

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ALEX DA COSTA PEREIRA**

**DIEGO SOUSA COELHO**

**LIGHT STEEL FRAMING: DESEMPENHO TÉRMICO**

**ANÁPOLIS / GO**

**2018**

**ALEX DA COSTA PEREIRA**

**DIEGO SOUSA COELHO**

**LIGHT STEEL FRAMING: DESEMPENHO TÉMICO**

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

**ORIENTADOR: MSC. FABRICIO NASCIMENTO SILVA**

**ANÁPOLIS / GO: 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, ALEX DA COSTA/ COELHO, DIEGO SOUSA.

Light Steel framing: Desempenho Térmico

60P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| 1. Light Steel Framing | 2. Pré-Fabricado       |
| 3. Construção Leve     | 4. Redução de Resíduos |
| I. ENC/UNI             | II. Título (Série)     |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COELHO, Diego Sousa; PEREIRA, Alex da Costa. Light Steel Framing: Desempenho Térmico. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 56p. 2018.

## CESSÃO DE DIREITOS

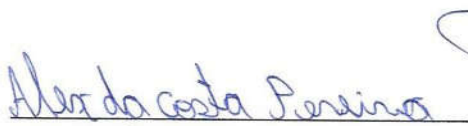
NOME DO AUTOR: Alex da Costa Pereira

Diego Sousa Coelho

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Light Steel Framing: Desempenho Térmico.

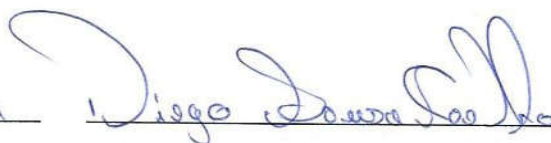
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar 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.



Alex da Costa Pereira

E-mail: alexcost.93@gmail.com



Diego Sousa Coelho

E-mail: dsctj@hotmail.com

**ALEX DA COSTA PEREIRA**  
**DIEGO SOUSA COELHO**

**LIGHT STEEL FRAMING: DESEMPENHO TÉRMICO**

**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:**



**FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA, Mestre (UniEvangélica)**  
**ORIENTADOR**



**PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UniEvangélica)**  
**EXAMINADOR INTERNO**



**ANDERSON DUTRA E SILVA, Especialista (UniEvangélica)**  
**EXAMINADOR INTERNO**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de junho de 2018.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, prioritariamente, a Deus por ter me dado forças para chegar até aqui e sempre ter me abençoado. A um anjo, que é minha esposa, que foi e é meu porto seguro, sempre me dando forças. Agradeço aos meus pais, pelo apoio incondicional, por me instruírem a seguir o caminho do justo e por terem me ensinado que a maior riqueza de uma pessoa é o caráter.

Alex da Costa Pereira.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a Jeová Deus por ter me dado forças para não desistir no meio da caminhada durante essa jornada, também devo muito a minha família que sempre me incentivou a persistir, apesar das adversidades que apareceram durante todo o curso.

Agradeço a todos os professores que não desistiram de mim, por terem paciência em explicar quantas vezes fosse necessário, eliminando todas as minhas dúvidas e, não foram poucas. Em especial, agradeço ao nosso professor Fabrício, que se dispôs em nos orientar nesse trabalho que foi desenvolvido com todo o meu empenho não só para concluir o curso, mas muito mais pelo interesse na obtenção de conhecimento. Agradeço também aos colegas de classe que estavam ao meu lado no desenvolvimento de atividades e dos trabalhos propostos.

Diego Sousa Coelho

## RESUMO

Nunca se falou tanto em sustentabilidade como nos últimos anos e, o desempenho térmico, tem um papel muito importante nesse tema, pois uma edificação com uma boa eficiência térmica significa uma residência que consome menos energia elétrica, principalmente, em regiões do Brasil em que o clima é consideravelmente quente, como na região Centro-oeste do nosso país. O *light steel framing*, um sistema construtivo que teve origem na América do norte, se destaca muito no que tange a sustentabilidade por oportunizar uma construção que não se gera muitos resíduos e, grande parte dos produzidos é reciclável, ademais - se tem um baixo consumo de água, sendo essa técnica conhecida como construção seca. O Brasil é muito heterogêneo no seu clima, sendo dividido em oito zonas bioclimáticas, contendo desde regiões bem frias, como o sul do país, até regiões muito quentes - como no nordeste. Nesse sentido, sabendo que o *light steel framing* se originou em um país que tem uma característica climática diferente do Brasil, o interesse de saber se esse sistema construtivo seria bem sucedido no cumprimento das normas de desempenho brasileiras deu origem a essa monografia. Logo, por meio dessa pesquisa foi proposta uma avaliação do desempenho térmico das vedações em *light steel framing* em comparação alvenaria convencional, descrevendo cada material que é utilizado na execução de cada tipo de vedação, juntamente com as normas que referenciam cada uma na sua fabricação. Na NBR 15220/2003 foi notado que para realizar esse comparativo têm-se três opções: o cálculo matemático simplificado, a simulação computacional e a medição *in loco*. Usando o cálculo simplificado, foi calculada a transmitância térmica e a capacidade térmica de cada uma das vedações. A NBR 15575/2013, que é a norma de desempenho, traz os índices mínimos ou máximos para cada um dos fatores mencionados acima, assim- comparando os valores encontrados com os estipulados em norma, concluiu-se que há o atendimento desse novo sistema construtivo aos requisitos de desempenho térmico nas vedações.

**PALAVRAS - CHAVES:** Construção leve. Redução de resíduos. Sustentabilidade. Pré-Fabricado. Agilidade construtiva *Light steel framing*. Construção seca.

## ABSTRACT

There has never been so much talk about sustainability as in recent years and thermal performance plays a very important role in this goal, a building with good thermal efficiency means a residence that consumes less electricity specially in regions where the climate is considerably hot as it is the case of the Midwest of Brazil. Light steel framing, a constructive system that originated in North America, stands out a lot in terms of sustainability where we have a construction that does not generate excess waste and much of it is recyclable and has a low water consumption being known as dry construction. Brazil is very heterogeneous in its climate, being divided in 8 bioclimatic zones containing from very cold regions like the south of the country to very hot regions like in the northeast, knowing that the light steel framing originated in a country that has a different climatic characteristic of Brazil, the interest it would be to know if this constructive system can be successful in fulfilling the Brazilian norms of performance gave origin to this monograph. Throughout this research it was proposed an evaluation of the thermal performance of the fences in light steel framing compared to the conventional masonry, describing each material that is used in the execution of each type of fence, together with the normal standards in the manufacture for each one of them In NBR 15220/2003 it was noticed that to implement this comparison one has three options: the simplified mathematical calculation, the computational simulation and the measurement in loco. Using a simple calculation method it was possible to measure transmittance and the thermal capacity of each of the seals. NBR 15575/2013, which is the performance standard, provides the minimum or maximum indexes for each one of them, thus comparing the values found with those stipulated in the standard, concluding with evaluation if this new construction system meets the performance requirements in the fences.

**KEYWORDS:** Light weight construction. Reduction of waste. Sustainability. Pre-fabricated. Constructive agility Light steel framing. Dry construction.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- PIB Brasil x PIB construção civil (Variação %) 2004-2013 .....	21
Figura 2 - Comparativo da matriz energética do Brasil e do mundo.....	26
Figura 3 - Placa cimentícia.....	31
Figura 4 - Placas de gesso acartonado .....	32
Figura 5 - Membrana hidrófuga.....	33
Figura 6 - Lã de rocha .....	34
Figura 7 - lã de vidro.....	34
Figura 8 - Mapa das zonas climáticas do Brasil .....	38
Figura 9 – Divisão das seções para alvenaria convencional .....	42
Figura 10 – Divisão das seções para o LSF .....	42

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Perfis mais usados no <i>light steel framing</i> .....	29
Quadro 2 - Caracterização das placas cimentícias.....	30
Quadro 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos.....	35
Quadro 4 – Espessura do revestimento de acordo com o local de aplicação .....	36
Quadro 5 - Resistência térmica seção A (Alvenaria convencional) .....	42
Quadro 6 - Resistência térmica seção B (Alvenaria convencional) .....	43
Quadro 7 - Resistência térmica seção C (Alvenaria convencional) .....	43
Quadro 8 - Resistência total (Alvenaria convencional) .....	43
Quadro 9 - Resistência térmica Total (Alvenaria convencional) .....	43
Quadro 10 - Resistência térmica seção A (LSF) .....	44
Quadro 11 - Resistência térmica seção B (LSF).....	45
Quadro 12 - Resistência térmica seção C (LSF).....	45
Quadro 13 - Resistência térmica seção D (LSF) .....	45
Quadro 14 - Resistência Total (LSF).....	46
Quadro 15 - Resistência Térmica Total (LSF) .....	46
Quadro 16 - Transmitância térmica (Alvenaria convencional) .....	46
Quadro 17 - Transmitância térmica (LSF) .....	46
Quadro 18 - Capacidade térmica seção A (Alvenaria convencional).....	47
Quadro 19 - Capacidade térmica seção B (Alvenaria convencional).....	47
Quadro 20 - Capacidade térmica seção C (Alvenaria convencional).....	47
Quadro 21 - Capacidade térmica total (Alvenaria convencional) .....	48
Quadro 22 - Capacidade térmica seção A (LSF).....	48
Quadro 23 - Capacidade térmica seção B (LSF).....	48
Quadro 24 - Capacidade térmica seção C (LSF) .....	49
Quadro 25 - Capacidade térmica seção D (LSF).....	49
Quadro 26 - Capacidade térmica total (LSF) .....	49
Quadro 27 - Atraso térmico (Alvenaria convencional).....	50
Quadro 28 - Atraso térmico (LSF).....	50
Quadro 29 - Fator de ganho de calor (Alvenaria convencional) .....	51
Quadro 30 - Fator de ganho de calor (LSF) .....	51

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Produtividade do sistema <i>lighth steel framing</i> .....	19
Tabela 2 - Produtividade do sistema alvenaria convencional .....	19
Tabela 3 - Composição de custo por metro quadado de estrutura e vedação do sistema <i>lighth steel framing</i> .....	19
Tabela 4 - Composição de custo unitário de alvenaria convencional.....	20
Tabela 5 - Valores máximos de transmitância térmica.....	39
Tabela 6 - Valores mínimos para a capacidade térmica.....	39
Tabela 7 - Índices, formulas, variáveis. ....	40

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo final dos valores encontrados.....	54
--	----

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

ABNT Associação de Normas Técnicas

NBR Norma Brasileira

EUA Estados Unidos da América

LSF Light Steel Framing

OSB Oriented Strand Board

FDE Fundação para Desenvolvimento da Educação

CBIC Câmara Brasileira da Indústria da Construção

SINAT Sistema Nacional de Avaliação Técnicas de Produtos Inovadores

RCD Resíduo de Construção e Demolição

PNUMA Programa das Nações unidas para o Meio Ambiente

ONU Organização das Nações Unidas

EPE Empresa de Pesquisa Energética

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 METODOLOGIA.....	15
1.4 Estrutura do trabalho.....	16
<b>2 Ligth steel framing</b> .....	<b>17</b>
2.1 História.....	17
2.2 Porque utilizar <i>ligth steel framing</i> .....	18
2.3 <i>Light steel framing</i> é financeiramente viável.....	18
2.4 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.....	21
<b>3 Construção racional</b> .....	<b>22</b>
3.1 DEFINIÇÃO.....	22
3.1.1 Economia expressiva da mão de obra em comparação ao sistema convencional....	22
3.1.2 Construção mais rápida, melhor e com custo equivalente ao convencional.....	23
3.2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	23
3.2.1 Edificação ecologicamente correta.....	23
3.2.2 Resíduos recicláveis.....	24
3.2.3 Consumo de água.....	25
<b>4 ENERGIA ELÉTRICA</b> .....	<b>26</b>
4.1 NECESSIDADE DA ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA NOS TEMPOS ATUAIS.....	26
4.2 CONSUMO ELÉTRICO.....	27
<b>5 CONFORTO TÊRMICO</b> .....	<b>28</b>
5.1 Componentes do painel de vedação.....	28
5.1.1 Perfil metálico.....	28
5.1.2 Revestimento externo, interno e proteção contra umidade.....	29
5.1.3 Placas cimentícias.....	29
5.1.4 Gesso acartonado.....	31
5.1.5 Membrana hidrófuga.....	32
5.1.6 Isolantes térmicos.....	33

5.2	COMPONENTE DA ALVENARIA CONVENCIONAL .....	34
5.2.1	Blocos cerâmicos .....	34
5.2.2	Revestimento em argamassa.....	35
<b>6</b>	<b>DESEMPENHO TÉRMICO.....</b>	<b>37</b>
6.1	COMFORTO TÉRMICO segundo a NBR 15220 (ABNT, 2003).....	37
6.2	CÁLCULO COMPARATIVO NBR 15220(ABNT 2003).....	41
6.2.1	Resistência térmica.....	42
6.2.2	Transmitância térmica .....	46
6.2.3	Capacidade térmica .....	46
6.2.4	Atraso térmico.....	49
6.2.5	Fator de ganho de calor .....	50
<b>7</b>	<b>AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS. ....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema construtivo LSF surgiu nos Estados Unidos, sendo derivado de outro sistema construtivo conhecido como *Wood Frame* que tinha a madeira como sua principal matéria prima. Somente depois de 1779, com a construção da ponte de ferro sobre o Rio Severn, o aço foi desenvolvido a ponto de se possibilitar a fabricação de perfis mais esbeltos e com resistência muito elevada, o que motivou o aço a ocupar lugar da madeira. Nesse sentido, o sistema *light steel frame* resulta na evolução do *Woode Frame*, que tem a madeira como principal componente estrutural.

