

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE PROJETO DE  
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL CONCEBIDO EM *LIGHT*  
*STEEL FRAMING***

**Riberto Carminatti Júnior**

**São Carlos**  
**2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE PROJETO DE  
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL CONCEBIDO EM *LIGHT*  
*STEEL FRAMING***

**Riberto Carminatti Júnior**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos para a obtenção do título em Mestre em Construção Civil.

**Área de Concentração:** Sistemas Construtivos de Edificações

**Orientador:** Prof. Dr. José Carlos Paliari

**São Carlos**

**2012**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C287ac

Carminatti Júnior, Riberto.

Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social concebido em *light steel framing* / Riberto Carminatti Júnior. -- São Carlos : UFSCar, 2012.

162 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Construção civil. 2. Sustentabilidade. 3. Sistemas construtivos. I. Título.

CDD: 690 (20<sup>a</sup>)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil  
Rod. Washington Luís, Km 235  
13565-905 – São Carlos – SP  
Fone: (16) 3351-8261 Fax (16) 3351-8262  
e-mail: [ppgciv@ufscar.br](mailto:ppgciv@ufscar.br) site: [www.ppgciv.ufscar.br](http://www.ppgciv.ufscar.br)

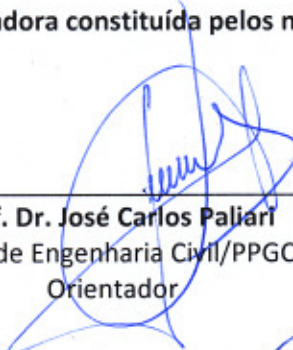
---

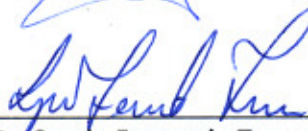
**ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE  
SOCIAL CONCEBIDO EM LIGHT STEEL FRAMING**

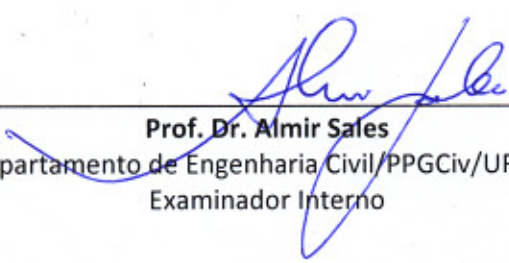
**RIBERTO CARMINATTI JÚNIOR**

**Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em oito de março de 2012.**

**Banca Examinadora constituída pelos membros:**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Carlos Paliari**  
Departamento de Engenharia Civil/PPGCiv/UFSCar  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares**  
Departamento de Arquitetura/Pós-Graduação em Construção Civil/UFPR  
Examinador Externo

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Almir Sales**  
Departamento de Engenharia Civil/PPGCiv/UFSCar  
Examinador Interno

*Aos meus pais.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Dr. José Carlos Paliari por, desde o início, acreditar nessa pesquisa e nos temas abordados, estando presente em cada momento direcionando o melhor caminho a ser seguido no meio de tantas pedras e pela oportunidade e confiança a mim depositados.

Aos companheiros que estudaram e participaram desta caminhada no PPGCiv, em especial ao André pelas conversas, apoio e recomendações e ao Fernando Madia pelo auxílio e grandes dicas de São Carlos.

Aos meus avós, Arlindo e Olydia, que me viram entrar no programa e infelizmente não estarão presentes na conclusão e João e Margarida que muito menos tiveram o prazer de me ver formado.

A Bebedouro e meus amigos desta linda cidade, que nos momentos difíceis sempre estiveram presentes: Gustavo, Bruno, Suelen, José Eduardo, Hassem, Diva e, em especial, Juliana.

A todos os professores e profissionais do PPGCiv, muito amáveis e profissionais, em especial a Solange, prof. Dr. Almir, Prof. Dr. Douglas e Prof<sup>a</sup>. Dra. Sheyla.

Ao Prof. Dr. Sérgio Tavares pelo auxílio prestado durante o congresso no Chile.

Ao Arquiteto Alexandre Kokke Santiago por colaborar com o desenvolvimento dessa dissertação.

*“Nós somos o que fazemos repetidas vezes, repetidamente. A excelência, portanto não é um feito, mas um hábito”.*

*Aristóteles*

## RESUMO

---

A indústria de construção civil no Brasil possui grande importância tanto social quanto econômica, porém é geradora de mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos e consumidora de grande quantidade de matéria-prima, energia e água. Desta forma o setor é estratégico sob o ponto de vista ambiental uma vez que pequenas mudanças em seus processos ocasionam a redução dos impactos ambientais. Para suprir o *déficit* habitacional atual, vários sistemas construtivos estão sendo empregados no país, dentre os quais, o *Light Steel Framing (LSF)*, que consiste em um sistema construtivo racional, industrializado e com melhor produtividade. O objetivo deste trabalho consistiu na simulação da quantidade de energia embutida inicial (EEi) de um projeto padrão voltado à habitação de interesse social utilizando o *LSF* como sistema construtivo, aplicando-se os conceitos de Análise de Ciclo de Vida Energético (ACVE). Para atingir este objetivo se realizou inicialmente a revisão bibliográfica sobre sustentabilidade, sistema construtivo *LSF* e ACVE. Na sequência fez-se a adaptação de um projeto para habitação de interesse social concebido em alvenaria estrutural para o *LSF*. A partir das especificações dos materiais e componentes, dos seus respectivos valores de EEi e dos quantitativos realizou-se a simulação da quantidade de EEi considerando 3 situações: projeto concebido em alvenaria estrutural de blocos de concreto, alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e *LSF*. Comparando-se os resultados das três simulações realizadas, concluiu-se que o projeto concebido em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos foi o que apresentou menor valor de EEi absoluto em relação aos demais sistemas simulados (117,6 GJ e 3,0 GJ/m<sup>2</sup>), tendo-se o *LSF* apresentado um valor intermediário (154,3 GJ e 3,9 GJ/m<sup>2</sup>), porém bem próximo ao da alvenaria de blocos cerâmicos, enquanto que o concebido em alvenaria de blocos de concreto apresentou maior valor (262,0 GJ e 6,6 GJ/m<sup>2</sup>), muito em função do elevado valor de EEi adotado para o concreto. Ressalta-se que tais resultados não devem ser extrapolados uma vez que foram utilizados valores de EE para os materiais e componentes aplicados nestes sistemas construtivos referenciados em literatura internacional, o que indica a necessidade de se construir uma base de dados nacional a respeito.

Palavras-chave: Análise de Ciclo de Vida. Energia Embutida. *Light Steel Framing*. Sustentabilidade.



## ABSTRACT

*The construction industry in Brazil has great importance both socially and economically, but generates more than 50% of municipal solid waste and consuming large quantities of raw materials, energy and water. Thus the sector is strategic under the environmental point of view, since small changes in their processes cause the reduction of environmental impacts. To meet the current housing shortage, many building systems are being employed in the country, among which, the Light Steel Framing (LSF), which consists of a rational building system, and industrial productivity. The aim of this study was to simulate the amount of embodied energy original (EEi) of a standard project aimed at social housing using the LSF as a constructive system, applying the concepts of Life Cycle Analysis of Energy (ACVE). To achieve this goal initially was held to review the literature on sustainability, and LSF construction system ACVE. Following the adjustment was made for a project for social housing in structural masonry designed to LSF. From the specifications for materials and components, their respective values of the quantitative EEi and held the simulation of the quantity of EEi considering three scenarios: project conceived in structural masonry concrete block, masonry, structural ceramic blocks and LSF. Comparing the results of three simulations, it was concluded that the project designed masonry structural ceramic blocks showed the lowest absolute value of the EEi in relation to other systems simulated (117.6 GJ and 3.0 GJ / m<sup>2</sup>), with the LSF presented an intermediate value (154.3 GJ and 3.9 GJ / m<sup>2</sup>), but very close to the masonry of ceramic blocks, while designed masonry concrete blocks had a higher value (262,0 GJ and 6.6 GJ / m<sup>2</sup>), largely due to the high value of IAS adopted for the concrete. It is noteworthy that these results should not be extrapolated as EE values were used for materials and components used in these construction systems referenced in the international literature, which indicates the need to build a national database about.*

*Key-words:; Life Cycle Analysis, Embodied Energy, Light Steel Framing, Sustainability.*

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 - Ciclo de vida dos produtos de construção .....	25
Figura 2 - Delineamento da metodologia de pesquisa .....	27
Figura 3 - Cinco dimensões para sustentabilidade baseadas em Sachs (2004).....	34
Figura 4 - Desenvolvimento do conceito de Sustentabilidade na Construção Civil: (a) construção clássica; (b) construção tradicional; (c) construção ecoeficiente e (d) construção sustentável.....	38
Figura 5 - Matriz de Energia Elétrica Brasileira - Capacidade Instalada .....	41
Figura 6 - Fases de uma ACV .....	48
Figura 7 - Exemplo de um conjunto de unidades de processo em um sistema de produto.....	51
Figura 8 - Níveis conforme proposto pelo <i>IFIAS</i> .....	57
Figura 9 - Etapas e Níveis conforme abordagem ACVE. ....	59
Figura 10 - Sistema construtivo <i>Wood Framing</i> .....	66
Figura 11 - Sistema construtivo <i>LSF</i> .....	67
Figura 12 - Desenho esquemático do <i>LSF</i> .....	68
Figura 13 - Exemplo de edificação em <i>LSF</i> .....	69
Figura 14 - Corte esquemático de uma fundação em <i>Radier</i> para <i>LSF</i> . ....	70
Figura 15 - Fundação em Sapata Corrida esquematicamente .....	71
Figura 16 - Esquema de ancoragem do <i>LSF</i> em fundação tipo <i>radier</i> .....	72
Figura 17 - Efeitos da carga no vento na estrutura: a) translação e b) Tombamento.	72
Figura 18 - Detalhe do conector de ancoragem em fundação tipo <i>radier</i> .....	73
Figura 19 - Painel composto por montantes e guias no sistema construtivo <i>LSF</i> . ....	74
Figura 20 - Exemplo de painel estrutural.....	75
Figura 21 - Esquema do uso do bloqueador no painel.....	76

Figura 22 - Painel estrutural com abertura .....	77
Figura 23 - Vigas de piso no sistema <i>LSF</i> .....	78
Figura 24 - Esquema de laje no sistema <i>LSF</i> .....	79
Figura 25 - Edificação em <i>LSF</i> com fechamento externo em OSB .....	81
Figura 26 - Edificação em <i>LSF</i> com vedação em OSB e aplicação da membrana em polietileno de alta densidade.....	82
Figura 27 - Orientação quanto à paginação das placas de OSB .....	83
Figura 28 - Exemplo de edificação com uso de Siding vinílico.....	84
Figura 29 - Revestimento do OSB com tela e argamassa .....	85
Figura 30 - Desenho esquemático da junta aparente.....	86
Figura 31 - Junta invisível .....	87
Figura 32 - Exemplo de fechamento em <i>drywall</i> .....	88
Figura 33 - Detalhe da instalação da placa de gesso acartonado.....	89
Figura 34 - Aplicação da manta de lã de vidro .....	90
Figura 35 - Exemplo de estrutura de telhado com perfis.....	91
Figura 36 - Estrutura do telhado com placas OSB como substrato de apoio. ....	92
Figura 37 - Estoque de bobinas galvanizadas, com corte longitudinal realizado. ....	93
Figura 38 - Perfiladeira.....	93
Figura 39 - Equipamento denominado <i>FrameMaster</i> .....	94
Figura 40 – Montante. ....	95
Figura 41 - Guia .....	95
Figura 42 - Perfil cartola .....	96
Figura 43 - Perfil Cantoneira .....	97
Figura 44 - Orientação das lascas na fabricação do OSB.....	98
Figura 45 - Resfriador estrela.....	98
Figura 46 - OSB Home Plus utilizado em <i>LSF</i> .....	99

Figura 47 - Processo de produção das chapas de gesso acartonado.....	101
Figura 48 - Etapas do ciclo de vida do projeto padrão .....	103
Figura 49 - Modelo proposto pelo CDHU denominado Casa Térrea Isolada TI13A-V2 .....	107
Figura 50 - Corte Casa Térrea Isolada TI13A-V2 .....	107
Figura 51 - Vista para Casa Térrea Isolada Ti13A-V2 CDHU .....	108
Figura 52 - Planta dos perfis estruturais aplicados no projeto padrão.....	156
Figura 53 - Detalhamento dos painéis e aplicação do fechamento .....	157
Figura 54 - Detalhamento dos painéis e aplicação do fechamento .....	158
Figura 55 - Detalhamento da cobertura.....	159
Figura 56 - Detalhamento da laje da caixa d'água e painel P109 e aplicação do fechamento desse.....	160

## LISTA DE QUADROS

---

Quadro 1 - Participação em resíduos sólidos urbanos.....	19
Quadro 2 - Contribuição científica a respeito do sistema construtivo <i>LSF</i> .....	23
Quadro 3 - Contribuição científica a respeito do sistema construtivo <i>LSF</i> (continuação) .....	24
Quadro 4 - Normas referentes ACV .....	47
Quadro 5 - Versões brasileiras para normas de ACV. ....	47
Quadro 6 - Categorias de impacto .....	54
Quadro 7 - Consumo energético associado a meios de transporte.....	62
Quadro 8 - Dimensões nominais para perfis montantes e guias.....	96
Quadro 9 - Parâmetros do Escopo da ACVE .....	103
Quadro 10 - Especificações dos componentes e materiais.....	104
Quadro 11 - Especificações dos elementos que se modificam .....	105

## LISTA E ABREVIATURAS E SIGLAS

---

- ABNT – Associação Brasileira de normas técnicas
- ACV – Análise do Ciclo de Vida
- ACVE – Análise do Ciclo de Vida Energético
- CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano
- CE – Comércio de Emissões
- CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono
- EE - Energia Embutida
- EEi – Energia Embutida Inicial
- E. Desconstrução – Energia de Desconstrução
- E. Manutenção – Energia de Manutenção
- EO – Energia Operacional
- Finep – Financiador de Estudos e Projetos
- GEE – Gases do Efeito Estufa
- IBICT – Biblioteca Digital de teses e Dissertações
- IC – Mecanismo de Implementação em Conjunto de Projetos
- ICV – Análise do Inventário do Ciclo de Vida
- IFIAS – International Federation of Institute for Advanced Study*
- ISO – International Organization for Standardization*
- LSF – Light Steel Framing*
- MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
- MRI – Midwest Reserch Institute*
- OSB – Oriented Strand Board*
- ONU – Organização das Nações Unidas

PFF – Perfis Formados a Frio

REE – requisitos de Energéticos de Energia

RTE – Requisitos totais de Energia

*SETAC – Society of Environmental Toxicology and Chemistry*

TCPO – Tabelas de Composição de Preços para Orçamento

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

USP – Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

---

<i>Capítulo 1.</i>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
1.1	Justificativa	18
1.2	Objetivos	26
1.3	Estrutura proposta para o desenvolvimento da pesquisa	26
1.3.1	Conceituação	28
1.3.2	Desenvolvimento	28
1.3.3	Resultados	30
1.4	Delimitações	30
<i>Capítulo 2.</i>	<b>SUSTENTABILIDADE APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>32</b>
2.1	Sustentabilidade	32
2.2	Desenvolvimento Sustentável	35
2.3	Construção Sustentável	37
2.4	Consumo de Energia e Eficiência Energética	40
2.5	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	42
2.6	Considerações finais acerca do capítulo	44
<i>Capítulo 3.</i>	<b>Análise do Ciclo de Vida</b>	<b>45</b>
3.1	Conceito	45
3.2	Histórico da ACV	46
3.3	Estrutura metodológica da ACV	48
3.3.1	Definição de Objetivo e Escopo	49
3.3.2	Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV)	52
3.3.3	Avaliação do Impacto	53
3.3.4	Interpretação	54
3.3.5	Relatório	55



3.3.6	Análise crítica .....	55
<b>3.4</b>	<b>Análise do Ciclo de Vida Energético .....</b>	<b>56</b>
3.4.1	Energia Embutida .....	59
3.4.2	Energia de Manutenção .....	62
3.4.3	Energia Operacional .....	62
3.4.4	Energia de Desconstrução .....	63
<b>3.5</b>	<b>Considerações finais acerca do capítulo .....</b>	<b>63</b>
<i>Capítulo 4.</i>	<i><b>Light Steel Framing .....</b></i>	<i><b>65</b></i>
<b>4.1</b>	<b>Histórico do Sistema Construtivo LSF .....</b>	<b>65</b>
<b>4.2</b>	<b>Aspectos estruturais .....</b>	<b>67</b>
4.2.1	Fundações .....	69
4.2.2	Estrutura vertical .....	73
4.2.3	Estrutura horizontal .....	78
4.2.4	Fechamento vertical e horizontal .....	80
4.2.5	Isolamento Termo Acústico .....	89
4.2.6	Cobertura .....	90
<b>4.3</b>	<b>Materiais utilizados .....</b>	<b>92</b>
4.3.1	Perfis formados a frio .....	92
4.3.2	OSB .....	97
4.3.3	Placa Cimentícia .....	99
4.3.4	Chapa de Gesso Acartonado .....	100
<b>4.4</b>	<b>Considerações finais acerca do capítulo .....</b>	<b>101</b>
<i>Capítulo 5.</i>	<i><b>Análise do Ciclo de Vida Energético do Projeto Padrão .....</b></i>	<i><b>102</b></i>
<b>5.1</b>	<b>Metodologia da Análise do Ciclo de Vida Energético .....</b>	<b>102</b>
5.1.1	Descrição do sistema, materiais e componentes utilizados .....	104
5.1.2	Desenvolvimento das planilhas para obtenção das informações necessárias	105

5.2	Apresentação do projeto padrão para simulação .....	106
5.3	Projeto padrão adaptado para o sistema construtivo <i>Light Steel Framing</i> .....	108
5.4	Resultados .....	109
5.4.1	Light Steel Framing.....	110
5.4.2	Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto .....	111
5.4.3	Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos.....	112
5.4.4	Comparação .....	113
<b>Capítulo 6.</b>	<b>Considerações finais.....</b>	<b>115</b>
6.1	Considerações sobre a pesquisa desenvolvida.....	115
6.2	Atendimento ao objetivo proposto .....	116
6.3	Sugestões para trabalhos futuros .....	117
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>118</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>125</b>
	Apêndice A – Levantamento quantitativo de materiais do projeto padrão para o sistema construtivo <i>Light Steel Framing</i> .....	125
	Apêndice B – Levantamento quantitativo de materiais do projeto padrão para o sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto.....	135
	Apêndice C – Levantamento quantitativo de materiais do projeto padrão para o sistema construtivo em alvenaria estrutural de bloco cerâmico.	141
	Apêndice D – Cálculo dos Valores de Energia Embutida em (MJ) para os materiais do projeto padrão em <i>Light Steel Framing</i> .....	146
	Apêndice E – Cálculo dos Valores de Energia Embutida em (MJ) para os materiais do projeto padrão em alvenaria estrutural de blocos de concreto.....	149

**Apêndice F – Cálculo dos Valores de Energia Embutida em (MJ) para os materiais do projeto padrão em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos.**

**152**

**Apêndice G – Planta dos perfis estruturais aplicados no projeto padrão.**

**156**

**Apêndice H – Detalhamento dos painéis e aplicação do fechamento .157**

**Apêndice I – Detalhamento dos painéis e aplicação do fechamento... 158**

**Apêndice J – Detalhamento da cobertura ..... 159**

**Apêndice K – Valores de Energia Embutida ..... 161**

# Capítulo 1.

## **INTRODUÇÃO**

---

### **1.1 Justificativa**

A indústria da Construção Civil constitui um dos setores mais importantes para o desenvolvimento das nações. No caso brasileiro, é responsável por aproximadamente 70% da formação de capital (Gondim e outros, 2004) e não requer grande demanda de importação, fazendo com que este capital seja reinvestido na economia interna, incentivando outros setores e não alterando a balança comercial.

Ao se tratar de balança comercial, no final de 2010 o Brasil obteve saldo positivo de US\$ 20 Bilhões. Contudo, devido ao crescimento da renda da população brasileira houve um aumento das importações comparado às exportações (BRASIL, 2011a). No mesmo ano, o Produto Interno Bruto nacional (PIB) registrado foi da ordem de US\$ 3,675 Trilhões, 7,5% superior ao de 2009 e dentre os setores com maior nível de crescimento destaca-se a Indústria da Construção Civil com aumento de 11,6% em relação a 2009 (BRASIL 2011b).

Embora se reconheça os benefícios que esta indústria traz para o país, observa-se que se trata de uma indústria grande consumidora dos recursos naturais, tais como: água, matérias-primas e energia (OLIVEIRA, 2007) produzindo considerável parcela do volume total de resíduos sólidos urbanos e emitindo grande quantidade dos Gases causadores do Efeito Estufa (GEE), como CO<sub>2</sub> (STACHERA; CASAGRANDE; 2007).

Sob o ponto de vista do consumo de matéria-prima o setor é responsável por 15% a 50% do total de recursos naturais extraídos. Como exemplo, apenas na produção de concreto e argamassa, se consome aproximadamente 220 milhões de toneladas por ano (JOHN, 2011) e cerca de 40% de matérias-primas

como areia, pedra britada e cascalho, o que pode levar ao esgotamento desses recursos, degradação do solo e perda da diversidade da fauna e flora (GRIGOLETTI, 2001).

Quanto à mão de obra necessária para produção de edificações, ao comparar esse setor com o automotivo, por exemplo, Souza (2006) destaca a ineficiência desta indústria com relação ao uso deste recurso, pois o número de horas de trabalho utilizadas na construção é maior. Esse mesmo autor estima que são necessárias 2000h empregadas por um operário para produção de uma edificação, enquanto no setor automotivo são necessárias 100h para a produção de um veículo.

A geração de resíduos também é um problema a ser enfrentado por esta indústria em função, entre outros aspectos, da escassez de áreas para deposição e saneamento público acarretando, muitas vezes, sua deposição em terrenos baldios (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN; 2011).

Como exemplo da magnitude da geração de resíduos de construção civil, no Quadro 1 apresenta-se sua participação na totalidade de resíduos sólidos urbanos. Observa-se que em todos os municípios relacionados neste Quadro os resíduos oriundos da construção civil se situam num patamar igual ou superior a 50% do total de resíduos sólidos urbanos produzidos.

**Quadro 1 - Participação em resíduos sólidos urbanos**

<b>Município</b>	<b>Fonte</b>	<b>Geração diária em t.</b>	<b>Participação em relação aos resíduos sólidos urbanos</b>
São Paulo	I&T -2003	17.240	55%
Guarulhos	I&T – 2001	1.308	50%
Diadema	I&T – 2001	458	57%
Campinas	PMC – 1996	1.800	64%
Piracicaba	I&T – 2001	620	67%
São José dos Campos	I&T – 1995	733	67%
Ribeirão Preto	I&T – 1995	1.043	70%
Jundiaí	I&T – 1997	712	62%
São José do Rio Preto	I&T – 1997	687	58%
Santo André	I&T – 1997	1.013	54%

Fonte: SINDUSCON SP (2005)

Embora os resíduos de construção sejam um reflexo da ineficiência do uso racional dos materiais e componentes nos canteiros de obras, causando reflexos ao meio urbano, há que se destacar também, dentro desta ineficiência, a parcela de materiais e componentes que fica incorporada em excesso nas edificações, principalmente, sob a forma de variações geométricas dos elementos construtivos, tais como revestimentos, peças estruturais (pilares, vigas e lajes, entre outros).

O somatório destas principais parcelas resulta em perdas de materiais nos canteiros de obras, que já foi e é objeto de avaliação em diversas pesquisas nacionais e internacionais.

No Brasil, destaca-se a pesquisa financiada pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), realizada na década de 90 e intitulada “Alternativas para a Redução de Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras” (AGOPYAN e outros, 1998) com apresentação de valores de perdas de materiais na Indústria da Construção Civil, revelando uma grande variação destes entre obras e a necessidade de aperfeiçoar os processos de construção.

Se por um lado, o setor apresenta deficiências em termos de utilização dos recursos naturais e mão de obra, atualmente, o país se depara com um grande desafio que consiste na necessidade de construção em larga escala de habitações residenciais visando reduzir o atual *déficit* habitacional que, segundo dados apresentados em 2007 pela Fundação João Pinheiro (2007), era na ordem de 6,273 milhões de domicílios.

Com objetivo de combater este cenário, várias ações de ordem governamentais foram e estão sendo realizadas, dentre as quais se destacam as políticas de financiamento de residências para famílias de médias e baixas rendas, a partir do programa denominado “Minha Casa, Minha Vida”.

Este programa, coordenado pelo Governo Federal em parceria com Estados, municípios e empresas, em sua primeira fase tinha como objetivo a contratação de um milhão de casas, meta que foi atingida em 2010. Em março desse mesmo ano o governo lançou a segunda fase do programa com a meta de contratar até 2014 dois milhões de moradias (BRASIL, 2011c).

Do total de contratos realizados considerando a primeira fase do programa, 57% foram feitos por famílias com renda mensal de até R\$ 1.395,00 e

74% dos contratos foram realizados em municípios com mais de 100 mil habitantes (BRASIL, 2011d).

Desta forma, apresentam-se duas situações antagônicas sob o ponto de vista ambiental e econômico. De um lado, reconhece-se o impacto ambiental desta indústria e ao mesmo tempo, reconhece-se também o crescimento da sua participação no cenário nacional para suprir as necessidades emergenciais do país de infraestrutura e de novas habitações.

Neste contexto, pequenas mudanças nos processos da indústria da Construção Civil implicam na redução dos impactos ambientais em grande escala, contribuindo para a melhoria do ambiente às gerações atuais e futuras.

Portanto, é interessante que se estabeleçam políticas e ações concretas visando à redução do consumo de matérias-primas e a geração de resíduos, assim como a utilização de materiais e componentes *ecoeficientes* e otimizar o uso dos recursos. Tais políticas podem se dar no âmbito das várias esferas governamentais e de iniciativas privadas.

Associando a necessidade por novas habitações (demanda) e a "vontade política" de reduzir esta necessidade (*déficit*), atualmente há um grande desafio a ser vencido pelos agentes intervenientes da Construção Civil: *produzir novas habitações com padrões de qualidade e desempenho aceitáveis, ao mesmo tempo, com níveis de produtividade elevados, incorporando os conceitos do desenvolvimento sustentável.*

Assim, para responder a esta questão, o mercado dispõe atualmente de alternativas de sistemas construtivos racionalizados e industrializados que trazem embutidos em seus processos características que possibilitam a redução dos custos, do tempo de produção e, conseqüentemente, do impacto ambiental.

Dentre os vários sistemas construtivos que atendem a estes requisitos destacam-se o sistema construtivo em *Light Steel Framing (LSF)*, alvenaria estrutural, pré-fabricados de concreto entre outros.

A alvenaria estrutural se destaca nas construções de empreendimentos imobiliários, pois além de ser uma técnica construtiva antiga e proporcionar uma edificação com menor custo, é mais limpa e possui elevada velocidade de construção (FONSECA, 2002).

Para Casali (2008, p.1),

Nesse sistema construtivo as paredes atuam como elemento resistente da estrutura e, ao mesmo tempo, como vedação. Essas paredes são elementos portantes compostos por unidades de alvenaria, como blocos de concreto ou tijolos, unidos por juntas de argamassas capazes de resistirem a outras cargas, além do peso próprio.

Contudo, existem sistemas pré-fabricados de concreto ou alvenaria, onde as edificações são produzidas em fábricas e transportadas para os canteiros de obras. Dentre os existentes, salienta-se o sistema desenvolvido conhecido como JET CASA, que utiliza da fabricação de painéis autoportantes, utilizando de alvenaria de blocos cerâmicos como fechamento e estrutura em concreto armado (JET CASA, 2011).

No que diz respeito ao *LSF*, este consiste em um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado e placas industrializadas que parafusadas nestes perfis formam painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes, possuindo as seguintes vantagens em relação aos sistemas construtivos tradicionais, conforme Crasto (2005 p.3):

- os produtos que compõem o sistema construtivo são padronizados de tecnologia avançada, em que os elementos construtivos são industrializados com rígido controle de qualidade;
- durabilidade e longevidade da estrutura, devido à utilização de perfis galvanizados, conferindo característica de ser mais leve e resistente à corrosão;
- rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem;
- maior precisão na montagem de paredes e pisos;
- construção a seco;
- melhores níveis de desempenho termo acústico, que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento;
- grande flexibilidade no projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto;
- desperdício e perda de materiais reduzidos.

Dentre os principais trabalhos realizados sobre este tipo de sistema construtivo, observa-se uma grande ênfase de trabalhos voltados à concepção e dimensão da sua estrutura e à tecnologia construtiva. São exemplos de trabalhos com ênfase na questão estrutural os realizados por Rodrigues (2006) e Santiago (2008), enquanto que com ênfase na tecnologia construtiva destacam-se os trabalhos realizados por Crasto (2005) e Duarte e outros (2005).



Há também aumento da produção de trabalhos científicos, conforme apresentado no Quadro 2. Esse quadro relaciona os principais trabalhos nacionais (artigos apresentados em congressos, dissertações de mestrado e teses de doutorado) a respeito desse sistema construtivo.

**Quadro 2 – Contribuição técnica e científica a respeito do sistema construtivo LSF**

<b>Autor</b>	<b>Título do trabalho</b>	<b>Ano</b>	<b>Fonte</b>	<b>Tema abordado</b>
Duarte, M.M.; Souza, A. C. L. de; Mayer, M.D.	Estudo do Emprego do Sistema <i>Steel Frame</i> em Projetos de Habitações Populares	2005	Anais do Encontro tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura - ENTECA	Tecnologia
Casto, R. C. M. de.	Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados: <i>Light Steel Framing</i>	2005	Dissertação	Tecnologia
Souza, D. A. de; Freitas, M. S. de R.; Freitas, A. M. S.	Estabilidade de Colunas com Seções Enrijecidas em Perfis de Aço Formados a Frio	2006	Revista Escola de Minas	Estrutura
Rodrigues, F. C.	<i>Steel Framing</i> : Engenharia C.	2006	Apostila CBCA	Estrutura
Gomes, A.; Souza, H. A. de.	Simulação Numérica do Desempenho Térmico de Edificações em <i>Light Steel Framing</i>	2007	Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído	Qualidade
Gomes, A. P.	Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações Unifamiliares em <i>Light Steel Framing</i>	2007	Dissertação	Qualidade
Souza, A. S. C. de; Filho, J. R. de F.	Sistema Construtivo em <i>Steel Frame</i> : Características, montagem e detalhes construtivos	2007	Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura – ENTECA	Tecnologia
Santiago, A. K.; Araújo, E. C. de	Sistema <i>Light Steel Framing</i> como Fechamento Externo Vertical Industrializado	2008	Construmetal – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica	Estrutura
Santiago, A. K.	O Uso do Sistema <i>Light Steel Framing</i> Associado a Outros Sistemas Construtivos Como Fechamento Vertical Externo Não Estrutural	2008	Dissertação	Estrutura
Lima, A. L. de A.	Construção de Edificações em Módulos Pré-Fabricados em LSF – <i>Light Steel Framing</i> : Ensaio Projetual	2008	Dissertação	Estrutura

**Quadro 3 - Contribuição técnica e científica a respeito do sistema construtivo LSF (continuação)**

<b>Autor</b>	<b>Título do trabalho</b>	<b>Ano</b>	<b>Fonte</b>	<b>Tema abordado</b>
Gomes, A.; Souza, H. A. de.	Desempenho Térmico de Edificações Residenciais em <i>Light Steel Framing</i>	2008	Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído	Qualidade
Daltro, A. T.; Matiello, G.; Senra, R. F.	Revestimento para Painéis de OSB Utilizados como Fechamento Vertical em Habitações Estruturadas em <i>Light Steel Framing</i>	2009	Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura - ENTACA	Tecnologia
Daltro, A. T.	Fechamento Vertical para Habitação em <i>Light Steel Framing</i>	2009	Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura	Tecnologia
Penna, F. C. P.	Análise da Viabilidade Econômica do Sistema <i>Light Steel Framing</i> na Execução de Habitações de Interesse Social: Uma Abordagem Pragmática.	2009	Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais	Gestão
Daltro, A. T. e outros	Protótipo de Moradia Social com Uso de <i>Light Steel Framing</i> : Análise do projeto arquitetônico	2010	Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído	Gestão
Santiago, A. K.; Rodrigues, M. N.; Oliveira, M. S. de.	<i>Light Steel Framing</i> como Alternativa para a Construção de Moradias Populares	2010	Construmetal – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica	Tecnologia
Vivan, A. L.; Paliari, J. C.; Novaes, C. C.	Vantagem Produtiva do Sistema <i>Light Steel Framing</i> : Da construção enxuta à racionalização construtiva	2010	Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC	Gestão
Silva, F. B.; Kato, C.S.; Sabbatini, F. H.; Barros, M. M. S. B. de.	Sistemas Construtivos Industrializados para a Construção Habitacional: Análise do canteiro experimental Heliópolis	2010	Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC	Tecnologia
Milan, G. S. e outros	Sistema <i>Light Steel Frame</i> : Um estudo de viabilidade financeira e mercadológica do sistema para construções residenciais	2010	Congresso Nacional de Excelência em Gestão	Gestão
Campos, H. C.; Souza, H. A. de.	Avaliação Pós-Ocupação de Edificações Estruturadas em Aço, Focando Edificações em <i>Light Steel Framing</i>	2010	Construmetal – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica	Qualidade
Milan, G. S.; Novello, R. V.; Reis, Z. C. dos.	A viabilidade do Sistema <i>Light Steel Frame</i> para Construções Residenciais	2011	Revista Gestão Industrial	Gestão
Vivan, A. L.	Projetos para Produção de Residências Unifamiliares em <i>Light Steel Framing</i>	2011	Dissertação	Gestão

Assim, evidencia-se que existem poucos estudos sobre avaliação dos impactos ambientais causados pela aplicação deste sistema construtivo na produção de residências no Brasil.

Uma das formas existentes para realizar esta avaliação consiste na aplicação da metodologia denominada Análise do Ciclo de Vida (ACV) que permite compilar os fluxos mássicos e energéticos de entrada e saída de um sistema ou processo e avaliar os potenciais impactos associados a um produto/processo ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Nesta avaliação, considera-se todo ciclo de vida da edificação, ou seja, desde a extração de recursos para fabricação dos materiais e componentes utilizados até a reutilização ou disposição dos mesmos após o período de ocupação, conforme exemplificado na Figura 1, possibilitando a criação de modelos para verificação dos impactos ambientais de produtos, componentes e materiais, sendo também utilizado como base para outras ferramentas.



**Figura 1 - Ciclo de vida dos produtos de construção**

Fonte: Athena Institute, 2011, p.1.

Entretanto, a realização da ACV é complexa e exige grande quantidade de recursos e tempo, podendo inviabilizar seu uso. Uma das formas de simplificar a análise e obter resultados expressivos e aproximados dos impactos ambientais é através da Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE) (TAVARES, 2006).

Segundo Tavares (2006 p.25) a “A ACVE é uma forma simplificada, porém significativa, para condução de uma análise de impactos ambientais”, a partir da verificação do conjunto de requisitos energéticos desde a prospecção e preparo de matérias-primas (berço) até o descarte desta (túmulo).

