

Universidade Brasil  
Curso de Engenharia Civil, Campus Descalvado

GABRIEL BIANCHI

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE ESTRUTURAS COM  
FECHAMENTO EM SISTEMAS DE DRYWALL E ALVENARIA  
EVALUATION OF STRUCTURES OF THERMAL COMFORT WITH  
OUTSIDE WALL USING DRYWALL AND THE MASONRY

DESCALVADO/SP

2016

GABRIEL BIANCHI

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE ESTRUTURAS COM  
FECHAMENTO EM SISTEMAS DE DRYWALL E ALVENARIA

DESCALVADO/SP

2016

**GABRIEL BIANCHI**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE ESTRUTURAS COM  
FECHAMENTO EM SISTEMAS DE DRYWALL E ALVENARIA**

**Orientadora: Profa. Dra. Gisele Cristina Antunes Martins**

**Co-Orientador: Dr. Fabio Martin Rocha**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil na Universidade Brasil.**

**DESCALVADO/SP  
2016**

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste TCC, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura do aluno:

Data:

**GABRIEL BIANCHI**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DE ESTRUTURAS COM  
FECHAMENTO EM SISTEMAS DE DRYWALL E ALVENARIA**

**Trabalho de Conclusão apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, à Universidade Brasil, desenvolvido sob a orientação do Profa. Dra. Gisele Cristina Antunes Martins e Co-orientação de Dr. Fabio Martin Rocha**

**Aprovado em \_\_\_/ \_\_\_\_\_ de 2016.**

**Com Nota \_\_\_\_\_.**

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_.

**Profa. Dra. Gisele Cristina Antunes Martins**

\_\_\_\_\_.

**Prof. Dr. Fabio Martin Rocha**

\_\_\_\_\_.

**Profa. Dra. Ana Catarina de Oliveira Gomes**

Dedico aos meus pais:

Mario Sergio Carnielli Bianchi (*in memoriam*)

e Silvana de Oliveira Bianchi

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe por ter sido minha fonte de incentivo e apoio.

Aos meus familiares que sempre estiveram ao meu lado.

Aos professores da Universidade Brasil pelos ensinamentos.

À minha professora Profa. Dra. Gisele Cristina Antunes Martins, por ter possibilitado a finalização deste estudo.

Ao professor Fabio Martin Rocha por ter-me ajudado na execução do presente trabalho

Aos amigos que frequentaram comigo o Curso de Engenharia Civil, pelos momentos de alegria e diversão, juntamente com a troca de conhecimentos.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>                       | <b>14</b> |
| 1.2. OBJETIVOS .....                                       | 15        |
| 1.3. JUSTIFICATIVA .....                                   | 15        |
| 1.4. METODOLOGIA .....                                     | 16        |
| <b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>            | <b>17</b> |
| 2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL: NOVOS CONCEITOS .....                | 17        |
| 2.1.1 Definição de Drywall .....                           | 17        |
| 2.1.2 Características do Drywall .....                     | 19        |
| 2.1.3 Vedação interna.....                                 | 21        |
| 2.1.4 Processo de fabricação .....                         | 22        |
| 2.1.5 Montagem.....  | 23        |
| 2.1.6 Light Steel Framing.....                             | 25        |
| 2.2 ALVENARIA TRADICIONAL.....                             | 27        |
| 2.2.1 Definição .....                                      | 27        |
| 2.2.2 Principais materiais de construção de alvenaria..... | 29        |
| 2.2.3 Tijolos Cerâmicos .....                              | 30        |
| 2.2.4 Blocos em Concreto .....                             | 30        |
| 2.2.5 Tijolo de vidro.....                                 | 31        |
| 2.2.6 Argamassa de assentamento.....                       | 31        |
| 2.3 – COMPARAÇÃO ENTRE ALVENARIA E <i>DRYWALL</i> .....    | 32        |
| 2.4 – CONFORTO TÉRMICO .....                               | 36        |
| <b>CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO.....</b>     | <b>40</b> |
| 3.1. – <i>Software Energy Plus</i> .....                   | 40        |
| 3.2 – Estudo de Caso.....                                  | 40        |
| <b>CONCLUSÕES.....</b>                                     | <b>46</b> |
| <b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>                      | <b>47</b> |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|  |   |
|--|---|
| ABNT                                   | Associação Brasileira de Normas Técnicas                      |
| ABRAGESSO -                            | Associação Brasileira dos Fabricantes de Gesso e Chapas       |
| ABRAMAT                                | Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção |
| CaSO <sub>4</sub> + ½ H <sub>2</sub> O | Sulfato de Cálcio hemi-hidratado                              |
| CaSO <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O  | Sulfato de Cálcio di-hidratado                                |
| CBCS                                   | Conselho Brasileiro de Construção Sustentável                 |
| cm                                     | Centímetro  |
| CO <sub>2</sub>                        | Dióxido de carbono  |
| CSN                                    | Companhia Siderúrgica Nacional                                |
| FGV                                    | Fundação Getúlio Vargas                                       |
| LNE                                    | Laboratório Nacional de Engenharia Civil                      |
| m <sup>2</sup>                         | Metro ao quadrado   |
| mm                                     | Milímetro   |
| °C                                     | Graus celsius   |
| OSB                                    | <i>Oriented Strand Board</i> - Painéis de fibras orientadas   |
| PIB                                    | Produto interno bruto   |
| RF                                     | Resistente ao fogo  |
| RU                                     | Resistente a umidade  |
| ST                                     | <i>Standard</i>   |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Chapas para drywall - consumo por m <sup>2</sup> por habitante/ano. Fonte:(Associação Brasileira Drywall, 2016).....                      | 18 |
| Figura 2: Consumo histórico anual de chapas para drywall no Brasil (milhões de m <sup>2</sup> ). Fonte: Associação Brasileira Drywall, (2016) ..... | 19 |
| Figura 3: Placas de drywall. ....   | 20 |
| Figura 4: Processo fabricação gesso cartonado. ....   | 22 |
| Figura 5: Instalação de chapas de gesso acartonado. ....  | 25 |
| Figura 6: Sistema construtivo <i>Light Steel Framing</i> . ....   | 25 |
| Figura 7:Tipos de blocos e tijolos Fonte: Busi (2009). ....   | 29 |
| Figura 8: Tipos de blocos e tijolos (A) Tijolo cerâmico, (B) bloco em cimento; (C) Sílico-calcáreo. .   | 29 |
| Figura 9: bloco de vidro (D).....   | 30 |
| Figura 10: Diferenças entre alvenaria e drywall .....   | 33 |
| Figura 11: Trocas térmicas.....   | 37 |
| Figura 12:Layout dos modelos: (a) Planta da Residência; (b) Perspectiva do modelo. ....   | 41 |
| Figura 13: Evolução temporal da temperatura para o dia mais quente com tijolo maciço.....   | 43 |
| Figura 14: Evolução temporal da temperatura para o dia mais quente com o sistema LSF.....   | 44 |
| Figura 15: Evolução temporal da temperatura para o dia mais quente, considerando a zona 5 para comparação. ....                                     | 45 |

**LISTA DE QUADROS**

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1: Vantagens e desvantagens da utilização de alvenaria e <i>drywall</i> . .....            | 32 |
| Quadro 2: Pontos críticos no ciclo de vida da alvenaria não estrutural e do <i>drywall</i> .....  | 34 |
| Quadro 3: Paredes corta-fogo construídas com chapas de gesso acartonado com parede corta fogo ... | 35 |

## RESUMO

Frente ao elevado consumo de energia mundial, a busca de novos sistemas construtivos que sejam ambientalmente sustentáveis, que possam proporcionar bons índices de conforto térmico aos seus moradores, e que esteja dentro de critérios considerados energeticamente eficientes, tem sido muito maior.. O *Software Energy Plus* permite que os estudos sejam realizados por meio de simulações computacionais testando a eficiência energética da edificação a partir de diferentes soluções projetuais adotadas. Através de tal prática, pode-se testar a eficiência dos materiais adotados e identificar os elementos responsáveis pelo maior ou menor consumo energético das mesmas. O sistema *Light Steel Framing* (LSF), que se caracteriza por perfis de aço galvanizados formados a frio, tem se mostrado uma grande alternativa aos sistemas construtivos tradicionais. Sendo assim, o objetivo do presente estudo é apresentar as diferenças entre dois sistemas construtivos, sendo eles: *Light Steel Framing* (com utilização de *Drywall*) e o tradicional em alvenaria (tijolo cerâmico), analisando uma avaliação de conforto térmico realizada por meio do *Software Energy Plus*, tendo como fonte de pesquisa o estudo realizado por Souza, Martins e Pinto (2011). Com os resultados apresentados pode-se afirmar que o *Light Steel Framing* tem a possibilidade de ser trabalhado como um bom conceito de isolamento térmica, em virtude de possuir múltiplas camadas e assim, é possível analisar a espessura do fechamento de *Drywall* ideal para que o conforto térmico, interior da residência, tenha um desempenho dentro da adequação climática.

**PALAVRA-CHAVE:** *Light Steel Framing*. Sistemas construtivos. Conforto térmico. *Drywall*. Alvenaria Tradicional.

## ABSTRACT

Front high world energy consumption, the search for new building systems that are environmentally sustainable, that can provide good levels of environmental comfort to its residents and is within criteria considered energy-efficient, has been much greater. The Energy Plus Software allows studies to be conducted through computer simulations testing the energy efficiency of the building from different design solutions adopted. Through such practice, one can test the efficiency of the adopted materials and identify the components responsible for the higher or lower energy consumption thereof. The Light Steel Framing System (LSF), which is characterized by galvanized steel cold formed sections, has shown a great alternative to traditional building systems. Thus, the aim of this study is to present the differences between two construction systems, as follows: Light Steel Framing (with use of Drywall) and traditional masonry (ceramic brick), looking at a thermal comfort assessment carried out by the Energy Plus software, with application of the two construction systems, and as a source of research the study by Souza, Martins and Pinto (2011). With the presented results we can say that the Light Steel Framing has the possibility of working as a good concept of thermal insulation, due to have multiple layers and thus, you can analyze the thickness of the ideal Drywall closure for the thermal comfort inside the residence, have a performance in climate adaptation.

**KEYWORD:** Light Steel Framing. Building systems. Thermal comfort. Drywall. Traditional Mansory.

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A construção civil está no segundo lugar como gerador de empregos, diretos ou indiretos, sendo que a agroindústria está em primeiro lugar e de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção - ABRAMAT, em parceria com a Fundação Getúlio Vargas – FGV (2011), sua cadeia produtiva representou 8,1% de todo o PIB brasileiro em 2010 e consome uma quantidade elevada de recursos naturais (ABRAMAT; FGV, 2011).

Atualmente, pode-se verificar que em todo o mundo existem problemas ambientais e a necessidade de se buscar novos recursos para as construções visando à utilização racional de energia e eliminando os desperdícios. Assim, é buscado o desempenho e o menor custo possível, além da exploração de fontes alternativas.

Na década de 70, em virtude da crise petrolífera, teve início o desenvolvimento de várias iniciativas com a intenção de viabilizar a eficiência energética nos edifícios. O crescimento da conscientização ambiental levou ao surgimento de projetos ecológicos que buscavam através de conceitos arquitetônicos a redução no consumo dos recursos naturais.

Essa busca teve como finalidade encontrar soluções mais baratas, que aumentassem a produtividade sem o aumento com gastos de mão de obra. Partindo dessa ideia, o mercado brasileiro começou a adotar com maior frequência processos que já eram utilizados em larga escala há décadas em países da América do Norte e da Europa (FLEURY, 2014).

A grande mudança ocorreu na adoção de métodos menos artesanais e mais industrializados. Assim, muitas construtoras brasileiras começaram a estudar a viabilidade da implantação dos métodos de construção a seco, nos quais não se utiliza água no processo executivo (FLEURY, 2014).

O gesso é utilizado como material de construção a milhares de anos, sendo um material transpirável, que regula a umidade ambiental e flexível. A arquitetura moderna encontrou nas placas de gesso acartonadas e nos sistemas cortantes desenvolvidos para sustentá-las, o ponto de partida para se pensar em novas concepções e aplicações, tanto para obras novas quanto para reformas de antigos edifícios, tal tecnologia é conhecida no mercado como Drywall.

Métodos alternativos como a utilização de *drywall*, que é considerado um método de montagem que melhora a produtividade dos sistemas executivos, começou a ser mais difundido e utilizado no Brasil, sendo que a introdução no país veio atrelada à preocupação de

trazer conforto térmico as edificações, visto que o Brasil possui regiões quentes e outras regiões frias, necessitando que o material utilizado tenha um benefício em todas as construções, independente do calor ou do frio externo.

