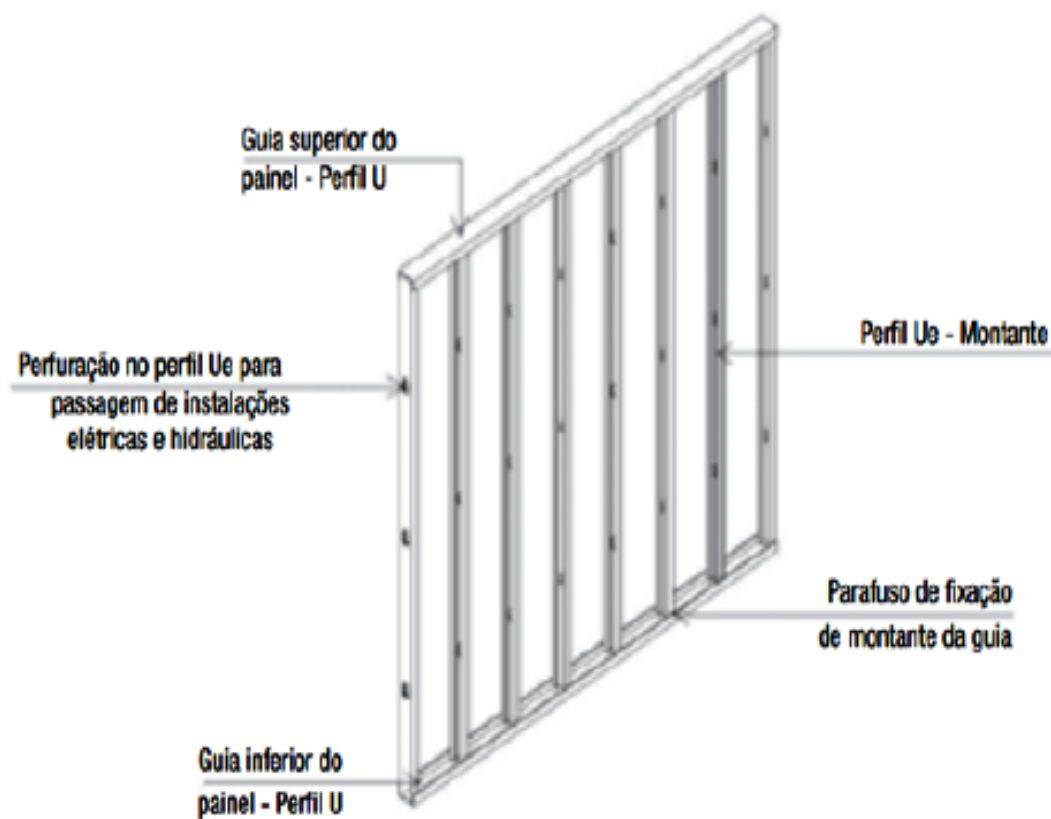
### 2.5.8 Painéis

Segundo Santiago (2012), os painéis no sistema Light Steel Frame podem não só compor as paredes de uma edificação, como também funcionar como o sistema estrutural da mesma. São estruturais ou auto-portantes quando compõem a estrutura, suportando as cargas da edificação, podendo ser tanto internos quanto externos. E são não estruturais quando funcionam apenas como fechamento externo ou como divisória interna, ou seja, não tendo função estrutural.

#### 2.5.8.1 Painéis estruturais

De acordo com Santiago (2012), os painéis estruturais estão sujeitos a cargas horizontais de vento ou de abalos sísmicos, assim como a cargas verticais praticadas por pisos, telhados e outros painéis. Essas cargas verticais são originadas do peso próprio da estrutura e da sobrecarga devido à utilização. Portanto, a função dos painéis é a de absorver esses esforços e transmiti-los à fundação.

Figura 12: Pannel em Light Steel Frame.



(Fonte: Santiago, 2012).

#### 2.5.8.2 Painéis não estruturais

Segundo Santiago (2012), os painéis não estruturais tem como função o fechamento externo e a divisória interna nas edificações. Comporta somente o próprio peso dos componentes que constituem a estrutura.

O sistema mais utilizado em Light Steel Frame para divisórias internas é o de gesso acartonado ou “Drywall”, onde as seções dos perfis de montantes e guias possuem menores espessuras e dimensões.

Figura 13: Esquema de painel não estrutural com abertura.



(Fonte: Santiago, 2012).

### 2.5.9 Lajes

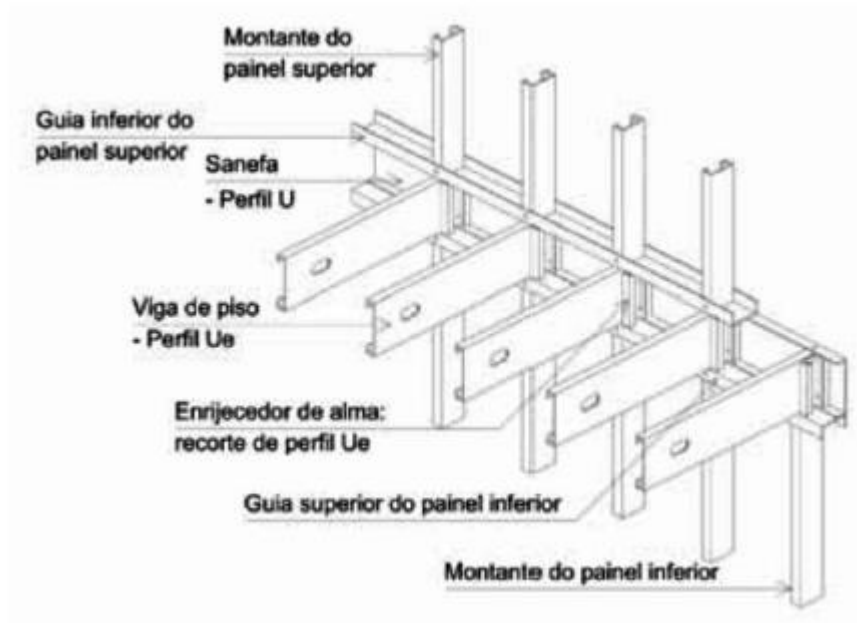
De acordo com Santiago (2012), a estrutura de lajes em *Light Steel Framing* usa o mesmo princípio dos painéis, ou seja, perfis galvanizados cuja separação é paralela aos elementos estruturais e determinada pelas cargas a que cada perfil está sujeito. Essa modulação é a mesma para toda a estrutura na maioria das vezes: painéis, lajes e telhados.

Os perfis normalmente utilizados para estes casos são os de seção Ue, onde o seu espaçamento irá depender da distância entre os apoios da estrutura e da modulação.

As vigas de piso conforme tem como função o suporte de vários carregamentos permanentes e acidentais, assim como transferir essas cargas para os painéis (SANTIAGO, 2012).



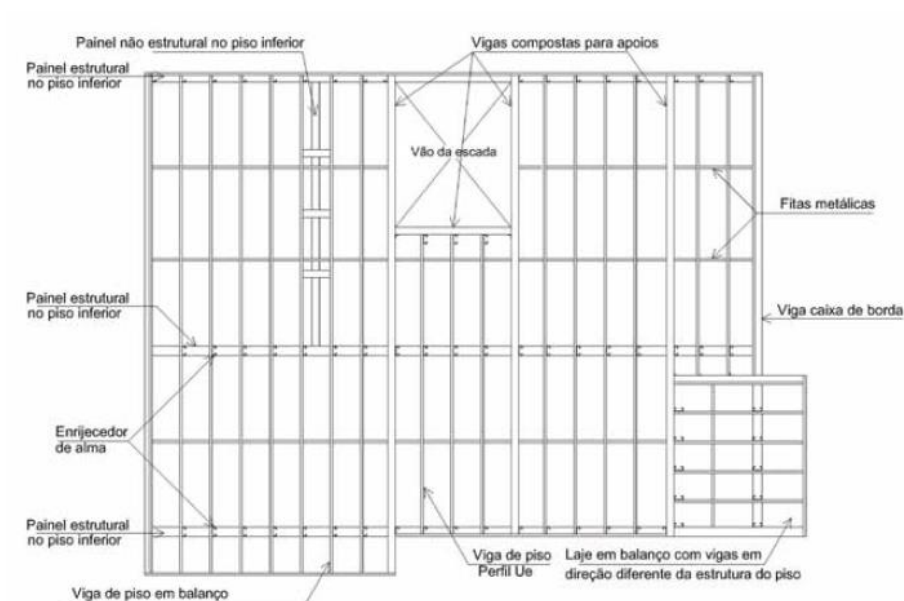
Figura 14 - Estrutura de piso em *Light Steel Framing*.



(Fonte: Santiago, 2012).

Além das vigas de piso, outros elementos são fundamentais na formação de uma laje em um sistema Light Steel Frame, são eles: guia, enrijecedor de alma, viga caixa de borda e viga composta (SANTIAGO, 2012).

Figura 15: Planta de Estrutura de piso em Light Steel Frame.



(Fonte: Santiago, 2012).

Guia ou Safena:

Formada por perfil U, onde é fixada na extremidade da viga (SANTIAGO, 2012).

Enrijecedor de alma:

Formado por perfil Ue, é fixado na alma da viga logo no apoio, com a função de aumentar a resistência ao esmagamento da mesma (SANTIAGO, 2012).

Viga caixa de borda:

Formada pela união dos perfis U e Ue encaixados, servindo de apoio a um painel paralelo à viga (SANTIAGO, 2012).