É neste contexto que se insere esta dissertação de mestrado na medida em que se pretende aplicar os conceitos de ACVE a partir da simulação de um projeto padrão utilizando o sistema construtivo *LSF*, objetivando responder a seguinte questão de pesquisa:

*Qual a Energia Embutida, sob o ponto de vista da ACVE, de um projeto padrão concebido em sistema construtivo LSF, alvenaria estrutural de blocos de concreto e cerâmico?*

## **1.2 Objetivos**

O objetivo deste trabalho consiste em quantificar a Energia Embutida inicial total e por m<sup>2</sup> dos materiais e componentes necessários, sob o ponto de vista da ACVE, para construção de uma edificação padrão concebida no sistema construtivo *LSF* e compará-la utilizando como parâmetro os valores para os sistemas construtivos em alvenaria estrutural de blocos de concreto e cerâmico.

## **1.3 Estrutura proposta para o desenvolvimento da pesquisa**

Esta pesquisa se propõe a verificar os impactos ambientais a partir da Energia Embutida Inicial (EEi) dos materiais e componentes utilizados no sistema construtivo *LSF*, a partir da simulação dos dados com a adaptação de um projeto padrão e depois comparar os valores utilizando como parâmetro os sistemas construtivos em alvenaria estrutural de blocos de concreto e cerâmico.

Quanto aos valores referentes à EEi, serão adotados conforme os valores obtidos na dissertação de Lobo (2010) e Tavares (2006), entretanto para os materiais e componentes não contemplados por estas pesquisas serão obtidos valores a partir da literatura internacional.

Assim, adotou-se pela simulação a partir da edificação utilizando do sistema construtivo *LSF*, em função deste sistema possuir características de produtividades e racionalidade compatíveis com as necessidades atuais.

O delineamento da pesquisa é proposto a partir do detalhamento em três partes, sendo elas: Conceituação, Desenvolvimento e Resultados, conforme apresentado na Figura 2.

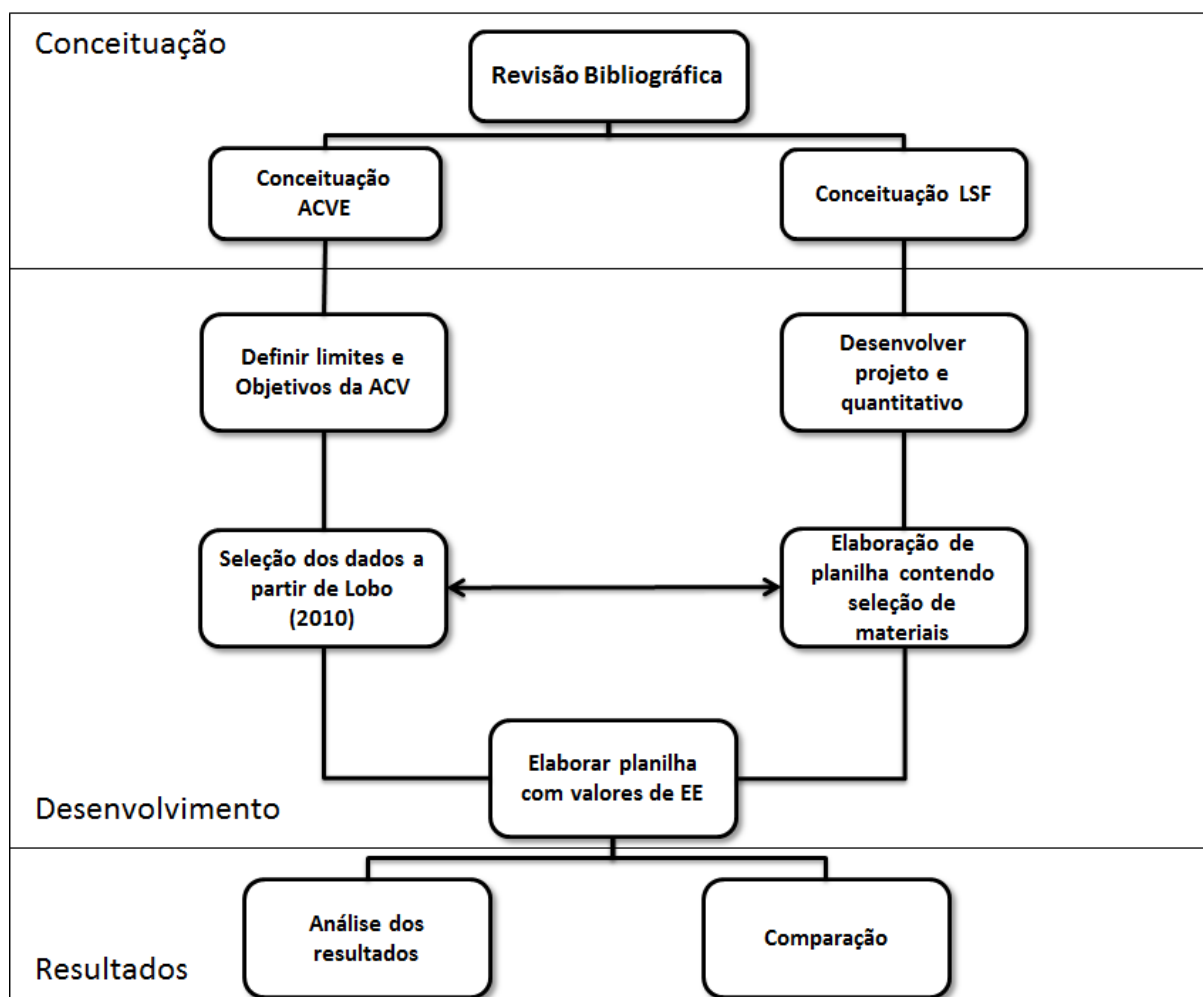


Figura 2 - Delineamento da metodologia de pesquisa

### **1.3.1 Conceituação**

#### **Revisão bibliográfica**

Realizou-se revisão bibliográfica dos principais conceitos e definições da ACV, ACVE e do sistema construtivo *Light Steel Framing (LSF)* com intuito de obter conhecimento científico necessário quanto aos temas abordados.

Para isto realizou-se pesquisa teórica dos principais autores e trabalhos a partir de consulta presencial nas bibliotecas da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e na Escola de Engenharia de São Carlos (USP) e consulta virtual a bibliotecas de outras universidades tais como: Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal de Minas Gerais.

Além destas, fez-se também consulta a fontes de informações virtuais como o portal “Periódicos Capes”, “Web of Science”, “SciELO”, “Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – IBICT”, “Google Acadêmico”, entre outros.

Procurou-se ter também uma visão prática do assunto, realizando-se algumas visitas às empresas construtoras que utilizam este tipo de sistema construtivo em suas obras, alguns canteiros de obras destas empresas e visitas a projetistas e agentes promotores de construção de habitação de interesse social.

### **1.3.2 Desenvolvimento**

#### **Desenvolver projeto e quantitativo**

Após definir e entender o projeto padrão a ser utilizado pode-se propor adaptações necessárias para o sistema construtivo *LSF* e realizar o quantitativo a partir da elaboração de planilha de serviços.

Nesse momento também foi realizado o quantitativo dos serviços, materiais e componentes utilizados para a concepção do projeto padrão para os sistemas construtivos em alvenaria estrutural de blocos de concreto e cerâmicos.

### **Elaboração de planilha contendo seleção de materiais**

Com a planilha de serviços foi realizado a seleção dos materiais empregados nesse sistema construtivo, agrupando os mesmo e organizando a fim de facilitar a busca das informações quanto a EE.

### **Definir limites e objetivos da ACVE**

Nesta etapa foi desenvolvido método, escopo do estudo e definidos os limites e unidade fundamental para realizar a ACVE conforme normas e conceituação técnicas desta ferramenta.

### **Seleção de dados a partir de pesquisas nacionais**

A partir da elaboração das planilhas com o quantitativo de materiais e componentes há possibilidade de realizar a pesquisa no trabalho intitulado “Inventário de Emissões Equivalente de Dióxido de Carbono e Energia Embutida na Composição de Serviços em Obras Públicas: Estudo de Caso no Estado do Paraná” de autoria de Fernando Henrique Rodrigues Lobo, 2010 e no intitulado “Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras” de autoria de Sérgio Fernando Tavares (2006), a fim de obter os valores correspondentes a estes materiais quanto a sua EE.

Caso não estejam contemplados serão utilizados valores a serem pesquisados na literatura internacional, se persistir a falta dos valores, estes serão obtidos a partir da média com base em materiais e componentes similares.

### **Elaborar planilha com valores de EE**

Foi elaborada planilha contendo a seleção dos materiais e a respectiva EEi de cada, totalizando a contribuição da EEi total da edificação.

### **1.3.3 Resultados**

#### **Análise dos Resultados**

Foi realizada análise dos resultados obtidos quanto a EEi do sistema; construtivo *LSF*, alvenaria estrutural em blocos de concreto e cerâmico. Complementarmente foram estruturados indicadores de consumo de EEi/m<sup>2</sup> dos modelos da simulação para cada sistema construtivo.

#### **Comparação**

Os valores obtidos nos três sistemas construtivos analisados foram comparados e verificados os principais materiais e componentes sob a ótica da EEi.

## **1.4 Delimitações**

Este trabalho está focado apenas na ACVE e não na ACV como um todo. Desta forma, a análise principal é realizada a partir da EEi dos materiais utilizados nos sistemas construtivos estudados. Assim, foca-se a etapa de construção da edificação, embora, o desempenho térmico possa influenciar na utilização de equipamentos de arrefecimento nas edificações e, desta forma, contribuir e modificar as conclusões estabelecidas neste.

Da mesma forma, o descarte dos materiais e componentes e a energia necessária para a desconstrução pode contribuir para a modificação dos resultados obtidos.

Por se tratar de uma simulação, os valores apresentados de consumo de material tornam-se apenas uma referência a partir do estudo de projetos, sem considerar interferências que ocorrem na etapa de construção da edificação.

Assim, neste trabalho não se está levantando e calculando valores de requisitos energéticos para cada material, e sim, utilizando valores apresentados em literaturas já consagradas sobre o assunto, dentre as quais, destacam-se Tavares (2006) e Lobo (2010), que considera apenas os dois primeiros níveis energéticos do IFIAS, por representar 90% do total. Neste, inclui-se a extração das matérias-primas, fabricação, transporte e perdas na geração e transformação de energia.



Salienta-se também que, dependendo da região geográfica onde será concebida a edificação, haverá grandes alterações nos valores de EEi dos materiais, devido ao transporte, mudança de fornecedor, mudança dos materiais que serão utilizados para construir a edificação e do processo de fabricação dos materiais e componentes térmicos.

Por fim, o consumo energético devido à mão de obra não foi considerado, devido à carência de um desenvolvimento da fundamentação teórica relativo às questões de transporte da construção civil (dependendo do local da obra) e informações disponibilizadas pelos trabalhos adotados.

# Capítulo 2.

## ***SUSTENTABILIDADE APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL***

---

### **2.1 Sustentabilidade**

Os temas relacionados ao meio ambiente vêm sendo amplamente discutidos em vários segmentos da economia e da sociedade, pois o modelo de desenvolvimento atual, que utiliza extensamente dos recursos naturais como fonte de energia ou matéria-prima na fabricação dos produtos, torna insustentável devido ao esgotamento destes (COLAÇO, 2008).

Existe, então, uma capacidade que o meio ambiente suporta a partir do número de indivíduos ou do nível de consumo de produtos que ao se ultrapassar a capacidade de suporte do meio ambiente, este não mais suportaria a comunidade, muito menos seu crescimento. Neste caso, os recursos que servem a comunidade se tornariam escassos e obrigaria a redução dos fluxos de consumo, trazendo consequências à economia e para toda a sociedade (ALVES, 2009).

Desta forma, o meio ambiente passou a ter grande destaque como tema de pressão internacional pelos governos, organizações não governamentais, sindicatos, associações científicas, entre outras entidades.

Essa preocupação resultou na realização de várias conferências pelo mundo com intuito de debater o assunto e tomar medidas para evitar maiores consequências à existência humana e à economia mundial.

Um destes primeiros encontros foi organizado pelo Clube de Roma em 1968, com a reunião de intelectuais, na qual se buscava realizar projeções para o futuro e para o desenvolvimento da espécie humana. Teve como principal produto a

publicação do *The limits of growth* (Os limites do crescimento) que, conforme Motta (2009 p.23), se “contrapõe o crescimento exponencial da população diante da finitude dos recursos do planeta, e conclui que isto provocaria uma crise sem precedentes na história humana”.

Em 1972 houve a Primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente onde se deu início a conscientização sobre como o desenvolvimento econômico poderia causar impactos ambientais irreversíveis e desequilíbrios sociais (OLIVEIRA, 2007), aumentando a preocupação da sociedade com o meio ambiente.

No ano de 1987 foi publicado o Relatório *Brundtland*, sob o título *Our Common future* (Nosso futuro comum) concluindo que haveria colapso dos ecossistemas em virtude do esgotamento dos recursos naturais (GIANSANTI, 1998).

No ano de 1992, no Rio de Janeiro, foi realizado congresso que consagrou o conceito de desenvolvimento sustentável tendo como principal resultado a Agenda 21, conforme Lemos (2006, p.1):

A Agenda 21 propõe mudar o rumo da humanidade na direção de um melhor padrão de vida para todos, ecossistemas melhor gerenciados e protegidos, e um futuro mais próspero e seguro. É um documento político, que pressupõe a ampla participação da sociedade na tomada das decisões necessárias, bem como a existência de instâncias institucionais que favoreçam sua implementação. É um processo de transformação cultural, de mudança de mentalidades e de comportamentos em direção a uma sociedade com padrões sustentáveis de produção e consumo. Pressupõe que os governos e a sociedade em geral sentem-se à mesa para discutir e diagnosticar os problemas, identificar e entender os conflitos envolvidos, e decidir sobre a melhor forma de resolvê-los, para iniciar o caminho na direção da sustentabilidade da biosfera.

Em 1997 foi assinado o protocolo de Kyoto, estabelecendo metas para redução da emissão de gases poluentes até 2012 para 5% a menos com referência a 1990 (FACHIN, 2010).

Atualmente, entende-se que em uma sociedade sustentável há necessidade que o desenvolvimento ocorra em diferentes dimensões. Desta forma Sachs e Veiga (2004) propôs as cinco dimensões da sustentabilidade, conforme ilustrado na Figura 3, na qual pressupõe que todo planejamento do desenvolvimento precisa levá-las em conta, simultaneamente.



Figura 3 - Cinco dimensões para sustentabilidade baseadas em Sachs e Veiga (2004)

Este mesmo autor descreve cada dimensão como:

- *Sustentabilidade Social*: criação de um processo de desenvolvimento com meta de construir uma civilização com maior equidade na distribuição de renda e de bens, de modo a reduzir a diferença entre os padrões de vida dos ricos e dos pobres;
- *Sustentabilidade Econômica*: alcançada através da gestão e alocação mais eficientes dos recursos e de um fluxo constante de investimentos públicos e privados. Sendo que, a eficiência econômica deve ser avaliada em termos macrossociais, e não apenas através do critério da rentabilidade empresarial de caráter microeconômico;
- *Sustentabilidade Ecológica*: alcançada através do aumento da capacidade de utilização dos recursos, limitação do consumo dos combustíveis fósseis e dos produtos facilmente esgotáveis e não renováveis, redução da geração de resíduos e da poluição, bem como a reutilização e reciclagem dos recursos limitados e por fim promover a autolimitação no consumo de materiais;
- *Sustentabilidade Espacial*: dirigida para obtenção de uma configuração e distribuição tipo rural e urbana mais equilibrada e uma melhor e mais planejada distribuição geográfica dos grupos sociais, do patrimônio a edificar e da localização das novas atividades econômicas;
- *Sustentabilidade Cultural*: procura por raízes endógenas de processos de modernização e de sistemas agrícolas integrados, que traduzam o conceito normativo de desenvolvimento sustentável em um conjunto de soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e área.

Contudo, é mais difundida a concepção a partir da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima que aborda o equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável e tem sido descrita em função da chamada “*triple bottom line*” (GEHLEN, 2008).

Conforme GEHLEN (2008 p.24):

A sustentabilidade é concebida como um imperativo ético em relação à responsabilidade e solidariedade da geração atual com as gerações futuras, tanto com respeito ao acesso aos recursos naturais para garantir a qualidade de vida quanto à conservação da biodiversidade propriamente dita.

Desta forma, existe a necessidade de relacionar a questão do desenvolvimento em conjunto com a sustentabilidade, que pode ser entendido como Desenvolvimento Sustentável.

## 2.2 Desenvolvimento Sustentável

Ao adicionar o conceito de sustentabilidade ao desenvolvimento, tem-se implícito a necessidade de ocorrer à evolução (progresso) utilizando todas as dimensões da sustentabilidade.

Assim, o conceito de Desenvolvimento Sustentável é adotado pela ONU desde 1986 como “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (MOTTA, 2009; p.25). Trata-se de uma nova maneira de a sociedade se relacionar com o seu ambiente de forma a garantir a sua própria existência (ALVES, 2009).

Chen e Chambers (1999; citados por JOHN, 2000, p.12) definem o Desenvolvimento Sustentável como aquele que:

Permite atender as necessidades básicas de toda a população e garante a todos a oportunidade de satisfazer suas aspirações para uma vida sem, no entanto, comprometer a habilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades.

Surge assim a necessidade de desenvolver modelos que favoreçam a renovação com a inovação e criação de sistemas sociais que estejam aptos a reconhecer os sintomas de insustentabilidade com a capacidade de tomar medidas para adaptar-se. Nesse sentido, o desenvolvimento de tecnologia deve tendencialmente ser orientado para metas de equilíbrio com a natureza e de incremento da capacidade de inovação (COLAÇO, 2008).

Para as sociedades que são mais inovadoras, possuem um ambiente cultural aberto e um nível mais elevado de educação comumente possuem maior

capacidade de formular soluções mais conscientes e inovadoras que as sociedades restritas e conservadoras (BELLEN, 2007).

Além dessa característica o conceito possui escala global. Pois, mesmo que haja busca de ações locais direcionadas a sustentabilidade, deve sempre ter no horizonte a relação com o processo global (MOTTA, 2009).

John (2000 p.13) reforça essa característica, pois o Desenvolvimento Sustentável “exigirá ações coordenadas tanto no nível macro (Global, regional, nacional e outros) como no nível micro (empresas e consumidores individuais)”.

Somente para a dimensão ambiental, Gehlen (2008) afirma que o desenvolvimento requer o equilíbrio entre proteção do ambiente físico e seus recursos, e o uso desses recursos de forma a permitir que o planeta continue a suportar uma qualidade de vida aceitável.

Desta forma, para se ter o desenvolvimento sustentável há a necessidade de reduzir o consumo ou a população, junto com uma produção de bens com uma menor quantidade de recursos naturais, resultando em menores impactos ambientais e poluição. Ou seja, obrigando a desvincular o desenvolvimento (ou crescimento) e a geração de impactos ambientais, somado a isto a redução do consumo de energia (JOHN, 2000).

Deve-se realizar, inclusive, mudança no modelo de produção, passando de linear (extração da matéria-prima, produção, venda, utilização e descarte) por um modelo fechado que seja mais eficiente no aproveitamento dos recursos naturais investidos (JOHN, 2000). Nesse modelo os produtos são projetados para, ao fim de sua vida útil, não serem enviados a aterros sanitários; deve-se também conferir características que facilite a sua desmontagem e a reutilização em outros produtos.

Desta forma as indústrias devem modificar seus processos, inclusive a indústria da Construção Civil, e ocorrerá de forma diferente em cada país, devido a necessidade da compatibilidade com o clima, cultura, tradição e outros.

## 2.3 Construção Sustentável

Para a Construção Civil, há a necessidade de criar conceitos e soluções para que esta indústria consiga aplicar as mudanças necessárias para que ocorra o Desenvolvimento Sustentável em âmbito local (obras e reformas) e, ao somar toda indústria, de forma global. Isto acontecerá por meio da Construção Sustentável, que pode ser definida, conforme Araújo (2010, p.1), como:

Um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

Para que a indústria da Construção Civil seja mais Sustentável e consiga atingir o *status* necessário para contribuir com o Desenvolvimento Sustentável é preciso que seus produtos agreguem mais valor, poluam menos, contribuam com o uso sustentado dos recursos, respondam mais efetivamente às partes interessadas e melhorem a qualidade de vida presente sem comprometer o futuro (SILVA, 2003).

Conforme Araújo (2010, p.1), que simplifica a história da construção sustentável e as modificações sofridas do conceito:

No início, a discussão era sobre edifícios energeticamente mais eficientes. O desafio era superar a Crise do Petróleo através de prédios que consumam menos energia. Depois, o inimigo passou a ser o entulho gerado pelas obras; depois, a água; a seguir, o lixo dos moradores e usuários; agora, o novo vilão são as emissões de CO<sub>2</sub> e os gases responsáveis pelo efeito estufa e o aquecimento global.

Entretanto, tem-se preocupado mais em vender a “sustentabilidade” das edificações como instrumento de *Marketing* (propaganda) em vez de se apropriar dos benefícios de um projeto ou desenvolvimento, pois, Construção Sustentável significa benefícios, desempenho superior e viabilidade econômica em longo prazo (SILVA, 2010).

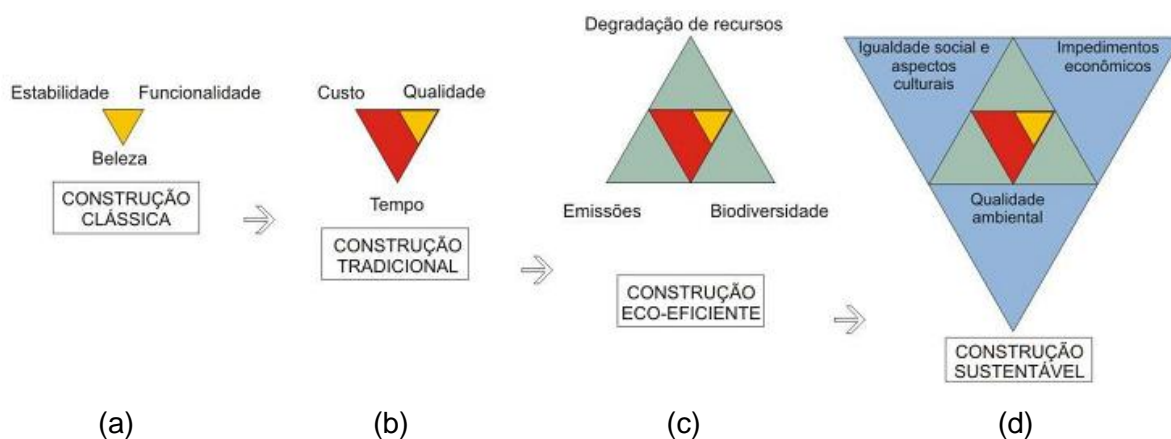
Desta forma faz parecer que muito está sendo feito na Construção Civil em prol do Desenvolvimento Sustentável, contudo, nesse setor pouco vem sendo feito efetivamente quando comparado a outras indústrias com produtos que possuem vida útil reduzida, como é o caso do setor automobilístico e têxtil (GRIGOLETI, 2001).

Assim, essas dificuldades precisam ser vencidas com a inevitável evolução do setor. Para que isto ocorra, deve-se concentrar em algumas atividades conforme destacadas por John (2000, p.13), que apresenta os seguintes pontos a serem trabalhados para atingir o nível de eficiência necessário:

- reduzir os desperdícios de materiais de construção;
- aumentar e/ou incentivar a utilização de materiais reciclados como materiais de construção civil;
- observar e procurar a eficiência energética das edificações;
- promover a conservação da água;
- melhorar a qualidade do ar interno nas edificações;
- aumentar a durabilidade das edificações, o que conseqüentemente reduz a necessidade de manutenção;
- aplicar esforços para resolução de problemas na área de habitação, infraestruturas e instalações sanitárias;
- melhorar a qualidade dos processos de construção.

Além do mais, é necessário ampliar os requisitos considerados a partir do processo tradicional de construção. Esses requisitos passam a englobar, primeiro, questões ambientais e; posteriormente, aspectos culturais, sociais e econômicos (KUHN, 2006).

A mesma autora adaptou a figura original de *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*, conforme apresentado na Figura 4, ilustrando a evolução desses requisitos.



**Figura 4 - Desenvolvimento do conceito de Sustentabilidade na Construção Civil: (a) construção clássica; (b) construção tradicional; (c) construção ecoeficiente e (d) construção sustentável**

Fonte: KUHN, 2006, p.23.

Desta forma, a partir da construção clássica (Figura 4a), onde os requisitos principais eram estabilidade, funcionalidade e beleza, houve a primeira evolução para construção tradicional, incorporando esses requisitos e adicionando, custos, qualidade e tempo (Figura 4b).



Assim, percebe-se essa evolução, representada pelo triângulo amarelo contido no triângulo maior na cor vermelha que, com a próxima evolução obtém-se a construção ecoeficiente (Figura 4c), incorporando-se os requisitos anteriores, representados pela manutenção das cores e dos triângulos, porém, adicionando requisitos de degradação de recursos, emissões e biodiversidade, representados pelo triângulo cinza maior.

Na construção sustentável (Figura 4d) devem-se incorporar todos estes requisitos e adicionar a igualdade social e aspectos culturais, impedimentos econômicos e qualidade ambiental.

Complementando esse raciocínio, a Construção Sustentável deve partir de um “processo holístico com intuito de restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos, criando edificações que confirmem a dignidade humana e incentivem a igualdade econômica” (CIB, 2002, p.8).

De acordo com Motta e Aguilar (2009), algumas práticas que podem ser adotadas com relação à Construção Sustentável:

- Planejamento correto, considerando desde a implantação do edifício no local, com as dimensões sociais, culturais e de impacto ambiental, até a técnica e métodos construtivos que permitam uma melhor qualidade e maior eficiência construtiva;
- conforto ambiental e eficiência energética, promovendo uso do edifício com conforto térmico, visual, acústico e salubridade, com baixo consumo de energia, usando preferencialmente as possibilidades de condicionamento passivo nos ambientes;
- eficiência construtiva, com materiais, técnicas e gestão que permitam um desempenho ótimo da edificação com durabilidade, e que possuam, quando analisados em toda cadeia produtiva, práticas sustentáveis de extração, produção e reciclagem;
- eficiência no final da vida útil da construção, adotando atitudes de reciclagem, aproveitamento dos resíduos da demolição e de desconstrução, que é um processo de desmanche cuidadoso do edifício de modo a preservar seus componentes para reuso e reciclagem.

Outra forma de encorajar a adoção da construção sustentável consiste na mudança de demanda do mercado. Isto pode ser feito a partir da adoção de sistemas de avaliação de sustentabilidade e certificações de edifícios (KALBUSCH, 2006).

Dessa forma, deve-se atentar quanto ao consumo de energia e a eficiência energética da edificação, contribuindo para reduzir o impacto ambiental e redução da geração de Gases do Efeito Estufa (GEE).

## 2.4 Consumo de Energia e Eficiência Energética

No contexto da Construção Sustentável a questão energética ganha destaque na medida em que a sociedade atual depende do consumo de fontes de energia para executar as tarefas do cotidiano, impactando no aumento considerado do consumo de fontes de energia. No Brasil apenas o setor residencial consome 21,2% do total de energia produzida (BRASIL, 2011e).

Ao tratar da energia utilizada no ciclo de vida da edificação, a quantidade utilizada para construção da edificação somada à necessária para fabricação dos materiais e componentes é denominada Energia Embutida (EE) e a energia necessária para operação dessa edificação é denominada Energia Operacional (EO).

Alguns autores entendem que a EO é mais relevante que a EE para análises energéticas, porém, existe alguma controversa, pois, a importância de cada grupo depende de vários fatores como a matriz energética do país, o rendimento dos sistemas e equipamentos utilizados e o nível de desenvolvimento da indústria da Construção Civil.

Quanto ao caráter de avaliação do impacto ambiental utilizando EE e EO, Tavares (2006) afirma que a EE é um indicador de sustentabilidade das edificações devido ao consumo de energia estar relacionado com a produção de GEE e outros poluidores do meio ambiente.

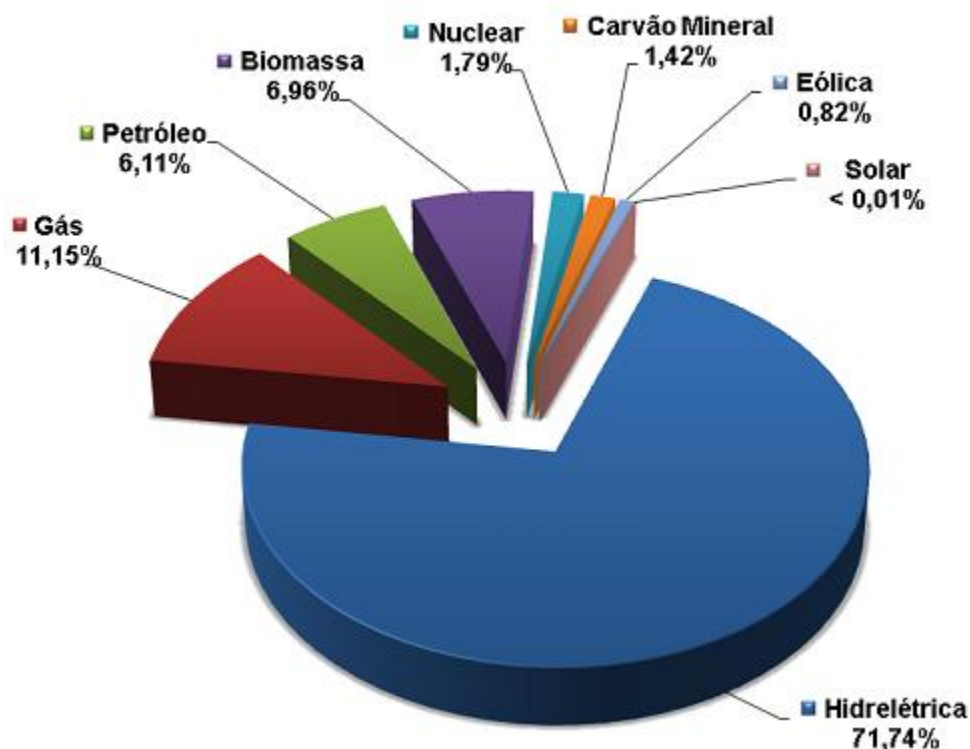
Entretanto, John (2000) em sua percepção, a energia por unidade de massa dos materiais não constitui em um indicador do impacto ambiental, pois existe uma diferença entre eficiência e durabilidade de diferentes materiais.

Desta forma é importante analisar tanto a quantidade de energia necessária para a construção da edificação quanto à qualidade e durabilidade do material ou componente empregado, pois, a escolha de um material com maior consumo de energia seria justificável caso este tenha uma durabilidade elevada ou contribuía para a eficiência energética da edificação.

Há ainda que se ressaltar o fato da energia elétrica não ser uma fonte de energia primária, pois há necessidade de converter outras fontes de energia a fim

de obter esta. Então, sua obtenção pode ser a partir de algumas energias primárias como petróleo, carvão, biomassa, energia solar, hidrelétricas entre outras.

No caso brasileiro, a capacidade instalada de produção energética é predominantemente a partir de Hidrelétricas com 71,74% da produção total, seguido por Gás com 11,15%, conforme representado no Gráfico da Figura 5.



**Figura 5 - Matriz de Energia Elétrica Brasileira - Capacidade Instalada**  
Fonte: BRASIL, 2011e

Essa configuração faz com que a matriz de produção energética brasileira seja considerada limpa, pois não produz grande quantidade de GEE (TAVARES, 2006).

Entretanto, Gehlen (2008) salienta que o alagamento necessário para a construção atinge grandes áreas e causa considerável impacto ambiental como a destruição de árvores, diminuição do *habitat* de espécies selvagens e possíveis áreas de cultivo. Desta forma, a sua construção e potencial de expansão não são ilimitados.

Assim, surge um impasse a ser resolvido: *enquanto há necessidade de aumentar a infraestrutura nacional no atendimento ao aumento do consumo de energia elétrica há grandes dificuldades para a construção de novas hidrelétricas e*

*também há necessidade de cumprir com as metas estabelecidas no protocolo de Kyoto.*

No meio desse impasse uma das soluções viáveis seria a redução do consumo de energia elétrica, que poderia advir com a evolução da Construção Civil ao empregar produtos e componentes de menor valor absoluto de EE e que contribuíssem para a redução da EO das edificações.

Desta forma Goldemberg e Lucon (2007, p.17) completam esse raciocínio:

A conservação da eletricidade reduz o consumo e posterga a necessidade de investimentos em expansão da capacidade instalada, sem comprometer a qualidade dos serviços prestados aos usuários finais. A eficiência energética é, sem dúvida, a maneira mais efetiva de ao mesmo tempo reduzir custos e os impactos ambientais locais e globais.

Assim, entende-se que a Eficiência Energética é a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é energeticamente mais eficiente que outro quando propicia as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

Além dos ganhos na esfera governamental, as edificações eficientes no consumo energético possuem ganho econômico devido a menor necessidade de EO resultando menor consumo de energia elétrica e também a partir da possibilidade da venda dos créditos de carbono por meio de mecanismos de desenvolvimento limpo.

## **2.5 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**

Os mecanismos de flexibilização contribuem com os países desenvolvidos a cumprirem com as metas estabelecidas no protocolo de Kyoto por meio da comercialização de reduções de GEE.

Estes mecanismos estimulam no desenvolvimento de um novo mercado internacional, cuja mercadoria é constituída pelas reduções certificadas de emissões de GEE ou remoções de CO<sub>2</sub> (LOPES, 2002).

Desta forma, existem três mecanismos de flexibilização:

- *Mecanismo de Implementação Conjunta de Projetos (IC)*: ocorre quando um país investe em projetos limpos de redução de emissões localizados

em outro país (NÁPRAVNÍK, 2009). O País que necessita cumprir sua meta de redução paga o custo da implementação do mecanismo que gerou a redução de emissão dos gases; normalmente é pago um valor acima do custo total devido à oferta e demanda de mercado (SEIFFERT, 2009);

- *Comércio de Emissões (CE)*: esse mecanismo permite que emissores que alcançarem metas de redução de emissão de GEE comercializem direito de emissão para outras empresas que não alcançaram suas metas.
- *Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)*: visa promover o Desenvolvimento Sustentável em países em desenvolvimento, como o Brasil. Permite aos países desenvolvidos investir em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento e recebem créditos pelas reduções conseguidas.

Quanto ao objetivo final do MDL, Knebel (2003, p.51) e Lopes (2002 p.13) definem da seguinte forma,

A mitigação de Gases de Efeito Estufa é atingida através da implementação de atividades de projeto nos países em desenvolvimento que resultem na redução da emissão de Gases de Efeito Estufa ou no aumento da remoção de CO<sub>2</sub>, mediante investimento em tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento, entre outras.

A implementação de um MDL pode ocorrer por meio de parcerias com o setor público ou privado. Este último possui grandes oportunidades, pois há um potencial para redução das emissões e há facilidade de receber investimentos para atividades de projetos de MDL.

Para que o projeto analisado seja considerado MDL e estar autorizado a vender créditos de carbono, deve obedecer alguns critérios fundamentais, entre os quais, o projeto deve comprovadamente resultar na redução das emissões de GEE ou remoção do CO<sub>2</sub>, que ocorreria caso não houvesse tal projeto.

Há de se destacar também a existência de projetos de pequena escala onde as atividades desenvolvidas, por esta modalidade, visam a adoção de um procedimento simplificado, o que propicia no trâmite para a aprovação do projeto seja rápida (HANUM, 2007).