O ser humano precisa liberar calor em quantidade suficiente para que sua temperatura interna se mantenha na ordem de 37°C - chamada de homeotermia. Considerando que as diferenças climáticas da Terra são basicamente advindas da energia solar, torna-se indispensável que haja elementos para avaliar qual a carga térmica que determinada edificação ou espaço ao ar livre receberá nas diversas horas do dia e nas várias épocas do ano.

Pelo fato do *drywall* ser relativamente novo no mercado brasileiro e a grande maioria das residências terem suas paredes internas e externas feitas com alvenaria, a problemática para o estudo será avaliação dos benefícios da utilização do *drywall*, no que se refere ao conforto térmico.

## 1.2. OBJETIVOS

- ✓ Apresentar as diferenças entre dois sistemas construtivos, sendo eles: *Light Steel Framing* ( com utilização de *Drywall*) e o tradicional em alvenaria
- ✓ Analisar uma avaliação de conforto térmico realizadas por meio do Software Energy Plus, com aplicação dos dois sistemas construtivos.

## 1.3. JUSTIFICATIVA

Os novos conceitos de construção civil passam também por novos métodos de análise, por meio de recursos tecnológicos e informáticos, como por exemplo, o *software energy plus* que possibilita a verificação da construção a ser efetuada de forma a obter os dados numéricos e estatísticos antes da construção física.

Sabe-se que o principal objetivo do isolamento térmico nas construções é o de controlar as perdas de calor no inverno e os ganhos de calor no verão. Com a análise comparativa do conforto térmico, com a vedação interna de uma construção de alvenaria e outra com a utilização do *drywall* pretende-se perceber qual apresenta melhor resultado de conforto térmico.

#### **1.4. METODOLOGIA**

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre *drywall*, alvenaria e conforto térmico, por meio de materiais disponíveis em base de dados de artigos científicos, monografias e revistas especializadas que possibilitou a execução do capítulo 2. E no capítulo 3, a partir do trabalho desenvolvido por Souza, Martins e Pinto (2011) foi realizada a avaliação comparativa entre os dois sistemas construtivos, observando a influência do conforto térmico dos usuários.

## CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONSTRUÇÃO CIVIL: NOVOS CONCEITOS

Em virtude do crescimento populacional e o pensamento de sustentabilidade na construção civil é necessário estudos para busca de métodos, materiais e sistema construtivo que atendam a demanda juntamente com a preservação de ambiente.

Algumas tecnologias são indispensáveis para que o morador tenha conforto térmico e assim será apresentado sistema construtivo de *Light Steel Framing*, com o fechamento de *Drywall*.

#### 2.1.1 Definição de Drywall

*Drywall* é uma placa de gesso revestida de papel acartonado. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2016) as chapas de gesso para *drywall* "é uma tecnologia que substitui as vedações internas convencionais (paredes, tetos e revestimentos) de edifícios de quaisquer tipos, consistindo de chapas de gesso aparafusadas em estruturas de perfis de aço galvanizado".

Em 1895, Augustine Sackett. criou a *Sackett Board* ou a Placa *Sackett*, constituída de quatro camadas de gesso dentro de um quarto folhas de papel, lã e camurça. Medindo 91x91 cm e 3 cm de espessura com bordas sem acabamentos. A tecnologia evoluiu entre 1910 e 1930, utilizando-se bordas encapadas e eliminando duas camadas de papel camurça em favor do suporte do papel das faces, passando então a ser chamada de *Gypsum Board* ou Placa de Gesso (DUARTE, 2014).

As placas de gesso acartonado substituem alvenarias e argamassas de revestimento em uma única operação, permitindo a fácil instalação dos dutos de água e energia (ZUNINO; CUNHA, 2010). Sendo usada como vedação interna, dando acabamento e protegendo as estruturas de madeira (SILVA, 2000).

Material produzido industrialmente, o gesso acartonado é um sistema de construção a seco muito comum na Europa e Estados Unidos, e vem crescendo no mercado brasileiro (ZUNINO; CUNHA, 2010). Poucas empresas investiram no aprendizado e desenvolvimento e realizam uma nova engenharia em seus canteiros de obras (BERGAMINI, 2012)

O gesso acartonado é utilizado em regiões com fortes tendências a terremotos, como na Califórnia e Japão, regiões com risco de furacões, como Flórida e Caribe, regiões de

temperaturas extremas (altas ou baixas), como na Europa e no Canadá, regiões com grande umidade, como México, e secas como algumas partes da Austrália (BERGAMINI, 2012)

A primeira fábrica de placas em gesso acartonado no Brasil foi instalada em 1972 na cidade de Petrolina em Pernambuco. Foram construídos na década de 70 diversos conjuntos habitacionais em São Paulo com essa tecnologia de painéis em gesso acartonado (FARIA, 2008; LIMA, 2012).

Entretanto, foi somente em meados da década de 1990, que a produção do gesso acartonado no Brasil alcançou escala industrial, através da abertura do mercado e a chegada de empresas estrangeiras que verificaram o potencial de crescimento desse sistema no país e instalaram unidades de produção nos estados de Pernambuco, São Paulo e Rio de Janeiro. O mercado respondeu positivamente a essa iniciativa, conforme demonstra a evolução dos números relativos ao desempenho comercial da tecnologia *drywall* no país. Ainda assim, no que diz respeito à utilização desse sistema construtivo, o Brasil ocupa posição bastante modesta no cenário internacional, como pode ser visto na Figura 1.

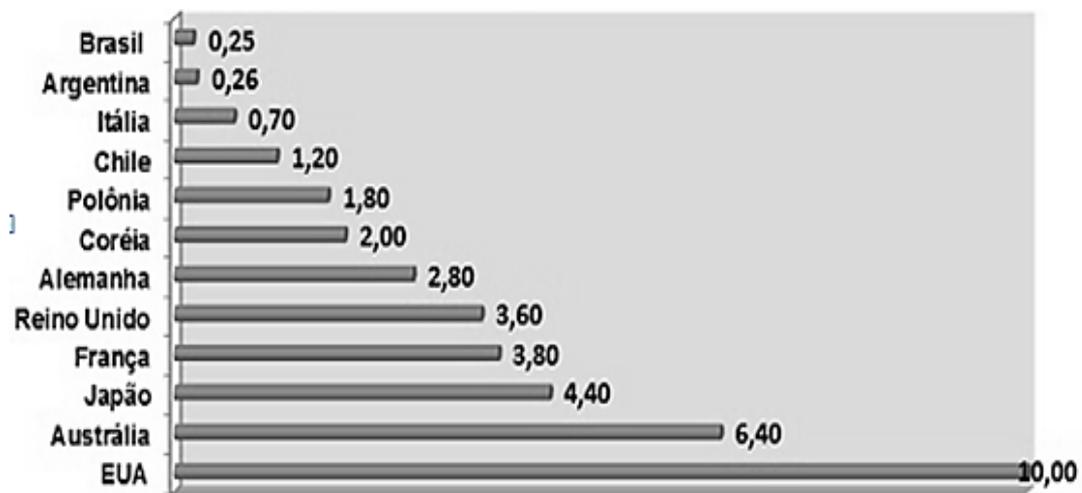


Figura 1: Chapas para drywall - consumo por m<sup>2</sup> por habitante/ano.  
Fonte: Associação Brasileira Drywall (2016)

Apesar do significativo crescimento do consumo de gesso acartonado no Brasil nos últimos anos, o país, segundo a ABRAGESSO (2014), ainda tem consumos significativamente menores do que o Chile, por exemplo. (FLEURY, 2014).

As construtoras brasileiras começaram a estudar a viabilidade na implantação dos métodos de construção a seco, nos quais não se utiliza água no processo executivo. Métodos como *light steel frame* e *drywall*, que são considerados métodos de montagem que melhoram

a produtividade dos sistemas executivos, começaram a ser mais difundidos e utilizados no Brasil (FLEURY, 2014).

Os dados fornecidos pela Associação Brasileira de Drywall (2016) confirmam a procura do material para a construção civil, desde a chegada ao Brasil, em 1995 até o ano de 2013, como pode ser observado no gráfico a seguir (Figura 2) que apresenta o consumo histórico anual de chapas para drywall no Brasil (milhões de m<sup>2</sup>)

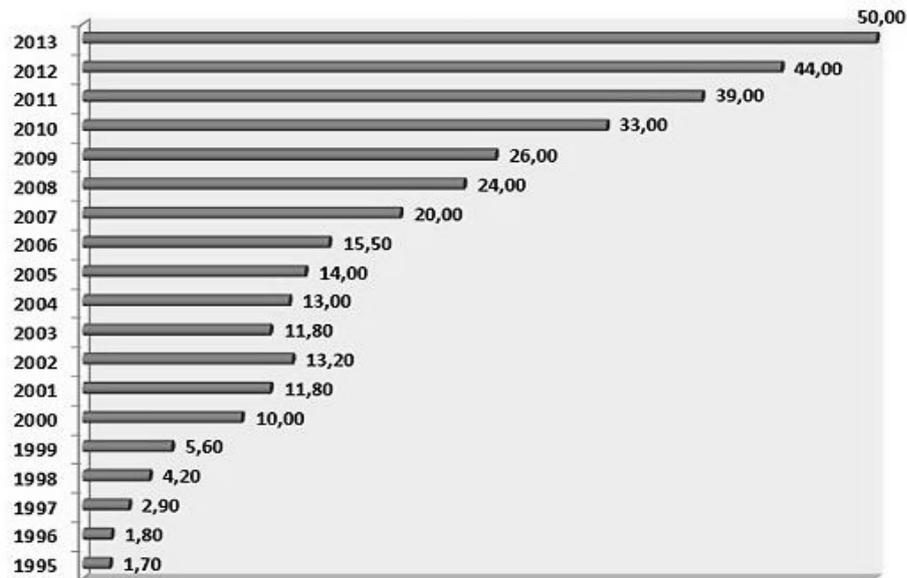


Figura 2: Consumo histórico anual de chapas para drywall no Brasil (milhões de m<sup>2</sup>).  
Fonte: Associação Brasileira Drywall (2016)

Com a análise da Figura 2, se percebe que a aceitação do drywall para a vedação interna, na construção civil foi incorporada como uma possibilidade de material prático, limpo e com conceitos sustentáveis, como será observado nos próximos capítulos.

### 2.1.2 Características do Drywall

O sistema consiste, basicamente, em uma estrutura interna que suporta painéis com gesso e cartão, formando paredes mais ou menos espessas. Existem diversos tipos de chapas: normal (padrão), resistentes à umidade, e resistentes ao fogo. As placas resistentes à umidade são tratadas com produtos hidrofugantes, como o silicone. Já as resistentes ao fogo possuem aditivos para retardar a liberação de água da chapa. As vantagens deste sistema são a leveza, a facilidade na modificação de layout (no caso das paredes ou divisórias em gesso) dando flexibilidade ao projeto, além disso é um sistema que possibilita uma obra limpa, já que a atividade, na sua execução, é predominantemente de corte (ZUNINO;CUNHA, 2010).

A Norma ABNT NBR 14715: 2001, especifica os requisitos para as chapas de gesso acartonado destinadas à execução de paredes, forros e revestimentos internos.

A gipsita (gesso mineral), estocada ao ar livre, passa por um britador de impacto, que reduz a sua granulometria. Em seguida, é triturada e levada por uma correia transportadora até um silo, seguindo, então, para a fase de moagem e calcinação, onde perde cerca de 75% de água, tornando-se o pó que conhecemos como gesso.

O gesso é misturado à água e aditivos, formando uma pasta lançada num processo de laminação contínua entre duas folhas do cartão especial, que aderem química e mecanicamente ao gesso, formando painéis estruturados. Em seguida passam pelo processo de secagem e cura, durante o qual as moléculas do gesso se reagrupam em cristais, readquirindo sua formação rochosa original, porém com um nível de pureza elevado (RODRIGUES, 2014).

