

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DO SISTEMA
DE PAINÉIS DE AÇO ISOTÉRMICOS APLICADOS EM
EDIFÍCIOS NO CONTEXTO BIOCLIMÁTICO**

MARCELO BARBOSA MONTEIRO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ARQUITETURA E
URBANISMO DO**

**FACULDADE DE ARQUITETURA E
URBANISMO**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA EM ARQUITETURA E
URBANISMO

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DO SISTEMA
DE PAINÉIS DE AÇO ISOTÉRMICOS APLICADOS EM
EDIFÍCIOS NO CONTEXTO BIOCLIMÁTICO**

MARCELO BARBOSA MONTEIRO

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO LUNA DE MELO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ARQUITETURA E
URBANISMO**

PUBLICAÇÃO:

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO – 2015

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DO SISTEMA DE
PAINÉIS DE AÇO ISOTÉRMICOS APLICADOS EM EDIFÍCIOS NO
CONTEXTO BIOCLIMÁTICO**

ARQ.º MARCELO BARBOSA MONTEIRO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDO AO DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA EM ARQUITETURA E URBANISMO DA FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO REQUISITO NECESSÁRIO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ARQUITETURA E URBANISMO.

APROVADA POR:

Prof. Carlos Eduardo Luna de Melo
(Orientador – D.Sc. - UnB)

Prof. Caio Frederico e Silva
(Examinador Interno – Dr. - UnB)

Prof. Claudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira
(Examinador Externo – D.Sc. - UnB)

BRASÍLIA/DF, 16 DE DEZEMBRO DE 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

MONTEIRO, MARCELO BARBOSA

Avaliação do Ciclo de Vida Energético do Sistema de Painéis de Aço Isotérmico Aplicados em Edifícios no Contexto Bioclimático [Distrito Federal] 2015.

xxv, 159p., 210 x 297 mm (ENC/FAU/UnB, Mestre, Tecnologia, Sustentabilidade e Ambiente, 2015).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

Departamento de Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo.

1.Placas de Aço Isotérmico

2.Blocos Cerâmicos Revestidos por Argamassa

3.Vedações Verticais

4.Avaliação do Ciclo de Vida Energético - ACVE

I. ENC/FAU/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MONTEIRO, M. B. (2015). Avaliação do Ciclo de Vida Energético do Sistema de Painéis de Aço Isotérmicos Aplicados em Edifícios no Contexto Bioclimático. Dissertação de Mestrado em Tecnologia, sustentabilidade e ambiente. Publicação xxxxxxxxxxxx, Departamento de Tecnologia em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 159p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Marcelo Barbosa Monteiro

TÍTULO: Avaliação do Ciclo de Vida Energético do Sistema de Painéis de Aço Isotérmicos Aplicados em Edifícios no Contexto Bioclimático.

GRAU: Mestre ANO: 2015

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Marcelo Barbosa Monteiro

QI. 5, Lotes 1480/1580, Residencial Village, Torre 2, Apartamento 101, Setor Leste Gama
72.445-050 Brasília - DF- Brasil

e-mail: arquetetomarcelo.mm@gmail.com

DEDICATÓRIA

À minha esposa Cátia,
filhas Letícia e Jessica,
a minha mãe Sônia, meu
pai Rubens, e a toda
minha família

AGRADECIMENTOS

À DEUS, ao Mestre JESUS, a Santa MARIA, a espiritualidade evoluída que me acompanha, aos meus pais, familiares e amigos, pelo incentivo e apoio à realização deste trabalho;

Ao Professor e orientador D.Sc. Carlos Eduardo Luna de Melo, pela oportunidade, ensinamentos transmitidos;

Ao Professor Dr. Caio Frederico e Silva pela importante orientação na disciplina de sustentabilidade;

Ao Professor D.Sc. Claudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira pela importante orientação na disciplina de eficiência Energética;

Ao Me. Arq. Ndiogou Diene, pelo incentivo na participação desse programa de mestrado;

A todos os professores e alunos do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, pela importante convivência e ensinamentos transmitidos.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei, não fosse por elas, eu não teria saído do lugar...As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

Francisco Cândido Xavier

RESUMO

Esta pesquisa busca analisar o sistema pré-fabricado de vedação vertical estruturado em perfis leves de aço conformados a frio, em chapas de painel de aço isotérmico, aplicados para a vedação vertical em edifícios, e sua eficiência energeticamente. Além disso, esta pesquisa avaliará o ciclo de vida energético (ACVE) com base na ABNT NBR ISO 14040:2009 no contexto bioclimático do Brasil. O interesse pelo sistema construtivo pré-fabricado é por considerá-lo elemento importante na redução de custos financeiros e de recursos naturais aplicados na construção civil, e a preocupação com a energia incorporada como fator preponderante para a definição da real eficiência energética, e também o interesse específico pelo sistema construtivo de placas de aço isotérmico, foi o que levou a realização deste trabalho. O edifício da Unidade de Pronto Atendimento de Saúde (UPA) que compõe o conjunto de seis unidades edificadas no Distrito Federal, foi utilizado como edifício modelo de levantamento de dados para a avaliação, por possuir o sistema construtivo em placas de isotérmico. A metodologia desenvolvida aplicada é com base nas seguintes etapas: identificação e especificação dos insumos envolvidos nos sistemas; quantificação de volume, massa, e densidade dos materiais aplicados ao edifício modelo de pesquisa; levantamento de dados relativo a oito cidades no contexto bioclimático do Brasil, e dados relevantes para o transporte de operários, equipamentos e materiais; produção de planilhas para avaliação de energia incorporada – IE; avaliação das propriedades térmicas dos sistemas no contexto bioclimático por meio da ABNT NBR 15575:2013; avaliação da energia incorporada nos sistemas por meio das planilhas desenvolvidas com base na ABNT NBR ISO 14040:2009; análise dos resultados obtidos na térmica do sistema; e análise dos resultados obtidos na quantificação de energia incorporada - EI do sistema. Nesse sentido, chegou-se à conclusão de que os painéis de aço isotérmico aplicados a edifícios têm consumo energético maior que a alvenaria em blocos cerâmicos revestidos com argamassa em todo o contexto bioclimático do Brasil, logo, não é sistema eficiente energeticamente.

Palavras-chave: Tecnologia. Ciclo de vida energético. Sustentabilidade. Eficiência energética.

ABSTRACT

This research analyzes the prefabricated system of vertical sealing structured light profile shaped cold steel, in insulated steel panel plates, applied to vertical sealing buildings and their energy efficiency. In addition, this study will evaluate the energy life cycle (ACVE) based on ISO 14040: 2009 in bioclimatic context of Brazil. Interest in the prefabricated building system is to consider it important element in reducing financial costs and natural resources used in construction, and concern for the embodied energy as a major factor for the definition of real energy efficiency, and also the specific interest in the construction system of insulated steel plates, was leading this work. The building of the Unit Emergency Department of Health (UPA) that makes up the set of six units built in the Federal District, was used as building data collection model for the assessment by owning the building system in isothermal plates. The applied methodology developed is based on the following steps: identification and specification of inputs involved in the systems; measurement volume, mass, and density of the material applied to the building research model; data collection relating to eight cities in bioclimatic context of Brazil, and relevant data to transport workers, equipment and materials; production sheets for embodied energy evaluation - IE; evaluation of thermal properties of systems in bioclimatic context by NBR 15575: 2013; assessment of energy embedded in the systems through spreadsheets developed based on the ISO 14040: 2009; Analysis of the results obtained in the thermal system; and analysis of results obtained in the embodied energy of quantification - EI system. In this sense, we came to the conclusion that the insulated steel panels applied to buildings have higher energy consumption than the masonry ceramic blocks covered with mortar around the bioclimatic context of Brazil, therefore, is not energy-efficient system.

Keywords: Technology. Energy life cycle. Sustainability. Energy efficiency. Embodied energy.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVOS	19
1.2	METODOLOGIA	20
1.3	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	HISTÓRICO DO SISTEMA DE CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA	24
2.1.1	As Placas Metálicas	30
2.1.2	Vedações Verticais em Painéis Metálicos	31
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AS CONSTRUÇÕES	37
2.2.1	Edifícios Públicos e a Eficiência Energética	39
2.3	SUSTENTABILIDADE E A ENERGIA INCORPORADA	43
2.3.1	Método de Avaliação de Ciclo De Vida Energético	45
2.4	DESEMPENHO TÉRMICO	57
2.4.1	ABNT NBR 15575:2013	57
2.4.2	ABNT NBR 15220:2003	59
3	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO E ANÁLISE TÉRMICA	63
3.1	ESCOPO	63
3.2	ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO ENERGÉTICA, ORGANIZAÇÃO E MÉTODOS	66
3.3	ESPECIFICAÇÕES DOS SISTEMAS	69
3.3.1	Especificações dos Insumos dos Sistemas	69
3.4	DEFINIÇÃO DAS DISTÂNCIAS	73
3.4.1	Planilhas de Cálculos de Energia Incorporada - IE	78
3.5	QUANTIFICAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE	89
3.5.1	Análise Térmica	89
3.5.2	Cálculo de Energia Incorporada	95
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	100
4.1	COMPARATIVO COM PESQUISA SIMILAR INTERNACIONAL	104
5	CONCLUSÕES	105
5.1	SUGESTÕES DE PESQUISA	108
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	APÊNDICE 1 – CÁLCULOS DA ANÁLISE TÉRMICA	117
	APÊNDICE 2 – CÁLCULO DE ENERGIA INCORPORADA	119
	ANEXO 1 – MAPAS DAS DISTÂNCIAS	150
	ANEXO 2 – PROJETOS DO MODELO UPA	154
	ANEXO 3 – TABELAS REFERENCIAIS	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Especificações físico química - <disponível em < de isoeste.com.br 2>.....	34
Tabela 2 - Categorias de impacto - Carminatti Júnior (2012).....	46
Tabela 3 - Fases do ciclo de energia - Tavares (2006).....	49
Tabela 4 - Transporte nas fases - Kuhn (2006).....	52
Tabela 5 - Desempenho com e sem manutenção - Possan (2010).....	54
Tabela 6- Energia Incorporada nos blocos (EI) - Tavares (2006).....	55
Tabela 7- Energia Incorporada (EI) em materiais de alvenaria, - Reddy (2001).....	55
Tabela 8- Energia Incorporada (EI) em transporte - Tavares (2006).....	56
Tabela 9 - Energia Incorporada (EI) em transporte em diferentes etapas - de Kuhn (2006).....	56
Tabela 10 - Capacidade Térmica - ABNT NBR 15575:2013.....	59
Tabela 11 - Transmitância térmica - ABNT NBR 15575:2013.....	59
Tabela 12- Desempenho mínimo - NBR 15220 (2005).....	60
Tabela 13 - Nível de desempenho das paredes externas - NBR 15220 (2005).....	60
Tabela 14- Propriedades térmicas dos materiais VC - NBR 15220 (2005).....	61
Tabela 15 - Propriedades térmicas dos materiais VC - NBR 15220 (2005).....	62
Tabela 16 - Relação de Transmitância, Atrazo Térmico e fator solar por ZB - LabEEE UFSC.....	62
Tabela 17 -Especificações das Placas de aço Isotérmico.....	69
Tabela 18 - Quantitativos das placas de aço isotérmico.....	71
Tabela 19 - Especificações do sistema de blocos cerâmicos.....	71
Tabela 20 - traços de Assentamento - ABN NBR 8545:84.....	72
Tabela 21 - Quantitativo dos blocos cerâmicos.....	72
Tabela 22 - Relação das Cidades e Olarias.....	74
Tabela 23 - Cidades de e relação das Indústrias de placas de aço isotérmico.....	74
Tabela 24 Distâncias das cidades e as Indústrias - Produzido pelo Autor.....	76
Tabela 25- Distâncias das cidades e as Indústrias - Produzido pelo Autor.....	76
Tabela 26 - Distâncias dos Fornecedores - Produzido pelo Autor.....	77
Tabela 27 - Valores Térmicos Referenciais das ABNT NBR 15575:2013 - ABNT NBR 15575:2013.....	89
Tabela 28 - Análise Térmica da Cidade de Caxias do Sul - RS - ZB-1 - Produzido pelo Autor.....	90
Tabela 29 - Análise Térmica da Cidade de Ponta Grossa - PR - ZB-2- Produzido pelo Autor.....	90
Tabela 30 - Análise Térmica da Cidade de Florianópolis - SC - ZB-3 - Produzido pelo Autor.....	90
Tabela 31 - Análise Térmica da Cidade de Brasília - DF - ZB-4 - Produzido pelo Autor.....	91
Tabela 32 - Análise Térmica da Cidade de Santos - SP - ZB-5 - Produzido pelo Autor.....	91
Tabela 33- Análise Térmica da Cidade de Goiânia - GO - ZB - 6 - Produzido pelo Autor.....	91
Tabela 34 - Análise Térmica da Cidade de Picos - PI - ZB - 7 - Produzido pelo Autor.....	92
Tabela 35 - Análise Térmica da Cidade de Belém- PA - ZB - 8 - Produzido pelo Autor.....	92
Tabela 36 - Análise Térmica da Cidade de Caxias do Sul - RS - ZB-1 - Produzido pelo Autor.....	93
Tabela 37 - Análise Térmica da Cidade de Ponta Grossa - PR - ZB-2- Produzido pelo Autor.....	93
Tabela 38 - Análise Térmica da Cidade de Florianópolis - SC - ZB-3 - Produzido pelo Autor.....	93
Tabela 39 - Análise Térmica da Cidade de Brasília - DF - ZB-4 - Produzido pelo Autor.....	94
Tabela 40 - Análise Térmica da Cidade de Santos - SP - ZB-5 - Produzido pelo Autor.....	94
Tabela 41- Análise Térmica da Cidade de Goiânia - GO - ZB - 6 - Produzido pelo Autor.....	94
Tabela 42 - Análise Térmica da Cidade de Picos - PI - ZB - 7 - Produzido pelo Autor.....	95
Tabela 43 - Análise Térmica da Cidade de Belém- PA - ZB - 8 - Produzido pelo Autor.....	95
Tabela 44 - Resumo de Todas as Cidades em Placas Metálicas Isotérmicas e Blocos.....	99
Tabela 45 - Tabela térmica dos sistemas.....	101
Tabela 46- Energia Embutida nos Materiais brasileiros - Tavares (2006).....	157
Tabela 47 - Fator de reposição de materiais de construção - Tavares (2006).....	158
Tabela 48- Energia Incorporada (EI), - Tavares (2006).....	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Metodologia aplicada para a pesquisa	21
Figura 2- Palácio de Cristal - disponível em < www.arquitetandonanetblogspot.com >	25
Figura 3 - Estação Ferroviária de Orsay em Paris - Disponível em: < cosylogis.com >.....	27
Figura 4 - Estação ferroviária em Bananal - Ralph M. Giesbrecht,SILVA, (1988).....	27
Figura 5 - Edifício Carson, Pirie &Scott. Disponível em: < www.coisasdaarquitectura.com >.....	28
Figura 6- Casa Wichita - disponível em < www.es.wikiarquitectura.com >.	29
Figura 7 - Edifício da Chrysler Building, em New York - disponível em < tripwolf.com >	31
Figura 8 – Revestimento em TCM - disponível em < www.coppermax.com.br >	33
Figura 9 – Revestimento em SCM - imagem retirada de coppermax.com.br	34
Figura 10 - Placas Isotérmicas e detalhe de encaixe - disponível em < www.isoeste.com.br >	35
Figura 11- UPA do RN - disponível em: < http://coletivo.maiscomunidade.com >	35
Figura 12- Unidade do Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro - Acervo pessoal do autor.	36
Figura 13- UPA de Samambaia DF - disponível em: < http://coletivo.maiscomunidade.com >	36
Figura 14- Demanda de eletricidade e de energia - imagem retirada de Lamberts (2013)	38
Figura 15 - Perfil de consumo de edifícios públicos - ELB - 2001	40
Figura 16 - Perfil de consumo de equipamentos - ELB - 2001	40
Figura 17 - Consumo percentual de eletricidade por setor - EPE - 2011	41
Figura 18 - Consumo energético por setor - EPE - 2011	41
Figura 19 - Consumo de eletricidade por setor - EPE, 2011	41
Figura 20 - Ciclo de Vida Energético - Junior (2012).....	47
Figura 21 - Desempenho com e sem manutenção - Possan (2010).....	53
Figura 22- Zonas Bioclimáticas - disponível em < labeee.ufsc.br >.....	64
Figura 23 - Imagem de Tela do "softer" Projeteee, - Disponível em Projeteee@labeee.ufsc.br >.	65
Figura 24 - Estrutura Básica da Pesquisa	67
Figura 25 - Estrutura da Pesquisa segundo a ABNT NBR ISO 14040:2009	68
Figura 26 - Características físicas dos painéis - Disponível em < www.mbp.com.br >	69
Figura 27 - Especificações dos painéis - Disponível em < www.mbp.com.br >	70
Figura 28 - Acessórios de montagem - Disponível em < www.mbp.com.br >.....	70
Figura 29 - Especificações da chapa - Disponível em < www.mbp.com.br >	70
Figura 30 - Vedação da Placa de aço isotérmico em análise - Produzido pelo autor.....	71
Figura 31 - Modelo do Bloco Cerâmico - Disponível em < http://www.dcc.ufpr.br/ >.....	72
Figura 32 - Imagem do Gráfico das Fases da ACVE	102
Figura 33 - Imagem do Gráfico de Energia Incorporada Total	103
Figura 34 - Proporcional entre os Sistemas	103
Figura 35 - Mapa da Distância do Fornecedor dos Insumos para a Metalúrgica BPI - Google Maps	150
Figura 36 - Mapa da Distância do Fornecedor dos Insumos para a ISOESTE - Google Maps	151
Figura 37 - Mapa da Distância da ISOESTE à Belém, Anápolis - Google Maps	151
Figura 38 Mapa da Distância da ISOESTE à Brasília - Google Maps.....	151
Figura 39 - Mapa da Distância da MBP à Caxias do Sul - Google Maps	152
Figura 40 - Mapa da Distância da MBP à Florianópolis - Google Maps	152
Figura 41 - Mapa da Distância da ISOESTE à Goiânia - Google Maps	152
Figura 42 - Mapa da Distância da MBP à Ponta Grossa - Google Maps	153
Figura 43 - Planta Baixa - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde	155
Figura 44 - Cobertura - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde.....	155
Figura 45- Fachadas - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde.....	155
Figura 46 - Detalhe da planta da UPA - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde	156

LISTA DE PANILHAS

Planilha 1 - Cálculo de energia Incorporada Embutida nos Insumos.....	78
Planilha 2 - Cálculo de energia Incorporada no Transporte dos Insumos	79
Planilha 3 - Cálculo de Energia Incorporada Embutida nos Materiais	80
Planilha 4 - Energia Incorporada no Transporte de Materiais.....	81
Planilha 5 - Cálculo de Energia Incorporada nos equipamentos.....	82
Planilha 6 - Energia Incorporada no Transporte de Pessoal - Produzido pelo autor.....	83
Planilha 7 - Energia Incorporada no Desperdício de Materiais - Produzido pelo Autor.....	84
Planilha 8 - Energia Incorporada no Transporte de Desperdício de material - Produzido pelo autor	85
Planilha 9 - Energia Incorporada na Reposição de Materiais - Produzido pelo Autor.....	86
Planilha 10- cálculo de Energia Incorporada na Demolição e Transporte - Produzido pelo Autor .	86
Planilha 11 - Cálculo do Total de energia Incorporada das Fases - Produzido pelo Autor.....	87
Planilha 12 - Cálculo de Percentual Reciclável - Produzido pelo Autor.....	88
Planilha 13 - Cálculo Final de Energia Incorporada com Desconto do EI Reciclável - Produzido pelo Autor.....	88
Planilha 14 - Planilha de Cálculo Térmico das Placas de Aço - Disponível em < http://150.162.76.139 >.....	118
Planilha 15 - Planilha de Cálculo Térmico dos Blocos Cerâmicos - Disponível em < http://150.162.76.139 >.....	118
Planilha 16 - EE nos Insumos nas PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor	119
Planilha 17 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nas PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor.....	119
Planilha 18 - EE nos Materiais das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor.....	120
Planilha 19 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor	120
Planilha 20 - EI nos Equipamentos das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor	120
Planilha 21 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor....	121
Planilha 22 - EI no Desperdício de Material das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor	121
Planilha 23 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor.....	121
Planilha 24 - EI Reposição de Material das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor.....	121
Planilha 25 - EI Demolição e Transporte das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor	122
Planilha 26 - Fases das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor	122
Planilha 27 - Percentual de Reciclagem das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor.....	122
Planilha 28 - EI Final das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor	122
Planilha 29 - EE nos Insumos nas PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor	123
Planilha 30 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nas PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor.....	123
Planilha 31 - EE nos Materiais das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor.....	123
Planilha 32 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor .	123
Planilha 33 - EI nos Equipamentos das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor	124
Planilha 34 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor....	124
Planilha 35 - EI no Desperdício de Material das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor	124
Planilha 36 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor.....	124
Planilha 37 - EI Reposição de Material das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor.....	125
Planilha 38 - EI Demolição e Transporte das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor	125
Planilha.....	125
39 - Fases das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor.....	125
Planilha 40 - Percentual de Reciclagem das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor.....	125
Planilha 41 - EI Final das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor	126
Planilha 42 - EE nos Insumos nas PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor	126

Planilha 43 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nas PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor.....	126
Planilha 44 - EE nos Materiais das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor.....	126
Planilha 45 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor .	127
Planilha 46 - EI nos Equipamentos das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor	127
Planilha 47 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor	127
Planilha 48 - EI no Desperdício de Material das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor	127
Planilha 49 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor.....	128
Planilha 50 - EI Reposição de Material das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor.....	128
Planilha 51 - EI Demolição e Transporte das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor.....	128
Planilha 52 - Fases das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor	128
Planilha 53 - Percentual de Reciclagem das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor.....	129
Planilha 54 - EI Final das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor	129
Planilha 55 - EE nos Insumos nas PMI em Brasília - Produzida pelo Autor	129
Planilha 56 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nas PMI em Brasília - Produzida pelo Autor	129
Planilha 57 - EE nos Materiais das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor.....	130
Planilha 58 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor	130
Planilha 59 - EI nos Equipamentos das PMI em Brasília s - Produzida pelo Autor	130
Planilha 60 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor	131
Planilha 61 - EI no Desperdício de Material das PMI em Brasília s - Produzida pelo Autor	131
Planilha 62 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor.....	131
Planilha 63 - EI Reposição de Material das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor	131
Planilha 64 - EI Demolição e Transporte das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor.....	132
Planilha 65 - Fases das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor	132
Planilha 66 - Percentual de Reciclagem das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor.....	132
Planilha 67 - EI Final das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor	132
Planilha 68 - EE nos Insumos nas PMI em Santos - Produzida pelo Autor.....	133
Planilha 69 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nas PMI em Santos - Produzida pelo Autor	133
Planilha 70 - EE nos Materiais das PMI em Santos - Produzida pelo Autor	133
Planilha 71 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Santos - Produzida pelo Autor	133
Planilha 72 - EI nos Equipamentos das PMI em Santos - Produzida pelo Autor.....	134
Planilha 73 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Santos - Produzida pelo Autor	134
Planilha 74 - EI no Desperdício de Material das PMI em Santos - Produzida pelo Autor.....	134
Planilha 75 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Santos s - Produzida pelo Autor	134
Planilha 76 - EI Reposição de Material das PMI em Santos - Produzida pelo Autor	135
Planilha 77 - EI Demolição e Transporte das PMI em Santos - Produzida pelo Autor.....	135
Planilha 78 - Fases das PMI em Santos - Produzida pelo Autor	135
Planilha 79 - Percentual de Reciclagem das PMI em Santos - Produzida pelo Autor	135
Planilha 80 - EI Final das PMI em Santos - Produzida pelo Autor.....	136
Planilha 81 - EE nos Insumos nas PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor.....	136
Planilha 82 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nas PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor	136
Planilha 83 - EE nos Materiais das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor	136
Planilha 84 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor.....	137
Planilha 85 - EI nos Equipamentos das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor.....	137
Planilha 86 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor	137
Planilha 87 - EI no Desperdício de Material das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor.....	137
Planilha 88 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor	138
Planilha 89 - EI Reposição de Material das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor	138

Planilha 90 - EI Demolição e Transporte das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor.....	138
Planilha 91 - Fases das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor.....	139
Planilha 92 - Percentual de Reciclagem das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor.....	139
Planilha 93 - EI Final das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor.....	139
Planilha 94 - EE nos Insumos nas PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	139
Planilha 95 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nas PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	140
Planilha 96 - EE nos Materiais das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	140
Planilha 97 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	140
Planilha 98 - EI nos Equipamentos das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	140
Planilha 99 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	141
Planilha 100 - EI no Desperdício de Material das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	141
Planilha 101 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	141
Planilha 102 - EI Reposição de Material das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	141
Planilha 103 - EI Demolição e Transporte das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	142
Planilha 104 - Fases das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	142
Planilha 105 - Percentual de Reciclagem das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	142
Planilha 106 - EI Final das PMI em Picos - Produzida pelo Autor.....	142
Planilha 107 - EE nos Insumos nas PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	143
Planilha 108 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nas PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	143
Planilha 109 - EE nos Materiais das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	143
Planilha 110 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	144
Planilha 111 - EI nos Equipamentos das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	144
Planilha 112 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	144
Planilha 113 - EI no Desperdício de Material das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	144
Planilha 114 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	145
Planilha 115 - EI Reposição de Material das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	145
Planilha 116 - EI Demolição e Transporte das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	145
Planilha 117 - Fases das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	145
Planilha 118 - Percentual de Reciclagem das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	146
Planilha 119 - EI Final das PMI em Belém - Produzida pelo Autor.....	146
Planilha 120 - EE nos Insumos nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	146
Planilha 121 - EI Transporte dos Insumos para a Industria nos BCRA - Produzida pelo Autor ..	146
Planilha 122 - EE nos Materiais nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	147
Planilha 123 - EI no Transporte de Materiais nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	147
Planilha 124 - EI nos Equipamentos nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	147
Planilha 125 - EI no Transporte de Pessoal nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	148
Planilha 126 - EI no Desperdício de Material nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	148
Planilha 127 - EI no Transporte de Desperdício de Material nos BCRA - Produzida pelo Autor	148
Planilha 128 - EI Reposição de Material nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	149
Planilha 129 - EI Demolição e Transporte nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	149
Planilha 130 - Fases nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	149
Planilha 131 - Percentual de Reciclagem nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	150
Planilha 132 - EI Final nos BCRA - Produzida pelo Autor.....	150

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEDET - Achieving Excellent Design Evaluation Toolkit
ASBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CAPS - Centro de Atenção Psicossocial
CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CIB - Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção
CIPLAN - Comissão Interministerial de Planejamento e Coordenação
CNES - Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONFEA - Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
CPN - Centro de Parto Normal
CQN - Controle da Qualidade Hospitalar
CREA - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
EAS - Estabelecimento Assistencial à Saúde
MMA - Ministério do Meio Ambiente
NBR - Norma Regulamentada pela ABNT
OMS - Organização Mundial da Saúde
ONA - Organização Nacional de Acreditação
ONU - Organização das Nações Unidas
PNE - Portador de Necessidades Especiais
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RDC - Resolução da Diretoria Colegiada
SAMU - Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil
SUS - Sistema Único de Saúde
UPA - Unidade de Pronto Atendimento
WCED - World Commission on Environmental and Development
ACV - Avaliação do ciclo de vida
SINAT - Sistema Nacional de Avaliações Técnicas
ACM - Aluminium Composite Material

CCM - Copper Composit Material
TCM - Titanium Composit Material
SCM - Stainless Steel Composit
PUR - Espuma de Poliuretano
PIR - Espuma de Poliisocianurato
CFC- Clorofluorcarbono
PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
MME – Ministério de Minas e Energia
CONPET- Programa Nacional de Racionalização do uso de Derivados do Petróleo
PDE - Plano Decenal de Energia
OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PDE - Plano Decenal de Energia
PROCEL Reluz - Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
RGR - Reserva Global de Reversão
LCA - Life Cycle Analysis
ICV - Inventário do ciclo de vida
AICV – Avaliação do impacto do ciclo de vida
SIVC– Sistema de Inventário ciclo de vida
PVC – Pensamento de ciclo de vida
ACVE - Avaliação do ciclo de vida energético
TCPO - Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos
CT - Capacidade térmica
SIMPGEU III - Simpósio de pós-graduação em Engenharia Urbana
ASRE - Sociedade Americana de Engenheiros de Refrigeração
ASHAE - Sociedade Americana de Aquecimento e ar condicionado Engineers
EE - Energia Embutida
MBP - Metalúrgica Barras o Pirai
GJ - Gigajoule
MJ - Milejoule

1 INTRODUÇÃO

A produção de uma arquitetura rápida de ser executada e com bons resultados técnicos sempre foi item importante, nesse sentido, o sistema construtivo em aço destacou-se. Em pesquisas nesse segmento construtivo foi encontrada a execução com o sistema de placas de aço isotérmico em edifícios, e com o objetivo de avaliar melhor esse sistema é que esta pesquisa busca analisar a viabilidade energética visando a sustentabilidade, tendo em vista que a tecnologia atual permite que se pense em materiais e técnicas que visem a economia energética.

Segundo Mattos (1992), historicamente a construção de edifícios apropria-se de sistemas construtivos com técnicas e materiais locais, portanto mais prático e barato. Devido ao rápido crescimento das cidades, tornou-se necessária maior agilidade na construção e, impulsionado por essa demanda, o desenvolvimento dos sistemas e técnicas construtivas avançaram para a industrialização e utilização de componentes arquitetônicos pré-fabricados.

Apesar do avanço tecnológico dos materiais e técnicas construtivas, os edifícios ainda são construídos por meio de sistemas rudimentares e nas vedações verticais ainda são aplicados materiais como bloco cerâmico revestido por argamassa, com execução totalmente artesanal.