Viga composta:

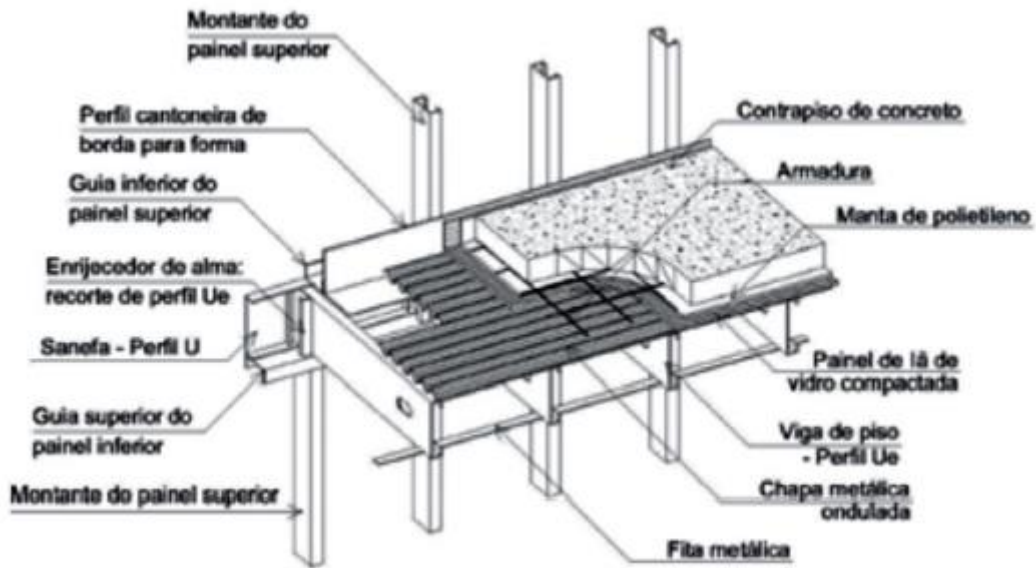
Formada também pela combinação de perfis U e Ue, mas neste caso é usada no perímetro de abertura da laje (SANTIAGO, 2012).

#### 2.5.9.1 Tipos de Laje

De acordo com a natureza do contrapiso, a laje pode ser do tipo úmida ou pode ser do tipo seca (SANTIAGO, 2012).

A laje úmida é composta basicamente por uma chapa ondulada de aço que serve de forma para o concreto e é aparafusada nas vigas de piso, e uma camada de 4 a 6 cm de concreto simples que formará a superfície do contrapiso (SANTIAGO, 2012).

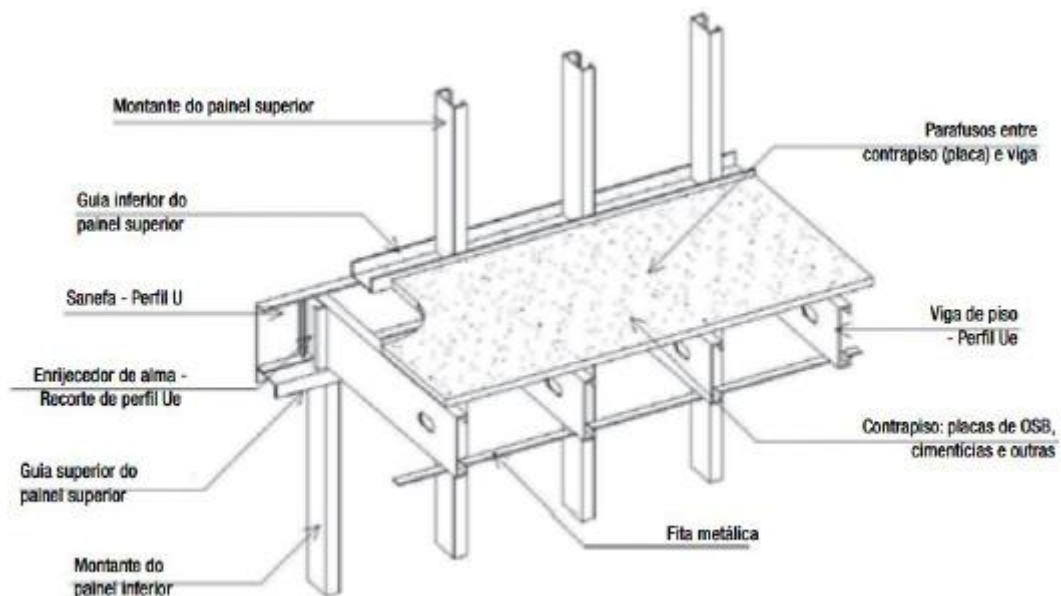
Figura 16: Desenho esquemático de laje úmida.



(Fonte: Santiago, 2012).

Já a laje seca consiste no uso de placas rígidas aparafusadas nas vigas de piso, e servem como contrapiso, podendo desempenhar a função de diafragma horizontal, desde que as placas sejam estruturais.

Figura 17: Desenho esquemático de laje seca.



(Fonte: Santiago, 2012).

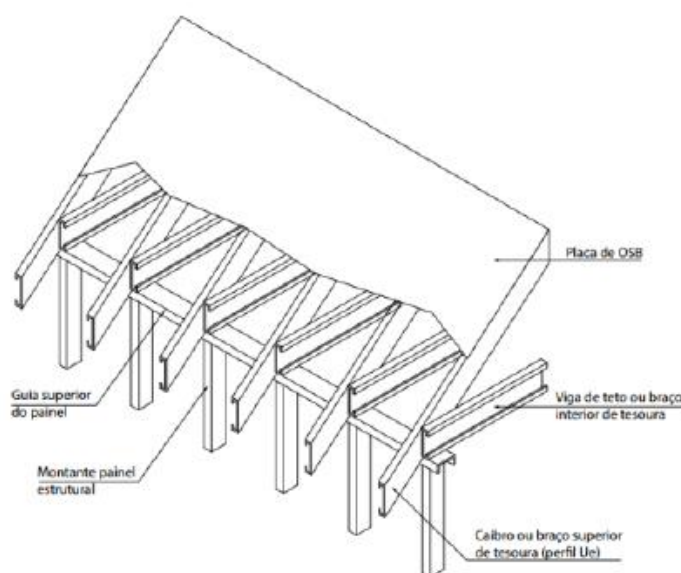
### 2.5.10 Cobertura

A cobertura ou telhado é a parte da construção destinada a proteger o edifício da ação das intempéries, podendo também desempenhar uma função estética. Possibilita a realização dos mais variados projetos, pois é construída seguindo os padrões do sistema convencional (SANTIAGO, 2012).

Segundo Moliterno (2003), o telhado compõe-se de duas partes principais: cobertura e armação. A cobertura pode ser de materiais diversos desde que impermeáveis a águas pluviais e resistentes à ação do vento e intempéries. Já a armação é definida como conjunto de elementos estruturais para sustentação da cobertura, tais como ripas, caibros, terças, tesouras e contraventamentos.

Pode-se utilizar então de coberturas inclinadas a qual é um telhado inclinado em Light Steel Frame semelhante à de um telhado convencional, porém a armação de madeira é substituída por perfis galvanizados, e para possibilitar o princípio de estrutura alinhada, a alma dos perfis que compõem tesouras ou caibros deve estar alinhada a alma dos montantes dos painéis de apoio e suas seções em coincidência de modo que a transmissão das cargas seja axial (SANTIAGO, 2012).

Figura 18: Cobertura inclinada em Light Steel Frame.



(Fonte: Santiago, 2012).

### 2.5.11 Fechamento Vertical

Segundo Santiago (2012), o sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes externas e internas de uma edificação. No sistema Light Steel Frame, os componentes de fechamento devem ser constituídos por elementos leves, compatíveis com o conceito da estrutura dimensionada para suportar vedações de baixo peso próprio.

Os componentes empregados na construção das vedações devem atender aos critérios de desempenho estabelecidos pela norma ISO 6241:1984, onde ela determina os requisitos mínimos fundamentais para habitabilidade da edificação: segurança estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade, conforto termo acústico, conforto visual, adaptabilidade ao uso, higiene, durabilidade e economia.

### 2.5.12 Painéis de OSB

As placas de OSB (Oriented Strand Board) podem ser utilizadas como fechamento da face interna e externa dos painéis, para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado. Porém, devido às suas características, não deve ser exposto a intempéries, necessitando de um acabamento impermeável em áreas externas (SANTIAGO, 2012).

De acordo com Santiago, antes de fazer o revestimento externo, é importante ressaltar que se as placas de OSB estiverem molhadas, é aconselhável esperar a secagem para depois proceder com a colocação dos revestimentos. Como acabamento final pode ser usado o “siding” vinílico, o de madeira ou cimentício e a argamassa.

### 2.5.12 “Siding” vinílico

De acordo com Santiago (2012), “Siding” vinílico tem por função a estanqueidade, e é o material que mais se adequa aos painéis de OSB, pois proporciona um acabamento final de maior qualidade, além de oferecer vantagem por ser de montagem mais rápida e limpa em relação aos revestimentos tradicionais como a argamassa, pintura e revestimentos cerâmicos.

Figura 19: Revestimento externo com “Siding” vinílico.



(Fonte: Santiago, 2012).

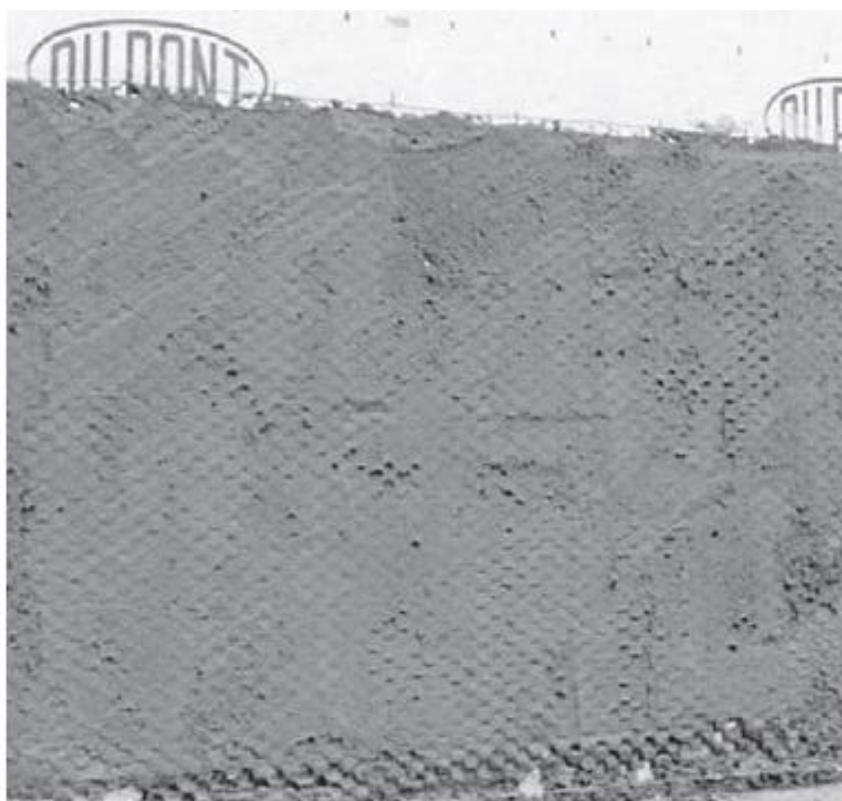
#### 2.5.13 Cimentícios

São compostos basicamente de cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Sua montagem é semelhante à do gesso acartonado, utilizando parafusos galvanizados tipo auto atarraxantes específicos para esse caso. Há dois grupos disponíveis no mercado nacional, o que os diferenciam é sua estrutura: com fibras dispersas na matriz e de malha de fibra de vidro (SANTIAGO, 2012).