No mercado as placas de gesso acartonado são fabricadas com espessuras de 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm, e, quanto às dimensões, seguindo o mesmo padrão das placas de OSB<sup>1</sup> (*Oriented Strand Board* - Painéis de fibras orientadas), com largura de 1200 mm e comprimentos entre 1800 mm e 3600 mm, e são disponibilizadas em três tipos diferentes, com cores diferentes e que facilitam a melhor e mais rápida identificação na obra, como pode ser observado na Figura 3 (RODRIGUES, 2014)

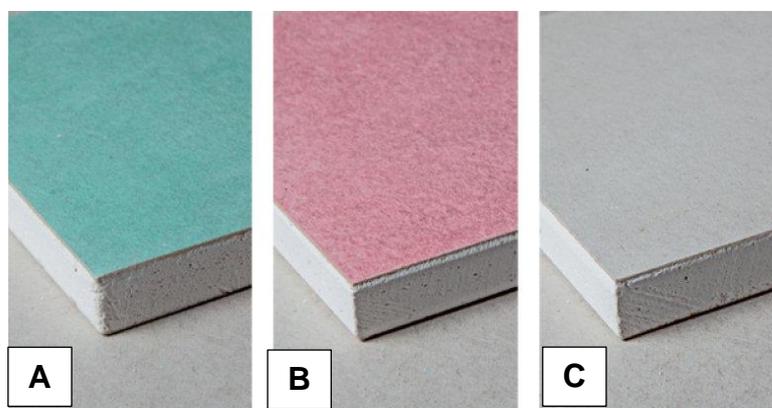


Figura 3: Placas de drywall.  
Fonte: Rodrigues (2014).

a) Verde (RU): placa resistente a umidade é disponibilizada na cor verde, sendo utilizada em paredes sujeitas à ação da umidade, com silicone e aditivos fungicidas misturados ao gesso, que permite a aplicação em áreas úmidas (banheiro, cozinha e lavanderia);

---

<sup>1</sup> A placa OSB é composta de madeira essencialmente constituída por dois componentes: madeira e colas sintéticas (resinas fenólicas ou isocianatos). As colas sintéticas utilizadas na fabricação do OSB são concebidas para aplicações exteriores, com boa resistência à água e alto grau de durabilidade.

b) Rosa (RF): placa resistente ao fogo é disponibilizada na cor rosa, sendo utilizada em áreas secas que necessitem de um maior desempenho contra fogo. A resistência ao fogo é devida a presença de fibra de vidro na fórmula. Por isso, pode ser aplicada ao redor de lareiras e na bancada do *cooktop*.

c) Branco (ST): placa *standard* (padrão) é disponibilizada no mercado na cor branca. É utilizada nas áreas secas; sendo a variedade mais básica, amplamente empregada em forros e paredes de ambientes secos.

### 2.1.3 Vedação interna

Sabbatini (2003 apud LIMA, 2012) define vedação interna como a vedação que divide as unidades internas do edifício separando os ambientes internos. Possui diversas classificações, onde são utilizados alguns critérios para tornar mais fácil a escolha do melhor tipo a ser utilizado, já que a partir dessas classificações a distinção entre um tipo ou outro de vedação se torna mais claro.

Segundo Sabbatini et al (1988, apud LIMA, 2012) a vedação interna pode ser classificada quanto a sua capacidade de suporte em :

- ✓ Resistente – além da função de compartimentação e divisão de ambientes internos, a vedação possui função estrutural, tendo como exemplo a alvenaria estrutural;
- ✓ Autoportante – possui apenas a função de compartimentação, tendo como exemplo a alvenaria de vedação e a parede de gesso acartonado.

Sabatinni (2003, apud LIMA, 2012) classifica as vedações quanto a mobilidade, podendo ser:

- ✓ Fixa – vedação que não pode ser mobilizada, pois em qualquer modificação posterior a execução os elementos são difíceis e praticamente impossíveis de recuperar, tendo como exemplo paredes maciças moldadas in loco e alvenaria em bloco cerâmico;
- ✓ Desmontável – vedação que ao ser mobilizada para outro local, sofre pouca ou nenhuma degradação, podendo ou não necessitar de novas peças para a remontagem, como é o caso das vedações de gesso acartonado;
- ✓ Móvel – vedação que pode ser deslocada de um local para outro sem necessidade de desmontar ou degradar seus componentes. Um exemplo desse tipo de vedação são os biombos.

### 2.1.4 Processo de fabricação

O processo de produção das chapas de gesso acartonado divide-se em duas grandes etapas. A primeira, denominada calcinação, consiste na transformação do minério de gipsita em gesso, ou seja, do sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ) em hemi-hidratado ( $\text{CaSO}_4 + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ), por meio das etapas de moagem, calcinação e resfriamento controlado (MARCONDES, 2007).

A segunda etapa, de fabricação da chapa, consiste nas fases de dosagem, endurecimento e secagem. No processo de dosagem, o gesso recebe aditivo e água até atingir consistência ideal para ser lançado sob a lâmina inferior de papel cartão. Em seguida é aplicada a lâmina superior de papel cartão e a chapa passa por um sistema de calandras para garantir a espessura uniforme da chapa. Num processo contínuo, segue na mesa formadora onde acontece o processo de endurecimento, passa então pela guilhotina, para o corte nos comprimentos desejados e segue para o secador. Ocorre então a identificação e paletização das chapas (MARCONDES, 2007).

O método de fabricação completo das placas de gesso acartonado (Figura 4) é realizado seguindo os seguintes passos (NUNES, 2015):

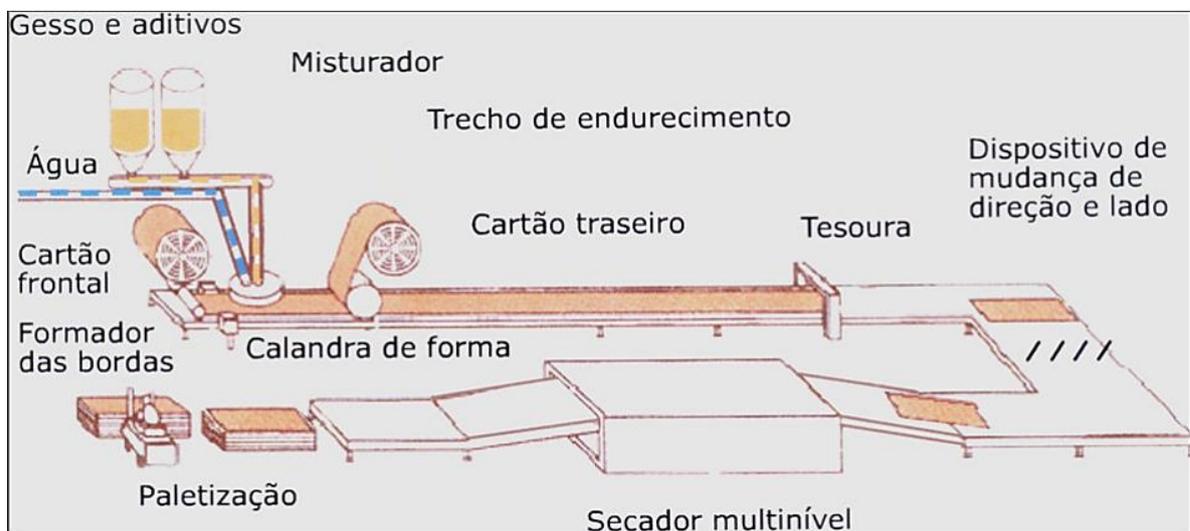


Figura 4: Processo fabricação gesso cartonado.  
Fonte: Silva (2007)

a) beneficiamento: em uma máquina chamada tremonha é introduzida a gipsita, em forma mineral para ser transformado em semi-hidrato, conhecido também como “stucco”. Durante esse processo é realizada a moagem, calcinação e resfriamento controlado;

b) montagem da placa: o “stucco” recebe adições e água, formando uma massa homogênea que é depositada sobre o papel, ou cartão, inferior e posteriormente recebe o cartão superior;

c) corte: depois de montado o tapete de gesso ele passa pela guilhotina para ser cortado nos comprimentos específicos de fabricação;

d) secagem e cura: depois de cortadas as placas passam para a secagem, onde os cristais se reagrupam formando um material rígido com um elevado grau de pureza. A temperatura de secagem média das placas se dá em torno de 50°C a 80°C;

e) acabamento: depois de secas as placas passam pelo processo de acabamento, onde são esquadrejadas para terem precisão nas suas dimensões;

f) armazenagem: finalmente as placas são empilhadas em paletes e armazenadas para posterior consumo.

### 2.1.5 Montagem

A montagem por acoplamento mecânico significa o uso de parafusos, rebites, pinos para a execução das divisórias. Esse tipo de montagem acarreta em mudanças na execução se comparado a outros processos de vedação interna, podem se destacar as seguintes mudanças (NUNES, 2015):

**a) precisão dimensional do subsistema:** sendo o gesso acartonado composto por placas produzidas em escala industrial essas possuem uma precisão dimensional que afeta todo o processo de construção. No entanto, essa precisão requer que os demais subsistemas adjacentes sejam tão precisos quanto às placas. Isso quer dizer que as estruturas em concreto armado, paredes de alvenaria tradicional revestida por argamassa, contra pisos e pisos contíguos às estruturas em gesso acartonado necessitam ser aprumadas e niveladas com parâmetros próximos ao das placas de gesso. As instalações elétricas e hidráulicas também necessitam de precisão na posição das prumadas e passagens, uma vez que o sistema não aceita ajustes.

**b) maior produtividade em canteiro:** como o sistema é praticamente industrializado, utiliza ferramentas específicas para a montagem, às placas possuem grandes dimensões e as técnicas de montagem são racionalizadas, há uma redução drástica no

consumo de mão de obra. No entanto, para que isso ocorra é necessário que todos os subsistemas estejam compatibilizados para a construção em gesso acartonado.

**c) mão de obra especializada:** a industrialização desse sistema requer uma qualificação dos montadores, que deve ser adquirida através de treinamentos e cursos. Um profissional necessita três anos de treinamento para se tornar um oficial montador, tempo esse tomado como referência de outros países. Igualmente, o sistema pode ser montado por um profissional de menor instrução supervisionado por um oficial, o que requer menos tempo de treinamento, no entanto, as vantagens econômicas são menores do que se as divisórias forem executadas diretamente por profissionais oficiais montadores, todavia isso faz com que o grau de instrução de todos os montadores seja maior, o que pode ser um fator limitante.

**d) modulação flexível:** um dos diferenciais que o gesso acartonado permite é a adaptação a projetos arquitetônicos sem modulação, ao contrário da alvenaria racionalizada. No entanto, isso pode gerar perdas e custos maiores com o desperdício com recortes de placas e conseqüentemente uso de maior quantidade de peças, afetando também o número de emendas, juntas e maior uso de mão de obra. Portanto deve-se atentar para essa flexibilidade, que pode ser tanto benéfica como prejudicial, já que pode abrir uma brecha para técnicas que se opõem a racionalização construtiva.

**e) projeto, planejamento e gestão específicos:** por se tratar de um projeto de montagem industrializado é necessário que a gestão seja específica para esse tipo de processo. O mesmo deve ocorrer com o planejamento, uma vez que esse sistema requer algumas alterações no cronograma de execução dos subsistemas se comparado à alvenaria de vedação tradicional, como por exemplo, a prévia instalação das esquadrias para estanqueidade dos ambientes, bem como a impermeabilização das coberturas.

**f) redução do tempo de construção:** o tempo de construção é menor se comparado à alvenaria tradicional, pois o sistema tem uma maior velocidade de construção. Não existe a necessidade de revestimento argamassado e inexistem prazos de cura do processo, a não ser no tratamento das juntas. Tudo isso ajuda a reduzir o tempo de construção sem causar patologias futuras.

**g) mudanças no fluxo de caixa:** a possibilidade de estender o prazo de execução das divisórias faz com que os desembolsos no cronograma financeiro sejam postergados podendo reduzir o montante de despesas financeiras (NUNES, 2015).

Na figura 5 se observa as vedações verticais com a utilização do sistema drywall



Figura 5: Instalação de chapas de gesso acartonado.  
Fonte: Duarte (2014)

### 2.1.6 Light Steel Framing

O *Light Steel Framing* (LSF) é um sistema construtivo industrializado de concepção racional. Ele é constituído de perfis de aço galvanizados ligados entre si formando um esqueleto estrutura, como mostrado na figura 6, que tem por finalidade resistir a todas as cargas que são solicitadas pela estrutura, além de dar forma á mesma. Trabalhando em conjunto com outros sistemas garantem todos os requisitos de funcionamento da edificação (VALIM, 2014).



Figura 6: Sistema construtivo *Light Steel Framing*.  
Fonte: Valim (2014).

Gorgolewski (2006 apud VIVIAN et al., 2010) afirma que ao se utilizar o sistema *light steel framing* uma série de vantagens são comprovadas, como: alta resistência, baixo peso (tanto da estrutura como dos demais componentes), grande precisão dimensional, resistência ao ataque de insetos e os materiais utilizados são quase que totalmente recicláveis, contribuindo para a sustentabilidade da edificação. O uso do *light steel framing* vem atraindo o interesse em muitos países nos últimos anos principalmente para habitações residenciais unifamiliares, visto que este sistema pode contribuir para o aumento do nível de especialização e qualidade da mão-de-obra e estabelecer altos padrões de construção.