Dentre as novas tecnologias construtivas aplicadas recentemente em edifícios, o sistema construtivo em perfis leves de aço conformados a frio em chapas delgadas (painel de aço isotérmico), aplicados na vedação vertical, foi utilizado em vários tipos de edificações. Exemplos da aplicação desse tipo de sistema construtivo são as instituições públicas de Pronto Atendimento (UPA), unidades do Corpo de Bombeiros Militar, ambos do estado do Rio de Janeiro; as UPA's do Rio Grande do Norte; e, recentemente, as UPA's do Distrito Federal.

A ABNT NBR 14040:2009, por meio da avaliação do ciclo de vida energético (ACVE), possibilita quantificar a energia incorporada (IE) nos materiais aplicados no sistema construtivo de placas de aço isotérmico. A térmica tem grande influência na eficiência

energética das edificações, e a ABNT NBR 15575:2013 possibilita avaliar se os sistemas construtivos aplicados na construção atende às normas mínimas das oito zonas bioclimáticas do Brasil.

Logo, os sistemas construtivos pré-fabricados desde as primeiras aplicações até a atualidade, demonstraram-se como opção para tornar eficiente a produção de edifícios. Entretanto, a sistematização não é suficiente para garantir bons resultados energeticamente. O custo energético incorporado nos materiais e as propriedades físicas têm impacto no custo energético e ambiental.

Dito isso, o interesse pelo sistema construtivo em painel de aço isotérmico devido aos atrativos tecnológicos e vantagens inerentes a sistemas pré-fabricados, deve ser seguido pela eficiência energética. Nesse contexto, a aplicação de método de avaliação que atenda às normas vigentes e que consiga chegar a um resultado de fácil compreensão contribuirá na fundamentação da escolha desse sistema quando na busca por eficiência.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar o sistema construtivo em perfis leves de aço conformados a frio em chapas delgadas, painel de aço isotérmico, por meio de método desenvolvido com base na avaliação do ciclo de vida energético (ACVE), e se as propriedades térmicas do sistema atende ao mínimo especificado pela ABNT NBR 15575:2005 para as oito zonas bioclimáticas do Brasil.

Objetivos Específicos

1. Avaliar a viabilidade do sistema construtivo em perfis leves de aço conformados a frio, em chapas delgadas (painel de aço isotérmico), por meio da energia incorporada IE, aplicados para a vedação de edifícios em oito cidades que fazem parte das zonas bioclimáticas brasileiras;

2. Mensurar se o resultado obtido na pesquisa é positivo ou negativo no contexto de energia incorporada, por meio de comparação aos resultados obtidos no sistema de placas de aço isotérmico com os dos blocos cerâmicos revestidos com argamassa;
3. Verificar se o sistema de placas metálicas isotérmica atende o mínimo relativo a térmica para as oito zonas bioclimáticas brasileiras, segundo a ABNT NBR 15575:2013;
4. Focar a pesquisa na análise do ciclo de vida;
5. Rubricar o método de pesquisa desenvolvido com produção de planilhas, baseado da avaliação do ciclo de vida (ACVE) e na ABNT NBR ISO 14040:2009, por meio de pesquisa similar internacional.

1.2 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos de avaliar o ciclo de vida energético (ACVE) e as propriedades térmicas do sistema de placas metálicas isotérmicas, será utilizada a metodologia desenvolvida descrita em oito partes subdividida em quatro grupos, conforme demonstrado na Figura 1.

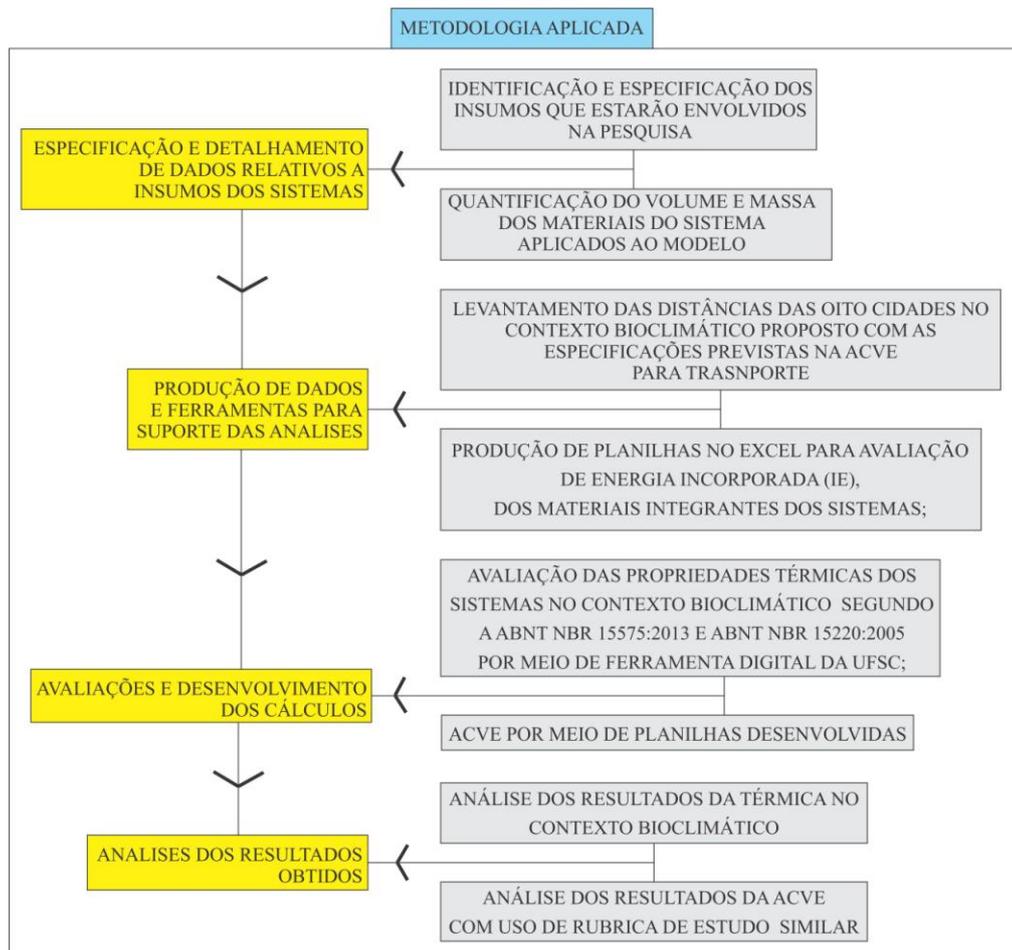


Figura 1- Metodologia aplicada para a pesquisa

O detalhamento dos insumos específicos para cada sistema, o levantamento do material aplicado no sistema de placas de aço isotérmico e no sistema de blocos cerâmicos revestidos com argamassa será por meio de plantas, projetos e material técnico da Unidade de Pronto Atendimento de Saúde (UPA), encontra-se no ANEXO 2 – PROJETOS DO MODELO UPA e dará suporte para realizar a ACVE.

As oito cidades selecionadas que serão os sítios para avaliação foram definidas pela ABNT NBR 15575:2013, por serem as que melhor caracterizam as oito zonas bioclimáticas (ZB) do Brasil, são elas: Zona 1- Caxias do Sul - Rio Grande do sul, Zona 2 - Ponta Grossa - Paraná, Zona 3 - Florianópolis - Santa Catarina, Zona - Brasília - Distrito Federal, Zona 5 - Santos - São Paulo, Zona 6 - Goiânia - Goiás, Zona 7 - Picos - Piauí, Zona 8 - Belém - Pará.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A partir deste capítulo Introdutório, o trabalho é composto por mais quatro capítulos, referências bibliográficas, apêndices e anexos, com a seguinte composição:

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica na qual são descritos os trabalhos realizados intrínsecos ao tema, e literaturas de fundamentação a instrumentos aplicados na avaliação do ciclo de vida e a análise térmica do sistema, como as principais normas aplicadas ABNT NBR ISO 14040:2009, ANBT NBR 15575:2013 e ANBT NBR 15220:2005.

No Capítulo 3 são apresentados o desenvolvimento da Pesquisa, a avaliação de ciclo de vida energético (ACVE), e análise térmica, como também as características do sistema de placas metálicas isotérmicas e do sistema de blocos cerâmicos revestidos por argamassa.

Já o Capítulo 4 traz a análise dos resultados provenientes da quantificação da energia incorporada do sistema de placas metálicas isotérmicas, por meio de comparação com o sistema de blocos cerâmicos revestidos por argamassa, nas oito cidades referentes as zonas bioclimáticas. Análise dos resultados obtidos da avaliação térmica quanto ao atendimento da norma ABNT NBR 15575:2013 dos sistemas citados.

Por fim, o Capítulo 5 aborda as conclusões das avaliações e análises realizadas, além de sugestão para pesquisas complementares. Após o capítulo 5 são apresentadas as referências bibliográficas. Finalizando o trabalho, são apresentados os apêndices dos cálculos, anexos de mapas, tabelas referenciais e projetos do projeto modelo UPA.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DO SISTEMA DE CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA

Segundo Pereira (2012), a arquitetura vernacular apropria-se de material e mão de obra disponíveis na região, e também por meio de técnicas elementares de construção, que suscitam características construtivas, arquitetônicas locais e regionais. O período histórico da revolução industrial marca o início da mecanização de muitas atividades que antes eram apenas artesanais, como a construção com técnicas vernaculares. Com o aparecimento de ferramentas e máquinas na produção de bens e o automatismo industrial, a busca pela sistematização construtiva se alastra pelo mundo, não só na construção, mas no transporte e nos métodos industriais em todos os níveis.

Na construção civil, dentre os diversos avanços tecnológicos, destaca-se o uso da estrutura metálica, que no Brasil se inicia por volta do século XIX, inicialmente por meio do ferro fundido, evoluindo gradativamente para o aço estrutural.

Segundo Zanoni (2012), o aço apresenta-se no século XIX como possibilidade de maior eficiência e agilidade na aplicação em construções, possibilitando a aplicação de outros materiais, como, por exemplo, as peças de concreto pré-fabricado, releitura técnica do sistema de ferro fundido, produzido e difundido no mundo inicialmente pela Inglaterra, destacando-se entre outras tipologias construtivas já aplicadas naquele período de 1800.

O Palácio de Cristal, mostrado na Figura 2, foi o primeiro edifício totalmente construído em pré-fabricado, com 563 m² de área construída, montado em 1851 em apenas nove meses, elaborado por Paxton, Fox & Henderson, que posteriormente teve a estrutura desmontada e remontada em Sydenham, na parte sul de Londres.



Figura 2- Palácio de Cristal - disponível em < www.arquitetandonanetblogspot.com>

No cenário da construção civil, os elementos pré-fabricados de arquitetura utilizados na estrutura e nas envoltórias¹ dos edifícios principiam com a expansão e a comercialização internacional, e entre as empresas deste segmento, as europeias se destacaram após meados de 1850. Segundo Silva (1988), o material mais usado na construção civil nesse período foi o ferro fundido, que teve impulso na comercialização a partir da inserção de vendas por catálogos, fomentando a produção em nível industrial e evoluindo da negociação de partes arquitetônicas para edifícios completos, institucionais e comerciais.

Ainda nesse período, os painéis de ferro fundido destacaram-se nas vedações verticais por meio de painéis que, inicialmente, não atendiam bem às questões ligadas às variações nas dimensões e tipologias arquitetônicas, pois, a união das placas dependia da espessura adequada, o qual, segundo Machado (2010), para sanar essa deficiência do sistema, foram desenvolvidos painéis ondulados como solução.

Como solução para o problema da oxidação em regiões litorâneas, a aplicação da galvanização em escala ampliada para as chapas de aço e ferro fundido possibilitou produzir e vender para o mundo edifícios com as envoltórias completas, verticais e horizontais.

Segundo Silva (1988), a aceleração no desenvolvimento urbano na segunda fase do século XIX, e com o avanço das interações em países muito distantes entre si, os estilos

¹ Vedações verticais e horizontais do edifício.

arquitetônicos exerceram grande influência nas definições das disposições construtivas, o que gerou grande demanda para os edifícios pré-fabricados de aço, porém, com abrangência só nas colônias dos países europeus e desenvolvidos.

Ainda segundo Silva (1988), dentre os países produtores, a Inglaterra se destacava como centro produtor de artigos siderúrgicos e necessitava de novos centros consumidores para fomentar a produção, mas se deparava com problemas no tocante a questões térmicas para os países tropicais. Segundo Campari (2006 Apud Machado 2010), no Brasil, além das questões ligadas à térmica, os construtores preferiam o bloco cerâmico para as vedações verticais, que em muitos casos recobriam inclusive a estrutura de aço.

As estações ferroviárias são bons exemplos das aplicações de colunas de ferro fundido com coberturas metálicas, as escadarias, alpendres, entre outros, como no modelo mostrado na Figura 3. Pode-se citar, dentre as diversas técnicas empregadas nas obras totalmente pré-fabricadas que foram importadas da Europa, o sistema construtivo Danly².

Na segunda metade do século XIX, esse sistema tinha na sua composição chapas duplas almofadadas, que formavam uma camada de ar de 260 mm entre as chapas, eram prendidas por parafusos, e a sua junção gerava excelente resistência estrutural, que passava de apenas vedações verticais para elementos de estruturação. O controle da térmica se dava por meio de painéis perfurados próximos do forro e do piso, que propiciavam a circulação do ar, regulando o calor que era produzido pela radiação do sol na envoltória.

² Sistema construtivo constituído por paredes duplas autoportantes, executadas em chapas prensadas de ferro galvanizado, com orifícios nas partes inferior e superior de tal forma que o ar circulava forçosamente no sentido ascendente, diminuindo a temperatura interna, Fonte: site Vitruvius.



Figura 3 - Estação Ferroviária de Orsay em Paris - Disponível em: <cosylogis.com>

Ainda segundo Zanoni (2012), a estação ferroviária concluída em 1889, em Bananal, São Paulo (Figura 5), é um exemplo clássico do sistema construtivo em chapas duplas almofadadas, importadas da Bélgica, com estrutura de ferro fundido, adquiridas totalmente desmontadas e montadas pela empresa que vendeu. É o único exemplar do continente americano.

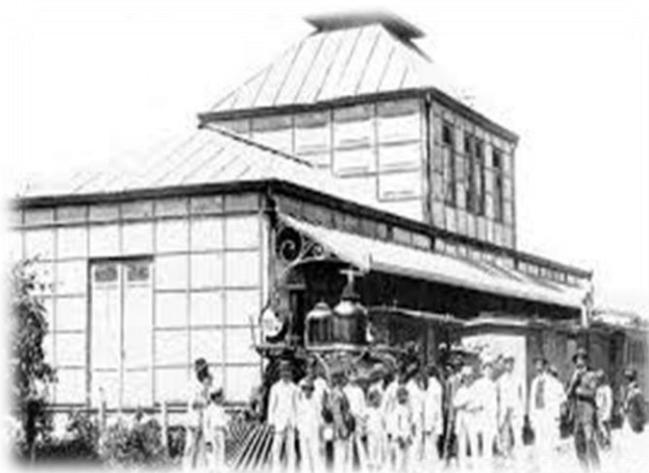


Figura 4 - Estação ferroviária em Bananal - Ralph M. Giesbrecht. SILVA, (1988).

Nos Estados Unidos, especificamente em Nova York, segundo Benevolo (1989 *apud* Bandeira, 2002), começou a ser aplicada nas arquiteturas dos edifícios, nas vedações verticais de placas de ferro fundido, a estampagem em forma de pedra, que marcou o estilo no período de 1840 e aos poucos foi se disseminando em outras cidades americanas.

A utilização em larga escala do elevador nas construções e a solução estrutural encontrada por William Le Baron Jenney³, que consegue suportar grandes cargas e resistir a incêndios, por meio do revestimento de perfis laminados de aço com partes de tijolos, acelera e marca a substituição do ferro fundido pelo ferro laminado.

Segundo Sontage (1976), desde o movimento da escola de Chicago e o sistema construtivo de Le Baron, os edifícios aparecem com as telas de vidro e aço, tendo a estrutura recuada para trás das fachadas. Nesse período, passam a existir os painéis pré-fabricados, que são fixados em travessas e montantes de aço, sendo marcante nesse período, exemplo desse estilo é o edifício da sede do *Fédération du Bâtiment*, de Jean Prouvé, construído em Paris em 1949, que se diferencia devido à estrutura em concreto armado.

O edifício Carson, Pirie, Scott e Company Stor (Figura 5) foi projetado por Sullivan e é um exemplo marcante dos painéis pré-fabricados e da estrutura clássica da escola de Chicago.



Figura 5 - Edifício Carson, Pirie & Scott. Disponível em: <www.coisasdaarquitetura.com>

As aplicações de placas de aço para vedações de envoltórias passaram a seguir a linha dos projetos que buscavam refletir o discurso difundido principalmente pela escola Bauhaus⁴ e

³ William LeBaron Jenney (25 de setembro de 1832, 14 de junho de 1907) foi um americano arquiteto e engenheiro que é conhecido para a construção do primeiro arranha-céu em 1884 e ficou conhecido como o Pai do americano arranha-céu. - fonte - site Vitruvius.

⁴ A Staatliches-Bauhaus foi uma escola de design, artes plásticas e arquitetura de vanguarda na Alemanha. A Bauhaus foi uma das maiores e mais importantes expressões do que é chamado Modernismo no design e na arquitetura, sendo a primeira escola de design do mundo

Walter Gropius⁵, que levaram a algumas experiências marcantes, como a Casa Wichita de Buckminster Fuller, que teve a influência da tecnologia aeronáutica por meio da aplicação de alumínio para facilitar o transporte e a logística de montagem e desmontagem da casa. O detalhe do desenho futurista foi uma proposta totalmente diferente de tudo que já tinha sido visto na época e se torna marca e interesse na possibilidade da aplicação de forma sistemática desse material na envoltória do edifício.

A casa Winchita, demonstrada na Figura 6 no momento da colocação da cobertura pré-fabricada, foi um projeto que teve a aplicação de tecnologia aeronáutica e alumínio para redução de peso, tendo marcado o período das construções *hi tech*.



Figura 6- Casa Wichita - disponível em <www.es.wikiarquitectura.com>.

A partir dos exemplos demonstrados nas Figuras 1 a 5, verifica-se a diversidade tipológica arquitetônica de aplicação dos pré-fabricados, e também a diversificação do desenho da arquitetura nas edificações. O Palácio de Cristal (Figura 1) e a casa Wichita (Figura 5) caracterizam, respectivamente, o início das aplicações do pré-fabricado com um grande edifício e, por último, o desenvolvimento de pesquisa aplicada com o objetivo de melhoria na operacionalidade construtiva, aplicações essas que fomentaram a introdução de tecnologia de ponta nos sistemas construtivos, como a utilização de ligas metálicas antes apenas aplicadas na indústria aeronáutica.

⁵ Considerado um dos principais nomes da arquitetura do século XX, tendo sido fundador da Bauhaus, escola que foi um marco no design, arquitetura e arte moderna e diretor do curso de arquitetura da Universidade de Harvard.

2.1.1 As Placas Metálicas

Segundo Silva (2004), a aplicação do aço na construção civil se consolida na estrutura dos edifícios nos países que já o utilizava, e nos outros países que não tinham essa cultura na construção civil consolida-se por meio da evolução das placas de aço de superfície plana, com os painéis de aço principalmente em perfilado (chapa única) e painel composto (compósito ou sanduíche), utilizados nas vedações e em elementos externos nos edifícios.

Segundo São Carlos (1995), a construção de edifícios em altura se torna marco no desenvolvimento tecnológico dos materiais, e em especial o aço, aplicado em edifícios como, por exemplo, o *World Trade Center*, em Nova Iorque, construído em 1973, o edifício torre da "Sears", em Chicago, também construído na década de 1970, ambos em alturas acima de 400 metros, com 109, 110 andares; os edifícios da *Chrysler Building*, em New York, com fachada em aço inox e projetado pelo Arquiteto William Van Alen⁶ em 1928, o edifício Price Company Tower, em Oklahoma, EUA, projetado pelo Arquiteto Frank Loyd Wright, em 1952, são exemplos de edifícios que tiveram as fachadas vedadas com placas de cobre.

O edifício *Chrysler Building*, em New York demonstrado na Figura 7, é um belo exemplo do estilo arquitetônico Art Déco, não só apenas pelos seus 319 metros de altura e os 77 andares, mas por se tornar marco na aplicação do aço como envoltória, e estar até hoje em pleno funcionamento e marcar a contemporaneidade desse estilo.

⁶ William Van Alen nasceu em Brooklyn, New York em 1883. Ele participou Pratt Institute, enquanto trabalhava para o arquiteto Clarence Verdadeiro. Ele também estudou durante três anos no Atelier Masqueray.



Figura 7 - Edifício da Chrysler Building, em New York - disponível em <tripwolf.com>

Dentre os edifícios com a aplicação de aço nas envoltórias destaca-se alguns mais contemporâneos: Hotel Unique Flat, São Paulo, de 2002, com fachadas revestidas em placas de cobre, projetado pelo arquiteto Ruy Ohtake⁷; Jewish Museum, Lindenstrasse, Berlin, Alemanha, de 1998, com fachadas revestidas em placas de zinco, projetado pelo arquiteto Daniel Libeskind; e Museu Guggenheim de Bilbao, de 1992, revestido com placas de titânio, projetados pelo arquiteto Frank Gehry. Ambos os edifícios, mesmo estando em posicionamentos geográficos bem diferentes, destacam-se pelas formas, pelas estéticas diferenciadas e pela possibilidade de aplicação de materiais que expressam a contemporaneidade do avanço tecnológico na construção em várias partes do mundo.

2.1.2 Vedações Verticais em Painéis Metálicos

Segundo Fonyat (2013), dentre as inúmeras possibilidades encontradas nos sistemas construtivos pré-fabricados, a sistematização da execução é um fator importante no custo energético, financeiro e de celeridade para o uso da edificação, princípios que são ideais para edifícios institucionais e públicos.

⁷ Filho primogênito da artista plástica Tomie Ohtake (falecida em 2015) e do agrônomo Alberto Ohtake (falecido em 1961), Ruy estudou na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, onde se formou em 1960.

A aplicação do aço na construção contemporânea tem a intenção de ir além da busca dos arquitetos e engenheiros, de realizar edifícios mais elaborados e esteticamente inovadores. Também tem como ponto forte e imprescindível o desenvolvimento e a evolução tecnológica dos painéis compostos, como: alumínio - (ACM - material composto de alumínio), cobre (CCM - material composto de cobre), titânio (TCM - material composto de titânio) e aço inox (SCM - material composto de aço inox).

O ACM (material composto de alumínio) teve o uso e a aplicação a partir dos anos de 1970, chegando ao Brasil em meados de 1980, com destaque de aplicação para o edifício Plaza Centenário, apelidado de "Robocop", em São Paulo, em 1988, e que foi projetado pelo Arquiteto Carlos Bratke.

O ACM (material composto de alumínio) é aplicado em diversos segmentos da construção civil para obras novas e existentes, e *Retrofit*, segundo o portal da Fundação Getúlio Vargas, pode ser aplicado em fachadas, coberturas, marquises, pórticos, colunas, vigas e pilares, de geometria e elementos variados.

Surgido na Europa e Estados Unidos, o conceito de *Retrofit*, significa “colocar o antigo em forma” (retro do latim “movimentar-se para trás” e fit do inglês, adaptação, ajuste), termo cada vez mais ouvido no mercado de construção civil, aplicado ao processo de revitalização de edifícios. Mais do que uma simples reforma, ele envolve uma série de ações de modernização e readequação de instalações. O objetivo é preservar o que há de bom na construção existente, adequá-la às exigências atuais e, ainda, estender a sua vida (Fundação Getúlio Vargas).

A grande versatilidade de aplicação do ACM se dá pela espessura da peça e a possibilidade de ser curvado ou dobrado. A espessura tem uma relevância, pois, quanto mais espesso maior será a capacidade de atenuação do som e diminuição da temperatura, sendo possível devido ao núcleo de polietileno, que por consequência poderá mudar a tonalidade da chapa. A aplicação é simplificada devido ao pouco peso próprio da peça, de forma geral variam de espessura de 3 mm a 6 mm. A peça de 3 mm tem uma massa em torno de 4,5 kg/m², e a forma de fixação é por parafuso ou instalação sobre estrutura de alumínio, com juntas de dilatação de 10 mm a 12 mm, com a aplicação de tarucel⁸ e silicone nas juntas.

⁸ *TARUCEL* é um delimitador de profundidade, impermeável e flexível, elaborado com espuma de Polietileno de baixa densidade.

O CCM (Material Composto de Cobre) é um painel composto de cobre, termoplástico e alumínio, tem superfície patinada com aparência azul esverdeado, devido à quantidade de cristais depositados na superfície do material e a reflexão da luz, que através desse efeito apresenta muitas tonalidades variadas. O painel tem dimensão de 60cm x 500cm x 4 mm, com espessura final de 11,2 mm, sendo aplicado em coberturas, fachadas e em envoltórias, bem como no interior, inclusive em divisórias, além de apresentar excelente resistência à corrosão atmosférica⁹.

O TCM (Material Composto de Titânio) é um painel formado por três partes, sendo uma folha na parte superior com 0,3 mm de espessura em titânio, na parte inferior uma folha de aço inoxidável de 0,5 mm, e entre elas material termo acústico, o painel tem formação inicial com espessura total de 3,4 mm podendo chegar a 6,0 mm, as cores dos painéis são sólidas, metálicas, naturais em pedra e madeira, aplicados nas fachadas do edifícios como também no interior, alguns exemplos demonstrados na Figura 8.



Figura 8 – Revestimento em TCM - disponível em <www.coppermax.com.br>

O SCM (Material composto de Aço Inoxidável) é um painel composto por três partes, sendo duas folhas de aço inoxidável e no meio material mineral não combustível. As placas têm a composição em ferrítico aço NSSC220M10 com alta resistência à ferrugem ferrítico, com 0,3 mm de espessura para cada folha, e o material mineral com 3,4 mm, totalizando 4 mm de espessura. Esse aço tem uma resistência muito parecida com o aço

⁹ O processo da corrosão atmosférica progride por uma reação eletroquímica na qual o eletrólito é a umidade do ar. A umidade deposita-se por precipitação ou condensação como orvalho sobre as superfícies expostas com a redução de temperatura

¹⁰ Alta resistente à ferrugem Ferrítico Aço Inoxidável Alto desempenho de resistência à ferrugem é disponível neste grau, que foi desenvolvido por adição combinada de Ti e Nb com 22% de Cr-Mo 1,6% de material de base ferrítico.

31611, com aplicação em revestimentos externos e coberturas de edifícios, como demonstrado na Figura 9.



Figura 9 – Revestimento em SCM - imagem retirada de coppermax.com.br

A Placa de aço isotérmico é composta de duas chapas de aço inox de 0,50 mm de espessura, pré-pintada, com enchimento de espuma de poliuretano (PUR) e espuma de poliisocianurato¹² (PIR). É aplicado em envoltórias e no interior de edifícios, é livre de CFC¹³, fornecido em cores à disposição do projetista, contendo especificação químico-física do núcleo, sendo apresentadas na Tabela 1 suas propriedades.

Tabela 1- Especificações físico química - <disponível em < de isoeste.com.br 2>

Núcleo	Espessura isolante (mm)	Largura Útil (mm)	Peso próprio (kg/m ²)	*U* Coef. global de transm. de calor (Kcal/h.m ² .°C)	Comprimento máximo (m)	Vão máximo entre apoios (mm)
PUR / PIR	50	1100	10,72	0,42	6m	2900

* Vão máximo entre apoios calculado para uma carga de 100 Kg/m² e flecha = L/200.

* 1Kcal/h.m².°C = 1,163 W/m².K

As placas de aço isotérmicas têm composição de resistência mecânica para aplicação em partes externas do edifício e internas, com sistema de encaixe macho e fêmea, conforme detalhe na Figura 10.

¹¹ Aço cromo-níquel molibdênio, inoxidável austenítico, não-temperável, não-magnético. Possui resistência à oxidação até a temperatura de 875 °C. Este aço é destinado a fabricação de peças que exigem alta resistência à corrosão, tais como válvulas, tubos, recipientes, equipamentos hospitalares e farmacêuticos, peças para a indústria química, petrolífera, têxtil, de laticíneos, frigorífica, de tintas, etc. É indicado para a utilização em ambientes onde exista o ataque de substâncias corrosivas, tais como ácidos sulfúricos, ácidos sulfurosos, banhos clorados, soluções alcalinas, soluções salinas, etc.

¹² base de morfolina em aplicações de bloco de espuma flexível de poliéster e usada em aplicações de espuma rígida com alto teor ou 100% água reduzindo a friabilidade e melhorando a adesão a diversos substratos.

¹³ CFC - clorofluorcarbono é um composto baseado em carbono que contém cloro e flúor, responsável pela redução da camada de ozônio.

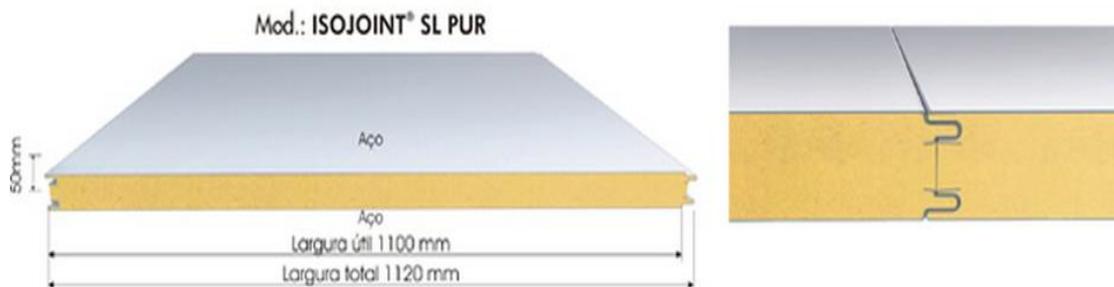


Figura 10 - Placas Isotérmicas e detalhe de encaixe - disponível em <[www. isoeste.com.br](http://www.isoeste.com.br)>

O emprego do sistema de vedação vertical em chapas delgadas de aço, com painel de aço isotérmico, é bem recente em relação aos outros sistemas, e tem sido aplicado com mais intensidade na construção de edifícios institucionais. Entre os edifícios que receberam esse sistema construtivo, destaque: os edifícios públicos das Unidades de Pronto Atendimento (UPA), unidades do Corpo de Bombeiros Militar, ambos do estado do Rio de Janeiro, UPA's do Rio Grande do Norte e, recentemente, nas UPA's do Distrito Federal.