Existem categorias de projetos de MDL que estão diretamente ligadas à questão energética, tanto pela eficiência energética, quanto ao consumo e também a produção desta a partir de uma fonte menos poluidora.

Desta forma, ao desenvolver projetos na Construção Civil, que possuem comprovadamente uma redução desses fatores e desta forma uma considerável redução da produção dos GEE poder-se-á desenvolver um projeto MDL e propor a venda dos créditos de carbono.

## **2.6 Considerações finais acerca do capítulo**

Os temas relacionados à sustentabilidade vêm sendo amplamente discutidos e, com relação à Indústria da Construção Civil, configura-se como um setor que consome grande quantidade de recursos naturais para a edificação de novas construções.

Assim os conceitos de construção sustentável tendem a ser aplicados no setor com certa prioridade, pois, no momento atual existem diversos programas de incentivo a construção civil aumentando a representatividade dos impactos ambientais causados por esse no meio ambiente.

# Capítulo 3.

## ***Análise do Ciclo de Vida***

---

### **3.1 Conceito**

A ACV é uma ferramenta para análise e escolha de alternativas, sob uma perspectiva ambiental, que verifica as repercussões ambientais de um produto ou atividade, a partir de um inventário de entradas e saídas (SOARES; SOUZA; PEREIRA, 2010).

Essa ferramenta avalia, a partir de aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante a compilação de um inventário de entradas e saídas, avaliação dos impactos ambientais e interpretação dos resultados, ao longo da vida útil de um produto (verificação “berço – túmulo”) (NBR 14040:2001).

Sua abordagem é holística, isto é, não se limita apenas aos limites industriais da fabricação dos produtos ou componentes. São verificados os impactos ambientais desde a obtenção das matérias-primas, consumos energéticos (diretos e indiretos) de todo processo e também quanto ao destino dos resíduos finais e subprodutos de cada etapa da fabricação do produto (TAVARES, 2006).

Assim, a ACV fornece uma visão global de um determinado sistema e serve como ferramenta de auxílio à tomada de decisões na escolha de produtos que exercem funções similares a partir de requisitos ambientais (RAMÍREZ, 2009).

Pode ainda auxiliar na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos, na tomada de decisões e na seleção de indicadores, pois, determina os reais e possíveis impactos ambientais associados a um produto ou serviço (NBR 14040:2001).

Além disto, através da ACV se avalia os efeitos ambientais, quando e como ocorrem, e suas reais consequências; ou seja, o quanto determinado produto ou serviço contribui no impacto ambiental (TAVARES, 2006).

Contudo, não apenas os produtos devem ser verificados, mas as composições de diferentes produtos, que utilizados em subsistemas, formam sistemas construtivos, dando origem a edificações de uso geral. Assim, o conhecimento das diversas etapas do ciclo de vida de uma edificação pode auxiliar na delimitação ou escolha do sistema construtivo (SOARES; SOUZA; PEREIRA, 2000).

Desta forma a ACV tem propósito de comparar os impactos ambientais de dois produtos ou processos, desde a obtenção das matérias-primas até o descarte destes. Assim, pode-se escolher entre produtos que configurados representam um menor impacto ambiental.

Na Indústria da Construção Civil, devido a sua natureza diversificada e complexa, a ACV só é usada para considerar o impacto das decisões de projeto sobre o meio ambiente.

### **3.2 Histórico da ACV**

Com o aumento da preocupação mundial com o meio ambiente, foi necessário criar metodologias para avaliar os impactos ambientais. A criação do SETAC Europa (*SETAC – Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) em 1989 impulsionou surgimento de metodologias a partir de ACV (TAVARES, 2006).

No final de 1974, o instituto “*Midwest Reserch Institute*” (*MRI*) iniciou um estudo com abordagem de verificar os impactos ambientais no ciclo de vida de produtos, o qual marcou o início do desenvolvimento da ACV como se conhece hoje (LOBO, 2010).

Com o passar dos anos a quantidade de trabalhos utilizando essa metodologia e *workshops* realizados teve grande aumento e assim fomentou o desenvolvimento da metodologia e terminologias utilizadas nos dias atuais.



A padronização da ACV teve início a partir de 1993 pela ISO – *Internacional Organization for Standardization*, resultando na publicação das normas, conforme apresentado no Quadro 4.

**Quadro 4 - Normas referentes ACV**

ISO 14040: 1997 Versão 2006.	<i>Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and Framework</i>
ISO 14041: 1998	<i>Environmental management -- Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis</i>
ISO 14042: 2000	<i>Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle impact Assessment</i>
ISO 14043: 2000	<i>Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle Interpretation</i>
ISO 14044: 2006	<i>Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines</i>
ISO/TR 14049: 2000	<i>Environmental management -- Life cycle assessment -- Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis</i>
ISO/TS 14048: 2002	<i>Environmental management -- Life cycle assessment -- Data documentation Format</i>
ISO/TR 14047: 2003	<i>Environmental management -- Life cycle impact assessment -- Examples of application of ISO 14042</i>

Fonte: ISO, 2010; RIBEIRO, 2003, p.8.

No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas aprovou versões para as normas citadas conforme quadro anterior, porém apenas duas estão em vigor conforme descritas no Quadro 5.

**Quadro 5 - Versões brasileiras para normas de ACV.**

Versão ISO	Versão ABNT
ISO 14040:1997	NBR ISO 14040:2009 – Gestão ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura
ISO 14044:2006	NBR ISO 14044:2009 – Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações

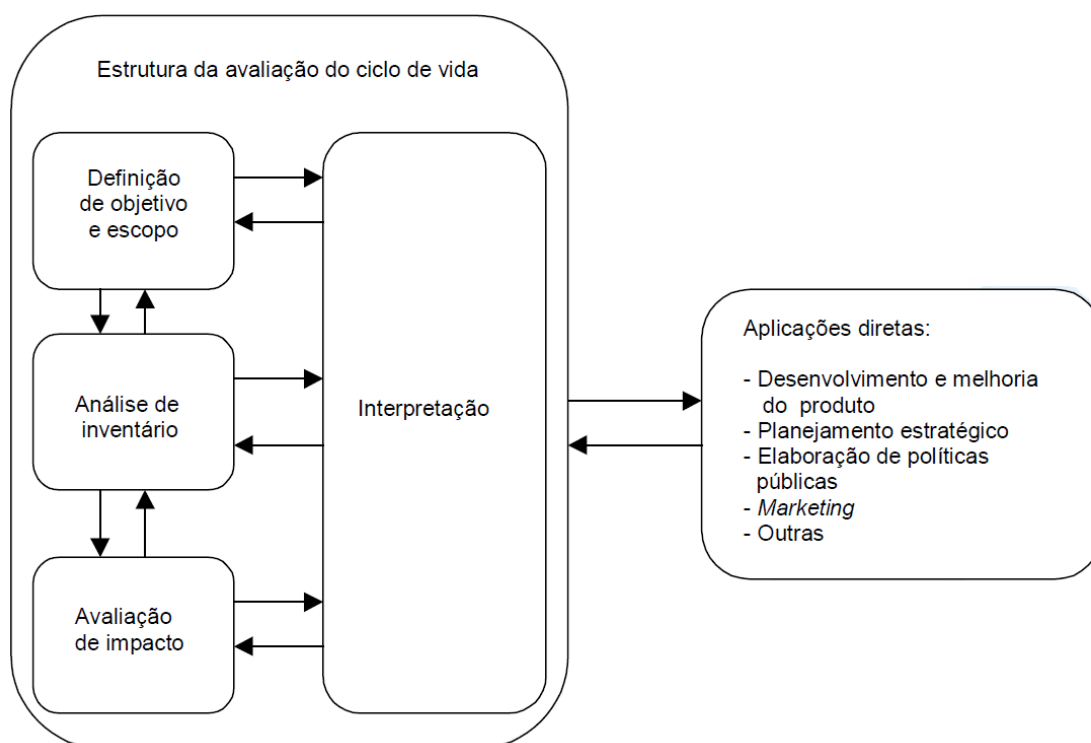
Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011.

Atualmente são encontrados vários trabalhos em diversas áreas do conhecimento que utilizando a ACV como princípio para estudos de impactos

ambientais, inclusive na Construção Civil, onde se destacam os trabalhos de Tavares (2006) e Lobo (2010).

### 3.3 Estrutura metodológica da ACV

Conforme NBR ISO 14040:2001 um estudo de ACV é dividido em quatro fases que são estruturadas conforme Figura 6, demonstrando a dinâmica entre as fases e as aplicações diretas da ACV.



**Figura 6 - Fases de uma ACV**

Fonte: Adaptado da Norma 14040:2001

Conforme LOBO (2010), ao fragmentar em fases, a ACV possibilita que elas se retroalimentem além de facilitar a compreensão de todo o ciclo de vida do objeto de estudo; desta forma, as fases se relacionam entre si e favorecem o controle do processo.

No entanto, para executar uma ACV completa há necessidade desenvolver conhecimento sobre o sistema estudado e realizar cálculos para determinar o impacto ambiental desse.

A seguir será apresentada brevemente uma descrição de cada fase necessária para aplicação da ACV.

### **3.3.1 Definição de Objetivo e Escopo**

O início do estudo se dá com o estabelecimento dos seguintes parâmetros: Objetivo e Escopo, unidade funcional, fronteiras do sistema, requisitos de qualidade dos dados, comparações entre sistemas e considerações sobre análise crítica.

Quanto ao **Objetivo** este deve definir sem ambiguidades o planejamento do estudo, motivos que levam a realizá-lo, delimitações, público alvo e forma de divulgação dos resultados. Esta fase é crítica para o desenvolvimento do estudo devido à forte influência nos resultados da análise (CARVALHO, 2000).

Conforme a NBR 14040:2001 p.5, quanto ao objetivo da ACV, este “deve declarar inequivocamente a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo, isto é, para quem se pretende comunicar os resultados do estudo”.

Entretanto, é o **Escopo** do estudo que define o que está incluído no sistema e quais são os métodos de avaliação a serem utilizados (CARVALHO, 2000) e refere-se também à determinação das fronteiras do estudo, tipos de impactos que serão analisados e unidade funcional.

Segundo a NBR 1404:2011 p.5 durante a realização do escopo devem ser considerados e descritos claramente os seguintes itens:

- as funções do sistema de produto;
- a unidade funcional;
- o sistema de produto a ser estudado;
- as fronteiras do sistema de produto;
- o sistema de alocação;
- tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação subsequente a ser usada;
- requisitos dos dados;
- suposições;
- limitações
- requisitos da qualidade dos dados iniciais;
- tipo de análise crítica;
- tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

Nesta norma salienta-se ainda a importância do escopo ser suficientemente bem definido para assegurar a extensão, profundidade e o grau de detalhe do estudo para atender ao objetivo estabelecido.

Seo e Kulay (2006 p.16) salientam que o escopo mínimo de um estudo de ACV deve se referir a três dimensões:

Onde começar e finalizar o estudo (a Extensão da ACV), quantos e quais subsistemas incluir (fronteiras do sistema estudado) e o nível de detalhes do estudo (a profundidade da ACV).

O escopo deve também definir as unidades de comparação, chamada de unidade funcional, que é um ponto chave da ACV, pois estabelece uma referência para a qual as entradas e saídas são relacionadas. A unidade funcional é ainda necessária para assegurar a comparabilidade de resultados da ACV entre diferentes materiais, subsistemas ou sistemas (NBR 14040:2001).

Por exemplo, deve-se comparar 1 m<sup>2</sup> de alvenaria de fechamento em blocos de concreto com 1 m<sup>2</sup> de fechamento em *LSF*; desta forma pode-se comparar e escolher entre dois sistemas construtivos com ciclo de vida bem diferentes.

Conforme mencionado, na definição do escopo, há necessidade de **definir as fronteiras** do sistema e apresentar quais unidades do processo devem ser incluídas na ACV, para isto, deve-se descrever o **sistema** como um todo o que causará na obtenção de maior conhecimento sobre o mesmo.

Conforme à NBR 14041:2004 o sistema de um produto é definido como:

(...)um conjunto de unidade de processo, conectadas por fluxos de produto intermediários, que desempenha uma ou mais funções definidas. (...) entende-se por unidade de processo, a menor porção de um sistema de produto para a qual devem ser coletados os aspectos ambientais na realização de uma ACV.

Esse conceito é exemplificado conforme Figura 7 demonstrando que para obter um produto final existem vários outros produtos e processos intermediários que tiveram de ser executados e que também contribuem nos valores da ACV final.

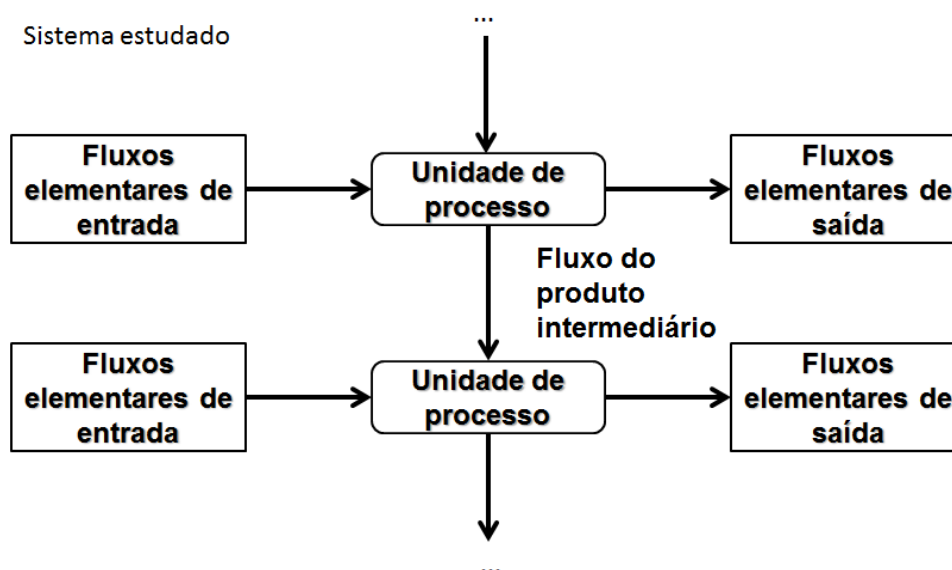


Figura 7 - Exemplo de um conjunto de unidades de processo em um sistema de produto.

Fonte: adaptado da norma 14041:2001

Desta forma, o sistema estudado é a composição da soma de vários outros subsistemas que, ao serem analisados, respondem pelo impacto ambiental do primeiro.

Então, a partir das fronteiras do sistema se deve determinar quais sistemas e subsistemas devem ser incluídos no estudo de forma que este seja viável e não comprometa a qualidade e a confiabilidade dos resultados.

Contudo, a definição das fronteiras é uma operação subjetiva e as regras e considerações utilizadas para a escolha das entradas e saídas deverão ser claramente entendidas e descritas (CARVALHO, 2000).

Quanto à **determinação da qualidade dos dados**, na NBR 14040:2001 p.4 são apresentadas alguns requisitos que devem ser abordados, como:

- Período de tempo coberto;
- Área geográfica coberta;
- Tecnologias cobertas;
- Precisão, completeza e representatividade dos dados;
- Consistência e reprodutibilidade dos métodos usados ao longo da ACV;
- Fontes dos dados e sua representatividade;
- Incerteza da informação.

Além do mais, é necessário definir a natureza dos dados coletados de lugares específicos ou de fontes publicadas e se tais dados deverão ser medidos, calculados ou estimados (CARVALHO, 2000).

Com o intuito de verificar se o estudo de ACV satisfaz os requisitos da norma NBR ISO 14040:2009 é realizada a **análise crítica** sendo assim necessária a definição como será conduzida e o seu responsável (GALDIANO, 2004).

Porém, conforme a NBR 14040:2001, essa análise é opcional e deve ser conduzida para estudos de ACV usados para fazer uma afirmação comparativa que é disponibilizada ao público.

Além do mais, a comparação entre sistemas estudados deve ser verificada a partir da equivalência entre esses sistemas antes mesmo da interpretação dos resultados. Os sistemas devem ser comparados utilizando a mesma unidade funcional e considerações metodológicas equivalentes (FERREIRA, 2004).

Desta forma, a fase do objetivo e escopo deve ser realizada com bastante acuidade, pois deve levar em consideração os recursos financeiros e o tempo disponível para realização da ACV, sem que as aproximações interfiram no resultado reduzindo a credibilidade do modelo.

### **3.3.2 Análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV)**

Nesta fase se faz um balanço de dados de entrada e saída do sistema medindo a quantidade de recursos utilizados e os resíduos gerados pela atividade pesquisada (LOBO, 2010).

Oliveira (2007, p.34) completa que nesta fase “se estuda os fluxos de energia e materiais para a identificação e quantificação das entradas e saídas associadas aos produtos sob análise, durante todo seu ciclo de vida”.

Para a NBR 14040:2001, esta fase contempla o levantamento, a compilação e a quantificação das entradas e saídas de um dado sistema em termos de energia, recursos naturais e emissões para água, terra e ar, considerando as categorias de impacto e as fronteiras definidas.

Entretanto, conforme os dados são coletados e se tem um conhecimento mais aprofundado sobre o sistema, deve-se proceder, sempre que necessário, a novas definições de meta e escopo, pois, a análise de inventário é iterativa e pode ser que encontre requisitos ou limitações que exijam mudanças (NBR 14040:2001; OLIVEIRA; 2007; RIBEIRO; 2003).

### **3.3.3 Avaliação do Impacto**

Esta fase procura compreender e avaliar a intensidade e o significado das alterações potenciais sobre o meio ambiente associadas ao consumo de recursos naturais, de energia e da emissão de substâncias.

Conforme a NBR 140040:2001, a avaliação de impacto pode incluir:

- Correlação de dados de inventário por categorias de impacto (classificação);
- Modelagem de dados de inventário dentro das categorias de impacto (caracterização);
- Possível agregação dos resultados em casos muito específicos e somente quando significativos (ponderação).

Os elementos classificação e caracterização podem ser considerados como elementos científicos, enquanto a ponderação inclui julgamentos subjetivos, políticos ou normativos (MOURAD, GARCIA e VILHENA; 2002).

Entretanto, conforme a NBR 14042:2000 a Avaliação do Impacto pode ser subdividida em elementos obrigatórios e opcionais:

#### *Elementos obrigatórios*

- *Classificação*: consiste no relacionamento qualitativo entre os aspectos identificados no ICV e as categorias de impacto às quais estes contribuem.
- *Caracterização*: consiste na quantificação da classificação, ou seja, na determinação numérica de qual é a contribuição de cada aspecto a cada categoria de impacto. Ao final obtém-se um valor total de contribuição daquele ciclo de vida para cada categoria de impacto.

#### *Elementos opcionais*

- *Normalização*: calcula a representatividade dos valores encontrados em relação a um valor de referência estabelecido para cada categoria de impacto, provendo uma melhor avaliação da magnitude dos resultados da caracterização.
- *Agrupamento*: Reorganizar a apresentação das categorias de impacto.
- *Valoração*: ponderar as categorias de impacto, escolhendo “peso” relativo entre estas.

Há ainda a necessidade de considerar os efeitos relativos de cada categoria de impacto no elemento obrigatório **Caracterização**, que, conforme Mourad, Garcia e Vilhena (2002) apresentam algumas dessas categorias de impactos e suas características (Quadro 6).

**Quadro 6 - Categorias de impacto**

<b>Categoria de impacto</b>	<b>Característica</b>
Consumo de recursos naturais	Esta categoria aborda o uso de água e a extração de recursos naturais para consumo como fonte energética e como matéria-prima de processos industriais.
Consumo de energia	É um dos indicadores mais observados na avaliação da alteração do meio ambiente em decorrência da realização de determinada atividade. Pois está associado ao requerimento de recursos naturais e também a muitas das emissões para o ar e para a água.
Efeito estufa	Com o aumento do efeito estufa ocasionará na mudança do clima várias regiões do planeta. Este efeito ocorre com o aumento de gases na atmosfera, aprisionando maior quantidade de calor. O aumento destes gases está relacionado principalmente ao consumo de combustíveis, à degradação de materiais orgânicos em lixões, às emissões de processos industriais, entre outros.
Acidificação	Ocorre quando substâncias emitidas para o ar, são dissolvidas na água da chuva formando ácidos.
Fumaça fotoquímica oxidante	É o nevoeiro causado pela reação entre óxidos de nitrogênio e substâncias orgânicas voláteis sob a ação de raios ultravioletas, causando aumento de doenças respiratórias.
Redução da camada de ozônio	Nos últimos anos a camada de ozônio vem diminuindo, principalmente nos polos, permitindo que a radiação ultravioleta chegue a Terra com maior intensidade.

Fonte: Adaptado de Mourad; Garcia e Vilhena (2002 p. 22).

### **3.3.4 Interpretação**

Nesta fase, busca-se responder as questões colocadas no escopo (TAVARES, 2006) e, as constatações desta interpretação podem tomar a forma de conclusões e recomendações para os tomadores de decisão, de forma consistente com o objetivo e o escopo do estudo.

Conforme a ISO 14042:2000 existem três elementos básicos na interpretação, aqui resumidos:



### **A. Identificação dos temas de relevância**

Existem diversas técnicas para identificação dos pontos de relevância, porém estes podem ser: aspectos do inventário ou suas categorias, categorias de impacto e operações unitárias.

### **B. Avaliações**

Tem como função determinar a confiabilidade nos resultados, sendo suas fases conforme: análise de abrangência, análise de sensibilidade e análise de consistência.

### **C. Conclusões, recomendações e relatório**

Estabelece conclusões e recomendações para os usuários do estudo e através do relatório, fornece uma visão transparente e completa do estudo.

#### **3.3.5 Relatório**

O relatório deve ser estruturado com objetivo de apresentar os resultados da ACV de forma transparente e a interpretação deve ser de modo consistente com os objetivos do estudo e relatado de forma fiel ao público-alvo.

#### **3.3.6 Análise crítica**

Esta fase é necessária para facilitar a compreensão e aumentar a credibilidade dos estudos da ACV, diminuindo a probabilidade de mal-entendidos ou efeitos negativos em relação às partes interessadas externas.

Conforme a norma 14040:2001 p.6 este processo deve assegurar que;

- Os métodos usados para conduzir a ACV são consistentes com a Norma;
- Os métodos usados para conduzir a ACV são científica e tecnicamente válidos;
- Os dados usados são apropriados e razoáveis em relação ao objetivo do estudo;
- As interpretações refletem as limitações identificadas e o objetivo do estudo;
- O relatório do estudo é transparente e consistente.

A análise crítica pode ser conduzida internamente, com especialista interno independente do estudo realizado, por especialista externo ou por partes interessadas.

### **3.4 Análise do Ciclo de Vida Energético**

Quando se decide realizar um estudo de ACV, sabe-se que este será extenso e demandará grande quantidade de recursos e conhecimento do sistema a ser estudado. Contudo, há necessidade de se desenvolver ferramentas e metodologias que auxiliem na obtenção de resultados significativos com menor tempo e consumo de recursos.

Essa afirmativa torna-se ainda mais evidente ao aplicar a ACV na indústria da Construção Civil, conforme Lobo (2010, p.62):

A quantidade de insumos, e a origem deles e sua árvore de processo envolvem diversos setores e há poucos bancos de dados que contemplem um nível regional para utilizar a ACV integralmente para avaliar os impactos ambientais.

Desta forma a Análise do Ciclo de Vida Energético (ACVE) é uma das soluções existentes para reduzir a quantidade de tempo e recursos necessários e ainda obter resultados expressivos na condução de análise ambiental, conforme Tavares (2006):

Uma das formas de simplificar a obtenção dos impactos ambientais a partir da ACV é através do uso de análises energéticas com a determinação da energia requerida para a produção de um bem ou serviço

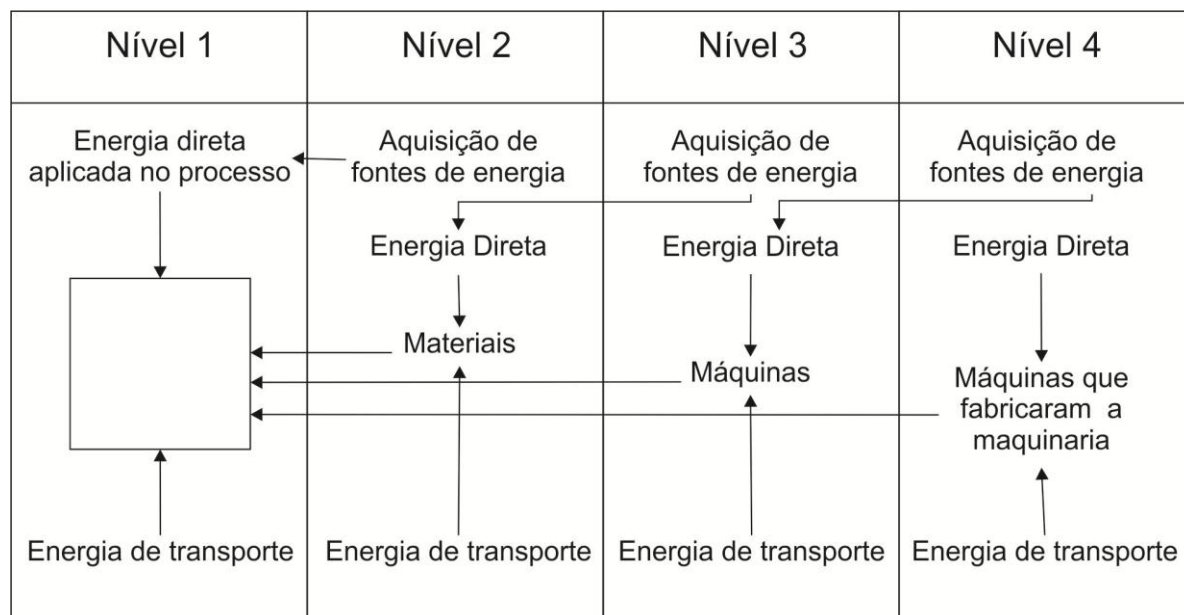
Assim a ACVE é baseada na ACV; contudo prioriza o inventário de dados de consumo energéticos diretos e indiretos para a produção de determinado produto ou serviço e, não substitui o método de análise a partir da ACV completo.

Há de se destacar também que, na ACVE de edificações, costuma-se utilizar referências de unidade energéticas relacionadas a unidades da construção civil, apresentando-se os resultados das avaliações em unidades como kWh/m<sup>2</sup>, MWh/m<sup>2</sup>, GJ/m<sup>2</sup>, MJ/m<sup>2</sup> (TAVARES, 2006).

Entretanto, ao realizar uma ACVE deve-se inicialmente definir os limites do sistema estudado, pois, desta maneira é possível verificar a complexidade da análise a ser realizada. Assim, conforme Tavares (2006), Lobo (2010) citando Wilting

(1996), o *IFIAS* (*International Federation of Institutes for Advanced Study*) definiu parâmetros para auxiliar na determinação dos limites.

Esses parâmetros apresentam quatro níveis para avaliação, conforme apresentado na Figura 8.



**Figura 8 - Níveis conforme proposto pelo IFIAS.**

Fonte: adaptado de WILTING, 1996, p.16

Conforme Wilting (1996 p.17) pode-se definir da seguinte forma os componentes de cada nível:

- *Nível 1* – Entradas de energia direta do processo,
- *Nível 2* – Contém a energia para aquisição, conversão, extração e distribuição da energia direta do primeiro processo,
- *Nível 3* – Adiciona as necessidades energéticas dos bens de capital (máquinas, edifícios, meios de transporte, outros)
- *Nível 4* – Contempla as máquinas para produção dos bens de capital do nível 3.

O mesmo autor faz ainda duas observações importantes. A primeira refere-se ao fato de que em todos os níveis há uma contribuição da energia de transporte. A segunda acrescenta que essa análise é controversa, pois, a mão de obra necessita de energia para execução de suas tarefas e também consome energia para produção ou preparo de sua alimentação e transporte, que são valores não contabilizados por essa metodologia. Além disso, a mão de obra gasta seus salários comprando bens e serviços e é muito difícil fazer uma divisão das compras para o trabalho ou para o consumo privado.

Quanto à importância de cada nível da Figura 8 e a contribuição destes para composição total dos requisitos energéticos, considera-se que o Nível 1, representa 50% da energia total, ao adicionar o Nível 2, representa 90% dos requisitos totais de energia do sistema (produto) estudado. Somando o Nível 3 tem-se 99% do total de energia e 1% cabe ao Nível 4 (WILTING, 1996; TAVARES, 2006; LOBO, 2010).

Quanto aos requisitos energéticos, estes se referem à quantidade de energia exigida (requisitada) para a produção de determinado produto, sistema ou serviço. O total dessa energia é denominado Requisitos Totais de Energia – RTE (WILTING, 1996; TAVARES, 2006; LOBO, 2010).

Conforme Wilting (1996, p.13), RTE são definidas da seguinte forma:

(...) a quantidade de fonte de energia que é sequestrada pelo processo, produzindo um bem ou serviço (...).

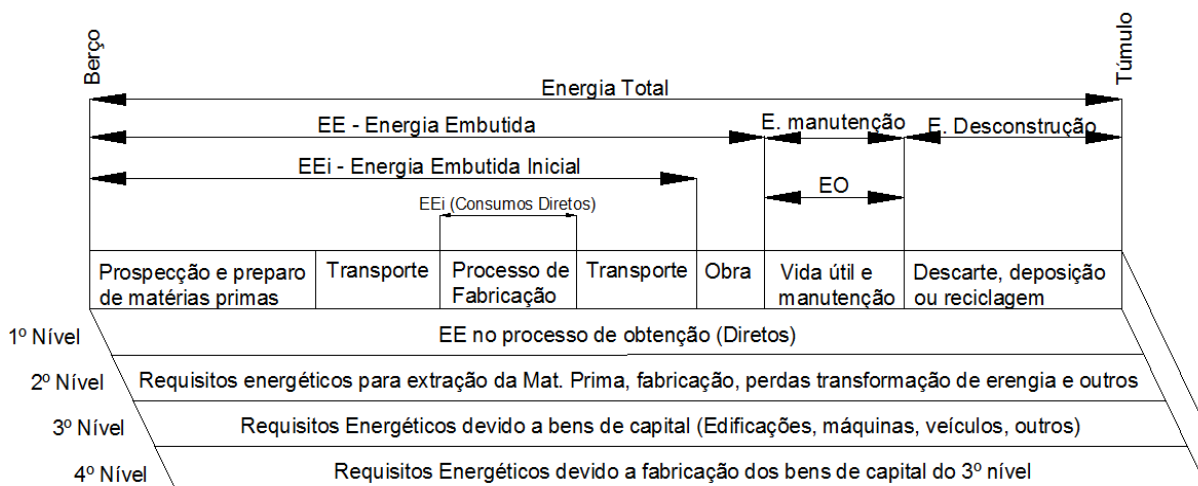
Wilting (1996 p.13) completa sobre os RTE;

Os RTE de um produto é a soma de todas as fontes de energia que são necessários para a produção do produto. O RTE é expresso em energia por unidade física do bem ou serviço, por exemplo, MJ por kg de aço, MJ por unidade de pão, MJ por visita ao cabeleireiro.

Além do mais, no cálculo dos RTE são somadas as conversões de energia primária para secundária, que é a forma de energia disponível para o consumo. Para este tipo de conversão são utilizados os Requisitos Energéticos de Energia (REE) que expressam as quantidades de energia primária necessária para produção da energia secundária, em MJ/MJ (TAVARES, 2006).

Assim, um mesmo produto ou processo possui diferentes valores de RTE e REE, dependendo do local onde é produzido, do ano e das características do sistema de produção e conversão de energia.

Entretanto, além da necessidade de definir o nível conforme proposto pelo *IFIAS*, ao realizar uma ACVE, tem-se que verificar todas as etapas do ciclo de vida do sistema estudado e em cada etapa aplicar o raciocínio dos níveis proposto pelo *IFIAS*, conforme Figura 9.



**Figura 9 - Etapas e Níveis conforme abordagem ACVE.**

A partir dessa Figura, as etapas do Ciclo de Vida Energéticas do sistema estudado correspondem à Energia Embutida (EE), Energia de Manutenção (E. manutenção), Energia Operacional (EO) e a Energia de Desconstrução (E. Desconstrução), que ao serem somadas corresponde a Energia Total.

Essas etapas do ciclo de vida energético satisfazem o consumo energético necessário em cada etapa do ciclo do produto analisado, desde a etapa de obtenção das matérias-primas, fabricação dos componentes, instalação na obra, uso e manutenção e inclusive o descarte e deposição desse produto.

### **3.4.1 Energia Embutida**

A EE é definida como o total de requisitos energéticos diretos e indiretos necessários para a fabricação e distribuição de um produto, ou, no caso de uma edificação, são os requisitos energéticos somados para produção do objeto edificação.

Conforme Lobo (2010, p.63) quanto à EE:

A quantidade de energia direta utilizada é levantada a partir de dados relativos aos requisitos energéticos para a fabricação ou transformação de um material.

Desta forma, cada material de construção terá um coeficiente de EE, que é proporcional a quantidade de energia necessária para obtenção das matérias-

primas, fabricação do produto, transportes necessários e utilização deste para produção da edificação.

A Energia Embutida Inicial (EEi) corresponde a soma dos requisitos energéticos necessários para disponibilização de determinado produto, antes de ser aplicado na obra.

Desta forma, o valor referente à energia necessária para transportar o produto da empresa revendedora até a obra e também a energia necessária para manter este produto estocado ou realizar a comercialização deve ser somada na etapa denominada “venda ou distribuição”, adicionando o valor à EEi e, por consequência, à EE.

A seguir serão descritos os componentes da Energia embutida.

#### *3.4.1.1 ENERGIA DEVIDO AOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO*

Desta forma, há possibilidade de obter uma metodologia com banco de dados sobre consumo energético de vários materiais utilizados na construção civil, que ao serem aplicados de forma combinada, podem significar maior ou menor consumo de EE. Podendo, verificar o impacto ambiental de forma simplificada.

Conforme salienta Pullen (1996, p.52):

Se a quantidade de qualquer material é multiplicada pelo coeficiente unitário de sua energia embutida (energia incorporada por unidade de medida), então a energia correspondente incorporada devido a esse material pode ser obtida. A energia total incorporada para todos os materiais podem ser encontrados pela soma dos valores individuais.

Contudo, ao se tratar da EE e a Eficiência Energética de uma edificação, há que salientar quanto à necessidade de verificar em ambos os casos a energia necessária, pois, pode-se optar por determinado material como isolante térmico, que, possui menor valor de EE, porém acarretaria no uso de sistemas de climatização, desta forma, a edificação teria grande quantidade de consumo de energia, não justificando o uso deste material como isolante térmico.

### 3.4.1.2 CONSUMO DE ENERGIA NA OBRA

Quanto ao consumo de energia na obra, os valores variam significativamente, pois, em algumas metodologias considera-se que a energia relacionada ao transporte de materiais de construção e equipamentos até a obra é computada e em outras não. Quanto ao consumo de energia realizado pelos equipamentos (betoneira, elevadores e outros) é, na maior parte, estimado a partir das horas trabalhadas para cada atividade e atribuídos fatores de consumo por equipamento. Contudo estima-se que o valor varie em torno de 5 a 10% dos valores de EEi (TAVARES, 2006).

Outra forma de realizar esta estimativa é utilizar de valores referentes a consumo de energia por hora trabalhada ou metro quadrado construído e, para isto, pode-se usar tabelas apresentadas na NBR 12721:2004 e nas Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) (TAVARES, 2006).