Em Vivan et al. (2010) é comentado que o sistema *light steel framing*, apesar de ser utilizado há muitos anos em países desenvolvidos, surge no Brasil, em 1998, como uma importante alternativa para a modernização do setor. Apesar de ainda haver grande preconceito no país, o uso do *light steel framing* começa a ganhar espaço no cenário da Construção Civil brasileira. Importantes órgãos e instituições, como a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano, Caixa Econômica Federal e o Centro Brasileiro da Construção em Aço passam a apoiar a utilização do sistema para fins de modernização da indústria sem que haja mudança nas bases produtivas.

#### **2.1.6.1 Vantagens da estrutura em aço**

As estruturas em aço apresentam inúmeras vantagens quando comparadas com o sistema construtivo convencional (concreto armado). De acordo com o Catálogo da CSN - Companhia Siderúrgica Nacional (2014), pode-se citar:

- a. Simplicidade e praticidade da construção, o que garante a otimização do uso de insumos e mão-de-obra;
- b. Redução de prazos, uma vez que é possível trabalhar na fundação e, ao mesmo tempo, fabricar a estrutura;
- c. Rapidez e organização durante a montagem;
- d. Facilidade de se adaptar com outros materiais, permitindo variada utilização de produtos no fechamento, cobertura e acabamento da obra;
- e. Maior organização do canteiro de obras e menor utilização de espaço disponível para a obra, uma vez que se têm painéis organizados e uma significativa redução de geração de resíduos;
- f. Maior segurança devido à organização do canteiro, o que reduz os riscos de acidente;

- g. Potencial de reciclabilidade acima de 90%, o que garante que os possíveis resíduos gerados poderão, quase em totalidade, serem reciclados, preservando assim o meio ambiente;
- h. Fácil adaptação no caso de reformas e ampliações;
- i. Maior flexibilidade no projeto, através da possibilidade de obtenção de espaços internos mais amplos sendo pelas propriedades mecânicas que possibilitam maiores vãos livres e também estruturas mais esbeltas;
- j. Elevada resistência mecânica, o que permite estruturas mais leves e conseqüentemente reduz o custo de logística e de equipamentos de movimentação, além da redução de cargas na fundação;
- k. Retrabalho e desperdício reduzidos pelo uso de projetos mais elaborados que antecipam-se a possíveis problemas de seqüência de montagem. Ou seja, por ser um processo mais industrializado do que o sistema convencional, tem-se economia nesses quesitos;
- l. Apresenta precisão milimétrica, o que garante a precisão de níveis e prumos, facilitando a montagem de esquadrias;
- m. Garantia de qualidade do material pelo rigoroso controle dentro da usina siderúrgica, qualidade essa que é repassada ao projeto e a obra.

## **2.2 ALVENARIA TRADICIONAL**

### **2.2.1 Definição**

Por definição, alvenaria é toda obra constituída de elementos como pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto, ligados ou não por argamassa.

Completamente integrada a outras áreas, a alvenaria estrutural de concreto nasce a partir do projeto arquitetônico, efetivando a ideia do arquiteto como gerenciador de projetos. Embora o projeto seja essencial para a realização dessa tecnologia construtiva, sua existência e a necessidade de acompanhá-lo minuciosamente acabam sendo consideradas por muitos uma desvantagem. Porém, é um projeto bem elaborado e estudado que permite todas as vantagens da alvenaria estrutural. Projeto e planejamento estão, portanto, diretamente relacionados, garantindo a durabilidade, segurança e racionalização que essa alvenaria dispõe (VITULINO, 2013).

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS (2013) informa que as práticas atuais de produção adotadas pela cadeia produtiva da construção civil têm importantes impactos não apenas no desempenho econômico do País, mas também na biodiversidade, desenvolvimento social e na qualidade de vida da população.

Com a participação de cerca de 15% do PIB (Produto Interno Bruto), o setor possui impacto ambiental e social compatíveis com seu tamanho.

Os impactos ambientais são importantes e variados (CBCS, 2013):

- a. A construção e a manutenção da infraestrutura do país consomem até 75% dos recursos naturais extraídos, sendo a cadeia produtiva do setor a maior consumidora destes recursos da economia;
- b. A quantidade de resíduos de construção e demolição é estimada em torno de 450 kg/hab.ano ou cerca de 80 milhões de toneladas por ano, impactando o ambiente urbano e as finanças municipais;
- c. Os canteiros de obras são geradores de poeira e ruído e causam erosões que prejudicam os sistemas de drenagem;
- d. A construção leva a diminuição da permeabilidade do solo, mudando o regime de drenagem, ocasionando enchentes e reduzindo as reservas de água subterrânea;
- e. A utilização de madeira extraída ilegalmente, além de comprometer a sustentabilidade das florestas representa séria ameaça ao equilíbrio do ecossistema das florestas;
- f. A cadeia produtiva da construção contribui para a poluição, inclusive na liberação de gases do efeito estufa, como CO<sub>2</sub> durante a queima de combustíveis fósseis e a descarbonatação de calcário e de compostos orgânicos voláteis utilizados em tintas, vernizes e resinas, que afetam também os usuários dos edifícios no início da ocupação destes;
- g. A operação de edifícios no Brasil é responsável por cerca de 18% do consumo total de energia do país e por cerca de 50% do consumo de energia elétrica;
- h. Os edifícios brasileiros gastam 21% da água consumida no país, sendo boa parte desperdiçada.

No Brasil, uma grande quantidade das construções de casas, edifícios, muros, etc. é realizada em alvenaria.

### 2.2.2 Principais materiais de construção de alvenaria

Os principais componentes empregados na execução de edifícios de alvenaria estrutural são as unidades (tijolos ou blocos), a argamassa, o graute e as armaduras (construtivas ou de cálculo). É comum também a presença de elementos pré-fabricados como: vergas, contravergas, coxins, e assessorios, entre outros.

As unidades (blocos e tijolos) são os componentes mais importantes que compõe a alvenaria estrutural, uma vez que são eles que comandam a resistência à compressão e determinam os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos.

Os principais tipos e as mais importantes características dos blocos estão indicados nas Figuras 7 a 9 e nas seções apresentadas a seguir.

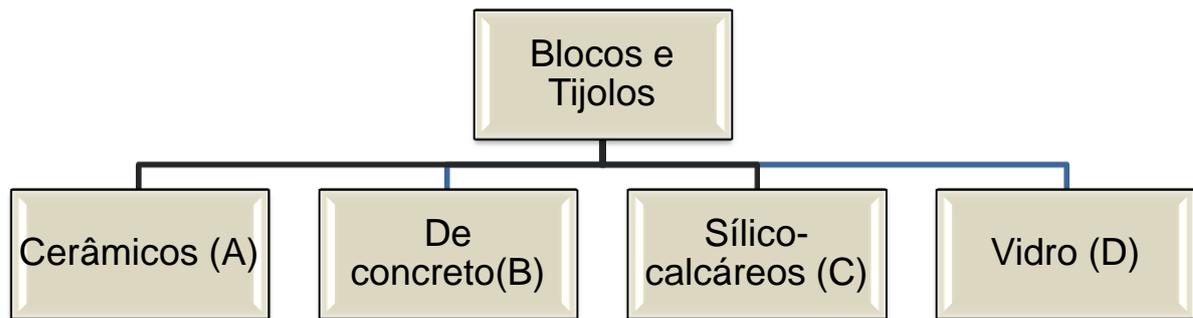


Figura 7: Tipos de blocos e tijolos Fonte: Busi (2009).

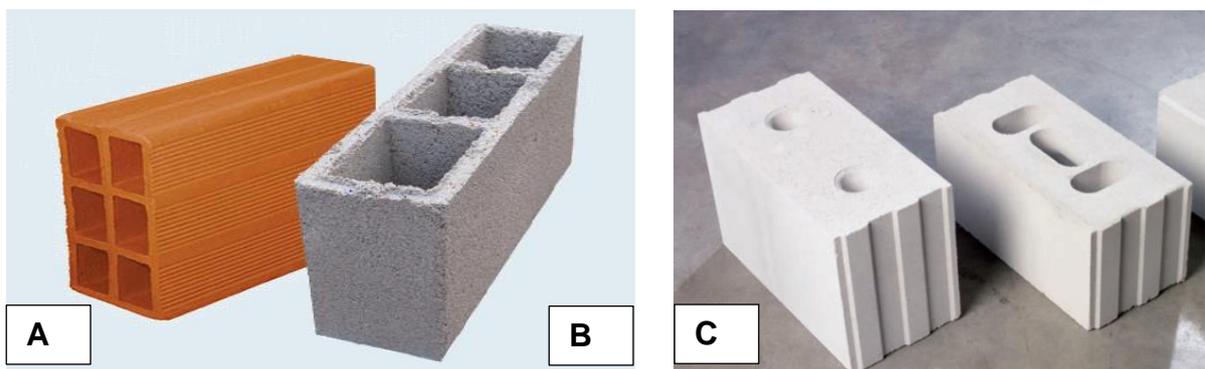


Figura 8: Tipos de blocos e tijolos (A) Tijolo cerâmico, (B) bloco em cimento; (C) Sílico-calcáreo. Fonte: Busi (2009)



Figura 9: bloco de vidro (D)  
Fonte: Vitulino( 2013).

### 2.2.3 Tijolos Cerâmicos

São unidades produzidas através da queima, em fornos, da argila. Sua moldagem é feita em máquinas extrusoras e a qualidade dos blocos está 100% relacionada com a qualidade da argila em uso, podendo existir muita discrepância entre as resistências dos blocos, fazendo-se necessários testes e ensaios de caracterização das unidades (BISI, 2009).

É considerado o tijolo mais barato do mercado, mas tem altos índices de quebra e por isso contribui muito com o aumento de entulho no canteiro de obras. Geralmente são encontrados blocos com 6 e 8 furos, mas há uma grande variedade de tijolos vazados. Os tijolos apresentam capacidade térmica superior e menor absorção de água que os blocos de concreto, além de serem mais leves (VITULINO, 2013)

### 2.2.4 Blocos em Concreto

O bloco de concreto é um componente industrializado, produzido em máquinas que vibram e prensam, podendo ser fabricados com uma vasta variedade de composições. Por serem moldados em fôrmas de aço, possuem precisão dimensional que conferem facilidade na execução da alvenaria. Suas características e desempenho dependem do equipamento, da qualidade dos materiais empregados e da sua proporção adequada (RIVERS, 2013).

### 2.2.5 Tijolo de vidro

O tijolo de vidro, chamado bloco de vidro, é um item versátil da construção, já que tem acesso livre para praticamente todos os ambientes da casa e no trabalho. É muito utilizado na decoração para não perder a luminosidade natural de ambientes e dar a sensação de amplitude. Separam ambientes de forma *clean*, discreta e charmosa, sem fechar o local (VITULINO, 2013).

Contribuindo com o aumento de iluminação natural do ambiente, o tijolo de vidro é uma peça formada por parede dupla de vidro, com uma camada de ar rarefeito entre as mesmas. Conforme a textura das faces, pode-se obter efeitos visuais diversos entre dois ambientes, desde a transparência até a translucidez. Por ser translúcido, permite a passagem de luz tornando o ambiente mais aconchegante e saudável (ARQ.UFSC, 2004).

### 2.2.6 Argamassa de assentamento

A argamassa de assentamento é o elemento de ligação entre as unidades de alvenaria, normalmente constituída de cimento, areia e cal. Cabe salientar que não é correto utilizar os procedimentos de produção de concreto para produzir argamassas de boa qualidade, pois no concreto o objetivo final é obter maior resistência à compressão, enquanto na argamassa os objetivos são os seguintes (KALIL, 2010, p.16):

- a. Solidarizar as unidades transferindo as tensões de maneira uniforme entre as unidades;
- b. Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede;
- c. Absorver pequenas deformações que a alvenaria está sujeita;
- d. Compensar as irregularidades dimensionais das unidades de alvenaria;
- e. Selar as juntas contra a entrada de água e vento nas edificações

Os materiais para a argamassa são:

**Cimento** - Tem a função de propiciar resistência às argamassas, aumentar a aderência, colaborar em sua trabalhabilidade e retenção de água.