A UPA do Rio Grande do Norte, a exemplo de todas as outras edificações construídas em placas de aço isotérmico, tem as vedações verticais externas e internas do mesmo sistema construtivo. Na Figura 11 e na Figura 12 é possível verificar as mesmas características arquitetônicas, independente da tipologia do edifício, considerando que todos são instituições públicas, em regiões geográficas diferentes, todos os edifícios citados possuem o mesmo sistema em placas metálicas isotérmicas, com acabamento em tinta epóxi pré-pintada.



Figura 11- UPA do RN - disponível em: <<http://coletivo.maiscomunidade.com>>

A unidade do Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro, mostrada na Figura 12, fica situada próximo à orla da praia do Recreio dos Bandeirantes, no Rio de Janeiro, sujeita a grandes quantidades de elementos corrosivos, e mesmo após 3 anos de uso do edifício, sem

manutenção, a pintura permanece em ótimas condições e as vedações verticais não apresentam sinais de oxidação, apesar da proximidade com o ambiente marinho.



Figura 12- Unidade do Corpo de Bombeiros Militar do Rio de Janeiro - Acervo pessoal do autor

A UPA da região administrativa de Samambaia mostrada na Figura 13, localizada no Distrito Federal, também foi executada com vedações verticais em placas metálicas isotérmicas, e a unidade do Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro apresentada na Figura 12, quando comparada à UPA da cidade do Rio Grande do Norte, apresentada na Figura 11, é possível considerar a diversidade de possibilidades na aplicação desse sistema construtivo para várias outras tipologias de edifícios públicos, institucionais, privados, habitacionais, entre outros.



Figura 13- UPA de Samambaia DF - disponível em: < <http://coletivo.maiscomunidade.com>>

A engenharia que recebeu a maior pontuação na maioria dos avaliadores, o que indica que os sistemas de gerenciamento da engenharia, assim como a padronização e pré-fabricação, facilitam a operação do edifício de forma eficiente. A maior nota neste quesito

também pode ser explicada pela opção por um processo construtivo mais racionalizado, agilizando o tempo de execução com mão de obra especializada. (MENEZES, 2012)

De acordo com Menezes (2012), os resultados na pesquisa de pós ocupação do edifício foram positivos no contexto da qualidade do ambiente. Apesar de não fazer parte do escopo dessa pesquisa vale citar com base na pesquisa de Menezes (2012), que a tipologia arquitetônica de saúde é considerada uma das mais complexas, logo, esse sistema construtivo pode ser estendido para outros edifícios, uma vez que atendeu razoavelmente às necessidades peculiares para construções hospitalares.

As tipologias demonstradas nas Figuras 14, 15 e 16, construídas com o sistema de placas metálicas isotérmica, não refletem as qualidades no desenho da arquitetura no tocante à aplicação de sistemas passivos de conforto, e nem preocupação com a forma resultante do edifício. Mesmo no início do uso da aplicação dos sistemas pré-fabricados nos primeiros edifícios havia a preocupação com a estética, elementos de bioclimatismo, entre outros. Atualmente, mesmo com a tecnologia construtiva mais avançada, esses elementos essenciais para uma boa arquitetura foram ignorados nesses projetos.

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AS CONSTRUÇÕES

Segundo o MMA (Ministério do Meio Ambiente), a definição de eficiência energética é a quantidade de energia empregada em uma atividade qualquer, que é disponibilizada para a realização do trabalho.

A eficiência energética na produção de edifícios se dá por meio da utilização de materiais e técnicas construtivas que promovam durante a produção, no uso e na desmontagem do edifício o mínimo de energia necessária para exercer suas funções e com conforto ambiental.

Segundo Lamberts (2010), é necessário estimular a consciência ambiental e a eficiência no uso da energia na base da sociedade e nas famílias. É possível demonstrar os ganhos e as perdas simplesmente ao utilizar equipamentos eficientes, e na junção de consciência ambiental mais equipamentos eficientes obtém-se um resultado ideal. O desempenho das famílias no tocante ao desperdício de energia pode apresentar um exemplo prático em kw/h

versus perfil de consumo, considerando que a perda para a família é financeira e para a sociedade é na redução de recursos naturais, a Figura 14 demonstra o aspecto abordado nesse contexto de eficiência.

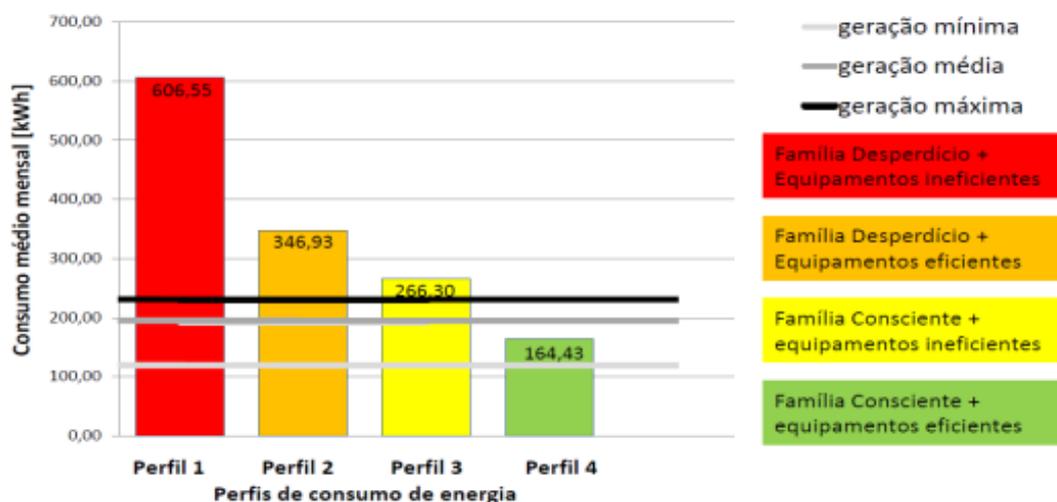


Figura 14- Demanda de eletricidade e de energia - imagem retirada de Lamberts (2013)

O PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) objetiva racionalizar o consumo de energia elétrica, evitar o desperdício e, por consequência, reduzir os custos e aumentar a eficiência energética. Segundo o PROCEL (2010), o Brasil apresenta um alto índice de desperdício, que chega a quase 40.000.000 KW/ano, o equivalente a 2,8 bilhões de dólares americanos por ano, sendo que desse total, 22.000.000 KW são desperdiçados pelos consumidores e os outros 18.000.000 kW pelas concessionárias, devido a perdas técnicas.

Na busca em reduzir esses valores de desperdício, as ações seguem a linha de contenção da demanda, por meio da substituição da tecnologia antiga de máquinas de má qualidade por mais modernas e efficientes, e com menor impacto ambiental, somado às ações de substituição da matriz energética não renovável, e também na construção civil com elaboração e aplicação da energia em materiais mais efficientes.

Existem programas paralelos que agem de forma complementar ao PROCEL, dentre esses o CONPET (Programa Nacional de Racionalização do uso de Derivados do Petróleo), que foi instituído em 1991, e tem como objetivo principal incentivar o uso racional do petróleo e seus derivados.

O programa CONPET é coordenado pelo MME (Ministério de Minas e Energia) e a linha de ação está na parceria público-privada e de organizações não governamentais, por meio de projetos e ações, que articulam atuações econômicas, ambientais e institucionais, que objetivam, entre outras, a conscientização na base, nas escolas, reforçando a necessidade de se utilizar matrizes energéticas renováveis e racionalizar o uso de recursos naturais, como a água, e reduzir a emissão de gás carbônico no meio ambiente.

Os projetos vão de ações mais complexas a simples, como, por exemplo, de controle da fumaça preta emitida pelos veículos, que se faz através de selo de controle emitido para os veículos ou equipamentos movidos a petróleo e derivados e que estão dentro de um percentual aceitável de emissão.

Segundo o plano decenal de energia, o PDE (2007), o CONPET proporcionou, por meio de suas ações, a economia de mais de 300.000.000 litros de diesel por ano, o que significa a redução de 360.000 toneladas de CO² e 19.000 toneladas de partículas de material no meio ambiente.

A iluminação tem uma atenção especial, e conta com um programa específico que objetiva desenvolver a eficiência energética na iluminação pública, o PROCEL Reluz¹⁴, e que apresentou, até o ano de 2012, resultados significativos em economia de energia elétrica nos horários de pico em várias regiões do Brasil, chegando a uma redução na demanda de 22.319 kW, e no consumo de 321.227 MW/h/ano, segundo informes do programa.

2.2.1 Edifícios Públicos e a Eficiência Energética

Os edifícios públicos seguem as normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) quanto às unidades consumidoras. A definição da categoria do modelo tarifário para o poder público está definida na resolução 4546/2000, artigo 20, dividida por classes: Poder Público, Iluminação Pública, Serviço Público e Consumo Próprio.

¹⁴ O Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes, atualmente denominado PROCEL RELUZ, foi instituído em 2000 pela ELETROBRAS, com o apoio do Ministério de Minas e Energia, e implementado pelas concessionárias de energia elétrica com a participação das prefeituras e governos estaduais.

Os edifícios federais são administrados pelo Ministério do Planejamento e as tipologias dos órgãos e serviços públicos definidos são avaliados e classificados em necessidade de potencial para apresentar redução no uso energético.

Segundo levantamento realizado em 2001 pela Eletrobrás, é possível verificar as áreas de consumo e setores públicos que devem receber mais atenção para obter maior eficiência no uso da energia elétrica.

Segundo a Eletrobrás (2010), os percentuais que os órgãos públicos em nível federal, estadual e municipal consomem em energia elétrica, são acompanhados e analisados para amparar as ações iniciais de promover a eficiência energética a partir dos edifícios federais, conforme demonstrado na Figura 15.

Em relação aos equipamentos utilizados nesses edifícios, a Figura 16 indica os principais equipamentos que devem receber maior atenção para corroborar com a redução de energia elétrica, ficando bem evidente a maior atenção para o condicionamento de ar e por consequência ações que reduzam a carga térmica na edificação.

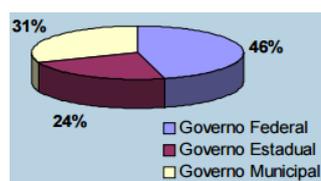


Figura 15 - Perfil de consumo de edifícios públicos - ELB - 2001

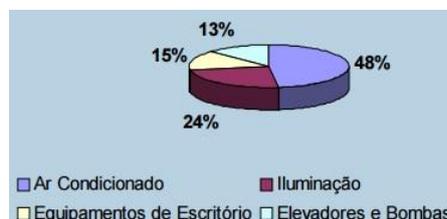


Figura 16 - Perfil de consumo de equipamentos - ELB - 2001

Segundo a EPE (2011), as edificações industriais representam um peso considerável na matriz energética elétrica no Brasil, consumindo cerca de 47,6% de energia elétrica de toda a matriz energética, sendo superado apenas por todos os outros tipos de edificações classificadas e referenciadas na Figura 17.

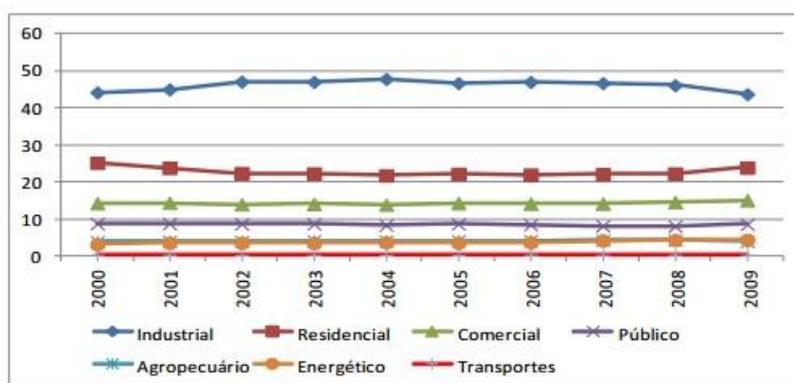


Figura 17 - Consumo percentual de eletricidade por setor - EPE - 2011

A Figura 18 demonstra tipologicamente que as edificações não refletem grandes transformações ao longo dos anos em redução do percentual de consumo de eletricidade, mesmo depois da crise energética de 2001 a 2002 com o racionamento de energia elétrica.

Segundo o EPE (2011), os setores: industrial, transporte, residencial, energético, agropecuário, comercial, público, no que se refere ao consumo energético, o setor industrial ainda lidera o consumo seguido pelo de transporte, conforme representado na Figura 19, no quesito eletricidade que está demonstrada na Figura 28, modifica o cenário apenas no segundo colocado em maior consumidor que é o residencial, mas o industrial ainda lidera como maior consumidor.

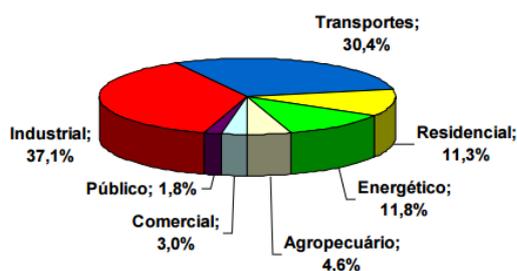


Figura 18 - Consumo energético por setor - EPE - 2011

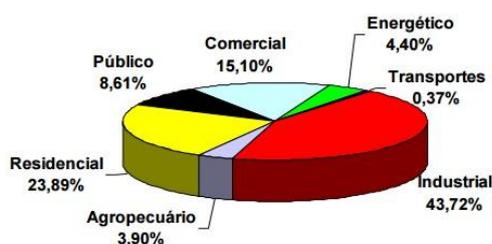


Figura 19 - Consumo de eletricidade por setor - EPE, 2011

Desde 1991 existem legislações sobre eficiência energética, com interferência nos edifícios públicos, em decretos 2 de 1991, 1 de 2001 e 2002, e resoluções de 2002 e 2008:

- Decreto 99.656 (1991): Regula a forma como os Prédios Públicos devem fazer a redução no consumo de energia elétrica;
- Decreto 99.656 (1991): Dispõe sobre a criação da CICE em prédios públicos federais;
- Lei 10.295/2001 – Lei de Eficiência Energética;
- Decreto 4.059 (2001): Regulamenta Lei 10.295/01 e institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE;
- Decreto 4.131 (2002): Dispõe sobre a redução em 17,5% do consumo em prédios públicos; • Resolução 492/2002 - ANEEL: Estabelece 0,5% da ROL das concessionárias para projetos de eficiência energética;
- Resolução 300/2008 - ANEEL: Aprova o Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética;
- RTQ-C Procel, Regulamentação para Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética dos Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos,

Em 1997 foi instituído o Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos (PROCEL EPP), instituído pela ELETROBRÁS/PROCEL, que tem como objetivo tornar eficientes energeticamente os edifícios públicos nos níveis federal, estadual e municipal, na qual os prédios públicos devem tomar ações práticas adequadas para racionalizar o uso de energia elétrica e produzir dados que devem ser avaliados e disponibilizados pelos órgãos administrativos.

Conforme informações do PROCEL EPP, as mudanças nas ações diretas devem economizar energia, melhorar a qualidade nos sistemas de iluminação, refrigeração, forças motrizes e demais sistemas relevantes que visem à redução dos gastos com energia elétrica, investimentos em tecnologias nos laboratórios de pesquisa para o segmento.

A Resolução 176/2005 da ANEEL dispõe que as concessionárias de distribuição de energia elétrica deverão investir pelo menos 0,25% do total do faturamento anual em ações que desenvolvam a eficiência energética no uso final de energia elétrica, devendo existir um

fundo específico para essas ações, o fundo RGR¹⁵ (Reserva Global de Reversão), que subsidia recursos para as concessionárias.

2.3 SUSTENTABILIDADE E A ENERGIA INCORPORADA

Segundo relatório da agenda 21, a sustentabilidade tem caráter global e estende-se não somente às relações diretas e aos recursos naturais, mas ao social e econômico e tem ramificações em todas as cadeias produtivas e de repercussão, além do princípio de "Pensar globalmente, agir localmente". Assim, reforça o conceito de que as ações de racionalização do uso da energia, de escolha dos sistemas construtivos e de reuso de água, com ações sociais junto aos trabalhadores e a comunidade, trazem benefícios para os recursos naturais e humanos locais. Nesse sentido, essas ações servem de estímulo para outras comunidades próximas, formando uma consciência global.

O desenvolvimento sustentável aparece como tema da conferência realizada no Rio de Janeiro, a ECO 92¹⁶, realizada pela ONU¹⁷ em 1992, e que populariza conceitos que disseminam a responsabilidade e o papel da humanidade de ser capaz de se desenvolver de forma sustentável, garantir o desenvolvimento a atender às necessidades do presente, mas que garanta também as necessidades das gerações futuras. Nesse evento foram produzidos documentos pelos quais as nações se comprometiam a aplicar ações que se adequassem e ajustassem as condutas com foco em promover mudanças em situações críticas do meio ambiente.

Outros documentos foram produzidos em outras ações globais, como o Protocolo de Montreal, em 1997, em que o ponto principal era a camada de ozônio, que já demonstrava, naquela época, enfraquecimento, sendo o principal elemento de agressividade o CFC

¹⁵ A Reserva Global de Reversão (RGR) é um encargo do setor elétrico brasileiro pago mensalmente pelas empresas concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, com a finalidade de prover recursos para reversão e/ou encampação, dos serviços públicos de energia elétrica.

¹⁶ A conferência de Estocolmo, realizada em junho de 1972, foi o primeiro grande evento sobre meio ambiente realizado no mundo.¹ Seu objetivo era basicamente o mesmo da Cúpula da Terra, realizado em 1992. Esta conferência, bem como o relatório Relatório Brundtland, publicado em 1987, pelas Nações Unidas, lançaram as bases para o ECO-92.

¹⁷ Organização das Nações Unidas (ONU), ou simplesmente Nações Unidas (NU), é uma organização internacional cujo objetivo declarado é facilitar a cooperação em matéria de direito internacional, segurança internacional, desenvolvimento econômico, progresso social, direitos humanos e a realização da paz mundial. A ONU foi fundada em 1945 após a Segunda Guerra Mundial para substituir a Liga das Nações (dissolvida em abril de 1946), com o objetivo de deter guerra entre países e para fornecer uma plataforma para o diálogo. Ela contém várias organizações subsidiárias para realizar suas missões.

(cloro fluorcarbono). Outra ação foi o protocolo de Kyoto, em 1992, em que a meta era a redução de CO² na atmosfera e tinha como objetivo reduzir a produção de edifícios novos e a emissão de CO² em 40% nos existentes em 15%.

Ainda diretamente ligado aos edifícios, os planos eram reduzir os impactos na mudança do modelo de projeto aplicado, como são construídos e administrados durante toda a vida útil ou de uso do edifício. As ações para esse fim foram firmadas durante a agenda do Habitat, conferência das nações Unidas em Stambu 1996, CIB5, em 1995 (*agenda 21 on sustainable construction*), CIB/UNEP6/2002, (*agenda 21 for sustainable construction in developine countries*).

Segundo Menezes (2012), a partir da década de 1990 a expressão “Arquitetura Sustentável” passa a representar o que deveria mudar para que a degradação e o consumo do meio ambiente tivessem redução significativa em prol das construções. Logo, ações que promovem a eficiência energética passam a ser objetivadas em todos os tipos de arquitetura, que vai do pós-modernista¹⁸ até o desconstrutivismo¹⁹, e incorpora o conceito de estética arquitetônica em detrimento do conforto ambiental mais eficiente energeticamente.

Segundo Machado (2010), a arquitetura da fundamentabilidade, incorpora as tecnologias e novos critérios de projetos com relação à natureza, a partir do início da crise energética na década de 1970, porém, com maior concentração nos países que mantêm grande dependência de material combustível não-renovável, discutido no início deste capítulo.

Segundo Araújo (2005), a arquitetura com vertente ecológica e eficiente energeticamente tem o objetivo de reduzir o uso de recursos naturais, e os cenários ligados a setores da construção civil, que antes não se importavam com as situações tidas como normais, como, por exemplo, os entulhos gerados pela construção, a água utilizada no canteiro de obra, desperdício de material, o lixo produzido durante a construção, a energia necessária para a

¹⁸ A arquitetura pós-moderna é um termo genérico para designar uma série de novas propuitetônicas cujo objetivo foi o de estabelecer a crítica à arquitetura moderna, a partir dos anos 1960 até o início dos anos 1990. Seu auge é associado à década de 1980 (e final da década de 1970)

¹⁹ Arquitetura desconstrutivista (AO 1945: arquitectura desconstrutivista), também chamada movimento desconstrutivista ou simplesmente desconstrutivismo ou desconstrução, é uma linha de produção arquitetônica pós-moderna que começou no fim dos anos 80.

desmontagem do edifício no fim do seu tempo de uso, o percentual de material que poderia ser reciclado pós-desmontagem, dentre outros.

Ainda segundo Araújo (2005), há diferença entre os conceitos de construção ecológica e sustentável, pois, enquanto o sustentável utiliza materiais naturais e reciclados, as ecológicas utilizam materiais naturais e ligados ao meio ambiente como técnicas construtivas locais, com o objetivo de obter edifícios mais eficientes energeticamente.

Segundo Wines (2008, apud Machado 2010), os edifícios sustentáveis são os que têm menos de seis andares, que utilizam materiais recicláveis e renováveis, materiais de baixa energia incorporada, madeira certificada, reuso das águas da chuva e cinzas, materiais de baixa manutenção, reciclagem dos materiais do edifício e reuso das estruturas.

Os edifícios que não utilizam ou não reduzem significativamente as químicas que agriem a camada de ozônio não possuem eficiência energética, estão fora da classe de sustentáveis. É obrigação dos edifícios preservar o meio ambiente, de modo direto e indireto, além de apresentar redução significativa na interferência no meio ambiente.

Segundo Yeang,²⁰ na Arquitetura da Fundamentabilidade (2006) defende-se estratégias nos edifícios que podem reduzir o impacto no meio ambiente por meio da aplicação de materiais naturais que proporcionam excelente eficiência energética e tem custo menor de desmontagem e maior reuso dos materiais pós-desmontagem, principalmente dos pré-fabricados.

Ainda segundo Araújo (2005), há certas diretrizes que quando seguidas favorecem a construção sustentável. Dentre as ações citadas seguem: planejamento sustentável da construção; uso do meio ambiente de forma passiva; gestão do uso da água de forma econômica e dos resíduos da edificação; qualidade no conforto ambiental; uso racional de materiais tecnológicos e ambientalmente viáveis.

2.3.1 Método de Avaliação de Ciclo De Vida Energético

Segundo Kuhn (2006), o escopo determina as limitações do sistema que é relacionado a definição do público alvo, a hierarquia e as fronteiras do objeto que será avaliado, facilitando o manuseio dos dados, e em casos de sistemas construtivos complexos é extremamente facilitador construir a avaliação do Inventário do Ciclo de Vida (ICV), e levantar os recursos de entrada e saída dos sistemas e subsistemas que estão envolvidos no objeto avaliado, e segundo Ortiz (2009), avalia-se o Impacto do Ciclo de Vida (AICV), e os possíveis impactos no meio ambiente classificando a categoria do impacto e as características desses conforme mostrado na Tabela 2 .

Tabela 2 - Categorias de impacto - Carminatti Júnior (2012)

CATEGORIA DE IMPACTO	CARACTERÍSTICA
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	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.
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.

Ainda segundo Kuhn (2006), os instrumentos de quantificação de carga ambiental podem ser somados à classificação e caracterização dos indicadores. A ABNT NBR 14042:2000, classifica a avaliação como sendo obrigatória e opcional:

Obrigatória:

- Classificação de observação qualitativa das feições verificados nos impactos do ICV;
- Caracterização da quantificação que define a contribuição da categoria do impacto.

²⁰ YEANG, Ken. Ecodesign: A manual for ecological design, Londres: Willwy academy, 2006.

Opcionais:

- Normalização que define por meio de cálculo o que representa o impacto;
- Valorização que define o peso do impacto.

A ABNT NBR 14040:2001 define a última parte como avaliação do resultado através de interpretar os resultados com três partes básicas:

- - Identificação do tema de relevância e os aspectos do inventário e suas categorias;
- - Avaliação com objetivos de dar confiança nos resultados das fases, abrangência, sensibilidade e consistência;
- - Conclusão, recomendação e relatório, que expõe as conclusões de forma geral e de entendimento universal.

A avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) avalia o processo do ciclo de vida completo. Segundo Tavares (2006), é válido e necessário a divisão de etapas para a compreensão adequada da energia incorporada e a análise é classificada por fases do berço ao túmulo ou *cradle to grave*, conforme apresentado na Figura 20.

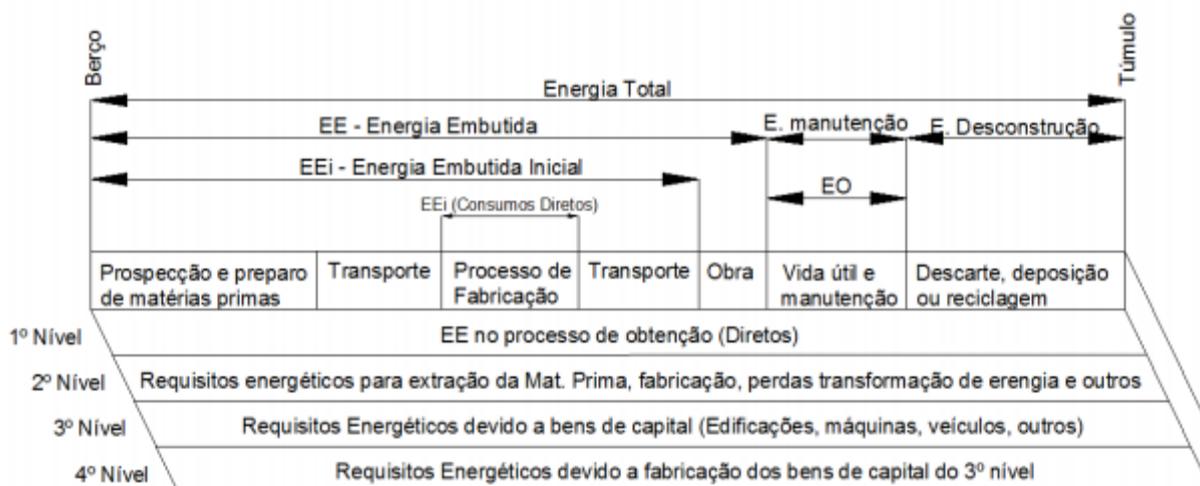


Figura 20 - Ciclo de Vida Energético - Junior (2012)

Segundo Tavares (2006), o ACVE, tem como procedimento a divisão das fases básicas, e subfases que são classificadas como etapas, logo, as fases e as etapas organizam a análise energética gradualmente, conforme está apresentado na Figura 20.

As fases se dividem em: fase pré-uso, fase uso e fase pós-uso, também classificada como fase pré-operacional, fase operacional e fase pós-operacional. A fase pré-uso é definida pelas ações necessárias para a construção do edifício, a fase uso é determinada por ações que acontecem na edificação pronta e em uso, com pessoas habitando, e a fase pós-uso é definida pela energia gasta para a desconstrução, com pouco impacto energético, porém, a reciclagem dos materiais provenientes do desmanche altera o resultado final da ACVE. Com a aplicação do abatimento da energia incorporada na reciclagem dos materiais provenientes da desconstrução, modificando o ciclo de vida para berço ao berço, ou comumente chamado *cradle to cradle*.

O ACVE se divide em: sete etapas para a fase pré-uso, três etapas para a fase operacional, e duas etapas para fases pós-uso. As etapas detalham as ações que acontecem intrínsecas à cada fase, possibilitando quantificar a energia pontualmente.

Etapas da Fase Pré-uso:

1. Prospecção, Fabricação e Transporte de Insumos, quantifica a energia como Energia Embutida dos materiais (EE_{mat});
2. Fabricação dos materiais de Construção, também quantifica a energia como Energia Embutida dos materiais (EE_{mat});
3. Transporte de materiais de construção - ($E_{tr.mat}$);
4. Energia Consumida por Equipamentos na Obra - ($E_{eq.obra}$);
5. Transporte de Trabalhadores até a Obra - ($E_{tr.obra}$);
6. Desperdício de Materiais na Obra - (E_{desp});
7. Transporte de Desperdício - ($E_{tr.desp}$);

Etapas da Fase uso:

8. Reposição de Materiais, quantifica a energia como Energia Embutida dos materiais (EE_{manut});
9. Energia Consumida por Equipamentos Eletrodomésticos - (E_{equip});
10. Energia para cocção de alimentos - ($E_{cocção}$);

Etapas da Fase Pós-uso:

11. Demolição e Remoção de Resíduos (EI_{dem});

12. Transporte de material demolido - ($E_{tr.dem}$);

Segundo conceitos da UNEP (2007), o objetivo da ACV é reduzir a emissão de carbono durante as fases. Sustentabilidade é reduzir a retirada de recursos naturais para a produção de produtos ligados a construção, e nesse sentido a energia incorporada corrobora para a redução na emissão de carbono e na sustentabilidade.