Nesta etapa também há necessidade de estimar a quantidade de material desperdiçado e, desta forma, calcular a EEi perdida na forma de desperdício de materiais. Para isto, existem algumas metodologias que apresentam valores de perdas de materiais, como a própria TCPO (TCPO, 2003) e a pesquisa financiada pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), realizada na década de 90 e intitulada “Alternativas para a Redução de Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras” (AGOPYAN e outros, 1998).

### 3.4.1.3 CONSUMO DE ENERGIA EM TRANSPORTES

Há também de somar a energia desprendida com transporte dos produtos e a mão de obra. O primeiro passo nesse sentido é obter as informações quanto aos deslocamentos necessários para ambos os casos, multiplicando os valores por índices de consumo de energia (na forma de combustível) conforme nível adotado pelos critérios do IFIAS.

Conforme Quadro 7 que dispõe os valores em MJ/t/km para diferentes meio de transporte, e assim obter a contribuição deste item.

**Quadro 7 - Consumo energético associado a meios de transporte**

<b>Meio de Transporte</b>	<b>MJ/t/km</b>
Navio de carga em hidrovias	0,93
Navio de carga oceânico	0,13
Van de entrega (< 3,5 t)	11,10
Caminhão, 16 t	5,17
Caminhão, 28 t	3,56
Caminhão, 40 t	2,54
Carro de passeio	5,15
Trem de carga	1,50

Fonte: IFIB (1995; citado por TAVARES, 2006, p.72).

Desta forma para se obter o valor total de EEi necessários para realizar a construção do objeto edificação, há necessidade de verificar e somar várias contribuições de energia que acontecem desde a obtenção das matérias-primas utilizadas na fabricação dos materiais até a utilização desses materiais ou componentes no canteiro de obras.

### **3.4.2 Energia de Manutenção**

A Energia de Manutenção representa o consumo de energia com transporte, materiais e aplicação destes durante a reforma e reparos necessários nas edificações durante sua vida útil.

Assim, a durabilidade dos materiais, componentes e equipamentos utilizados na edificação é um fator importante, pois, ao considerar o uso de materiais com baixa durabilidade, haverá necessidade de reparos com maior frequência e o consumo de energia para execução destes será necessária. Assim haverá maior consumo de energia.

### **3.4.3 Energia Operacional**

Quanto à energia operacional, esta representa os requisitos energéticos necessários para a utilização de equipamentos durante a vida útil da edificação, como por exemplo, para suprir a necessidade de cocção, iluminação, entretenimento, climatização e outros (MARCOS, 2009).



Entretanto, os valores para o consumo de energia recebem interferência devido a vários fatores como área construída, número de moradores e respectiva renda, além da localização da edificação e diferenças devido aos modelos de equipamentos disponíveis no mercado.

Assim, para poder realizar esta análise deve-se prever e estimar vários fatores. Como este trabalho possui a finalidade de comparação entre sistemas construtivos a partir da EE, esse tema não será relevante para a tomada de decisão.

Entretanto, há de salientar que em muitos casos a EO possui maiores valores que a EE e desta forma, em uma ACVE completa deve-se realizar a verificação deste item.

#### **3.4.4 Energia de Desconstrução**

Por fim, a Energia de Desconstrução representa a energia necessária na etapa final do ciclo por descarte, deposição ou reciclagem, considerando o total de energia para demolição, desmontagem, transporte dos resíduos e na reciclagem e considerando também que pode haver débito de energia devido à reciclagem de materiais, contabilizando este nas novas edificações (TAVARES, 2006).

Conforme TCPO (2003) o aproveitamento ou não do material demolido é um fator importante no tempo necessário para executar a demolição. Pois, para as operações que necessitam de aproveitamento do material é estimado o dobro do tempo em relação às de não aproveitamento, impactando na energia necessária para realizar a desconstrução. Contudo, o ganho de energia ao reutilizar o material é contabilizado na nova edificação.

### **3.5 Considerações finais acerca do capítulo**

A ACV é uma ferramenta para verificação dos impactos ambientais e escolha de alternativas de um determinado produto através de um inventário de entradas e saídas.

Entretanto, para a realização de uma ACV completa há necessidade um grande dispêndio de recursos financeiros e de tempo causando na dificuldade do

uso dessa ferramenta, sendo assim, a ACVE é uma ferramenta viável para a verificação dos impactos ambientais auxiliando na escolha de produtos, sistemas ou materiais.

# Capítulo 4.

## ***Light Steel Framing***

---

O sistema construtivo *Light Steel Framing (LSF)* tem como principal característica a estrutura constituída por perfis formados a frio (PFF) de aço galvanizado, que são utilizados para composição de painéis estruturais e não estruturais (DALTRO, SENRA, MATIELLO; 2009; CRASTO, 2005).

Conforme Popo-ola, Biddle e Lawson (2000, p.1) com relação ao uso do aço galvanizado e desse sistema construtivo:

O Aço Galvanizado tem sido usado com sucesso por mais de 50 anos em estruturas de *Light Steel Framing* e outros componentes em habitações e edifícios residenciais na Austrália, Japão, França, EUA e Canadá.

Quanto à denominação *Light Steel Framing* que faz referência à língua inglesa, onde *steel framing* refere-se ao esqueleto estrutural em aço projetado para dar forma e suportar a edificação enquanto a palavra *light* representa que é constituído por perfis leves. Então, a formação *Light Steel Framing* designa-se ao processo pelo qual se unem e vinculam esses elementos estruturados de perfis leves de aço galvanizado (RODRIGUES, 2006, p.10).

### **4.1 Histórico do Sistema Construtivo LSF**

O *LSF* tem origem a partir de outro sistema construtivo denominado *Wood Framing*, desenvolvido pelos colonizadores do território norte americano a fim de atender ao crescimento da população (CRASTO, 2005).

Segundo Rodrigues (2006, p.10), “entre 1810 e 1860, a população desse país se multiplicou por dez, tendo assim demanda por habitações”. Então, foi necessário recorrer a uma solução construtiva que fizesse uso dos materiais disponíveis no local (madeira) e utilizando os conceitos de praticidade, velocidade e

produtividade originados na Revolução Industrial surgiu então, o sistema construtivo denominado *Wood Framing*, apresentado na Figura 10.



**Figura 10 - Sistema construtivo *Wood Framing***  
Fonte: STRAND SYSTEMS ENGINEER INC, 2010

Desta forma o sistema construtivo *Wood Framing* se transformou na tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos da América naquela época (CRASTO, 2005).

Segundo Silva (2010), define-se o *Wood Framing* como um sistema construtivo constituído de estrutura de perfis leves de madeira maciça, que nos dias atuais, utiliza-se de chapas estruturais da madeira transformada, tipo OSB (*Oriented Strand Board*), como contraventamento.

Porém, com o desenvolvimento da indústria de aço, do aço galvanizado e da produção em massa, houve a possibilidade de, aos poucos, a madeira ser trocada pelos PFF em aço galvanizado, surgindo assim, o sistema construtivo denominado *LSF*, conforme apresentado na Figura 11.



**Figura 11 - Sistema construtivo LSF**

Fonte: PRECISION STRUCTURAL ENGINEERING, 2011.

No Brasil, o *LSF* é um sistema construtivo que vem passando por um processo de aceitação e desenvolvimento no mercado nacional (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008).

## 4.2 Aspectos estruturais

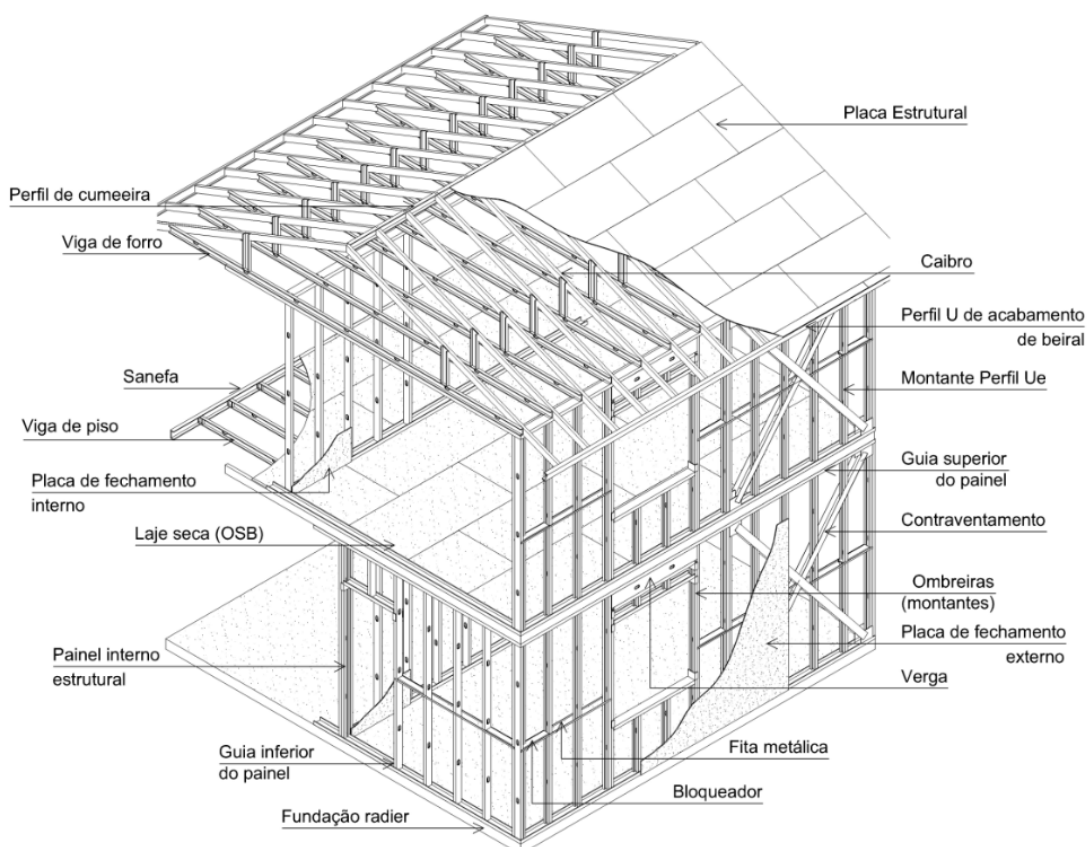
A principal característica desse sistema construtivo consiste na sua estrutura constituída de PFF de aço galvanizado, formando o esqueleto da estrutura, responsável por resistir às cargas permanentes e acidentais (SANTIAGO, 2008).

Esse esqueleto forma as paredes do sistema que são denominadas como painéis, que pode ser estrutural ou não estrutural. Nessa composição os perfis denominados montantes (perfil Ue) são distanciados entre si de 400 a 600 mm e delimitados verticalmente pelos perfis denominados guias (perfil U).

Quanto ao fechamento dos painéis, esse pode ser feito utilizando materiais, como por exemplo, na face externa por placas de OSB ou placas cimentícias e internamente com placas de gesso acartonado ou cimentícias.

Desta forma a estrutura possui um peso inferior às estruturas de concreto carregando menos a fundação, o que possibilita uma redução dos custos dessa etapa (JARDIM e CAMPOS, 2010).

Os demais componentes que formam esse sistema construtivo podem ser visualizados esquematicamente na Figura 12.



**Figura 12 - Desenho esquemático do LSF.**

Fonte: CRASTO, 2005, p. 13.

O resultado final quanto à aparência de uma edificação utilizando esse sistema depende particularmente do tipo de revestimento que será utilizado externamente, podendo ser muito similar à alvenaria convencional, conforme Figura 13.





**Figura 13 - Exemplo de edificação em LSF.**

Fonte: Penna, 2009, p. 26.

As edificações apresentadas nesta figura fazem parte de um conjunto habitacional com dois blocos de apartamentos com 2 e 3 quartos, de 5 pavimentos e construído em Belo Horizonte, MG, em 2009 (PENNA, 2009).

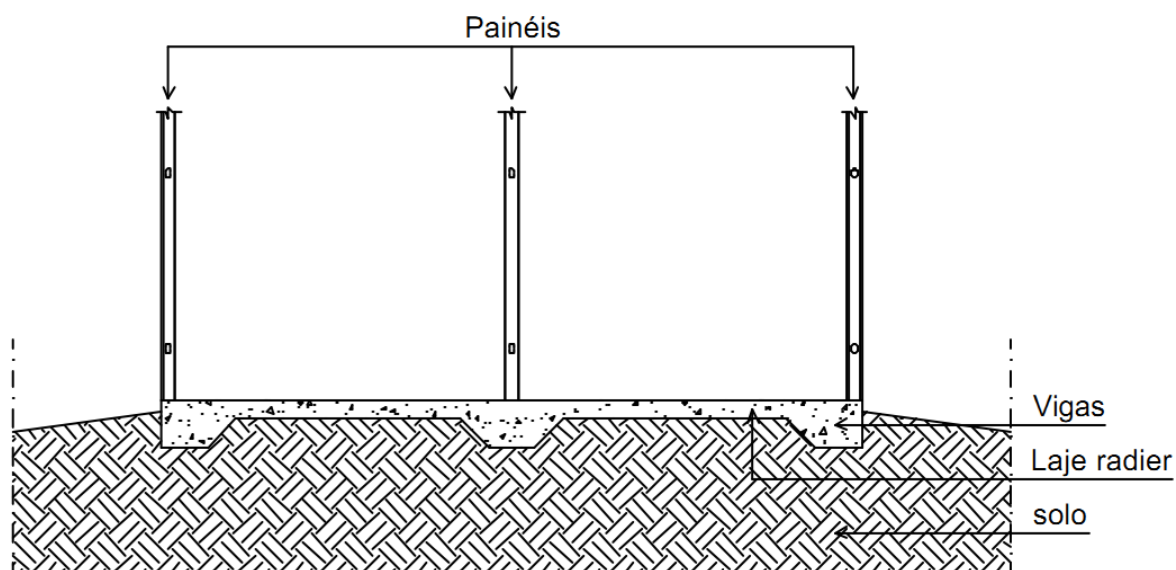
#### **4.2.1 Fundações**

Com relação à tipologia da fundação utilizada nesse sistema construtivo, há de se considerar os seguintes aspectos iniciais:

- *esse sistema possui menor carga aplicada na fundação;*
- *os painéis distribuírem as cargas de forma uniforme;*
- *é necessário que a fundação seja contínua;*
- *as fundações são executadas conforme processo de construção convencional.*

Assim, o *radier* é um tipo de fundação muito utilizado para este sistema, pois se trata de uma fundação superficial que pode ser admitida como uma laje, sendo executada sobre toda área da construção.

Além do mais, nesse tipo de fundação as cargas são distribuídas no solo por toda a área da fundação; entretanto, há maior carregamento sob as paredes portantes e colunas, onde há necessidade de executar vigas no *radier*, conforme apresentado esquematicamente na Figura 14 (LIMA, 2008).



**Figura 14 - Corte esquemático de uma fundação em Radier para LSF.**

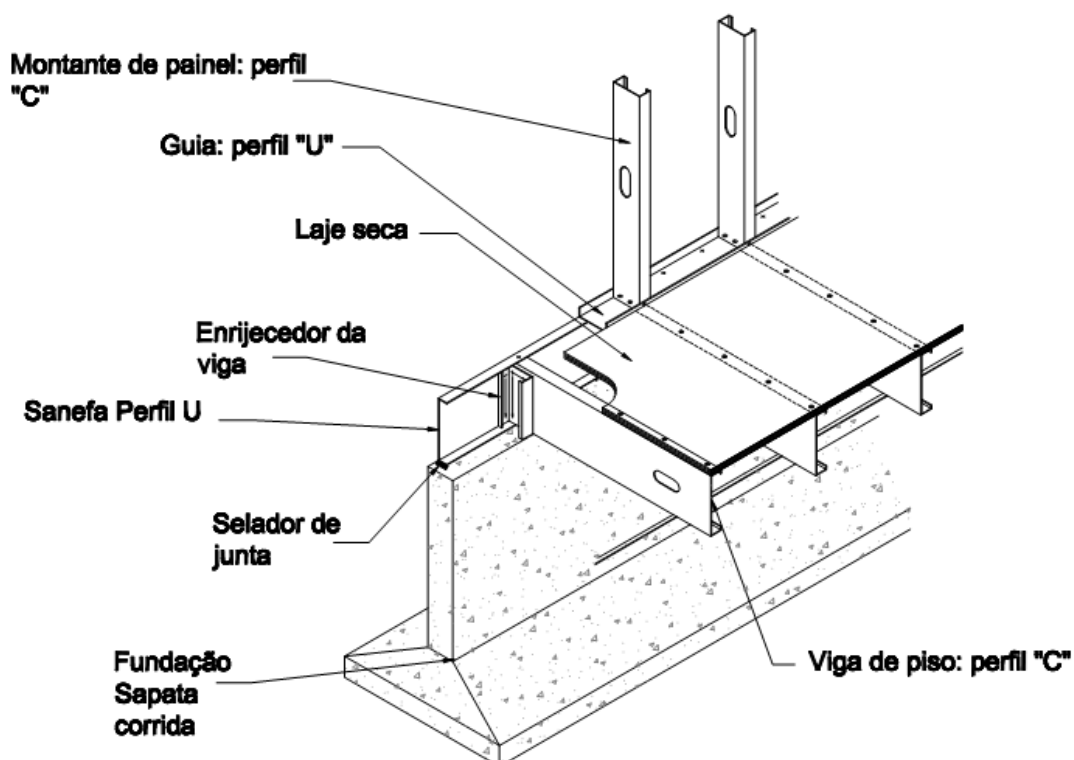
Fonte: Crasto, 2005, p. 32.

Outra característica desse tipo de fundação é a possibilidade de localizar e executar a fundação em conjunto com as instalações hidráulicas, sanitárias, elétricas e de telefonia, potencializando as características de montagem do LSF (VIVAN, 2011).

Porém, esse sistema construtivo pode funcionar com outros tipos de fundação, como por exemplo, com o uso de fundação indireta a partir de estacas que é uma possibilidade para solos muito fracos (LAWSON e outros, 1999).

Há ainda o emprego da fundação com sapata corrida, conforme apresentado esquematicamente na Figura 15.





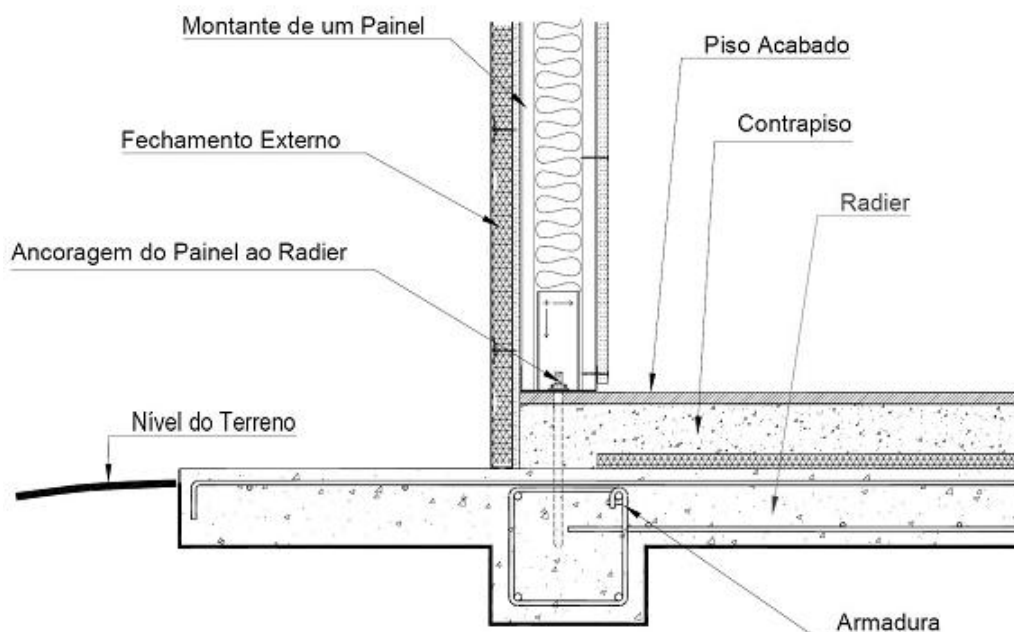
**Figura 15 - Fundação em Sapata Corrida esquematicamente**

Fonte: Adaptado de CONSULSTEEL, 2011.

Segundo Lima (2008, p.65) geralmente utiliza-se deste tipo de fundação quando:

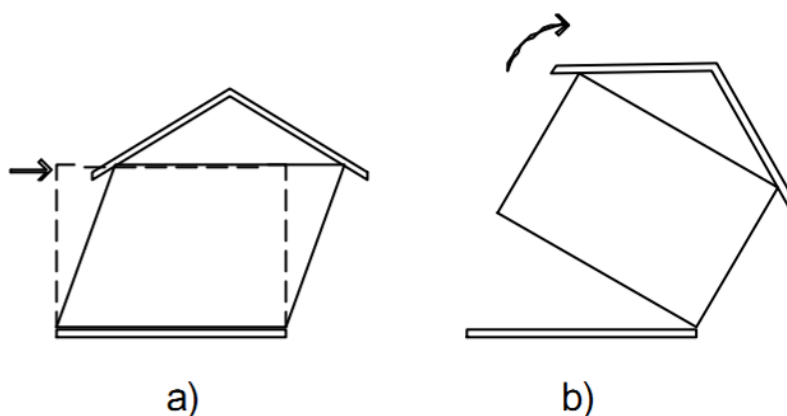
há necessidade de afastamento do nível da construção em relação ao nível do solo, seja por umidade ascendente, por infiltração de águas ou mesmo por necessidade de utilização do espaço abaixo da edificação.

Com relação à fixação do sistema construtivo na fundação, este é realizado a partir da ancoragem do painel ao *radier* por meio de barra roscada, porca e arruela, conforme representado na Figura 16. Entretanto, na fase de montagem da estrutura são utilizados pinos fixados por pólvora de forma provisória para montagem ou fixação dos painéis e demais componentes.



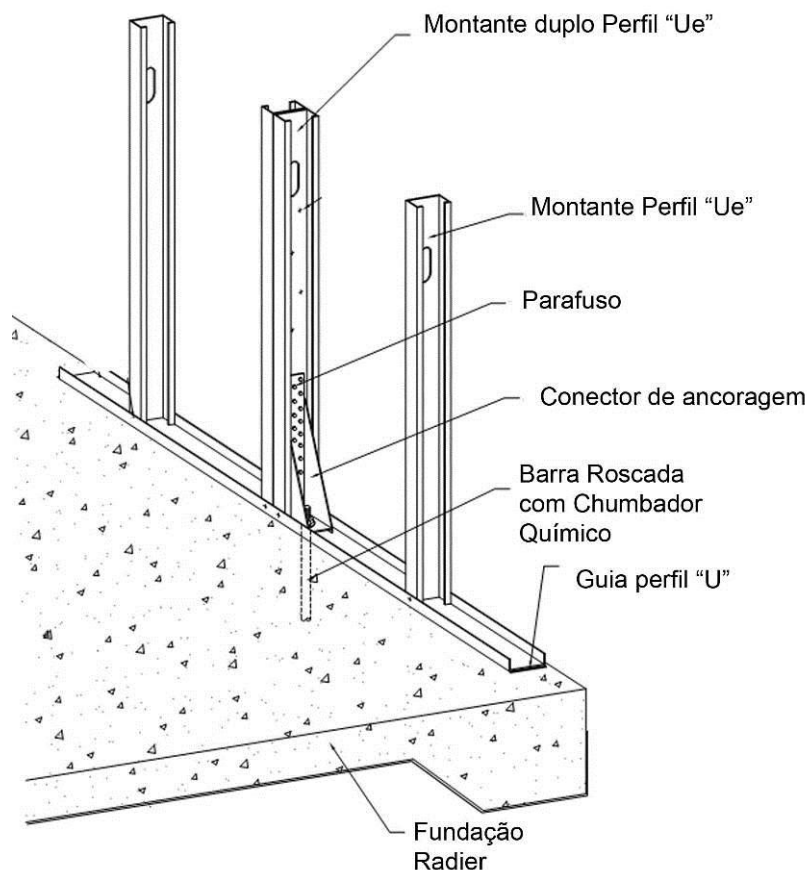
**Figura 16 - Esquema de ancoragem do LSF em fundação tipo radier.**  
 Fonte: Adaptado de CONSULSTEEL, 2011.

Esse é um ponto importante para evitar a movimentação da edificação devido à pressão do vento, conforme Figura 17, que pode ocorrer de duas formas: devido à translação, que é o deslocamento lateral da estrutura, e devido ao tombamento, que é a elevação da estrutura e pode ser causado devido assimetria na direção dos ventos ao atingir a edificação (SCHARFF, 1966 citado por CRASTO, 2005, p. 34).



**Figura 17 - Efeitos da carga no vento na estrutura: a) translação e b) Tombamento**  
 Fonte: CRASTO, 2005, p. 34.

Assim, existem diversas formas de realizar a ancoragem da estrutura sendo uma delas a partir da fixação de barra roscada com ancoragem química, conforme Figura 18.



**Figura 18 - Detalhe do conector de ancoragem em fundação tipo radier**  
 Fonte: Adaptado de CONSULSTEEL, 2011.

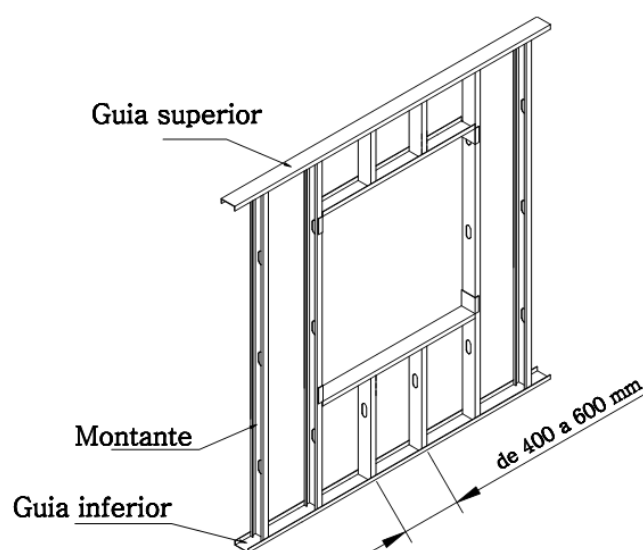
Esse tipo de ancoragem consiste no uso de uma barra roscada com arruela e porca que é fixada no concreto por meio de perfuração preenchida com uma resina química. A fixação à estrutura é feita por meio de uma peça de aço que é conectada à barra roscada e à guia e aparafusada ao montante, geralmente duplo (CRASTO, 2005).

#### **4.2.2 Estrutura vertical**

O subsistema da estrutura vertical é composto, no *LSF*, principalmente pelos painéis que podem ser estruturais ou não, compondo as paredes da edificação.

Assim, os painéis são montados a partir da união de PFF de aço galvanizado sendo, verticalmente denominados *montantes*, que são espaçados entre si de acordo com o projeto estrutural, usualmente de 400 a 600 mm, conforme Figura 19.

Porém essa modulação dos painéis pode chegar a 200 mm de distância quando há necessidade de suportar grande quantidade de cargas, como por exemplo, quando resistem o peso de caixas d'águas (CRASTO, 2005).



**Figura 19 - Painel composto por montantes e guias no sistema construtivo LSF**  
Fonte: Adaptado de CONSULSTEEL, 2011.

Nas extremidades, estes perfis são unidos por *guias* (perfil “U”) com função de fixar os montantes constituindo um quadro estrutural (CRASTO, 2005), conforme Figura 20.



**Figura 20 - Exemplo de painel estrutural**

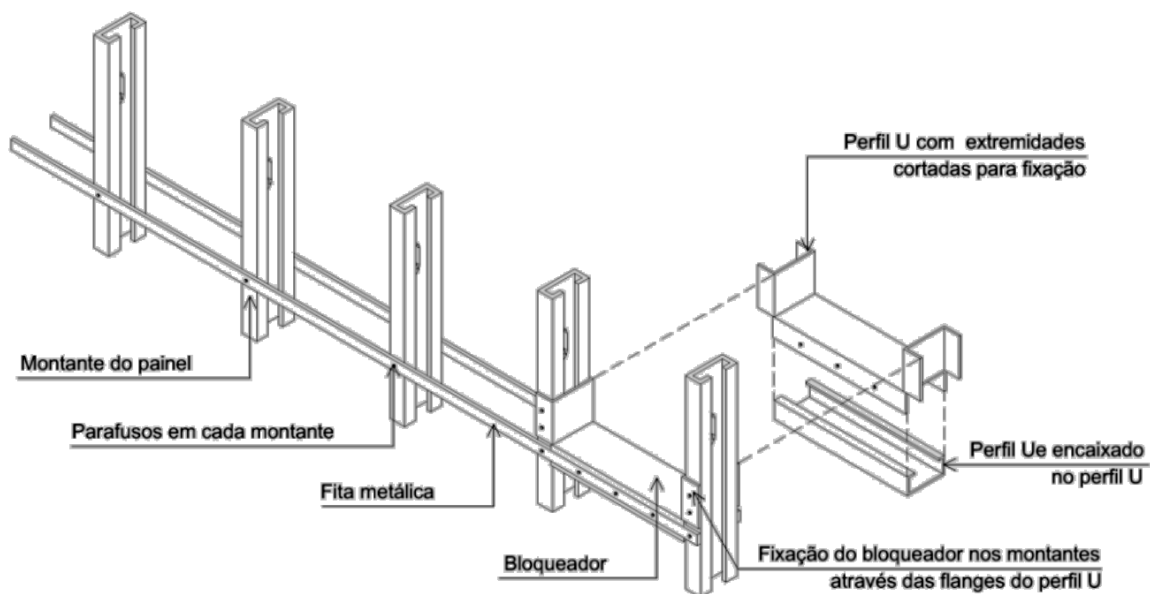
Nos painéis estruturais, as cargas são transferidas verticalmente através do contato direto por meio das almas dos perfis, onde as seções coincidem com as dos montantes dos pavimentos superiores e inferiores, denominado, *in-line framing*. Assim, as cargas provenientes dos pisos, telhados, outros painéis, peso próprio e sobrecargas devido ao uso da edificação são resistidos pelos painéis e transmitidos à fundação (CRASTO, 2005; SANTIAGO, 2008).

Essas cargas são divididas em um grande número de elementos estruturais onde cada um destes é projetado para receber uma pequena parcela do total e assim podem ser resistidas pelos perfis formados a frio (SANTIAGO, 2008).

Quanto as cargas horizontais provocadas pelo vento são resistidas, conferindo rigidez aos painéis e garantindo a estabilidade destes, por meio de peças metálicas diagonais, formando um “X” no painel, Figura 20 (RODRIGUES, 2006).

Além do mais, há necessidade de utilizar bloqueadores para enrijecer o painel estrutural. Estes devem ser utilizados na seção central para painéis com até 2,50 m de altura e a cada 1,00 m na vertical, aproximadamente, em painéis com 2,75 m a 3,0 m de altura (RODRIGUES, 2006).

O Bloqueador é constituído de uma peça “U” (guia) 20 cm maior que a seção e uma peça “Ue” (montante) conforme demonstrado na Figura 21.

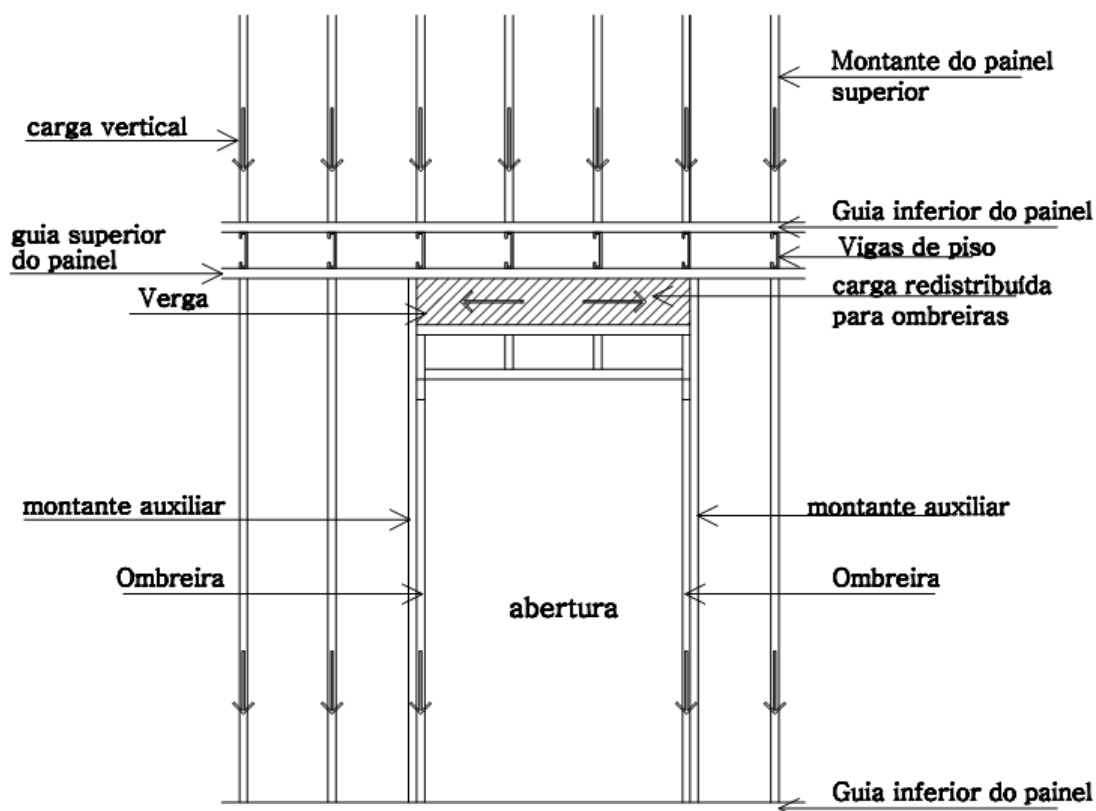


**Figura 21 - Esquema do uso do bloqueador no painel**

Fonte: CRASTO, 2005, p. 60.

Quando ocorrer encontro de painéis a região necessita de reforço estrutural. Assim, no encontro de dois painéis, que pode ser devido aos cantos (encontro de duas paredes) ou um perpendicular a outro principal, formando um “T” e, de três painéis em forma de uma cruz (um painel principal recebendo o encontro de outros dois painéis), entre outros devem receber este reforço estrutural.

Também se deve reforçar a estrutura quando se precisa realizar uma abertura no painel para portas e janelas, que precisam ser previstas, pois, há necessidade de executar elementos como vergas e reforços estruturais a fim de redistribuir os carregamentos dos montantes interrompidos, conforme Figura 22.



**Figura 22 - Painel estrutural com abertura**

Fonte: CRASTO, 2005, p. 44.