**Cal** - A adição de cal à argamassa confere a ela plasticidade, retenção de água, coesão e extensão da aderência.

**Areia** - A areia permite aumentar o rendimento (ou reduzir o custo da argamassa) e diminuir os efeitos prejudiciais do excesso de cimento, atuando como agregado inerte na mistura. As areias grossas aumentam a resistência à compressão da argamassa, enquanto as areias finas reduzem a resistência, porém aumentam a aderência, sendo portanto preferíveis em alvenaria estrutural.

**Água** - A água é o elemento que permite o endurecimento da argamassa pela hidratação do cimento. É responsável por uma qualidade fundamental no estado fresco da argamassa, a trabalhabilidade. A água deve ser dosada a uma quantidade que permita o bom assentamento das unidades, não causando segregação dos seus constituintes.

### 2.3 – COMPARAÇÃO ENTRE ALVENARIA E DRYWALL

O estudo de Bernardi (2014) teve como objetivo analisar o método construtivo de vedação interna em drywall em comparação com a alvenaria e apresentou as vantagens e desvantagens dos dois sistemas construtivos, no quadro a seguir.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da utilização de alvenaria e *drywall*.

| Método    | Vantagens  | Desvantagens  |
|-----------|--|---|
| Drywall   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Redução do volume de material transportado</li> <li>Facilidade de instalações sem quebra em função de vazios</li> <li>Flexibilidade nos layouts</li> <li>Redução de mão de obra</li> <li>Redução do peso sobre a estrutura</li> <li>Reformas simples de executar</li> <li>Não necessita de reboco ou massa corrida</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Não pode ficar exposta a intemperes</li> <li>Perde resistência quando submetida ao fogo</li> <li>É um estímulo para a proliferação de insetos nos vazios</li> <li>Deve-se fazer uma estrutura independente para a colocação de carga elevada sobre a parede</li> </ul> |
| Alvenaria | <ul style="list-style-type: none"> <li>Boa durabilidade</li> <li>Excelente comportamento ao fogo</li> <li>Pode ficar exposta as intemperes</li> <li>Maior aceitação pela sociedade</li> <li>Boa estanqueidade a água</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Necessidade de revestimentos adicionais</li> <li>Dificuldade de limpeza</li> <li>Elevado consumo de mão de obra</li> <li>Elevado peso próprio</li> <li>Difícil execução de reformas</li> </ul>   |

Fonte: Bernardi (2014)

Na Figura 10, apresentada por Bernardi (2014), são ilustradas as diferenças entre a alvenaria e o drywall.

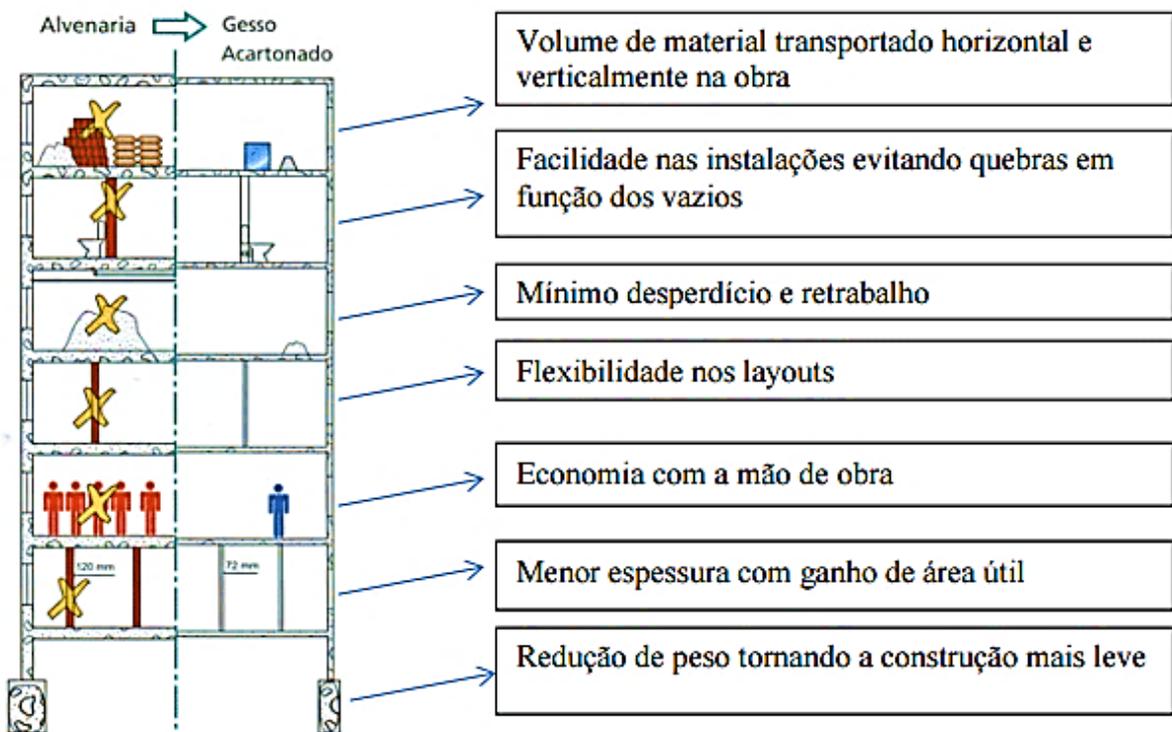


Figura 10: Diferenças entre alvenaria e drywall  
Fonte: Bernardi (2014).

Concluiu Bernardi (2014) que três diferenças são as principais:

- O *drywall* comparado com a alvenaria é um método que gera menos entulhos e mais rapidez na obra;
- Não se pode utilizar o *drywall* em locais que estão propícios a intemperes, pois, pode danificá-lo;
- Substituindo a alvenaria pelo *drywall* é possível ter uma redução de 87,91% de carga sobre a estrutura. Podendo assim dimensionar as lajes, vigas, pilares, e sapatas de uma forma mais esbelta, gerando economia na obra.

Em Lima (2014) é apresentado um estudo objetivando a comparação entre alvenaria e *drywall* no que se refere à eficiência acústica. Analisando os resultados, pode-se verificar que, para os casos que visam uma diminuição sonora dos ruídos mais agudos e graves, denotou-se que a alvenaria obteve um resultado satisfatório, porém, sem grandes diferenças em face do *drywall*. Nas ocasiões em que o maior objetivo é a redução do ruído no espectro cotidiano, o *drywall* se sobressaiu, possuindo vantagem na eficiência acústica e podendo ser dimensionado para diversos casos diferentes, com uma facilidade maior de modificação e incrementação do sistema.

Na pesquisa de Condeixa (2013), com a intenção de identificar os pontos críticos no ciclo de vida da alvenaria não estrutural e do *drywall*, tais como desperdício de energia, desperdício de matéria prima, gestão de resíduos, obteve as seguintes conclusões apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Pontos críticos no ciclo de vida da alvenaria não estrutural e do drywall

| Alvenaria  | Drywall  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ O sistema de vedação em alvenaria tem produção semi-artesanal e pouco padronizada na fase pré-construção (extração, beneficiamento e produção de produtos primários), com grande perda na produção e no transporte dos produtos.</li> <li>✓ Na execução de paredes, em que se produzem as argamassas no canteiro e se aplica as argamassas de forma manual, dando margem a erros técnicos que provocam patologias construtivas.</li> <li>✓ Na fase de manutenção e principalmente de demolição, há geração de grande quantidade de resíduos, de particulados e de ruídos. Portanto esse sistema se destaca pelo desperdício de matéria-prima e pela grande produção de resíduos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Destacado por ser de aplicação rápida e limpa, com produção de pouca quantidade de resíduo na construção e na manutenção.</li> <li>✓ O uso da matéria-prima gipsita na produção de placas de gesso acartonado, sem inserir nenhum material reciclado na produção recorre em extração de recursos naturais, contribuindo para o esgotamento deste recurso,</li> <li>✓ A importação de papel cartão e de aditivos apresenta problemas, visto que o papel cartão é produzido através com o uso de papel reciclado, caso fosse produzido no Brasil, evitaria não só a queima de combustível, como daria destino à parte dos resíduos de celulose produzidos nacionalmente.</li> </ul> |

Fonte: adaptado de Condeixa (2013)

No estudo de Fleury (2014), que teve como objetivo a análise comparativa das vedações verticais internas de *drywall* e alvenaria de blocos cerâmicos, foi demonstrado que, quando comparado o custo total de material e mão de obra, sem considerar as economias em relação à produtividade e redução das cargas aplicadas, percebeu que para esse empreendimento, o *drywall* é o método mais econômico. Também se conclui que a principal causa do elevado custo total da alvenaria, quando comparado ao método de *drywall*, é devido à necessidade de revestimento para regularização da superfície. Quanto ao valor da mão de obra, os resultados apontaram que a vedação de alvenaria é o resultado da combinação de duas frentes de serviço, sendo elas o assentamento de alvenaria e revestimento argamassado, enquanto o *drywall* possuiu apenas uma, gerando assim, um menor custo no valor de mão de obra.

Lima (2012) analisou comparativamente a alvenaria de bloco cerâmico e painéis de gesso acartonado para o uso como vedação em edifícios e concluiu que a utilização do

*drywall* para a vedação interna do edifício ao invés do bloco cerâmico furado resulta em uma diminuição da geração de resíduos, desperdício e retrabalho, já que não é necessário cortes nas vedações internas para embutir as instalações e durante o transporte pode ser menos susceptível a perda do material, por ser mais flexível e pode ser transportado com mais facilidade do que o bloco cerâmico.

Na pesquisa de Vieira (2012) sobre a possibilidade do uso de parede em gesso acartonado como parede corta-fogo informa que, dos 3 tipos de chapas de gesso acartonado disponíveis no mercado (ST, RF e RU), apenas as paredes com espessura total entre 10,8 à 15 cm, construídas com 2 chapas de gesso acartonado tipo RF em cada face da parede, com uma espessura da chapa de 15 mm é que obtiveram, nos dados coletados na pesquisa bibliográfica, um tempo de resistência ao fogo de 120 minutos.

Informa Vieira (2012) que as chapas de gesso acartonado possuem 20 % de água em sua composição química, e quando expostas ao fogo, eliminam esta água na forma de vapor d'água, absorvendo uma grande quantidade do calor que atravessa a placa, assim, retardando a transmissão do calor.

O autor apresenta outros fatores, segundo a Gypsum Association (2012) que influenciam no desempenho ao fogo das paredes divisórias em gesso acartonado, são:

- a) espessuras da placa de gesso acartonado e da parede;
- b) espaçamento entre os montantes;
- c) preenchimento da parede com material isolante;
- d) número de chapas fixadas em cada face da parede;
- e) aspectos construtivos da parede, tais como: o tratamento das juntas, a fixação dos perfis metálicos e a fixação das chapas à estrutura suporte.

Concluiu o pesquisador que é possível utilizar as paredes construídas com chapas de gesso acartonado como parede corta-fogo e apresentou um quadro explicativo:

Quadro 3: Paredes corta-fogo construídas com chapas de gesso acartonado com parede corta fogo

| Espessura total da parede (mm) | Montante De aço |                  | Chapas de gesso em cada face da parede |      |                | Resistência ao fogo (mm) |
|--------------------------------|-----------------|------------------|--|------|----------------|--------------------------|
|                                | Largura (mm)    | Espaçamento (mm) | Quantidade                             | Tipo | Espessura (mm) |                          |
| 108                            | 48              | 600              | 2                                      | RF   | 15             | 120                      |
| 130                            | 70              | 600              | 2                                      | RF   | 15             | 120                      |
| 150                            | 90              | 600              | 2                                      | RF   | 15             | 120                      |
| 160                            | 48+48           | 600              | 2                                      | RF   | 12,5           | 120                      |
| 200                            | 70+70           | 600              | 2                                      | RF   | 12,5           | 120                      |
| 300                            | 90+90           | 600              | 2                                      | RF   | 12,5           | 120                      |
| 250                            | 48+48           | 600              | 3                                      | RF   | 12,5           | 180                      |
| 350                            | 70+70           | 400              | 3                                      | RF   | 12,5           | 180                      |

Fonte: Vieira (2012)

## 2.4 – CONFORTO TÉRMICO

Segundo Arantes (2011), o ser humano sempre buscou proteção das condições climáticas para a moradia utilizando os meios e elementos disponíveis em seu ambiente. Em suas construções, visava soluções que amenizassem as sensações de calor, frio, umidade e do ar. Inovações na maneira de pensar e construir começaram a ser introduzidas de forma lenta, com o advento e evolução da tecnologia.