A energia incorporada, segundo Cole (1999), é definida como inicial, direta e indireta para fabricação, transporte e instalação dos elementos construtivos. Segundo Nabut (2011), a energia incorporada (EI) é definida como energia usada para extrair matéria-prima, processo de fabricação, transporte da matéria-prima para a indústria até o produto final. Segundo Tavares (2006), a energia incorporada compila os valores em energia, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Fases do ciclo de energia - Tavares (2006)

FASE	ETAPAS	SIGLA	DESCRIÇÃO
Pré - operacional	1	EE _{mat}	Prospecção, fabricação e transporte de insumos
	2		Fabricação dos materiais de construção
	3	E _{tr.mat}	Transporte dos materiais de construção
	4	E _{eq.obra}	Energia consumida por equipamentos na obra
	5	E _{tr.obra}	Transporte dos trabalhadores até a obra
	6	E _{desp}	Desperdício de materiais
	7	E _{tr.desp}	Transporte do desperdício
Operacional	8	EE _{manut}	Reposição de materiais
	9	E _{equip}	Energia consumida por equipamentos eletrodomésticos
	10	E _{coçção}	Energia para cocção de alimentos
Pós - op.	11	E _{dem}	Demolição e remoção dos resíduos
	12	E _{tr.dem}	Transporte do material demolido

Segundo Tavares (2006), na fase pré- uso $E_{pré}$ a energia incorporada (E_{imat_i}) engloba as etapas 1 e 7, totaliza toda a energia utilizada para extrair, fabricar e transportar os produtos, conforme mostrado na equação 1.0.

$$E_{pré} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot E_{imat_i} \cdot \sum_{i=1}^K EP_i \quad (1.0)$$

Onde:

n = Número de materiais utilizados na construção

m_i = Massa do material em quilogramas

$Elmat_i$ = Quantidade de energia incorporada por unidade de massa do material

K = Número do processo relacionado à construção da edificação

EP_i = Quantidade de energia total despendida em um determinado processo durante a construção da edificação.

Segundo Tavares (2006), na fase uso E_{op} a energia incorporada ($Elmat_i$) engloba as etapas 8 á 9, totaliza a energia para a existência da edificação e reposição de materiais que se desgastam com o tempo, que é resolvida por meio da Equação 1.1

$$E_{op} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot Elmat_i + \sum_{i=1}^K EPM_i + \sum_{i=1}^n EU_U \quad (1.1)$$

Onde:

n = Número de materiais utilizados para reposição, manutenção ao longo do ciclo de vida

m_i = Massa do material em quilogramas

$ElRmat_i$ = Energia incorporada em uma unidade de massa do material de reposição

K = Número de processo relacionados a manutenção da edificação

EPM_i = Quantidade de energia total despendida por processo de manutenção da edificação

p = Número de atividades desenvolvidas durante a fase operacional com dispêndio de energia

EU_u = Quantidade de energia total despendida durante a fase operacional da edificação

Ainda segundo Tavares (2006), energia pós- uso para material de reposição e manutenção ($Elmat_i$), necessária para a manutenção da edificação (EPM_i), será aplicada na etapa 11 e 12, já a quantidade da energia incorporada (EI) é obtida por meio da aplicação da equação 1.2 apresentada abaixo.

$$E_{pós} = \sum_{i=1}^K ED_t \quad (1.2)$$

Onde:

K = Número do processo relacionado à desconstrução do edifício

ED_i = Quantidade de energia despendida por processo de desconstrução da edificação

Segundo Tavares (2006), a fase de desconstrução que é o processo final do edifício, demolição, desmontagem, reciclagem dos materiais e transporte, (ED_t) é abarcada pelas etapas 11 e 12.

O somatório de todas as fases definirá o total de energia que será consumida em todas as etapas que compreende a produção dos materiais, durante a existência do edifício e ao final da vida útil, quando não é mais viável a sua utilização, segundo Tavares (2006), é definido matematicamente, e aplica-se a equação 1.3 demonstrada abaixo.

$$E_{total} = E_{pré} + E_{op} + E_{pós} \quad (1.3)$$

Onde:

$E_{pré}$ = Somatório das energias relativas à fase pré-uso

E_{op} = Somatório das energias consumidas à fase uso

$E_{pós}$ = Somatório das energias referentes à fase pós-uso

2.3.1.1 Detalhamento das fases

Segundo Tavares (2006), essa fase determina toda a energia incorporada desde a extração dos materiais, o transporte dos materiais, das pessoas e dos equipamentos durante o processo construtivo, disponível no ANEXO 3 – TABELAS REFERENCIAIS

Tabela 46, ANEXO 3 – TABELAS REFERENCIAIS, verifica-se a energia incorporada em kg. e volume por materiais.

A somatória das energias incorporadas nos materiais envolvidos no processo de cada etapa, fora os expostos durante o texto será informado em anexo, os materiais envolvidos são definidos como insumos que são consultados na planilha SINAPI²¹, ou composições da TCPO²².

²¹ O Sinapi – modelo de pesquisa mensal da Caixa e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que informa os custos e índices da construção civil – é um dos instrumentos utilizados pelo Tribunal de Contas da União (TCU) para fiscalizar – e paralisar – obras públicas.

²² Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO) da Editora PINI.

Segundo Kuhn (2006), conforme demonstrado na Tabela 4, o transporte está presente em quase todas as fases, apesar de ser considerado como secundário por não estar presente diretamente como insumo, devido à quantidade de vezes que aparece no processo, tornando-se importante.

Tabela 4 - Transporte nas fases - Kuhn (2006)

Etapa	Transporte
Extração de matérias-prima	De matérias-prima de jazidas às fábricas
Manufatura de materiais e componentes	De materiais e componentes ao local da obra
Construção	De trabalhadores e de materiais dentro do canteiro
Uso e reposição	De usuários, de materiais para reposição e de resíduos para deposição final, reciclagem ou reutilização
Disposição final	De resíduos para disposição final, reciclagem ou reutilização

O transporte é determinado pela localização geográfica do objeto de pesquisa que irá determinar a energia gasta para o transporte de materiais, resíduos ou mão de obra. Também é levado em consideração as condições da via, tipo de transporte e condições de trânsito. Oliveira (2004) cita o índice de consumo de combustíveis, a velocidade média, o carregamento do veículo, a inclinação do pavimento para veículos de passageiros a lotação e os tipos de combustíveis utilizado.

Segundo Tavares (2006), as etapas 3, 5 e 7 pré-operacional estão ligadas aos transportes de materiais do centro de fabricação até a obra, transporte de mão de obra e resíduos.

Segundo Oliveira (2004), para avaliar o transporte dos trabalhadores envolvidos é levado em consideração a quantidade e o tempo das atividades na composição dos serviços.

O desperdício define-se em dois momentos e está abarcado na etapa 6. No primeiro momento é no emprego de material em excesso na obra, que pode ter origem no projeto ou na administração que não observou a aplicação correta, e em segundo na má armazenagem e na omissão, dentre outras.

Tavares (2006) define a fase de utilização como sendo a energia consumida pelos ocupantes da edificação, sendo definida em três momentos: a energia embutida nos

materiais de reposição, a energia consumida em equipamentos e a energia de uso desses equipamentos referentes às etapas 8, 9 e 10.

Reposição dos materiais, segundo Tavares (2006), é o cálculo definido em conjunto e incorporado na fase pré-operacional da edificação, e dados ligados à reposição de materiais, e existem valores já quantificados em tabela para o fator de reposição relacionado na Tabela 47, ANEXO 5.

Segundo Possan (2010), na quantificação da energia total utilizada durante os processos de manutenção, ao longo da vida útil, é determinante para o tempo total estimado para a vida de uso do edifício. De acordo com a manutenção do edifício, será determinante para o tempo de vida útil ou de uso do edifício, conforme demonstrado na Figura 21.

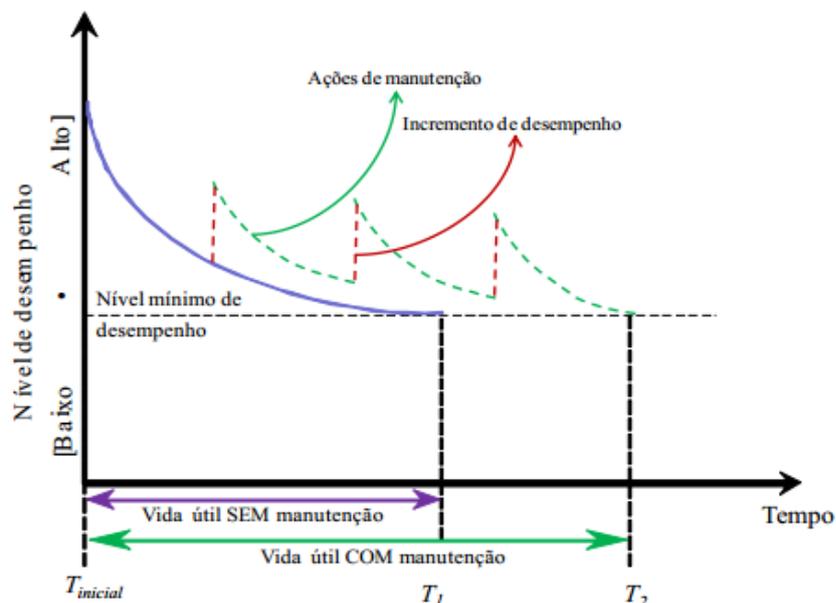


Figura 21 - Desempenho com e sem manutenção - Possan (2010)

Ainda segundo Possan (2010), a vida útil é expressa em anos, e a norma de concreto NBR 6118 prevê vida útil de 50 anos para a maioria das estruturas e 100 anos para estruturas civis e apresentado na Tabela 5 o desempenho dos materiais.

Tabela 5 - Desempenho com e sem manutenção - Possan (2010)

Tipo de estrutura	Vida útil de projeto (VUP) mínima				
	BS 7543 (1992)	ISO 2394 (1998)	Fib 34 (2006) e EN 206-1 (2007)	NBR 15575 (2013)*	Fib 53 (2010)
Temporárias	≥ 10 anos	1 a 5 anos	≥ 10 anos	-	-
Partes estruturais substituíveis (Ex.: apoios)	≥ 10 anos	≥ 25 anos	10 a 25 anos	23 a 20 anos	25 a 30 anos
Estruturas para agricultura e semelhantes	-	-	15 a 30 anos	-	-
Estruturas <i>offshore</i>	-	-	-	-	≥ 35 anos
Edifícios industriais e reformas	≥ 30 anos	-	-	-	-
Edifícios e outras estruturas comuns	-	≥ 50 anos	≥ 50 anos	50 anos	≥ 50 anos
Edifícios novos e reformas de edifícios públicos	≥ 60 anos	-	-	-	-
Edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de engenharia civil	≥ 120 anos	≥ 100 anos	≥ 100 anos	-	≥ 100 anos
Edifícios monumentais	-	-	-	-	≥ 200 anos

Ainda segundo Tavares (2010), a fase pós-uso tem início quando o edifício não tem mais condições de uso, quando é iniciado o processo de desconstrução, definido em demolição e remoção dos resíduos, e está abarcada na etapa 11. O transporte dos materiais da desconstrução está abarcado na etapa 12, a energia gasta na fase de desconstrução tem origem nas máquinas utilizadas. Para definir esses insumos foi utilizada a TCPO, que quantifica em valores de 1 m³, e também de acordo com o produto composição da tabela SINAPI.

Ainda segundo Tavares (2006), através de modelo desenvolvido com o uso de ajustes e funções e regressões lineares, define-se consumo médio de energia. Segundo o Balanço de Energia Nacional - BEN (2014), o consumo médio para os edifícios públicos é de 250 Kw/m²/ano.

Nessa fase do processo, a energia incorporada apresentada na

Tabela 48, ANEXO 5, como insumos e na Tabela 6 em produtos já manufaturados, em parte calculada e em parte obtida na planilha de definição da energia incorporada da edificação. Foi considerada parcela de energia necessária para a demolição de alvenarias, estruturas, revestimentos, telhados, contrapiso, pisos de concretos e pisos cerâmicos.

Interfere na energia necessária para a desconstrução, há impacto maior na energia incorporada se o material for reutilizado sem demolição, pois demandará maior cuidado e tempo, porém irá contribuir na energia incorporada de novos produtos.

Segundo Tavares (2010), dos resíduos até o local de deposição final, há definição em parte pelas massas incorporadas à edificação durante a fase pré-operacional.

Tabela 6- Energia Incorporada nos blocos (EI) - Tavares (2006)

MATERIAL	DIMENSÕES (mm)	ENERGIA EM UM BLOCO (MJ)	ENERGIA POR BLOCO CERÂMICO EQUIVALENTE (MJ)	ENERGIA DO BLOCO (%)
Bloco cerâmico	230 x 105 x 70	4,25	4,25	100,00
Bloco de solo-cimento	230 x 190 x 100	2,60 (8% cimento)	1,00	23,50
	230 x 190 x 100	3,50 (8% cimento)	23,50	31,70
Bloco de concreto vazado	400 x 200 x 200	12,30 (7% cimento)	1,32	31,20
	400 x 200 x 200	15,30 (7% cimento)	1,62	38,10
Bloco curado à vapor	230 x 190 x 100	6,70 (10% cal)	2,58	60,60

Segundo Reddy (2001), a energia incorporada tem valor maior quando se economiza em materiais que não são renováveis, logo, o transporte tem grande impacto quando na avaliação desse item, e os valores de energia incorporada para materiais básicos que estão nas proximidades das indústrias e área de obra, ganha grande valor nesse critério, na Tabela 6 verifica-se a energia incorporada por blocos em dimensões variadas, energia incorporada na argamassa e por insumos, apresentada na Tabela 7.

Tabela 7- Energia Incorporada (EI) em materiais de alvenaria, - Reddy (2001)

TIPO DE ARGAMASSA	PROPORÇÃO DOS MATERIAIS			ENERGIA/MP (MJ)
	CIMENTO	SOLO	AREIA	
Argamassa de cimento	1	0	6	1268
	1	0	8	1006
Argamassa de cimento-pozolana	0,8:0,2 (b)	0	6	918
	0,8:0,2 (b)	0	8	736
Argamassa de solo-cimento	1	2	6	849
	1	2	8	773
Argamassa de solo-cimento	1 (1:2) (c)	0	3	732

Fonte: REDDY e JAGADISH, 2001.

(a) Conteúdo energético: cimento Portland = 5,85 MJ/kg; areia = 175 MJ/m³; pozolana = 1,5 MJ/m³.

(b) Cimento: pozolana (0,8: 0,2).

(c) Cal: pozolana (1:2).

Consumo de energia incorporada de transporte (EI) - Segundo Kunh (2006), a energia do transporte quando economizada, além de aumentar a eficiência energética no tocante à economia no combustível e todos os outros elementos envolvidos, é altamente considerado o fato de evitar o consumo de recurso não-renovável, e a tipologia do transporte tem influência direta na quantificação da energia, definida em tipologias de meios de transporte na Tabela 10, e o que será transportado por etapa e discriminação destes, verificado na Tabela 11.

Tabela 8- Energia Incorporada (EI) em transporte - Tavares (2006)

MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km
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	515
Trem de carga	1,54

Tabela 9 - Energia Incorporada (EI) em transporte em diferentes etapas - de Kuhn (2006)

ETAPA	TRANSPORTE
Extração de Matéria-Prima	De matéria-prima de jazidas às fábricas.
Manufatura de Materiais e Componentes	De materiais e componentes ao local da obra.
Construção	De trabalhadores e de materiais dentro do canteiro.
Uso e Reposição	De usuários, de materiais para reposição e de resíduos para a disposição final, reciclagem ou reutilização.
Disposição Final	De resíduos para disposição final, reciclagem ou reutilização.

Na fase de construção, segundo Cole (1999), o transporte de material tem pouco impacto, demonstrado na tabela 12, sendo que o que apresenta maior impacto é o transporte de operários. Para a pesquisa foi considerada a distância média do centro de produção até o local da obra definido pela cidade que será informada durante o desenvolvimento do cálculo.

A energia de manutenção é considerada como sendo a manutenção necessária ao longo do tempo e a necessidade de reposição de partes do edifício.

Energia de uso, segundo Carmina (2012), é o que consome de energia os equipamentos instalados no edifício durante a vida de uso. Nessa pesquisa a atenção foi a térmica, para que os equipamentos de ar condicionado tenham utilização minimizada.

Energia de desconstrução - Segundo Tavares (2006), a desconstrução abrange a energia gasta para demolir, desconstruir e a condução do material para local de despejo ou de reciclagem.

O aspecto da reciclagem e reutilização dos materiais, segundo Zhang (2004), na demolição ou desmontagem, parte do material pode ser reaproveitado. É considerada uma porcentagem de reaproveitamento de 90%, para o metal de 20% para o tijolo e de 10% para a madeira. Segundo Thormark (2001), a reciclagem possibilita a redução da energia incorporada devido o uso de materiais reciclados e reutilizados, sendo que o potencial de reciclagem varia de 35% a 40% da energia incorporada da edificação.

2.4 DESEMPENHO TÉRMICO

O desempenho térmico dos materiais que compõem os sistemas construtivos tem impacto direto na eficiência energética do espaço construído. O sistema de placas de aço isotérmico, como também o sistema de blocos cerâmicos, deve atender o mínimo exigido pela norma ABNT NBR 15575:2013.

2.4.1 ABNT NBR 15575:2013

A ABNT 15575:2013 é norma de desempenho de materiais que compõem os sistemas construtivos com foco em edificações habitacionais, não objetiva diretamente nenhum sistema construtivo específico. Busca atender o que é ideal para o usuário do edifício habitacional. As bases para a análise do desempenho são internacionais e avaliam o desempenho por meio das análises quantitativa e qualitativa.

A norma não avalia obras em andamento, concluídas, pré-existentes, reformas, *retrofit* ou edificações provisórias até a data que entrou em vigor. A NBR 15575:2013 é dividida em

seis partes, com o objetivo de organizar e sistematizar a análise do desempenho dos materiais e sistemas:

- Parte 1: Requisitos gerais;
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidro sanitários.

A norma verifica de forma plena a eficiência e o desempenho estrutural, térmico, acústico, lumínico, estanqueidade, o uso e operação do edifício, da saúde, conforto, adequação ambiental, segurança contra incêndio, durabilidade e manutenção.

Os requisitos gerais dessa norma são organizar as condições de desempenho que as edificações habitacionais devem cumprir, e avaliar o material que faz parte de um ou mais sistemas, além de utilizar princípios internacionais nos procedimentos de avaliação do desempenho de sistemas construtivos.

Os requisitos, de forma geral, só são avaliados quando aplicados a edificações de até cinco pavimentos. Os critérios estabelecidos ao desempenho térmico, acústico, lumínico e de segurança a incêndio são atendidos individual e isoladamente. As seções de 4 a 17 dessa parte é completada pela ABNT NBR 15575-1 a ABNT NBR 15575-6.

A parte dos sistemas de vedação versa sobre o desempenho das vedações verticais externas e internas de edificações com tipologia habitacional. A avaliação do desempenho das envoltórias do contexto horizontal e vertical é definida como compartimentação dos espaços do edifício, a volumetria, e a integração dos elementos construtivos que influenciam o desempenho do edifício.

A cobertura na norma refere-se ao desempenho dos sistemas de cobertura para edificações com tipologias habitacionais. O desempenho do sistema de coberturas é avaliado no contexto da preservação da saúde do usuário que habita a edificação e a estabilidade do

edifício quanto à proteção promovida pelo sistema de cobertura, principalmente na estanqueidade e térmica.

2.4.1.1 Especificações Térmicas para as Zonas Bioclimáticas de 1 a 8

Segundo a ABNT NBR 15575:2023, os materiais aplicados na composição das vedações das envoltórias devem apresentar características físicas que atendam ao menos o mínimo exigido para a zona bioclimática onde serão aplicados. A Tabela 10 e a Tabela 11 definem as especificações básicas para as zonas bioclimáticas 1 a 8.

Tabela 10 - Capacidade Térmica - ABNT NBR 15575:2013

Capacidade térmica (CT) kJ / m ² .K	
Zona 8	Zonas 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Tabela 11 - Transmitância térmica - ABNT NBR 15575:2013

Transmitância Térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
^a α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

2.4.2 ABNT NBR 15220:2003

O desempenho térmico das vedações, segundo a ABNT NBR 15220:2005, deverá seguir o mínimo ideal para as zonas bioclimáticas, seguindo os cálculos especificados por essa norma e definidos na ABNT NBR 15575:2013.

A transmitância térmica (U), segundo Lamberts (2010), utiliza unidade de medida W/(m².K), e a resistência térmica ou coeficiente global de transferência térmica, que representa a capacidade de conduzir mais ou menos energia quantificada em unidade de área específica, que é classificada para o mínimo, apresentada na Tabela 12.

Tabela 12- Desempenho mínimo - NBR 15220 (2005)

NÍVEL DE DESEMPENHO	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA ⁽¹⁾ (U, EM W/(M².K))		
	Zona 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
		$\alpha^{(2)} < 0,6$	$\alpha^{(2)} \geq 0,6$
M	$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

⁽¹⁾ valores de Transmitância Térmica (U) considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,13 m².K/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m².K/W;
⁽²⁾ α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

A capacidade térmica (CT), segundo Lamberts (2010), é a capacidade do desempenho térmico dos materiais, que perdem e ganham calor, e que vai depender das características físicas dos materiais, e a quantidade de material a unidade de medida é KJ/ (m².K), que será definida como ideal a partir da zona bioclimática que será atendida, conforme a Tabela 13.

Tabela 13 - Nível de desempenho das paredes externas - NBR 15220 (2005)

NÍVEL DE DESEMPENHO	CAPACIDADE TÉRMICA (CT, EM KJ/(M².K))	
	Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
M	≥ 45	≥ 130

A ABNT NBR 15220-2:2005 define o método de cálculo para determinar as condições térmicas e informa as propriedades dos materiais, coeficientes de troca superficial e quantificação da resistência térmica de câmara de ar. N= o cálculo do CT é preciso o valor de espessura (e), o calor específico (c), Kj/(Kg.K), densidade de massa aparente (ρ), (Kg/m³), e essas informações quanto aos materiais estão na Tabela 14 e na

Tabela 15.

Tabela 14- Propriedades térmicas dos materiais VC - NBR 15220 (2005)

MATERIAL	DENSIDADE DE MASSA APARENTE ρ (Kg/m³)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA λ (W/(m².K))	CALOR ESPECIFICO C (Kj/(Kg.K))
Argamassa de assentamento	1860	1,15	1,00
Tijolo cerâmico	1600	0,9	0,92
Reboco	1860	1,15	1,00

Tabela 15 - Propriedades térmicas dos materiais VC - NBR 15220 (2005)

MATERIAL	DENSIDADE DE MASSA APARENTE ρ (Kg/m ³)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA λ (W/(m ² .K))	CALOR ESPECÍFICO C (Kj/(Kg.K))
Aço	7850	55	0,46
Placas de Fibrocimento	2200	0,95	0,84
Siding vinílico	1300	0,2	--
Placa de gesso acartonado	1000	0,35	0,84
Placas de OSB	1000	0,2	2,30
Lã de rocha	200	0,045	0,75
Lã de vidro	100	0,045	0,70
Poliestireno expandido moldado	35	0,04	1,42

Segundo a ABNT NBR 15220:2005, o atraso térmico é o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um item construtivo submetido a um regime recorrente de transmissão de calor, e para cada zona bioclimática - ZB existem especificações que são relativas à necessidade do tipo de vedação vertical, conforme demonstrado na Tabela 1.

Ainda segundo a ABNT NBR 15220:2005, o fator solar ou resultado de calor solar de meios opacos pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo, e para cada zona bioclimática, tem valor referência ideal para as vedações verticais, de acordo com a Tabela 16.

Tabela 16 - Relação de Transmitância, Atraso Térmico e fator solar por ZB - LabEEE UFSC

Zona	Parede		
	U	φ	FS _o
1	≤ 3,00 (leve)	≤ 4,3	≤ 5,0
2	≤ 3,00 (leve)	≤ 4,3	≤ 5,0
3	≤ 3,60 (leve refletora)	≤ 4,3	≤ 4,0
4	≤ 2,20 (pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5
5	≤ 3,60 (leve refletora)	≤ 4,3	≤ 4,0
6	≤ 2,20 (pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5
7	≤ 2,20 (pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5
8	≤ 3,60 (leve refletora)	≤ 4,3	≤ 4,0

3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO E ANÁLISE TÉRMICA

Este capítulo apresenta o desenvolvimento da pesquisa, que se dá por meio da avaliação de ciclo de vida energético ACVE, e da análise térmica dos materiais que compõem os sistemas construtivos envolvidos no trabalho.

3.1 ESCOPO

Os sistemas construtivos pré-fabricados aplicados na construção, tem legitimado de forma significativa a redução e a especialização de mão de obra. Apesar disso, a eficiência energética dos sistemas tem peso expressivo no quesito redução de apropriação e danos aos recursos naturais e ao meio ambiente. Segundo Tavares (2010), é necessário considerar a energia incorporada nos materiais que compõem os insumos do sistema construtivo, e o atendimento dos mínimos exigidos para as propriedades físicas dos materiais relativos à térmica.

O método desenvolvido para esse trabalho está dividido em oito partes, na qual é realizada a avaliação do ciclo de vida energética - ACVE das vedações verticais em placas metálicas isotérmicas, e a análise térmica das propriedades térmicas.

1. Identificação e especificação dos insumos que estarão envolvidos na pesquisa;
2. Quantificação do volume e massa dos materiais do sistema de placas isotérmicas e de blocos cerâmicos aplicados ao modelo da unidade de pronto atendimento - UPA;
3. Levantamento das distâncias das oito cidades em relação à fonte de materiais e de fornecedores, com o objetivo de definir a energia incorporada (IE) do transporte e de funcionários, para descarte de resíduos da execução da obra e de demolição;
4. Produção de tabelas no Excel para avaliação de energia incorporada (IE), dos materiais integrantes dos sistemas;

5. Avaliação das propriedades térmicas dos sistemas de placas de aço isotérmico e blocos cerâmicos, no contexto bioclimático das oito principais cidades que compõe as oito zonas bioclimáticas do Brasil, segundo a ABNT NBR 15575:2013 e ABNT NBR 15220:2005;
6. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) dos sistemas de placas metálicas isotérmicas e dos blocos cerâmicos, segundo ABNT NBR ISO 14040:2009;
7. Análise dos resultados obtidos na térmica dos sistemas de placas de aço isotérmico e dos blocos cerâmicos com base na ABNT NBR 15575:2005;
8. Análise dos resultados da ACVE com uso de rubrica de estudo similar.

O edifício público utilizado como modelo é a Unidade de Pronto Atendimento da Secretaria de Saúde do Distrito Federal (UPA), por meio dos projetos desse edifício que estão no ANEXO 2 – PROJETOS DO MODELO UPA, será quantificado o volume e massa dos materiais intrínsecos aos sistemas de fechamento vertical em placas metálicas isotérmicas e de blocos cerâmicos revestidos por argamassa.

A avaliação do ciclo de vida energético - ACVE do sistema de fechamento vertical em placas de aço isotérmico são relativos a oito cidades brasileiras, que segundo a ABNT NBR 15575:2005, são as principais cidades que caracterizam as oito zonas bioclimáticas do Brasil:

1. Caxias do Sul - Rio Grande do sul ZB-1;
2. Ponta Grossa - Paraná ZB-2;
3. Florianópolis - Santa Catarina ZB-3;
4. Brasília - Distrito Federal ZB-4;
5. Santos - São Paulo ZB-5;
6. Goiânia - Goiás ZB-6;
7. Picos - Piauí ZB-7;
8. Belém - Pará ZB-8.

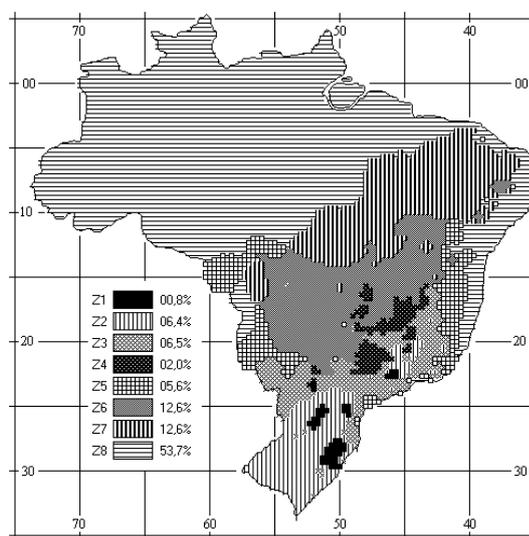


Figura 22- Zonas Bioclimáticas - disponível em < labeee.ufsc.br>

O levantamento das distâncias foi realizado por meio do *google earth*, utilizando estradas oficiais de cada cidade em relação à empresa que produz e monta o sistema de fechamentos verticais em placas de aço isotérmico, de transporte dos insumos para a produção dos materiais que compõem o sistema até a indústria que os produz, e que os operários utilizados na execução percorrem. Os resultados das distâncias levantadas são utilizados para a quantificação de energia incorporada - IE no transporte. Esses dados também serão utilizados para avaliar a energia incorporada do transporte dos sistemas de vedação vertical em blocos cerâmicos e revestimento em argamassa.

A avaliação térmica do sistema de placas de aço isotérmico e dos blocos cerâmicos revestidos em argamassa é relativa ao atendimento da ABNT NBR 15575:2013, do mínimo exigido para cada zona bioclimática nesse contexto, no qual verifica-se que a quantidade de material aplicado ao sistema está adequado ou não, quantificação essa que repercute diretamente no total de energia incorporada IE final de cada sistema. Para o cálculo da térmica é aplicada a NBR ABNT 15220:2005, utilizando a ferramenta "Projeteee" disponível em <ProjetEEE@labeee.ufsc.br>, demonstrado na Figura 23.