O sistema LSF chegou ao Brasil por volta de 1990, depois da segunda revolução industrial, revolução essa que impulsionou a indústria de aço. Nos dias atuais, ele ainda apresenta valores bem tímidos, estima-se que apenas 0,5% das construções brasileiras foram concebidas por esse método construtivo.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O trabalho visa à divulgação no Brasil de um sistema já consolidado em países com alto grau de desenvolvimento, pois o nosso país umas das maiores economias mundiais e não pode ficar atado a pouquíssimos meios construtivos.

O não desenvolvimento da construção civil gera problemas proporcionais com as dimensões do setor, tendo como exemplo a gigantesca quantidade de resíduos que um sistema pouco desenvolvido produz, como ocorre com o sistema de alvenaria convencional, que gera uma expressiva parcela de lixo que é descartado pelos setores de indústrias brasileiras, o que resulta no sobrecarregamento de aterros e, muitas vezes, no descarte de maneira totalmente inapropriada, sem se falar nos custos.

Tendo em vista que o Brasil é um grande produtor de aço, gesso, madeira e cimento, que são os principais insumos necessários para a execução de um projeto em *light steel framing*, presume-se que a não propagação do sistema se dá por falta de conhecimento popular e por um errôneo conceito de se tratar de uma construção frágil e pouco durável. Logo, o principal objetivo desse trabalho é demonstrar que esse tipo de edificação tem um razoável desempenho termico em comparação ao sistema convencional.



## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Haja vista a relevância da construção civil em qualquer meio social, é constante a necessidade do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, assim sendo - esse trabalho tem por objetivo dar mais visibilidade ao sistema *light steel framing*, que será apresentado de maneira mais profunda ao destacar-se a eficiência energética desse sistema construtivo.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Esse trabalho tem como objetivo mostrar eficiência energética das vedações do sistema construtivo *light steel framing* em comparação com o sistema convencional de alvenaria. Levantar dados a respeito dos sistemas construtivos existentes e comparar esses modelos com o modelo aqui indicado. Desenvolver os cálculos apontados em normas para verificar se nossa proposta é viável e está dentro dos valores permitidos. Mostrar a eficiência energética do sistema construtivo. Avaliar se haverá ou não uma economia significativa com o uso do sistema LSF.

## 1.3 METODOLOGIA

O trabalho aqui apresentado visa por meio de pesquisas exploratórias realizar um comparativo de forma geral entre as vedações convencionais e as em *light steel framing*, por meio em livros, revistas, artigos, monografia de especializações, dissertações de mestrado e normas pertinentes para se qualificar esse novo sistema construtivo no seu desempenho térmico, abordando o conceito de desempenho térmico, aplicando os requisitos normativos para verificar se o LSF apresenta um bom isolamento térmico em uma região fora de sua origem, com um clima totalmente diferente. Assim, os parâmetros da avaliação qualitativa do desempenho serão norteados por cálculos embasados pela NBR 15220 (ABNT, 2003).

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O sistema construtivo conhecido *como light steel framing* tem se disseminando muito nos últimos anos no Brasil, especialmente, em na nossa região o centro oeste e, por esse motivo, essa monografia irá tratar do desempenho térmico do *light steel framing* em comparação a alvenaria convencional como vedações, para tanto esse se fundamentará nos parâmetros das normas NBR 15220 (ABNT, 2003) que norteia os ensaios e a NBR 15775 (ABNT, 2013) que traz os índices de desempenhos desejados.

O capítulo 1 mostra a introdução, a justificativa da monografia, juntamente com os objetivos específico e geral, além da metodologia utilizada na pesquisa.

O capítulo 2 expõe uma breve história acerca da origem do LSF e de como esse sistema construtivo chegou ao Brasil, ademais se discorre sobre as seguintes questões: o LSF é financeiramente viável em comparação com alvenaria convencional, o que significa mais evolução em termos de tecnologia para o país.

O capítulo 3 mostra por que esse sistema pode ser chamado de racional devido ao fato de haver uma redução expressiva na mão de obra, no tempo de execução do LSF, uma vez que todos os resíduos são recicláveis e tendem a um baixo consumo de água, tornando esse sistema sustentável.

No capítulo 4, vemos a necessidade de economia de energia, levando em consideração que em um lar da região bioclimática da zona 6, grande parte da energia é usada para a refrigeração dos ambientes.

O capítulo 5 mostra o que é conforto térmico e sua importância, até porque - a zona é uma região com um clima tipicamente quente e seco. Nesse capítulo, também se avaliará todos os materiais que compõem os dois tipos de vedações propostos para estudo e a norma que rege cada material para sua fabricação.

O capítulo 6 apresenta os resultados dos cálculos realizados seguindo a norma 15220 (ABNT, 2003) que regulamenta o ensaio para a avaliação do desempenho térmico, nesse estudo, optou-se pelo cálculo matemático para a avaliação térmica das duas vedações propostas pela monografia.

No capítulo 7, temos uma avaliação dos dados apresentados no capítulo 6 em comparação com a NBR 15775 (ABNT, 2013) que traz os índices padrões.

O capítulo 8 conclui a monografia ao mostrar se seria viável termicamente a aplicação do sistema na região estudada.

## 2 LIGTH STEEL FRAMING

### 2.1 HISTÓRIA

Antes de falarmos do *light steel framing*, não podemos deixar de mencionar o *wood framing*, que foi um sistema antecessor a ele. O *wood framing* surgiu por volta do século XIX na América do Norte, mais especificamente, nos Estados Unidos da América. Por volta dos anos de 1810 e 1860. A população norte americana sofreu um crescimento muito rápido e isso demandou um sistema construtivo que fosse de rápida execução e que os materiais estivessem à disposição e em grande quantidade no país. Como o país tinha uma grande quantidade de madeira vinda de suas grandes florestas, surgiu um sistema que utilizava a madeira como sua principal matéria prima.

Após a Segunda Guerra Mundial, os EUA já tinham um grande conhecimento no manuseio do aço. Por volta do século XX, as siderúrgicas começaram a disponibilizar perfis metálicos de menores espessuras e com resistência à corrosão, assim iniciou-se gradualmente a substituição da madeira pelo aço. Nesse sentido, a partir de 1900, houve um aumento nos preços de edificações construídas com madeira, fato que faltava para impulsionar a substituição da madeira pelo aço. Anos depois, por volta de 1933, foi lançado na feira mundial de Chicago o primeiro protótipo de uma residência que utilizava perfis de aço substituindo a madeira.

O sistema *light steel framing* é um sistema muito utilizado não só nos EUA, mas também em vários outros países do mundo, como Japão, Austrália, Nova Zelândia, Reino Unido, Norte da Europa e África do Sul.

Apesar do *light steel framing* já ser bem conhecido em muitos países do mundo, no Brasil esse sistema foi chegar apenas na década de 1990. No entanto, esse sistema construtivo não se espalhou tão rapidamente pelo país como aconteceu em outros países, um dos fatores que contribuiu com a não disseminação desse sistema foi a falta de materiais específicos desenvolvidos e produzidos no Brasil. A partir dessa necessidade, muitas empresas principalmente, as siderúrgicas, passaram a fazer grandes investimentos para desenvolver e produzir materiais específicos que atendam as exigências do mercado brasileiro, também se investiu em divulgação e em conhecimento sobre aplicar de forma eficiente o *light steel framing* no Brasil, assim tem se conseguido diminuir valor para se executar e, às vezes, tem sido até mesmo mais barata utilizar essa técnica do que o sistema convencional utilizado no Brasil.

## 2.2 PORQUE UTILIZAR LIGHT STEEL FRAMING

A indústria da construção civil no Brasil, geralmente na sua maioria, utiliza de um sistema de produção ainda muito artesanal, em que se nota na sua execução baixa produtividade: desperdício de material, geração de um volume de resíduos muito grande, que em grande parte dos casos não é reciclado, falta de qualidade no produto final devido ao fato de se ter várias fases da obra em execução e número precário de pessoas no controle de todo esses processos. Mediante as tecnologias atuais na área da construção civil, o sistema que vem se mostrando muito promissor é o *light steel framing*. Segundo Freitas e Crasto (2006), o *light steel framing* é um sistema construtivo que tem pouco desperdício de insumos, que se destaca pelo fato de ter sua estrutura formada por perfis fabricados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais.

O *light steel framing* (LSF) proporciona melhor qualidade, rapidez de execução, orçamento sem desperdícios de materiais e rapidez no prazo para entrega. A sustentabilidade também é um dos pontos que mais se destacam, pois a quantidade de resíduos sólidos é muito pouco em comparação ao sistema convencional, por esse motivo o *light steel framing* é conhecido por deixar a obra limpa.

O fato do Brasil ser um dos maiores produtores de aço é um fator que conta muito a favor desse sistema, o controle que se consegue ter do material na fábrica até o momento da execução da obra é muito eficiente, pois o sistema LSF é todo industrializado.

## 2.3 LIGHT STEEL FRAMING É FINANCEIRAMENTE VIÁVEL

Quando se fala em *light steel framing*, a grande maioria das pessoas já imagina que o valor da obra vai ser extremamente mais elevado do que uma estrutura convencional, por meio de levantamento de uma residência unifamiliar de 200 m<sup>2</sup>, com oito funcionários, tem se um comparativo entre os dois sistemas quando se trata de execução. Foi considerado nesse comparativo apenas a estrutura e o fechamento nos dois sistemas. Nas tabelas 1, 2, 3 e 4 mostra-se um comparativo dos custos envolvidos na execução do sistema *light steel framing* e o sistema convencional nos dando uma ideia que o *light steel framing* é sim financeiramente viável.