Para Silva e Santos (2012, p. 139)

o conforto está sempre presente quando pensamos em qualificar um objeto, um espaço, como se ele fosse expressão máxima da adequação entre desenho e uso, resultando em uma satisfação pessoal plena. No entanto, como é difícil defini-lo. O conforto não admite generalizações. Varia de cultura a cultura; de pessoa a pessoa.

De acordo com Cardoso (2012, p. 23) conforto térmico é “um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Isso implica considerações fisiológicas e psicológicas, “as quais dependem de cada pessoa, mas que precisam ser, de alguma forma, aquilatadas e qualificadas”.

A composição do corpo humano passa por duas fases distintas: a de fadiga - catabolismo - que sob o ponto de vista fisiológico, envolve três tipos de fadiga: a física (muscular, resultante do trabalho de força), a termo-higrométrica (relativa ao calor ou ao frio) e a nervosa (visual e sonora); e a de repouso – anabolismo (PEDRA, 2011). O conforto térmico humano e sua resposta fisiológica ao estresse térmico estão diretamente ligados à produção de calor metabólico, do nível de fatores ambientais e do tipo de vestimenta que o indivíduo estiver usando. O efeito combinado destas respostas fisiológicas é definido o grau de conforto ou desconforto térmico sentido pelas pessoas. Sendo assim, os parâmetros mais significativos do conforto térmico subdividem-se em duas classes: a) as individuais (o metabolismo e o vestuário); e b) as ambientais (temperatura, umidade, velocidade do ar e temperatura média radiante) (FROTA; SCHIFFER, 2007).

A quantidade de calor liberado pelo organismo é, então, função da atividade desenvolvida e será dissipado a partir de mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente. Resultantes das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente, as trocas térmicas (Figura 11) podem ser trocas secas (condução, convecção e radiação), o que, neste caso, é denominado calor sensível; ou trocas úmidas, denominado calor latente, que envolve mudanças de fase – o suor (líquido) passa para o estado gasoso através da evaporação (LAMBERTS et al., 2005 apud PEDRA, 2011).

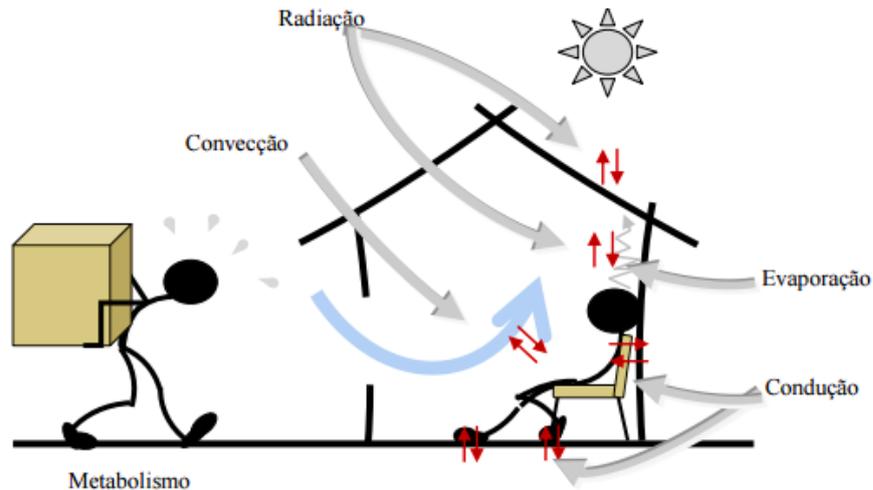


Figura 11: Trocas térmicas  
Fonte: Pedra (2011)

De acordo com Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa (LNE, 2009, p. 5)

Uma análise mais pormenorizada do conceito de conforto térmico através do paradigma sociocultural revela que uma noção muito particular é diariamente forjada por vários agentes responsáveis pelo processo de edificação. É interessante perceber como diversas visões do que é o conforto se refletem nos processos de decisão que materializam o ambiente construído.

Frota e Schiffer (2009) apresentam os pressupostos paradigmáticos sobre o conforto térmico apresentados no Quadro 4.

Quadro 4: Pressupostos paradigmáticos sobre o conforto térmico

| <b>Paradigmas de conforto</b> | <b>Fisiológico</b>                                       | <b>Adaptativo</b>  | <b>Sociocultural</b>   |
|-------------------------------|--|--|--|
| Clima exterior                | Clima natural como condicionador da produtividade humana | Ajuste do ambiente interior em função das condições exteriores   |  |
| Clima interior                | Ambiente interiores protegidos e controlados             | Ambientes interiores variáveis   | Ambientes interiores mediados  |
| Pessoas                       | Pessoas como corpos passivos com necessidades fixas      | Pessoas como corpos ativos e autorreguláveis   | Pessoas como seres sociais. Necessidades térmicas e condições socioculturais e sócio técnicos nos quais são construídas e reproduzidas |
| Condições térmicas interiores | Monotonia térmica – condições normalizadas (22°)         | Condições interiores variam consoante as condições externas e permitem uma experiência térmica variada | Condições interiores variam bastante, consoante as características socioculturais dos ocupantes  |

Fonte: Frota e Schiffer, 2009

Os índices de conforto térmico procuram englobar em um parâmetro o efeito conjunto dessas variáveis. E, em geral, esses índices são desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para, a partir daí, relacionar as variáveis do ambiente e reunir, sob a forma de cartas, as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos (FROTA e SHIFFER, 2009)

De acordo com Frota e Shiffer (2009, p.25), os índices de conforto térmico foram desenvolvidos com base em diferentes aspectos do conforto e podem ser classificados como a seguir:

- a. Índices biofísicos — que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;
- b. Índices fisiológicos — que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;
- c. Índices subjetivos — que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

Oliveira e Ribas (1995 apud ARANTES, 2012, p. 14), informam como fatores subjetivos individuais de destaque para a sensação de conforto térmico:

- a. Hábitos alimentares que afetam o metabolismo e justificam a dieta dos povos tropicais e árticos;
- b. Idade e o sexo. Quanto mais idosa a pessoa maior preferência por ambientes mais aquecidos; assim como a mulher, que tem o metabolismo (produção de calor) inferior ao do homem prefere um grau, em média, mais elevado;
- c. A forma do corpo – a relação volume e superfície influenciam na preferência térmica;
- d. A gordura do corpo – que funciona como isolante térmico;
- e. O estado de saúde. A pessoa enferma pode ter seus limites de conforto muito estreitos;
- f. O vestuário, que altera significativamente as trocas térmicas;
- g. O processo de aclimação dos indivíduos. As pessoas, em seus climas de permanência, tendem a produzir hábitos e alterações metabólicas (quantidade de sangue, capacidade de suor, etc.) que equilibra as condições térmicas adversas. Assim um siberiano, acostumado aos rigores do inverno, sentiria extremo desconforto no verão do Rio de Janeiro. A não ser que se aclimatasse, após algum tempo, ao clima carioca.

Iida (2001) descreve o fenômeno da condução como a troca de calor entre corpos que estejam em contato e a diferentes temperaturas. A troca de calor por convecção ocorre a partir do movimento da camada de ar próxima a pele, que contribui para a dissipação do ar quente e sua substituição pelo ar frio. Já as trocas de calor por radiação ocorrem continuamente entre os corpos e/ou meio ambiente, através da irradiação de calor por ondas eletromagnéticas dos corpos de maior para os de menor temperatura.

Quanto à radiação de luz solar, Braga (2006) diz que esta é a fonte de luz mais intensa e, devido à sua componente térmica, é muitas vezes considerada indesejável para a iluminação dos interiores. Entretanto, comparando a eficácia luminosa de luz natural com a de luz artificial produz menos calor que a maioria das lâmpadas. Portanto, a luz natural pode ser uma alternativa para diminuir a carga térmica emitida nos edifícios pela iluminação artificial, assumindo-se que pode ser distribuída, manipulada e largamente utilizada para fins da iluminação.

## CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

### 3.1. – *Software Energy Plus*

Com a crescente conscientização das construções verdes no país, houve uma grande demanda pela simulação térmica de edificações, que é um item obrigatório e indispensável em algumas certificações. Essa nova forma de construir tem levado os profissionais de engenharia e arquitetura a adquirir conhecimentos sobre o método de simulação computacional de forma a utilizá-lo como ferramenta para implementar conceitos de sustentabilidade e eficiência energética em seus projetos e certificações (MELO e BARCELOS, 2011).

Acrescentam os autores que a simulação térmica de edificações trata-se de um modelo computacional no qual todos os processos térmicos e energéticos são contabilizados e integrados entre si e o *Energy Plus* é um programa computacional gratuito, criado a partir dos melhores recursos dos programas *BLAST* e *DOE-2*, distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos e desenvolvido para simulação de carga térmica e análise energética de edificações e seus sistemas. O programa possui capacidade de simulação diferenciada, tais como: “*time-step*” de cálculo menor que uma hora e sistema modular, integrando vários módulos (fotovoltaico, aquecimento solar, ventilação natural, iluminação natural, entre outros.) que trabalham juntos para calcular a energia requerida para aquecer ou resfriar um edifício usando uma variedade de sistemas e fontes de energia. Além disso, o programa realiza as simulações da edificação e dos sistemas associados em diferentes condições ambientais e operacionais (MELO e BARCELOS, 2011).

### 3.2 – Estudo de Caso

Souza, Martins e Gomes (2011) elaboraram estudo visando avaliar o desempenho térmico de uma edificação em Light Steel Framing, ventilada naturalmente, por meio do software de simulação numérica (EnergyPlus), considerando-se a resposta global da edificação. A análise foi realizada para uma residência popular, possuindo a área total interna de 47,52 m<sup>2</sup> (eixo a eixo das paredes), pé direito de 3,00 m (nas fachadas) e é constituído por

seis zonas térmicas. Sendo dois quartos, uma cozinha, uma sala de estar, um banheiro e um ático.

Na Figura 12-A apresenta-se a disposição das zonas térmicas. Nas aberturas para ventilação, foram consideradas janelas com duas folhas de correr. Para o mascaramento parcial das aberturas da residência foram utilizados beirais, para que fosse evitando a incidência de calor muito forte (Figura 12-B ).