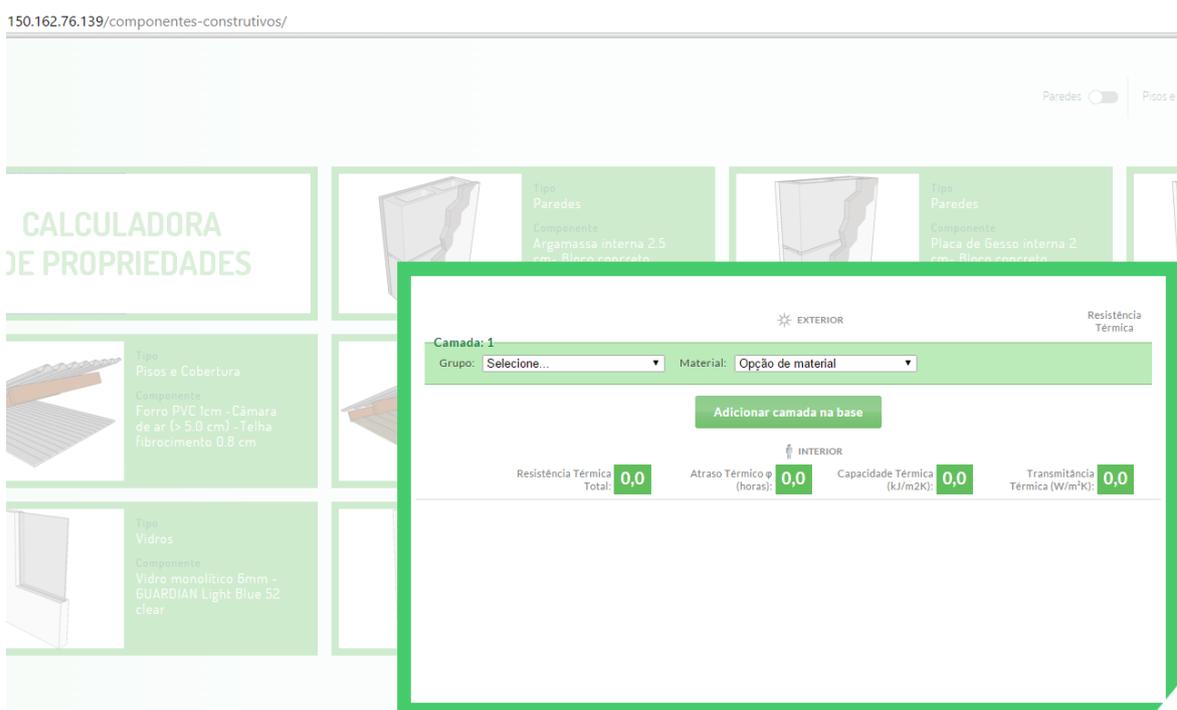


Figura 23 - Imagem de Tela do "softer" Projeteee, - Disponível em ProjetEEE@labeee.ufsc.br.

Para a produção de planilhas do Excel, que auxiliam no cálculo da energia incorporada - IE, são utilizadas as equações definidas pela ABNT NBR 14040:2009 que trata da análise do ciclo de vida - ACV.

Os valores obtidos da energia incorporada - IE e os dados térmicos relativos às oito cidades são utilizados para comparações, conclusões e sugestões para novas pesquisas.

3.2 ESTRUTURA DA AVALIAÇÃO ENERGÉTICA, ORGANIZAÇÃO E MÉTODOS

A estrutura básica aplicada na avaliação do Ciclo de Vida Energético das placas de aço isotérmico, está dividida em três partes. Primeira Parte - Levantamento e organização de dados, Segunda Parte - Quantificação de **EI** e Análise Térmica - **AT**, Terceira Parte - Conclusões. A Figura 24 apresentada demonstra essa organização.

A primeira parte - levantamento e organização de dados - agrupa o conjunto de fases de 1 a 3, responsáveis por levantar dados referentes ao modelo do projeto de análise a UPA, quantificar materiais e organizar cálculos em tabelas desenvolvidas no Excel com base nas normatizações da ABNT NBR 15575:2013, ABNT NBR 15220:2005 e ABNT NBR ISO 14040:2009.

A segunda parte - Quantificação de EI e AT - agrupa as fases 4 e 5, que analisa os sistemas de placas isotérmicas e blocos cerâmicos relativos a térmica, e quantifica a energia incorporada.

A terceira parte - Análises que agrupam as fases 6 e 7 - apresenta resultados comparativos entre os sistemas, que são utilizados para conclusão final quanto a viabilidade do sistema de placas metálicas isotérmicas.

A ABNT NBR ISO 14044:2003 orienta quanto a exposição e organização dos elementos necessários para a avaliação do ciclo de vida energético - ACVE, do berço ao berço, e a Figura 25, demonstra os elementos e ordenação para essa avaliação, do sistema de placas metálicas isotérmicas segundo essa norma.

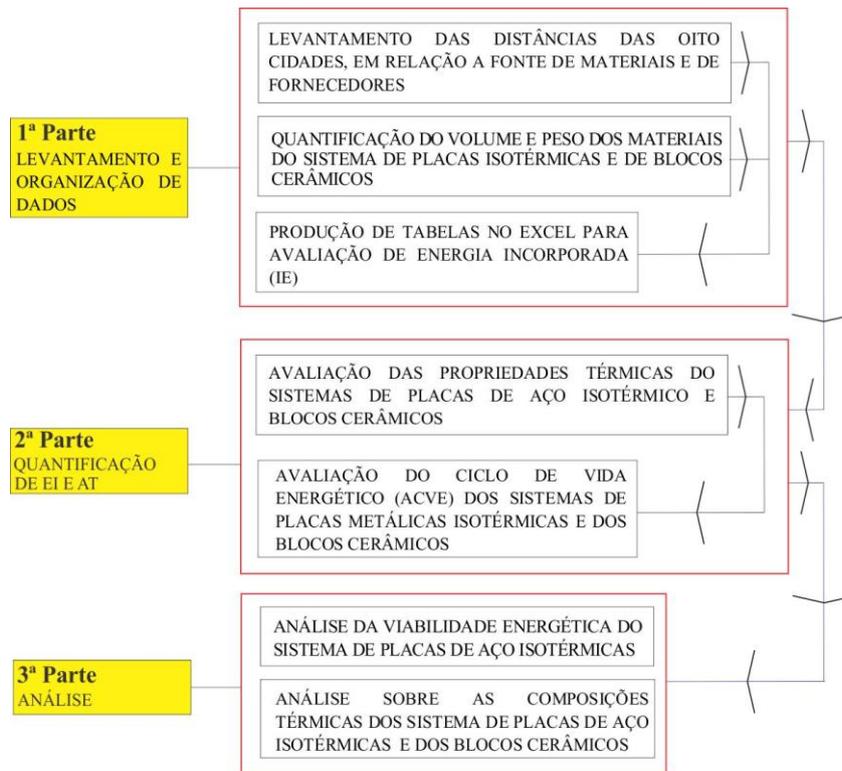


Figura 24 - Estrutura Básica da Pesquisa

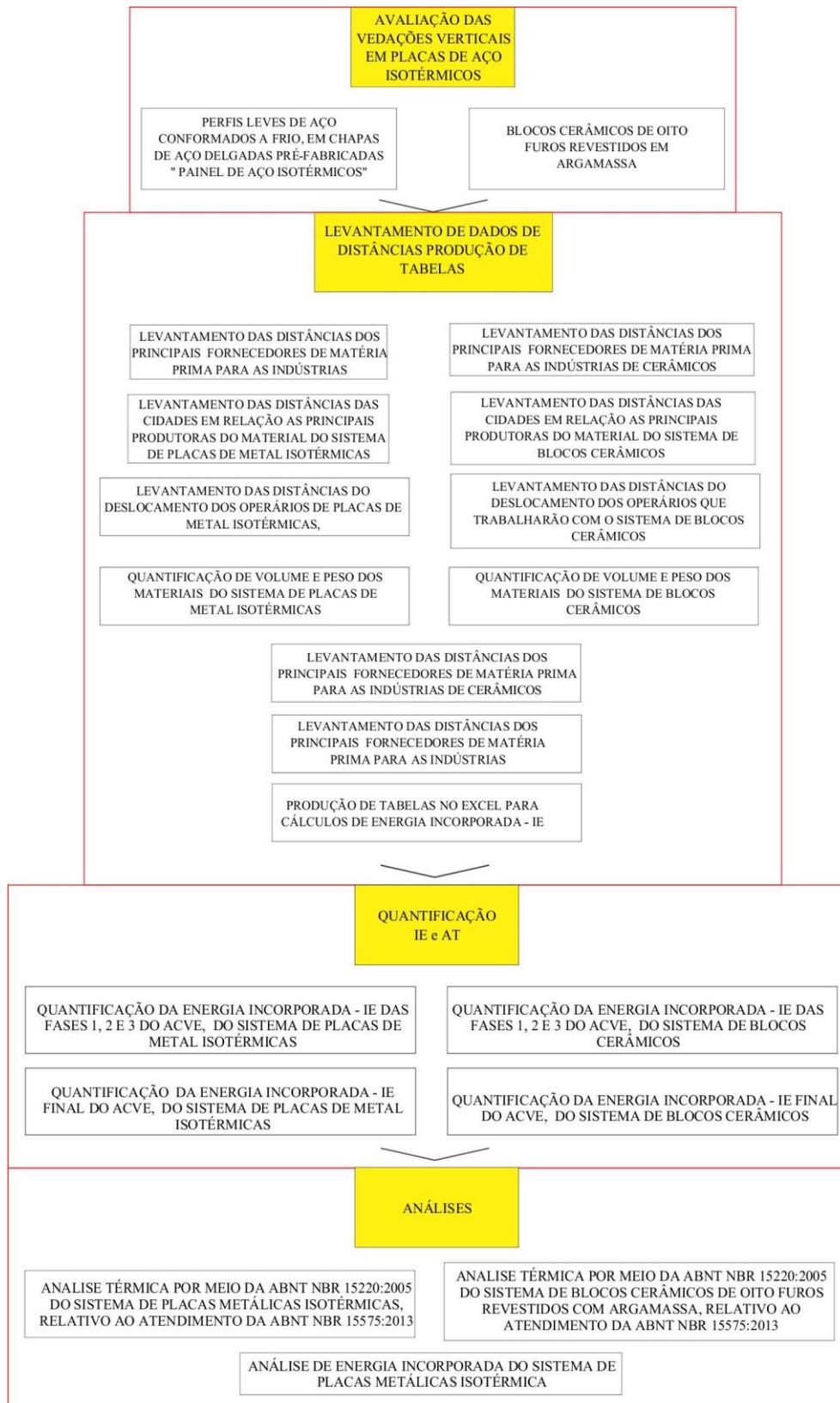


Figura 25 - Estrutura da Pesquisa segundo a ABNT NBR ISO 14040:2009

3.3 ESPECIFICAÇÕES DOS SISTEMAS

A partir dos projetos do edifício da unidade de pronto atendimento - UPA de Brasília, que estão no ANEXO 2 – PROJETOS DO MODELO UPA, serão especificados e quantificados os insumos dos sistemas de placas de aço isotérmico e blocos cerâmicos revestidos com argamassa.

3.3.1 Especificações dos Insumos dos Sistemas

Para verificar a quantidade de material que será base para o cálculo de Energia incorporada e capacidade térmica, será avaliada a composição básica do sistema de envoltória, estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, em chapas delgadas pré-fabricadas, painel de aço isotérmico aplicados para a vedação de edifícios, que nesse estudo é um edifício modelo UPA, apresentado em detalhes nas Figura 27, Figura 26, Figura 28 e Figura 29.

Os painéis isotérmicos são produzidos em linha contínua que é determinante para o padrão de homogeneidade, fundamental para a distribuição de forças e energia térmica com especificações apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 -Especificações das Placas de aço Isotérmico

Especificações para as placas de aço isotérmica

Largura Útil	Comprimento	Espessura	Condutibilidade	Núcleo	Chapa
1.150 mm.	até 12 m.	30,40,50,100,150, 200 e 250 mm.	0,028 Kcal/m.h.°C	EPS D=13 a 16 Kg/m ³ - Classe F, material retardante a chama	Espessura de 0,43 ou 0,50 mm. Zincada. Pré-pintada, acabamento em primer a tóxico (5 microns) e poliéster (20 microns).

LARGURA ÚTIL	1.160 mm
COMPRIMENTO	Recomenda-se até 12 metros, para efeito de transporte e instalação. Comprimentos maiores que 12 metros, sob consulta.
ESPESSURAS	32, 40, 50, 100, 150, 200 e 250 mm.
CONDUTIBILIDADE	0,028 Kcal/m.h.°C.
NÚCLEO	EPS - D=13 a 16 Kg/m ³ - Classe F, material retardante a chama.
CHAPA	Espessura de 0,43 ou 0,50 mm. Zincada. Pré-pintada, acabamento em primer atóxico (5 microns) e poliéster (20 microns).
COR	Branco (RAL 9003).

Figura 26 - Características físicas dos painéis - Disponível em < www.mbp.com.br>

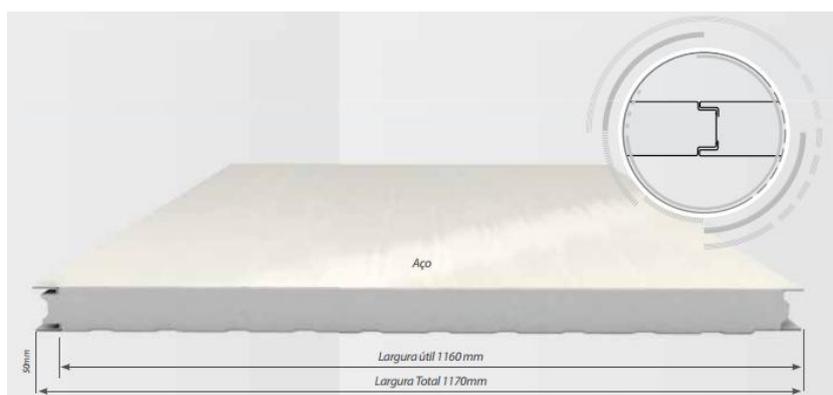


Figura 27 - Especificações dos painéis - Disponível em < www.mbp.com.br>

PRP / PRP

- Perfis e cantoneiras para acabamento interno e externo, em aço PRP na cor branca RAL 9003
- Massa vedante
- Rebites em alumínio pintados em branco
- Parafusos e buchas
- Conjuntos para fixação, tirantes, polioli e isocianato (quando necessários)

Figura 28 - Acessórios de montagem - Disponível em < www.mbp.com.br>

PRP / PRP #0,50 MM

Em chapa de aço (conforme normas ABNT NBR 7013 e ABNT NBR 7008) com revestimento padrão B de galvanização, (4 a 6 microns com primer epóxi e 18 a 22 microns em pintura de acabamento em poliéster), pré-pintado na cor branca RAL 9003 e largura útil de 1.160 mm.

INOX / INOX #0,50 MM

Em chapa de aço inox Aisi 304, com filme protetivo de polietileno (conforme normas ABNT NBR 7013 e ABNT NBR 7008) e largura útil de 1.160 mm.

INOX / PRP #0,50 MM

Em chapa de aço inox Aisi 304, com filme protetivo de polietileno em uma das faces e a outra em chapa de aço (conforme normas ABNT NBR 7013 e ABNT NBR 7008); revestimento padrão B de galvanização, (4 a 6 microns com primer epóxi e 18 a 22 microns em pintura de acabamento em poliéster), pré-pintado na cor branca RAL 9003 e largura útil de 1.160 mm.

Figura 29 - Especificações da chapa - Disponível em < www.mbp.com.br>

A placa utilizada nessa unidade é de aço/aço #,050/#0,50, espessura isolante de 50 mm, largura útil de 1600 mm, peso próprio de 10,00 kgf/m², coeficiente global de transmissão de calor "U" igual a 0,54 (Kcal/h. m². °C). O comprimento máximo da placa é de 4,00 m, para vão máximo entre apoios de 2,50 m, sendo pré-pintada com tinta branca epóxi.

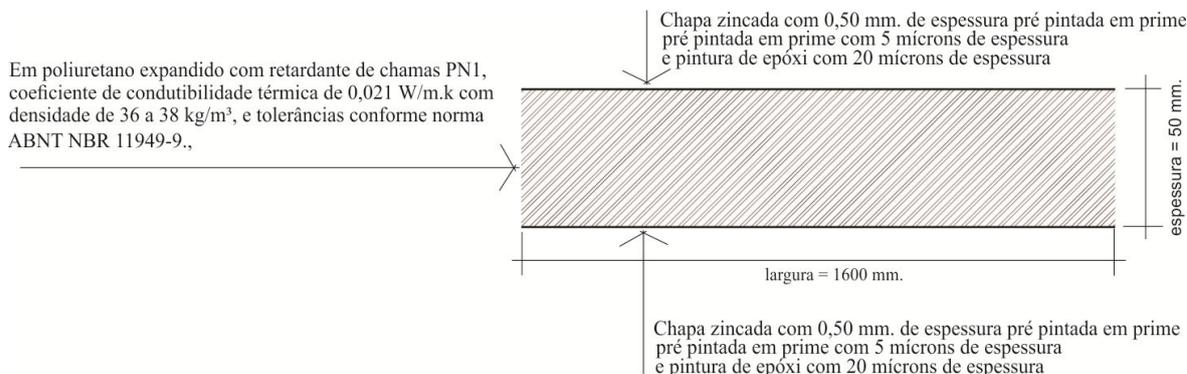


Figura 30 - Vedação da Placa de aço isotérmico em análise - Produzido pelo autor

O Volume, a massa e a densidade total dos insumos utilizados no sistema de placas de aço isotérmico para executar as vedações verticais do modelo UPA, é base para todos os cálculos demonstrados Tabela 18.

Tabela 18 - Quantitativos das placas de aço isotérmico
Quantitativos dos Insumos das Placas de Aço Isotérmico

Insumos	Volume	Densidade	Massa
Chapa de aço	2,71 m ³	6.704,05 kg/m ³	18.168,00 kg.
Poliuretano	111,279 m ³	40,81 kg/m ³	4.542,00 kg.

Os blocos cerâmicos de oito furos prismáticos ou cilíndricos perpendiculares às faces com oito furos segundo a ABNT NBR15270 - 1:2005, conforme demonstrado na Figura 2, e na Tabela 19, são os avaliados nesta pesquisa.

Tabela 19 - Especificações do sistema de blocos cerâmicos
Especificações para os blocos cerâmicos revestidos por argamassa

Tipo do Insumo	Largura	Comprimento	Altura	Espessura
Bloco Cerâmico	12 cm.	19 cm.	19 cm.	
Chapisco		19 cm.	19 cm.	1/2 cm.
Emboço		19 cm.	19 cm.	2 cm.
Assentamento	12 cm.	19 cm.		1 cm.

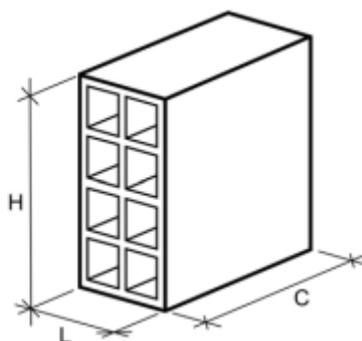


Figura 31 - Modelo do Bloco Cerâmico - Disponível em < <http://www.dcc.ufpr.br/>>

A união dos blocos cerâmicos é realizada com argamassa de assentamento, preparação para o emboço com chapisco e regularização do emboço, que tem consumo conforme especificado na Tabela 20, com traço:

- Chapisco - 1:3 (cimento: areia grossa);
- Emboço de regularização com 2 cm de espessura - 1:2:9 (cimento: cal: areia);
- Argamassa de assentamento com 1 cm de espessura - 1: 0,5: 5 (cimento: cal: areia).

Em relação ao consumo apresenta a tabela abaixo:

Tabela 20 - traços de Assentamento - ABN NBR 8545:84

Revestimento	Cimento (kg)	Cal hidratada (kg)	Areia (m ³)
Chapisco	2,92	-	0,0072
Emboço	3,24	6,48	0,0243
Assentamento	5,84	1,46	0,0243
Totais	12,00	4,70	0,0558

O Volume, a massa e a densidade total dos insumos utilizados no sistema de placas de blocos cerâmicos revestidos por argamassa para executar as vedações verticais do modelo UPA, e base para todos os cálculos estão demonstrados na Tabela 21.

Tabela 21 - Quantitativo dos blocos cerâmicos

Quantitativos dos Blocos Cerâmicos

Insumos	Volume	Densidade	Massa
Blocos cerâmicos	184,47 m ³	6.704,05 kg/m ³	251.513,25 kg.
Areia	148,71m ³	990,44 kg/m ³	147.576,71 kg.
Cimento	49,71m ³	1.314,00 kg/m ³	64.500,00 kg.
Argamassa	99,71m ³	2.141,37 kg/m ³	213.516,00 kg.

3.4 DEFINIÇÃO DAS DISTÂNCIAS

A metodologia utilizada para a obtenção das distâncias é por meio do site do *google earth* em estradas oficiais, e a ferramenta de medição faz parte do próprio site, as imagens referentes aos mapas extraídos do site estão no ANEXO 1 – MAPAS DAS DISTÂNCIAS.

As cidades que terão a avaliação do ciclo de vida energético dos sistemas de placas metálicas isotérmicas serão, Caxias do Sul - Rio Grande do sul ZB-1, Ponta Grossa - Paraná ZB-2, Florianópolis - Santa Catarina ZB-3, Brasília - Distrito Federal ZB-4, Santos - São Paulo ZB-5, Goiânia - Goiás ZB-6, Picos - Piauí ZB-7, Belém - Pará ZB-8.

A relação de proximidade com as indústrias que produzem o sistema de placas metálicas isotérmicas, serão as indústrias que se destacam no mercado e por meio de pesquisa junto aos órgãos que executaram os edifícios com esse sistema. A indústria "ISOESTE" localizada na cidade de Anápolis - GO e "METALURGIA BARRA DO PIRAI" localizada na cidade de Barra do Pirai no Rio de Janeiro-RJ.

Segundo Materiais Técnicas e Estruturas I/ PUCRS/ Faculdade de Arquitetura- Prof^ª.: Maria Regina Costa Leggerini, o bloco cerâmico de oito furos tem uso comum na paredes de vedação na construção brasileira. Logo, esse será o bloco utilizado para compor o sistema de alvenaria.

A relação com as indústrias que produzem os blocos cerâmicos de oito furos, localizados em cada cidade da pesquisa está demonstrado na Tabela 22.

Segundo "*Programa de Eficiência Energética en Ladrilleras Artesanales de America Latina para Mitigar el Cambio Climatico - EELA*" Panorama da Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil - 2012, as olarias se instalam em zonas rurais e a distância média de transporte da argila utilizada na produção do bloco cerâmico é de 10 km.

Tabela 22 - Relação das Cidades e Olarias

Relação das Olarias e as cidades

Cidades	Olarias
Caxias do Sul - Rio Grande do sul ZB-1	Nelson Galafassi
Ponta Grossa - Paraná ZB-2	Cerâmica São Gerônimo
Florianópolis - Santa Catarina ZB-3	Cerâmica Liberal
Brasília - Distrito Federal ZB-4	Padre Cícero
Santos - São Paulo ZB-5	Cerâmica Santos
Goiânia - Goiás ZB-6	Cerâmica de Anápolis
Picos - Piauí ZB-7	Cerâmica Gepil
Belém - Pará ZB-8	Maritubá

Segundo o Centro de Construção de Aço em Aço - CBCA, o estado de São Paulo-SP é o principal fornecedor de matéria prima para as empresas que produzem as placas metálicas isotérmicas.

Considerando o centro das cidades que estão localizadas as indústrias para a obtenção da distância a serem avaliadas, foram definidas dois grupos de cidades demonstrada na Tabela 23, cada grupo relacionado com as indústrias produtoras de placas de aço isotérmico.

Tabela 23 - Cidades de e relação das Indústrias de placas de aço isotérmico

Relação das Indústrias de Placas de aço Isotérmica - PAI e as cidades

Cidades	Indústria de PAI	Grupo
Caxias do Sul - Rio Grande do sul ZB-1	Metalúrgica Barra do Piraí - MBP	1
Ponta Grossa - Paraná ZB-2		
Florianópolis - Santa Catarina ZB-3		
Santos - São Paulo ZB-5		
Brasília - Distrito Federal ZB-4	ISOESTE	2
Goiânia - Goiás ZB-6		
Picos - Piauí ZB-7		
Belém - Pará ZB-8		

A distância das cidades que tem relevância de proximidade com a indústria ISOESTE, com as vias prováveis de trânsito, estão no ANEXO 1 – MAPAS DAS DISTÂNCIAS, conforme demonstrado na

Tabela 24.

Tabela 24 Distâncias das cidades e as Indústrias - Produzido pelo Autor
ISOESTE Localizada em Anápolis - GO

DISTÂNCIA DAS CIDADES EM RELAÇÃO A ISOESTE		
CIDADES	VIAS	KM
Distrito Federal ZB-4	BR 060	175km
Goiânia - Goiás ZB-6	BR 153	58 km
Picos - Piauí ZB-7	BR 153	1067 km
Belém - Pará ZB-8	Transbrasiliana	1873 km

A distância das cidades que têm relevância de proximidade com a indústria Metalúrgica Barra do Pirai, com vias prováveis de trânsito, está no ANEXO 1 – MAPAS DAS DISTÂNCIAS, conforme demonstrado na Tabela 25.

Tabela 25- Distâncias das cidades e as Indústrias - Produzido pelo Autor
METALÚRGICA BARRA DO PIRA - MBP Localizada no Rio de Janeiro

DISTÂNCIA DAS CIDADES EM RELAÇÃO A MBP		
CIDADES	VIAS	KM
Caxias do Sul - Rio Grande do sul ZB-1	BR 116	1375 km
Ponta Grossa - Paraná ZB-2	BR 116	880 km
Florianópolis - Santa Catarina ZB-3	BR 116	1067 km
Santos - São Paulo ZB-5	BR 116	430 km

A distância média das olarias produtoras é de 30 Km, de acordo com a relação das cidades e olarias que segue abaixo:

- Caxias do Sul - Rio Grande do sul ZB-1 - Olaria Nelson Galafassi;
- Ponta Grossa - Paraná ZB-2 - Olaria Cerâmica São Gerônimo;
- Florianópolis - Santa Catarina ZB-3 - Olaria Cerâmica Liberal;
- Brasília - Distrito Federal ZB-4 - Olaria Padre Cícero;
- Santos - São Paulo ZB-5 - Olaria Cerâmica Santos;
- Goiânia - Goiás ZB-6 - Olaria Cerâmica de Anápolis;
- Picos - Piauí ZB-7 - Olaria Cerâmica Gepil;
- Belém - Pará ZB-8 - Olaria Maritubá.

A Indústria ISOESTE, localizada em Anápolis – GO, com fornecimento de matéria prima em São Paulo –SP, pela BR 053 e 153 - 983 km , Indústria METARLÚGICA BARRA

DO PIRAÍ - RJ, com fornecimento de matéria-prima de São Paulo pela BR 116 - 367 km , estão no ANEXO 1 – MAPAS DAS DISTÂNCIAS, e conforme demonstrado na Tabela 45

Tabela 26 - Distâncias dos Fornecedores - Produzido pelo Autor
DISTÂNCIA DOS FORNECEDORES DE INSUMO EM RELAÇÃO AS INDÚSTRIAS

INDÚSTRIAS	VIAS	KM
ISOESTE	BR 053 e 153	983
BMP	BR 116	367

As Olarias tem distância média de 10 km em relação as fontes de fornecimento de argila para a produção dos Blocos cerâmicos.

Segundo pesquisa realizada com responsáveis pelas obras das UPA's de Brasília, as indústrias que produzem as placas metálicas isotérmicas montam e aplicam as vedações, logo os trabalhadores terão o deslocamento definido pela distância entre as cidades e as Indústrias.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE, os trabalhadores da construção civil que são os operários empregados na execução das vedações com o sistema de blocos cerâmicos revestidos com argamassa, residem em média 25 km distantes dos centros das cidades que trabalham.

Segundo a resolução no 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que classifica os diferentes tipos de resíduos gerados em obras de construção e define prováveis destinos para cada um deles, e de forma geral em áreas de aterros específicos ou empresas de reciclagem, e de acordo com a Portaria nº 124 de 20/08/80 do Ministério do Interior, a média de distância das cidades citadas que atende ao especificado são de 30 km em média.

Os volumes e massas referentes ao sistema de placas metálicas isotérmicas e o de blocos cerâmicos revestidos por argamassa, serão quantificados a partir da planta padrão da Unidade de Pronto Atendimento - UPA, que é o edifício modelo utilizado para avaliação do ciclo de vida energético - ACVE. As plantas da UPA e detalhes necessários para essa

quantificação se encontram no ANEXO 2 – PROJETOS DO MODELO UPA, as plantas foram fornecidas pela Secretaria de Saúde de Brasília.

Os volumes e massas que serão levantados são referentes às vedações verticais dos fechamentos externos e internos, com a mesma especificação de material, só haverá variação de quantitativos quando for necessário para adequar a normatizações dos zoneamentos, segundo a ABNT NBR 15575:2013, e se for relevante par a pesquisa.

3.4.1 Planilhas de Cálculos de Energia Incorporada - IE

Para sistematizar os sistemas de produção de valores de Energia Incorpora - IE foi produzido tabelas Excel. Como base a produção das planilhas foi utilizada as equações formalizadas na ABNT NBR 14040:2009, e as tabelas de valores referenciais segundo as literaturas específicas.

A planilha de energia incorporada embutida - EE nos insumos de produção dos materiais, demonstrada na Planilha 1, foi desenvolvida com base na tabela de energia embutida nos insumos dos materiais de TAVARES (2006), e as equações de base, foram as específicas para avaliação do ciclo de vida energético - ACVE segundo a ABNT NBR 14040:2009.