**Tabela 1 - Produtividade do sistema *light steel framing***

Descrição	Homem hora/m <sup>2</sup>
Montar a estrutura de aço	0,25
Fechar com OSB	0,85
Isolar com lã de vidro	0,42
Fechar com gesso acartonado	0,85
Pintura em látex	0,85
Total homem hora/m <sup>2</sup>	3,22

Fonte: Domarascki e Fagiani, 2009

**Tabela 2 - Produtividade do sistema alvenaria convencional**

Descrição	Homem hora/m <sup>2</sup>
Armadura CA-50	0,2
Forma de concreto	4
Alvenaria de bloco cerâmico furado	2,1
Chapisco	0,5
Emboço desempenado	1,71
Pintura látex	0,85
Total homem hora/m <sup>2</sup>	9,36

Fonte: Abril, FDE, 2016

**Tabela 3- Composição de custo por metro quadrado de estrutura e vedação do sistema *light steel framing***

Material	Mão de obra	UN.	Consumo	Preço Unitario	Preço Total R\$
Perfil Ue (140x40x0,95mm)		Kg	1,6	9,20	14,72
Perfil U (140x50x1,05mm)		Kg	0,34	8,20	2,79
Fita Metallica 1,0mm		Kg	0,36	5,60	2,02
Chumbador		Un.	0,07	1,20	0,08
Parafusos fixadores		Un.	2,35	0,05	0,12
Placas de Gusset		Kg	0,03	5,60	0,17
Gesso Acartonado		M <sup>2</sup>	1,1	14,20	15,62

Gesso Acartonado (RU)	M <sup>2</sup>	1,1	19,70	21,67
Placa de OSB 12 mm	M	1,4	11,10	15,54
Tinta Látex Líquido	L	0,18	8,78	1,58
Preparador Líquido selador	L	0,09	9,29	0,84
Mão de obra	H	0,09	12,00	1,08
Leis Sociais		3,22	18,81	60,57
137%				82,98
BDI 29%				39,67
Preço Total				259,44

Fonte: Zarya Arquitetura e Engenharia, 2014

**Tabela 4 - Composição de custo unitário de alvenaria convencional**

Material	Um.	Consumo	Preço Unitário	Preço Total R\$
Forma para concreto	M	1	91,10	91,10
Armadura CA-50	Kg	1	8,95	8,95
Alvenaria de tijolo furado	M	1	61,89	91,89
Chapisco	M	1	11,15	11,15
Emboço	M	1	37,92	37,92
desempenado				
Pintura em látex	M	1	25,27	25,27
Preço total				236,28

Fonte: FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 2016

Quando se observa as tabelas acima, conseguimos ver que o sistema *light steel framing* apresenta vantagens em comparação ao sistema convencional. Uma delas, diz respeito à execução da estrutura e da vedação, uma vez que o *light steel framing* tem uma estrutura muito leve e diferente do sistema convencional, pois a carga é pontual no LSF é uma carga linear e isso favorece a utilização de uma fundação mais leve. De acordo com Carregari (2016), a fundação para o *light steel framing* chega a representar somente 5% do custo total da

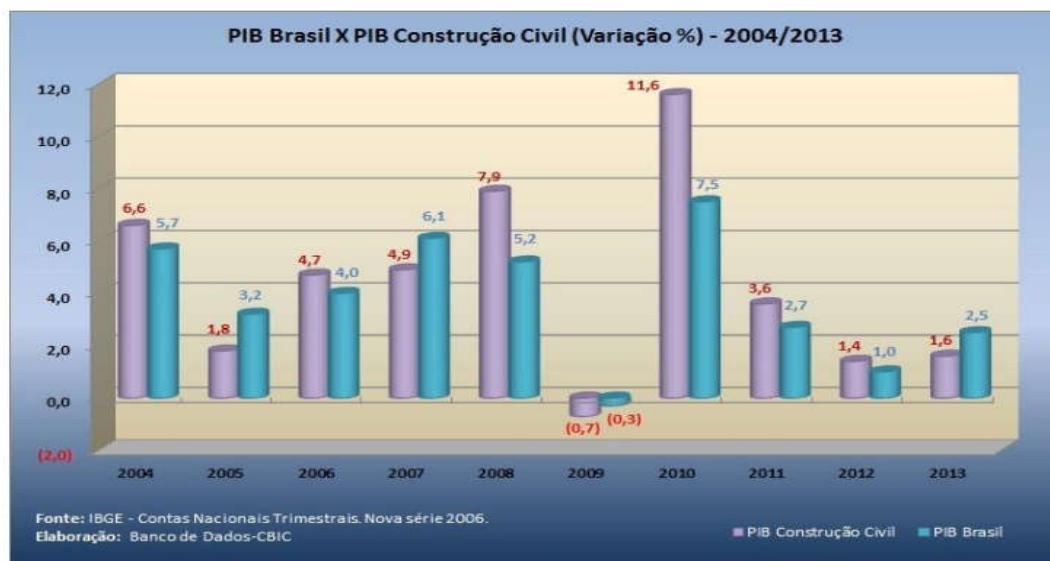
obra, contra 12% da alvenaria convencional. Assim sendo, o LSF vem se tornando cada vez mais viável no Brasil.

## 2.4 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

A introdução de tecnologia na construção no Brasil remonta da década de 70 até início da década de 80, com a produção em larga escala impulsionada pelos financiamentos realizados pelo Banco Nacional de Habitação. No entanto, na década de 90, houve um fechamento das inovações para a concessão de financiamento, principalmente, pela Caixa Econômica Federal. Mas no fim da década de 90 - graças às indústrias de materiais e sistemas, passou a se dar mais atenção às tecnologias que estavam desenvolvendo do que ao mercado da construção civil.

Apesar da crescente inclusão de novos sistemas construtivos, metodologias e equipamentos, devido aos avanços tecnológicos o Brasil ainda está bem atrasado quando comparado com outros países. Hoje, no Brasil, máquinas específicas como dobradeiras de perfis e insumos com alto índice de industrialização como por exemplos os perfis metálicos têm um valor muito elevado, isso infelizmente não tem incentivado muitas empresas a investir em novos sistemas construtivos ou em novas tecnologias na área da construção civil. Como mostra na figura 1, o crescimento da construção civil de 2004 – 2013 quase sempre estiveram acima do crescimento do Brasil, mesmo em desvantagem tecnológica no que diz respeito a inovações, isso deixa bem claro que a construção tem tudo para evoluir e crescer ainda mais.

**Figura 1- PIB Brasil x PIB construção civil (Variação %) 2004-2013**



Fonte: Banco de dados CBIC [www.cbicdados.com.br/home/](http://www.cbicdados.com.br/home/)

### **3 CONSTRUÇÃO RACIONAL**

#### **3.1 DEFINIÇÃO**

Uma construção racional diz respeito ao conjunto de boas técnicas a serem seguidas de forma a garantir máximo aproveitamento dos materiais e da mão de obra, reduzindo o mínimo possível os desperdícios por falta de planejamentos ao empregar técnicas que devem garantir também um alto nível de precisão na execução do projeto, esse que por sua vez deve ser feito de forma a extrair o máximo de cada material, caracterizando assim, uma edificação racional de boa qualidade, logo

grande parte dos problemas e dos custos de construção são devidos a erros de projeto e de planejamento, além da falta de uma concepção sistêmica do processo de produção. Para isto, a racionalização deve ser proporcional desde a concepção do projeto, pelo uso de coordenação modular, compatibilização entre subsistemas e de projetos de produção (MILAN, NOVELLO e REIS, 2011, p. 202).

##### **3.1.1 Economia expressiva da mão de obra em comparação ao sistema convencional**

Entre a quantidade de mão de obra empregada no LSF e na alvenaria convencional há uma enorme lacuna, tendo em vista que a mão de obra utilizada na fabricação do sistema em LSF é 66% menor em comparação ao sistema construtivo mais utilizado no Brasil, de acordo com Freitas e Castro (2005), o sistema convencional se utiliza de insumos com baixo grau de industrialização, isso leva a um método de construção praticamente artesanal, onde se tem muitas desperdícios de materiais e mão de obra.

As construções no Brasil seguem um modelo implementado há muitos anos, modelo esse que demanda de uma elevada quantidade de mão de obra, pois se trata de um método pouco sistêmico, em que frequentemente se tem erros devido à falta de acompanhamento técnico e a não qualificação da mão de obra.

Por outro lado, o sistema LSF funciona de maneira mais evoluída, dispondo-se de materiais predominantemente industrializados e com uma mão de obra melhor qualificada a respeito da execução de uma tarefa, pois se trata de uma massa trabalhadora que em geral adquiriu a profissão por meio de cursos, ao contrário do outro sistema, que tem grande parte dos trabalhadores que aprendem a fazer na prática, muitas vezes de forma errada ou inapropriada. Nesse sentido, é preciso empregar um método construtivo em que, praticamente, não haja desperdícios de mão de obra devido a erros executivos.



### 3.1.2 Construção mais rápida

O sistema *light steel framing* é um método construtivo muito mais rápido, preciso e limpo do que o sistema tradicionalmente utilizado no nosso país há séculos, todavia no que diz respeito ao fator custo ele tem um valor ligeiramente maior, no entanto esse pequeno acréscimo fica totalmente dissolvido quando se computa o fator tempo. Assim em

países como Japão e Estados Unidos se tornaram referências no mercado com uma indústria altamente desenvolvida na área de construções de perfis leves de aço. Já no Brasil onde prevalece o método artesanal de construção, o LSF ainda é pouco conhecido e empregado (SOUSA, 2014, p. 18).

## 3.2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O conceito mundialmente aceito, que inclusive foi formulado por uma comissão da ONU, comissão que teve início na década de 1980, propõe o desenvolvimento sustentável, que segundo Brundtland (1987) culmina em ações que satisfazem às necessidades presentes, mas não comprometem as possíveis necessidades de uma futura geração.

Ademais, “a sustentabilidade é entendida como uma forma de proteção aos recursos renováveis, cabendo a sua exploração somente no que diz respeito ao incremento natural do período, ou seja, mantendo a base inicial dos recursos” (ARAÚJO, 2002, p.21).

Portanto, embasado nesse conceito de construção sustentável, verifica-se que uma construção coerente com esse conceito terá o mínimo de desperdícios de insumos e, esses por sua vez, devem ser escolhidos levando-se em conta sua reciclagem, impactos ambientais causados por sua extração, transporte e beneficiamento. A escolha dos materiais devem também levar em conta o consumo de água e o fator ecológico como um todo.

É sabido que a construção é um seguimento que consome amplas fatias dos recursos naturais, de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o setor da construção demanda de forma global cerca de 25% da água e 40% dos recursos naturais.

### 3.2.1 Edificação ecologicamente correta

Uma construção com responsabilidade ecológica deve se atentar para a preservação dos recursos naturais em sua totalidade, resumindo ao máximo, por exemplo, a produção de resíduos sólidos haja vista que a construção civil é responsável por grande parte do resíduo

que em muitos municípios é depositado em aterros sanitários, reduzindo assim - drasticamente a vida útil desses.

A produção de entulho, num sistema convencional, é da ordem de “1,61kg/hab/dia de RCD”, segundo Flach e Kern (2009, p.296). Esse valor é exorbitante, tendo em vista que a produção de lixo doméstico é de aproximadamente 0,7875 kg/hab/dia em média, segundo dados do IBGE (2000). Logo, esses valores são alarmantes e precisam ser mudados, essa mudança pode ser relacionada a uma mudança no estilo construtivo.

### **3.2.2 Resíduos recicláveis**

A prática de se reciclar um material que já tem esgotado sua função é atual devido a grande abundância de matéria prima, porém a prática da não reciclagem traz grandes problemas, tendo em vista que essa matéria prima não é um recurso renovável e o descarte necessita de grandes áreas, considerando o gigantesco volume de descartes gerado pela população moderna. “A reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade, seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor ou reduzindo os custos” (ÂNGULO, ZORDAN; JOHN, 2001,p.01).

Um produto perde sua utilidade por vários motivos, como exemplo os descartáveis e as embalagens que são produzidas para armazenar, transportar outros produtos e dentre outras funções que são encerradas em um curto espaço de tempo. Por outro lado, os bens duráveis tem uma vida útil extensa, dentre eles, pode-se citar: pontes, viadutos, prédios, torres de telecomunicações, dentre outros; esse grupo dos bens duráveis que em boa parte é de responsabilidade da construção civil gera uma grande fatia de todo o rejeito produzido no mundo.

Segundo Ângulo, Zordan e John (2001, p.02), “a reciclagem de resíduos, assim como qualquer atividade humana, também pode causar impactos ao meio ambiente”. Portanto, o benefício de produtos já utilizados, deve levar em conta não só o fator econômico, mas também a questão ecológica, pois nem sempre a reciclagem traz benefícios ecológicos, uma vez que “variáveis como o tipo de resíduo, a tecnologia empregada, e a utilização proposta para o material reciclado, podem tornar o processo de reciclagem ainda mais impactante do que o próprio resíduo o era antes de ser reciclado” (ÂNGULO, ZORDAN; JOHN, 2001, p.02).

Esse sistema deve levar conta o produto final, que deve também ser reciclável. Dessa forma, gera-se uma cadeia rotativa em que o novo produto é um material com possibilidade de ser novamente processado. Fechando-se, assim, um ciclo.

### **3.2.3 Consumo de água**

No sistema aqui descrito, o consumo de água é baixíssimo, pois a água necessária é basicamente a utilizada para o preparo de argamassa de assentamento de pisos e revestimentos, por outro lado no sistema convencional, utiliza-se de um elevado consumo hídrico na produção de argamassas de assentamento e revestimento e, também na confecção de concreto para pilares vigas e lajes.