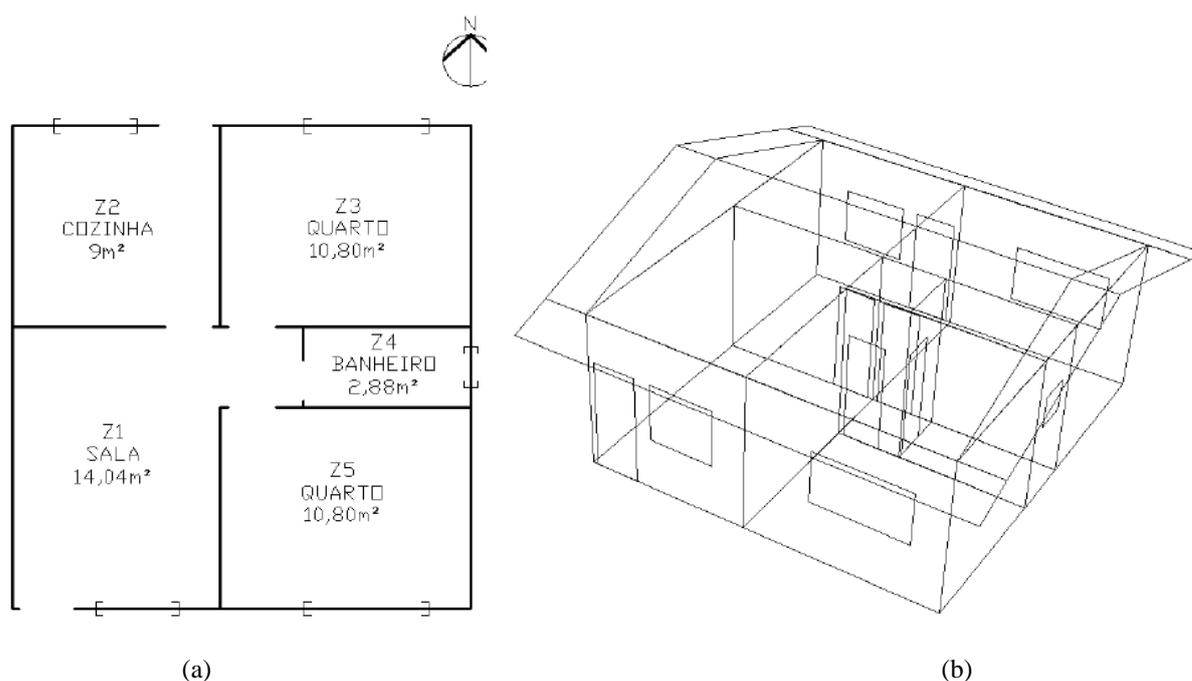


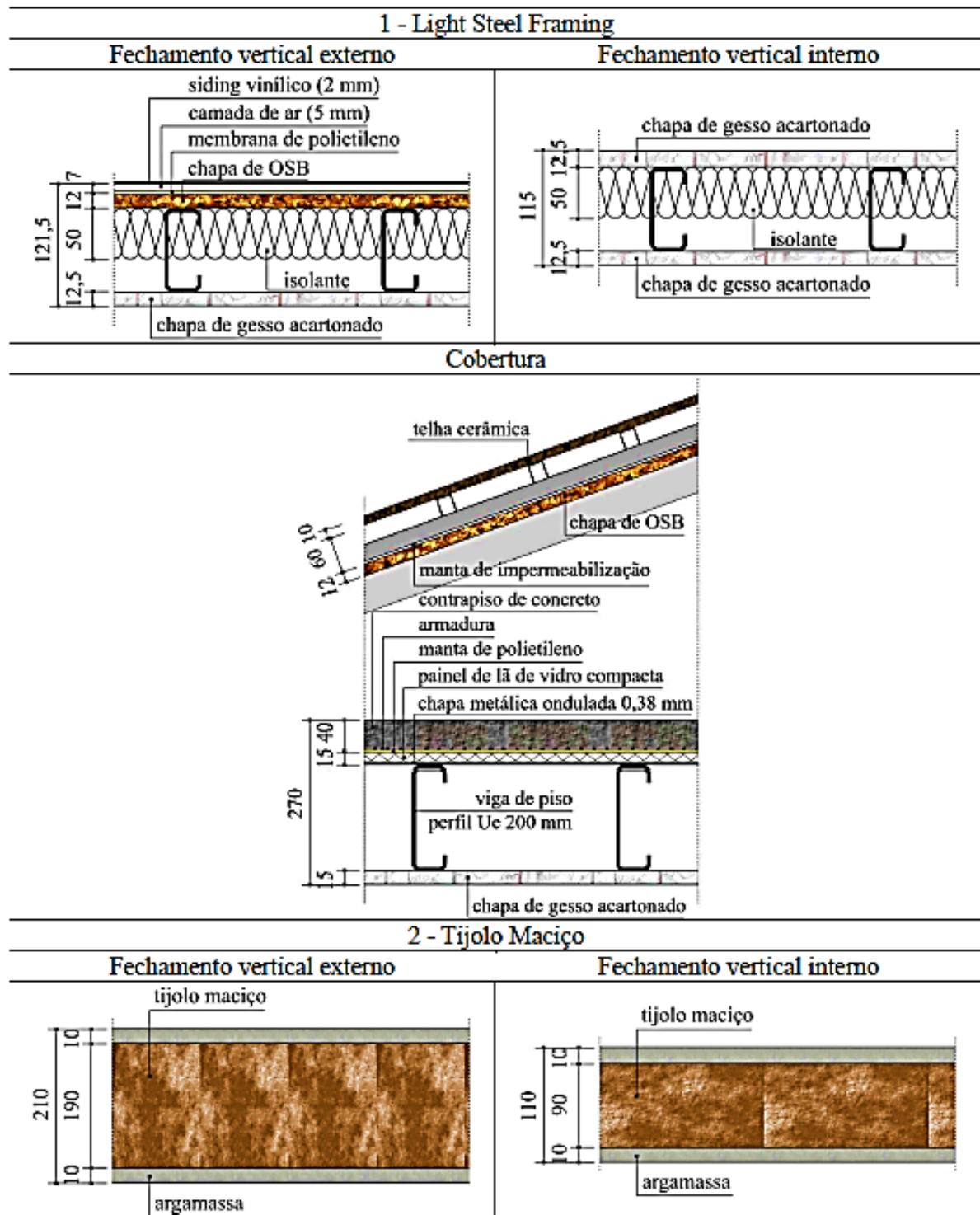
Figura 12: Layout dos modelos: (a) Planta da Residência; (b) Perspectiva do modelo.

Fonte: Souza, Martins e Gomes (2011)

Para a análise do desempenho térmico da residência foram considerados dois tipos de fechamento: o sistema tradicional de alvenaria e o LSF. No sistema tradicional foi utilizado tijolo cerâmico maciço, na parte externa com uma espessura de 19 cm e na divisória interna 9 cm e argamassa com uma espessura de 1 cm em ambos os lados.

No LSF, foi utilizada sua composição mais usual, ou seja, para o fechamento vertical externo uma camada de siding vinílico de 2 mm, uma camada de ar de 5 mm, uma membrana de polietileno, uma chapa de OSB de 12 mm, isolante com espessura de 50 mm e uma chapa de OSB de 12,5 mm. Para o fechamento vertical interno foi utilizado uma chapa de gesso acartonado de 12,5 mm, uma de isolante de 50 mm e uma chapa de gesso acartonado de 12,5 mm. Na Tabela 2, apresentam-se as composições dos fechamentos vertical e horizontal.

Quadro 5: Composição dos fechamentos utilizados pelos autores no desenvolvimento da análise térmica.



Fonte: Souza, Martins e Gomes (2011)

Para o estudo foram consideradas algumas condições dentro da residência:

1. **Número de ocupantes:** 4
2. **Período de ocupação na residência:** de 18:00h até as 8:00h do dia seguinte e durante o horário de almoço (12:00h às 13:00h).
3. **Lâmpadas (como fonte de calor):** tipo fluorescente compacta com acendimento às 18:00h (100%) e ao desligamento às 22:00h (0%).
4. **Tipo de roupas:** resistência de 0,5 clo (roupas leves), sendo período noturno: resistência de 1,0 clo<sup>2</sup>, durante o sono.
5. **Atividades:** Sedentária, liberando uma taxa de calor de 60 W por pessoa.

Quanto à caracterização das condições climáticas e período simulado foram utilizados os dados climáticos de um ano típico da cidade de Belo Horizonte, selecionando o dia mais quente (14 de janeiro) do ano climático.

Os autores apresentaram os resultados disponibilizados na Figura 13, no qual representa a evolução temporal em todas as zonas para o dia determinado para a pesquisa, considerando os fechamentos em tijolo cerâmico maciço.

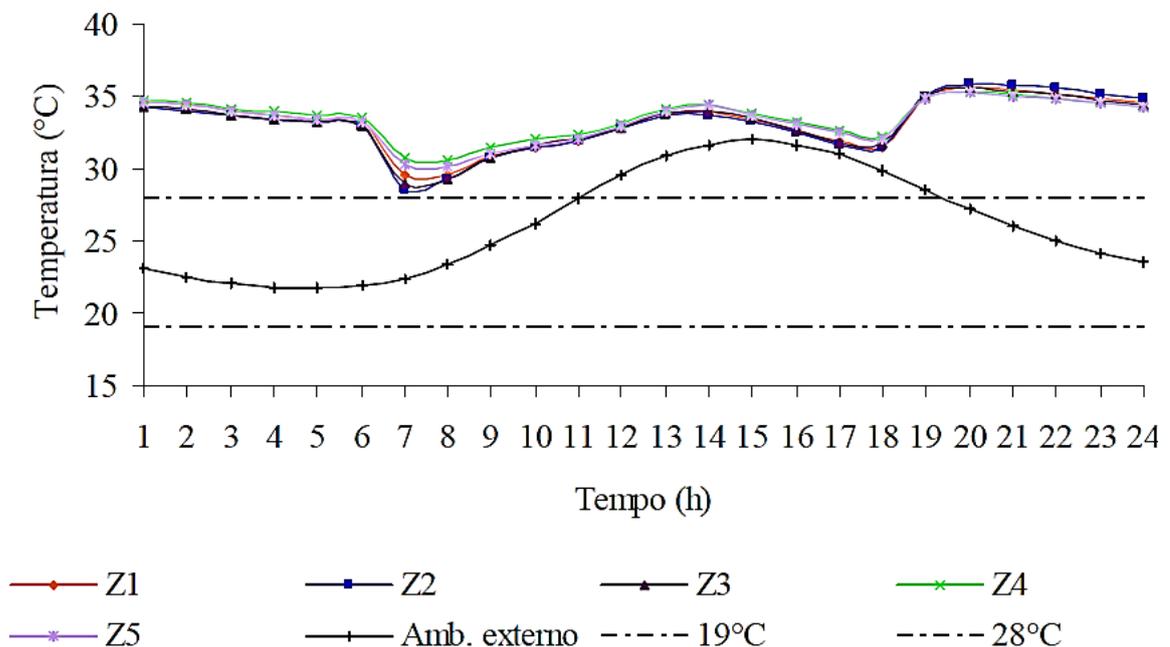


Figura 13: Evolução temporal da temperatura para o dia mais quente com tijolo maciço  
 Fonte: Souza, Martins e Gomes (2011)

<sup>2</sup> CLO - se refere a roupa do ocupante típico é resistência térmica da roupa, sendo clo a unidade (1 clo = 0.155 K·m<sup>2</sup>·W<sup>-1</sup>)

Na figura 14 apresenta-se o resultado das mesmas condições de temperatura, considerando o mesmo dia (14 de janeiro), mas desta vez com os fechamentos em LSF.

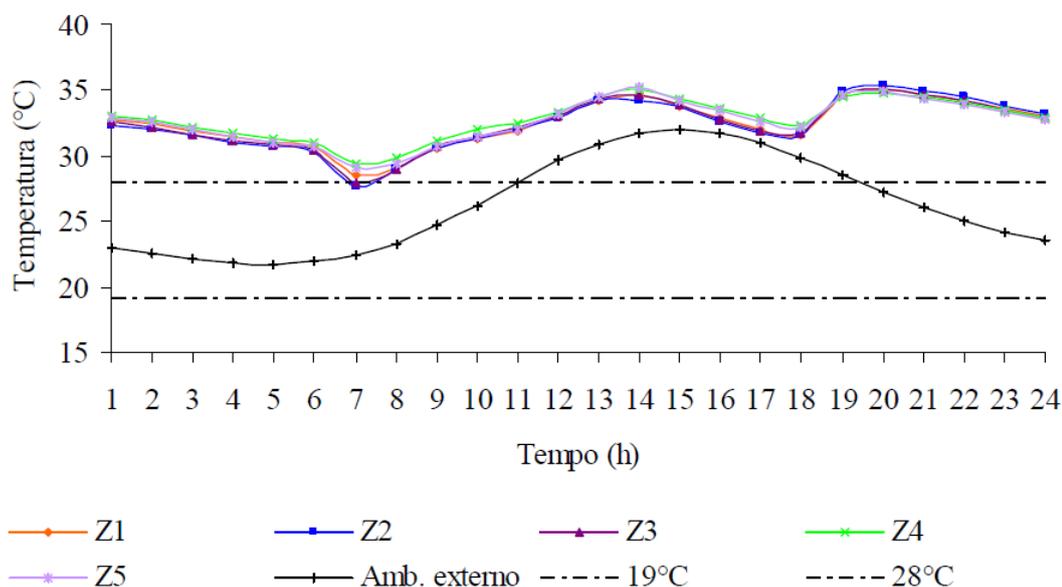


Figura 14: Evolução temporal da temperatura para o dia mais quente com o sistema LSF  
Fonte: Souza, Martins e Gomes (2011)

Para compreensão das legendas, explicam os autores que as linhas, traço e ponto, representam os limites de conforto térmico, considerando a temperatura como parâmetro de avaliação. Para a análise da simulação, adotaram como intervalo de conforto temperaturas entre 19 e 28 °C sugeridas pela norma ASHRAE 55 (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers: Thermal environment conditions for human occupancy*).