Planilha 1 - Cálculo de energia Incorporada Embutida nos Insumos

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS						
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006		
Tipo de Material	0	Número	0	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)
Peso	Kg	0 (MJ/kg)		0		0
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00 EEmat	22	Ceramica Vermelha	2,71
				35	Cimento	4,13
Tipo de Material	0	Número	0	2	Aço - laminado CA 50A	30,4
Peso	Kg	0 (MJ/kg)		ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO		
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00 EEmat			
Tipo de Material	0	Número	0			
Peso	Kg	0 (MJ/kg)				
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00 EEmat			
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00 EEmat			

Essa planilha é organizada por cores, em que o amarelo corresponde à especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo é a tabela referencial, em cinza o tipo de material que é identificado após a escolha do número que equivale à tabela referencial, lançado no campo vermelho contíguo a essa cor verde que contém a palavra

número, a cor marrom é referente à massa do material que é inserido no campo vermelho contíguo a esse, no campo azul escuro é do total de energia embutida do material, O verde claro e o total da energia incorporada de todos os materiais dessa planilha. A planilha foi construída para quatro tipo de material. Em resumo, os dados sempre são lançados nos campos vermelhos, que nessa planilha é o número e a massa do material.

A planilha de energia incorporada - EI no transporte dos insumos da produção para a indústria, demonstrada na Planilha 2, foi desenvolvida com base na tabela de energia incorporada no transporte de TAVARES (2006).

Planilha 2 - Cálculo de energia Incorporada no Transporte dos Insumos

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA								
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material								
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km	
Peso do Material	1	kg	0,00	MJ/t	0	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0,00	Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Tipo de material					4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	5	Caminhão 28 t	3,56	
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t	6	Caminhão 40 t	2,54	
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km	7	Carro de Passeio	515	
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0,00	Eltra.mat.			
Tipo de material								
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0				
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t				
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km				
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km				
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0,00	Eltra.mat.			
Tipo de material								
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0				
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t				
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km				
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km				
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0,00	Eltra.mat.			

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo é a tabela referencial, o branco equivale o tipo de material a ser transportado que deve ser digitado no campo vermelho contíguo a essa cor, em cinza é o tipo de material que é identificado após a escolha do número que equivale a tabela referencial, que deve ser lançado no campo de vermelho contíguo ao campo verde que contém a palavra número, a cor marrom é referente à massa do material, à distância a percorrer carregado e descarregado e aos dados são inseridos no campo vermelho contíguo a esses, no campo azul claro é o total de energia embutida do material, O verde claro e o total da energia incorporada de todos os materiais dessa planilha. A

planilha foi construída para quatro tipo de material. Em resumo, os dados sempre são lançados nos campos vermelhos, o número do tipo de transporte, o nome do material a ser transportado, a massa do material a ser transportado, a distância a ser percorrida carregado e descarregado.

A planilha de energia incorporada embutida - EE nos insumos de produção dos materiais, demonstrada na Planilha 3, foi desenvolvida com base na tabela de energia embutida nos dos materiais de TAVARES (2006), e as equações de base foram as específicas para avaliação do ciclo de vida energético - ACVE segundo a ABNT NBR 14040:2009.

Planilha 3 - Cálculo de Energia Incorporada Embutida nos Materiais

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS										
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006						
Nome de Material	0		Número	0	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m ³)	EE (Kg/m ³)	
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	0		0	0	0	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	1	Aço-chapagalvanizada	33,8	265330	7850	
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	2	Aço-chapa dobrada	30	235500	7850	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	3	Aço - laminado CA 50A	30	235500	7850
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	4	Aço - reciclado	12,5			
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	5	Acrílico	80			
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	6	Água	0,02	20	1000	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	7	Alumínio lingote	98,2	265140	2700
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	8	Alumínio anodizado	210	567000	2700	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	9	Alumínio reciclado - extrudado	17,3			
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	10	Alumínio reciclado - anodizado	42,9			
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	11	Areia	0,05	75,75	1515
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	12	Argamassa - mistura	2,1	3906	1860	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	13	Asfalto	51	107865	2115	
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	14	Batente - madeira aparelhada	3,5	2100	600	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	15	Borracha natural - latex	69	63480	920
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	16	Borracha sintética	135	160650	1190	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	17	Brita	0,15	247,5	1650	
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	18	Cal virgem	3	4500	1500	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	19	Carpete	50		
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	20	Cêra	52			
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	21	Cerâmica - azulejo	6,2	12400	2000	
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	22	Cerâmica - bloco de 8 furos	2,9	4060	1400	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	23	Cerâmica - branca	25	52075	2000
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	24	Cerâmica - piso esmaltado	5	10000	2000	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	25	Cerâmica - revest, biqueima	6,2	12400	2000	
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	26	Cerâmica - revest, monoqueima	5,1	10200	2000	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	27	Cerâmica porcelanato	13		
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	28	27300,00 2100				
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	29	Cerâmica - refratária	32,4			
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	30	Cerâmica - telha	5,4	10260	1900	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	31	Chapa de compensado	8	4400	550
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	32	Chumbo lingote	21	238140	11340	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	33	Cimento Portland	4,2	8190	1950	
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	34	Cobre	75	669375	8933	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	35	Concreto armado	3,1		
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	36	Concreto bloco	1	2000	2000	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	37	Concreto simples	1,2	2760	2300	
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	38	Dobradilha - ferro	40	314800	7870	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	39	Fechaduras	55	467500	8500
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	40	Ferro fundido	32,8	246000	7500	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	41	Fibra de vidro	24	768,00 32		
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	42	Fibrocimento - telha	6	11520	1920	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	43	Fio termoplástico	83	201630	2430
Tipo de Material				0	Número	0				
Volume	0	m ³	0	(MJ/Kg)	44	Gesso	4	3200	800	
Peso	0	Kg	0	(MJ/m ³)	45	Gesso acartonado	6,1			
Densidade	0	Kg/m ³	0	(Kg/m ³)	46	Granito - aparelhada	2	5400	2700	
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00	EEmat	47	Lã mineral	19	2090	110
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHOS						48	Latão	80	682400	8530

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo é a tabela referencial, em cinza o tipo de material que é identificado após a escolha do número que equivale a tabela referencial, lançado no campo de vermelho contíguo ao verde com que contém a palavra número, a cor marrom é referente à massa, ao volume e à densidade do material são inseridos no campo vermelho contíguo a esses, no campo azul escuro é do total de energia embutida do material, O verde claro e o total da energia incorporada de todos os materiais dessa planilha. A planilha foi construída para quatro tipo de material. Em resumo, os dados sempre são lançados nos campos vermelhos, o número do tipo de transporte, o nome do material a ser transportado, a massa do material a ser transportado, a distância a ser percorrida carregado e descarregado.

A planilha para cálculo de energia Incorporada - IE no transporte de materiais para o local da obra, demonstrada na Planilha 4, foi desenvolvida a partir da tabela de TAVARES (2006) que define valores a partir da energia incorporada para o transporte de materiais até o local da obra.

Planilha 4 - Energia Incorporada no Transporte de Materiais

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de material					NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	0	0
Peso do Material	1	kg	0,00	MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)
Total da Energia Incorporada para no Transporte			0,00	Eltra.mat.	4	Caminhão 16 t
Tipo de material					5	Caminhão 28 t
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	6	Caminhão 40 t
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t	7	Carro de Passeio
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km	8	Trem de Carga
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km		
Total da Energia Incorporada para no Transporte			0,00	Eltra.mat.		
Tipo de material						
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0		
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t		
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km		
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km		
Total da Energia Incorporada para no Transporte			0,00	Eltra.mat.		
Tipo de material						
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0		
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t		
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km		
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km		
Total da Energia Incorporada para no Transporte			0,00	Eltra.mat.		
Tipo de material						
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0		
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t		
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km		
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km		
Total da Energia Incorporada para no Transporte			0,00	Eltra.mat.		
TOTAL GERAL DA ENERGIA DE TRANSPORTE				0,00	Eltra.mat.	

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo é a tabela referencial, o branco equivale o tipo de material a ser transportado que deve ser digitado no campo vermelho contíguo, em cinza o tipo de material que é identificado após a escolha do número que equivale a tabela referencial que deve ser lançado no campo de vermelho contíguo ao campo verde que tem a palavra número, a cor marrom é referente à massa do material, à distância a percorrer carregado e descarregado e os dados são inseridos no campo vermelho contíguo a esses, no campo azul escuro é do total de energia embutida do material, O verde claro e o total da energia incorporada de todos os materiais dessa planilha. A planilha foi construída para quatro tipo de materiais. Em resumo, os dados sempre são lançados nos campos vermelhos, que dizem respeito ao número do tipo de transporte, o nome e massa do material a ser transportado, a distância a ser percorrida carregado e descarregado.

A planilha para cálculo de energia Incorporada - IE nos equipamentos utilizados na obra, demonstrada na Planilha 5, foi desenvolvida a partir da tabela de TAVARES (2006), que define valores a partir da energia elétrica utilizada no uso dos equipamentos.

Planilha 5 - Cálculo de Energia Incorporada nos equipamentos

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006				
Tipo Equipam.									
Número	0	Valor Referencial			0	NUMERO	Watts		
Total de Consumo Energético			0,00	Watts			0	0	MJ/Kwh
Total de Energia Incorporada			0,00	Elequi.			1	Watts de Potência	3,6
Tipo Equipam.									
Número	0	Valor Referencial			0				
Total de Consumo Energético			0,00	Watts					
Total de Energia Incorporada			0,00	Elequi.					
Tipo Equipam.									
Número	0	Valor Referencial			0				
Total de Consumo Energético			0,00	Watts					
Total de Energia Incorporada			0,00	Elequi.					
Tipo Equipam.									
Número	0	Valor Referencial			0				
Total de Consumo Energético			0,00	Watts					
Total de Energia Incorporada			0,00	Elequi.					
Tipo Equipam.									
Número	0	Valor Referencial			0				
Total de Consumo Energético			0,00	Watts					
Total de Energia Incorporada			0,00	Elequi.					
Total de Energia Incorporada			0,00	Elequi.					

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo é a tabela referencial, o branco equivale o tipo de equipamento que deve ser digitado no campo vermelho contíguo, em cinza o valor referencial de watts que é identificado após a escolha do número que equivale a tabela

referencial, lançado no campo de vermelho contíguo ao campo verde que contém a palavra número, a cor marrom é referente ao total de watts consumido pelo equipamento e os dados são inseridos no campo vermelho contíguo a esses, no campo azul escuro é do total de energia incorporada no uso do equipamento, o verde claro e o total da energia incorporada de todos os equipamentos dessa planilha. A planilha foi construída para cinco tipos de equipamentos. Em resumo, os dados sempre são lançados nos campos vermelhos, que são referentes ao: tipo de equipamento, o número equivalente ao valor referencial, e a quantidade de watts consumido pelo equipamento.

A planilha para cálculo de energia Incorporada - IE no transporte de pessoal da obra, demonstrada na Planilha 6, foi desenvolvida a partir da tabela de TAVARES (2006), que define valores a partir dos veículos de transporte relativos à distância e à massa.

Planilha 6 - Energia Incorporada no Transporte de Pessoal - Produzido pelo autor

ETPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL								
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida			
TAVARES 2006								
Tipo de Transporte	0	Número	0	Valor Referencial	0	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t.Km
Distância a Percorrer de Ida	0,00	km	0,00	MJ/Km	0	0		0
Distância a Percorrer de Volta	0,00	km	0,00	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias		0,93
Total da Energia Incorporada para no Transporte	0,00			Eltra.ope.	2	Navio de carga oceânico		0,13
Tipo de Transporte	0	Número	0	Valor Referencial	0	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Distância a Percorrer de Ida	0,00	km	0,00	MJ/Km	4	Caminhão 16 t		5,17
Distância a Percorrer de Volta	0,00	km	0,00	MJ/Km	5	Caminhão 28 t		3,56
Total da Energia Incorporada para no Transporte	0,00			Eltra.ope.	6	Caminhão 40 t		2,54
					7	Carro de Passeio		515
Total da Energia Incorporada para no Transporte	0,00			Eltra.ope.	8	Trem de Carga		1,54
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS								

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo é a tabela referencial, em cinza é o valor referencial do tipo de transporte definido pela a escolha do número que equivale a tabela referencial lançado no campo de vermelho que fica contíguo ao campo verde que contém a palavra número, a cor marrom é referente ao tipo de transporte, a distância a percorrer de ida e volta e os dados são inseridos no campo vermelho contíguo a esses, no campo azul escuro é o total de energia embutida do material, O verde claro e o total da energia incorporada de todos os materiais dessa planilha. A planilha foi construída para dois tipos de transporte. Em resumo, os dados sempre são lançados nos campos vermelhos referentes ao número do tipo de transporte e à distância a ser percorrida de ida e volta.

A planilha para cálculo de energia Incorporada - IE de Desperdícios e Sobras de obras, demonstrada na Planilha 7, foi desenvolvida a partir da tabela de TAVARES (2006), que define valores referentes aos percentuais de insumos de desperdício inerentes a eles.

Planilha 7 - Energia Incorporada no Desperdício de Materiais - Produzido pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDÍCIO DE MATERIAL												
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999								
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00%	Número	Material	% de Perda Média	(M.kg) Peso	(M.M³) Volume	(M.kg/m³) Densidade	MJ%Kg
Quantidade de Material em Volume				10,00 m³		0	0	0	0	0	0	0
Quantidade de Material em Peso				0,00 Kg		1	Concreto usinado	8,00%	1,20	2.760,00	2.300,00	0,096
Quantidade de Material em Densidade				0,00 Kg/m³		2	Aço	18,50%	30,00	235.500,00	7.850,00	5,55
Volume				0 EE(MJ/Kg)		22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,90	4.060,00	1.400,00	0,754
Peso				0 EE(MJ/m³)		35	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00	1.950,00	2,394
Densidade				0 EE(Kg/m³)		5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00	1.500,00	2,07
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00 EIdesp.mat.		6	Areia	42,00%	0,05	75,75	1575,00	0,021
						7	Brita	37,00%	0,15	247,50	1650,00	0,0555
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00%	ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS						
Quantidade de Material em Volume				10,00 m³								
Quantidade de Material em Peso				109,00 Kg								
Quantidade de Material em Densidade				10,00 Kg/m³								
Volume				0 EE(MJ/Kg)								
Peso				0 EE(MJ/m³)								
Densidade				0 EE(Kg/m³)								
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00 EIdesp.mat.								
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00%							
Quantidade de Material em Volume				10,00 m³								
Quantidade de Material em Peso				109,00 Kg								
Quantidade de Material em Densidade				10,00 Kg/m³								
Volume				0 EE(MJ/Kg)								
Peso				0 EE(MJ/m³)								
Densidade				0 EE(Kg/m³)								
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00 EIdesp.mat.								
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00 EIdesp.mat.								

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo são as tabelas referenciais, em azul claro o tipo de material que é identificado após a escolha do número que equivale a tabela referencial lançado no campo de vermelho, a cor marrom é referente à massa, ao volume e à densidade do material são inseridos no campo vermelho contíguo a esses, no campo azul escuro é do total de energia embutida do material, O verde claro e o total da energia incorporada de todos os materiais dessa planilha. A planilha foi construída para três tipos de material. Em resumo os dados sempre são lançados nos campos vermelhos, o número do tipo de material, a massa, volume e densidade do material.

A planilha para cálculo de energia Incorporada - IE no transporte de Desperdícios e Sobras de obras, demonstrada na Planilha 8, foi desenvolvida a partir da tabela de TAVARES (2006), que define valores dos veículos de transporte a partir da distância e massa.

Planilha 8 - Energia Incorporada no Transporte de Desperdício de material - Produzido pelo autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPERDÍCIO							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material				NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	M.J/Km	
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0			
Peso do Material	0	kg	0	MJ/t	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias 0,93	
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico 0,13	
Total da Energia Incorporada para no Transporte	0			Eltra.desp.	3	Van de entrega (<3.5t) 11,1	
Tipo de material				4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	5	Caminhão 28 t 3,56	
Peso do Material	0	kg	0	MJ/t	6	Caminhão 40 t 2,54	
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0	MJ/Km	7	Carro de Passeio 515	
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0	MJ/Km	8	Trem de Carga 1,54	
Total da Energia Incorporada para no Transporte	0			Eltra.desp.			
Tipo de material				ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS			
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial				0
Peso do Material	0	kg	0				MJ/t
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0				MJ/Km
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0				MJ/Km
Total da Energia Incorporada para no Transporte	0						Eltra.desp.
Tipo de material							
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial				0
Peso do Material	0	kg	0				MJ/t
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0				MJ/Km
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0	MJ/Km			
Total da Energia Incorporada para no Transporte	0			Eltra.desp.			
Tipo de material							
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0			
Peso do Material	0	kg	0	MJ/t			
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0	MJ/Km			
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0	MJ/Km			
Total da Energia Incorporada para no Transporte	0			Eltra.desp.			
TOTAL GERAL DA ENERGIA DE TRANSPORTE				0,00	Eltra.desp.		

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo é a tabela referencial, o branco equivale o tipo de material que deve ser digitado no campo vermelho contíguo, em cinza o valor referencial do tipo de transporte que é identificado após a escolha do número que equivale a tabela referencial lançado no campo de vermelho contíguo a cor verde que contém a palavra número, a cor marrom é referente à massa, à distância a percorrer carregado e descarregado e aos dados são inseridos no campo vermelho contíguo a esses, no campo azul é do total de energia incorporada no transporte do material, o verde escuro é o total da energia incorporada de todos os materiais a serem transportados dessa planilha. A planilha foi construída para cinco tipos de equipamentos. Em resumo, os dados sempre são lançados nos campos vermelhos, devedigitar o tipo de material a ser transportado, o numero equivalente ao tipo de transporte, e a quantidade de volume do material e a distância a percorrer carregado e descarregado.

A planilha para cálculo de energia Incorporada - EI de reposição de materiais demonstrada na Planilha 9, foi desenvolvida a partir da tabela de TAVARES (2006), que define valores a partir dos da energia incorporada na reposição de materiais no tempo de vida útil do edifício.

Planilha 9 - Energia Incorporada na Reposição de Materiais - Produzido pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS							
Tabela de Cálculos			Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999				
Tipo de Material	Número	Valor Médio Desperd.	Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)
Energia incorporada no Material	0	0	0,00	0	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00	1	Concreto usinado	1	60
				2	Aço	1	60
Tipo de Material	0	0	0,00	3	Blocos e Tijolos	1	60
Energia incorporada no Material			10,00	4	Argamassa	1	60
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00				
Tipo de Material	0	0	0,00				
Energia incorporada no Material			10,00				
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00				
Tipo de Material	0	0	0,00				
Energia incorporada no Material			10,00				
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00				
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00				

ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada, o verde musgo é a tabelas referencial, em cinza o tipo de material que é identificado após a escolha do número que equivale a tabela referencial lançado no campo de vermelho contíguo ao campo verde que contém a palavra número; a cor marrom é referente à energia total incorporada do material a ser repostos; no campo azul escuro é o total de energia embutida do material; o verde escuro é o total da energia incorporada de todos os materiais dessa planilha. A planilha foi construída para quatro tipos de material. Em resumo, os dados são lançados no campo vermelho, que deve ser digitado o número do tipo de material a ser repostos.

A planilha para cálculo de energia Incorporada na demolição e transporte, demonstrada na Planilha 10, foi desenvolvida a partir da tabela de TAVARES (2006), que define valores a partir de valor médio pra demolição e retirada por m².

Planilha 10- cálculo de Energia Incorporada na Demolição e Transporte - Produzido pelo Autor

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos			Valor Referencial TAVARES (2006)			
Número	1	Valor Referencial.	3,08	Número	Atividade	MJ/m ²
Área total a ser demolida			0,00	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			0,00	1	Demolição	3,08

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

A planilha é organizada por cores: o amarelo corresponde à especificação da etapa e o tipo de energia a ser quantificada; o verde musgo é a tabela referencial; o cinza é o valor referencial de energia incorporada por área, que é identificado após a escolha do número que equivale à tabela referencial, lançado no campo de vermelho contíguo a campo verde que contém a palavra número; a cor marrom é referente à área total a ser demolida; e o campo azul escuro corresponde ao total de energia embutida pra demolição e transporte. A planilha foi construída para um tipo de material. Em resumo, os dados são lançados no campo vermelho, que é a área a ser demolida.

A planilha para cálculo da energia incorporada IE de todas as fases, conforme demonstrada na Planilha 11, foi desenvolvida a partir da equação definida pela ABNT NBR 14040:2009 para avaliação do ciclo de vida energético - ACVE.

Planilha 11 - Cálculo do Total de energia Incorporada das Fases - Produzido pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	0,00 EEmat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	0,00 EEmat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	0,00 Eltr.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	0,00 Eleq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	0,00 Eltr.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	0,00 Eltr.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	0,00 Eltr.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	0,00 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	0,00 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	0,00 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	0,00 MJ/EI

A planilha é organizada por cores, em que o amarelo corresponde à especificação das fases e o total delas, o campo branco é o resultante de cada etapa e o total. Nesta planilha não é lançado nenhum dado, pois os dados que aparecem são produtos das planilhas anteriores, que estão vinculados a essa.

A planilha para cálculo do percentual reciclável dos materiais após demolição, demonstrada na Planilha 12 é baseada na literatura de ZHANG (2004), que define os percentuais possíveis de reciclagem por material e converte esse percentual em energia incorporada, de acordo com a ABNT NBR 14040:2009 para avaliação do ciclo de vida energético - ACVE.

Planilha 12 - Cálculo de Percentual Reciclável - Produzido pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM									
Tabela de Cálculos					Energia Incorporada IE		Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)		
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	Valor Médio Rec.				Número	Material	% de Reciclagem
Energia Incorporada reciclável					50271726 MJ/EI	55857473,34	0	0	0
Energia Incorporada reciclável					1159325,13 MJ/EI	1159325,13	1	Concreto usinado	48,00%
Energia Incorporada reciclável					1159325,13 MJ/EI	1159325,13	2	Aço	90,00%
Energia Incorporada reciclável					1159325,13 MJ/EI	1159325,13	22	Blocos e Tijolos	37,00%
Energia Incorporada reciclável					1159325,13 MJ/EI	1159325,13	64	Poliuretano	100,00%
Total de Energia Embutida Incorporada					51.431.051,13	Elétric.	35	Argamassa	20,00%
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS									

A planilha é organizada por cores, sendo que o amarelo corresponde à especificação do percentual de reciclagem; o verde musgo é a tabela referencial; o cinza é o tipo de material que é identificado após a escolha do número que equivale à tabela referencial, lançado no campo de vermelho contíguo ao campo verde que contém a palavra número; e o campo azul claro é o total de energia incorporada a ser abatida. A planilha foi construída para dois tipos de materiais. Em resumo, os dados são lançados no campo vermelho, em que deve ser digitado o número do tipo de material a ser reciclado.

A planilha para cálculo de energia final incorporada foi desenvolvida a partir da somatória de toda a energia incorporada quantificada, e deduzida do percentual de energia incorporada possível de abatimento, demonstrada na Planilha 13, e esses procedimentos são baseados na literatura de ZHANG (2004), que define os percentuais possíveis de reciclagem por material, e converte esse percentual em energia incorporada, de acordo com a ABNT NBR 14040:2009.

Planilha 13 - Cálculo Final de Energia Incorporada com Desconto do EI Reciclável - Produzido pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA
0	0	0	0

A planilha é organizada por cores, onde o amarelo corresponde a energia incorporada final, o campo azul referente aos totais finais de energia por fases, o campo verde os valores resultantes dos campos azuis e o rosa é o total final, já com o abatimento do percentual. Nessa planilha não é lançado nenhum dado, os dados que aparecem são produtos das planilhas anteriores vinculadas a essa.

3.5 QUANTIFICAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE

3.5.1 Análise Térmica

A análise térmica se dá por avaliação por meio dos materiais constantes dos sistemas quanto a suas características térmicas, e verificação dos dados resultantes, e se esses atendem aos condicionantes da zona bioclimática referente à cidade de avaliação. Os valores térmicos referenciais, segundo as ABNT NBR 15575:2013, NBR 15220:2005, estão demonstrados na Tabela 27.

Tabela 27 - Valores Térmicos Referenciais das ABNT NBR 15575:2013 - ABNT NBR 15575:2013

Zona	Parede Externas					Cobertura				
	15220			15575		15220			15575	
	U	ϕ	FS _o	U min**	CT min	U	ϕ	FS _o	U	α
1	≤ 3,00 (leve)	≤ 4,3	≤ 5,0	≤ 2,5 (Parede leve)	≥ 130	≤ 2,00 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5	≤ 2,30	-
2	≤ 3,00 (leve)	≤ 4,3	≤ 5,0	≤ 2,5 (Parede leve)	≥ 130	≤ 2,00 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5	≤ 2,30	-
3	≤ 3,60 (leve refletora)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 3,7 e α ≤ 0,60 ≤ 2,5 e α > 0,60	≥ 130	≤ 2,00 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5	≤ 2,30 ≤ 1,50	α ≤ 0,6 α > 0,6
4	≤ 2,20 (pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 3,7 e α ≤ 0,60 ≤ 2,5 e α > 0,60	≥ 130	≤ 2,00 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5	≤ 2,30 ≤ 1,50	α ≤ 0,6 α > 0,6
5	≤ 3,60 (leve refletora)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 3,7 e α ≤ 0,60 ≤ 2,5 e α > 0,60	≥ 130	≤ 2,00 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5	≤ 2,30 ≤ 1,50	α ≤ 0,6 α > 0,6
6	≤ 2,20 (pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 3,7 e α ≤ 0,60 ≤ 2,5 e α > 0,60	≥ 130	≤ 2,00 (leve isolada)	≤ 3,3	≤ 6,5	≤ 2,30 ≤ 1,50	α ≤ 0,6 α > 0,6
7	≤ 2,20 (pesada)	≥ 6,5	≤ 3,5	≤ 3,7 e α ≤ 0,60 ≤ 2,5 e α > 0,60	≥ 130	≤ 2,00 (pesada)	≥ 6,5	≤ 6,5	≤ 2,30 FV ≤ 1,50 FV	α ≤ 0,4 α > 0,4
8	≤ 3,60 (leve refletora)	≤ 4,3	≤ 4,0	≤ 3,7 e α ≤ 0,60 ≤ 2,5 e α > 0,60	Sem exigência	≤ 2,30.FT (leve refletora)	≤ 3,3	≤ 6,5	≤ 2,30 FV ≤ 1,50 FV	α ≤ 0,4 α > 0,4

O cálculo da térmica das placas de aço isotérmico foi realizado pelo *softer* Projeteer, citado anteriormente, e as imagens resultantes dos cálculos se encontram no APÊNDICE 1 – CÁLCULOS, os valores encontrados são:

- Resistência Térmica - 1,84;
- Atraso Térmico 1,7 horas;
- Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m²k;
- Transmitância Térmica - 0,5 W/m²k

A análise térmica para a para Cidade de Caxias do Sul - RS - ZB-1, verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado na Tabela 28.

Tabela 28 - Análise Térmica da Cidade de Caxias do Sul - RS - ZB-1 - Produzido pelo Autor

Análise da Térmica para mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Caxias do Sul - RS - ZB - 1			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico 1,7 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 0,5 W/m ² k	≤ 3.00		

A análise térmica para a cidade de Ponta Grossa - PR - ZB-2 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado na Tabela 29.

Tabela 29 - Análise Térmica da Cidade de Ponta Grossa - PR - ZB-2- Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Ponta Grossa - PR - ZB-2			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico 1,7 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 0,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para a cidade de Florianópolis - SC - ZB-3 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado na Tabela 30.

Tabela 30 - Análise Térmica da Cidade de Florianópolis - SC - ZB-3 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Florianópolis - SC - ZB-3			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico 1,7 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 0,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para a cidade de Brasília - DF - ZB-4 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 31.

Tabela 31 - Análise Térmica da Cidade de Brasília - DF - ZB-4 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Brasília - DF - ZB - 4			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico 1,7 horas;	≥ 6.5		
Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 0,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para cidade de Santos - SP - ZB - 5 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 32.

Tabela 32 - Análise Térmica da Cidade de Santos - SP - ZB-5 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Santos - SP - ZB - 5			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico 1,7 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 0,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para cidade de Goiânia - GO - ZB -6 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 33.

Tabela 33- Análise Térmica da Cidade de Goiânia - GO - ZB - 6 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Goiânia - GO - ZB - 6			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico 1,7 horas;	≥ 6.5		
Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 0,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para a cidade de Picos - PI - ZB - 7 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 34

Tabela 34 - Análise Térmica da Cidade de Picos - PI - ZB - 7 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Picos - PI - ZB - 7			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico 1,7 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 0,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para a cidade de Belém - PA - ZB - 8 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 35.

Tabela 35 - Análise Térmica da Cidade de Belém- PA - ZB - 8 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Belém - PA - ZB - 8			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico 1,7 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 5,3 kJ/m ² k;			
Transmitância Térmica - 0,5 W/m ² k	≤ 2.50		

3.5.1.1 Análise Térmica do sistema de Blocos Cerâmicos Revestidos por Argamassa

O calculo realizado pelo "softer" com imagem do cálculo no APÊNDICE 1 – CÁLCULOS DA ANÁLISE TÉRMICA, chegou aos seguintes valores:

- Resistência Térmica - 0,40;
- Atraso Térmico 2,9 horas;
- Capacidade Térmica - 134,7 kJ/m²k;
- Transmitância Térmica - 2,5 W/m²k

A análise térmica para a para Cidade de Caxias do Sul - RS - ZB-1, verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado na Tabela 36.

Tabela 36 - Análise Térmica da Cidade de Caxias do Sul - RS - ZB-1 - Produzido pelo Autor

Análise da Térmica para mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para as cidades da Zona Bioclimática-1			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico - 2,9 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 134,7 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 2,5 W/m ² k	≤ 3.00		

A análise térmica para a cidade de Ponta Grossa - PR - ZB-2 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado na Tabela 37.