Quanto à estrutura vertical no sistema construtivo *LSF* há de se ressaltar alguns aspectos importantes:

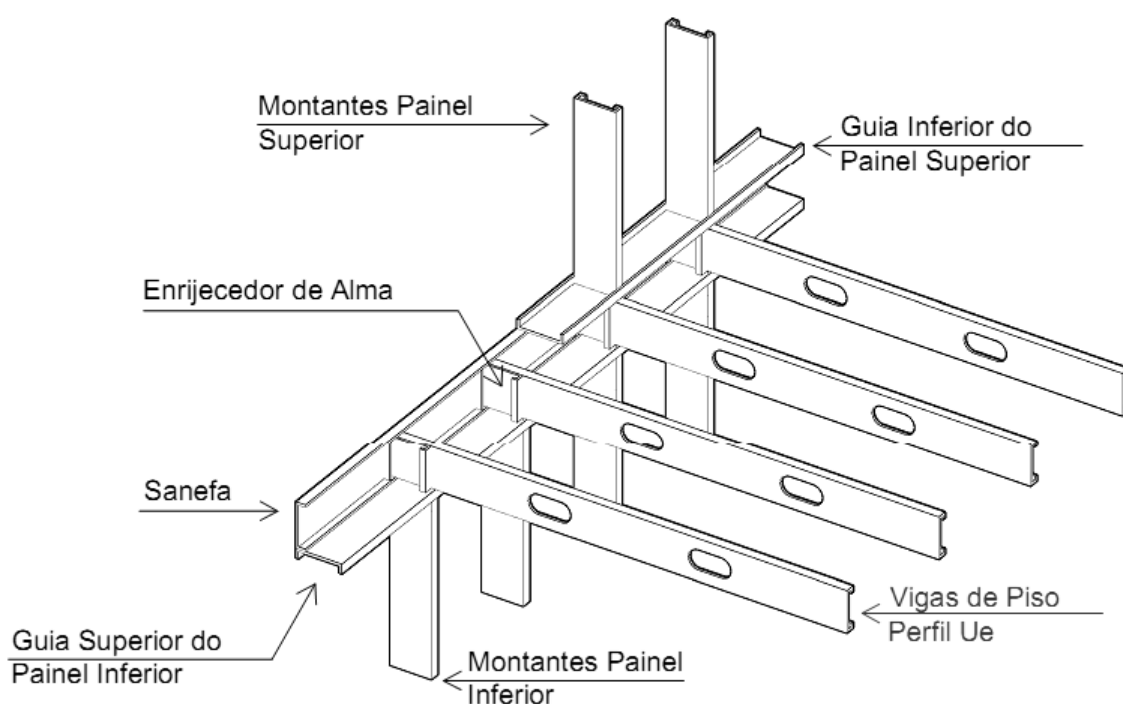
- devido à baixa espessura dos perfis utilizados no *LSF* impossibilita a construção de edificações com muitos pavimentos, tornando-se necessário, a utilização de estrutura auxiliar (LIMA, 2008).
- dependendo da empresa construtora, algumas soluções no projeto e produção dos elementos são adotadas, o que pode resultar em maior nível de racionalização (VIVAN, 2011);
- quando as paredes internas não são estruturais pode-se utilizar de divisórias tipo *drywall* (gesso acartonado).

A concepção do *drywall* é semelhante à do *LSF*, porém a estrutura é dimensionada apenas para resistir ao peso próprio, sendo o fechamento, realizado normalmente com gesso acartonado, o que possibilita o uso de revestimentos usuais como cerâmica, pintura e textura.

### 4.2.3 Estrutura horizontal

As estruturas horizontais utilizam o mesmo conceito da estrutura vertical, ou seja, separação equidistante dos elementos estruturais ou modulação determinada pelas cargas a que cada perfil está submetida (CRASTO, 2005).

Desta forma, as vigas da laje servem como apoio para o contrapiso e transmitem o carregamento a que estão submetidas para os painéis estruturais. Além do mais, as vigas são perfis de seções “Ue” com seções semelhantes as dos montantes, conforme Figura 23.



**Figura 23 - Vigas de piso no sistema LSF.**

Fonte: Adaptado de CONSULSTEEL, 2011.

Nessa Figura observa-se o alinhamento dos montantes do pavimento superior e inferior juntamente com o das vigas da laje, utilizando o mesmo conceito *in-line framing*.

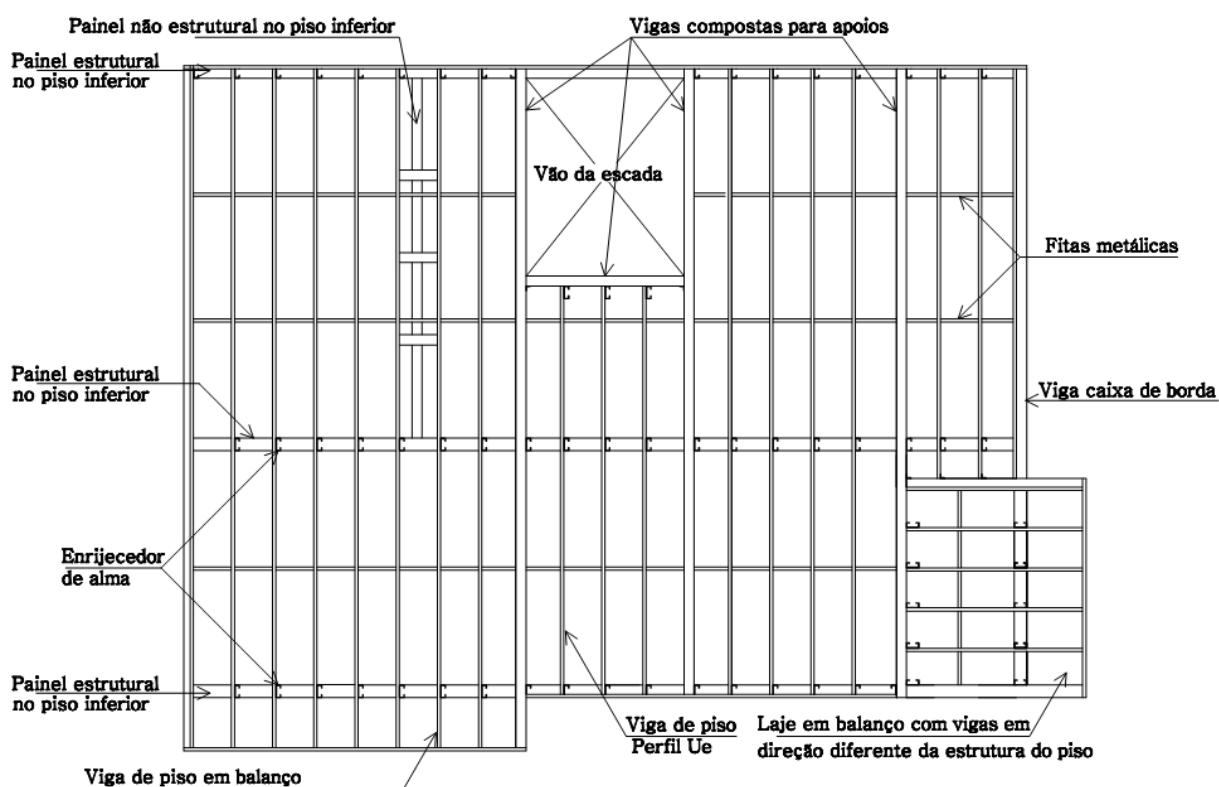
Quanto à importância das vigas de piso, conforme Lima (2008) “são os principais componentes (...) possuindo a função de suportar as cargas de piso e transmiti-las às paredes portantes”.



Contudo, outros elementos são fundamentais para constituição de uma laje, conforme apresentado por Crasto (2005, p.74):

- Sanefa ou guia: perfil “U” que fixa as extremidades das vigas dando forma à estrutura;
- Enrijecedor de alma: Recorte de perfil “Ue”, geralmente montante, que fixado através de sua alma à alma da viga no apoio da mesma, aumenta a resistência no local evitando o esmagamento da alma da viga;
- Viga caixa de borda: formada pela união de perfis “U” e “Ue” encaixados, possibilita a borda da laje paralela as vigas, principalmente quando ocorre de servir de apoio a um painel;
- Viga composta: combinação de perfis “U” e Ue” a fim de aumentar a resistência da viga.

Esses elementos podem ser vistos na Figura 24, com o desenho esquemático de uma laje com vista em planta:



**Figura 24 - Esquema de laje no sistema LSF.**

Fonte: Adaptado de CRASTO, 2005, p.75.

Desta forma a estrutura horizontal deve ser detalhada com grande quantidade de informações no projeto verificando as interfaces com outros elementos, como hidráulicos e elétricos, certificando-se quanto a disposição destes elementos evitando a necessidade de adaptações em obra.

#### **4.2.4 Fechamento vertical e horizontal**

O fechamento no sistema construtivo *LSF*, tanto vertical quanto horizontal, é obtido através da aplicação de diferentes técnicas e materiais que sejam leves e compatíveis com o conceito estrutural do sistema.

Além do mais, Santiago (2008, p.21) entende que o fechamento deve atender aos critérios de “habitabilidade, segurança, desempenho estrutural, resistência e reação ao fogo, estanqueidade à água, conforto termo acústico, durabilidade e estética”.

Desta forma, nesse sistema existem várias alternativas para realizar o fechamento vertical, que no Brasil, normalmente é realizado através de placas industrializadas como OSB, cimentícia e gesso acartonado.

O uso destas placas se diferencia devido a sua aplicação na face externa ou interna da edificação, sendo a maioria destas fabricadas com a largura de 1,20m, múltiplo da modulação utilizada nos perfis, de 400 a 600 mm, e são parafusadas nas faces internas e externas dos perfis montantes e guias dos painéis.

##### a) Fechamento externo

O fechamento externo pode ser realizado com o uso de diferentes materiais como OSB (Figura 25), placa cimentícia, *siding* e eventualmente alvenaria.



**Figura 25 - Edificação em LSF com fechamento externo em OSB**

Fonte: LP BRASIL, 2011.

Desta forma, ao utilizar fechamento com placas OSB deve-se tomar cuidado e não expor esse material as intempérie, sendo necessária a realização de um acabamento impermeável através de uma manta ou membrana de polietileno de alta densidade, que reveste toda a área externa das paredes. Essa membrana permite a passagem da umidade da parte interna para externa, evitando a condensação dentro dos painéis (CRASTO, 2005).

A aplicação da manta é realizada ao grampeá-las nas placas de OSB e nas juntas sobrepor de 15 a 30 cm, sendo necessário realizar esse revestimento assim que as placas de OSB forem fixadas, conforme demonstrado na Figura 26.



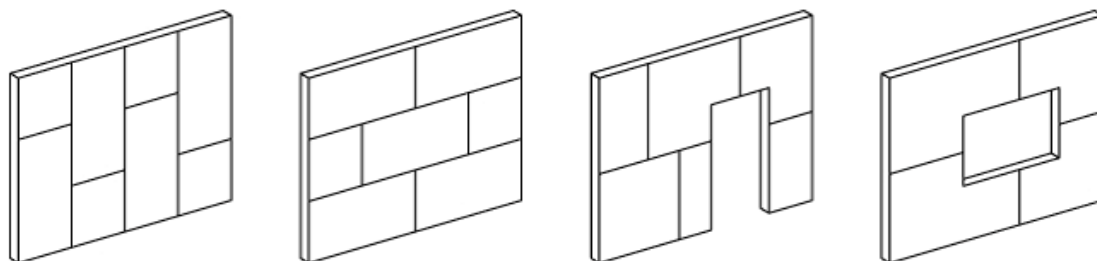
**Figura 26 - Edificação em LSF com vedação em OSB e aplicação da membrana em polietileno de alta densidade.**

Segundo a LP Brasil (2011), antes de realizar a aplicação das placas na estrutura, deve-se verificar se as placas estão com a umidade que corresponda à umidade de equilíbrio do ambiente onde serão aplicadas, pois, a mudança de ambiente pode causar, em virtude das diferenças de umidade do ar, uma variação dimensional das placas.

Há que se salientar ainda, que não deve deixar as placas de OSB em contato com o solo, assim, deve manter um espaçamento entre a borda inferior da placa e o solo de 15 cm.

Além do mais, nas juntas e furos nas placas de OSB, a LP Brasil (2011) indica o uso de selante acrílico flexível e depois de instalados os painéis devem ser pintados com tintas 100% acrílicas ou esmaltes à base d'água.

Quanto à paginação das placas, as juntas verticais devem estar defasadas entre si e não alinhadas com bordas de esquadrias ou portas (CRASTO, 2005), conforme exemplificado na Figura 27.



**Figura 27 - Orientação quanto à paginação das placas de OSB**

Fonte: SANTIAGO, 2008, p.100.

Quanto ao tratamento das juntas entre as placas de OSB, Santiago (2008) afirma que não há necessidade do tratamento delas com material vedante, pois a estanqueidade do painel é garantido pela manta de polietileno de alta densidade.

Depois de realizado o fechamento com OSB e aplicada à manta, há necessidade de executar o revestimento dessas placas que pode ser feito com *siding*.

O *siding* é um revestimento muito comum nas casas norte americanas e podem ser fabricados a partir do PVC, madeira, placas cimentícias e *WPC* (*wood plastic composit*, composto de madeira e plástico). Segundo Crasto (2005, p.130) “sua principal vantagem é oferecer uma alternativa de construção mais rápida e limpa que os revestimentos tradicionais”, apresentado a partir do seu uso em uma edificação residencial conforme Figura 28.



**Figura 28 - Exemplo de edificação com uso de Siding vinílico**  
Fonte: MADEX, 2011.

Para a instalação do *siding* existem vários acessórios que são disponibilizados pelos fabricantes, desta forma, facilita a fixação das régua e execução das interfaces com as esquadrias e cantos.

Quanto ao revestimento em argamassa que consiste na aplicação de argamassa sobre uma tela disposta em duas camadas que deve ser fixada com grampos sobre a superfície do OSB, protegida pela manta de polietileno de alta densidade, conforme Figura 29.



**Figura 29 - Revestimento do OSB com tela e argamassa**

Fonte: Adaptado de CRASTO, 2005, p.135.

A mesma autora salienta quando a dois pontos importantes na execução deste revestimento: o primeiro quanto à necessidade de realizar juntas feitas na argamassa a fim de orientar as trincas e o segundo quanto à necessidade de ter atenção especial no momento da execução para evitar que a argamassa esteja exposta ao sol direto ou a chuva muito forte.

Quanto ao uso de placa cimentícia no fechamento externo, estas possuem algumas características como: Elevada resistência a impactos, grande resistência à umidade, podem ser curvadas, compatível com a maioria dos revestimentos, são cortadas com facilidade e possuem grande rapidez na execução (CRASTO, 2005).

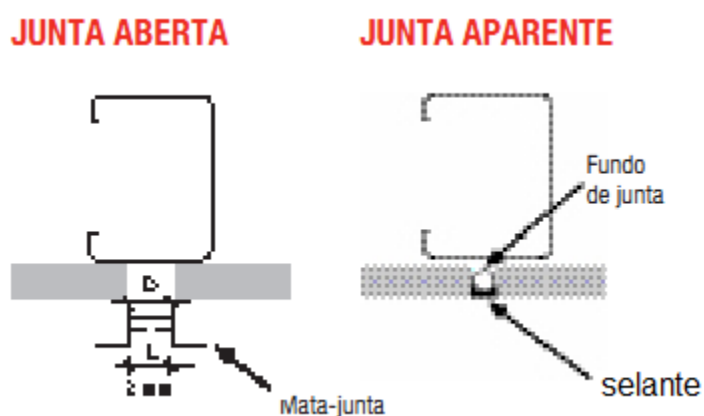
Estas placas são parafusadas nos perfis “Ue” e “U” da estrutura com espaçamento máximo entre os parafusos de 20 cm e dispostos a 12 mm das bordas das placas. Deve-se ainda nos cantos, parafusar no sentido horizontal a 5 cm da borda e no vertical a 10 cm. Após serem parafusadas as cabeças dos parafusos precisam ser tratados com massa cimentícia (SANTIAGO, 2008).



Entretanto, existe divergência quanto ao acabamento das juntas indicado por alguns fabricantes. Pois, alguns indicam o uso das juntas invisíveis a partir do tratamento destas e outros salientam que não há possibilidade, pois resultará em trincas e desta forma deve-se deixar as juntas aparente.

A junta aparente ocorre quando as faces das placas cimentícias ficam marcadas conforme a paginação, sendo esta a melhor opção para placas que possuem o coeficiente de variação dimensional muito alto.

Neste tipo de junta a distância mínima entre as placas é de 3 mm e devem receber aplicações de selantes elastoméricos conforme desenho esquemático da Figura 30.



**Figura 30 - Desenho esquemático da junta aparente**

Fonte: BRASILIT, 2011.

Entretanto, nas juntas denominadas invisíveis não há percepção visual do encontro das placas cimentícias, porém, deve ser realizado tratamento da junta de acordo com as especificações de cada fabricante.

Para isto, as bordas das placas devem ser rebaixadas e o acabamento deve ser feito com o emprego de massa cimentícia ou argamassa flexível, combinadas com tela de fibra de vidro resistentes a álcalis ou ainda resina poliéster associada à manta de fibra de vidro, instaladas em camadas sucessivas (SANTIAGO, 2008), conforme desenho esquemático da Figura 31.





**Figura 31 - Junta invisível**

Fonte: Adaptado de CRASTO, 2005, p.143.

Crasto (2005) salienta quanto à importância de na face exposta revestir com uma demão de selador a base acrílica para aumentar a proteção quanto à umidade.

#### b) Revestimento interno

As placas cimentícias também podem ser utilizadas no fechamento interno, principalmente nas áreas molhadas, como banheiros, cozinhas e áreas de serviço. Nesse caso deve-se prever um sistema de impermeabilização nas juntas da parede com o piso, para evitar a infiltração da água para dentro do painel e impermeabilização do piso formando uma borda no rodapé e, nas áreas do BOX do banheiro subir até uma altura de 1,0 m (CRASTO, 2005).

Entretanto, no fechamento interno das áreas secas o gesso acartonado é a solução mais usual do sistema construtivo *LSF*, ainda mais quando os painéis internos não são estruturais, desta forma pode-se utilizar do sistema *Drywall*, conforme apresentado na Figura 32.

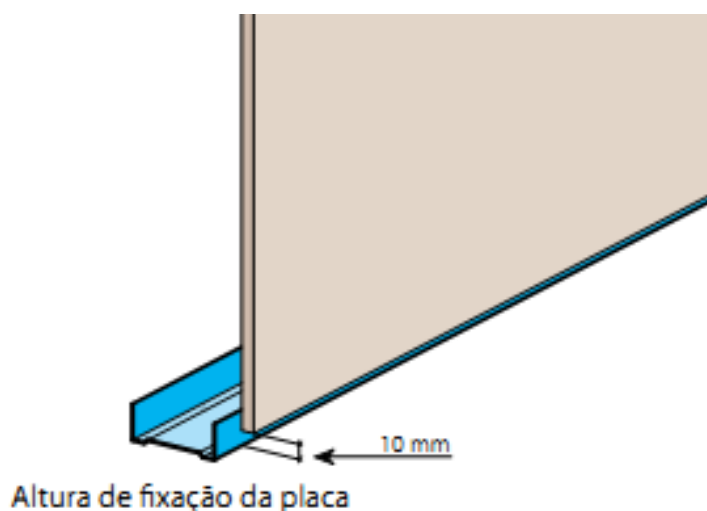


**Figura 32 - Exemplo de fechamento em *drywall***

Existem três tipos de placas de gesso acartonado:

- *Standard*: indicada para utilização em áreas secas;
- Resistente à umidade: indicada para paredes em ambientes sujeitos à ação da umidade, esta placa possui a cor verde para diferenciar das demais;
- Resistente ao fogo: indicada para áreas secas que necessitem de um maior desempenho com relação ao fogo e são comercializadas na cor rosa.

Segundo Santiago (2008), na instalação das placas de gesso acartonado recomenda-se que seja feita na posição vertical para melhorar o aproveitamento. Deve-se ainda deixar uma folga entre a base da placa de gesso acartonado e o piso de aproximadamente 10 mm, conforme Figura 33, e as juntas verticais das placas devem sempre ocorrer sobre os montantes.



**Figura 33 - Detalhe da instalação da placa de gesso acartonado**  
Fonte: PLACO, 2011.

Quanto à fixação das placas de gesso acartonado, estas utilizam os mesmos parafusos utilizados para fixação das placas de OSB (CRASTO, 2005) e devem ser tratadas conforme as especificações e orientações indicadas pelo fabricante.

#### **4.2.5 Isolamento Termo Acústico**

Com intuito de melhorar o conforto térmico e acústico das edificações no sistema construtivo *LSF*, é aconselhável o uso de materiais como lã de rocha mineral ou lã de vidro aglomerada com resinas sintéticas.

As mantas são aplicadas após o fechamento de uma face do painel e devem ser colocadas entre os montantes, de forma a distribuir uniformemente sem deixar espaços vazios, conforme exemplo da aplicação na Figura 34.



**Figura 34 - Aplicação da manta de lã de vidro**

Entretanto, existem soluções para melhorar o desempenho acústico e térmico do sistema, dependendo da interface dos painéis e do nível de redução e conforto desejado, para isto, deve-se seguir as orientações estipuladas no projeto com as características de cada material.

#### **4.2.6 Cobertura**

A cobertura das edificações no sistema construtivo *LSF* pode ser realizada conforme os mais variados projetos, semelhante ao que acontece nas construções convencionais.

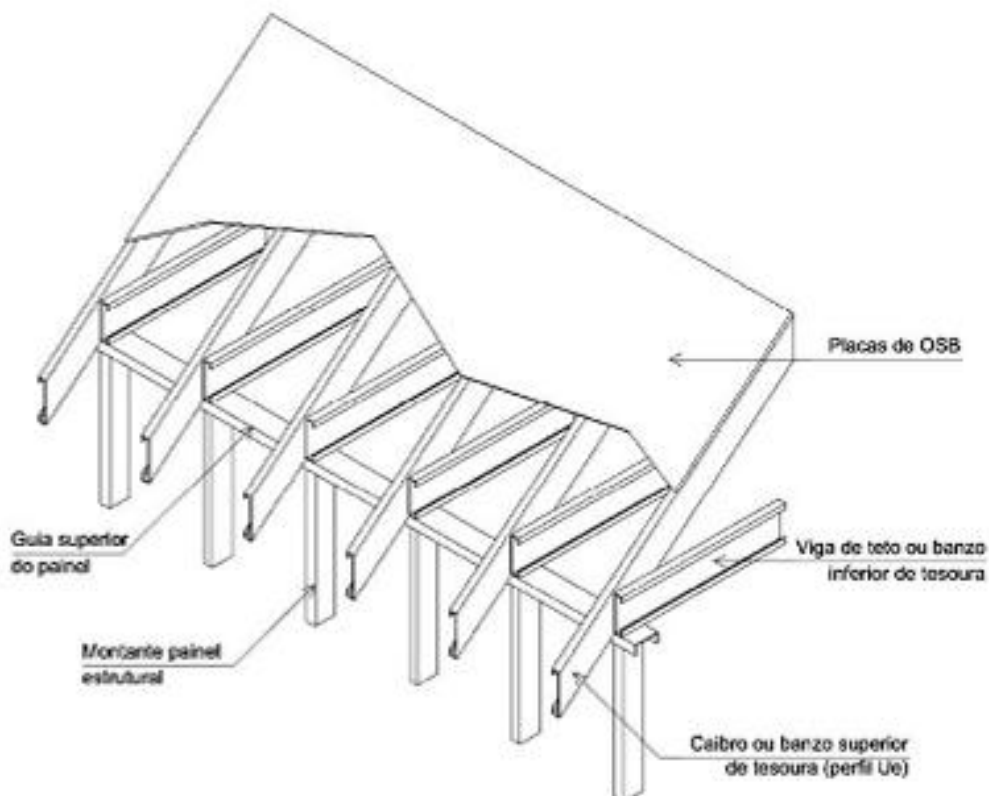
Conforme destaca Vivan (2011) deve-se respeitar o conceito da estrutura alinhada, ou seja, os perfis que formam a estrutura da cobertura devem estar alinhados com os montantes dos painéis estruturais.

No caso de coberturas residenciais, conforme Crasto (2005), a solução mais comum é o uso de estruturas com tesouras ou treliças, que, nesse sistema são formadas com o uso dos perfis “U”, “Ue” e “cartola”, conforme Figura 35.



**Figura 35 - Exemplo de estrutura de telhado com perfis**

Neste tipo de solução, quando se optar pelo uso das telhas cerâmicas e *shingles* é necessário que seja realizado uma camada de substrato com placas OSB sobre o banzo superior das treliças e depois colocadas as telhas, conforme desenho esquemático da Figura 36.



**Figura 36 - Estrutura do telhado com placas OSB como substrato de apoio.**

Fonte: CRASTO, 2005, p.97

Entretanto, encontram-se na bibliografia diversas formas de realizar a estrutura da cobertura nesse sistema construtivo que não são apresentados neste trabalho.

## 4.3 Materiais utilizados

### 4.3.1 Perfis formados a frio

Os elementos estruturais do sistema *LSF* são fabricados a partir do aço galvanizado que é comercializado, pelas usinas de aço, em bobinas, conforme Figura 37. As bobinas de aço galvanizado é um material padronizado e pode ser encontrado mundialmente devido à normalização internacional de sua produção.





**Figura 37 - Estoque de bobinas galvanizadas, com corte longitudinal realizado.**

No Brasil, o aço especificado para as estruturas em *LSF* são os Zincados de Alta Resistência (ZAR) com resistência ao escoamento ( $f_y$ ) não inferior a 230 MPa (RODRIGUES, 2006).

Quanto ao formato dos perfis utilizados nesse sistema construtivo possuem formato “U”, “U” enrijecido (Ue), cartola e cantoneiras.

Estes perfis são obtidos por perfilagem a frio a partir de bobinas de aço revestido com zinco ou liga de alumínio-zinco, que são desbobinados e perfilados em máquinas denominadas perfiladeiras, semelhante à Figura 38.



**Figura 38 - Perfiladeira**  
Fonte: Ideia Soluções, 2011.

Conforme foi percebido nas visitas às empresas que trabalham com esse sistema construtivo, no Brasil algumas possuem um equipamento denominado *FrameMaster*, de origem Australiana, apresentado conforme Figura 39.

Esse equipamento auxilia na fabricação dos perfis, painéis, estruturas e treliças utilizadas no sistema, pois, produz os perfis conforme necessidade da obra, no tamanho adequado e marcando cada qual com um código diferente, auxiliando na redução das perdas de materiais e facilitando na montagem dos painéis.

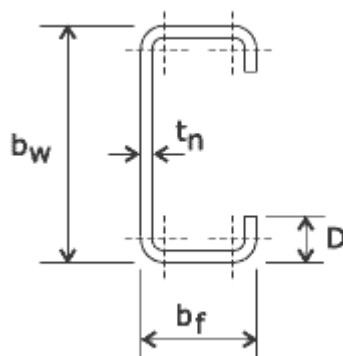
Assim, diminui a possibilidade das equipes de montagem de ter que realizar modificações ou adaptações na obra, pois, não há necessidade de realizar conversões nos perfis, que são produzidos para a aplicação pontual na estrutura e marcados individualmente, disponibilizando maior produtividade à empresa construtora (FRAMECAD, 2011).



**Figura 39 - Equipamento denominado *FrameMaster***  
Fonte: FrameCad, 2011.

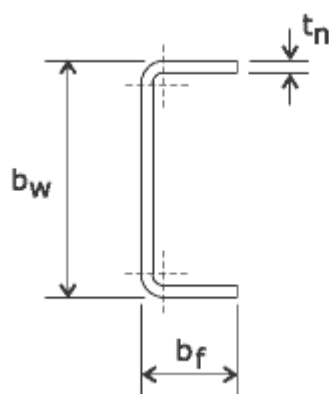
Depois de perfilados, os perfis utilizados nesse sistema recebem nomes dependendo da sua aplicação, como por exemplo, os perfis “Ue”, conforme Figura 40, que são denominados “montantes” quando aplicados verticalmente nos painéis. Porém, esses perfis também são aplicados como bloqueador, enrijecedor de alma, na composição das verga e vigas. (CRASTO, 2005).





**Figura 40 – Montante.**  
Fonte: US HOME, 2011.

Os perfis formados em “U”, conforme Figura 41, são denominados guias, quando utilizados na horizontal para formar a base e o topo dos painéis de paredes e entrepisos e não devem transmitir nem absorver os esforços, sendo isto feito pelos montantes (CRASTO, 2005).



**Figura 41 - Guia**  
Fonte: US HOME, 2011.

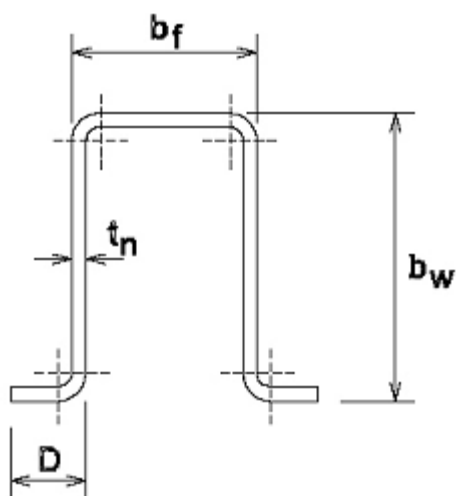
As dimensões nominais usuais desses perfis são definidas conforme NBR 6355:2002 e estão apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 - Dimensões nominais para perfis montantes e guias.

DIMENSÕES	DESIGNAÇÃO	LARGURA DA ALMA ou ABA	LARGURA DA MESA ou ABA	LARGURA DO ENRIJECEDOR DE BORDA
mm		mm	mm	mm
90 X 40	Montante	90	40	12
140 X 40	Montante	140	40	12
200 X 40	Montante	200	40	12
250 X 40	Montante	250	40	12
300 X 40	Montante	300	40	12
90 X 40	Guia	92	38	-
140 X 40	Guia	142	38	-
200 X 40	Guia	202	38	-
250 X 40	Guia	252	38	-
300 X 40	Guia	302	38	-

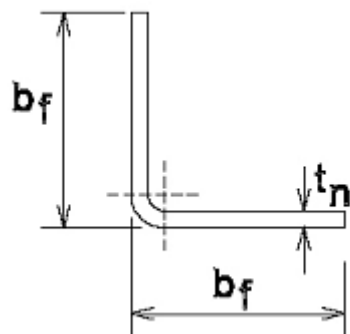
Fonte: NBR 6355:2002.

Quanto ao perfil cartola, conforme Figura 42, este é utilizado normalmente como ripa no subsistema de cobertura.



**Figura 42 - Perfil cartola**  
Fonte: CRASTO, 2005, p24.

Os perfis cantoneiras normalmente são utilizados como conexões entre elementos (CRASTO, 2005), apresentado conforme Figura 43.



**Figura 43 - Perfil Cantoneira**

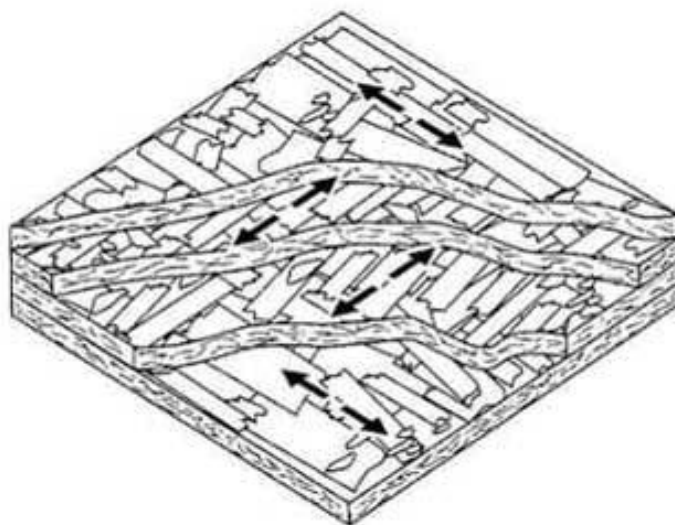
Fonte: CRASTO, 2005, p24.

Além desses perfis, existem outros que são disponibilizados normalmente em países que estão em um patamar tecnológico mais avançado que o Brasil, possibilitando uma maior adaptação do sistema construtivo conforme as solicitações de projeto (LIMA, 2008).

#### **4.3.2 OSB**

O OSB é um “aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas” que são consolidadas pelo uso de resinas, calor e pressão, formando painel de diversas medidas padronizadas (DALTRO; SENRA; MATIELLO, 2009).

As lâminas de madeira utilizadas na fabricação são cortadas em tamanhos aproximados de 5x25cm e são dispostos em quatro direções perpendiculares cada, contribuindo para aumentar a resistência mecânica, rigidez e estabilidade (LP BRASIL, 2011), conforme Figura 44.



**Figura 44 - Orientação das lascas na fabricação do OSB**  
Fonte: LP BRASIL, 2011.

Durante o processo de fabricação, por meio de rolos compressores o colchão de laminas recebe pressão e diferentes tipos de resinas a prova d'água e parafina (IWAKIRI, 2004).

No final do processo de fabricação, as placas são cortadas e seguem para os resfriadores estrela, Figura 45.



**Figura 45 - Resfriador estrela**  
Fonte: SIEMPELKAMP, 2011.

As chapas de OSB tem grande uso na indústria mundial como na fabricação de móveis e na indústria da Construção Civil como fechamento no sistema construtivo *LSF*, conforme Figura 46.



**Figura 46 - OSB Home Plus utilizado em *LSF***  
Fonte: LP BRASIL, 2011.

Existem outras forma de uso deste material nessa indústria, como por exemplo na confecção das formas utilizadas na fabricação dos elementos estruturais de concreto armado e como fechamento (tapume) de obras.

#### **4.3.3 Placa Cimentícia**

A placa cimentícia tem como característica ser incombustível, impermeável, não oxida, não apodrece, aceita vários acabamentos, resistente à umidade, resistente às intempéries e resistente à impactos.

Transmitem aos sistemas construtivos que as utilizam suas qualidades, além dos conceitos de industrialização e de racionalização da construção a seco, melhorando a qualidade e o desempenho.

Sua composição conforme Gomes, (2007), é basicamente por uma mistura de cimento *Portland*, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Sendo que no mercado existem fabricantes que utilizam da tecnologia CRFS (Cimento reforçado com fibras sintéticas) sem a utilização de amianto na composição.

#### **4.3.4 Chapa de Gesso Acartonado**

As chapas de gesso acartonado são utilizadas em larga escala no Brasil pelo subsistema denominado *Drywall*, na produção de divisórias internas (CRASTO, 2005).

Conforme Gomes (2007) estas placas são fabricadas industrialmente por meio de um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas laminas de cartão.

A produção das chapas de gesso acartonado é dividida em duas etapas, conforme Marcondes (2007), 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 semi-hidratado ( $\text{CaSO}_4 + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ), por meio de etapas de moagem, calcinação e resfriamento.

A segunda etapa consiste nas fases de dosagem, endurecimento e secagem. No processo de dosagem o gesso recebe alguns aditivos e água até atingir consistência ideal para ser lançado sob a lâmina inferior de papel cartão, em seguida recebe a lâmina superior e passa por sistema de calandras para garantir a espessura uniforme.

Na continuidade do processo, segue para a mesa formadora onde acontece o processo de endurecimento. Segue então para a guilhotina para realizar o corte longitudinal definindo o comprimento desejado e segue para o secador. Este processo pode ser identificado conforme Figura 47.



**Figura 47 - Processo de produção das chapas de gesso acartonado**

Fonte: Marcondes, 2007.

Nos dias atuais existe uma grande quantidade de fabricantes deste material e pode ser encontrado facilmente nas capitais dos estados, devido a existência de empresas distribuidoras.

#### **4.4 Considerações finais acerca do capítulo**

O sistema construtivo *LSF* é um sistema construtivo inovador e com concepção racional e sua principal característica consiste na sua estrutural constituída de PFF de aço galvanizado, formando o esqueleto estrutural.