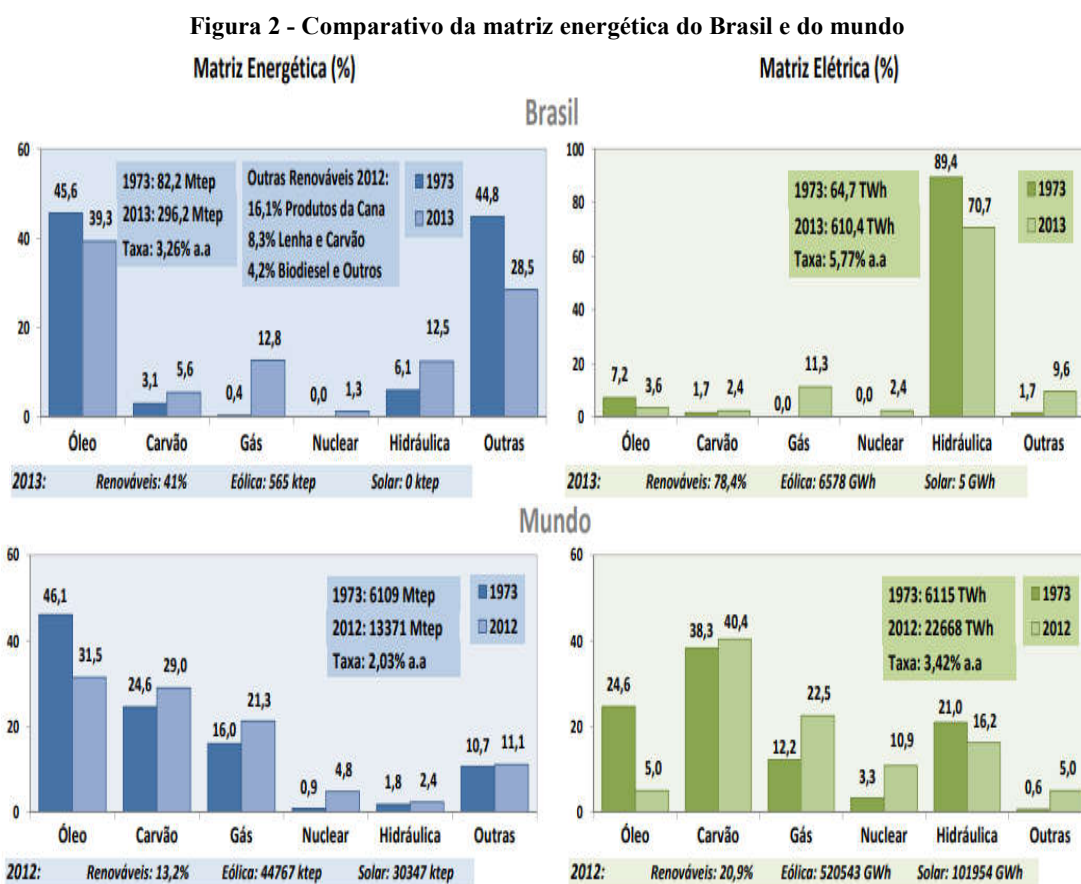
O consumo de água é um fator muito importante a ser considerado, levando-se em conta o quão gigantesco é o setor da construção, por exemplo, “para a confecção de um metro cúbico de concreto, se gasta em media 160 a 200 litros de água, e ainda na compactação de um metro cúbico de aterro podem ser consumidos até 300 litros de água” (SILVA; VIOLIN, 2013, p.2).

Em um sistema comum de construção, o gasto de recursos hídricos é muito elevado e o material que encabeça a lista dos que mais consomem esse recurso está o concreto em que se emprega mais de 50% de toda a água utilizada durante uma construção, tomando como base o consumo estimado por metro cúbico de construção e multiplicando-se esse valor pela imensa quantidade de construções, chega-se a uma conclusão que é de grande importância a adoção de sistemas construtivos menos agressivos, “resultados obtidos demonstraram uma estimativa de consumo entre 0.20 e 0.25 metros cúbicos de água por metro quadrado de área construída”, afirmam Silva e Violin (2013, p.8).

## 4 ENERGIA ELÉTRICA

### 4.1 NECESSIDADE DA ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA NOS TEMPOS ATUAIS

No mundo moderno, é de extrema necessidade a economia de energias, haja vista que a maioria das fontes energéticas não é renovável. Segundo Vichi e Mansor (2009), o Brasil tem um consumo energético mais ecológico se comparado a maioria dos países. A matriz energética brasileira é cerca de 46% renovável, comparada com 12% que é a média mundial. Esses dados são confirmados na figura 2.



Fonte: www.mme.gov.br, 2013

Nesse contexto, a produção energética brasileira tem uma vantagem no que diz respeito à forma como se produz a energia elétrica, tendo em vista que essa produção se dá no nosso país, principalmente, através de hidrelétricas, diferentemente de inúmeros países que têm sua produção sustentada pela queima de combustíveis fósseis. Desse modo, mesmo o

Brasil tendo esse fator favorável, além do custo monetário, paga-se um valor ecológico muito alto pela energia elétrica. Portanto, é de extrema necessidade o consumo racional dessa energia.

Há várias formas de se economizar essa fonte energética. Nas páginas seqüentes desse trabalho, enfatizará essa economia através de uma máxima eficiência térmica de edificações, pois sendo o nosso país uma região tropical, essa eficiência térmica pesquisada visa diminuir a temperatura interna de edificações, com isso diminui-se o uso de climatizadores artificiais.

#### 4.2 CONSUMO ELÉTRICO

Segundo a Empresa de Pesquisa de Energética (EPE), no ano de 2016, foram gastos 460.078.446 MWh e, em 2017, no período de janeiro a outubro já foram gastos 385.117.680 MWh. Dessa gigantesca produção, uma ampla parcela é gasta com a climatização de ambientes, por exemplo, “o consumo de energia elétrica dos equipamentos de ar condicionado representa de 40 a 50% do consumo total de um edifício comercial” (FIORELLI; HERNANDEZ NETO; TRIBESS, 2001, p.2).

O gasto de energia elétrica com climatização de ambientes pode ser expressivamente reduzido com a aplicação de estilos construtivos energeticamente mais eficientes, como o método construtivo já citado acima.

## 5 CONFORTO TÉRMICO

Quando pensamos em conforto térmico em uma edificação, um dos itens mais importantes é o seu fechamento, que recebe em sua superfície externa a incidência dos raios solares absorvendo o calor e transmite para o interior do ambiente. No centro-oeste, temos um clima tipicamente quente quase todos os meses do ano, por isso o conforto térmico em uma edificação tem se tornado cada vez mais importante pelo fato de se refletir no auto consumo de água e energia.

Atualmente, no Brasil, a NBR 15575 (ABNT, 2013) desempenho de edificações habitacionais e a diretriz SINAT N° 003/2012 - Revisão 01 sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço fabricados a frio com vedações em chapas delgadas, como *light steel framing*, são os principais documentos nacionais que garantem o desempenho do LSF atualmente. A diretriz n°. 003/2012 traz parâmetros para o sistema LSF voltados para unidades térreas, sobrados isolados e geminados e edifícios multifamiliares com até 05 pavimentos visando à execução e define as características das estruturas, das vedações verticais externa ou interna, pisos e coberturas e índices de desempenho.

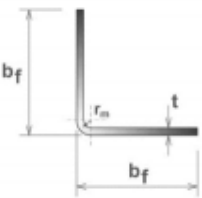
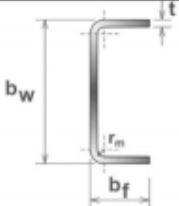
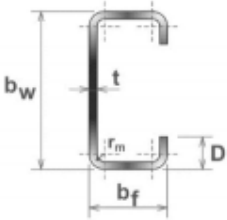
### 5.1 COMPONENTES DO PAINEL DE VEDAÇÃO

#### 5.1.1 Perfil metálico

Os perfis de aço galvanizado, usados no LSF são os responsáveis pela estabilidade e resistência estrutural das edificações. Esse perfil possui uma camada de proteção obtida através da imersão do aço em zinco ou mesmo em uma liga contendo zinco, formando uma película resistente o suficiente para proteger o perfil metálico da ação de corrosão, o que aumenta sua vida útil. Os tipos de perfis mais utilizados são as guias e montantes enrijecidos, cartolas e cantoneiras e sua espessura pode variar de 0,8 mm até 2,9 mm (SANTIAGO, 2008).

Segundo o SINAT Diretriz n°. 003/2012, o perfil estrutural de aço formado a frio é obtido por meio de dobramento da chapa de aço em dobradeira de tiras cortadas de chapas ou bobinas ou por fabricação em série por meio de um conjunto de matrizes rotativas a partir de bobinas laminadas a frio, todas as operações realizadas com o aço em temperatura ambiente de acordo com a NBR 6355 (ABNT, 2012). O quadro 1, mostra alguns dos perfis mais usado no sistema *light steel framing*.

Quadro 1 - Perfis mais usados no *light steel framing*

Seção transversal	Designação
	<p><b>L</b> <math>b_f \times t</math> Ex: L 50 × 3,00</p>
	<p><b>U</b> <math>b_w \times b_f \times t</math> Ex: U 150 × 50 × 2,65</p>
	<p><b>Ue</b> <math>b_w \times b_f \times D \times t</math> Ex: Ue 150 × 60 × 20 × 2,65</p>

Fonte: NBR 6355(ABNT, 2012)

### 5.1.2 Revestimento externo, interno e proteção contra umidade

Carmody e Weber (2007) comentam que o objetivo do material de revestimento protege a estrutura das intempéries e que deve ser escolhido com base no custo, estética, durabilidade, requisitos de manutenção e impacto ambiental. Atualmente, no Brasil, se utiliza para vedação externa a placa cimentícia e para vedação interna placas de gesso acartonado.

### 5.1.3 Placas cimentícias

As placas cimentícias são fabricadas com cimento portland, agregados miúdos e, geralmente, fibras de celulose ou sintéticas. As placas são encontradas no mercado com as

seguintes medidas 1,20 m de largura e comprimentos que variam de 2,00 m, 2,40 m e 3,00 m. As espessuras também pode variar entre 6 mm, 8 mm , 10 mm , 12,5 mm e 15 mm.

A NBR 15.498 (ABNT, 2007) Placa plana cimentícia sem amianto mostra requisitos e métodos de ensaio e estabelece índices que devem ser verificados em ensaiados de resistência a tração, compressão, cisalhamento, estanqueidade dentre outros e descritos pelos fabricantes para que possam ser explorados pelos projetistas, garantindo o desempenho das fachadas na execução. O quadro 1 abaixo mostra os requisitos que os fabricantes deve seguir. Podemos ver na figura 3 um exemplo de uma placa cimentícia.

**Quadro 2 - Caracterização das placas cimentícias**

Característica /Método de avaliação	NBR 15.498 (ABNT, 2014) Placa de fibrocimento sem amianto requisitos e métodos de ensaio.
Classificação	Classe A – para uso externo e interno em áreas molháveis Classe B – para uso interno em áreas secas
Resistência mecânica (resistência à tração e a flexão)	A média dos resultados de ensaio realizados nas duas direções deve ser: Classe A - Categoria 2 > 4MPa Categoria 5 > 18MPa (condição saturada) Classe B – Categoria 2 > 7MPa; Categoria 5 >22MPa (condição de equilíbrio)
Reação ao fogo NBR 9442 (ABNT, 1986)	Materiais Classe I (incombustível) a Classe II-B (combustível com índice de propagação de chamas menor que 25) (critério adotado da CB – IT 10, 2001)
Permeabilidade à água	Baixa, em situações de ensaios pode aparecer traços de umidade na face inferior das placas, porém sem surgimento de gotas de água
Absorção de água	$A \leq 25\%$
Durabilidade: resistência após ciclos de imersão em água e secagem	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 70% da resistência de referência
Durabilidade: resistência à água quente	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 70% da resistência de referência
Variação dimensional em função de gradientes hidrotérmicos	A variação dimensional da chapa, considerado o tratamento empregado nas juntas, não pode permitir a ocorrência de falhas, como fissuras, destacamentos e descolamento superior a $h/300$ ,



	conforme critério definido para a resistência à ação de calor e choque térmico.
--	---

Fonte: SINAT – Diretriz N° 003/2012

**Figura 3 - Placa cimentícia**



Fonte: <http://www.brasilite.com.br/produtos/placa-cimenticia>

#### **5.1.4 Gesso acartonado**

O gesso acartonado é um material que pode ser usados com várias finalidades. É de rápida e fácil instalação, é incombustível, leve e de baixo custo. De acordo com a Diretriz n°. 003/2012, as chapas de gesso são fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua com a mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão, em que uma é virada sobre as bordas longitudinais e colada uma sobre a outra.