#### 2.5.14 Argamassa

Segundo Santiago (2012), o método mais indicado para revestir o OSB com argamassa, consiste em aplicá-la sobre tela tipo “deployee”. A tela disposta em duas camadas é fixada com grampos sobre a superfície do OSB impermeabilizada com a membrana de polietileno, garantindo a aderência da argamassa. A argamassa de traço forte deve ser aplicada, uniformemente, oferecendo um bom recobrimento e não deixando a tela exposta.

Figura 20: Revestimento de placas de OSB com argamassa sobre tela deployee.



(Fonte: Santiago, 2012).

#### 2.5.15 Isolamento

Segundo Santiago (2012), o isolamento segue o princípio de massa-mola-massa, onde o espaço entre a parede é preenchido com lã de vidro, elemento que absorve e reduz a transmissão do som entre as camadas da parede.

O isolamento térmico com mantas pode também melhorar a qualidade térmica do ambiente, dificultando a passagem ou troca de calor entre os ambientes. Além das mantas, podem-se usar também placas de EPS (Poliestireno Expandido), para evitar a troca de calor entre ambientes externos e internos da edificação (CAMPOS, 2014).

Figura 21: Instalação de lã de vidro em painel.



(Fonte: Santiago, 2012).

#### 2.5.16 Instalações

Para instalações hidrossanitárias, de gás e elétricas são recomendados os mesmos elementos empregados na construção convencional. Materiais como tubos de PVC, cobre, eletrodutos de PVC, PP (polipropileno), PE (polietileno) e PEX (polietileno reticulado) são previstas em projeto e instaladas na parte interna antes de seu fechamento (CAMPOS, 2014).

#### 2.2.17 Sustentabilidade e construção de aço

A construção em aço permite eficiência, durabilidade e reciclagem. Essas propriedades lhe dão a oportunidade de gerar muitos créditos ambientais secundários. Por exemplo, o material a eficiência, o peso relativamente baixo, e a reciclabilidade elevada de estruturas de aço são diretamente ligados a, por exemplo, menos uso de recursos, menor uso de energia, menos desperdício, menos emissões e menos transportes. A boa durabilidade funcional significa menos reconstrução e, portanto, uma melhoria da sustentabilidade.



#### 2.2.17.1 Eficiência material

A alta relação resistência/peso do aço é explorada em estruturas de construção, dando baixa impactos ambientais. O outro aspecto de uso eficiente contém baixo desperdício devido a especificações de projeto combinadas com produtos de aço durável e de alta qualidade (PRUDÊNCIO, 2013).

#### 2.2.17.2 Reciclabilidade

A construção em aço permite o projeto de ciclo de vida controlado, incluindo a possibilidade de “projetar reciclando”. A facilidade de instalação de uma estrutura de aço também mostra a facilidade de projetar desmontar, reutilizar e reciclar os componentes. O aço é único como material de construção porque pode ser totalmente reciclado de novo e de novo em um novo aço de primeira linha (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

#### 2.2.17.3 Flexibilidade

As capacidades de longo alcance e arranha-céus do Steel criam espaços flexíveis que facilitam as mudanças no uso durante a vida do edifício. Longa vida da estrutura de aço e remontabilidade permite design repetido para a otimização de uso, economizando dinheiro e ganhando sustentabilidade (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

#### 2.2.17.4 Durabilidade

O aço estrutural pode durar muito mais que o prédio do qual faz parte. Assim, produtos de aço muitas vezes podem ser reutilizados como novos produtos. Durabilidade e resistência do sistema de aço trazem segurança e funcionalidade duradoura para os ocupantes, o que é uma parte importante do uso sustentável de construções (PRUDÊNCIO, 2013).

#### 2.2.17.5 Manutenção

A manutenção de edifícios é vital para alcançar a longevidade. Enquadramento de aço de vários andares não precisa manutenção, e produtos de construção de aço expostos podem exigir manutenção regular, muitas vezes por razões estéticas. Uma ampla gama de

revestimentos avançados e sustentáveis está disponível para aço. Quando utilizado de acordo com os programas de manutenção recomendados, estes revestimentos oferecerem proteção a longo prazo, resultando em menor impacto ambiental (PRUDÊNCIO, 2013).

#### 2.2.18 Características Sustentáveis do Aço Estrutural

De acordo com o Instituto Americano de Construção em Aço (AISC), o representante da indústria de aço estrutural nos Estados Unidos, o conteúdo reciclado de aço estrutural é de 93,3%, qual é o mais alto de qualquer material de enquadramento do edifício (AISC 2009). Outras características de aço estrutural (de AISC) são: taxa de reciclagem de 98%, alta relação força-peso, pode ser reciclado muitas vezes sem qualquer degradação na qualidade ou força, pegada de carbono por tonelada de aço produzida reduzida em 47% desde 1990, emissões de gases com efeito de estufa por tonelada de aço reduzidas em 45% desde 1975 (PRUDÊNCIO, 2013).

Todas essas características mostram que o aço é um material de construção atraente para muitos razões além de suas características tradicionais de eficiência de custos e relativa facilidade de design e construção. Existem, no entanto, outras questões a considerar. Por exemplo, a extração de matéria-prima materiais da terra é uma consideração importante para qualquer material de construção. No caso de aço, essa é uma preocupação cada vez menor devido à alta reciclabilidade do material. Como os edifícios são demolidos, o aço estrutural pode ser reutilizado repetidamente, sem redução de resistência (PRUDÊNCIO, 2013).

Este é importante porque a produção de aço virgem tem um impacto significativo no meio ambiente, mas o impacto é muito menor quando o aço é reciclado. O aço é o componente estrutural único que tem quase uma ciclagem de material de circuito fechado e pode ser reprocessado sem perdas de qualidade (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

Pode-se concluir que, o aço estrutural é um material de construção ecológico devido a características duráveis, recicláveis e reutilizáveis que significam menos impactos ambientais em comparação a outros componentes estruturais modernos. Assim, a construção em aço garante durabilidade, eficiência e reciclagem. Essas propriedades adicionam valor a como uma construção sustentável, promovendo menor impacto ambiental no projeto, fases de construção, operação e fim de vida.

### 2.2.19 Comparação entre as duas técnicas

Para paredes de concreto, os canos de água e conduítes elétricos estão escondidos em poços ou são incorporados dentro das paredes concretadas. Em parte, a manutenção pode ser realizada para as tubulações escondidas em eixos, no entanto, se os sistemas precisarem de reparo, provavelmente peças dentro das paredes - ergo, fazendo uma manutenção simples interferir na estrutura da casa. Dessa forma, para os consumidores, a confiabilidade é afetada pela composição rígida obsolescência. Em contradição, o sistema Light Steel Frame é fácil de substituir e desmontar, a placa de contraplacado e cimento pode ser desatarraxada e os sistemas elétricos ou hidráulicos pode ser verificado e trocado. Em outro ponto, a SF exige tubos flexíveis para se adaptarem deslocamento dos furos dos quadros, em outros para os tradicionais tubos de PVC rígido (PRUDÊNCIO, 2013).

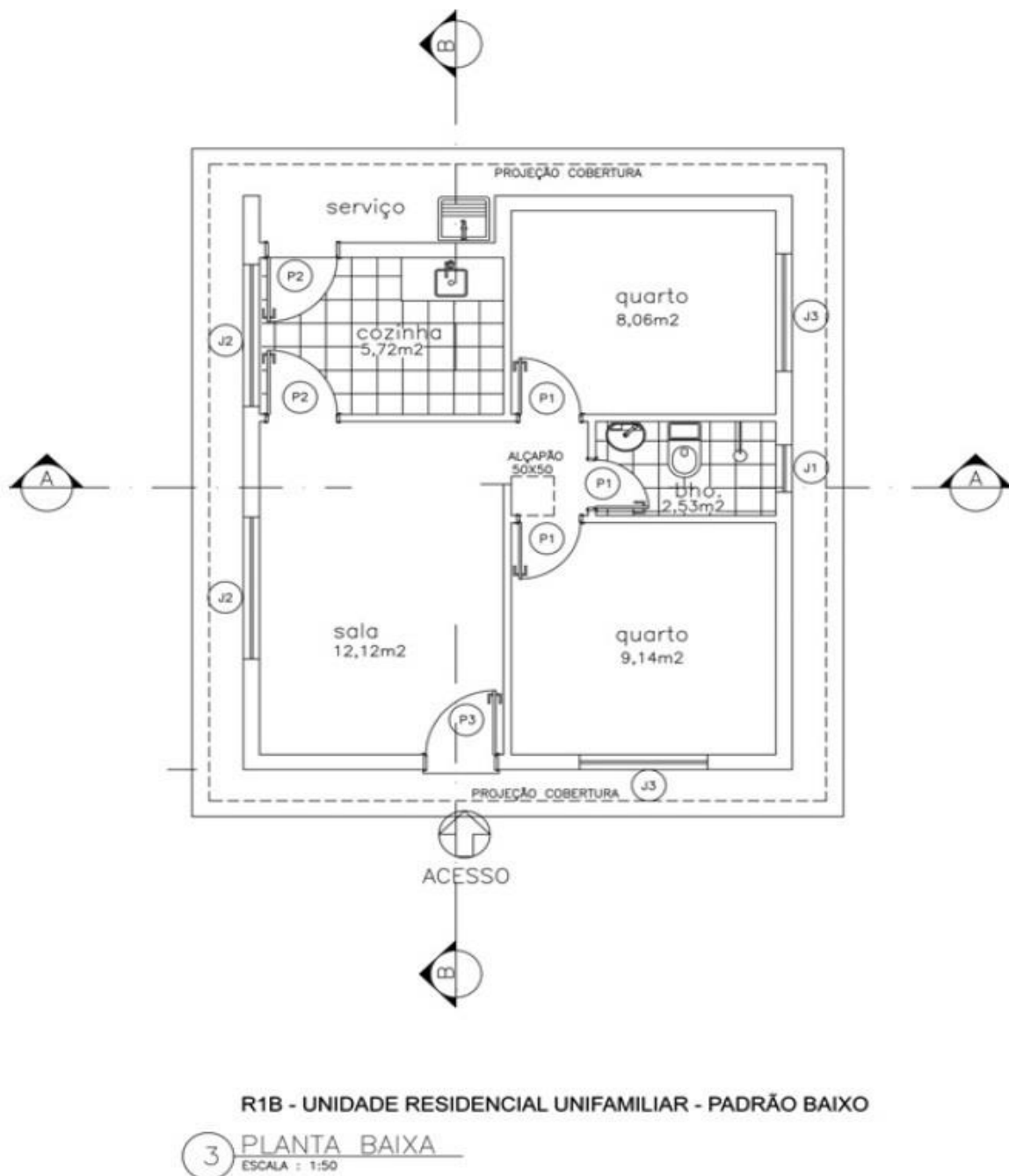
Para ambos os sistemas, as patologias são críticas para o bom comportamento da estrutura, ambas usam as paredes como suporte de carga. No sistema de Light Steel Framing, uma placa de compensado rachado ou cimento é facilmente identificado e substituído mostrando para o usuário onde a patologia que causou a quebra de tração está, pois as junções são menos rígidas, e as forças de tração não são bem conduzidas para regiões distantes. Isso ajuda o usuário a fornecer a manutenção apropriada rapidamente. Localmente, as obras são mais adaptadas com a metodologia concreta de construção. Executar lajes e concreto não mostram problemas, mas as paredes de concreto estrutural elemento exigem qualificação. Placas de concreto no local analisado foram compostas de alumínio, em diferença com as tradicionais placas de madeira, e esta placa requer cuidados especiais. Por outro lado, para construir com Light Steel Frame, é necessário treinar trabalhadores com novas ferramentas e novos métodos (MIRANDA; ZAMBONI, 2016).