Esse esqueleto estrutural é denominado de painéis que são normalmente fechados internamente com placas de gesso acartonado e externamente com placas cimentícias, podendo utilizar também o OSB que trabalha como contraventamento.

# Capítulo 5.

## ***Análise do Ciclo de Vida Energético do Projeto Padrão***

---

### **5.1 Metodologia da Análise do Ciclo de Vida Energético**

Para aplicar os conceitos de Análise do Ciclo de Vida Energético no sistema construtivo *LSF* a partir de um projeto padrão, há necessidade de definir os parâmetros necessários que são estabelecidos conforme norma NBR ISO 14040:2009, sendo a primeira fase a definição do objetivo e do escopo.

Assim, o objetivo consiste em *quantificar a Energia Embutida total e por m<sup>2</sup> dos materiais e componentes necessários para construção de uma edificação padrão concebida no sistema construtivo LSF, alvenaria estrutural de blocos de concreto e cerâmico e compará-los em função deste parâmetro.*

Na definição do Escopo há necessidade de descrever e realizar várias escolhas considerando diversos parâmetros, que são estabelecidos para orientar a condução do estudo, conforme segue resumidamente no Quadro 9.



Quadro 9 - Parâmetros do Escopo da ACVE

Parâmetro	Definição
Função do sistema	Edificação térrea
Materiais e componentes considerados	Os materiais e componentes a serem inventariados no estudo são definidos conforme quantitativo realizado a partir do projeto padrão, descritos no item 5.4.
Unidade funcional	MJ/m <sup>2</sup> de construção
Pressuposto	A aplicação de diferentes configurações de materiais e componentes utilizados na composição de subsistemas formando um sistema construtivo influi na ordem de grandeza da EE para um mesmo projeto padrão.
Fonte de informação dos dados	Quanto ao quantitativo, este foi realizado conforme descrito na revisão bibliográfica e desenvolvimento do projeto adaptado para o sistema construtivo <i>LSF</i>  Para os valores de EE dos materiais e componentes serão considerados os apresentados nos trabalhos de Tavares (2006) e Lobo (2010)
Limitações	A quantificação da EE é realizada apenas para um projeto padrão

Com relação às Fronteiras do sistema, considera-se que na construção da edificação, independentemente do sistema construtivo adotado, há a necessidade de combinar uma gama de elementos, componentes e materiais. Cada material/componentes terá uma EE, sendo esta o somatório das EE relacionadas às diversas etapas do seu ciclo de vida, conforme exemplificado na Figura 48.

a) Conforme NBR ISO 14040:2009

...	Processo de fabricação	Transporte	Obra	...
...	Literatura	Calculado	Somatório	...

Figura 48 - Etapas do ciclo de vida do projeto padrão

Neste trabalho, o foco da análise do ciclo de vida se restringe às etapas de **fabricação** dos materiais e componentes e **transporte** destes para o canteiro de obras. Para este último parâmetro considerou-se que a edificação será executada na cidade de São Carlos-SP. Neste caso, adotou-se o valor de 1,62

*MJ/ton./km*, valor este adotado por Tavares (2006) para o transporte do material levando em consideração a cidade de sua fabricação à entrega.

Portanto, exclui-se desta análise a energia necessária para transformação e aplicação destes materiais/componentes no canteiro de obras, referente ao uso, manutenção da edificação, dos resíduos sólidos oriundos de perdas de materiais e a energia necessária para a demolição ao fim da vida útil da mesma.

### **5.1.1 Descrição do sistema, materiais e componentes utilizados**

O estudo é realizado a partir do levantamento quantitativo de materiais a partir de um projeto padrão, considerando a especificação para os subsistemas conforme Quadro 10.

**Quadro 10 - Especificações dos componentes e materiais**

<b>Subsistema</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Componentes/Materiais</b>
Revestimento interno (banheiros e cozinha)	Azulejos	Aplicação de cama de azulejo nas paredes
Revestimento interno (piso)	Placa cerâmica	Aplicação de placas cerâmicas na área útil interna da residência
Tratamento das juntas externas	Tratamento	Realização do tratamento das juntas externas das placas cimentícia conforme indicação do fabricante
Tratamento das juntas internas	Tratamento	Realização do tratamento das juntas internas das placas de gesso acartonado conforme indicação do fabricante
Acabamento externo	Pintura	Aplicação de pintura texturizada
Acabamento interno	Pintura	Aplicação de pintura em placa de gesso acartonado nas áreas onde não será aplicado azulejo
Instalações Hidráulicas	Hidráulica	Execução das instalações hidráulica com tubos de PVC marrom e esgoto com PVC Branco.

No Quadro 11 são apresentadas as especificações que foram alteradas em função do sistema construtivo.

**Quadro 11 - Especificações dos componentes e materiais que se modificam**

<b>Componente</b>	<b>LSF</b>	<b>Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto</b>	<b>Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos</b>
<b>Estrutura da Edificação</b>	Perfis de Aço Galvanizado	Blocos de Concreto	Blocos Cerâmicos
<b>Fechamento Externo</b>	Placa Cimentícia	Emboço	Emboço
<b>Fechamento Interno</b>	Placas de Gesso Acartonado	Emboço	Emboço
<b>Fundação</b>	<i>Radier</i>	Sapata Corrida com Contra piso	Sapata Corrida com Contra piso
<b>Estrutura da Cobertura</b>	Perfis de aço galvanizado	Madeira	Madeira

Após definição dos materiais/componentes a serem utilizados em cada sistema construtivo realizou-se o quantitativo de materiais necessários para realização de cada serviço. No caso do *LSF* houve a necessidade de desenvolver a adaptação do projeto para as características desse.

### **5.1.2 Desenvolvimento das planilhas para obtenção das informações necessárias**

A fim de organizar a coleta de dados foram desenvolvidas planilhas padronizadas que auxiliaram no levantamento quantitativo dos materiais, organização dos valores de EE para cada material correspondente e aplicação destes coeficientes obtendo o custo energético para cada serviço.

Assim os processos para coleta de dados realizados foram:

- Definição de uma planilha de composição de serviços relevantes no cenário regional considerando o sistema construtivo LSF,
- Obtenção de dados de EE dos materiais a partir da unidade comercial de cada material,
- Realizado somatório das EE de todos os materiais, constituindo-se assim a EE do sistema construtivo, que, ao ser dividido pela área da edificação obtém-se índice de MJ/m<sup>2</sup> de construção.

Desta forma foram estabelecidas planilhas padronizadas para poder organizar as informações coletadas após a adaptação do projeto padrão para o

sistema construtivo *LSF* e realizado o quantitativo de materiais, conforme modelo apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Exemplo da planilha de composição de serviços e materiais**

Serviço	Painel	Componente	Material	Un.	Qdade. Unitária	Comprimento (m)	Qdade. total (m)
Estrutura	Painel 101	Estrutura Vertical	Montante M90	m	17	2,4	40,80
			Montante M90 - Janelas	m	1	2,8	2,80
			Ombreiras	m	4	2,4	9,60
		Apoio	Guia G90	m	2	6,19	12,38
			Guia G90 - Janelas	m	2	1,2	2,40
			Bloqueador	Guia 90	m	1	10,12

De posse do quantitativo dos serviços, multiplicou-se a quantidade de material necessário para a realização de cada serviço pelo seu valor de EE correspondente.

Com intuito de estabelecer um valor para tomada de referência quanto aos resultados obtidos, fez-se simulações obedecendo aos mesmos parâmetros, porém, utilizando o sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto e cerâmico.

## 5.2 Apresentação do projeto padrão para simulação

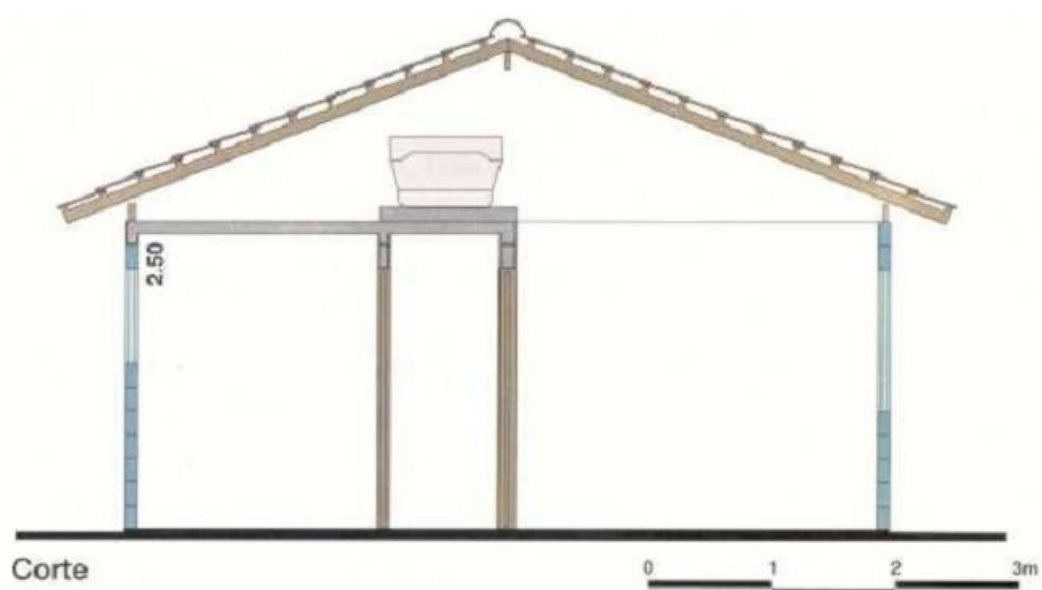
Para realização da simulação se utilizou o projeto para habitação de interesse social proposto pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) apresentada no caderno de tipologias modelo Casa Térrea Isolada TI13A-V2, com área de construção de 39,57m<sup>2</sup> e área útil de 36,15m<sup>2</sup>, que pode ser observado na Figura 49.



**Figura 49 - Modelo proposto pelo CDHU denominado Casa Térrea Isolada TI13A-V2**

Fonte: Caderno de Tipologias da CDHU

A CDHU apresenta também corte para essa edificação conforme Figura 50.



**Figura 50 - Corte Casa Térrea Isolada TI13A-V2**

Fonte: Caderno de Tipologias da CDHU

A vista para esse projeto pode ser observada na Figura 51.



**Figura 51 - Vista para Casa Térrea Isolada Ti13A-V2 CDHU**

Fonte: Caderno de Tipologias da CDHU

A escolha do projeto padrão da CDHU se deve ao fato de ser um projeto disseminado e com grande quantidade de obras realizadas no estado de São Paulo; além do mais, há previsão de novas construções a partir desse projeto.

### **5.3 Projeto padrão adaptado para o sistema construtivo *Light Steel Framing***

Com intuito de desenvolver um projeto que atenda as necessidades e requisitos do sistema *LSF* que foi adaptado ao projeto padrão proposto, consultou-se o trabalho de Crasto (2006) e Rodrigues (2006), que são referência para esse sistema construtivo.

Após elaboração do projeto foram consultados profissionais e empresas construtoras especializadas para verificar e propor melhorias a fim de

obter um projeto com maior proximidade do que é realizado nos canteiros de obras do Brasil, considerando obras em *LSF*.

Durante o desenvolvimento da adaptação do projeto padrão para *LSF* percebeu-se que as dimensões não são modulares para utilização nesse sistema construtivo, pois, houve necessidade de algumas adaptações no comprimento das paredes objetivando a redução das perdas de placas cimentícias e de gesso acartonado.

Nos Apêndices de H, I e J são apresentados os projetos desenvolvidos para adaptar o projeto padrão ao sistema construtivo *LSF* e o desenvolvimento dos cortes e projeto do posicionamento das placas cimentícias e de gesso acartonado para facilitar o quantitativo destes.

## 5.4 Resultados

Na Tabela 2 são apresentados os valores de EE obtidos para as etapas de fabricação e transporte dos materiais e componentes empregados nas três situações analisadas.

**Tabela 2 - Comparação entre os sistemas construtivos estudados considerando a EE apenas de fabricação dos materiais**

	Absolutos (MJ)			%		
	Cerâmico	Concreto	LSF	Cerâmico	Concreto	LSF
Fabricação	208.585,2	354.822,6	217.752,0	97,5	98,6	99,3
Transporte	5.343,3	4966,9	1.583,1	2,5	1,4	0,7
Total	213.928,5	359.789,4	219.335,1	100,0	100,0	100,0

De acordo com esta Tabela, observa-se que o valor de EE associado à etapa de transporte é pouco representativo quando comparado com o valor de EE associado à etapa de fabricação. Portanto, na sequência, são apresentados os valores de EE total (etapa de fabricação e transporte).

### 5.4.1 Light Steel Framing

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de EE dos principais materiais/componentes especificados no projeto padrão concebido no sistema construtivo *LSF*.

**Tabela 3 - EE dos principais materiais/componentes especificados no projeto padrão concebido no sistema construtivo *LSF***

Material	EE - MAT (MJ)	Representatividade	Acumulado	MJ/m <sup>2</sup>
Concreto Usinado $f_{ck}$ 20 MPa	82.366,7	53%	53%	2.087,9
Montante M90	27.630,2	18%	71%	700,4
Guia G90	7.410,0	5%	76%	187,8
Placa Cimentícia 2,40 x 1,20	6.594,8	4%	80%	167,2
Parafusos galvanizado	5.125,7	3%	84%	129,9
Demais Materiais	25.222,4	16%	100%	639,4
Total (MJ)	154.349,8	100%		3.912,5

Para esse caso, destaca-se o Concreto Usinado  $f_{ck}$  20 MPa com 82.366,7 MJ de EE correspondente a 53% do total e o Montante M90 com 27.630,2 MJ correspondente a 18%.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados discriminados por subsistemas.

**Tabela 4 - Resultados a partir dos subsistemas**

Subsistemas	Total	Representatividade	Acumulado	MJ/m <sup>2</sup>
Fundação	86.131,2	56%	56%	2.183,3
Estrutura	27.732,7	18%	18%	703,0
Cobertura	18.642,7	12%	12%	472,6
Fechamento	9.160,0	6%	6%	232,2
Laje caixa d'água	543,8	0%	0%	13,8
Revestimento	6.180,2	4%	4%	156,7
Pintura	3.953,0	3%	3%	100,2
Louças, metais e hidráulica	1.294,6	1%	1%	32,8
Esquadrias	711,4	0%	0%	18,0
Total (MJ)	154.349,8			3.912,5

Nesse caso destaca-se a Fundação com 86.131,2 MJ representando 56,0% e a Estrutura com 27.732,7 MJ representando 18%.



### 5.4.2 Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto

Na Tabela 5 são apresentados os resultados de EE dos principais materiais/componentes especificados no projeto padrão concebido em Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto.

**Tabela 5 - Resultados dos principais materiais**

Material	EE - MAT (MJ)	Representatividade	Acumulado	MJ/m <sup>2</sup>
Bloco Estrutural de concreto 19x19x39	173.431,6	48%	48%	4.396,2
Concreto Usinado $f_{ck}$ 20MPa	48.236,9	13%	62%	1.222,7
Cimento Portland CP II-E-32	5.924,9	2%	63%	150,2
Cal Hidratada CH III	6.559,4	2%	65%	166,3
Telha Fibrocimento 8mm	4.012,4	1%	66%	101,7
Demais Materiais	23.821,5	1%	67%	603,8
Total (MJ)	261.986,7			6.641,0

Para esse sistema construtivo, destaca-se o Bloco Estrutural de Concreto 19x19x39 com 173.431,6 MJ de EE correspondente a 48% e Concreto Usinado  $f_{ck}$  20 MPa com 48.236,9 MJ de EE correspondente a 13%.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados discriminados por subsistemas.

**Tabela 6 - Resultados de EE a partir dos subsistemas para Alvenaria Estrutural em Blocos de Concreto**

Subsistemas	EE - MAT (MJ)	Representatividade	Acumulado	MJ/m <sup>2</sup>
Vedação e estrutura	186.939,5	71%	71%	4.738,6
Fundação	53.029,4	20%	91%	1.344,2
Laje Caixa d'água	4.473,0	2%	93%	113,4
Revestimento Cerâmico	7.112,4	3%	96%	180,3
Pintura	3.992,7	2%	98%	101,2
Cobertura	4.399,0	2%	99%	111,5
Louças, Metais e Hidráulica	1.327,6	1%	100%	33,7
Esquadrias	713,1	0%	100%	18,1
Total (MJ)	261.986,7			6.641,0

Nesse caso destaca-se a vedação e estrutura com 186.939,5 MJ de EE, correspondendo a 71%, e a fundação com 53.029,4 MJ, representando 20%.

### 5.4.3 Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos

Conforme Tabela 7 são apresentados os resultados de EE dos principais materiais/componentes especificados no projeto padrão concebido em Alvenaria Estrutural com Blocos Cerâmicos.

**Tabela 7 - Representatividade da EE dos materiais**

Material	EE - MAT (MJ)	Representatividade	Acumulado	MJ/m <sup>2</sup>
Concreto Usinado $f_{ck}$ 20 MPa	48.235,3	41%	41%	1.222,7
Bloco Cerâmico vazado estrutural - 19x19x39cm	29.115,1	25%	66%	738,0
Cal Hidratada CH III	6.543,2	6%	71%	165,9
Cimento Portland CP II-E-32	5.918,9	5%	76%	150,0
Telha Fibrocimento 8mm	4.009,9	3%	80%	101,6
Demais Materiais	23.781,5	20%	100%	602,8
Total (MJ)	117.603,9	100%		2.981,1

Para esse sistema construtivo destaca-se o Concreto Usinado  $f_{ck}$  20 MPa com 48.235,3 MJ, correspondendo a 41% e o bloco cerâmico vazado estrutural – bloco inteiro 19x19x39 com 29.115,1 MJ, representando 25%.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados discriminados por subsistemas.

**Tabela 8 - Resultados de EE a partir dos subsistemas para Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos**

Subsistemas	EE - MAT (MJ)	Representatividade	Acumulado	MJ/m <sup>2</sup>
Fundação	53.024,7	45%	45%	1.344,1
Vedação e estrutura	42.590,0	36%	81%	1.079,6
Revestimento Cerâmico	7.100,6	6%	87%	180,0
Cobertura	4.391,7	4%	91%	111,3
Pintura	3.992,2	3%	94%	101,2
Laje Caixa d'água	4.459,7	4%	98%	113,0
Louças, Metais e Hidráulica	1.331,8	1%	99%	33,8
Esquadrias	713,0	1%	100%	18,1
Total (MJ)	117.603,6			2.981,1

Nesse caso, destaca-se a fundação com 53.024,7 MJ, representando 45%, e vedação e estrutura com 42.590,0 MJ, representando 36%.

#### 5.4.4 Comparação

Na Tabela 9 são resumidos os valores de EE para cada sistema construtivo analisado.

**Tabela 9 - Comparação entre os sistemas construtivos estudados com relação aos valores de EE obtidos (GJ)**

Subsistemas	<i>Light Steel Framing</i>	Alvenaria Estrutural de blocos de concreto	Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos
Fundação	86,1	53,0	53,0
Estrutura, Vedação e Fechamento	36,9	186,9	42,6
Laje Caixa d'água	0,5	4,5	4,5
Cobertura	18,6	4,4	4,4
Revestimento cerâmico	6,2	7,1	7,1
Pintura	4,0	4,0	4,0
Louças, metais e hidráulica	1,3	1,3	1,3
Esquadrias	0,7	0,7	0,7
<b>Valores totais de EE (GJ)</b>	<b>154,3</b>	<b>262,0</b>	<b>117,6</b>
<b>Valores de EE (GJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>3,9</b>	<b>6,6</b>	<b>3,0</b>

De acordo com os dados apresentados nesta Tabela, o sistema construtivo em Alvenaria Estrutural de Blocos Cerâmicos se mostrou mais atraente sob o ponto de vista da EE, com o valor total de 117,6 GJ.

Embora apresente um valor de EE maior para o subsistema de vedação em relação ao *LSF*, esta diferença é compensada pelo baixo valor de EE associado ao subsistema de cobertura, acarretando em um valor total menor para este sistema.

Observa-se também o menor valor para da laje da caixa d'água concebida em *LSF* em comparação à laje concebida em concreto/lajota cerâmica para os demais sistemas.

Destacadamente, o subsistema de fundações apresentou maiores valores para o sistema construtivo *Light Steel Framing*, por esse ser concebido em *radier*, enquanto que para os demais sistemas construtivos adotou-se fundação com sapata corrida, acarretando menor necessidade de concreto.

Considerando apenas os subsistemas de estrutura, vedação e fechamento vertical, o sistema construtivo em *LSF* apresentou menor valor de EE com 36,9 GJ, enquanto a Alvenaria de Blocos de Concreto obteve 186,9 GJ e a Alvenaria de Blocos Cerâmicos 42,6 GJ. Desta forma, comparando apenas esse subsistema, ao empregar o sistema construtivo *Light Steel Framing*, obtêm-se menores valores de EE.

# Capítulo 6.

## ***Considerações finais***

---

### **6.1 Considerações sobre a pesquisa desenvolvida**

A importância de realizarem-se verificações do tipo ACV na indústria da construção civil é grande, devido ao fato do setor se encontrar em um momento de expansão, utilizar grande parcela de recursos naturais e produzir a maior parte dos resíduos sólidos urbanos.

Uma das formas de aplicar os conceitos de ACV, de forma simplificada, e obter valores significativos, consiste na aplicação da ACVE com o levantamento da EE dos materiais e componentes necessários para construção da edificação. Desta forma, pode-se comparar e escolher entre diversos tipos de materiais e sistemas construtivos que exerçam mesma função.

Porém, há de se salientar, que a mudança na escolha do fabricante do material, composição dos materiais, local onde será realizada a edificação, modal de transporte e outras características inerentes à realização da obra terão grandes impactos nos valores obtidos de EE para cada material e, desta forma, os valores totais para cada sistema construtivo será alterado. Portanto, salienta-se que não se pode tomar os resultados apresentados nesse trabalho como parâmetros para outras edificações.

Há também de salientar quanto às perdas de materiais que podem variar no sistema construtivo *LSF* a partir de um melhor desenvolvimento do projeto e detalhamento dos elementos, podendo escolher na aquisição de perfis de aço

galvanizado com 3 metros ou na produção individual de cada perfil. Assim, em optando-se pela última, não haverá perdas de perfil no canteiro de obras.

Para o caso analisado e considerando os parâmetros utilizados o sistema construtivo mais vantajoso é a alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, muito em razão da estrutura da cobertura ser em madeira, que possui baixo índice de EE.

Porém, para o sistema construtivo *LSF* se obteve resultado próximo, o que pode ser alterado caso altere algum parâmetro adotado na pesquisa.

Como exemplo, ao se alterar o sistema estrutural da cobertura da edificação em *LSF* de perfis metálicos para componentes de madeira, resulta-se num valor total de EEi de 139,7 GJ e 3,5 GJ/m<sup>2</sup> de EE, valores estes ainda superiores aos obtidos em alvenaria de blocos cerâmicos, porém, com uma diferença entre eles ainda menor.

Outro fator que se deve ressaltar diz respeito aos valores de EE utilizados neste trabalho, obtidos de literatura internacional e obedecendo às características de produção do país de origem. Assim, há a necessidade do desenvolvimento de banco de dados de EE representativos das condições do Brasil para contribuir com trabalhos de mesma natureza do desenvolvido.

## **6.2 Atendimento ao objetivo proposto**

O objetivo proposto para esse trabalho consistiu na quantificação da EE dos materiais e elementos de uma edificação concebida em *LSF* a partir de um projeto padrão, o que foi atendido conforme apresentado no Capítulo 5.

Nesse capítulo foram obtidos valores de EE por m<sup>2</sup> de construção, atendendo ao objetivo específico do trabalho e, desta forma, pôde-se, através de comparação, identificar qual sistema construtivo se apresenta mais atraente sob o ponto de vista da EEi.

### 6.3 Sugestões para trabalhos futuros

No sentido de dar continuidade as investigações sobre ACVE de edificações concebidas em diversos sistemas construtivos colocam-se as seguintes sugestões para trabalhos futuros.

- Aprofundar as pesquisas em EE em materiais de construção e produzir banco de dados nacional;
- Aplicar levantamento quantitativo similar, porém definindo a edificação em outra cidade ou Estado;
- Desenvolver EE dos materiais a partir do mesmo projeto padrão utilizando de sistemas construtivos existentes no mercado que não foram abordados nesse trabalho;
- Aplicar valores de EE para diversos projetos diferentes considerando um sistema construtivo na mesma cidade, obtendo uma média dos valores;
- explorar valores de EE considerando outras etapas não abordadas neste trabalho, como por exemplo, a EE no canteiros de obras, ou seja, durante a execução dos serviços;
- Realizar pesquisa similar, porém adotando o sistema construtivo *Wood Framing*.

# REFERÊNCIAS

---

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/>. Acessado em 07/07/2011 às 11:03H.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro. 2001. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6355: Perfis estruturais, de aço, formados a frio**. São Carlos, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14041. Gestão ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Definição do escopo, objetivos e análise do inventário**. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.. **NBR 12721: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio – Procedimento**. Rio de Janeiro. 2004.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. v. 1

ALVES, C. S. **Indicador do Eco-Conhecimento**: Desenvolvimento Sustentável sob a ótica Acadêmica. Dezembro de 2009. 246p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Belo Horizonte, 2009.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/municípioverdeazul/DiretivaHabitacaoSustentavel/DesenvSustentReciclagemResiduosConstCivil.pdf>. Acessado em 18/04/2011 às 14:20.

ARAÚJO, m. A. **A Moderna Construção Sustentável**. Disponível em <<http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf> > acessado em 16/09/2010 às 09:00.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de Sustentabilidade**: Uma análise comparativa. Reimpressão. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

BRASIL a. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, Disponível em <http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>. Acessado em 20/04/2011 às 17:03.

BRASIL b. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**. Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1830&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1830&id_pagina=1). Acessado em 20/04/2011 às 16:32.

BRASIL c. **Minha Casa, Minha Vida contrata mais de 1 milhão de moradias em 2010**. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/02/11/minha-casa-minha-vida-contrata-mais-de-1-milhao-de-moradias-em-2010>. Acessado em 26/04/2011 às 15:43.

BRASIL d. **Meta do Minha Casa, Minha Vida é dobrar o número de moradias**. Disponível



em <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/03/10/meta-do-minha-casa-minha-vida-e-dobrar-o-numero-de-moradias>. Acessado em 26/04/2011 às 17:02.

BRASIL e. **Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro** – Ministério de Minas e Energia – Boletim de Dezembro /2010. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/see/menu/publicacoes.html>. Acessado em 12/05/2011 às 10:52H..

**BRASILIT. Placa Cimentícia.** Disponível em [www.brasilit.com.br](http://www.brasilit.com.br). Acessado em 01/07/2011 às 16:03H.

CARVALHO, C. E. **A análise do ciclo de vida e os custos completos no planejamento energético.** 2000. 225p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CASALI, J. M. **Estudo da Interação entre a Argamassa de Assentamento e o bloco de Concreto para Alvenaria Estrutural: Transporte de água e aderência.** 2008. 348 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Catarina, Florianópolis, 2008.

**CDHU.** Caderno de Tipologias. Disponível em <http://portalsgcdhu.cdhu.sp.gov.br/http/informacoes/DownloadGeral/tedownload.asp>. Acessado em 15/03/2011 às 16:00H.

CHEN, J. J.; CHAMBERS, D. Sustainability and the impact of Chinese policy initiatives upon construction. **Construction Management and Economics**. Nº 17, p.679-687, 1999.

CIB - INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre UNEP-IETC **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document** Boutek Report No Bou/E0204, Pretória, CIB/UNEP-IETC. 2002.

COLAÇO, L. M. de M. BRANDÃO, A. P. **A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído: Projeto e materiais dos edifícios.** 2008. 207p. Tese (Doutor em Construção Civil) – Universidade Portucalense. Porto. 2008.

CONSULSTEEL. **Steel Framing: Manual de procedimento.** Disponível em <http://www.consulsteel.com>. Acessado em 24/06/2011 às 11:27H.

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light steel framing.** 2005. 254 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

DALTRO, A. T.; SENRA, R. F.; MATIELLO, G.. Fechamento vertical para habitação em *Light steel framing*. Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura. 7º, 10 – 12 de Novembro de 2009. Maringá. **Anais...** Maringá / PR. Novembro de 2009. 10p.

DUARTE, M. M., SOUZA, A. C. L.de, MAYER, M. D. Estudo do emprego do sistema Steel Frame em projeto de habitações populares. **Anais do Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura** – ENTECA. 2005, 11p.

FACHIN, P. Economia de baixo carbono: O desafio brasileiro. **Revista do Instituto Humanitas Unisinos**, São Leopoldo, RS, Edição 351, Ano X, P. 4 – 8 , 22 de Novembro de 2010.

FERREIRA, J. V. R.. **Análise do ciclo de vida dos produtos**. Viseu – Portugal, Escola Superior de Tecnologia de Viseu, 2004.80 p. Apostila

FONSECA, F. B. da. **Desempenho Estrutural de Paredes de Alvenaria de Blocos de Concreto de Agregados Reciclados de Rejeitos de Construção e Demolição**. 2002. 167 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.

**FRAMECAD**. FrameMaster F300. Disponível em [www.framecad.com](http://www.framecad.com). Acessado em 17/06/2011 às 15:00H.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Estatística e Informações, 2007. 129 p. Apostila

GALDIANO, G. de P. **Inventário do ciclo de Vida do Papel offset Produzido no Brasil**. 2006. 303p. Dissertação ( Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e Meio Ambiente no Brasil. **Revista Estudos Avançados** – USP. São Paulo, SP, Nº21, 14 p. 2007.

GEHLEN, J.; **Construção da Sustentabilidade em Canteiros de Obras**: Um estudo no DF. Dezembro de 2008. 158 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GIANSANTI, R. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Atual, 1998. 111p.

GOMES, A. P. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em Light Steel Framing**. 2007. 188 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro preto, 2007.

GONDIM, I. A.; e outros. Análise da economia nacional e a participação da indústria da construção civil. In: X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10º, 18 – 21 de Julho de 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, Julho de 2004. 15 p.

GRIGOLETI, G. de C. **Caracterização de Impactos Ambientais da Indústria de Cerâmica Vermelha do Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2001.

HANUM, D. F. L. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**: Uma proposta para sustentabilidade do aterro sanitário de Goiânia. 2007. 147p. Dissertação (Mestrado Desenvolvimento Sustentável) – Programa de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007.

**IDEIAS SOLUÇÕES**: Perfiladeira Pesada. Disponível em: [http://www.ideias-solucoes.com.br/perfiladeira\\_pesada\\_gd.htm](http://www.ideias-solucoes.com.br/perfiladeira_pesada_gd.htm), acessado em 17/06/2011 às 14:35H

**IFIB, Institut für Industrielle Bauproduktion. Baustoffdaten** – Ökoinventare. Universität Karlsruhe; Lehrstuhl Bauklimatik und Bauökologie, Hochschule für Architektur und Bauwesen (HAB) Weimar; Institut für Energietechnik (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich; M. Holliger, Holliger Energie Bern: Karlsruhe / Weimar / Zürich. 1995

ISO - *Internacional Organization for Standardization. ISO 14042: Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment* . 2000.

ISO - *Internacional Organization for Standardization*. Disponível em <http://www.iso.org>. Acessado em 16/09/2010 às 11:23.

IWAKIRI, S; MENDES, L. M.; SALDANHA, L. K.; SANTOS, J. C. dos. Utilização da Madeira de Eucalipto na Produção de Chapas de Partículas Orientadas – OSB. **Revista Cerne**. Lavras, V. 10, n. 1, p. 46-52, jan/jun. 2004.

JARDIM, G. T. da C.; CAMPOS, A. de S. “**Light steel framing**”: **Uma aposta do setor Siderúrgico no Desenvolvimento Tecnológico da Construção Civil**. Disponível em <http://www.cbca-iabr.org.br/apostilas-e-trabalhos-detalhes.php?cod=60&bsc=ativar>. Acessado em: 15/03/2010 às 14h00min.

**JET CASA**: A solução, Sistema Construtivo Industrializado. Disponível em <http://www.jetcasa.com.br>. Acessado em 21/05/2011 às 16:34.

JOHN, V.M.; **Textos técnicos** – A construção e o meio ambiente. Disponível em: [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a\\_construcao\\_e.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a_construcao_e.htm). Acessado em 22/04/2011 às 9:30.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Fevereiro de 2000. 113p. Tese (Livre Docente) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KALBUSCH, A. **Critérios de Avaliação de Sustentabilidade Ambiental dos Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários em Edifícios de Escritórios**. 2006. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006, Porto Alegre, 2006.

KNEBEL, A. J. **Eficiência Energética no Segmento Empresarial**: Um enfoque a mitigação de gases de Efeito Estufa. 2003. 243p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

KUHN, E. A. **Avaliação da Sustentabilidade Ambiental do Protótipo de Habitação de Interesse Social Alvorada** . Outubro de 2006. 177p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L. PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Editora PW, São Paulo, 1997.

LAWSON, R. M. e outros. **Modular Construction Using Light steel framing**. Na architect’s guide. The Steel Construction Institute, Inglaterra, 1999.

LEMOS, H. M.; **Agenda 21 no Brasil**. Instituto Brasil PNUMA (Comitê brasileiro do programa das nações unidas para o meio ambiente). 2006. Disponível em: <http://www.brasilpnuma.org.br/saibamais/agenda21.html> acessado dia 09/05/2011 às 15:00H.

LIMA, A. L. de A. **Construção de Edificações em Módulos Pré-Fabricados em LSF – Light steel framing**: Ensaio projetual. 2008. 204p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo. 2008

LOBO, F. H. R. **Inventário de Emissões Equivalente de Dióxido de Carbono e Energia**

**Embutida na composição de Serviços em Obras Públicas.** Estudo de caso no estado do Paraná. 2010. 1000p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LOPES, I. V. (Org.). **O mecanismo de desenvolvimento limpo:** guia de orientação. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. p. 90

**LP BRASIL.** Disponível em [www.lpbrasil.com.br](http://www.lpbrasil.com.br). Acessado em 01/07/2011 às 10:56H.

**MADEX A solução definitiva.** Disponível em [www.madex.ind.br](http://www.madex.ind.br). Acessado em 01/07/2011 às 15:00H.

MARCONDES, F. C. S. **Sistemas logísticos reversos na indústria da construção civil** – estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado. 17 de Setembro de 2007. 365 p. Dissertação ( Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

MARCOS, M. H. C. **Análise da Emissão de CO<sub>2</sub> na Fase Pré-Operacional da Construção de Habitações de Interesse Social Através da Utilização de uma Ferramenta CAD-BIM.** 2009. 130p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E. C.; VILHENA, A. **Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Aplicações.** Campinas: CETEA/CEMPRE, 2002. 92p.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de Projetos de Edificações: **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos.** 2009.Vol. 4, nº1, São Paulo, SP, Maio de 2009. P. 84 a 119. 2009.

MOTTA, S. R. F.. **Sustentabilidade na Construção Civil:** Crítica, Síntese, Modelo de política e gestão de empreendimentos. 2009. 122 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) –Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

NÁPRAVNÍK, L. A. F. K. F. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e Transferência de Tecnologia:** O projeto de MDL do aterro sanitário de Salvador. 2009. 106p. Dissertação (Mestrado em Administração Estratégica) – Programa de Pós-Graduação em Administração Estratégica, Universidade Salvador, Salvador, 2009.