As chapas de gesso acartonado, em sua maioria, possuem 1,20 m de largura, o comprimento pode variar entre 1,80 m a 3,0 m e a espessuras variam de 6,0 mm, 6,5 mm, 9,0 mm, 12,5 mm e 15 mm, sendo a de 12,5 mm, mais utilizada. Existem três tipos de chapas que são as mais usadas: standard (ST), para uso geral, resistente à umidade (RU), também conhecida como “chapa verde” e resistente ao fogo (RF), para áreas em que se

exigem maior resistência a incêndios (NBR 14715/1 ABNT, 2010). Na figura 4, mostra-se os três tipos de placas de gesso acartonado.

**Figura 4 - Placas de gesso acartonado**



Fonte: <http://www.blogdogesseiro.com/parede-de-gesso-pode-molhar-descubra-aqui/>

### **5.1.5 Membrana hidrófuga**

A membrana hidrófuga é fabricada com fibras de polipropileno, unidas através de um processo de centrifugação. É utilizada em paredes externas e onde houver a necessidade de permitir a passagem de ar e impedir a passagem da umidade. A membrana atua como barreira contra o vento, poeira e, permite a saída do vapor d'água do interior das paredes, evitando o acúmulo de umidade e a proliferação de fungos.

A membrana é geralmente comercializada em rolos de 0,90 m, 1,30 m e 2,70 m de largura, na instalação não se pode deixar de observar a sobreposição de no mínimo 15 cm. Assim, quanto maior a largura, menos sobreposições na aplicação e, conseqüentemente, menor o desperdício. A figura 5 mostra a membrana hidrófuga.

**Figura 5 - Membrana hidrófuga**

Fonte: <http://deplako.com.br/produto/membrana-hidrofuga-910x30480mm/>

### 5.1.6 Isolantes térmicos

De acordo com Carmody e Weber (2007), o isolamento é uma parte muito importante de qualquer habitação e no *light steel framing*, o isolamento térmico pode ser aplicado em forma de manta, com enchimento solto, aplicando espuma expansiva ou espuma rígida. Um isolamento bem especificado e muito bem executado vai ajudar a evitar a entrada de ar, reduzir a transferência de calor e a controlar a umidade. Todos esses pontos mencionados acima precisam atuar juntos para garantir um ambiente confortável e saudável.

No Brasil, o mais comum é encontrar no mercado o isolamento feito com mantas e feltros. Não é usual a utilização de isolamentos soltos em forma de flocos, já a utilização das placas rígidas como EPS (poliestireno expandido), XPS (poliestireno extrudido), PUR (espumas rígidas de poliuretano) e PIR (espumas rígidas de polisocianurato) é modesta, pois possuem alto custo e pouca mão de obra especializada para execução. Os isolantes mais comumente usados são a lã de rocha e a lã de vidro. As figuras 6 e 7 mostram a lã de rocha e a lã de vidro.

**Figura 6 - Lã de rocha**



Fonte: <http://www.isar.com.br/produtos/isolamento-termico/la-de-rocha/>

**Figura 7 - lã de vidro**



Fonte: <http://www.isar.com.br/produtos/isolamento-termico/la-de-vidro/>

## 5.2 COMPONENTE DA ALVENARIA CONVENCIONAL

### 5.2.1 Blocos cerâmicos

Na alvenaria de vedação, um dos elementos mais importantes é o bloco cerâmico, que é responsável por ocupar a maior da área na alvenaria de vedação. A NBR 1250 -1 (ABNT, 2005) estabelece alguns parâmetros para a fabricação desses blocos, como tolerância de esquadro, planicidade e dimensões, essa norma considera dois tipos de blocos cerâmicos de

vedação, os com os furos na horizontal e os com os furos na vertical. O quadro 3 mostra a tabela que a NBR 1250 -1-(ABNT, 2005) traz como parâmetro para dimensões de fabricação dos blocos de vedação.

**Quadro 3 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos**

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M	11,5	11,5	24	11,5
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M		14	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M			39	19

Fonte: NBR 1250-1(ABNT, 2005)

### 5.2.2 Revestimento em argamassa

A alvenaria de vedação convencional recebe como acabamento um revestimento em argamassa, que tem como objetivo a proteção mecânica e o preparo da base para o acabamento fino, onde entra o emassamento com massa acrílica ou PVA e, por último, a pintura. A norma NBR 13749 (ABNT, 1996) especifica que dependendo do local onde vai ser aplicada a argamassa de revestimento, a sua espessura deve ser diferente, o quadro 4 mostra que essa variação acontece entre ambientes internos, externo se teto.

**Quadro 4 – Espessura do revestimento de acordo com o local de aplicação**

<b>Revestimento</b>	<b>Espessura</b>
<b>Parede interna</b>	$5 \leq e \leq 20$
<b>Parede externa</b>	$20 \leq e \leq 30$
<b>Tetos interno e externo</b>	$e \leq 20$

Fonte: ABNT 1749 (ABNT, 1996)

## 6 DESEMPENHO TÉRMICO

Gomes (2007, p. 70) define a avaliação do desempenho térmico de uma edificação como ação para “[...] verificar se as condições dos ambientes internos atendem as exigências de conforto térmico de seus usuários”. Já Batista e Lamberts (2010) salientam que o comportamento térmico é definido pelas respostas da edificação a ação climática pelo lado externo e de fontes de calor internas devido ao uso. No Brasil, atualmente, existe uma norma que estabelece alguns parâmetros para se estabelecer o desempenho térmico, essa norma é a NBR 15575 (ABNT, 2013).

### 6.1 CONFORTO TÉRMICO SEGUNDO A NBR 15220 (ABNT, 2003)

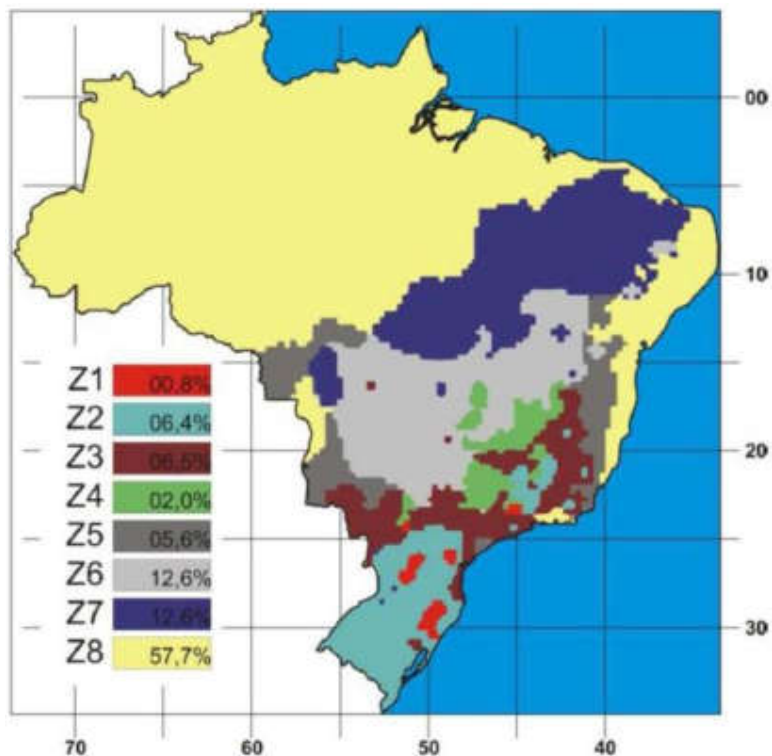
A norma NBR 15220 (ABNT, 2003) é utilizada como referência para a realização de estudos térmicos de uma edificação, contendo definições térmicas, métodos de cálculos e métodos de medições. Na parte 1 da NBR 15220-1 são apresentadas cinco partes da norma para determinação de desempenho:

Parte 1: Definições, símbolos e unidades;  
Parte 2: Modelos de cálculos para transmitância térmica, para capacidade térmica, para o atraso térmico e para o fator solar de elementos e componentes de edificações;  
Parte 3: Zonas bioclimáticas brasileiras e normas construtivas para edificações unifamiliares de interesse sociais.;  
Parte 4: Avaliação da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método da placa quente protegida;  
Parte 5: Avaliação da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico (ABNT, 2003, p.01).

A norma considera também o atraso térmico que é definido segundo a NBR 15220-1 (ABNT, 2003, p.02) “como o Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor”.

O Brasil é dividido em oito zonas bioclimáticas e cada uma é considerada como um clima homogêneo e com características climáticas semelhantes. Para cada zona foi adaptada à carta bioclimática de Givoni (1992), definindo as retas de cada mês do ano com os dados plotados de umidade do ar e temperatura. Com as retas é possível definir uma estratégia climática a ser seguida para a edificação.

**Figura 8 - Mapa das zonas climáticas do Brasil**



Fonte: ABNT 15220 (ABNT, 2003)

A troca térmica entre os elementos de vedação e o ambiente interno de uma edificação pode acontecer de três formas: por convecção, que é a troca de calor entre dois corpos sendo um deles sólido e o outro líquido ou gasoso, por radiação onde a troca térmica acontece entre dois corpos que guarda uma distância qualquer tendo entre si um vácuo ou por condução, que acontece quando dois corpos estão em temperaturas diferentes e elas estão se tocando.

A norma de desempenho térmico NBR 15575-1 (ABNT, 2013) nos dá os valores máximos e mínimos de temperatura, que podem ser considerados aceitáveis no interior da edificação para as oito regiões climáticas brasileiras.

Segundo a norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013), as edificações precisam atender pelo menos o nível mínimo (M) de desempenho estabelecido, mesmo sendo informados os índices intermediário (I), satisfatório (S), recomenda-se a disponibilização das informações do desempenho obtido. A norma também recomenda diferentes tipos de avaliação térmica, sendo elas: Procedimento 1 A - simplificado em que se propõe a verificação do atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica (U) e na capacidade térmica (CT) das paredes de fachada e das coberturas. Os cálculos para



obtenção da transmitância e da capacidade térmica estão disponíveis na NBR 15220 (ABNT, 2003).

**Tabela 5 - Valores máximos de transmitância térmica**

<b>Transferência Térmica (U) W/m<sup>2</sup>.K</b>	
<b>Zonas 1 e 2</b>	<b>Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8</b>
$U \leq 2,5$	$\alpha_a \leq 0,6$ $\alpha_a > 0,6$
	$U \leq 3,7$ $U \leq 2,5$

$\alpha_a = \alpha$  é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede

Fonte: Tabela 11 da NBR 15575 (ABNT, 2013) – parte 4

A absorvância é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre essa mesma superfície.

**Tabela 6 - Valores mínimos para a capacidade térmica**

<b>Capacidade Térmica (C) W/m<sup>2</sup>.K</b>	
<b>Zonas 8</b>	<b>Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7</b>
Sem Requisito	$\geq 130$

Fonte: Tabela 12 NBR 15575 (ABNT, 2013) - parte 4

Procedimento 1 B - simulação por *software Energy Plus7* (normativo): para os casos em que os valores obtidos para a transmitância térmica e/ou capacidade térmicas e mostrarem insuficientes com base nos critérios e métodos estabelecidos nas partes 4 e 5 da norma NBR 15575 (ABNT, 2013)

Procedimento 2 - medição *in loco*, o anexo A da NBR 15575-1 (ABNT, 2013) prevê a verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na NBR 15575 (ABNT, 2013) por meio da realização de medições na edificação existentes ou modelo de ensaio construído para esse objetivo. Essas medições *in loco* tem como caráter meramente informativo e não tem peso maior sobre os procedimentos descritos nos itens A e B anteriores mencionados.

A tabela 7 apresenta um resumo dos cálculos da transmitância e da capacidade térmica das seções nas vedações verticais apresentadas na parte 2 da norma NBR 15220 (ABNT, 2003).