No aspecto econômico, ambos os sistemas mostram soluções adequadas para projetos habitacionais e calibrando os custos indiretos, a velocidade de produção e a qualidade pode produzir um resultado positivo em práticas sustentáveis. Apesar disso, o custo unitário final do Light Stell Frame (R\$/m<sup>2</sup>) é menor que as paredes estruturais de concreto. Assim sendo, ambos os sistemas mostraram ser economicamente competitivos (PRUDÊNCIO, 2013).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS CONSTRUTIVOS

O presente estudo refere-se ao aspecto comparativo entre os sistemas construtivos de alvenaria e Light Steel Framing, tendo como base uma planta baixa de habitação popular com área real de 58,64 m<sup>2</sup> e área equivalente de 51,94 m<sup>2</sup>, conforme se pode observar abaixo:

Figura 22: Planta baixa padrão R1-B adaptada para avaliação dos custos construtivos.



Fonte: Cartilha Principais Aspectos (CUB/m<sup>2</sup>), SINDUSCON-GO.

O documento apresenta o projeto padrão de planta baixa de uma residência unifamiliar de padrão baixo R1-B, conforme apresentado na ficha técnica SINDUSCON - GO. A adaptação da planta baixa foi realizada pelos acadêmicos autores de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica, sem vínculo com qualquer construtora ou interessado, com o objetivo apenas de entrega do trabalho de conclusão de curso (TCC).

O cálculo de estruturas abrange o sistema construtivo da estrutura a qual realizará o detalhamento dos elementos estruturais básicos. Tem-se como base de especificações a tabela do SINAPI, a qual apresenta então as especificações de custos de materiais, de acordo com os valores especificados pela construção civil do Estado de Goiás.

Para a composição do custo total da obra e custo por m<sup>2</sup> foram utilizados os valores levantados através da metodologia definida e pesquisa através da tabela de valores de mão de obra do SINDUSCON-GO conforme a figura abaixo:

Figura 23: Custos por m<sup>2</sup> residência padrão baixo R1-B.

**CUB/m<sup>2</sup>** **Relatório 5 - Composição CUB/m<sup>2</sup> (Valores em R\$/m<sup>2</sup>)** **Sinduscon-GO**  
 Janeiro/2018  
 M.Obra com Encargos Sociais

**Projetos-Padrão Residenciais - Baixo**

Item	R1-B	PP-4-B	R8-B	PIS
Materiais	448,31	476,12	456,27	309,40
Mão de Obra	704,79	589,56	554,75	480,52
Despesas Administrativas	95,02	25,26	22,73	23,56
Equipamentos	2,96	2,86	3,00	1,50
<b>Total</b>	<b>1.251,08</b>	<b>1.093,80</b>	<b>1.036,75</b>	<b>814,98</b>

Fonte: Cartilha Principais Aspectos (CUB/m<sup>2</sup>), SINDUSCON-GO.

Para efeitos de cálculo de custo de mão de obra foi utilizado o valor de R\$704,79 (Mão de Obra e Encargos Sociais). Portanto, o custo total da mão de obra para a construção dessa residência é igual a R\$36.606,79, haja visto que a área equivalente é de 51,94 m<sup>2</sup>.

#### 4 ANÁLISE ALVENARIA ESTRUTURAL X LIGHT STEEL FRAME

A obra exemplificada no presente estudo refere-se a uma casa de caráter popular R1-B, que se refere então à residência unifamiliar de baixo padrão, com um pavimento, dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de tanque, tendo como área construída de projeto

padrão 51,94 m<sup>2</sup>. A sala tem 12,12 m<sup>2</sup>, quarto de solteiro de 8,06 m<sup>2</sup>, quarto de casal com 9,14 m<sup>2</sup>, cozinha de 5,72 m<sup>2</sup> e banheiro de 2,53 m<sup>2</sup>. Vale reiterar que ambas as técnicas construtivas foram analisadas considerando a construção da habitação em um terreno com boa capacidade de suporte na região de Anápolis e valores similares de mão de obra, pois são métodos construtivos complexos.

#### 4.1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS ALVENARIA ESTRUTURAL

Para o sistema construtivo de Alvenaria Estrutural foi adotada a fundação Estaca a trado Ø 30 cm e viga baldrame E = 11,5 cm. Para os aspectos da supra estrutura utilizou-se fôrma para estrutura em compensados, lajota e vigotas para forro com capeamento; concreto armado como armação estrutural Ø 10.0mm e alvenaria E=11,5cm, conforme descrito por Camacho (2006) no item 2.4.7, que tem-se como elementos principais da construções de alvenaria tijolos ou blocos, argamassa, graute e armaduras, além de elementos pré fabricados como vergas, contravergas e coxins.

O material quanto a alvenaria foi blocos cerâmicos (14x19x39cm), com juntas de 12 mm e argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, tendo as paredes espessuras então de 14cm. Vale reiterar os apontamentos de Costa (2011) de que os blocos cerâmicos (tijolos e blocos) são fundamentais para garantir a resistência da estrutura construída, conforme descrito no item 2.4.7.1. Já a argamassa foi explicada por Camacho (2006) no item 2.4.7.2 como componente usado na junção entre os blocos feitos de cimento, agregado miúdo, água e cal.

As esquadrias são janelas de alumínio comuns e vidro temperado.

A cobertura utilizou-se de estrutura de madeira para telhado, coberta com telha fibrocimento E=6 mm. Utilizou-se ainda rufo em chapa e calha de aço galvanizado e calha, conforme explicado por Costa (2011) no item 2.4.8.1, que especifica esse ser do tipo misto, a qual utiliza de treliça metálica, que transfere carregamento para caibros de madeiras, ripas e telhas.

No revestimento interno foi aplicado chapisco no teto E=3 mm, na alvenaria E=3mm, reboco paulista no teto e parede de 2.8. Utilizou-se revestimento cerâmico de paredes. Já no revestimento externo optou-se pela aplicação de chapisco aplicado em alvenaria E=3mm, e reboco na fachada. Cavalheiro (1999) no item 2.4.14 especificou que revestimento é uns dos aspectos de economia que a alvenaria estrutural apresenta.

Para a pintura optou-se por emassamento de teto e parede inicialmente e após pintura PVA. Na pavimentação foi utilizado contrapiso, piso ceramico e rodapé ceramico.

Quanto às instalações elétricas estas foram embutidas em laje e alvenaria deixando os locais para tomadas e interruptores, sendo realiado a enfição das unidades. Foi ainda instalado quadro de distriuição de cargas. Para a enfição utilizou eletroduto de alimentação QDG's e caixas de passagem elétrica.

Para instalações hidráulicas e de esgoto foi realizado a tubulação de esgoto e instalação de água fria por meio de tubos e conexões. Além de fossa séptica. Nesse processo utilizou-se de materiais como tanque, sanitário, válvulas, torneiras e registros, sendo o tanque simples e pré-molado de concreto com válvula em plástico branco, sifão plástico tipo copo, e pia com cuba inox, conforme pode-se observar na figura abaixo:

Figura 24: Custos residência unifamiliar padrão R1-B em Alvenaria Estrutural.

<b>Alvenaria Estrutural</b>		
<b>Item</b>	<b>Custo R\$</b>	<b>Porcentagem</b>
Serviços Preliminares	R\$ 785,20	1,81%
Fundação	R\$ 4.672,62	10,77%
Supra Estrutura	R\$ 7.180,30	16,54%
Esquadrias	R\$ 3.756,47	8,66%
Coberturas	R\$ 7.307,40	16,84%
Revestimento Interno	R\$ 3.885,70	8,95%
Revestimento Externo	R\$ 3.280,50	7,56%
Pintura Interna	R\$ 2.911,20	6,71%
Pavimentação	R\$ 2.354,50	5,43%
Instalações Elétricas	R\$ 2.418,76	5,57%
Instalações Hidráulicas e de Esgoto	R\$ 3.889	8,96%
Aparelhos	R\$ 871,73	2,01%
Complementação	R\$ 87,36	0,20%
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 43.400,32</b>	<b>100%</b>

Fonte: Pesquisadores Autores (2018).

Observa-se na figura 24 acima que os maiores custos em construções de alvenaria são o de supra estrutura, com 16,54%, 10,77% para com a fundação, e no ambito da cobertura com 16,84%.