Tabela 37 - Análise Térmica da Cidade de Ponta Grossa - PR - ZB-2 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Ponta Grossa - PR - ZB-2			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico - 2,9 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 134,7 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 2,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para a cidade de Florianópolis - SC - ZB-3 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado na Tabela 38.

Tabela 38 - Análise Térmica da Cidade de Florianópolis - SC - ZB-3 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Florianópolis - SC - ZB-3			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico - 2,9 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 134,7 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 2,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para a cidade de Brasília - DF - ZB-4 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 39.

Tabela 39 - Análise Térmica da Cidade de Brasília - DF - ZB-4 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Brasília - DF - ZB - 4			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico - 2,9 horas;	≥ 6.5		
Capacidade Térmica - 134,7 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 2,5 W/m ² k	≤ 2.50		

Análise do mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para cidade de Santos - SP - ZB - 5

A análise térmica para cidade de Santos - SP - ZB - 5 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 40.

Tabela 40 - Análise Térmica da Cidade de Santos - SP - ZB-5 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Santos - SP - ZB - 5			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico - 2,9 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 134,7 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 2,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para cidade de Goiânia - GO - ZB -6 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 41.

Tabela 41- Análise Térmica da Cidade de Goiânia - GO - ZB - 6 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Goiânia - GO - ZB - 6			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico - 2,9 horas;	≥ 6.5		
Capacidade Térmica - 134,7 kJ/m ² k;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 2,5 W/m ² k	≤ 2.50		

A análise térmica para a cidade de Picos - PI - ZB - 7 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 42.

Tabela 42 - Análise Térmica da Cidade de Picos - PI - ZB - 7 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Picos - PI - ZB - 7			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico - 2,9 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 134,7 $\text{kJ/m}^2\text{k}$;	≥ 130		
Transmitância Térmica - 2,5 $\text{W/m}^2\text{k}$	≤ 2.50		

Análise do mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Belém - PA - ZB - 8

A análise térmica para a cidade de Belém - PA - ZB - 8 verifica as propriedades do sistema se atende ou não ao mínimo definido pela norma ABNT NBR 15575:2013, conforme demonstrado Tabela 43.

Tabela 43 - Análise Térmica da Cidade de Belém- PA - ZB - 8 - Produzido pelo Autor

Análise térmica para o mínimo requerido pela ABNT NBR 15575:2013 para a cidade de Belém - PA - ZB - 8			
Valores Obtidos	Valores da Norma	Atende	Não Atende
Atraso Térmico - 2,9 horas;	≤ 4.3		
Capacidade Térmica - 134,7 $\text{kJ/m}^2\text{k}$;			
Transmitância Térmica - 2,5 $\text{W/m}^2\text{k}$	≤ 2.50		

3.5.2 Cálculo de Energia Incorporada

O cálculo da energia incorporada foi realizado por meio da avaliação do ciclo da vida energético - ACVE. Os cálculos realizados são por meio de planilhas produzidas com base nas equações da ABNT BNBR 14040:2009. As planilhas resultantes dos cálculos estão disponibilizadas no APÊNDICE 2 – CÁLCULO DE ENERGIA INCORPORADA.

Para determinar os equipamentos utilizados na obra, será considerado o valor pelo consumo de energia para furadeiras e parafusadeiras, e empilhadeira elétrica. Para cálculo

referencial de consumo de energia incorporada para o consumo de energia será utilizada o valor de tabela segundo Tavares (2010), 3,44 MJ/KW.

Os equipamentos avaliados são:

a. furadeira, b. parafusadeira, c. empilhadeira:

a. Potência de consumo 540 w/h;

b. Potência de consumo 540 w/h;

c. Potência de consumo 1200 w/h;

Em levantamento realizado com a engenharia da secretária de saúde, levantou-se o tempo médio gasto para a aplicação das vedações, que durou 30 dias, e baseado em percentuais de insumo da tabela TCPO, foi determinado o tempo de uso desses equipamentos, 0,63 médio para as furadeiras, e para a empilhadeira de 0,20.

Para a fase de uso será considerada para cálculo somente a fase de reposição de material, relativo a etapa 8, pois como a análise específica das vedações não tem aplicação das etapas 9 e 10.

Para a etapa de reposição de materiais, será utilizada a tabela de Tavares (2010), que emprega o fator de reposição de material versus o tempo de vida da edificação, para o caso das placas isotérmicas é especificado pela tabela o fator de 1,00 para 100 anos de uso.

Fase do pós-uso: nas etapas 11 e 12 de demolição remoção dos resíduos, será utilizada a tabela encontrada em Tavares (2006), que agrupa em valor único as duas ações, tendo em vista que a distância para o local de reciclagem ou reutilização tem a energia incorporada aplicada no processo de outras operações.

O percentual de reciclagem será considerado a literatura de Zhang (2004), onde defini percentuais de reciclagem, tendo referência de reciclagem para o metal em 90%, e segundo Gonçalves (2013), através dos métodos de reciclagem mecânica, química, hidráulica, aminológica, alcoólica, clicólisis e hidrollicólisis o poliuretano poderá ser 100% reciclado, logo, será reduzido em 40% da energia total incorporada, devido ao grande percentual de reciclagem e reutilização.

3.5.2.1 Avaliação do ACVE das Placas de Aço Isotérmico

A avaliação do ciclo de vida energético - ACVE, está apresentada em tabelas referente à cada cidade, e os cálculos estão no APÊNDICE 2 – CÁLCULO DE ENERGIA INCORPORADA

3.5.2.2 Avaliação do ACVE dos Blocos Cerâmicos

Para o cálculo referencial de consumo de energia incorporada nos equipamentos, será utilizado o valor de tabela de Tavares (2010), com valor de 2,27 MJ/Kw.

O cálculo de potência para betoneira trifásica de 400 lts. em levantamento realizado com base no tempo de uso da betoneira versus volume necessário para revestimento de massa. A potência do equipamento é 1472 Kw/h, será necessário 500 utilizações de 10 min. para misturar 220 m³ de massa que totalizará 83,00 hrs de trabalho.

Para a fase de uso será considerada para cálculo somente a etapa 8 de reposição de material, pois como a análise específica das vedações, verificou-se não ter aplicação das etapas 9 e 10.

Fase do pós-uso: nas etapas 11 e 12 de demolição remoção dos resíduos, será utilizada a tabela encontrada em Tavares (2006), que agrupa em valor único as duas ações, tendo em vista que a distância para o local de reciclagem ou reutilização tem a energia incorporada aplicada no processo de outras operações.

A reposição de materiais será utilizada a tabela de Tavares (2010), que utiliza como percentual do material a ser substituído, no caso do sistema de blocos cerâmicos o fator de 1,00 para 69 anos de uso.

Na avaliação do percentual de reciclagem dos materiais será utilizada a referência de Zhang (2004), que define para os blocos cerâmicos a reciclagem de 30%, logo, será reduzido em 15% da energia total incorporada.

A avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) está apresentada em tabelas referente às cidades, e os cálculos estão no APÊNDICE 2 – CÁLCULO DE ENERGIA INCORPORADA

A avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) está apresentada em tabelas referentes a cada cidade, e os cálculos estão no APÊNDICE 2 – CÁLCULO DE ENERGIA INCORPORADA.

3.5.2.3 Resumo da Avaliação do Ciclo de Vida Energético

A avaliação do ciclo de vida energético das placas de aço isotérmico para cada cidade que se refere a uma zona bioclimática do Brasil, que se agrupa em dois grupos que representam os dois maiores fornecedores principais das placas de aço isotérmico, demonstrou proporcionalidade de valores de energia incorporada, em que o transporte não proporcionou grande diferença entre as cidades.

A ACVE dos blocos cerâmicos revestido por argamassa foi realizada apenas em uma localidade, pois as distâncias são as mesmas em relação ao transporte de forma geral, tendo em vista que há fornecedores com médias de distâncias em todas as cidades. A comparação entre os sistemas demonstrou a diferença significativa na energia incorporada em que as placas de aço isotérmico e os blocos cerâmicos revestido por argamassa, sendo que o sistema de blocos apresenta valor significativamente menor de energia incorporada em relação aos das placas isotérmicas.

Tabela 44 - Resumo de Todas as Cidades em Placas Metálicas Isotérmicas e Blocos

RESUMO GERAL DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO POR CIDADES, EM FASES, TOTAL E POR m²									
Cojuntos das cidades	CIDADES	TIPO DE SISTEMA	PRÉ-USO	USO	PÓS-USO	TOTAL	TOTAL POR m²		
Grupo 2	Brasília -DF / ZB-4	Placas de aço isotérmico	57.396,14 GJ	54.586,00 GJ	7,73 GJ	111.989,87 GJ	44,80 GJ/m²		
	Goiania - GO / ZB-6	Placas de aço isotérmico	57.506,09 GJ	54.586,98 GJ	7,73 GJ	112.100,80 GJ	44,84 GJ/m²		
	Picos - PI / ZB-7	Placas de aço isotérmico	57.573,79 GJ	54.585,98 GJ	7,73 GJ	112.167,50 GJ	44,87 GJ/m²		
	Bélem - PA / ZB-8	Placas de aço isotérmico	57.578,07 GJ	54.585,98 GJ	7,73 GJ	112.171,78 GJ	112,17 GJ/m²		
Grupo 1	Florianópolis - SC / ZB-3	Placas de aço isotérmico	57.538,69 GJ	54.585,98 GJ	7,73 GJ	112.132,40 GJ	112,13 GJ/m²		
	Santos - são Paulo / ZB-5	Placas de aço isotérmico	57.520,84 GJ	54.585,98 GJ	7,73 GJ	112.114,55 GJ	112,11 GJ/m²		
	Ponta Grossa - Pr / ZB-2	Placas de aço isotérmico	57.538,69 GJ	54.585,98 GJ	7,73 GJ	112.132,40 GJ	112,13 GJ/m²		
	Caxias do Sul - / ZB-1	Placas de aço isotérmico	57.557,70 GJ	54.585,98 GJ	7,73 GJ	112.151,41 GJ	112,15 GJ/m²		
Todas	Todas as Cidades	Blocos Cerâmicos	28.167,89 GJ	16.068,54 GJ	7,73 GJ	44.244,16 GJ	44,24 GJ/m²		

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise realizada das propriedades térmicas das placas de aço isotérmicas e dos blocos cerâmicos seguiu o prescrito na ABNT NBR 15220:2005, com observância ao ideal mínimo para as zonas bioclimáticas segundo a ABNT NBR 15575:2013.

As placas isotérmicas demonstraram o não atendimento, de forma geral, da capacidade térmica nas sete zonas bioclimáticas, atendendo de forma regular apenas a zona bioclimática oito, conforme apresentado na Tabela 45.

O sistema de placas isotérmicas não apresenta uma variação de espessuras nas lâminas de aço que recobrem o poliuretano ao centro, mas apresenta espessuras variadas para o poliuretano que chega até 250 mm, porém, mesmo com a substituição da espessura do poliuretano, não será obtido o mínimo exigido para a capacidade térmica das zonas bioclimáticas. Ainda, levando em consideração que a zona bioclimática oito é a maior de todas as zonas em extensão territorial, chegando a ser do mesmo tamanho de todas as outras somadas, ainda sim é viável em uma boa parte do país, porém sem levar em consideração o índice populacional.

O sistema de blocos cerâmicos revestidos com argamassa atendeu aos itens avaliados por completo nas zonas bioclimáticas 5, 2, 3, 1, 8 não atendeu a norma nas zonas bioclimáticas 4, 7, 6 relativo ao item do atraso térmico, conforme apresentado na Tabela 45.

Considera-se que o sistema de blocos cerâmicos obteve o desempenho térmico aceitável em quase todas as zonas bioclimáticas, ficando devendo apenas o atraso térmico em algumas zonas, e tem a capacidade de atender também as três pendentes, apenas com ajuste no recobrimento da argamassa, sem impactar na quantificação da energia incorporada.

À luz da ABNT NBR 15575:2013, o sistema de placas metálicas isotérmicas não atende o mínimo exigido para seis zonas bioclimáticas, e as variações do sistema ofertado no mercado, não são possíveis realizar alterações para atender a esse item da ABNT NBR 15220:2005.

Tabela 45 - Tabela térmica dos sistemas

TABELA DE RESUMO DA ANÁLISE TÉRMICA DOS SISTEMAS					
CIDADES	ÍNDICES TÉRMICOS ABNT NBR 15220:2005	PLACAS DE AÇO ISOTÉRMICO		BLOCOS CERÂMICOS	
		ATENDE A ABNT NBR 15575:2013	NÃO ATENDE A ABNT NBR 15575:2013	ATENDE A ABNT NBR 15575:2013	NÃO ATENDE A ABNT NBR 15575:2013
Brasília - Distrito Federal ZB-4	Resistência Térmica Total				
	Capacidade Térmica				
	Atraso Térmico				
	Fator Solar				
Picos - Piauí ZB-7	Resistência Térmica Total				
	Capacidade Térmica				
	Atraso Térmico				
	Fator Solar				
Belém - Pará ZB-8	Resistência Térmica Total				
	Capacidade Térmica				
	Atraso Térmico				
	Fator Solar				
Goiânia - Goiás ZB-6	Resistência Térmica Total				
	Capacidade Térmica				
	Atraso Térmico				
	Fator Solar				
Caxias do Sul - Rio Grande do sul ZB-1	Resistência Térmica Total				
	Capacidade Térmica				
	Atraso Térmico				
	Fator Solar				
Florianópolis - Santa Catarina ZB-3	Resistência Térmica Total				
	Capacidade Térmica				
	Atraso Térmico				
	Fator Solar				
Ponta Grossa - Paraná ZB-2	Resistência Térmica Total				
	Capacidade Térmica				
	Atraso Térmico				
	Fator Solar				
Santos - São Paulo ZB-5	Resistência Térmica Total				
	Capacidade Térmica				
	Atraso Térmico				
	Fator Solar				

A quantificação da energia incorporada dos materiais do sistema de placas de aço isotérmicos, nas fases Pré-Usado, Usado e Pós-Usado, obteve valores superiores em relação ao sistema de blocos cerâmicos revestidos por argamassa, mostrado na Figura 32. As fases de pré-usado e usado têm valores próximos, tendo baixa significativa nos valores na fase de pós-usado.

A avaliação do ciclo de vida energético - ACVE, das placas metálicas isotérmicas foi realizada nas cidades referentes as oito zonas bioclimáticas do Brasil, e apesar das distâncias referentes as fontes de fornecimento de matéria prima, as fases de pré-usado e usado tiveram valores próximos.

Ao comparar o desenvolvimento das fases analisadas do sistema de placas de aço isotérmico e dos blocos cerâmicos revestidos por argamassa, verificou-se que a variação das fases pré-uso e uso do sistema de blocos têm comportamento diferente, sendo que a fase pós-uso tem a mesma característica, pois, foi utilizado o mesmo princípio de quantificação para os dois sistemas, demonstrado na Figura 32.

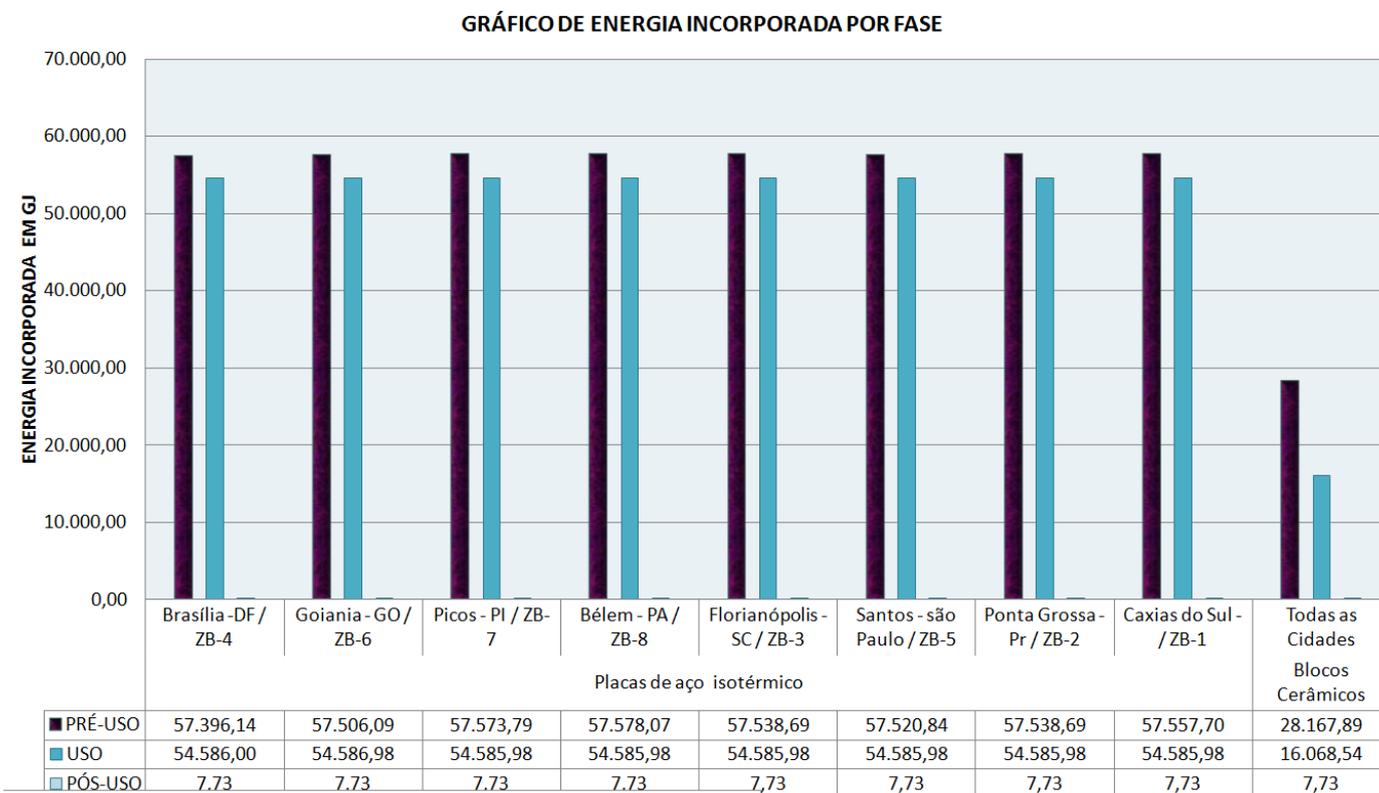


Figura 32 - Imagem do Gráfico das Fases da ACVE

O total da energia incorporada obtido nas fases é diminuído de parte do percentual reciclável dos materiais que compõe os sistemas. O percentual reciclável do sistema de placas isotérmicas é superior ao do sistema de blocos cerâmicos, porém ainda insuficiente para reduzir a diferença total da energia incorporada - IE entre os sistemas.

As etapas integrantes das fases de avaliação energética do sistema de placas de aço isotérmico, demonstraram na energia incorporada nos materiais integrantes da fase de pré-uso, que o valor energético incorporado na densidade do aço é preponderante para a elevação significativa na totalização da EI, e com a replicação do valor dessa etapa na de reposição de materiais durante o tempo de vida da edificação, configura definitivamente o

percentual elevado em relação ao bloco cerâmico para todas as cidades, conforme apresentado na Figura 33.

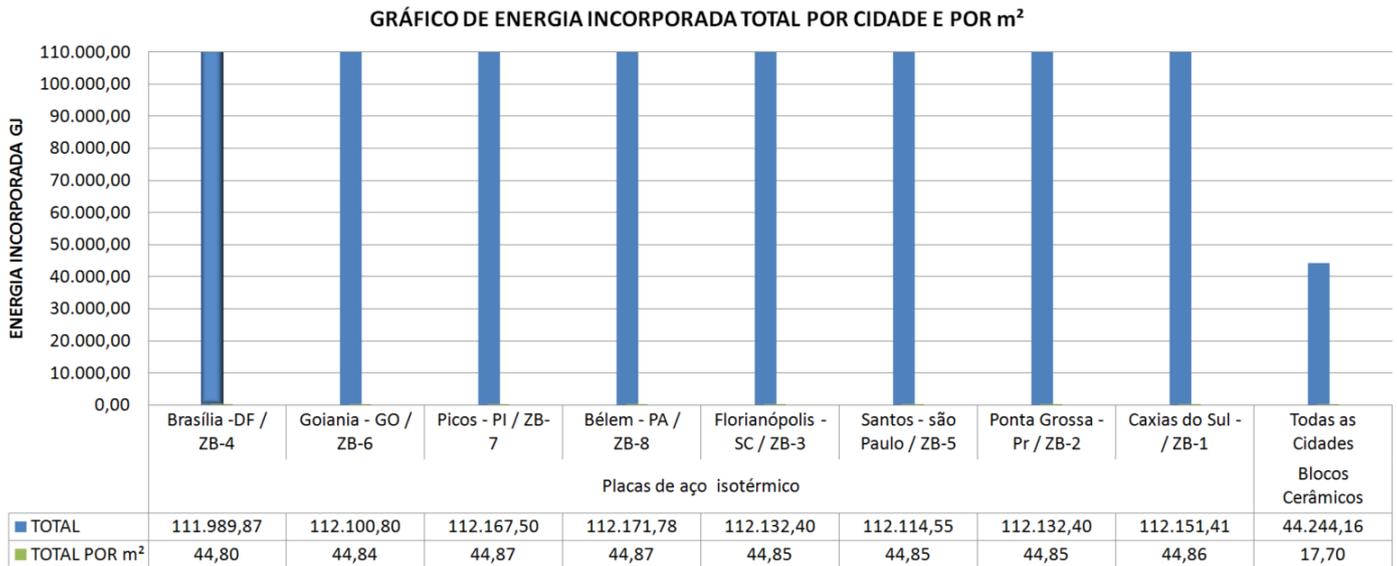


Figura 33 - Imagem do Gráfico de Energia Incorporada Total

A avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) do sistema de blocos cerâmicos foi realizada apenas uma vez, pois os dados referentes ao transporte são iguais para todas as cidades, a média proporcional dos valores de todas as cidades do sistema de placas de aço isotérmicas é 100,16% maior que o sistema de blocos cerâmicos, conforme demonstrado na Figura 34.

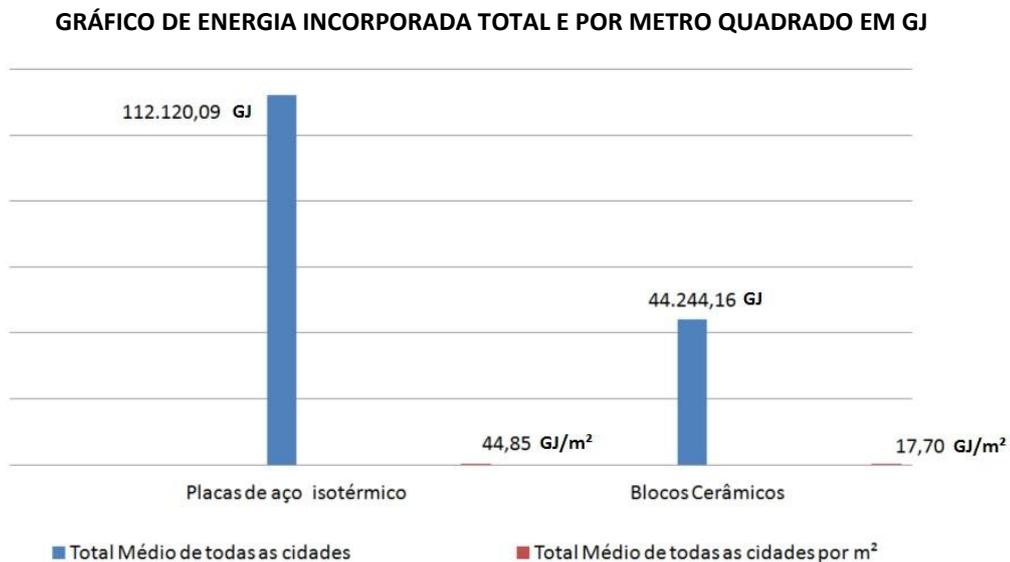


Figura 34 - Proporcional entre os Sistemas

4.1 COMPARATIVO COM PESQUISA SIMILAR INTERNACIONAL

Para rubricar a energia incorporada utilizou-se o artigo de *Life Cycle Energy Analysis of a Multifamily Residential House: A Case Study in Indian Context*, de autoria de Talakonukula Ramesh, Ravi Prakash, Karunesh Kumar Shukla, publicado em março de 2013 (disponível em: <http://www.scirp.org/journal/ojee>), apresenta estudo de caso com dimensões de construção do mesmo porte e análise do ciclo de vida energético (ACVE), aplicando com o mesmo princípio da norma.

O edifício que recebeu a avaliação do ciclo de vida energético tem tipologia arquitetônica habitacional, com área construída de 2.900,00 m², e as vedações verticais em blocos de betão celular. A avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) chegou ao valor de 75,02 GJ/m², ou 217.558,00 GJ total. As vedações verticais na fase pré-uso consumiram o percentual 7,20%, para a fase pré uso, e pós-uso mais 8,20%, totalizando 15,40% , ou seja um total para as vedações de 11.50 GJ/m², ou 33.350 GJ total.

Com base nos resultados da pesquisa de comparação apresentada, é possível rubricar os valores encontrados na ACVE das placas de aço isotérmico. Verifica-se que o sistema de placas de aço isotérmico ainda é muito alto em comparação com o sistema de vedação com blocos de betão celular.

5 CONCLUSÕES

As conclusões apresentadas quanto à avaliação da viabilidade energética do sistema de Placas Metálicas Isotérmicas para vedação vertical de edifícios chegaram ao resultado da não viabilidade energeticamente em nenhuma das cidades analisadas quando comparado à energia incorporada do sistema de blocos cerâmicos revestidos por argamassa, as bases dessa avaliação fixaram-se nas normas citadas anteriormente, em levantamentos de dados e análises dos resultados obtidos.

A avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) é normatizada pela ABNT NBR ISO 14040:2009, base para este estudo, e deu suporte para esta conclusão. Não é indicado termicamente a aplicação do sistema de placas metálicas isotérmicas para sete zonas bioclimáticas do Brasil, com exceção da zona bioclimática - ZB 8, que teve todos os itens atendidos por esse sistema. Os cálculos para obter os valores térmicos foram por meio da ABNT NBR 15220:2005, e a avaliação dos resultados para verificar o atendimento mínimo foi por meio da ABNT NBR 15575:2013.

O levantamento dos volumes e massas necessário para a quantificação da energia incorporada ao longo da ACVE, tanto para o sistema de placas metálicas isotérmicas como para o de blocos cerâmicos revestidos por argamassa, foram realizados a partir das plantas fornecidas pela Secretária de Saúde de Brasília, conforme consta no Anexo 4. O levantamento foi relativo às vedações verticais, com a mesmas composições para vedar as fronteiras externas e internas.

Não foi modificado a composição da quantificação ao longo da pesquisa, pois para o sistema de placas metálicas isotérmicas, a mudança dos materiais disponíveis atualmente para esse sistema, não tem impacto suficiente para mudar o resultado da pesquisa, para o sistema de blocos cerâmicos revestidos com argamassa não recebeu alteração, pois, de forma geral, atendeu ao necessário para a pesquisa, e os ajustes são simples de serem feitos apenas no revestimento externo.

Conclui-se que o levantamento foi adequado e atende o preconizado para essa etapa da avaliação do ciclo de vida energético - ACVE.

O levantamento das distâncias foi realizado entre as cidades, empresa e fornecimento de insumos para as indústrias. As distâncias complementares relativo aos transporte de operários, de destinação resíduos, para tal definições foram levados em consideração as literaturas que determinaram distâncias médias, que possibilitou mensurar esses valores. Foi utilizado como base de ponto de início e fim das rotas, os centros das cidades de pesquisa.

As cidades foram escolhidas a partir de especificação da norma quanto as que representam de forma mais completa as condições climáticas que caracterizam cada zona bioclimática, segundo a ABNT NBR 15575:2013, e defini oito cidades para atender esse quesito, e assim se torna possível a conjunção da análise térmica dos materiais com a energia incorporada do sistema analisado.

Conclui-se que as distâncias aplicadas seguiram o preconizado para essa etapa da avaliação do ciclo de vida (ACVE), possibilitando chegar a resultados confiáveis.

A análise térmica das propriedades dos materiais do sistema de placas metálicas isotérmicas e dos blocos cerâmicos revestidos por argamassa, seguiram os princípios preconizados a partir da ABNT NBR 15575:2013, e utilizou os cálculos especificados na BNT NBR 15220:2005. A pesquisa é sobre a avaliação do sistema de placas metálicas isotérmicas, mas como faz parte do escopo o atendimento do mínimo especificado pela ABNT NBR 15575:2013 para cada zona bioclimática, o sistema de blocos cerâmicos também foi analisado, pois, esse sistema é base de comparação com o sistema avaliado.

Conclui-se que a análise térmica para o sistema de placas de aço isotérmico não foi positiva, pois, não atendeu sete das zonas analisadas, atendendo apenas a zona bioclimática oito, porém, deve se levar em consideração que a zona bioclimática oito equivale em dimensão territorial a total as outras sete zonas bioclimáticas somadas, sem levar em consideração o índice populacional. O sistema de blocos cerâmicos atende bem de forma geral a todas as zonas bioclimáticas, com pequenos desacordos, porém, simples de adequar com alterações sutis, relacionado ao aumento da espessura para revestimento da argamassa.

A quantificação da energia incorporada quantificada no sistema de placas de aço isotérmico seguiu o preconizado pela ACVE. A análise foi realizada nas oito cidades que melhor representam as zonas bioclimáticas do Brasil, considerando as distâncias adequadas para todas as etapas que envolvem o transporte. Para o sistema de blocos cerâmicos revestidos de argamassa, foi quantificado a energia incorporada apenas uma vez, devido não haver variação de distância, pois, as características das olarias em relação ao transporte não muda para as demais cidades. A comparação entre os sistemas que possibilitou o resultado objetivado, foi a média entre o resultado obtido da energia incorporada de todas as cidades do sistema de placas de aço isotérmico em relação ao resultado obtido da energia incorporada para o sistema de blocos cerâmicos revestidos por argamassa.