Tabela 7 - Índices, fórmulas, variáveis

(continua)

Índices	Fórmulas	Variáveis	Conceito
Resistência dos elementos e componentes <i>unidade:</i> m <sup>2</sup> K/W	$R = e/\lambda$	e = espessura $\lambda$ = condutividade	quociente da diferença de temp. verifica da entre as superfícies de um comp. Pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário
Resistência térmica de componentes com camadas homogêneas e não homogêneas <i>unidade:</i> m <sup>2</sup> K/W	$R_t = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$	* Ra, Rb, ... , Rn são as resistências térmicas de superfície à superfície para cada seção (a, b, ...,n); * Aa, Ab, ..., An são as áreas de cada seção.	é o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente.
Resistência térmica total <i>unidade:</i> m <sup>2</sup> K/W	$RT = Rse + Rt + Rsi$	Rer e Rsi Resistência térmica da camada de ar adjacente à superfície externa; interna de um componente que transfere calor por radiação e/ou convecção. Obtidos na tabela B1.	somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa.
Transmitância térmica <b>unidade:</b> W/(m <sup>2</sup> K)	$U = 1/RT$	RT – resistência total	é o inverso da resistência térmica total.

Tabela 7 - Índices, fórmulas, variáveis

(conclusão)

Índices	Fórmulas	Variáveis	Conceito
Capacidade térmica das camadas <i>unidade: J/m<sup>2</sup>K</i>	$C_t = \sum en \cdot c_n \cdot \rho_n$	<i>en</i> é a espessura da camada <i>cn</i> é o calor específico do material da camada <i>ρn</i> é a densidade de massa aparente do material da camada	quociente da capacidade térmica de um componente pela sua área.
Capacidade térmica dos componentes com câmaras homogêneas e não homogêneas	$C_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{A_b}{C_{Tb}} + \dots + \frac{A_n}{C_{Tn}}}$	CTa, CTb, ... , CTn são as capacidades térmicas do componente para cada seção (a, b, ..., n), Aa, Ab, ..., An são as áreas de cada seção.	capacidade térmica de um componente plano constituído de camadas homogêneas e não homogêneas, perpendiculares ao fluxo de calor.

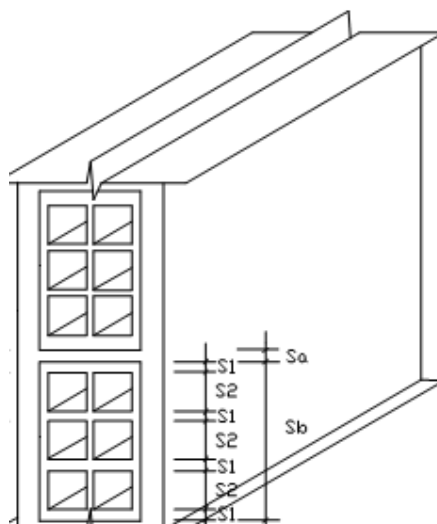
Fonte: NBR 15220(ABNT 2003)

## 6.2 CÁLCULO COMPARATIVO NBR 15220(ABNT 2003)

Tendo em vista a importância do desempenho térmico na região em que vivemos, foi desenvolvido um comparativo entre as vedações de alvenaria convencional e o *light steel framing*, como já mencionado a norma nos norteia com três formas de realizarmos esse comparativo e foi definido que para essa avaliação será adotada a primeira opção com utilização de cálculos matemáticos, com o objetivo de se verificar o desempenho térmico dos dois métodos construtivos.

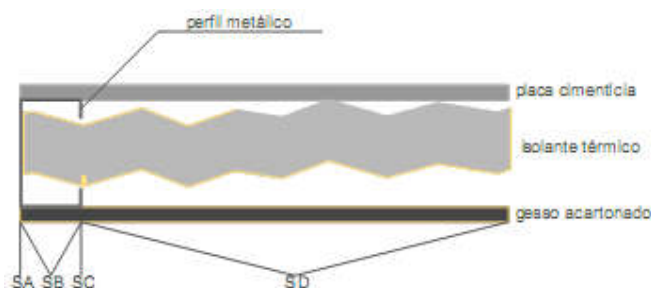
Nesse estudo, foram seguidas as orientações da NBR 15220 (ABNT, 2003) que define os cálculos para se avaliar o desempenho térmico de toda uma edificação, para isso foi calculado por meio de uma planilha no Excel os seguintes fatores: resistência térmica de cada material em suas varias camadas, transmitância térmica, capacidade térmica de cada material, o atraso térmico e o fator de ganho de calor. Os quadros 2, 3, 4, 5, 6mostram os resultados obtidos para resistência térmica com a alvenaria convencional, em que foi adotado argamassa de assentamento de 1 cm de espessura, com o bloco cerâmico de 11,5x14x24 e um reboco de 2 cm. Com o objetivo de facilitar à visualização da divisão das seções de calculo as figuras 9 e 10 mostram como foi considerada cada uma delas.

Figura 9 – Divisão das seções para alvenaria convencional



Fonte: NBR 15220(ABNT 2003)

Figura 10 – Divisão das seções para o LSF



Fonte: Autores, 2018

### 6.2.1 Resistência térmica

Quadro 5 - Resistência térmica seção A (Alvenaria convencional)

Seção A (Reboco + Argamassa + Reboco)				
Área da Seção A	0,01x0,24	0,01x,014	A. total m <sup>2</sup>	
	0,0024	0,0014	0,0038	
Resistência do Reboco e da Argamassa Assentamento				
<b>Ra =</b>	(e/λ reb) +	(e/λ arg) +	(e/λ reb)	Res. S. A (m <sup>2</sup> .k)/w
<b>Ra =</b>	0,017391	0,1	0,0173913	0,134782609

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 6 - Resistência térmica seção B (Alvenaria convencional)**

<b>Seção B (Reboco + bloco Cerâmico + Reboco)</b>				
<b>Área da Seção B</b>	0,01x0,24	A. total m <sup>2</sup>		
	0,0024	0,0024		
<b>Resistência da Argamassa de Reboco e Bloco Cerâmico</b>				
<b>Rb =</b>	(e/λ reboco) +	(e/λ bloco cer.) +	(e/λ reboco)	Res. S. B (m <sup>2</sup> .k)/w
<b>Rb =</b>	0,017391	0,12777778	0,0173913	0,162560386

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 7 - Resistência térmica seção C (Alvenaria convencional)**

<b>Seção C (Reboco + Bloco Cer. + Câmara de ar + Bloco Cer. + Câmara de ar + Bloco Cer. + Reboco)</b>								
<b>Área da Seção C</b>	0,04x0,24	A. total m <sup>2</sup>						
	0,0096	0,0096						
<b>Resistência do Reboco, da Câmara de ar e Bloco Cerâmico</b>								
<b>Rc =</b>	(e/λ reboco) +	(e/λ bloco cer. +	R.ar +	(e/λ bloco cer.) +	R. ar +	(e/λ bloco cer.) +	(e/λ reboco)	Res. S. C (m <sup>2</sup> .k)/w
<b>Rc =</b>	0,017391	0,01666667	0,16	0,011111	0,16	0,016667	0,01739	0,381835749

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 8 - Resistência total (Alvenaria convencional)**

<b>Resistência Total (m<sup>2</sup>. k/w)</b>	
<b>Rt = ( Aa + (4 x Ab) + (3 x Ac))/ (Aa / Ra + ( 4 x Ab/Rb) + ( 3 x Ac/ Rc))</b>	
<b>Rt =</b>	0,259415

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 9 - Resistência térmica Total (Alvenaria convencional)**

<b>Resistência Térmica Total (m<sup>2</sup>. k/w)</b>	
<b>RT =</b>	Rsi + Rt+ Rse
<b>RT =</b>	0,429415129

Fonte: Autores, 2018

É importante mencionar que a NBR 15220 (ABNT, 2003) não traz um exemplo de cálculo para que seja aplicado ao *light steel framing*, por esse motivo foram desenvolvidos os cálculos seguindo os mesmos padrões de cálculo que norteiam a verificação da alvenaria convencional.

Os quadros 7, 8, 9, 10, 11, 12 demonstram os resultados obtidos com o *light steel framing*, tendo como material de isolamento a lã de vidro de 5 cm de espessura, de acabamento externo placa cimentícia de 1,2 cm de espessura, de acabamento interno placa de gesso acartonado de 1,25 cm de espessura e na estrutura foi considerado o perfil U enrijecido de aço galvanizado da seção de 15x6x2cm e espessura de 0,265 cm. Foi utilizada a placa cimentícia como vedação externa, devido ter uma maior resistência a intempéries, como chuva e eventuais impactos. Dentre os componentes do LSF, o insumo mais facilmente encontrado é a placa de gesso a cartonado, que é utilizado como vedação interna.

Levando-se em conta que a área de parede por unidade de bloco cerâmico é igual a 350 cm<sup>2</sup>, foram adotadas as seguintes dimensões para a “unidade” de parede do sistema LSF: 40 cm de largura por 9,375 cm de altura, essas dimensões foram criteriosamente escolhidas de forma que elas representassem bem os componentes do sistema, haja vista que as amostras com dimensões diferentes a essas não representariam com proporcionalidade todos os componentes do sistema.

**Quadro 10 - Resistência térmica seção A (LSF)**

<b>Seção A (Placa de fibrocimento + Perfil metálico + Placa de Gesso)</b>				
<b>Área da Seção A</b>	0.00265x0.09375	A. total m <sup>2</sup>		
	0,000248438	0,000248438		
<b>Resistência da parede em LSF.</b>				
<b>Ra =</b>	(e/λ fibr.) +	(e/λ per.) +	(e/λ gesso)	Res. S. A (m <sup>2</sup> .k)/w
<b>Ra =</b>	0,018461538	0,002727273	0,035714286	0,056903097

Fonte: Autores, 2018

Quadro 11 - Resistência térmica seção B (LSF)

<b>Seção B</b> (Placa de fibrocimento + Perfil metálico + Isolante termoacústico + Perfil metálico + AR + Placa de Gesso)							
<b>Área da Seção B</b>	0,0547x0,0975	A. total m <sup>2</sup>					
	0,00533325	0,00533325					
<b>Resistência da parede em LSF.</b>							
<b>Rb =</b>	(e/λ fibr.) +	(e/λ perf.) +	(e/λ isolan..) +	R. ar +	(e/λ perf.) +	(e/λ gesso)	Res. S. B (m <sup>2</sup> .k)/w
<b>Rb =</b>	0,018461538	4,81818E-05	1,1111111111	0,16	4,81818E-05	0,03571429	1,325383299

Fonte: Autores, 2018

Quadro 12 - Resistência térmica seção C (LSF)

<b>Seção C</b> (Placa de fibrocimento + Aba do perfil metálico + Isolante termoacústico + AR + Aba do perfil metálico + Placa de Gesso)							
<b>Área da Seção C</b>	0,00265x0,09375	A. total m <sup>2</sup>					
	0,000248438	0,000248438					
<b>Resistência da parede em LSF.</b>							
<b>Rc =</b>	(e/λ fibr.) +	(e/λ aba do perf.) +	(e/λ isolan.) +	R. ar +	(e/λ aba do perf.) +	(e/λ gesso)	Res. S. C (m <sup>2</sup> .k)/w
<b>Rc =</b>	0,018461538	0,000363636	1,1111111111	0,16	0,000363636	0,03571429	1,326014208

Fonte: Autores, 2018

Quadro 13 - Resistência térmica seção D (LSF)

<b>Seção D</b> (Placa de fibrocimento + Isolante termoacústico + AR + Placa de Gesso)					
<b>Área da Seção D</b>	0.34x0.09375	A. total m <sup>2</sup>			
	0,031875	0,031875			
<b>Resistência da parede em LSF.</b>					
<b>Rd =</b>	(e/λ fibr.) +	(e/λ isol.) +	R. ar +	(e/λ gesso)	Res. S. A (m <sup>2</sup> .k)/w
<b>Rd =</b>	0,018461538	1,1111111111	0,16	0,035714286	1,325286935

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 14 - Resistência Total (LSF)**

<b>Resistência Total (m<sup>2</sup>. k/w)</b>	
$R_t = Aa+Ab+Ac+Ad/((Aa/Ra)+(Ab/Rb)+(Ac/Rc)+(Ad/Rd))$	
<b>Rt =</b>	2,738597115

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 15 - Resistência Térmica Total (LSF)**

<b>Resistência Térmica Total (m<sup>2</sup>. k/w)</b>	
<b>RT =</b>	$R_{si} + R_t + R_{se}$
<b>RT =</b>	4,203587539

Fonte: Autores, 2018

### 6.2.2 Transmitância térmica

A transmitância térmica pode ser definida como sendo o inverso da resistência térmica, ou seja, é a capacidade dos materiais de transmitir o calor absorvidos por ele de uma de sua superfície e para outra. Os quadros 13 e 14 mostram a transmitância térmica da alvenaria convencional e da *light steel framing*.