## 4.2 ASPECTOS CONSTRUTIVOS LIGHT STEEL FRAME

Os aspectos construtivos do sistema Light Steel Frame não são iguais aos de Alvenaria. A fundação usada foi a de Radier de Concreto usinado bombeável, classe de resistência C25, com brita 0 e 1, Slump=100 +/- . A armadura foi CA-50, Ø 8,00mm, vergalhão, Pedra britada n.1 (9,5 a 19mm), lona plástico para impermeabilização, pregos de aço polido com cabeça 17 x 21 e chapa de madeira compensada de pinus de 2,20x1,60m, E=10mm. Para calçamento externo também utilizou materiais como pedra britada n. 1, concreto usinado bombeável, tela de aço soldado nervurada.

Referente à estrutura optou se por montante e perfil guia 90m Light Steel Frame; contraventamento metálico, vedação externa placa cimentícia 10mm x 1,20m, vedação para banheiro e cozinha de placa cimentícia de 8mm, fita telada profort, membrana hidrofuga para proteção da estrutura, tela fibra profort, base coat Balde de 20kg, parafuso PB 32 rusper, Pingadeira para acabamento externo; Cantoneira PVC perfurada para quinas/cantos; Chapa de Drywall Standard 1,2mx1,8m; Parafuso TTPC 25; Fita junta acabamento; Massa para Junta de Acabamento de Drywall; Parafuso Auto Brocante #10; Ancoragem Chumbador Parabolt grande; Porca Sextavada M8 zincad;. Arruela lisa m8 zincada; Parafuso sextavado zincado m16; Banda Acústica 90mm e Lã de Vidro, conforme foi descrito por Santiago (2012) de que essa estrutura deve ser bem montada visando suporte a cargas, e isso é tanto interno como externos, conforme especificado no item 2.5.8.

Para as esquadrias utilizou-se porta de madeira compensada lisa 70x210 cm, porta de madeira externa maciça almofadada 80x210 cm, porta alumínio de abrir de tamanho 80x210; janela de alumino de abrir e correr, sendo a de abrir 80x210cm e de correr de 100x120, e também de 100x150cm. Teve-se ainda janela alumínio basculante 60x60 cm, vidro fantasia tipo canelado espessura de 4 mm e vidro liso comum transparente de espessura de 3mm.

Para cobertura utilizou-se de Montante 90 mm Light Steel Frame, Ripa Metálica, telha de fibrocimento E=8 mm e parafuso para vedação para telha. Conforme foi apontado no item 2.5.10 por Santiago (2012) e Moliterno (2003) de que a cobertura pode ser de materiais diversos desde que sejam impermeáveis a água, vento e intempéries. Conta ainda como no caso do sistema de alvenaria de elementos estruturais como ripas, caibros, porém a armação de madeira é substituída por perfis galvanizados.

No revestimento, forro e pintura foi optado pelos seguintes materiais: Cerâmica interna cozinha 33x46, 6 cm; Cerâmica interna banheiro 33x46, 6 cm; Argamassa Colante AC II; Forro PVC l=10cm; Tinta látex pva standart, cor branca; Massa para textura lisa de base



acrílica, cor branca, uso externo ou interno; Verniz sintético em madeira, duas de mãos, e conforme especificou Santiago (2012) de que o método siding vinílico é o mais recomendado e adequado aos painéis de OSB, devido a qualidade de melhor acabamento, além de ser de fácil aplicação e limpeza.

Na pavimentação o material escolhido foi Piso em cerâmica esmaltada, padrão popular, PEI maior ou igual 3, menor ou igual a 2,025 cm<sup>2</sup>; Argamassa colante AC I para assentamento de piso cerâmico interno; Piso em cerâmica anti-derrapante padrão popular para ambiente externo; Argamassa colante para assentamento de piso cerâmico externo.

Para as instalações elétricas, a escolha foi por caixa de passagem metálica 4"x2"; octogonal - metálica - 4"x; Curva - 90° - PVC - 3/4"; Eletroduto - PVC Rígido - 3/4"; Luva - PVC - 3/4"; Eletroduto - PVC Rígido - 1/2"; Quadro de distribuição de imbutir c/ barramento monofásico para 6 disjuntores; condutores de cobre de 1,5, 10,0, 2,5, 6,0, e de mm<sup>2</sup>; disjuntores termomagnético 15 e 25 A monofásico, 30 A bifásico e monofásico; espelho plástico 4"x2"; Interruptores de 1 T.S. e espelho - 4"x2"; de 1 T.S., conj.c/tomada e espelho; de 2 T.S. e espelho - 4"x2" e Tomada de corrente e espelho - 4"x2".

Para as instalações hidráulicas a escolha foi por um adaptador curto, com bolsa e rosca de 25 mm x 3/4" para água fria, adaptador soldável, com flange e anel de vedação - 25mm x 3/4, e com flange fixo - 32mm x 1"; joelho soldável com bucha de latão de 25 mm e soldável de 25 e 32 mm; Luva soldável e com bucha de latão - 25mm x; Registro de gaveta 3/4", com canopla cromada; Registro de pressão - Fo.Go. - 3/4", com canopla; Registro de pressão - Fo.Go. - 3/4", com canopla; Te - soldável - 25 mm; Tubo soldável de 25 e 32 mm; Caixa d'água em polietileno 500L, com tampa; Torneira de bóia convencional plástica 3/4" com balão plástico.

Já nas instalações sanitárias foi optado por Bucha de redução de PVC, soldável longa; Caixa de inspeção e gordura dupla, pré-moldado, circular, com tampa, D=60 cm, H=60 cm; Caixa de passagem; Caixa sifonada - (100x100x50) mm, com grelha redonda branca; Curva - raio curto - 100 mm; Joelho - 90° - 40 mm; Tubo PVC de 40 mm e 100 mm. Os aparelhos de acabamento sanitário foi cabide plástico com um gancho, de sobrepor, chuveiro comum de plástico branco, lavatório de louça, papeleira de parede e saboneteira de parede em metal cromado; tampo de pia em marmorite; vaso sanitário, auto-sifonado, caixa acoplado; tanque simples pré-moldado de concreto com válvula em plástico branco; sifão plástico tipo copo 1. 1/4; torneira cromada 1/2" para lavatório padrão e 3/4" para parede.

Conforme explicou Campos (2014) que instalações hidrossanitárias em técnicas construtivas Light Steel Frame são os mesmos materiais empregados na construção

convencional, como PVC, eletroduto, quadro de distribuição, sendo somente diferente por que são inseridos na parte interna antes do fechamento, conforme item 2.5.16.

Conforme especificação da figura abaixo:

Figura 25: Custos de uma residência unifamiliar padrão R1-B em Light Steel Frame.

Light Steel Frame		
Item	Custo R\$	Porcentagem
Serviços Preliminares	R\$ 434,20	1,08%
Fundação Radier	R\$ 2.728,55	6,80%
Calçada Externa	R\$ 779,74	1,94%
Supra Estrutura	R\$ 15.067,21	37,53%
Esquadrias	R\$ 6.283,00	15,65%
Cobertura	R\$ 4.822,06	12,01%
Revestimento, Forro e Pintura	R\$ 5.283,90	13,16%
Pavimentações	R\$ 1.205,00	3,00%
Instalações Elétricas	R\$ 780,13	1,94%
Instalações Hidráulicas	R\$ 445,75	1,11%
Instalações Sanitárias	R\$ 1.348,72	3,36%
Aparelhos	R\$ 850,20	2,12%
Complementação	R\$ 115,20	0,29%
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 40.143,66</b>	<b>100%</b>

Fonte: pesquisadores autores (2018).

Conforme se observa na figura 22 acima os custos maiores da construção por Light Steel Frame são referentes à supra estrutura que representa 37,53% da obra, 15,65% esquadrias, 12,01% cobertura, e 13,16% custos com revestimento. Comparando a técnica construtiva Alvenaria Estrutural com a de Light Steel Frame notou-se que os custos quanto a locação de obra em alvenaria se apresenta maior.

Na realização de fundação também foi observado esse maior custo. Não teve conotação de calçada externa no sistema de alvenaria. Quanto à supra estrutura o Light Steel Frame foi maior em termo de custo em comparação de alvenaria, assim como em esquadrias. Tais resultados vão de encontro ao estudo de Prudêncio (2013) que aponta que no aspecto econômico, ambos os sistemas mostram soluções adequadas para projetos habitacionais e calibrando os custos indiretos, a velocidade de produção e a qualidade. Assim, ambos os sistemas mostraram ser economicamente competitivos.

A cobertura obteve menor custo no sistema construtivo de Alvenaria Estrutural. Revestimento, forro e pintura obtiveram custos maiores em Alvenaria, bem como

pavimentação, instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias. Já o custo quanto a aparelhos foram equivalentes.

Resultado similar foi descrito por Zamboni (2016) que também comparara o sistema construtivo Light Steel Frame com o a Alvenaria Convencional na construção de uma obra residencial popular, a qual o Light Steel Frame também se apresenta mais oneroso, isso apontado pelo autor devido ao custo maior dos elementos da supra estrutura, que são os materiais de aço galvanizado e também placas cimentícias. Já a Alvenaria Estrutural apresenta materiais menos industrializados e mais acessíveis, o que favorecem para o seu menor custo.

A seleção de materiais de construção é um fator relevante na sustentabilidade, mas parece ser mais importante focar em outros aspectos, como velocidade de construção e redução de custos, do que em uma escolha cuidadosa dos materiais, através da avaliação do ciclo de vida, levando em conta aspectos ambientais, sociais ou econômicos. Como os materiais de construção, tanto o aço como o solo, têm vantagens ambientais inegáveis (BARBOSA, 2000; PRUDÊNCIO, 2013).