OLIVEIRA, A. S.. **Análise ambiental da viabilidade de seleção de produtos da construção civil através da ACV e do software Bees 3.0.** 30 de Novembro de 2007. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PENNA, F.A.N.de C. **Análise da Viabilidade Econômica do Sistema Light steel framing na Execução de Habitações de Interesse Social:** Uma abordagem pragmática. 2009. 92p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2009.

**PLACO. Dry wall.** Disponível em : [www.placo.com.br](http://www.placo.com.br). Acessado em 04/07/2011 às 11:28H.

PLESSIS, C. du (Org). **Agenda 21; for Sustainable Construction in Developing Countries.** A discussion document. Rotterdam. CIB, CSIP, 2002.

POPO-OLA, S.O.; BIDDLE, A. R.; LAWSON, R.M. **Durability of Light steel framing in Residential Building.** Apostila. 2000. 68p. the Steel Construction Institute. United Kingdom.

2000.

PRECISION STRUCTURAL ENGINEERING. **Steel Framing**. Disponível em; [http://www.structure1.com/light\\_steel.htm](http://www.structure1.com/light_steel.htm). Acessado em 16/06/2011 Às 15:40H.

PULLEN, S. F. **The Spatial Representation of Embodied Energy of Residential Areas in the Urban Environment**. 1996. 297 p. Thesis (Doctor Degree of Philosophy) – The University of Adelaide. Adelaide, Australia. 1996.

RAMÍREZ, P. K. S. **Análise de Métodos de Alocação Utilizados em Avaliação do Ciclo de Vida**. 2009. 138p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Catarina, Florianópolis, 2009.

RIBEIRO, F. de M. **Inventário de ciclo de vida da geração hidroelétrica no Brasil – Unisa de Itaipu: Primeira aproximação**. 2003. 181 p. Dissertação (Programa Interunidades de Pós Graduação – PIPGE/USP) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel Framing: Engenharia**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Siderurgia – Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2006. 128p. Apostila.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; ARAÚJO, Ernani Carlos de. **Sistema Light steel framing como Fechamento Externo Vertical Industrializado**. In: CONSTRUMETAL, 2008, São Paulo. São Paulo, 10p, 2008.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema Light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2008. 153p.

SACHS, I. VEIGA, J. E. da. **Desenvolvimento Sustentável: Desafio do século XXI. Ambiente & Sociedade**. Rio de Janeiro, Vol VII nº 2, 214 - 125p., 2004.

SCHARFF, R. **Residential Steel Framing; Handbook**. New York. McGraw Hill, 1996. 429p.

SEIFFERT, M. E. B.. **Mercado de carbono e protocolo de Quioto: oportunidades de negócio na busca da sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2009.

SEO, E. S. M.; KULAY, L. A. **Avaliação do Ciclo de Vida: Ferramenta Gerencial para Tomada de Decisão**. Interfacehs. São Paulo. 23p. 2006.

SIEMPELKAMP, Disponível em <http://www.siempelkamp.com.br/pt-br/produto/resfriamento-empilhamento>, acessado em 15/08/2011 às 11:06H.

SILVA, F. B. da. **Sistemas Construtivos: Wood Frame – Construção com perfis e chapas de madeira**. *Revista Técnica*, São Paulo, Edição 161, 112 p, 18 de Agosto de 2010.

SILVA, V. G. da. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e base metodológica**. 2003. 210p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SINDUSCON. **Gestão Ambiental dos Resíduos da Construção Civil: A experiência do SindusCon-SP**. Tarcísio de Paulo Pinto, coordenador. São Paulo, SP; Obra Limpa, SindusCon, 2005.



SOARES, S. R.; SOUZA, D.M. de; PEREIRA, S. W. **A Avaliação do Ciclo de Vida no contexto da Construção Civil. Coletânea HABITARE.** Disponível em: <[http://www.habitare.org.br/ArquivosConteudo/ct\\_7\\_cap4.pdf](http://www.habitare.org.br/ArquivosConteudo/ct_7_cap4.pdf)> . Acessado em 22/03/2010 às 19h00min.

SOUZA, U. E. L. de. **Como Aumentar a Eficiência da Mão-de-obra: Manual de gestão da produtividade na construção civil.** São Paulo : Editora Pini, 2006.

STACHERA, T. J.; CASAGRANDE, E. F. J. **Avaliação das Emissões de CO2 na Construção Civil:** Um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. In: IX ENGEMA – Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, nº9, 19 a 21 de novembro de 2007, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba, 2007. P. 13.

STRAND SYSTEMS ENGINEER, INC. **Wood Framing.** Disponível em; <http://www.strandsystems.com/portals/0/Frame1.JPG>. Acessado em 16/06/2011 às 15:31 H.

TAVARES, S. F. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras.** Abril de 2006. 225 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Pós- Graduação em Engenharia Civil PPGECC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

**TCPO, Tabelas de composição de Preços para Orçamentos.** Editora PINI. São Paulo, 2003. CD-ROM, desenvolvido pela Construnet.

TING, S. K. **Optimisation of Embodied Energy in Domestic Construction.** 2006. 260p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – RMIT *University*, Melbourne, Austrália, 2006.

**US HOME.** Disponível em [www.ushome.com.br](http://www.ushome.com.br). Acessado em 05/07/2011 às 16:00H.

VIVAN, A. L. **Projetos para Produção de Residências Unifamiliares em Light steel framing.** 2011. 220 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

WILTING, H.C. **An energy perspective on economic activities.** Doctoral Thesis, Rijksuniversiteit Groningen, Holanda, 1996. ISBN 90-367-0679-3.

# APÊNDICES

## Apêndice A – Levantamento quantitativo de materiais do projeto padrão para o sistema construtivo *Light Steel Framing*.

Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
<b>Fundação</b>							
	<i>Radier</i>		Concreto Usinado FCK 20 MPA	m³	0,15	39,50	5,93
			Telas soldadas Q138 Ø 4,2mm #10x10cm	Kg	1,03	53	54,59
			arame Recozido	Kg	0,01	53	0,53
			Aço para vigas	kg	1,1	36,61	40,27
			Madeira para formas	m²	6	1	6,00
<b>Estrutura</b>							
	Painel 101	Estrutura Vertical	Montante M90	m	17	2,4	40,80
			Montante M90 - Janelas	m	1	2,8	2,80
			ombreiras	m	4	2,4	9,60
		apoio	Guia G90	m	2	6,19	12,38
			Guia G90 - Janelas	m	2	1,2	2,40
		Bloqueador	Guia 90	m	1	10,12	10,12
	Painel 102	Estrutura Vertical	Montante M90	m	13	2,4	31,20
			Montante M90 - portas	m	4	0,3	1,20
			ombreiras	m	8	2,4	19,20

Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
		apoio	Guia G90	m	2	6,28	12,56
			Guia G90 - portas	m	1	1,2	1,20
		Bloqueador	Guia 90	m	1	9,88	9,88
	Painel 103	Estrutura Vertical	Montante M90	m	3	2,4	7,20
			Montante M90 - portas	m	2	0,3	0,60
			ombreiras	m	4	2,4	9,60
		apoio	Guia G90	m	2	1,3	2,60
			Guia G90 - portas	m	1	0,9	0,90
		Bloqueador	Guia 90	m	1	0,686	0,69
	Painel 104	Estrutura Vertical	Montante M90	m	14	2,4	33,60
			Montante M90 - portas	m	2	2,1	4,20
			Montante M90 - Janelas	m	3	1	3,00
			Montante M90 - Janelas	m	2	0,7	1,40
			ombreiras	m	12	2,4	28,80
		apoio	Guia G90	m	2	6,28	12,56
			Guia G90 - portas	m	1	0,9	0,90
			Guia G90 - Janelas	m	2	1,2	2,40
			Guia G90 - Janelas	m	2	0,7	1,40
		Bloqueador	Guia 90	m	1	3,53	3,53
	Painel 105	Estrutura Vertical	Montante M90	m	14	2,4	33,60
			Montante M90 - Janelas	m	5	1,4	7,00
			ombreiras	m	8	2,4	19,20
		apoio	Guia G90	m	2	6,29	12,58
			Guia G90 - Janelas	m	4	1,2	4,80
		Bloqueador	Guia 90	m	1	3,89	3,89
	Painel 106	Estrutura Vertical	Montante M90	m	11	2,4	26,40
		apoio	Guia G90	m	2	3,19	6,38



Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
		Bloqueador	Guia 90	m	1	3,19	3,19
	Painel 107	Estrutura Vertical	Montante M90	m	8	2,4	19,20
		apoio	Guia G90	m	2	2,19	4,38
		Bloqueador	Guia 90	m	1	2,19	2,19
	Painel 108	Estrutura Vertical	Montante M90	m	24	2,4	57,60
		apoio	Guia G90	m	2	6,29	12,58
		Bloqueador	Guia 90	m	1	6,29	6,29
	Painel 109	Estrutura Vertical	Montante M90	m	5	1	5,00
		apoio	Guia G90	m	2,67	1	2,67
		Bloqueador	Guia 90	m	0	0	0,00
	Painel 110	Estrutura Vertical	Montante M90	m	5	1	5,00
		apoio	Guia G90	m	2,67	1	2,67
		Bloqueador	Guia 90	m	0	0	0,00
	Painel 111	Estrutura Vertical	Montante M90	m	4	1,5	6,00
		apoio	Guia G90	m	2	1,14	2,28
		Bloqueador	Guia 90	m	0	0	0,00
	Painel 112	Estrutura Vertical	Montante M90	m	4	1	4,00
		apoio	Guia G90	m	2	1,14	2,28
		Bloqueador	Guia 90	m	0	0	0,00
	Painel 113	Estrutura Vertical	Montante M90	m	4	1,43	5,72
		apoio	Guia G90	m	2	1,14	2,28
		Bloqueador	Guia 90	m	0	0	0,00
	Vigas CX	Vigas	Montante 140	m	6	0,65	3,90
	Parafusos	Para estrutura	Parafuso galvanizado	pças	1250	1	1250,00
<b>Fechamento</b>							
	Painel 101	Externo - Vista AA	Membrana de Polietileno	m²	6,19	2,4	14,86

Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
			Placa Cimentícia - sem cortes 2,40x1,20 m	pças	3	1	3,00
			Placa Cimentícia - com cortes 2,40x1,20 m	pças	3	1	3,00
			Junta invisível	m	7	2,4	16,80
		interno	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	5	1	5,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	3	1	3,00
			Junta	m	8	2,4	19,20
	Painel 102	Interno - Vista AA	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	2	1	2,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	3	1	3,00
			Junta	m	8	2,4	19,20
		Interno	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	2	1	2,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	4	1	4,00
			Junta	m	7	2,4	16,80
	Painel 103	Interno - Vista AA	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	0	0	0,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	2	1	2,00
			Junta	m	3	2,4	7,20
		Interno	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	0	0	0,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	1	1	1,00

Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
			Junta	m	3	2,4	7,20
	Painel 104	Interno - Vista AA	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	1	1	1,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	5	1	5,00
			Junta	m	9	2,4	21,60
		Externa	Membrana de Polietileno	m <sup>2</sup>	6,28	2,4	15,07
			Placa Cimentícia - sem cortes 2,40x1,20 m	pças	1	1	1,00
			Placa Cimentícia - com cortes 2,40x1,20 m	pças	6	1	6,00
			Junta invisível	m	9	2,4	21,60
	Painel 105	Externa - Vista AA	Membrana de Polietileno	m <sup>2</sup>	6,29	2,4	15,10
			Placa Cimentícia - sem cortes 2,40x1,20 m	pças	1	1	1,00
			Placa Cimentícia - com cortes 2,40x1,20 m	pças	4	1	4,00
			Junta invisível	m	8	2,4	19,20
		Interna	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	0	0	0,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	6	1	6,00
			Junta	m	10	2,4	24,00
	Painel 106	Interno - Vista AA	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	1	1	1,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	2	1	2,00
			Junta	m	4	2,4	9,60

Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
		Interno	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	1	1	1,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	2	1	2,00
			Junta	m	4	2,4	9,60
	Painel 107	Interno - Vista AA	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	1	1	1,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	1	1	1,00
			Junta	m	3	2,4	7,20
		Interno	Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	1	1	1,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - com cortes - 2,40 x 1,20 m	pças	1	1	1,00
			Junta	m	3	2,4	7,20
	Painel 108	Externo - Vista AA	Membrana de Polietileno	m <sup>2</sup>	6,29	2,4	15,10
			Placa Cimentícia - sem cortes 2,40x1,20 m	pças	5	1	5,00
			Placa Cimentícia - com cortes 2,40x1,20 m	pças	0	1	0,00
			Junta invisível	m	7	2,4	16,80
			Placa de Gesso Acartonado RS - Sem cortes	pças	2	1	2,00
			Placa de Gesso Acartonado RS - Retalho	pças	4	1	4,00
			Junta	m	10	2,4	24,00
	Painel 109	Externa - Vista AA	Membrana de Polietileno	m <sup>2</sup>	1,6	1	1,60
			Placa Cimentícia - sem cortes 2,40x1,20 m	pças	0	0	0,00

Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
			Placa Cimentícia - com cortes 2,40x1,20 m	pças	1	1	1,00
			Junta invisível	m	3	1,25	3,75
	Painel 110	Externa - Vista AA	Membrana de Polietileno	m²	1,6	1	1,60
			Placa Cimentícia - sem cortes 2,40x1,20 m	pças	0	0	0,00
			Placa Cimentícia - com cortes 2,40x1,20 m	pças	1	1	1,00
			Junta invisível	m	3	1,25	3,75
	Painel 111	Externa - Vista AA	Membrana de Polietileno	m²	1,5	1,14	1,71
			Placa Cimentícia - sem cortes 2,40x1,20 m	pças	0	0	0,00
			Placa Cimentícia - com cortes 2,40x1,20 m	pças	1	1	1,00
			Junta invisível	m	3	1,5	4,50
	Painel 112	Externa - Vista AA	Membrana de Polietileno	m²	1	1,14	1,14
			Placa Cimentícia - sem cortes 2,40x1,20 m	pças	0	0	0,00
			Placa Cimentícia - com cortes 2,40x1,20 m	pças	1	1	1,00
			Junta invisível	m	3	1	3,00
			Parafusos	Und	1500	1	1500,00
<b>Cobertura</b>							
	Tesouras	Elementos	Montante M90	m	9	22,32	200,88
		Beiral	Montante M90	m	28	1,47	41,16
		sanefa	Guia G90	m	4	7,3	29,20
		Contraventamento	Guia G90	m	2	7,3	14,60
		Ripas	Perfil Cartola	m	18	7,3	131,40
		Telha	fibrocimento 8mm	m²	1	54,5	54,50
	Painel 113	Telha	fibrocimento 8mm	m²	1	1,7	1,70

Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
<b>Revestimento</b>							
	Interno						
		Cozinha	Cola a base de PVA	kg	0,9	7,53	6,78
			Azulejo cerâmico esmaltado liso (comprimento: 150 mm / largura: 150 mm)	m²	1,1	7,53	8,28
		Banheiro	Cola a base de PVA	kg	0,9	13,4	12,06
			Azulejo cerâmico esmaltado liso (comprimento: 150 mm / largura: 150 mm)	m²	1,1	13,4	14,74
							0,00
	Externo						
	Piso						
		Todos ambientes	Piso cerâmico esmaltado liso brilhante (comprimento: 300 mm / espessura: 8 mm / largura: 300 mm / resistência a abrasão: 3)	m²	1,19	39,44	46,93
			Argamassa pré-fabricada de cimento colante para assentamento de peças cerâmicas	Kg	4,4	39,44	173,54
<b>pintura</b>							
09940.8.2.1		Externa	Selador acrílico	l	0,2100	87	18,27
			Textura acrílica	l	0,6600	87	57,42
09115.8.12.1		Interna	Selador base PVA para pintura látex	l	0,1200	87	10,44
			Tinta látex PVA (tipo de acabamento: FOSCO )	l	0,1700	87	14,79
<b>Instalações Hidráulicas</b>							



Serviço	Painel	Componente	Material	U N	Qdade unitária	Comprim.	Qdade total
<b>Esquadrias</b>							
	Quartos		veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	2	1	2,00
			Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	2	1	2,00
	Cozinha		veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	2	1	2,00
			Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	1	1	1,00
	Banheiro		veneziana de Vidro 0,60x0,60	peças	1	1	1,00
			Porta de madeira 0,80 x 2,10	peças	1	1	1,00



**Apêndice B – Levantamento quantitativo de materiais do projeto padrão para o sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto.**

<b>Cód. TCPO</b>	<b>Serviço</b>	<b>Componente</b>	<b>Material</b>	<b>U N</b>	<b>Índice TCPO</b>	<b>Qdade unitária</b>	<b>Qdade Total</b>
<b>Fundação</b>							
		Sapata corrida	Concreto Usinado FCK 20 MPA	m³	1,0000	1,5	1,50
			Barra de aço CA-50 10mm²	Kg	0,6170	150,2	92,67
			Arame Recozido	Kg	0,0500	7,51	0,38
			Prego 17x27	kg	0,1000	7,51	0,75
			Sarrafo 1x4"	m	0,4500	37,55	16,90
			tábua 1 x 12"	m	3,0000	37,55	112,65
		Contra Piso	Concreto Usinado FCK 20 MPA	m³	1,0000	1,97	1,97
			Telas soldadas Q138 Ø 4,2mm #10x10cm	Kg	1,3000	37,55	48,82
			Arame Recozido	Kg	0,0500	37,55	1,88
<b>Laje</b>							
<b>Laje Caixa D'água</b>							
<b>03415.8.1.1</b>		Laje					
			Areia lavada tipo média	m³	0,0305	5,55	0,17
			Pedra britada 1	m³	0,0069	5,55	0,04
			Pedra britada 2	m³	0,0207	5,55	0,11
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	9,0000	5,55	49,95
			Barra de aço CA-50 (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	kg	1,8900	5,55	10,49

Cód. TCPO	Serviço	Componente	Material	U N	Índice TCPO	Qdade unitária	Qdade Total
			Laje pré-fabricada convencional para forro cerâmica	Kg	1,0000	15,5	15,50
			Prego 18 x 27 com cabeça (comprimento: 62,1 mm / diâmetro: 3,40 mm)	kg	0,0300	5,55	0,17
			Pontalete 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	1,7100	5,55	9,49
			Sarrafo 1 x 4" (altura: 100 mm / espessura: 25 mm)	m	0,9700	5,55	5,38
			Tábua (seção transversal: 1 x 12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m	0,5600	5,55	3,11
<b>Vedação e estrutura</b>							
		Alvenaria estrutural de blocos de concreto			m <sup>2</sup>		
<b>04222.8.1.2</b>		Bloco de concreto 19x19x39	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,0177	87	1,54
			Cal hidratada CH III	Kg	0,8845	87	76,95
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	7,0470	87	613,09
			Bloco de concreto estrutural - bloco inteiro 19 x 19 x 39 - resistência: 4,5 MPa - para receber revestimento (altura: 190 mm / comprimento: 390 mm / largura: 190 mm)	un	13,1000	87	1139,70
	Chapisco					m <sup>2</sup>	
09705.8.12.11		Externo	Pedrisco	m <sup>3</sup>	0,0070	87	0,61

Cód. TCPO	Serviço	Componente	Material	U N	Índice TCPO	Qdade unitária	Qdade Total
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	2,3940	87	208,28
09705.8.12.10		Interno	Pedrisco	m³	0,0070	87	0,61
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	2,3940	87	208,28
	Emboço	m²					
09705.8.2.27		Externo	Areia lavada tipo média	m³	0,0305	87	2,65
			Cal hidratada CH III	kg	6,0750	87	528,53
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	6,0750	87	528,53
09705.8.2.10		Interno	Areia lavada tipo média	m³	0,0244	87	2,12
			Cal hidratada CH III	kg	4,8600	87	422,82
09705.8.3.21	Emboço	m²					
		Externo	Areia lavada tipo média	m³	0,0061	87	0,53
			Cal hidratada CH III	kg	1,8250	87	158,78
		Interno	Areia lavada tipo média	m³	0,0061	87	0,53
			Cal hidratada CH III	kg	1,8250	87	158,78
	Pintura	m²					
09940.8.2.1		Externa	Selador acrílico	l	0,2100	87	18,27
			Textura acrílica	l	0,6600	87	57,42
09115.8.12.1		Interna	Selador base PVA para pintura látex	l	0,1200	87	10,44
			Tinta látex PVA (tipo de acabamento: FOSCO )	l	0,1700	87	14,79
<b>Revestimento Cerâmico</b>							
	Paredes	m²					
09706.8.1.10		Cozinha	Cola a base de PVA	kg	0,9000	7,53	6,78

Cód. TCPO	Serviço	Componente	Material	U N	Índice TCPO	Qdade unitária	Qdade Total
			Azulejo cerâmico esmaltado liso (comprimento: 150 mm / largura: 150 mm)	m²	1,1000	7,53	8,28
09706.8.1.10		Banheiro	Cola a base de PVA	kg	0,9000	13,4	12,06
			Azulejo cerâmico esmaltado liso (comprimento: 150 mm / largura: 150 mm)	m²	1,1000	13,4	14,74
	Piso	m²					
09606.8.2.2		Todos ambientes	Piso cerâmico esmaltado liso brilhante (comprimento: 300 mm / espessura: 8 mm / largura: 300 mm / resistência a abrasão: 3)	m²	1,1900	39,44	46,93
			Argamassa pré-fabricada de cimento colante para assentamento de peças cerâmicas	Kg	4,4000	39,44	173,54
<b>Cobertura</b>							
06110.8.2.1		Estrutura de madeira					
			Prego 18 x 27 com cabeça (comprimento: 62,1 mm / diâmetro: 3,40 mm)	Kg	0,0080	56,25	0,45
			Madeira (tipo de madeira: peroba )	m³	0,0085	56,25	0,48
		Telha	Telha de fibrocimento 8mm	m²	1,0000	56,25	56,25
<b>Instalações Hidráulicas</b>							0,00

Cód. TCPO	Serviço	Componente	Material	U N	Índice TCPO	Qdade unitária	Qdade Total
	Tubos e conexões						0,00
		Cozinha	Tubo	m	8,0000	1	8,00
			Cotovelo	pças	2,0000	1	2,00
			Tubo 1"	m	1,0000	1	1,00
			Tê 1"	pças	1,0000	1	1,00
			Redução 1" para 3/4"	peças	2,0000	1	2,00
			Registro 1"	peças	1,0000	1	1,00
		Banheiro	Tubo 3/4	m	10,0000	1	10,00
			Tê 3/4"	pças	2,0000	1	2,00
			Cotovelo 3/4"	peças	4,0000	1	4,00
<b>Louças e metais</b>							
	Banheiro						
			Lavatório Cerâmico	peças	1,0000	1	1,00
			Bacia sanitária com caixa acoplada	peças	1,0000	1	1,00
			Chuveiro	peças	1,0000	1	1,00
			Torneira	peças	1,0000	1	1,00
			Registro para Chuveiro	peças	1,0000	1	1,00
	Cozinha						0,00
			Pia de pedra	peças	1,0000	1	1,00
			Torneira	peças	1,0000	1	1,00
							0,00
<b>Esquadrias</b>							0,00
	Quartos		veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	2,0000	1	2,00
			Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	2,0000	1	2,00

<b>Cód. TCPO</b>	<b>Serviço</b>	<b>Componente</b>	<b>Material</b>	<b>U N</b>	<b>Índice TCPO</b>	<b>Qdade unitária</b>	<b>Qdade Total</b>
	Cozinha		veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	2,0000	1	2,00
			Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	1,0000	1	1,00
	Banheiro		veneziana de Vidro 0,60x0,60	peças	1,0000	1	1,00
			Porta de madeira 0,80 x 2,10	peças	1,0000	1	1,00

**Apêndice C – Levantamento quantitativo de materiais do projeto padrão para o sistema construtivo em alvenaria estrutural de bloco cerâmico.**

<b>cód. TCPO</b>	<b>Serviço</b>	<b>Componente</b>	<b>Material</b>	<b>U N</b>	<b>Índice TCPO</b>	<b>Qdade unitária</b>	<b>Qdade Total</b>
<b>Fundação</b>							
		Sapata corrida	Concreto Usinado FCK 20 MPA	m <sup>3</sup>	1,0000	1,5	1,50
			Barra de aço CA-50 10mm <sup>2</sup>	Kg	0,6170	150,2	92,67
			Arame Recozido	Kg	0,0500	7,51	0,38
			Prego 17x27	kg	0,1000	7,51	0,75
			Sarrafo 1x4"	m	0,4500	37,55	16,90
			tábua 1 x 12"	m	3,0000	37,55	112,65
		Contra Piso	Concreto Usinado FCK 20 MPA	m <sup>3</sup>	1,0000	1,97	1,97
			Telas soldadas Q138 Ø 4,2mm #10x10cm	Kg	1,3000	37,55	48,82
			Arame Recozido	Kg	0,0500	37,55	1,88
<b>Laje</b>							
<b>Laje Caixa D'água</b>							
<b>03415.8.1.1</b>		Laje					
			Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,0305	1,59	0,05
			Pedra britada 1	m <sup>3</sup>	0,0069	1,59	0,01
			Pedra britada 2	m <sup>3</sup>	0,0207	1,59	0,03
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	9,0000	1,59	14,28
			Barra de aço CA-50 1/4" (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	kg	1,8900	1,59	3,00

cód. TCPO	Serviço	Componente	Material	U N	Índice TCPO	Qdade unitária	Qdade Total
			Laje pré-fabricada convencional para forro cerâmica	m²	1,0000	1,59	1,59
			Prego 17x27	kg	0,0300	1,59	0,05
			Pontaletes 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	1,7100	1,59	2,71
			Sarrafo 1 x 4" (altura: 100 mm / espessura: 25 mm)	m	0,9700	1,59	1,54
			Tábua (seção transversal: 1 x 12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m	0,5600	1,59	0,89
<b>Vedação</b>							
		Alvenaria estrutural de blocos de concreto		m²			
<b>04212.8.1.4</b>		Bloco cerâmico 19x19x39	Areia lavada tipo média	m³	0,0174	87	1,52
			Cal hidratada CH III	Kg	0,3861	87	33,59
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	3,8610	87	335,91
			Bloco cerâmico vazado estrutural - bloco inteiro 19 x 19 x 39 (altura: 190 mm / comprimento: 390 mm / largura: 190 mm)	un	14,0000	87	1218,00
	Chapisco	m²					
09705.8.12.11		Externo	Pedrisco	m³	0,0070	87	0,61
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	2,3940	87	208,28
09705.8.12.10		Interno	Pedrisco	m³	0,0070	87	0,61
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	2,3940	87	208,28



<b>cód. TCPO</b>	<b>Serviço</b>	<b>Componente</b>	<b>Material</b>	<b>U N</b>	<b>Índice TCPO</b>	<b>Qdade unitária</b>	<b>Qdade Total</b>
	Emboço	m <sup>2</sup>					
09705.8.2.27		Externo	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,0305	87	2,65
			Cal hidratada CH III	kg	6,0750	87	528,53
			Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	6,0750	87	528,53
09705.8.2.10		Interno	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,0244	87	2,12
			Cal hidratada CH III	kg	4,8600	87	422,82
09705.8.3.21	emboço	m <sup>2</sup>					
		Externo	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,0061	87	0,53
			Cal hidratada CH III	kg	1,8250	87	158,78
		Interno	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,0061	87	0,53
			Cal hidratada CH III	kg	1,8250	87	158,78
	Pintura	m <sup>2</sup>					
09940.8.2.1		Externa	Selador acrílico	l	0,2100	87	18,27
			Textura acrílica	l	0,6600	87	57,42
09115.8.12.1		Interna	Selador base PVA para pintura látex	l	0,1200	87	10,44
			Tinta látex PVA (tipo de acabamento: FOSCO )	l	0,1700	87	14,79
<b>Revestimento Cerâmico</b>							
	Paredes	m <sup>2</sup>					
09706.8.1.10		Cozinha	Cola a base de PVA	kg	0,9000	7,53	6,78
			Azulejo cerâmico esmaltado liso (comprimento: 150 mm / largura: 150 mm)	m <sup>2</sup>	1,1000	7,53	8,28
09706.8.1.10		Banheiro	Cola a base de PVA	kg	0,9000	13,4	12,06
			Azulejo cerâmico esmaltado liso (comprimento: 150 mm / largura: 150 mm)	m <sup>2</sup>	1,1000	13,4	14,74

cód. TCPO	Serviço	Componente	Material	U N	Índice TCPO	Qdade unitária	Qdade Total
	Piso	m <sup>2</sup>					
09606.8.2.2			Piso cerâmico esmaltado liso brilhante (comprimento: 300 mm / espessura: 8 mm / largura: 300 mm / resistência a abrasão: 3)	m <sup>2</sup>	1,1900	39,44	46,93
			Argamassa pré-fabricada de cimento colante para assentamento de peças cerâmicas	Kg	4,4000	39,44	173,54
<b>Cobertura</b>							
06110.8.2.1		Estrutura de madeira					
			Prego 18 x 27 com cabeça (comprimento: 62,1 mm / diâmetro: 3,40 mm)	Kg	0,0080	56,25	0,45
			Madeira (tipo de madeira: peroba )	m <sup>3</sup>	0,0085	56,25	0,48
		telha de fibrocimento 8mm	Telha de fibrocimento 8mm	m <sup>2</sup>	1,0000	56,25	56,25
<b>Instalações Hidráulicas</b>							0,00
Tubos e conexões							0,00
		Cozinha	Tubo	m	8,0000	1	8,00
			Cotovelo	pças	2,0000	1	2,00
			Tubo 1"	m	1,0000	1	1,00
			Tê 1"	pças	1,0000	1	1,00
			Redução 1" para 3/4"	peças	2,0000	1	2,00
			Registro 1"	peças	1,0000	1	1,00

cód. TCPO	Serviço	Componente	Material	U N	Índice TCPO	Qdade unitária	Qdade Total
		Banheiro	Tube 3/4	m	10,0000	1	10,00
			Tê 3/4"	pças	2,0000	1	2,00
			Cotovelo 3/4"	peças	4,0000	1	4,00
<b>Louças e metais</b>							
	Banheiro						
			Lavatório Cerâmico	peças	1,0000	1	1,00
			Bacia sanitária com caixa acoplada	peças	1,0000	1	1,00
			Chuveiro	peças	1,0000	1	1,00
			Torneira	peças	1,0000	1	1,00
			Registro para Chuveiro	peças	1,0000	1	1,00
	Cozinha				0,0000	0	0,00
			Pia de pedra	peças	1,0000	1	1,00
			Torneira	peças	1,0000	1	1,00
							0,00
<b>Esquadrias</b>							
	Quartos		veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	2,0000	1	2,00
			Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	2,0000	1	2,00
	Cozinha		veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	2,0000	1	2,00
			Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	1,0000	1	1,00
	Banheiro		veneziana de Vidro 0,60x0,60	peças	1,0000	1	1,00
			Porta de madeira 0,80 x 2,10	peças	1,0000	1	1,00

**Apêndice D – Cálculo dos Valores de Energia Embutida em (MJ) para os materiais do projeto padrão em *Light Steel Framing*.**

Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (Km)	Massa específica (ton/Unidade comercial)	Peso Total (ton)	MJ-transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Concreto Usinado Fck 20MPa	M³	5,9	13.862,3	82.136,3	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	2,400	14,2	230,4	82.366,7
Telas soldadas Q138 Ø 4,2mm #10x10cm	Kg	54,6	31,0	1.692,3	Lobo, 2010	Contagem	626,0	0,001	0,1	1,0	1.693,3
arame recozido	Kg	0,5	30,0	15,9	Lobo, 2010	Contagem	626,0	0,001	0,0	1,0	16,9
Aço CA-50 Ø 10,00mm (3/8"), P=0,58Kg/m	Kg	40,3	31,0	1.248,4	Lobo, 2010	Contagem	626,0	0,001	0,0	1,0	1.249,4
Madeira para formas 20mm espessura	m³	0,1	0,5	0,1	Lobo, 2010	Curitiba	621,0	0,800	0,1	804,8	804,9
Montante M90	m	624,0	44,3	27.628,9	Calculado	Volta Redonda - São Paulo	570,0	0,001	0,8	1,2	27.630,2
Guia G90	m	185,8	39,9	7.408,9	calculado	Volta Redonda - São Paulo	570,0	0,001	0,2	1,1	7.410,0
Montante M 140	m	3,9	56,5	220,2	calculado	Volta Redonda - São Paulo	570,0	0,002	0,0	1,6	221,7
Perfil Cartola	m	131,4	20,4	2.677,9	calculado	Volta Redonda - São Paulo	570,0	0,001	0,1	0,6	2.678,5
Membrana de Polietileno	m²	51,1	0,0	0,1	Ting, 2006	Curitiba	621,0	0,000	0,0	0,1	0,3

Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (Km)	Massa específica (ton/Unidade comercial)	Peso Total (ton)	MJ-transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Placa Cimentícia 2,40m x 1,20m x 10mm	peças	27,0	243,9	6.585,3	calculado	Capivari	150,0	0,039	1,1	9,5	6.594,8
Placa de Gesso Acartonado 2,40 x 1,20	peças	50,0	50,9	2.546,8	calculado	Mogi das Cruzes	292,0	0,029	1,4	13,6	2.560,4
Telha Fibrocimento 8mm	m²	56,2	67,8	3.807,6	Lobo, 2010	Capivari	150,0	0,015	0,8	3,6	3.811,2
Placa de OSB 1,20x2,40x0,10m	Und.	1,0	1,3	1,3	Ting, 2006	Curitiba	621,0	0,045	0,0	45,3	46,5
Selador Acrílico	L	18,3	21,6	393,9	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,0	0,4	394,3
textura Acrílica	L	57,4	46,2	2.649,9	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,1	0,4	2.650,3
Selador a base de PVA pintura látex	L	10,4	21,6	225,1	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,0	0,4	225,5
Tinta látex PVA	L	14,8	46,2	682,6	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,0	0,4	682,9
Cola a base de PVA	Kg	18,8	78,4	1.477,1	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,0	0,4	1.477,4
Azulejo Cerâmico Esmaltado Liso	m²	23,0	64,6	1.486,4	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,005	0,1	8,1	1.494,5
Piso Cerâmico esmaltado brilhante	m²	46,9	52,1	2.444,1	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,010	0,5	16,2	2.460,3
Argamassa pré-fabricada de cimento colante	Kg	173,5	4,3	748,0	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,001	0,2	0,0	748,0
Tubo rig PVC sold.pta/bolsa água marr 25mm(3/4")	m	18,0	3,2	57,6	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	57,6
Joelho 90° PVC tipo PB, 25mm (3/4")	peças	6,0	4,0	24,0	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	24,0
Tubo rig PVC sold.pta/bolsa água marr 32mm(1")	m	1,0	3,2	3,2	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	3,2
Te 90° PVC tipo PB, 32mm(1")	peças	1,0	4,0	4,0	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	4,0

Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (Km)	Massa específica (ton/Unidade comercial)	Peso Total (ton)	MJ-transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Bucha red. sold. curta PVC ríg água marrom 32x25mm	peças	2,0	4,0	8,0	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	8,0
Registro de gaveta bruto 25mm (1").	peças	1,0	71,2	71,2	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	71,2
Te 90° PVC tipo PB, 25mm(3/4").	peças	2,0	4,0	8,0	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	8,0
Lavatório de louça branca médio	peças	1,0	250,0	250,0	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,080	0,1	129,6	379,6
Bacia sif louça branca p/cx acopl.	peças	1,0	375,0	375,0	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,023	0,0	37,3	412,3
Torneira	peças	1,0	7,8	7,8	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,8
Registro para Chuveiro	peças	1,0	7,2	7,2	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,2
Granito preto brasil 3cm (para tampos)	peças	1,5	1,9	2,8	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,050	0,1	81,0	83,8
Lavatório de alumínio	peças	1,0	220,0	220,0	Tavares, 2006	São Carlos	10,0	0,015	0,0	0,2	220,2
Torneira cromada p/lavatório 3/4"	peças	1,0	7,8	7,8	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,8
Veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	4,0	159,0	636,0	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,020	0,1	0,3	636,3
Veneziana de Vidro 0,60 x 0,60	peças	1,0	47,7	47,7	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,020	0,0	0,3	48,0
Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	3,0	6,8	20,4	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,020	0,1	0,3	20,7
Porta de madeira 0,80 x 2,10	peças	1,0	6,1	6,1	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,020	0,0	0,3	6,4
Parafusos galvanizado	peças	2.750,0	1,9	5.115,0	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,028	75,6	10,7	5.125,7
				152.948,5							154.349,8
											<b>TOTAL (MJ)</b>
											<b>TOTAL (GJ)</b>
											<b>TOTAL GJ/m²</b>

**Apêndice E – Cálculo dos Valores de Energia Embutida em (MJ) para os materiais do projeto padrão em alvenaria estrutural de blocos de concreto.**

Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (KM)	Massa específica (ton/UND)	Peso Total (ton)	MJ-transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Concreto Usinado Fck 20MPa	M³	3,5	13.862,3	48.102,0	.obo, 2010	ão Carlos	10,0	2,400	8,3	134,9	48.236,9
Telas soldadas Q138 Ø 1,2mm #10x10cm	Kg	48,8	31,0	1.513,4	.obo, 2010	ontagem	626,0	0,001	0,0	49,5	1.562,9
Arame recozido	Kg	2,3	30,0	67,8	.obo, 2010	ontagem	626,0	0,001	0,0	2,3	70,1
Aço CA-50 Ø 10,00mm (3/8"), P=0,58Kg/m	Kg	95,7	31,0	2.965,8	.obo, 2010	ontagem	626,0	0,001	0,1	97,0	3.062,8
Aldeira para formas 20mm espessura	m³	0,1	0,5	0,1	.obo, 2010	uritiba	621,0	0,800	0,1	96,6	96,6
Areia Lavada tipo média	m³	7,4	75,8	560,6	.obo, 2010	ão Carlos	10,0	1,700	12,6	203,8	764,3
Pedra Britada 1	m³	0,0	225,0	2,3	.obo, 2010	ão Carlos	10,0	1,200	0,0	0,2	2,4
Pedra Britada 2	m³	0,0	217,5	6,5	.obo, 2010	ão Carlos	10,0	1,200	0,0	0,6	7,1
CIMENTO Portland CP II-32	Kg	1.295,3	4,2	5.440,2	.obo, 2010	otorantim	231,0	0,001	1,3	484,7	5.924,9
Aço CA 50 6,30mm²	Kg	3,0	31,0	93,0	.obo, 2010	ontagem	626,0	0,001	0,0	3,0	96,0
laje pré fabricada treliçada 1/ forro 50 Kg	m²	1,6	1.961,1	3.118,1	.obo, 2010	ão Carlos	10,0	0,170	0,3	4,4	3.122,5
Preço 17x27	Kg	1,3	31,0	38,8	.obo, 2010	ontagem	626,0	0,001	0,0	1,3	40,0
Montalete 3ª construção	m	0,0	0,5	0,0	.obo, 2010	uritiba	621,0	0,008	0,0	0,2	0,3
Sarrafo 1x4"	m	18,4	0,5	9,2	.obo, 2010	uritiba	621,0	0,008	0,1	148,4	157,6
Álvia 1 x 12"	m	114,2	0,5	57,1	.obo, 2010	uritiba	621,0	0,008	0,9	919,4	976,5
Cimento hidratada CH III	Kg	1.302,5	4,0	5.249,1	.obo, 2010	uritiba	621,0	0,001	1,3	1.310,3	6.559,4

Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (KM)	Massa específica (ton/UND)	Peso Total (ton)	MJ-transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Bloco estrutural de concreto 19x19x39 *	Und.	1.140,0	151,9	173.154,6	ob, 2010	ão Carlos	10,0	0,015	17,1	277,0	173.431,6
Pedrisco	m³	1,2	225,0	274,5	ob, 2010	ão Carlos	20,0	1,200	1,5	47,4	321,9
Selador Acrílico	L	18,3	21,6	393,9	ob, 2010	ão Paulo	240,0	0,001	0,0	7,1	401,0
Textura Acrílica	L	57,4	46,2	2.649,9	ob, 2010	ão Paulo	240,0	0,001	0,1	22,3	2.672,3
Selador a base de PVA tinta látex	L	10,4	21,6	225,1	ob, 2010	ão Paulo	240,0	0,002	0,0	6,1	231,2
Tinta látex PVA	L	14,8	46,2	682,6	ob, 2010	ão Paulo	240,0	0,001	0,0	5,8	688,3
Cola a Base de PVA - Azulejo	Kg	18,8	78,4	1.477,1	ob, 2010	ão Paulo	240,0	0,001	0,0	7,3	1.484,4
Azulejo Cerâmico esmaltado liso	m²	23,0	64,6	1.486,4	ob, 2010	riciúma	1.000,0	0,005	0,1	186,5	1.672,9
Piso Cerâmico esmaltado brilhante	m²	46,9	52,1	2.444,1	ob, 2010	riciúma	1.000,0	0,010	0,5	760,3	3.204,4
Argamassa pré-fabricada de cimento colante	Kg	173,5	4,3	748,0	ob, 2010	ão Carlos	10,0	0,001	0,2	2,8	750,8
Madeira tipo Peroba	m³	0,5	0,5	0,2	ob, 2010	uritiba	621,0	0,800	0,4	386,3	386,6
Felha Fibrocimento 8mm	m²	56,2	67,8	3.807,6	ob, 2010	apivari	150,0	0,015	0,8	204,8	4.012,4
Tubo rig PVC sold.pta/bolsa água marr 25mm(3/4")	m	18,0	3,2	57,6	ob, 2010	rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,2	57,8
Joelho 90° PVC tipo PB, 25mm (3/4")	peças	6,0	4,0	24,0	ob, 2010	rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,1	24,1
Tubo rig PVC sold.pta/bolsa água marr 25mm(1")	m	1,0	3,2	3,2	ob, 2010	rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	3,2
Joelho 90° PVC tipo PB, 25mm(1"),	peças	1,0	4,0	4,0	ob, 2010	rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	4,0
Bucha red. sold. curta PVC 25mm(1")	peças	2,0	4,0	8,0	ob, 2010	rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	8,0
Registro de gaveta bruto 25mm (1").	peças	1,0	71,2	71,2	ob, 2010	rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	71,2



Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (KM)	Massa específica (ton/UND)	Peso Total (ton)	MJ- transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Relevo 90° PVC tipo PB, 15mm(3/4"),	peças	2,0	4,0	8,0	oboi, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	8,0
Lavatório de louça branca padrão	peças	1,0	250,0	250,0	oboi, 2010	Tricúma	1.000,0	0,080	0,1	129,6	379,6
Sanifona de louça branca p/cx compl.	peças	1,0	375,0	375,0	oboi, 2010	Tricúma	1.000,0	0,023	0,0	37,3	412,3
Moinho	peças	1,0	7,8	7,8	oboi, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,8
Registro para Chuveiro	peças	1,0	7,2	7,2	oboi, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,2
Granito preto brasil 3cm (para tampos)	peças	1,5	1,9	2,8	oboi, 2010	Tricúma	1.000,0	0,050	0,1	121,5	124,3
Lavatório de alumínio	peças	1,0	220,0	220,0	oboi, 2006	João Carlos	10,0	0,015	0,0	0,2	220,2
Moinho cromado para lavatório 3/4"	peças	1,0	7,8	7,8	oboi, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,8
Placa de Vidro 1,20 x 0,60	peças	4,0	159,0	636,0	oboi, 2010	João Carlos	10,0	0,020	0,1	1,3	637,3
Placa de Vidro 0,60 x 0,60	peças	1,0	47,7	47,7	oboi, 2010	João Carlos	10,0	0,020	0,0	0,3	48,0
Porta de madeira 0,90 x 0,10	peças	3,0	6,8	20,4	oboi, 2010	João Carlos	10,0	0,020	0,1	1,0	21,4
Porta de madeira 0,80 x 0,10	peças	1,0	6,1	6,1	oboi, 2010	João Carlos	10,0	0,020	0,0	0,3	6,4
<b>TOTAL (MJ)</b>										261.986,7	
<b>TOTAL (GJ)</b>										262,0	
<b>TOTAL GJ/m²</b>										6,6	

**Apêndice F – Cálculo dos Valores de Energia Embutida em (MJ) para os materiais do projeto padrão em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos.**

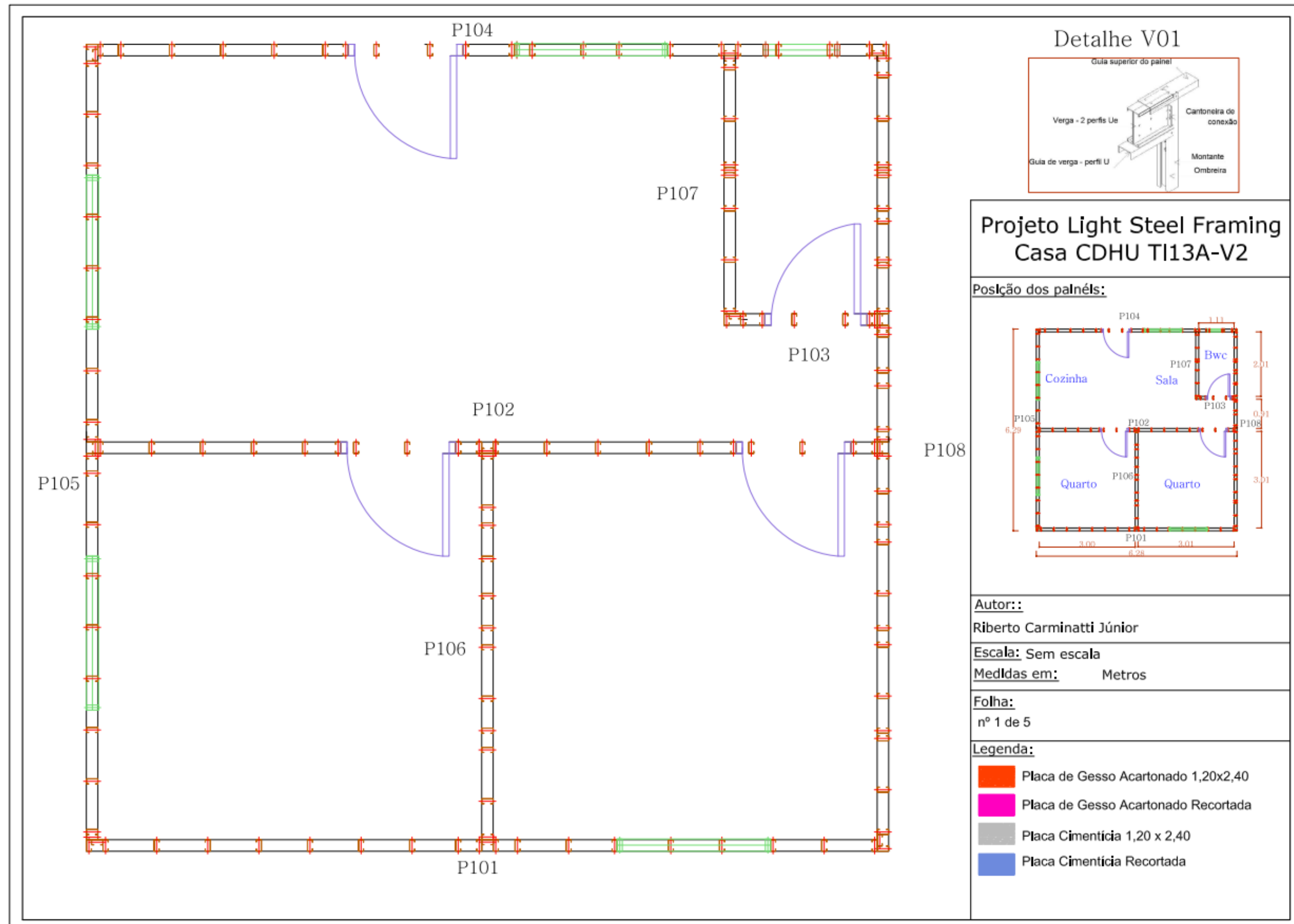
Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (KM)	Massa específica (ton/Unidad e comercial)	Peso Total (ton)	MJ-transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Concreto Usinado Fck 20MPa	M³	3,5	13.862,3	48.102,0	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	2,4	8,3	133,2	48.235,3
Telas soldadas Q138 Ø 4,2mm #10x10cm	Kg	48,8	31,0	1.513,4	Lobo, 2010	Contagem	626,0	0,0	0,0	48,9	1.562,3
arame recozido	Kg	2,3	30,0	67,8	Lobo, 2010	Contagem	626,0	0,0	0,0	2,3	70,1
Aço CA-50 Ø 10,00mm (3/8"), P=0,58Kg/m	Kg	95,7	31,0	2.965,8	Lobo, 2010	Contagem	626,0	0,001	0,1	95,8	3.061,6
Madeira para formas 20mm espessura	m³	0,1	0,5	0,1	Lobo, 2010	Curitiba	621,0	0,800	0,1	95,4	95,4
Areia Lavada tipo média	m³	7,4	75,8	560,6	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	1,700	12,6	201,3	761,8
Pedra Britada 1	m³	0,0	225,0	2,3	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	1,200	0,0	0,2	2,4
Pedra Britada 2	m³	0,0	217,5	6,5	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	1,200	0,0	0,6	7,1
CIMENTO Portland CP II-E-32	Kg	1.295,3	4,2	5.440,2	Lobo, 2010	Votorantim	231,0	0,001	1,3	478,7	5.918,9
aço CA 50 6,30mm²	Kg	3,0	31,0	93,0	Lobo, 2010	Contagem	626,0	0,001	0,0	3,0	96,0
Laje pré fabricada treliçada p/ forro 50 Kg	m²	1,6	1.961,1	3.118,1	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,170	0,3	4,3	3.122,4
Prego 17x27	Kg	1,3	31,0	38,8	Lobo, 2010	Contagem	626,0	0,001	0,0	1,3	40,0

Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (KM)	Massa específica (ton/Unidad e comercial)	Peso Total (ton)	MJ-transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Pontalete 3ª construção	m	0,0	0,5	0,0	Lobo, 2010	Curitiba	621,0	0,008	0,0	0,2	0,3
Sarrafo 1x4"	m	18,4	0,5	9,2	Lobo, 2010	Curitiba	621,0	0,008	0,1	146,6	155,8
tábua 1 x 12"	m	114,2	0,5	57,1	Lobo, 2010	Curitiba	621,0	0,008	0,9	908,1	965,2
cal hidratada CH III	Kg	1.302,5	4,0	5.249,1	Lobo, 2010	Curitiba	621,0	0,001	1,3	1.294,2	6.543,2
Bloco cerâmico vazado estrutural - bloco inteiro 19 x 19 x 39	Und.	1.218,0	23,2	28.257,6	Tavares, 2006	Porto Ferreira	55,0	0,008	9,7	857,5	29.115,1
Pedrisco	m³	1,2	225,0	274,5	Lobo, 2010	São Carlos	20,0	1,200	1,5	46,8	321,3
Selador Acrílico	L	18,3	21,6	393,9	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,0	7,0	400,9
textura Acrílica	L	57,4	46,2	2.649,9	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,1	22,0	2.672,0
Selador a base de PVA pintura látex	L	10,4	21,6	225,1	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,002	0,0	6,0	231,1
Tinta látex PVA	L	14,8	46,2	682,6	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,0	5,7	688,2
Cola a Base de PVA - Azulejo	Kg	18,8	78,4	1.477,1	Lobo, 2010	São Paulo	240,0	0,001	0,0	7,2	1.484,3
Azulejo Cerâmico esmaltado liso	m²	23,0	64,6	1.486,4	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,005	0,1	184,2	1.670,6
Piso Cerâmico esmaltado brilhante	m²	46,9	52,1	2.444,1	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,010	0,5	750,9	3.195,0
Argamassa pré-fabricada de cimento colante	Kg	173,5	4,3	748,0	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,001	0,2	2,8	750,7
Madeira tipo Peroba	m³	0,5	0,5	0,2	Lobo, 2010	Curitiba	621,0	0,800	0,4	381,5	381,8
Telha Fibrocimento 8mm	m²	56,2	67,8	3.807,6	Lobo,	Capivari	150,0	0,015	0,8	202,3	4.009,9

Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (KM)	Massa específica (ton/Unidad e comercial)	Peso Total (ton)	MJ-transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Tubo rig PVC sold.pta/bolsa água marr 25mm(3/4")	m	18,0	3,2	57,6	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,2	57,8
Joelho 90° PVC tipo PB, 25mm (3/4")	peças	6,0	4,0	24,0	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,1	24,1
Tubo rig PVC sold.pta/bolsa água marr 32mm(1")	m	1,0	3,2	3,2	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	3,2
Te 90° PVC tipo PB, 32mm(1"), conf. memo.	peças	1,0	4,0	4,0	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	4,0
Bucha red. sold. curta PVC ríg água marrom 32x25mm	peças	2,0	4,0	8,0	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	8,0
Registro de gaveta bruto 25mm (1").	peças	1,0	71,2	71,2	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	71,2
Te 90° PVC tipo PB, 25mm(3/4"), conf. memo.	peças	2,0	4,0	8,0	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	8,0
Lavatório de louça branca médio	peças	1,0	250,0	250,0	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,080	0,1	128,0	378,0
Bacia sif louça branca p/cx acopl.	peças	1,0	375,0	375,0	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,023	0,0	36,8	411,8
Torneira	peças	1,0	7,8	7,8	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,8
Registro para Chuveiro	peças	1,0	7,2	7,2	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,2
Granito preto brasil 3cm (para tampos)	peças	1,5	1,9	2,8	Lobo, 2010	Criciúma	1.000,0	0,050	0,1	120,0	122,8
Lavatório de alumínio	peças	1,0	220,0	220,0	Tavares, 2006	São Carlos	10,0	0,015	0,0	0,2	220,2
Torneira cromada p/lavatório 3/4"	peças	1,0	7,8	7,8	Lobo, 2010	Rio Claro	65,0	0,000	0,0	0,0	7,8

Material	Und.	Qdade	EE MJ/UND	EE - Material	Fonte	Cidade origem	Distância (KM)	Massa específica (ton/Unidad e comercial)	Peso Total (ton)	MJ- transp (MJ)	EE (MJ) TOTAL
Veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	4,0	159,0	636,0	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,020	0,1	1,3	637,3
Veneziana de Vidro 0,60 x 0,60	peças	1,0	47,7	47,7	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,020	0,0	0,3	48,0
Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	3,0	6,8	20,4	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,020	0,1	1,0	21,4
Porta de madeira 0,80 x 2,10	peças	1,0	6,1	6,1	Lobo, 2010	São Carlos	10,0	0,020	0,0	0,3	6,4
				111.427,3				<b>TOTAL (MJ)</b>			117.603, 6
								<b>TOTAL (GJ)</b>			117,6
								<b>TOTAL GJ/m<sup>2</sup></b>			3,0

### Apêndice G – Planta dos perfis estruturais aplicados no projeto padrão.



Apêndice H – Detalhamento dos painéis e aplicação do fechamento

PAINEL P101  
Planta

PAINEL P102  
Planta

PAINEL P104  
Planta

PAINEL P101  
Elevação

PAINEL P102  
Elevação

PAINEL P104  
Elevação

PAINEL P101  
Contraventamento

PAINEL P102  
Contraventamento

PAINEL P104  
Contraventamento

PAINEL P101  
Vedação Interna

PAINEL P102  
Vedação Interna - Vista AA

PAINEL P104  
Vedação Interna - Vista AA

PAINEL P101  
Vedação Externa - Vista AA

PAINEL P102  
Vedação Interna

PAINEL P104  
Vedação Externa

### Detalhe V01

Gua superior do painel

Verga - 2 perfis Ue

Guia de verga - perfil U

Cantoneira de conexão

Montante

Ombreira

---

### Projeto Light Steel Framing Casa CDHU TI13A-V2

**Posição dos painéis:**

**Autor::**  
Riberto Carminatti Júnior

**Escala:** Sem escala

**Medidas em:** Metros

**Folha:**  
nº 2 de 5

**Legenda:**

- Placa de Gesso Acartonado 1,20x2,40
- Placa de Gesso Acartonado Recortada
- Placa Cimentícia 1,20 x 2,40
- Placa Cimentícia Recortada

Apêndice I – Detalhamento dos painéis e aplicação do fechamento

**Detalhe V01**

**Projeto Light Steel Framing Casa CDHU TI13A-V2**

**Posição dos painéis:**

**Autor::**  
Riberto Carminatti Júnior

**Escala:**  
Medidas em: Metros

**Folha:**  
nº 3 de 5

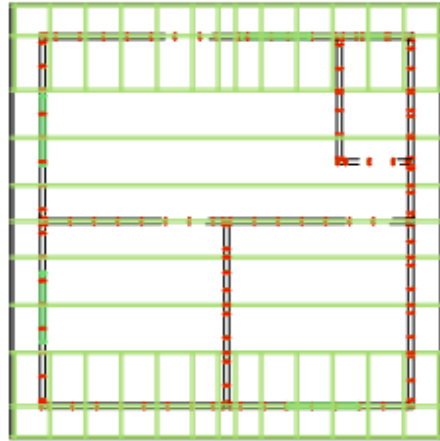
**Legenda:**

- Placa de Gesso Acartonado 1,20x2,40
- Placa de Gesso Acartonado Recortada
- Placa Cimentícia 1,20 x 2,40
- Placa Cimentícia Recortada

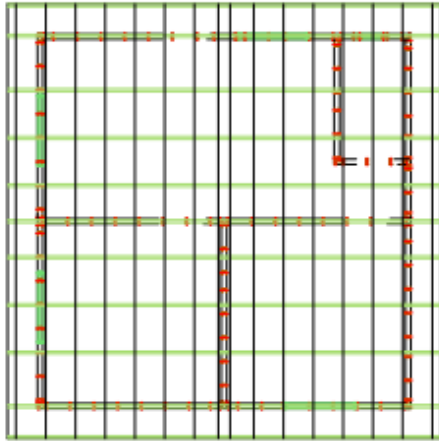


Apêndice J – Detalhamento da cobertura

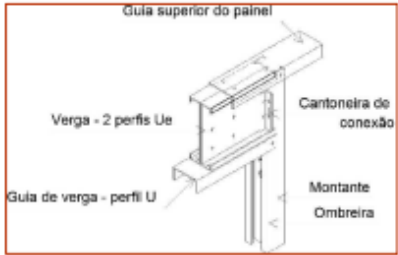
**Localização Cobertura**




**Detalhe Ripas de apoio**




**Detalhe V01**



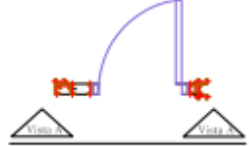
**Detalhe Tesoura**



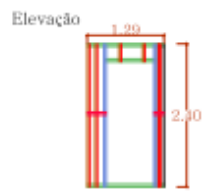
**Formação da tesoura**




**PAINEL P103**




**Elevação**




**Contraventamento**



**Vedação Interna - Vista AA**

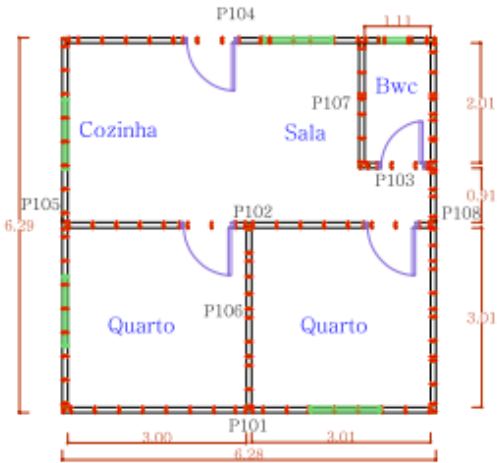


**Vedação Interna**



**Projeto Light Steel Framing  
Casa CDHU TI13A-V2**

**Posição dos painéis:**



**Autor::**  
Riberto Carminatti Júnior

**Escala:** Sem escala

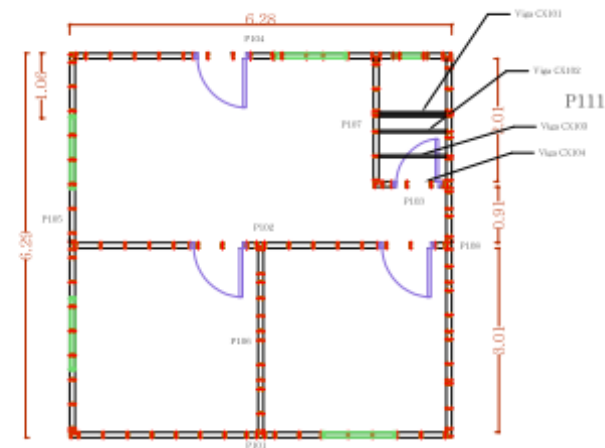
**Medidas em:** Metros

**Folha:**  
nº 4 de 5

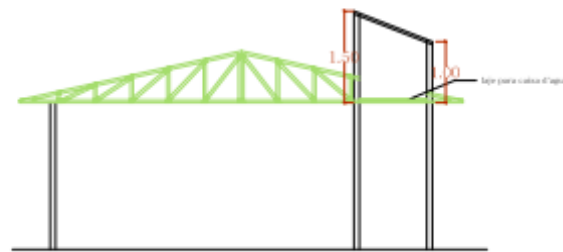
**Legenda:**

- Placa de Gesso Acartonado 1,20x2,40
- Placa de Gesso Acartonado Recortada
- Placa Cimentícia 1,20 x 2,40
- Placa Cimentícia Recortada

### Apêndice K – Detalhamento da laje da caixa d'água

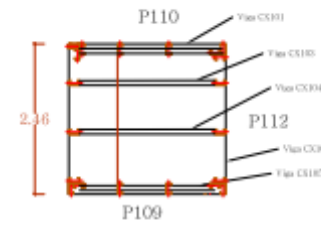


Laje caixa d'água

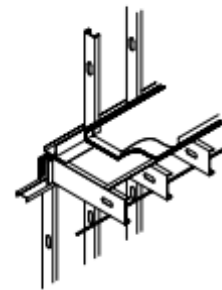


Corte Laje Caixa d'água

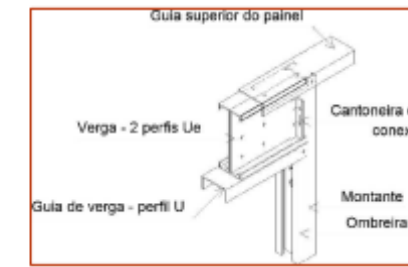
#### Painéis Caixa D'água



#### Detalhe Laje

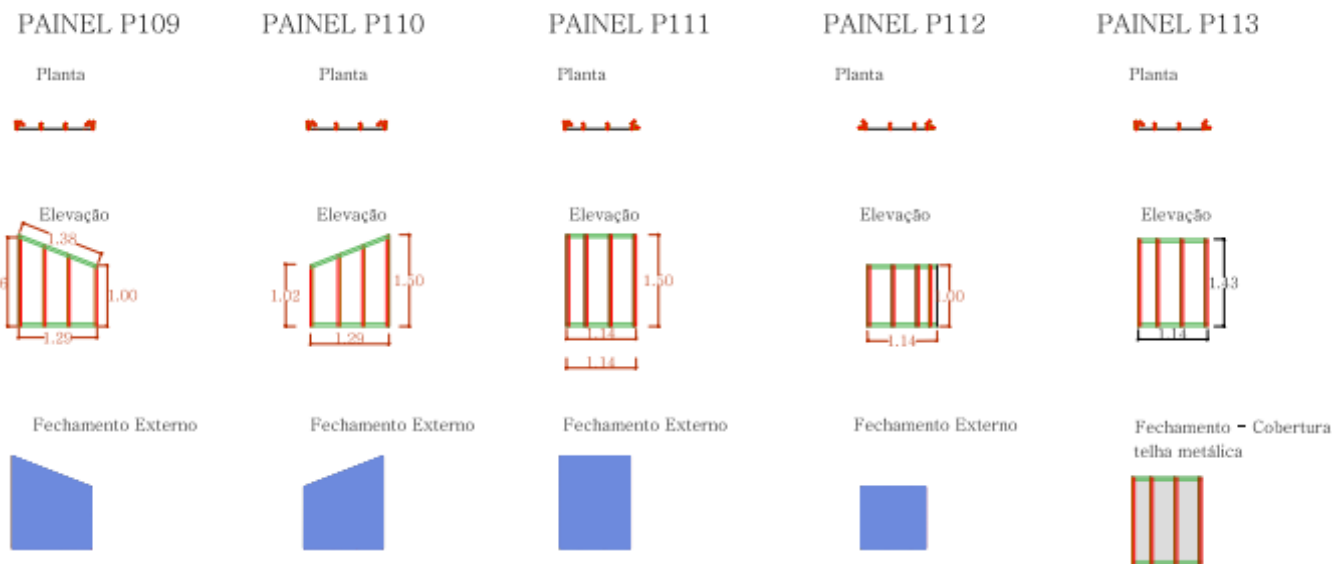
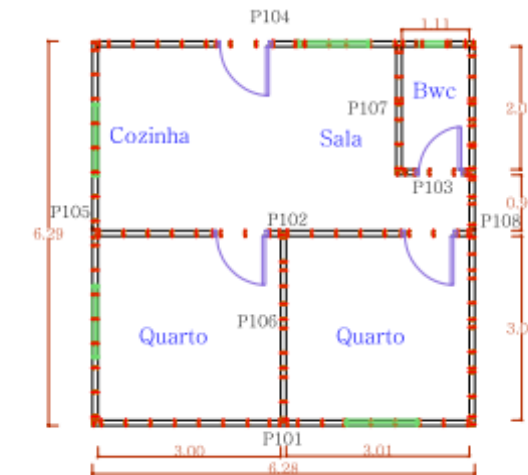


#### Detalhe V01



### Projeto Light Steel Framing Casa CDHU TI13A-V2

#### Posição dos painéis:



#### Autor: :

Riberto Carminatti Júnior

#### Escala: Sem escala

Medidas em: Metros

#### Folha:

nº 5 de 5

#### Legenda:

- Placa de Gesso Acartonado 1,20x2,40
- Placa de Gesso Acartonado Recortada
- Placa Cimentícia 1,20 x 2,40
- Placa Cimentícia Recortada

## Apêndice K – Valores de Energia Embutida

Material	Und.	EE MJ/UND	Fonte
Concreto Usinado Fck 20MPa	M³	13.862,3	Lobo, 2010
Telas soldadas Q138 Ø 4,2mm #10x10cm	Kg	31,0	Lobo, 2010
arame recozido	Kg	30,0	Lobo, 2010
Aço CA-50 Ø 10,00mm (3/8"), P=0,58Kg/m	Kg	31,0	Lobo, 2010
Madeira para formas 20mm espessura	m³	0,5	Lobo, 2010
Montante M90	m	44,3	calculado
Guia G90	m	39,9	calculado
Montante M 140	m	56,5	calculado
Perfil Cartola	m	20,4	calculado
Membrana de Polietileno	m²	0,0	Ting, 2006
Placa Cimentícia 2,40m x 1,20m x 10mm	peças	243,9	calculado
Placa de Gesso Acartonado 2,40 x 1,20	peças	50,9	calculado
Telha Fibrocimento 8mm	m²	67,8	Lobo, 2010
Placa de OSB 1,20x2,40x0,10m	Und.	1,3	Ting, 2006
Selador Acrílico	L	21,6	Lobo, 2010
textura Acrílica	L	46,2	Lobo, 2010
Selador a base de PVA pintura látex	L	21,6	Lobo, 2010
Tinta látex PVA	L	46,2	Lobo, 2010
Cola a base de PVA	Kg	78,4	Lobo, 2010
Azulejo Cerâmico Esmaltado Liso	m²	64,6	Lobo, 2010
Piso Cerâmico esmaltado brilhante	m²	52,1	Lobo, 2010
Argamassa pré-fabricada de cimento colante	Kg	4,3	Lobo, 2010
Tubo rig PVC sold.pta/bolsa água marr 25mm(3/4")	m	3,2	Lobo, 2010
Joelho 90° PVC tipo PB, 25mm (3/4")	peças	4,0	Lobo, 2010
Tubo rig PVC sold.pta/bolsa água marr 32mm(1")	m	3,2	Lobo, 2010
Te 90° PVC tipo PB, 32mm(1")	peças	4,0	Lobo, 2010
Bucha red. sold. curta PVC ríg água marrom 32x25mm	peças	4,0	Lobo, 2010
Registro de gaveta bruto 25mm (1").	peças	71,2	Lobo, 2010
Te 90° PVC tipo PB, 25mm(3/4").	peças	4,0	Lobo, 2010
Lavatório de louça branca médio	peças	250,0	Lobo, 2010

<b>Material</b>	<b>Und.</b>	<b>EE MJ/UND</b>	<b>Fonte</b>
Bacia sif louça branca p/cx acopl.	peças	375,0	Lobo, 2010
Torneira	peças	7,8	Lobo, 2010
Registro para Chuveiro	peças	7,2	Lobo, 2010
Granito preto brasil 3cm (para tampos)	peças	1,9	Lobo, 2010
Lavatório de alumínio	peças	220,0	Tavares, 2006
Torneira cromada p/lavatório 3/4"	peças	7,8	Lobo, 2010
Veneziana de Vidro 1,20 x 1,00	peças	159,0	Lobo, 2010
Veneziana de Vidro 0,60 x 0,60	peças	47,7	Lobo, 2010
Porta de madeira 0,90 x 2,10	peças	6,8	Lobo, 2010
Porta de madeira 0,80 x 2,10	peças	6,1	Lobo, 2010
Parafusos galvanizado	peças	1,9	Lobo, 2010
Areia Lavada tipo média	m <sup>3</sup>	75,8	Lobo, 2010
Pedra Britada 1	m <sup>3</sup>	225,0	Lobo, 2010
Pedra Britada 2	m <sup>3</sup>	217,5	Lobo, 2010
Cimento Portland CP II-E-32	Kg	4,2	Lobo, 2010
aço CA 50 6,30mm <sup>2</sup>	Kg	31,0	Lobo, 2010
Laje pré fabricada treliçada p/ forro 50 Kg	m <sup>2</sup>	1.961,1	Lobo, 2010
Prego 18x27 com cabeça	Kg	31,0	Lobo, 2010
Pontalete 3ª construção	m	0,5	Lobo, 2010
Sarrafo 1x4"	m	0,5	Lobo, 2010
tábua 1 x 12"	m	0,5	Lobo, 2010
cal hidratada CH III	Kg	4,0	Lobo, 2010
Bloco estrutural de concreto 19x19x39 *	Und.	151,9	Lobo, 2010
Bloco cerâmico vazado estrutural - bloco inteiro 19 x 19 x 39	Und.	23,2	Tavares, 2006