**Quadro 16 - Transmitância térmica (Alvenaria convencional)**

<b>Transmitância Térmica (w/ m<sup>2</sup>.k)</b>	
<b>U =</b>	$1/RT$
<b>U =</b>	2,328749

Fonte: Autores 2018

**Quadro 17 - Transmitância térmica (LSF)**

<b>Transmitância Térmica (w/ m<sup>2</sup>.k)</b>	
<b>U =</b>	$1/RT$
<b>U =</b>	0,2378920669

Fonte: Autores, 2018

### 6.2.3 Capacidade térmica

Podemos entender a capacidade térmica como a quantidade de calor que um corpo precisa receber ou perder para que sua temperatura varie em uma unidade. Os quadros 15, 16,



17, 18 apresentam os resultados para o cálculo da capacidade térmica da alvenaria convencional.

**Quadro 18 - Capacidade térmica seção A (Alvenaria convencional)**

<b>Seção A (Reboco + Argamassa + Reboco)</b>				
<b>Área da Seção A</b>	0,01x0,24	0,01x,014	A. total m <sup>2</sup>	
	0,0024	0,0014	0,0038	
<b>CTa = <math>\Sigma</math> (e . c . <math>\rho</math>) reboco + (e . c . <math>\rho</math>) argamassa + (e . c . <math>\rho</math>) reboco</b>				
<b>CTa =</b>	(e . c . $\rho$ ) reboco +	(e . c . $\rho$ ) argamassa +	(e . c . $\rho$ ) reboco	KJ/(m <sup>2</sup> .k)
<b>CTa =</b>	40	200	40	280

Fonte: Autores, 2018.

**Quadro 19 - Capacidade térmica seção B (Alvenaria convencional)**

<b>Seção B (Reboco + Bloco Cerâmica + Reboco)</b>				
<b>Área da Seção B</b>	0,01x0,24	A. total m <sup>2</sup>		
	0,0024	0,0024		
<b>CTb = <math>\Sigma</math> (e . c . <math>\rho</math>) reboco + (e . c . <math>\rho</math>) bloco cerâmico + (e . c . <math>\rho</math>) reboco</b>				
<b>CTb =</b>	(e . c . $\rho$ ) reboco +	(e . c . $\rho$ ) bloco cer. +	(e . c . $\rho$ ) reboco	KJ/(m <sup>2</sup> .k)
<b>CTb =</b>	40	147,2	40	227,2

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 20 - Capacidade térmica seção C (Alvenaria convencional)**

<b>Seção C (reboco + bloco + camara de ar + bloco + camara de ar + bloco + reboco )</b>								
<b>Área da Seção C</b>	0,04x0,24	A. total m <sup>2</sup>						
	0,0096	0,0096						
<b>CTc = <math>\Sigma</math> (e . c . <math>\rho</math>) reboco + (e . c . <math>\rho</math>) bloco cerâmico + (e . c . <math>\rho</math>) reboco</b>								
<b>CTc =</b>	(e . c . $\rho$ ) reboco	(e . c . $\rho$ ) bloco cer.	(e . c . $\rho$ ) ar	(e . c . $\rho$ ) bloco cer.	(e . c . $\rho$ ) ar	(e . c . $\rho$ ) bloco cer.	(e . c . $\rho$ ) reboco	KJ/(m <sup>2</sup> .k)
<b>CTc =</b>	40	22,08	0	14,72	0	22,08	40	138,88

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 21 - Capacidade térmica total (Alvenaria convencional)**

<b>Capacidade Térmica total da parede</b>		
<b>CT total =</b>	160,3354	KJ/(m <sup>2</sup> .k)

Fonte: Autores, 2018

Os resultados referentes à capacidade térmica para o *light steel framing*, calculados estão apresentados nos quadros 19, 20, 21, 22, 23.

**Quadro 22 - Capacidade térmica seção A (LSF)**

<b>Seção A (Placa de fibrocimento + Perfil metálico + Placa de Gesso)</b>				
<b>Área da Seção A</b>	0,00265x0,09375	A. total m <sup>2</sup>		
	0,000248438	0,000248438		
<b>CTa = <math>\Sigma</math> (e . c . <math>\rho</math>) fibrocimento + (e . c . <math>\rho</math>) perfil + (e . c . <math>\rho</math>) gesso</b>				
<b>CTa =</b>	(e . c . $\rho$ ) fibr. +	(e . c . $\rho$ ) perf. +	(e . c . $\rho$ ) gesso	KJ/(m <sup>2</sup> .k)
<b>CTa =</b>	16,128	538,2	9,1875	563,5155

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 23 - Capacidade térmica seção B (LSF)**

<b>Seção B (Placa de fibrocimento + Perfil metálico + Isolante termoacustico + AR + perfil metálico + Placa de Gesso)</b>							
<b>Área da Seção B</b>	0,0547x0,0975	A. total m <sup>2</sup>					
	0,00533325	0,00533325					
<b>CTb = <math>\Sigma</math> (e . c . <math>\rho</math>) fibr.+ (e . c . <math>\rho</math>) perf. + (e . c . <math>\rho</math>) isol.+ (e . c . <math>\rho</math>) perf.+ (e . c . <math>\rho</math>) gesso.</b>							
<b>CTb =</b>	(e . c . $\rho$ ) fibr. +	(e . c . $\rho$ ) perf. +	(e . c . $\rho$ ) ar +	(e . c . $\rho$ ) isol. +	(e . c . $\rho$ ) perf. +	(e . c . $\rho$ ) gesso	KJ/(m <sup>2</sup> .k)
<b>CTb =</b>	16,128	9,5082	0	1,925	9,5082	9,1875	34,8237

Fonte: Autores, 2018

Quadro 24 - Capacidade térmica seção C (LSF)

Seção C (placa de fibrocimento + Aba do perfil metálico + Isolante termo acústico + AR + Aba do perfil metálico + Placa de Gesso)							
Área da Seção C	0,00265x0,09375	A. total m <sup>2</sup>					
	0,000248438	0,000248438					
$CTc = \Sigma (e . c . \rho) \text{ fibrocimento} + (e . c . \rho) \text{ perfil} + (e . c . \rho) \text{ isolante} + (e . c . \rho) \text{ perfil} + (e . c . \rho) \text{ gesso.}$							
<b>CTc =</b>	(e . c . ρ) fibro. +	(e . c . ρ) aba do perf. +	(e . c . ρ) ar +	(e . c . ρ) isol. +	(e . c . ρ) aba do perf. +	(e . c . ρ) gesso	KJ/(m <sup>2</sup> .k)
<b>CTc =</b>	16,128	71,76	0	1,925	71,76	9,1875	170,7605

Fonte: Autores, 2018

Quadro 25 - Capacidade térmica seção D (LSF)

Seção D (Placa de fibrocimento + Isolante termo acústico + AR + Placa de Gesso)					
Área da Seção D	0.34x0.09375	A. total m <sup>2</sup>			
	0,031875	0,031875			
$CTd = \Sigma (e . c . \rho) \text{ fibrocimento} + (e . c . \rho) \text{ isolante} + (e . c . \rho) \text{ gesso}$					
<b>CTd =</b>	(e . c . ρ) fibro. +	(e . c . ρ) ar +	(e . c . ρ) isol. +	(e . c . ρ) gesso +	KJ/(m <sup>2</sup> .k)
<b>CTb =</b>	16,128	0	1,925	9,1875	27,2405

Fonte: Autores, 2018

Quadro 26 - Capacidade térmica total (LSF)

Capacidade Térmica total da parede		
<b>CT total =</b>	28,45286554	KJ/(m <sup>2</sup> .k)

Fonte: Autores, 2018

#### 6.2.4 Atraso térmico

O atraso térmico é o tempo que o calor irradiado pelo sol nas vedações, na sua face externa, leva para se manifestar no interior do ambiente de uma edificação. Nos quadros 24 e 25, podemos verificar os valores do atraso térmico para a alvenaria convencional e para a *light steel framing*. É válido salientar que nesse estudo do atraso térmico, foi desconsiderado o valor de B2 nas duas situações, pois segundo orientação da NBR 15220 (ABNT, 2003), se essa variável der um valor negativo não se utiliza ele no cálculo para atraso térmico.

Quadro 27 - Atraso térmico (Alvenaria convencional)

Atraso Térmico		
<b>Rt =</b>	0,259415	(m <sup>2</sup> . k/w)
<b>B 0 =</b>	CT - CT externo	
<b>B 0 =</b>	120,3354299	
<b>B 1 =</b>	0,226 x(B 0 / RT)	
<b>B 1 =</b>	104,8350852	
<b>R ext. =</b>	0,017391	
<b>B 2 =</b>	0,205 .( λ ρ c ) ext /Rt) . ( R ext - ( ( Rt - R ext) / 10))	
<b>B 2 =</b>	-12,37947587	
<b>φ =</b>	1,382 . Rt .( √ B 1 + B 2)	
<b>φ =</b>	3,670765739	

Fonte: Autores, 2018

Quadro 28 - Atraso térmico (LSF)

Atraso Térmico		
<b>Rt =</b>	2,738597115	(m <sup>2</sup> . k/w)
<b>B 0 =</b>	CT - CT externo	
<b>B 0 =</b>	9,252865544	
<b>B 1 =</b>	0,226 x(B 0 / RT)	
<b>B 1 =</b>	0,763583516	
<b>R ext. =</b>	0,021052632	
<b>B 2 =</b>	0,205 .( λ ρ c ) ext /Rt) . ( R ext - ( ( Rt - R ext) / 10))	
<b>B 2 =</b>	-19,51715608	
<b>φ =</b>	1,382 . Rt .( √ B 1 + B 2)	
<b>φ =</b>	3,307230477	

Fonte: Autores, 2018

### 6.2.5 Fator de ganho de calor

O fator de ganho de calor que é dado em porcentagem indica a capacidade de absorção de calor da vedação, que está diretamente relacionada com a cor do acabamento aplicado na parte externa da vedação. Para o desenvolvimento dos cálculos, foi adotada a cor amarela para as partes externa das paredes, assim sendo - pela tabela B.2 item 9 da Norma NBR 15220 (ABNT, 2003), a o valor de  $\alpha$  é igual a 0,3, com isso, tem-se que U deve ser

menor ou igual a 3,7. Nos quadros 26 e 27 é possível notarmos os resultados encontrados tanto para a alvenaria convencional como para o *light steel framing*.

**Quadro 29 - Fator de ganho de calor (Alvenaria convencional)**

<b>Fator de Ganho de Calor</b>		
<b>FS =</b>	$4 \cdot U \cdot \alpha$	%
<b>FS =</b>	2,794499	%

Fonte: Autores, 2018

**Quadro 30 - Fator de ganho de calor (LSF)**

<b>Fator de Ganho de Calor</b>		
<b>FS =</b>	$4 \cdot U \cdot \alpha$	%
<b>FS =</b>	0,41257003	%

Fonte: Autores, 2018

## 7 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A NBR 15775 (ABNT, 2013) para avaliação do desempenho térmico avalia dois fatores: a transmitância térmica e a capacidade térmica. Os resultados encontrados foram obtidos considerando que os sistemas de vedação tanto o de alvenaria convencional, quanto o *light steel framing* foram aplicados na região bioclimática zona 6, onde o estudo foi elaborado.

Para a transmitância térmica, a norma traz que para a zona bioclimática adotada, se for definido o  $\alpha$  (absortância à radiação solar da superfície externa da parede)  $\alpha \leq 0,6$  a transmitância térmica deve ser  $U \leq 3,7 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}$  e para o  $\alpha > 0,6$  a transmitância térmica nesse caso tem que ser  $U \leq 2,5 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}$ . Nesse estudo foi adotado um  $\alpha$  de 0,3 para que absortância da radiação solar fosse a menor possível, isso para colaborar com o desempenho térmico das vedações estudadas, foi observado que nesse quesito da norma, a alvenaria convencional obteve um valor de  $U = 2,328 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}$  e o *light steel framing* chegou a um valor de  $U = 0,343 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}$ .

Outro ponto mencionado na norma de desempenho que foi levantado pelo estudo é a capacidade térmica das vedações, para a zona bioclimática 6, a capacidade térmica mínima estipulada é de  $CT \geq 130 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ . A alvenaria convencional alcançou um  $CT = 160,335 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$  e o *light steel framing* teve um índice de  $CT = 28,452 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ .

Pelos valores obtidos, vemos que no que tange a absortância térmica, tanto a alvenaria convencional como o *light steel framing* alcançaram os índices mínimos estabelecidos, com um desempenho notável da *light steel framing*, bem abaixo do máximo exigido pela norma. Já na capacidade térmica, os valores alcançados pela alvenaria convencional foram satisfatórios pois obedecem ao valor de tolerância pedido na norma, mas o desempenho do *light steel framing* não atende a norma, ficando 78 % abaixo do mínimo estabelecido pela norma de desempenho NRB 15775 (ABNT, 2013).

A tabela C.2 da NBR 15220 (ABNT, 2003) anexo C fixa um valor para atraso térmico igual a  $\varphi \leq 4.3$  horas, e um valor de fator solar de  $FS \leq 5.0$  para paredes leves que é o caso do LSF e  $\varphi \leq 6.5$  horas com um valor de fator solar  $FS \leq 3.5$  para paredes pesadas que é o caso da alvenaria. O *light steel frame* apresentou um resultado de  $\varphi = 3,307230477$  horas e um fator solar de  $FS = 0,41257003\%$ , e o outro sistema teve um valor de  $\varphi = 3,670765739$  horas e um fator solar de  $FS = 2,794499\%$ .

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao fato da NBR 15220 (ABNT, 2003) não contemplar as construções em LSF em seus cálculos, surgiu a necessidade de desenvolvê-los para o sistema construtivo em questão. Foram feitos os cálculos também com bloco cerâmico da nossa região, de forma que, com os resultados obtidos, possibilitou-se um comparativo mais técnico. Dessa forma, embasado em resultados seguros, é possível afirmar que o *light steel framing* não é totalmente termicamente viável para a nossa região. No item 6.6 da NBR 15220 (ABNT, 2003) aponta-se que construções situadas na região 6 devem ter paredes pesadas para aumentar a inércia térmica da parede e, como foi observado, o *light steel framing* tem como característica o fato de ser uma estrutura leve.

Em acordo com a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013) parte 4 item 11, no que diz respeito a valores máximos e mínimos a serem adotados, a norma estabelece valores para a transmitância térmica das paredes externas e capacidade térmica de paredes externas, valores esses que devem ser atendidos.

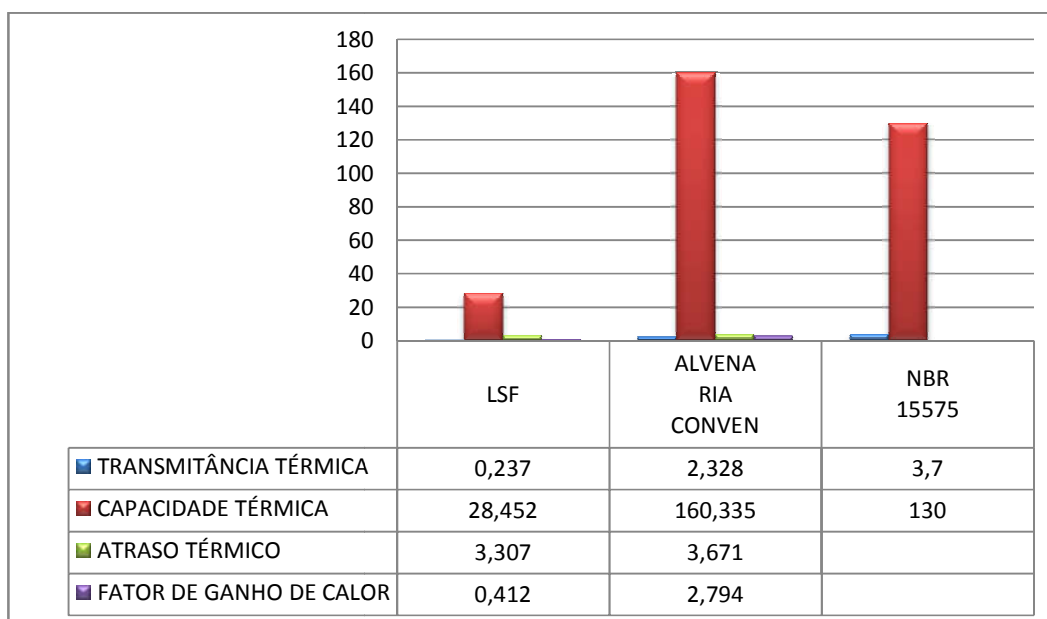
A partir dos resultados obtidos para capacidade térmica, pode-se observar que a alvenaria convencional atingiu o resultado mínimo exigido em norma, diferentemente do sistema LSF que teve um valor muito inferior ao estabelecido, a norma 15575 (ABNT, 2013) item 11.2.2, tabela 14 traz um valor mínimo de capacidade térmica igual a 130 para a região 6 que é a região em estudo.

Em relação aos valores de atraso térmico e fator solar prescritos na norma 15220 (ABNT, 2003) e sendo o sistema LSF constituído de paredes leves, observou-se um bom desempenho no que diz respeito a esses dois valores.

Embasados na veracidade dos valores obtidos pode-se confirmar as orientações que feitas pela NBR 15220(ABNT, 2003) parte 3 item 6.6 da tabela 17, vedação externa para a zona Bioclimática 6 deve ser composta por paredes pesadas.

Assim sendo, concluiu-se que uma construção em LSF com a configuração dos componentes anteriormente descritos, não atendem a todas as observações, no quesito desempenho térmico, estabelecidas em norma, ficando em débito com o parâmetro capacidade térmica, ou seja, com uma quantidade de calor menor que a normatizada, essa parede aumenta sua temperatura podendo assim comprometer o conforto interno do ambiente. Essas afirmações podem claramente vistas no gráfico comparativo 1.

Gráfico 1 – Comparativo final dos valores encontrados



Fonte: Autores, 2018

Como sugestão para adequar o sistema às normas, podem-se ser desenvolvidos isolantes térmicos que sejam termicamente mais inertes e com massa específica maior, de forma a atender as orientações normativas referentes a valores mínimos requeridos para a capacidade térmica.

Como complemento a essa conclusão, vale citar que todos os resultados aqui descritos são originários do método de cálculo, tendo-se ainda dois outros métodos apresentados pela NBR15220 (ABNT, 2003), sendo eles o método de simulação computacional e a medição *in loco*, a análise desses sistemas por esses outros métodos confirmariam os resultados aqui descritos e pode servir como sugestão para um trabalho futuro, a avaliação do sistema construtivo *light steel framing* por meio dos demais métodos mencionados pela norma, com objetivo de verificar os resultados aqui apresentados.

O *light steel framing* tem se tornado cada vez mais conhecido no Brasil, mas ainda não se tem na NBR 15220 (ABNT, 2003) nenhum parâmetro que sirva de base para os cálculos de desempenho térmico, no trabalho foi adotado para os cálculos o modelo de cálculo que mais se adaptava com o sistema construtivo, para tanto - uma sugestão é desenvolver e incluir na norma os cálculos que considerem todos os fatores desse sistema construtivo novo no mercado da engenharia civil em nosso país.



## REFÊRENCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6355: 2012

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15498: 2007

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14415: 2010

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1250: 2005

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1749: 1996

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: 2013.

ÂNGULO, Sérgio Cirell; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil**. 2001. 13 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Pcc - Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Epusp, Usp, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2017.

ARAÚJO, Alexandre Feller de. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84192>>. Acesso em: 02 out. 2017.

CARREGARI, Luana. **Light Steel Frame garante obras rápidas e limpas**. 2016. 25 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura., Escola Politécnica da Universidade de São Paul, São Paulo, 2016. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/light-steel-frame-garante-obras-rapidas-e-limpas\\_13620\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/light-steel-frame-garante-obras-rapidas-e-limpas_13620_10_0)>. Acesso em: 18 nov. 2017.

DOMARASCKI, Conrado Sanches; FAGIANI, Lucas Sato. **Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. 2009. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação

Educacional de Barretos, Barretos, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfqCMAC/estudo-comparativo-dos-sistemas-construtivos-steel-frame-concreto-pvc-sistema-convencional>>. Acesso em: 19 dez. 2017.

Empresa de pesquisa energética (EPE). **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (Regiões E Subsistemas)**. 2017. 1f. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse\(regi%C3%B5esesubsistemas\)%E2%80%932011-2012.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse(regi%C3%B5esesubsistemas)%E2%80%932011-2012.aspx)>. Acesso em: 27 nov.2017.

FERREIRA, Vitor Pinheiro. **Estudo Comparativo entre Sistemas Construtivos: Alvenaria Convencional e Light Steel Frame**. 2016. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/123456789/8266/1/VitorPinheiroFerreiraTCCGRADUACAO2016.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2017.

FIORELLI, Flávio Augusto Sanzovo; HERNANDEZ NETO, Alberto; TRIBESS, Arlindo. **Avaliação de Estratégias para a Racionalização do Consumo de Energia em Edifícios com ar condicionado**. 2001. 8 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Pedro, 2001. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/encac/files/2001/A0708.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

FLACH, Carlos Eduardo; KERN, Andrea Parisi. **Estimativa da Geração de Resíduos de Construção e Demolição em uma Cidade na Serra Gaúcha**. 2009. 3 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Pucrs- Pontífice Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <[http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaoIC/Engenharias/Engenharia\\_Civil/70596-CARLOS\\_EDUARDO\\_FLACH.pdf](http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaoIC/Engenharias/Engenharia_Civil/70596-CARLOS_EDUARDO_FLACH.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2017.

FRANZEN, Fabiani Pereira. **Análise do Desempenho Térmico e Acústico de Vedações Verticais Externas Executadas em Light Steel FRAMING**. 2015. 148 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <[http://calvados.c3sl.ufpr.br/bitstream/handle/1884/41973/R - D - FABIANI\\_PEREIRA](http://calvados.c3sl.ufpr.br/bitstream/handle/1884/41973/R_-_D_-_FABIANI_PEREIRA)>

FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **STEEL FRAMING: ARQUITETURA**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Instituto Brasileiro de Siderurgia/centro Brasileiro de Construção em Acero, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual\\_steel\\_framing\\_arquitectura.pdf](http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual_steel_framing_arquitectura.pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2017.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, EneDir; PEREIRA, Cláudia Donald. **CASA EFICIENTE: Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente\\_vol\\_I\\_WEB.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_I_WEB.pdf)>. Acesso em: 16 dez. 2017.

MADRUGA, Emerson Limberger. **Desempenho Térmico: Comparativo de Edificações em Light Steel Framing com Edificações em Bloco Cerâmico através de Simulação Computacional**. 2016. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148699/001002197.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

MILAN, Gabriel Sperandio; NOVELLO, Roger Vagner; REIS, Zaida Cristiane dos. **A Viabilidade do Sistema Light Steel Frame para Construções Residenciais**. 2011. 20 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Ufpr, Ponta Grossa, 2011. Disponível em: <[file:///C:/Users/petram/Downloads/100752\\_viabilidade\\_do\\_steel\\_framing\\_pela\\_universidade.pdf](file:///C:/Users/petram/Downloads/100752_viabilidade_do_steel_framing_pela_universidade.pdf)>. Acesso em: 28 set. 2017.

ONU. **Relatório Brundtland “Nosso Futuro Comum”**. 1987. 1f. Relatório técnico-Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 03 out. 2017.

SILVA, Robson Rodrigo da; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda; SANTOS, Gisele Cristina dos. **Gestão da Água em Canteiros de Obras de Construção Civil**. 2013. 9 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unicesumar – Centro Universitário Cesumar, Maringá, 2013.

Disponível em:  
<[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit\\_mostra/Robson\\_Rodrigo\\_da\\_Silva2.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Robson_Rodrigo_da_Silva2.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2017.

SOUZA, Eduardo Luciano de. **Construção Civil e Tecnologia: Estudo do Sistema Construtivo Light Steel Framing**. 2014. 137 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em:  
<[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-AGWGDM/monografia\\_eduardo\\_luciano\\_ufmg\\_2014\\_vers\\_o\\_final.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-AGWGDM/monografia_eduardo_luciano_ufmg_2014_vers_o_final.pdf?sequence=1)>.

Acesso em: 02 out. 2017.

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Tereza Castilho. **Energia, Meio Ambiente e Economia: O Brasil no Contexto Mundial**. 2009. 12 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Departamento de Química Fundamental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em:

<[http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/12309/art\\_VICHI\\_Energia\\_meio\\_ambiente\\_e\\_economia\\_o\\_Brasil\\_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/12309/art_VICHI_Energia_meio_ambiente_e_economia_o_Brasil_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 27 nov. 2017.