O aço estrutural, devido à sua resistência superior, quando comparado ao concreto armado, permite a execução de elementos estruturais com seções inferiores, possibilitando a construção de estruturas maiores, que consomem menos matérias-primas. Além disso, ao contrário do concreto armado. O aço pode ser facilmente reutilizado ou reciclado no final da vida útil do edifício. Devido às características naturais do aço, as estruturas de aço permitem a otimização de recursos e fornecem um ambiente construído mais racional e eficaz. Neste contexto, o sistema construtivo Light Steel Frame oferece uma possibilidade real de progresso em relação à qualidade de soluções construtivas e a eficiência dos materiais que emprega, contribuindo para uma construção mais sustentável. Por outro lado, há um momento para a reintrodução da construção de antigas técnicas, que foram abandonadas ao longo do tempo, e que podem ter uma importante contribuição a cultura sustentável (PRUDÊNCIO, 2013; ZAMBONI, 2016).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo realizado pode-se observar que os sistemas construtivos de Alvenaria Estrutural e de Light Steel Frame apresentam características diferentes, tanto no método de construção como nos materiais empregados, e com isso, cada técnica apresenta suas vantagens e desvantagens em termos de custos. Ambos os métodos construtivos possuem custos expressivos quando comparados a métodos convencionais, sendo o custo da residência em questão um pouco mais caro em Alvenaria Estrutural quando comparado com a mesma residência em Light Steel Frame. Essa questão é justificada pelo uso de materiais e recursos de alto nível de industrialização e materiais não tão acessíveis quando se trata de Light Steel Frame, ao contrário da Alvenaria Estrutural, onde os materiais são amplamente ofertados no Brasil. Quanto aos aspectos sustentáveis pode-se apontar a baixa geração de resíduos e a não utilização de água na etapa construtiva que a técnica Light Steel Frame apresenta, ao contrário da Alvenaria Estrutural, que possui alta produção de resíduos.

Quanto às vantagens da técnica construtiva Light Steel Frame, mesmo possuindo um custo relativamente elevado, referem-se à baixa geração de resíduos, obra mais rápida e com menos manutenção. Já na Alvenaria Estrutural mesmo com o custo expressivo, a acessibilidade aos materiais e a disponibilidade de mão de obra no Brasil se tornam pontos interessantes a observar na hora de escolher um método construtivo. Dessa forma, pode-se colocar que os resultados do presente estudo demonstram o custo um pouco maior do método de Alvenaria Estrutural comparado ao de Light Steel Frame em uma obra residencial de padrão baixo, porém, devido à acessibilidade de materiais e mão de obra, o método de Alvenaria Estrutural sai na frente, deixando de ser economicamente viável somente se levarmos em consideração uma grande quantidade de casas, pois desse modo o valor se torna bem mais relevante.

O embate quanto aos custos é somente um dos pontos que são discutidos. Porém, é necessário colocar que se tem buscado sistemas construtivos que apresentem custos e benefícios consideráveis e que diminuam os impactos ambientais. E, diante de tais abordagens é que a análise entre um sistema construtivo e outro se faz pertinente, porém, mesmo apresentando inúmeras viabilidades, o que merece ressaltar é a dificuldade de acesso aos materiais utilizados no sistema construtivo Light Steel Frame no Brasil, principalmente para o acesso na cidade de Anápolis, o que colabora para aumento dos custos e a escolha por outro método, no caso o método de Alvenaria Estrutural, que a termo de método construtivo de alto nível se faz mais viável.

Pode-se reiterar como fechamento desse estudo e analisando as características de cada sistema construtivo, que mesmo uma residência em Alvenaria Estrutural sendo um pouco mais cara que uma residência em Light Steel Frame, outros pontos merecem ser considerados, como exemplo o padrão mais elevado de construção, que vai além do aspecto econômico. Ambos são métodos construtivos de alto nível, que possuem grande durabilidade, flexibilidade do projeto arquitetônico, isolamento termo acústico obtido, e qualidade nos materiais utilizados, porém, mesmo com uma residência em Light Steel Frame possuindo maior velocidade de construção e baixo peso da estrutura, a viabilidade tanto de mão de obra quanto de insumos fazem da Alvenaria Estrutural o método construtivo melhor a ser utilizado em questão.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Letícia Pereira. Comparativo do custo benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas steel frame e wood frame. Revista Especialize. IPOG. Goiânia. vol 01, n. 10, dez, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 2004.

AZEVEDO, Vanessa da Silva; COSTA, Ronald Alves da; ROCHA, Romulo Costa. **Edificações sustentáveis compostas por sistemas construtivos modulares em aço: utilização de containers para construção de pólos educacionais universitários**. São Paulo. Congresso Latino –Americano da Construção Metálica. 20 a 22 de setembro de 2016.

BARBOSA, Palmira Cordeiro. **Estudo da interação de paredes de alvenaria estrutural com vigas de concreto armado**. Dissertação Mestrado em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

BRASIL. **Programa Minha Casa Minha Vida**. Entenda as novas regras do Minha Casa Minha Vida. 2017. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-planalto/noticias/2017/02/entenda-as-novas-regras-do-minha-casa-minha-vida>. Acesso em 01 mai 2018.

BRASILEIRO, L. L; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Cerâmica. v 61, n. 2, p. 178-189, 2015.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projetos de edifício de alvenaria Estrutural**. São Paulo, 2006.

CAMPOS, Patrícia Farrielo de. **Light Steel Framing**: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo - FAUUSP. São Paulo, 2014.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, **Relatório MCMV Parte 1**, p. 34. 2017. Disponível em: <http://polis.org.br/wp-content/uploads/MCMV.pdf>> Acesso 30 maio 2018.

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. **Alvenaria Estrutural: Tão Antiga e tão atual**. Universidade Federal de Santa Maria. Coordenador do Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Alvenaria Estrutural (GPDAE), 1999.

COSTA, Ramsés Yuri da. **Dimensionamento da mão de obra na execução de edifícios em alvenaria estrutura**. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos. Curso de Engenharia Civil. São Carlos, 2011.

FERREIRA, Marcelo Menando. **Estudo de fundação: Execução de sapata de grande dimensão**. Brasil 2009

<http://www.cimentoitambe.com.br/o-espaco-conquistado-pela-alvenaria-estrutural/>

<http://www2.planalto.gov.br/acompanhe-planalto/noticias/2017/02/entenda-as-novas-regras-do-minha-casa-minha-vida>

KATO, Ricardo Bentes. **Comparação entre o sistema construtivo convencional e o sistema construtivo em alvenaria estrutural segundo a teoria da construção enxuta**. Dissertação. Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LARUCCIA, Mauro Maia. **Sustentabilidade e Impactos Ambientais e a Construção Civil**. ENIAC Pesquisa, Guarulhos (SP), p. 69-84, v. 3, n. 1, jan.-jun. 2014.

MACHADO, Roberto Dalledone. **O espaço conquistado pela alvenaria estrutural**. [s.n.] Curitiba, 2010

MIRANDA, Deividy; ZAMBONI, Luiz Ricardo. **Estudo comparativo entre o sistema construtivo Light Steel Frame e o sistema de alvenaria convencional em casas populares**. Curso de Engenharia Civil. Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, 2016.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. São Paulo, 2003.

NONATO, Luiz Fernando Costa. **Alvenaria estrutural em suas implicações**. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Curso de Especialização em Construção Civil. Belo Horizonte, 2013.

PASSINI, Pedrosa Sharon et al. **Stell Frame na construção civil**. Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional, 2014.

PEDRON, Angela Patrícia Bovolini. **Estudo sobre o impacto da evidenciação de informações ambientais na rentabilidade e valor das empresas listadas na BM&FBOVESPA**. 2014. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.

PRUDÊNCIO, Marcus Vinícius M. V. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e Light Steel Framing**. 2013. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Editora Pini, 2003. 174 p.

ROCHEDO, Cristiano Sesti. **Estudo comparativo do dimensionamento de um edifício de alvenaria estrutural de oito pavimentos: empregando blocos cerâmicos e blocos de concreto**. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2012.

SALGADO, Júlio César Pereira. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 3. ed. rev. São Paulo : Érica, 2014.

SANTIAGO, Alexandre Kokke et al. **Steel Framing: Arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA, 2012. 151p. 29 cm. (Série Manual de Construção em Aço).



SCHMITZ, I. B. T. A. **Estudo da Reciclagem da Pasta de Gesso para Construção Civil.** Relatório de Pesquisa. Recife: Universidade de Pernambuco, 2008

SINDUSCON – GO. **Custos Unitários Básicos de Construção.** (NBR 12.721:2006 - CUB 2006) - Janeiro/2018

VACCARI, Lara Coelho. **O hiato entre atitude e comportamento ecologicamente conscientes: um estudo com consumidores de diferentes gerações.** 2014. 246p. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

## ANEXOS

## Orçamento da obra em Alvenaria Estrutural (Início)

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total R\$
<b>1.0</b>	<b>Serviços Preliminares</b>				
1.1	Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleteadas a cada 1,50m, sem reaproveitamento.	m <sup>2</sup>	52	R\$ 15,10	R\$ 785,20
	<b>Sub Total</b>				R\$ 785,20
<b>2.0</b>	<b>Fundação</b>				
2.1	Estaca a Trado Ø 30 cm	m	54	R\$ 61,03	R\$ 3.295,62
2.2	Viga Baldrame E=11,5 cm	m	45	R\$ 30,60	R\$ 1.377,00
	<b>Sub Total</b>				R\$ 4.672,62
<b>3.0</b>	<b>Supra Estrutura</b>				
3.1	Fôrma para estrutura em compensado plastificado	m <sup>2</sup>	10	R\$ 38,36	R\$ 383,60
3.2	Laje Pré-Moldada Convencional (Lajotas + Vigotas), p/ forro com capeamento	m <sup>2</sup>	40	R\$ 44,86	R\$ 1.794,40
3.3	Concreto Armado	m <sup>3</sup>	2	R\$ 330	R\$ 660
3.4	ARMAÇÃO ESTRUTURAL Ø 10.0 MM	kg	20	R\$ 8,90	R\$ 178,00
3.5	ALVENARIA E=11,5 CM	m <sup>2</sup>	90	R\$ 46,27	R\$ 4.164,30
	<b>Sub Total</b>				R\$ 7.180,30
<b>4.0</b>	<b>Esquadrias</b>				
4.1	JANELA DE VIDRO TEMPERADO	m <sup>2</sup>	6	R\$ 161,80	R\$ 970,80
4.2	KIT PORTA PARA VERNIZ PADRÃO MÉDIO 70 X 210 CM	unidade	1	R\$ 355,46	R\$ 355,46
4.3	KIT PORTA PARA VERNIZ PADRÃO MÉDIO 80 X 210 CM	unidade	5	R\$ 357,67	R\$ 1.788,35
4.4	KIT DE FERRAGEM PARA PORTA TIPO EXTERNA	cj	5	R\$ 109,10	R\$ 545,50
4.5	KIT DE FERRAGEM PARA PORTA DE BANHEIRO	cj	1	R\$ 96,36	R\$ 96,36
	<b>Sub Total</b>				R\$ 3.756,47
<b>5.0</b>	<b>Cobertura</b>				
5.1	ESTRUTURA DE MADEIRA PARA TELHADO	m <sup>2</sup>	40	R\$ 67,95	R\$ 2.718,00
5.2	COBERTURA COM TELHA FIBROCIMENTO E= 6MM	m <sup>2</sup>	40	R\$ 32,35	R\$ 1.294,00
5.3	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO	m	70	R\$ 27,78	R\$ 1.944,60
5.4	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO	m	40	R\$ 33,77	R\$ 1.350,80
	<b>Sub Total</b>				R\$ 7.307,40
<b>6.0</b>	<b>Revestimento Interno</b>				
6.1	CHAPISCO APLICADO EM TETO E = 3MM	m <sup>2</sup>	40	R\$ 2,60	R\$ 104,00
7.1	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA E = 3MM	m <sup>2</sup>	90	R\$ 2,95	R\$ 265,50
7.2	REBOCO EXTERNO (FACHADAS)	m <sup>2</sup>	90	R\$ 33,50	R\$ 3.015,00
	<b>Sub Total</b>				R\$ 3.280,50
<b>8.0</b>	<b>Pintura Interna</b>				
8.1	EMASSAMENTO DE TETO	m <sup>2</sup>	40	R\$ 19,20	R\$ 768,00
8.2	EMASSAMENTO DE PAREDE	m <sup>2</sup>	90	R\$ 7,75	R\$ 697,50
8.3	PINTURA PVA PARA TETO	m <sup>2</sup>	40	R\$ 10,83	R\$ 433,20
8.4	PINTURA PVA PARA PAREDES	m <sup>2</sup>	90	R\$ 11,25	R\$ 1.012,50
	<b>Sub Total</b>				R\$ 2.911,20
<b>9.0</b>	<b>Pavimentação</b>				
9.1	CONTRAPISO	m <sup>2</sup>	40	R\$ 25,43	R\$ 1.017,20
9.2	PISO CERÂMICO	m <sup>2</sup>	40	R\$ 32,37	R\$ 1.294,80
9.3	RODAPÉ CERÂMICO E= 10 CM	m <sup>2</sup>	5	R\$ 8,50	R\$ 42,50
	<b>Sub Total</b>				R\$ 2.354,50