Após analisar as curvas mostradas nas Figuras 13 e 14, concluíram Souza, Martins e Gomes (2011), que o perfil das temperaturas possui grande influência das rotinas de ocupação. Essa característica pode ser exemplificada pela mudança no perfil quando se abrem ou se fecham as aberturas para ventilação (janelas abertas de 7:00 às 18:00 h). Mas, como as rotinas são iguais para os dois casos, a diferença entre as curvas está, principalmente, na elevação das temperaturas no período noturno para o caso do fechamento em alvenaria, como pode ser observado na Figura 15. A Figura 15 apresenta a evolução da temperatura para o ambiente mais quente identificado como Zona 5 (quarto):

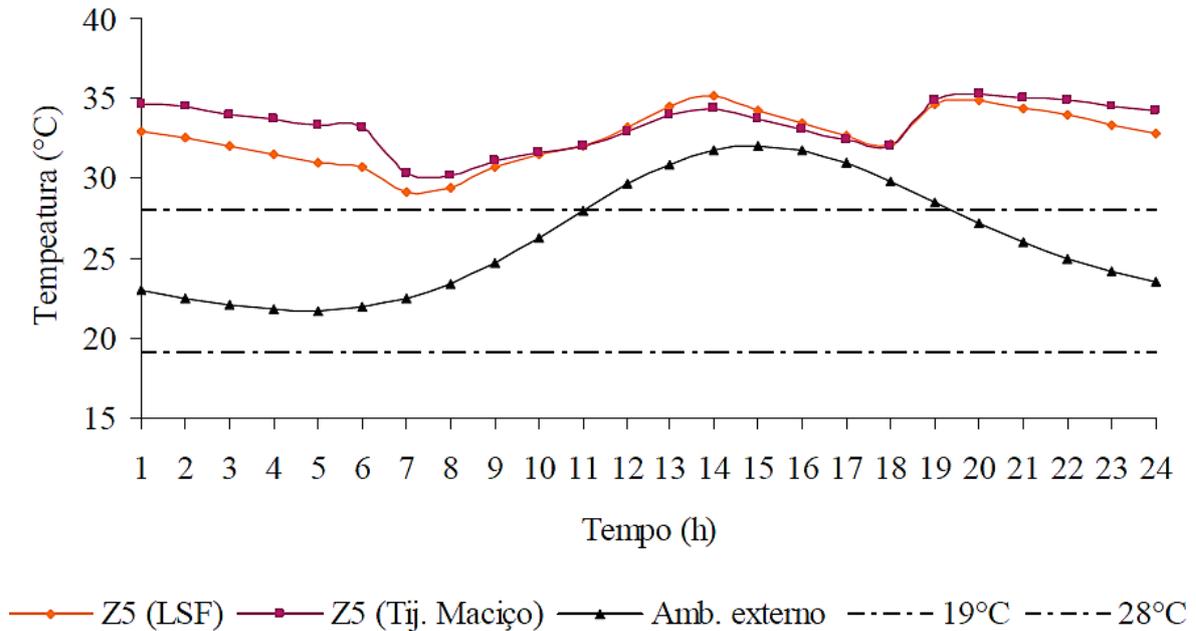


Figura 15: Evolução temporal da temperatura para o dia mais quente, considerando a zona 5 para comparação. Fonte: Souza, Martins e Gomes (2011)

Explicam os autores que se for considerado tão somente a temperatura interna dos ambientes como parâmetro para a avaliação, observaram, com os resultados que, para os dois casos o perfil de temperatura se apresenta fora da faixa de conforto. Acrescentam que, no período noturno, o sistema LSF apresentou melhor desempenho se comparado à alvenaria, por estar mais próximo dos limites de conforto.

## CONCLUSÕES

As principais vantagens da utilização do sistema de *Drywall* são: a facilidade para sua utilização em reformas, devido à rapidez de execução de construção e limpeza, pois é um método muito preciso, com extrema facilidade de manutenções e reparos, gerando o mínimo de entulho. A qualidade no isolamento térmico, apresentando resultados no estudo analisado, são mais satisfatórios em relação à alvenaria tradicional.

Pela análise do estudo, observou-se que tanto o sistema de *Light Steel Framing* com vedação em *drywall* quanto a construção em alvenaria tradicional apresentou resultados fora da zona de conforto térmico. Entretanto, com a utilização do sistema de *Light Steel Framing* com a vedação em *drywall*, é possível fazer outras configurações, como alterações de espessura de placa, grossura das paredes, ou do material isolante dentro da parede, de modo a atender as necessidades do melhor desempenho em relação ao conforto térmico.

O *software Energy Plus* possibilita uma pré-análise para a avaliação do conforto térmico no projeto, sendo uma grande vantagem quando se constrói com o sistema de *Light Steel Framing* em diferentes composições, possibilitando sempre alcançar o resultado desejado, evitando futuros desconfortos na residência.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT Associação Brasileira Normas e Técnicas. **NBR 14715**. 27/01/2016. Disponível em <http://abnt.org.br/paginampe/biblioteca/files/upload/anexos/pdf/09b24b26a26210a7aa643c87814adacf.pdf> Acesso em 08/08/2016.

ABRAGESSO – **Associação Brasileira dos Fabricantes de Blocos e Chapas de Gesso**. 2014. Disponível em [www.drywall.org.br](http://www.drywall.org.br) Acesso em 08/08/2016.

ARANTES, B. **Conforto térmico em habitações de interesse social - um estudo de caso**. Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia. Bauru, 2013. Disponível em [http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91724/arantes\\_b\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91724/arantes_b_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Acesso em 08/08/2016.

ARQ.UFSC - **Tijolos de vidro**, 2004. Disponível em [http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2004-1/tijolos/tv\\_caracteristicas.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2004-1/tijolos/tv_caracteristicas.htm) Acesso em 08/08/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Números do Segmento**. 2016. Disponível em <http://www.drywall.org.br/index.php/6/numeros-do-segmento> Acesso em 08/08/2016.

BERGAMINI, J.F.M. **Produção de divisórias de gesso acartonado: impactos da utilização do sistema kanban na percepção dos profissionais envolvidos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de engenharia. Porto alegre, 2012. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63190/000862938.pdf;sequence=1> Acesso em 08/08/2016.

BUSI, T.P. **Análise comparativa de edifícios em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: geometria em planta baixa mais recomendada**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento Engenharia Civil. Porto Alegre, 2009. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28535/000769445.pdf?sequence=1> Acesso em 08/08/2016.

BRAGA, D.K. **Arquitetura residencial das superquadras do Plano Piloto de Brasília: aspectos de conforto térmico**. Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, 2006. Disponível em [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2116/1/2006\\_Darja%20Kos%20Braga.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2116/1/2006_Darja%20Kos%20Braga.pdf) Acesso em 08/08/2016.

CARDOSO, J.C.M.A **Estratégias visando eficiência energética e conforto térmico incorporados aos projetos de edificações residenciais em Maringá - PR**. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2012. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82556/194335.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 08/08/2016.

DUARTE, E.F. **Diagnóstico da geração de resíduos de gesso acartonado na construção civil - obras comerciais em Curitiba**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso de Especialização em construções sustentáveis. Curitiba, 2014. Disponível em [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3423/1/CT\\_CECONS\\_III%20\\_2014\\_06.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3423/1/CT_CECONS_III%20_2014_06.pdf) Acesso em 08/08/2016.

FARIA, R, Notícia: **Drywall – Placas verdes**. Revista Techne. São Paulo, Editora PINI, 2008.

FLEURY, L.E. **Análise das vedações verticais internas de drywall e alvenaria de blocos cerâmicos com estudo de caso comparativo**. Faculdade de tecnologia e ciências sociais aplicadas. Curso de engenharia civil. Brasília, 2014

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. Manual do Conforto Térmico. 8. ed., São Paulo: Studio Nobel, 2007. 43 p.

GORGOLEWSKI, M. Developing a simplified method of calculating U-values in light steel framing. Building and Environment. Volume 42, Issue 1. p. 230-236. 2006.

KALIL, S.M.B. **Alvenaria Estrutural**. 2010. Disponível em [http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos\\_Especiais\\_-\\_Estruturas\\_de\\_Madeira/Alvenaria.pdf](http://www.feng.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_-_Estruturas_de_Madeira/Alvenaria.pdf) Acesso em 08/08/2016.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho térmico das edificações**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. Acesso em 08/08/2016.

LNE **Laboratório Nacional de Engenharia Civil**. Portugal. 2009. Disponível em <http://www.lnec.pt/pt/> Acesso em 08/08/2016.

MARCONDES, F. C. S. **Sistemas Logísticos Reversos – Estudo de Cadeia Produtiva de Chapas de Gesso Acartonado**. Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo 2007. Disponível em [http://www.pcc.usp.br/files/text/personal\\_files/francisco\\_cardoso/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20F%C3%A1bia%20Marcondes%20ed%20rev.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_cardoso/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20F%C3%A1bia%20Marcondes%20ed%20rev.pdf) Acesso em 08/08/2016.

MELO, A.P.; BARCELOS, M.M. **Engenheiros e arquitetos se rendem ao EnergyPlus**. 29/11/2011. Revista on line E/A engenharia e arquitetura. Disponível em <http://www.engenhariaearquitectura.com.br/noticias/417/Engenheiros-e-arquitetos-se-rendem-ao-EnergyPlus.aspx> Acesso em 08/08/2016.

NUNES, E.T. **Gesso acartonado**: diretrizes para a execução de divisórias internas de acordo com a NBR 15.758-1:2009. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre, 2015. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/138353/000989240.pdf?sequence=1> Acesso em 08/08/2016.

PEDRA, S.A. **Potencialidades da termografia infravermelha aplicada ao design do conforto térmico de alvenaria estrutural**. Dissertação para Programa de Pós-graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). Belo Horizonte, 2011. Disponível em <http://www.ppgd.uemg.br/wp-content/uploads/2012/08/Solange-Andere-Pedra.pdf> Acesso em 08/08/2016.

RODRIGUES, S. **Drywall**: entenda como funciona esse sistema de construção. Revista Casa Abril Arquitetura e Construção. 2014. Disponível em <http://casa.abril.com.br/materia/drywall-entenda-como-funciona-esse-sistema-de-construcao> Acesso em 08/08/2016.

SABBATINI, F H. **Desenvolvimento de métodos construtivos para alvenaria e revestimentos: recomendações para construção de paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo, EPUSP, 1988.

SILVA, D.C.V. **Avaliação da satisfação dos usuários de edificações residenciais com vedação vertical em gesso acartonado.** Universidade do Estado de Santa Catarina. UDESC. Departamento de engenharia Civil. Joinville, Santa Catarina, 2007

SILVA, M.F.A. **Gerenciamento de Processos na Construção Civil: Um Estudo De Caso Aplicado no Processo de Execução de Paredes em Gesso Acartonado.** Universidade Federal de Santa Catarina. Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2000. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/78897/176541.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 08/08/2016.

SILVA, H.S.; SANTOS, M.C. O. **O significado do conforto no ambiente residencial.** Universidade Federal do Rio de Janeiro,. Faculdade de arquitetura e Urbanismo Cadernos Proarq 18. 2012. Disponível em [http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista/public/docs/Proarq18\\_OSignificadoConforto\\_SilvaSantos.pdf](http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista/public/docs/Proarq18_OSignificadoConforto_SilvaSantos.pdf) Acesso em 08/08/2016.

Souza, H. A; Martins, G.C.A; Gomes, A. P. **Estudo comparativo do desempenho térmico do fechamento utilizado no sistema *light steel framing* e o tradicional em alvenaria.** In: Proceedings XXXIII CILAMCE, 2011. Ouro Preto

VALIM, V.G. ***Light steel framing*: viabilidade técnica da utilização de um sistema inovador da construção civil.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de engenharia. Porto Alegre, 2014. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/110040/000952057.pdf?sequence=1> Acesso em 08/08/2016.

VITULINO, A.P.F. **Sustentabilidade na construção civil.** Universidade Camilo Castelo Branco. Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Campus Descalvado. 2013.

VIVIAN, A.L.; PALIARI, J.C.; NOVAES, C.C. Vantagem produtiva do sistema *light steel framing*: da construção enxuta à racionalização construtiva. **XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. ENTAC.** Canela, Rio Grande do Sul. 6 a 8 de outubro de 2010. Disponível em [https://www.researchgate.net/profile/Andre\\_Vivan/publication/274384648\\_VANTAGEM\\_PRODUTIVA\\_DO\\_SISTEMA\\_LIGHT\\_STEEL\\_FRAMING\\_DA\\_CONSTRUO\\_ENXUTA\\_RACIONALIZAO\\_CONSTRUTIVA/links/551dcb640cf213ef063ea742.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Andre_Vivan/publication/274384648_VANTAGEM_PRODUTIVA_DO_SISTEMA_LIGHT_STEEL_FRAMING_DA_CONSTRUO_ENXUTA_RACIONALIZAO_CONSTRUTIVA/links/551dcb640cf213ef063ea742.pdf) Acesso em 08/08/2016.

ZUNINO, L. CUNHA, V. **Materiais com características de sustentabilidade.** *In* RIO DE JANEIRO - Secretaria de Estado do Ambiente. Teoria e práticas em construções sustentáveis no Brasil. 2010. Disponível em <http://repositorio.int.gov.br:8080/jspui/bitstream/123456789/376/1/Teorias%20e%20Praticas%20em%20constru%C3%A7%C3%B5es%20sustent%C3%A1veis%20no%20Brasil.pdf> Acesso em 08/08/2016.