**(Continuação)**

<b>10.0</b>	<b>Instalações Elétricas</b>				
10.1	TUBULAÇÃO EMBUTIDA EM LAJE E ALVENARIA	cj	1	R\$ 252,20	R\$ 252,20
10.2	TOMADAS E INTERRUPTORES	cj	1	R\$ 140,60	R\$ 140,60
10.3	ENFIAÇÃO (UNIDADES)	cj	1	R\$ 138,68	R\$ 138,68
10.4	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS	cj	1	R\$ 44,38	R\$ 44,38
10.5	ELETRODUTO DE ALIMENTAÇÃO DOS QDG'S	m	40	R\$ 7,30	R\$ 292,00
10.6	CAIXAS DE PASSAGEM ELÉTRICA	unidade	1	R\$ 432,50	R\$ 432,50
10.7	ENFIAÇÃO ALIMENTAÇÃO DAS UNIDADES (EPR 16 MM <sup>2</sup> )	m	40	R\$ 27,96	R\$ 1.118,40
	<b>Sub Total</b>				R\$ 2.418,76
<b>11.0</b>	<b>Instalações Hidráulicas e de Esgoto</b>				
11.1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA DAS UNIDADES	cj	1	R\$ 158,60	R\$ 158,60
11.2	Tubulação de esgoto	cj	1	R\$ 1.482,76	R\$ 1.482,76
11.3	INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA (TUBOS E CONEXÕES)	cj	1	R\$ 604,48	R\$ 604,48
11.4	FOSSA SÉPTICA	unidade	1	R\$ 1.642,74	R\$ 1.642,74
	<b>Sub Total</b>				R\$ 3.888,58
<b>12.0</b>	<b>Aparelhos</b>				
12.1	Colocação de Louças e Metais (Tanque, Sanitário, Válvulas, Torneiras e Registro)	cj	1	R\$ 539,43	R\$ 539,43
	Tanque simples pré moldado de concreto com válvula em plástico branco 1.1/4"x1.1/2", sifão				
12.2	plástico tipo copo 1.1/4"	unidade	1	R\$ 157,60	R\$ 157,60
12.3	Pia com cuba Inox (195 X 60cm)	unidade	1	R\$ 174,70	R\$ 174,70
	<b>Sub Total</b>				R\$ 871,73
<b>13.0</b>	<b>Complementação</b>				
13.1	Limpeza Final da Obra	m <sup>2</sup>	48	R\$ 1,82	R\$ 87,36
	<b>Sub Total</b>				R\$ 87,36
	<b>Valor Total</b>				R\$ 43.400,32

Fonte: Pesquisadores Autores (2018).

## Orçamento da obra em Light Steel Frame (Início)

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total R\$
<b>1.0</b>	<b>Serviços Preliminares</b>				
1.1	Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleteadas a cada 1,50 m, sem reaproveitamento	m <sup>2</sup>	52	R\$ 8,35	R\$ 434,20
	<b>Sub Total</b>				R\$ 434,20
<b>2.0</b>	<b>Fundação Radier</b>				
2.1	Concreto usinado bombeável, classe de resistência C25, com brita 0 e 1, Slump=100 +/- 20mm, inclui serviço de bombeamento	m <sup>3</sup>	6,2	R\$ 282,35	R\$ 1.750,57
2.2	Armadura CA-50, Ø 8,00mm, vergalhão	kg	80	R\$ 5,08	R\$ 406,40
2.3	Pedra britada n.1 (9,5 a 19mm)	m <sup>3</sup>	2,7	R\$ 107,90	R\$ 291,33
2.4	Lona plástica para impermeabilização	m <sup>2</sup>	50	R\$ 2,90	R\$ 145,00
2.5	Prego de Aço polido com cabeça 17x21	kg	2,5	R\$ 7,20	R\$ 18,00
2.6	Chapa de madeira compensada de pinus, virola ou equivalente, de 2,20x1,60m, E=10mm	m <sup>2</sup>	7	R\$ 16,75	R\$ 117,25
	<b>Sub Total</b>				R\$ 2.728,55
<b>3.0</b>	<b>Calçada Externa</b>				
3.1	Pedra britada n.1 (9,5 a 19mm)	m <sup>3</sup>	1,6	R\$ 107,90	R\$ 172,64
3.2	Concreto usinado bombeável, classe de resistência C25, com brita 0 e 1, Slump=100 +/- 20mm, inclui serviço de bombeamento	m <sup>3</sup>	1,2	R\$ 251,00	R\$ 301,20
3.3	Tela de aço soldada nervurada, CA-60 5mm, malha 10x10cm	m <sup>2</sup>	23	R\$ 13,30	R\$ 305,90
	<b>Sub Total</b>				R\$ 779,74
<b>4.0</b>	<b>Supra Estrutura</b>				
4.1	Montante 90mm Light Steel Frame	m	234	R\$ 9,65	R\$ 2.258,10
4.2	Perfil Guia 90mm Light Steel Frame	m	75	R\$ 10,30	R\$ 772,50
4.3	Contraventamento metálico	m	60	R\$ 4,00	R\$ 240,00
4.4	Vedação externa placa cimentícia 10mm x 1,20m	m <sup>2</sup>	60	R\$ 37,80	R\$ 2.268,00
4.5	Vedação interna (banheiro/coz) placa cimentícia 8mm x 1,2m x 2,4m	m <sup>2</sup>	35	R\$ 30,50	R\$ 1.067,50
4.6	Fita Telada profort (rolo 50m)	unidade	2	R\$ 31,90	R\$ 63,80
4.7	Membrana Hidrofuga para proteção da estrutura	m <sup>2</sup>	60	R\$ 4,80	R\$ 288,00
4.8	Tela Fibra Profort	m <sup>2</sup>	60	R\$ 5,05	R\$ 303,00
4.9	Base Coat Balde 20kg (rende 5m2)	unidade	17	R\$ 82,90	R\$ 1.409,30
4.10	Parafuso PB 32 rusper (cx500pcs)	cx	3	R\$ 65,90	R\$ 197,70
4.11	Pingadeira para acabamento externo	m	25	R\$ 11,95	R\$ 298,75
4.12	Cantoneira pvc perfurada para quinas/cantos	m	60	R\$ 9,15	R\$ 549,00
4.13	Chapa de Drywall Standard 1,2mx1,8m (2,16m2)	m <sup>2</sup>	90	R\$ 12,90	R\$ 1.161,00
4.14	Parafuso TTPC 25	pc	2500	R\$ 0,05	R\$ 125,00
4.15	Fita junta acabamento	m	200	R\$ 0,65	R\$ 130,00
4.16	Massa para Junta de Acabamento de Drywall	kg	80	R\$ 2,40	R\$ 192,00
4.17	Parafuso Auto Brocante #10	pc	800	R\$ 0,20	R\$ 160,00
4.18	Ancoragem Chumbador Parabolt grande	pc	62	R\$ 7,60	R\$ 471,20
4.19	Porca Sextavada M8 zincad	pc	62	R\$ 1,10	R\$ 68,20
4.20	Arruela lisa m8 zincada	pc	62	R\$ 0,14	R\$ 8,68
4.21	Parafuso sextavado zincado m16	pc	62	R\$ 8,60	R\$ 533,20
4.22	Banda Acústica 90mm	m	40	R\$ 7,70	R\$ 308,00
4.23	Lã de vidro	m <sup>2</sup>	92	R\$ 6,90	R\$ 634,80
	<b>Sub Total</b>				R\$ 15.067,21
<b>5.0</b>	<b>Esquadrias</b>				
5.1	Porta de madeira compensada lisa 70x210cm incluso caixilho, guarnição e ferragem	unidade	3	R\$ 230,00	R\$ 690,00
5.2	Porta de madeira externa maciça almafadada 80x210cm incluso caixilho,guarnição e ferragem	unidade	1	R\$ 550	R\$ 550,00
5.3	Porta alumínio de abrir de 80x210cm	unidade	2	R\$ 750	R\$ 1.500
5.4	Janela alumínio de correr 100x120cm	unidade	2	R\$ 650	R\$ 1.300
5.5	Janela alumínio de correr 100x150cm	unidade	2	R\$ 740	R\$ 1.480
5.6	Janela alumínio basculante 60x60cm	unidade	1	R\$ 230	R\$ 230,00
5.7	Vidro fantasia tipo canelado, espessura 4mm	m <sup>2</sup>	0,36	R\$ 95	R\$ 34,20
5.8	Vidro liso comum transparente, espessura 3mm	m <sup>2</sup>	5,8	R\$ 86	R\$ 498,80
	<b>Sub Total</b>				R\$ 6.283,00

## (Continuação)

<b>6.0</b>	<b>Cobertura</b>				
6.1	Montante 90mm Light Steel Frame	m	110	R\$ 9,65	R\$ 1.061,50
6.2	Ripa Metálica	m	44	R\$ 8,00	R\$ 352,00
6.3	Telha de fibrocimento e= 8mm	m <sup>2</sup>	60	R\$ 38,10	R\$ 2.286,00
6.4	Cumeeira universal para telha de fibrocimento, espessura 8 mm	m	12	R\$ 89,38	R\$ 1.072,56
6.5	Parafuso de Vedação para Telha	unidade	100	R\$ 0,50	R\$ 50,00
	<b>Sub Total</b>				R\$ 4.822,06
<b>7.0</b>	<b>Revestimento, Forro e Pintura</b>				
7.1	Cerâmica interna cozinha 33x46,6cm	m <sup>2</sup>	91,52	R\$ 13,60	R\$ 1.244,67
7.2	Cerâmica interna banheiro 33x46,6cm	m <sup>2</sup>	40,48	R\$ 13,60	R\$ 550,53
7.3	Argamassa Colante AC II	unidade	30	R\$ 21,90	R\$ 657,00
7.4	Forro PVC l=10cm,	m <sup>2</sup>	55	R\$ 27,14	R\$ 1.492,70
7.5	Tinta látex pva standart, cor branca	L	40	R\$ 26,50	R\$ 1.060,00
7.6	Massa para textura lisa de base acrílica, cor branca, uso externo ou interno	m <sup>2</sup>	60	R\$ 2,60	R\$ 156,00
7.7	Verniz sintético em madeira, duas demãos	m <sup>2</sup>	15	R\$ 8,20	R\$ 123,00
	<b>Sub Total</b>				R\$ 5.283,90
<b>8.0</b>	<b>Pavimentações</b>				
8.1	Piso em cerâmica esmaltada, padrão popular, PEI maior ou igual 3, menor ou igual a 2,025 cm2	m2	50	R\$ 10,50	R\$ 525,00
8.2	Argamassa colante AC I para assentamento de piso cerâmico interno	m2	40	R\$ 2,25	R\$ 90,00
8.3	Piso em cerâmica anti-derrapante padrão popular para ambiente externo	m2	40	R\$ 12,50	R\$ 500,00
8.4	Argamassa colante para assentamento de piso cerâmico externo	m2	40	R\$ 2,25	R\$ 90,00
	<b>Sub Total</b>				R\$ 1.205,00
<b>9.0</b>	<b>Instalações Elétricas</b>				
9.1	Caixa de passagem - metálica - 4" x 2"	unidade	14	R\$ 0,93	R\$ 13,02
9.2	Caixa de passagem - octogonal - metálica - 4" x 4"	unidade	1	R\$ 1,56	R\$ 1,56
9.3	Curva - 90º - PVC - 3/4"	unidade	2	R\$ 2,25	R\$ 4,50
9.4	Eletroduto - PVC Rígido - 3/4"	m	12	R\$ 2,10	R\$ 25,20
9.5	Luva - PVC - 3/4"	unidade	6	R\$ 1,30	R\$ 7,80
9.6	Eletroduto - PVC Rígido - 1/2"	m	29	R\$ 1,50	R\$ 43,50
9.7	Quadro de distribuição de imbutir c/ barramento monofásico para 6 disjuntores	unidade	1	R\$ 126,65	R\$ 126,65
9.8	Condutor de cobre - 1,5 mm2 - 750 V	m	90	R\$ 1,00	R\$ 90,00
9.9	Condutor de cobre - 10,0 mm2 - 750V	m	25	R\$ 5,25	R\$ 131,25
9.10	Condutor de cobre - 2,5 mm2 - 750 V	m	90	R\$ 1,40	R\$ 126,00
9.11	Condutor de cobre - 6,0 mm2 - 750 V	m	15	R\$ 3,10	R\$ 46,50
9.12	Conector para fio - 10 mm2	unidade	3	R\$ 2,30	R\$ 6,90
9.13	Disjuntor termomagnético - 15 A - monofásico	unidade	1	R\$ 9,85	R\$ 9,85
9.14	Disjuntor termomagnético - 25 A - monofásico	unidade	1	R\$ 9,90	R\$ 9,90
9.15	Disjuntor termomagnético - 30 A - bifásico	unidade	1	R\$ 44,90	R\$ 44,90
9.16	Disjuntor termomagnético - 30 A - monofásico	unidade	1	R\$ 10,15	R\$ 10,15
9.17	Espelho plástico - 4" x 2"	unidade	1	R\$ 2,25	R\$ 2,25
9.18	Interruptor de 1 T.S. e espelho - 4" x 2"	unidade	3	R\$ 4,20	R\$ 12,60
9.19	Interruptor de 1 T.S., conj.c/tomada e espelho	unidade	1	R\$ 12,70	R\$ 12,70
9.20	Interruptor de 2 T.S. e espelho - 4" x 2"	unidade	2	R\$ 7,20	R\$ 14,40
9.21	Tomada de corrente e espelho - 4" x 2"	unidade	6	R\$ 6,75	R\$ 40,50
	<b>Sub Total</b>				R\$ 780,13
<b>10.0</b>	<b>Instalações Hidráulicas</b>				
10.1	Adaptador curto, com bolsa e rosca - 25mm x 3/4" para agua fria	unidade	3	R\$ 0,60	R\$ 1,80
10.2	Adaptador soldável, com flange e anel de vedação - 25mm x 3/4"	unidade	2	R\$ 9,65	R\$ 19,30
10.3	Adaptador soldável, com flange fixo - 32mm x 1"	unidade	1	R\$ 12,15	R\$ 12,15
10.4	Joelho - soldável e com bucha de latão - 25mm x 25mm	unidade	3	R\$ 1,70	R\$ 5,10
10.5	Joelho - soldável e com bucha de latão - 25mm x 25mm	unidade	1	R\$ 1,75	R\$ 1,75
10.6	Joelho soldável - 25 mm	unidade	7	R\$ 0,50	R\$ 3,50
10.7	Joelho soldável - 32 mm	unidade	1	R\$ 1,30	R\$ 1,30
10.8	Luva soldável e com bucha de latão - 25mm x 25mm	unidade	2	R\$ 3,75	R\$ 7,50
10.9	Registro de gaveta 3/4", com canopla cromada	unidade	1	R\$ 45,95	R\$ 45,95
10.10	Registro de pressão - Fo.Go. - 3/4", com canopla	unidade	1	R\$ 43,35	R\$ 43,35
10.11	Te - soldável - 25 mm	unidade	4	R\$ 0,90	R\$ 3,60
10.12	Tubo soldável - 25 mm	m	21	R\$ 2,30	R\$ 48,30
10.13	Tubo soldável - 32 mm	m	6	R\$ 4,90	R\$ 29,40
10.14	Caixa d'agua em polietileno 500L, com tampa	unidade	1	R\$ 197,80	R\$ 197,80
10.15	Torneira de bóia convencional plástica 3/4" com balão plástico	unidade	1	R\$ 24,95	R\$ 24,95
	<b>Sub Total</b>				R\$ 445,75

**(Conclusão)**

<b>11.0</b>	<b>Instalações Sanitárias</b>				
11.1	Bucha de redução de PVC, soldável longa	unidade	1	R\$ 1,50	R\$ 1,50
11.2	Caixa de inspeção e gordura dupla, pré-moldado, circular, com tampa, D=60cm, H=60cm	unidade	1	R\$ 173,35	R\$ 173,35
11.3	Caixa de passagem	unidade	1	R\$ 81,20	R\$ 81,20
11.4	Caixa sifonada - (100 x 100 x 50) mm, com grelha redonda branca	unidade	1	R\$ 20,45	R\$ 20,45
11.5	Curva - raio curto - 100 mm	unidade	1	R\$ 11,70	R\$ 11,70
11.6	Joelho - 90º - 40 mm	unidade	6	R\$ 1,15	R\$ 6,90
11.7	Tubo PVC - 100 mm	m	22	R\$ 35,96	R\$ 791,12
11.8	Tubo PVC - 40 mm	m	15	R\$ 17,50	R\$ 262,50
	<b>Sub Total</b>				R\$ 1.348,72
<b>12.0</b>	<b>Aparelhos</b>				
12.1	Cabide de plástico, c/1 gancho, de sobrepor	unidade	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
12.2	Chuveiro comum em plástico branco 3 temperaturas, 5500W (110/220)	unidade	1	R\$ 44,05	R\$ 44,05
12.3	Lavatório de louça, tamanho médio, com coluna	unidade	1	R\$ 66,20	R\$ 66,20
12.4	Papeleira de parede em metal cromado	unidade	1	R\$ 46,20	R\$ 46,20
12.5	Saboneteira de parede em metal cromado	unidade	1	R\$ 45,05	R\$ 45,05
12.6	Tampo de pia, em marmorite - (1,20 x 0,60) m	unidade	1	R\$ 109,55	R\$ 109,55
12.7	Vaso sanitário, auto-sifonado, com caixa acoplada, de louça	unidade	1	R\$ 320,40	R\$ 320,40
12.8	Tanque simples pré-moldado de concreto com válvula em plástico branco 1.1/4"x1.1/2", sifão plástico tipo copo 1.1/4"	unidade	1	R\$ 157,60	R\$ 157,60
12.9	Torneira cromada - 1/2" - Para lavatório, padrão	unidade	1	R\$ 23,75	R\$ 23,75
12.10	Torneira cromada - longa - 3/4" - Parede	unidade	1	R\$ 29,40	R\$ 29,40
	<b>Sub Total</b>				R\$ 850,20
<b>13.0</b>	<b>Complementação</b>				
13.1	Limpeza Final da Obra	m <sup>2</sup>	48	R\$ 2,40	R\$ 115,20
	<b>Sub Total</b>				R\$ 115,20
	<b>Total Geral</b>				R\$ 40.143,66

Fonte: Pesquisadores Autores (2018).