Ao utilizar o artigo *de Life Cycle Energy Analysis of a Multifamily Residential House: A Case Study in Indian Context*, com o objetivo de rubricar os resultados obtidos nesse método de avaliação, foi encontrado relação muito próxima com o revestimento de blocos cerâmicos dessa pesquisa, e confirmando o alto percentual de energia incorporada do sistema de placas de aço isotérmico.

A o método desenvolvido e aplicado na avaliação do ciclo de vida energético - ACVE, do sistema de vedação vertical em edifícios em placas de aço isotérmico, se configura como validado a partir da comparação com o estudo internacional apresentado no artigo citado.

Conclui-se definitivamente que a energia incorporada no sistema de placas metálicas isotérmicas foi superior ao do sistema de blocos cerâmicos revestidos por argamassa duas vezes mais, a média da energia incorporada das cidades avaliadas para o sistema de placas metálicas isotérmicas totalizou 94.977,20 GJ. e o total de energia incorporado para o sistema de blocos cerâmicos totalizou 44.242.,15 GJ. Verificou-se que a distância entre as cidades no transporte de material, insumos e operários tem peso de impacto na quantificação da energia total incorporada, porém, o peso energético foi mais significativo e que gerou a diferença nos resultados, foi a energia embutida na densidade específica nas placas de aço.

5.1 SUGESTÕES DE PESQUISA

Com relação a novas pesquisas que podem ser realizadas a partir desse trabalho recomenda-se:

- Pesquisa na etapa de cálculo da energia incorporada no transporte de materiais, para verificar a relevância em aplicar valores relativos a densidade dos materiais e não apenas massa distância, pois segundo as literaturas citadas em TAVARES (2006) não é levado em consideração a densidade;
- Pesquisa na etapa de reposição de materiais na fase uso, que está diretamente ligada ao tempo previsto de vida da edificação, pois, segundo POSSAN (2010) edificações de vedações de blocos cerâmicos tem vida útil em torno de 60 anos, e as de materiais como aço, em torno de 100 anos, logo, a reposição de materiais pode ser verificada em frações;
- Pesquisa referente ao impacto na estrutura e fundação relativo ao sistema de placas metálicas isotérmicas, e ao tempo de execução, e comparar os resultados obtidos com o sistema de blocos cerâmicos revestidos por argamassa;
- Pesquisar a possibilidade de recomposição do sistema de placas metálicas isotérmicas, por meio da substituição da espessura atual das placas metálicas que recobrem o poliuretano, como também a ampliação da espessura do poliuretano que preenchem as placas, com o objetivo de verificar o atendimento das condições exigidas pela ABNT NBR 15575:2013, para as zonas bioclimáticas.

As pesquisas sugeridas podem corroborar com a melhoria na composição do sistema de placas de aço isotérmico, aplicadas para a vedação de edifícios, como também demonstrar que a energia incorporada que nesse trabalho foi superior em relação ao dos blocos cerâmicos, pode apresentar mudanças a partir das pesquisas sugeridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYSUNDARA, U. G. Y; BABEL, S.; GHEEWALA, S. A matrix in life cycle perspective for selecting sustainable materials for buildings in Sri Lanka. *Building and Environment*. v. 44, ed. 5, p. 997-1004, 2008.

ÂNGULO, S.C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. São Paulo, 2000. 155p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-05102005-112833/pt-br.php>>. Acesso em 28 mar. 2012.

ÂNGULO, S.C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V.M. Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil. In: PALESTRA PCC USP, 26 nov. 1998, São Paulo. Disponível em :< <http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>>. Acesso em 28 mar. 2012.

ANSI/ARI/ASHRAE/ISO Standard 13256-1:1998: Water-source Heat Pumps Testing and Rating for Performance Part 1: Water-to-air and Brine-to-air Heat Pumps. Atlanta, 1998.

ANSI/ARI/ASHRAE/ISO Standard 13256-2:1998: Water-source Heat Pumps Testing and Rating for Performance Part 2: Water-to-water and Brine-to-water Heat Pumps. Atlanta, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14041. Avaliação do Ciclo de Vida: Definição de objetivo e escopo e análise do inventário . Rio de Janeiro, 2004a. 21 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14042. Avaliação do Ciclo de Vida: Avaliação do impacto do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 14043. Avaliação do Ciclo de Vida: Interpretação do ciclo de vida. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Bloco cerâmico para alvenaria; especificação –NBR 7171. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (ABNT). NBR ISO 14.040. Gestão Ambiental. Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14040. Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT – NBR 7171 – Bloco cerâmico para alvenaria - Especificação. Rio de Janeiro. ABNT. 1992.

ABNT – NBR 11752 – Materiais Celulares para isolamento térmico da Construção Civil e Câmaras frigoríficas. Rio de Janeiro. ABNT.

ASHRAE Standard 55 - 2004. Thermal Environment Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2004.

BEVILAQUA, R. Estudo comparativo do desempenho de prédios estruturados em perfis formados a frio segundo os sistemas apertado e Light Steel Framing. 2005. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia, Secretaria de Energia. BEM - Balanço Energético Nacional 2009. Brasília, 2009 DECRETOS dois de 1991, um de 2001 e 2002, e resoluções de 2002.

BENEVOLO, Leonardo. **História da Arquitetura Moderna**. São Paulo: Perspectiva; 1989.

CAMPARI, G. Di Prete. **Nosso Brasil. A Utopia dos Arranha-céus Sustentáveis.** Arquitextos, São Paulo, n.72, 2006.

Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arc000/esp367.asp>> Acessado: 01 dez. 2012.

CARMINATTI JÚNIOR, R. Análise do Ciclo de Vida Energético de Projeto de Habitação de Interesse Social Concebido em *Light Steel Framing*. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2012.

COLE, R. J. Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems. *Building and Environment*. Volume 34. N.3. P. 335-348. 1999.

ESTEVES, L.G.N. Impactos ambientais gerados pelos resíduos da construção civil em São José do Rio Preto. São Carlos, UFSCar, 1997 (Trabalho de Graduação Integrado. Departamento de Engenharia Civil – UFSCar).

FARAH, M.F. Formas de racionalização do processo de produção na indústria da construção. Em: ENCONTRO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO, 10. 9 a 12 de novembro de 1990, Gramado - RS. Anais... Gramado: 1990, p. 735-745

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico. 3ªed. São Paulo: Studio Nobel, 1999.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico. 3ªed. São Paulo: Studio Nobel, 1999.

Fonyat, M.A. A pré-fabricação e o projeto de arquitetura , Porto Alegre - 2013

INSTRUÇÃO NORMATIVA No 2/MMA, DE 06 DE MAIO DE 2014.

ISO 14040, Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura – 1997.

ISO 14041, Avaliação de Ciclo de Vida – Definição de Escopo e Análise do Inventário – 1998.

ISO 14042, Avaliação do Ciclo de Vida – Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida – 2000 .

ISO 14043, Avaliação do Ciclo de Vida – Interpretação do Ciclo de Vida – 2000.

ISO 14048, Avaliação de Ciclo de Vida – Formato da Apresentação de Dados – 2002.

ISO TR 14047, Avaliação do Ciclo de Vida – exemplos para a Aplicação da ISO 14042 – 2002.

ISO TR 14049, Avaliação do Ciclo de Vida – exemplos de Aplicação da ISO 14041 para a definição de Escopo e Análise de Inventário – 2000.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência energética na arquitetura. 2.ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

MATTOS, D. M., Desenvolvimento de Componentes para Edificações; Blocos Cerâmicos de Vedação, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo 1992.

M. Asif, T. Muneer and R. Kelley, “Life Cycle Assessment: A Case Study of a Dwelling Home in Scotland,” Building and Environment, Vol. 42, No. 3, 2007, pp. 1391-1394.

NABUT NETO, Abdala Carim. Energia incorporada e emissões de CO2 de fachadas: estudo de caso do steel frame para utilização em Brasília. 2011. 154 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)-Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2011.

NBR 6689 - Requisitos gerais para condutos de instalações elétricas prediais. Rio de Janeiro, 1981.

NBR 5413 – Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

NBR 7256 - Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações. Rio de Janeiro, 2005. NBR 15215 – Iluminação natural. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações uni familiares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 15569 - Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2008.

NBR 16401 - Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, A. S. Análise Ambiental da viabilidade da seleção de produtos da construção civil através da ACV e do software BEES 3.0. Novembro de 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre-RS, 2007.

PALIARI, J.C. Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios. São Paulo, 1999. 473p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil.

PINTO, T. P. – Coordenador; e outros. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon – SP. São Paulo: Obra Limpa, I&T, SINDUSCON – SP, 2005.

SANTIAGO, A. K. O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não-estrutural. 2008. 153 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SANTOS, A. et al. Método de intervenção para redução das perdas na construção civil. Manual de utilização. Porto Alegre, s.ed., 1996.

SAMPAIO, Ana Virgínia. Arquitetura Hospitalar: projetos ambientalmente sustentáveis, conforto e qualidade; proposta de um instrumento de avaliação. São Paulo: FAUUSP, 2005.

SINGER, Paul et al. *Prevenir e curar: o controle social através dos serviços de saúde*. 2.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1981.

SILVA, Kleber P. *A ideia de função para a arquitetura : o hospital e o século XVIII*. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br>>. Acesso em 17/06/2012.

SILVA, V.G. Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e base Metodológica. Tese de Doutorado em Engenharia. São Paulo: EPUSP, 2003.

SONTAGE, E. D. (1976), Linear system over commutative rings: a survey, *Richerche di Rocha, Gladson , Minha Opção por Brasília* (1987),

TOLEDO, L. C. *Feitos para curar: arquitetura hospitalar e processo projetual no Brasil*. Rio de Janeiro, 2006. 184 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

TAVARES, Sergio Fernando. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Florianópolis. 2006.

TARELLI, C. H. Mudança da Tecnologia na Habitação: os conjuntos Habitacionais da COHAB-SP. São Paulo. Faculdade de Arquitetura Urbanismo da USP, 1984.

TAVARES, Mauricio. Comunicação empresarial e planos de comunicação: integrando teoria e pratica – 3 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

TAVARES, S. F.; LAMBERTS, R. Consumo de Energia para Construção, Operação e Manutenção das Edificações Residenciais no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió-AL.

Talakonukula Ramesh, Ravi Prakash, Karunesh Kumar Shukla,
Life Cycle Energy Analysis of a Multifamily Residential House: A Case Study in Indian Context, *Open Journal of Energy Efficiency*, 2013, 2, 34-41 <http://dx.doi.org/10.4236/ojee.2013.21006> Published Online March 2013 (<http://www.scirp.org/journal/ojee>)

TCPO. Tabelas de Composição de preços para Orçamentos. Engenharia Civil, Construção e Arquitetura – 13^a edição. São Paulo: Pini .Junho 2008.

KUHN, E.A. Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social alvorada. 2006. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2006.

VARNI JW. *An Evaluation of the Built Environment at Childrens Convalescent Hospital*. Developmental and Behavioral Pediatrics, San Diego, USA (2001).

WESSELS L. *The New Dutch Integral Evaluation System Called – Quind*. Head Building Department - Netherlands Board for Hospital Facilities, The Netherlands [Apresentado no 24th Seminar UIA - International Union of Architects in Public Health Work Programme, São Paulo Brasil, 2004.

YEANG, Ken. Ecodesign: A manual for ecological design, Londres: Willwy academy, 2006.

ZAMBRANO, L. *A avaliação do desempenho ambiental da edificação: um instrumento de gestão ambiental*. Dissertação (Mestrado) - Programa de PósGraduação de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ZANONI, V. A. G.; SÁNCHEZ, J. M. M. Painéis Pré-Fabricados Com Blocos Cerâmicos Materials and Materials. 2013a. Disponível em: . Acesso em: 20 abr. 2013.

ZANONI, V. A. G.; SÁNCHEZ, J. M. M. Inovação na Construção: considerações a partir das diretrizes e dos documentos de avaliação técnica do SINAT 2012. 2013b. Materials and Materials Disponível em:

ZHANG, Zhihui; WU, Xing; YANG, Xiaomin; ZHU, Yimin. BEPAS—a life cycle building environmental performance assessment model. Building and Environment, v. 41, ed. 5, p 669-675, 2004.

APÊNDICE 1 – CÁLCULOS DA ANÁLISE TÉRMICA

Este anexo apresenta o cálculo da térmica. Foram utilizados os seguintes parâmetros.....

Resistência térmica:

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se} \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

Onde:

$$R_T = R_{placa \text{ aço}} + R_{pu} + R_{placa \text{ aço}} \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

Sendo:

$$R = \frac{e}{\lambda} \text{ (m}^2\text{.K)/W ; } R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\text{.K)/W e } R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_t = \frac{e_{placa}}{\lambda_{placa}} + \frac{e_{pu}}{\lambda_{pu}} + \frac{e_{placa}}{\lambda_{placa}} = \text{(m}^2\text{.K)/W}$$

$$R_t = \frac{e_{placa}}{\lambda_{placa}} + \frac{e_{pu}}{\lambda_{pu}} + \frac{e_{placa}}{\lambda_{placa}} = \text{(m}^2\text{.K)/W}$$

Transmitância térmica:

$$U = \frac{1}{R_T} \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Capacidade térmica da vedação:

$$C_{Ta} = \sum_{i=1}^5 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \text{KJ/(m}^2\text{.K)}$$

$$C_{Tvedação} = (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{placa} + (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{pu} + (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{placa} \text{ KJ/(m}^2\text{.K)}$$

Atraso térmico :

Verificação do atraso térmico levando em consideração que a vedação composta

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2} \text{ (horas)}$$

Onde:

$$R_T = 2,57 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t}$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left[\frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{ext}}{R_t} \right] \cdot \left[R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right]$$

$$B_0 = C_{Tvedação} - (\lambda \cdot \rho \cdot c)_{placa}$$

Então:

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2} \text{ (horas)}$$

Cálculo específico do desempenho térmico do sistema de envoltória estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, em chapas delgadas pré-fabricada "painel de aço isotérmico". através do método caminho paralelo.

Planilha 14 - Planilha de Cálculo Térmico das Placas de Aço - Disponível em <<http://150.162.76.139>>



Cálculo específico do desempenho térmico do sistema de envoltória em blocos cerâmicos revestidos com argamassa, através do método caminho paralelo.

Planilha 15 - Planilha de Cálculo Térmico dos Blocos Cerâmicos - Disponível em <<http://150.162.76.139>>



APÊNDICE 2 – CÁLCULO DE ENERGIA INCORPORADA

Os resultado dos cálculos apresentados no Item **Erro! Fonte de referência não encontrada. Erro! Fonte de referência não encontrada.**, foram obtidos a partir dos cálculos realizados na planilhas modelo apresentado no Item 3.4.1 Planilhas de Cálculos de Energia Incorporada - IE.

As planilhas abaixo aplicam os dados dos materiais dos sistemas apresentados no 3.3.1 Especificações dos Insumos dos Sistemas. As tabelas em anexo que são aplicados como referencial de cálculo, foram retiradas do texto apresentada no Item 2.3.1.1 Detalhamento das fases.

Os procedimentos finais de cálculos se dão por meio dos cruzamentos de informações do *softer* utilizado o *Excel*.

Avaliação do Ciclo de Vida Energético - ACVE das Placas Metálicas Isotérmicas

Cálculo das Placas Metálicas Isotérmicas - PMI na Cidade de Caxias Sul - RS ZB-1

Planilha 16 - EE nos Insumos nas PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS						
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006		
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)
Peso	18.168,00 Kg	552307,2 (MJ/kg)		0		0
Total de Energia Embutida Incorporada		2	552.307,20 EEmat	22	Ceramica Vermelha	2,71
				35	Cimento	4,13
Tipo de Material	Poluretano - espuma	Número	64	2	Aço - laminado CA 50A	30,4
Peso	0 Kg	0 (MJ/kg)		64	Poluretano	0
Total de Energia Embutida Incorporada		64	0,00 EEmat			
Tipo de Material	0	Número	0	ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO		
Peso	0 Kg	0 (MJ/kg)				
Total de Energia Embutida Incorporada		0	0,00 EEmat			
Total de Energia Embutida Incorporada			552.307,20 EEmat			

Planilha 17 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nas PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de material	PLACA DE AÇO			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km
Tipo de Transporte		Número	5	Valor Referencial	3,56	
Peso do Material	18.168,00	kg	64.678,08	0		0
Distância a Percorrer de Carregado	367	km	1.306,52	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
Distância a Percorrer de Descarregado	367	km	1.306,52	2	Navio de carga oceânico	0,13
Total da Energia Incorporada para no Transporte			5 67.291,12	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1

Planilha 18 - EE nos Materiais das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS								
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006				
tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m ²)	EE (Kg/m ²)
Volume	2,7 m ²	719044,3 (MJ/Kg)		0		0	0	0
Peso	18.168,00 Kg	614078,4 (MJ/m ²)		2	Aço-chapagalvanizada	33,8	265330	7850
Densidade	6.704,00 Kg/m ³	5262672,5 (Kg/m ²)		1	Aço-chapa dobrada	30	235500	7850
Total de Energia Embutida Incorporada				2		53.959.915,20 EEmat		
tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m ²)	EE (Kg/m ²)
Volume	115,278 m ³	288212,61 (MJ/Kg)		5	Aço - reciclado	12,5		
Peso	4.542,00 Kg	336108 (MJ/m ²)		6	Acrílico	80		
Densidade	49,81 Kg/m ³	1743,35 (Kg/m ²)		7	Água	0,02	20	1000
Total de Energia Embutida Incorporada				64		626.063,96 EEmat		
				8	Alumínio lingote	98,2	265140	2700
				9	Alumínio anodizado	210	567000	2700
					Alumínio reciclado - extrudado	17,3		

Planilha 19 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	LACAS METÁLICAS			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56	0	0	
Peso do Material	18.168,00	kg	64.678,08	MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
Distância a Percorrer de Carregado	1.375	km	4.895,00	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13
Distância a Percorrer de Descarregado	1.375	km	4.895,00	MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Total da Energia Incorporada para no Transporte				74.468,08	Eltra.mat.		
Tipo de material	POLIURETANO			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Tipo de Transporte	Número	4	Valor Referencial	5,17	4	Caminhão 16 t	5,17
Peso do Material	4.542,00	kg	23.482,14	MJ/t	5	Caminhão 28 t	3,56
Distância a Percorrer de Carregado	1.375	km	7.108,75	MJ/Km	6	Caminhão 40 t	2,54
Distância a Percorrer de Descarregado	1.375	km	7.108,75	MJ/Km	7	Carro de Passeio	515
Total da Energia Incorporada para no Transporte				37.699,64	Eltra.mat.		
				8	Trem de Carga	1,54	

Planilha 20 - EI nos Equipamentos das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006		
Tipo Equipam.	BURADEIRA			NUMERO	Watts	MJ/Kwh
Número	1	Valor Referencial	3,6	0	0	0
Total de Consumo Energético	20.000,00	Watts		1	Watts de Potência	3,6
Total de Energia Incorporada				72.000,00	Elequi.	
Tipo Equipam.	PARAFUSADEIRA			NUMERO	Watts	MJ/Kwh
Número	1	Valor Referencial	3,6			
Total de Consumo Energético	55.000,00	Watts				
Total de Energia Incorporada				208.800,00	Elequi.	

Planilha 21 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de Transporte	Van de entrega (<3.5t)	Número	3	Valor Referencial	11,1	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Distância a Percorrer de Ida			1.375,00	km	15.262,50	0	0	0	
Distância a Percorrer de Volta			1.375,00	km	15.262,50	0	0	0	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					30.525,00	Eltra.ope.	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
							2	Navio de carga oceânico	0,13
							3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Tipo de Transporte	0	Número	0	Valor Referencial	0	4	Caminhão 16 t	5,17	
Distância a Percorrer de Ida			0,00	km	0,00	5	Caminhão 28 t	3,56	
Distância a Percorrer de Volta			0,00	km	0,00	6	Caminhão 40 t	2,54	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					0,00	Eltra.ope.	7	Carro de Passeio	515
							8	Trem de Carga	1,54
Total da Energia Incorporada para no Transporte					30.525,00	Eltra.ope.			

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 22 - EI no Desperdício de Material das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDÍCIO DE MATERIAL													
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999								
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	2,50%	Número	Material	% de Perda Média	(M,Kg) Peso	(M,Km³) Volume	(M,Kg/m³) Densidade	MJ²/Kg	
Quantidade de Material em Volume			2,71	m³		0	0	0	0	0	0	0	
Quantidade de Material em Peso			18.168,00	Kg		1	Concreto usinado	8,00%	1,20	2.760,00		2.300,00	
Quantidade de Material em Densidade			6.704,00	Kg/m³		2	Placas de Aço	2,50%	30,00	235.500,00		7.850,00	
Volume	0,06775 m³		15955,13	EE(MJ/m³)		22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,90	4.060,00		1.400,00	
Peso	454,2 Kg		13626	EE(MJ/Kg)		35	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00		1.990,00	
Densidade	167,60125 Kg/m³		1315670	EE(Kg/m³)		5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00		1500,00	
Total de Energia Embutida Incorporada					2	1.345.250,94	El desp.mat.	6	Areia	42,00%	0,05	75,75	1515,00
								7	Brita	37,00%	0,15	247,50	1.650,00
								64	Poliuretano	2,00%	30,00	235.500,00	7.850,00
												0,6	
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	2,00%								
Quantidade de Material em Volume			111,28	m³									
Quantidade de Material em Peso			4.942,94	Kg									
Quantidade de Material em Densidade			40,81	Kg/m³									
Volume	2,2356 m³		524128,8	EE(MJ/m³)									
Peso	90,84 Kg		2725,2	EE(MJ/Kg)									
Densidade	0,8162 Kg/m³		6407,17	EE(Kg/m³)									
Total de Energia Embutida Incorporada					64	533.261,17	El desp.mat.						

Planilha 23 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPERDÍCIO									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de material		Número	4	Valor Referencial	5,17	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Peso do Material			18.168,00	kg	93928,56	0	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado			30	km	155,1	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Descarregado			0	km	0	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					94083,66	Eltra.desp.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Tipo de material		Número	4	Valor Referencial	5,17	4	Caminhão 16 t	5,17	
Peso do Material			4.342,00	kg	23482,14	5	Caminhão 28 t	3,56	
Distância a Percorrer de Carregado			30	km	155,1	6	Caminhão 40 t	2,54	
Distância a Percorrer de Descarregado			30	km	155,1	7	Carro de Passeio	515	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					23792,34	Eltra.desp.	8	Trem de Carga	1,54

Planilha 24 - EI Reposição de Material das PMI em Caxias do Sul - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS											
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999						
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	1,00	Número	Material	% de Reposições	Cor. de alvenaria (anos)	Cor. de Aço (anos)	
Energia incorporada no Material			53.959.915,20	MJ		0	0	0	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada					53.959.915,20	El rep.mat.	35	Concreto usinado	1	60	100
							2	Aço	1	60	100
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	1,00	22	Blocos e Tijolos	1	60	100	
Energia incorporada no Material			626.063,96	MJ		12	Argamassa	1	60	100	
Total de Energia Embutida Incorporada					626.063,96	El rep.mat.	64	Poliuretano	1	60	100
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00						
Energia incorporada no Material				(MJ/Kg) MJ							
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR!	El rep.mat.					
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00						
Energia incorporada no Material				(MJ/Kg) MJ							
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR!	El rep.mat.					
Total de Energia Embutida Incorporada					54.585.979,16	El rep.mat.					

ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS

Cálculo das Placas Metálicas Isotérmicas - PMI na Cidade de Ponta Grossa -PR ZB-2

Planilha 29 - EE nos Insumos nas PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS							
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006			
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	
Peso	18.168,00 Kg	552307,2 (MJ/Kg)		0		0	
Total de Energia Embutida Incorporada			2	552.307,20 EEmat	22	Ceramica Vermelha	2,71
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	35	Cimento	4,13	
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)		2	Aço - laminado CA 50A	30,4	
Total de Energia Embutida Incorporada			64	0,00 EEmat	64	Poliuretano	0
Tipo de Material	0	Número	0	ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO			
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)					
Total de Energia Embutida Incorporada			0				0,00 EEmat
Total de Energia Embutida Incorporada			552.307,20 EEmat				

Planilha 30 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nas PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	PLACA DE AÇO			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km	
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56	0	0	
Peso do Material	18.168,00 kg		64.678,08 MJ/t	0	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	367 km		1.306,52 MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Descarregado	367 km		1.306,52 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			5 67.291,12 Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Tipo de material				4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	5	Caminhão 28 t	3,56
Peso do Material	0 kg		0,00 MJ/t	6	Caminhão 40 t	2,54	
Distância a Percorrer de Carregado	0 km		0,00 MJ/Km	7	Carro de Passeio	515	
Distância a Percorrer de Descarregado	0 km		0,00 MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54	

Planilha 31 - EE nos Materiais das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS							
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006			
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	
Volume	2,71 m³	719044,3 (MJ/Kg)		0		0	
Peso	18.168,00 Kg	614078,4 (MJ/m³)		2	Aço-chapagalvanizada	33,8	
Densidade	8.704,00 Kg/m³	52626792,5 (Kg/m³)		1	Aço-chapa dobrada	30	
Total de Energia Embutida Incorporada			2	53.959.915,20 EEmat	3	Aço - laminado CA 50A	30
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	4	Aço - reciclado	12,5	
Volume	111,270 m³	288212,61 (MJ/Kg)		5	Acrílico	80	
Peso	4.542,00 Kg	336108 (MJ/m³)		6	Água	0,02	
Densidade	49,81 Kg/m³	1743,35 (Kg/m³)		7	Alumínio lingote	98,2	
Total de Energia Embutida Incorporada			64	626.063,96 EEmat	8	Alumínio anodizado	210
				9	Alumínio reciclado - extrudado	17,3	

Planilha 32 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	PLACAS METÁLICAS			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56	0	0	
Peso do Material	18.168,00 kg		64.678,08 MJ/t	0	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	880 km		3.132,80 MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Descarregado	880 km		3.132,80 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			70.943,68 Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Tipo de material	POLIURETANO			4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de Transporte	Número	4	Valor Referencial	5,17	5	Caminhão 28 t	3,56
Peso do Material	4.542,00 kg		23.482,14 MJ/t	6	Caminhão 40 t	2,54	
Distância a Percorrer de Carregado	880 km		4.549,60 MJ/Km	7	Carro de Passeio	515	
Distância a Percorrer de Descarregado	880 km		4.549,60 MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			32.581,34 Eltra.mat.				

Planilha 37 - EI Reposição de Material das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS										
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999						
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	54	Valor Médio Desperd.	1,00	Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)
Energia incorporada no Material				53.959.915,20 MJ		0		0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada				53.959.915,20 Elrep.mat.		35	Concreto usinado	1	60	100
						2	Aço	1	60	100
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	1,00	22	Blocos e Tijolos	1	60	100
Energia incorporada no Material				626.063,96 MJ		12	Argamassa	1	60	100
Total de Energia Embutida Incorporada				626.063,96 Elrep.mat.		64	Poliuretano	1	60	100
ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS										
Tipo de Material		0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00				
Energia incorporada no Material										
Total de Energia Embutida Incorporada				#VALOR!						
Tipo de Material		0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00				
Energia incorporada no Material										
Total de Energia Embutida Incorporada				#VALOR!						
Total de Energia Embutida Incorporada				54.585.979,16 Elrep.mat.						

Planilha 38 - EI Demolição e Transporte das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor Planilha

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos			Valor Referencial Tavares (2006)			
Número	1	Valor Referencial.	3,08	Número	Atividade	MJ/m ²
Área total a ser demolida			2.509,00 m ²	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			7.727,72 Eldem tra.	1	Demolição	3,08
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS						

39 - Fases das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	552.307,20 EE/mat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	54.585.979,16 EE/mat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	103.525,02 Eltr.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	280.800,00 Eleq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	19.536,00 Eltr.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	1.878.512,11 Eltr.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	118.031,10 Eltr.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	57.538.690,59 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	54.585.979,16 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	7.727,72 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	112.132.397,47 MJ/EI

Planilha 40 - Percentual de Reciclagem das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM								
Tabela de Cálculos				Energia Incorporada IE	Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)			
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	54	Valor Médio Rec.	90,00%	Número	Material	% de Reciclagem
Energia Incorporada reciclável				50271726 MJ/EI	55857473,34	0		0
						1	Concreto usinado	48,00%
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Rec.	100,00%	2	Aço	90,00%
Energia Incorporada reciclável				1159325,13 MJ/EI	1159325,13	22	Blocos e Tijolos	37,00%
						64	Poliuretano	100,00%
Total de Energia Embutida Incorporada				51.431.051,13	Elrecic.	35	Argamassa	20,00%
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS								

Planilha 41 - EI Final das PMI em Ponta Grossa - Produzida pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA RECICLAGEM
112.132.397,47	51.431.051,13	17.143.683,71	94.988.713,76

Cálculo das Placas Metálicas Isotérmicas - PMI na Cidade de Florianópolis - SC ZB-3

Planilha 42 - EE nos Insumos nas PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS						
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006		
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)
Peso	18.168,00 Kg	552307,2 (MJ/Kg)		0		0
Total de Energia Embutida Incorporada		2	552.307,20 EEmat	22	Ceramica Vermelha	2,71
				35	Cimento	4,13
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	2	Aço - laminado CA 50A	30,4
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)		64	Poliuretano	0
Total de Energia Embutida Incorporada		64	0,00 EEmat	ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO		
Tipo de Material	0	Número	0			
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)				
Total de Energia Embutida Incorporada		0	0,00 EEmat			
Total de Energia Embutida Incorporada			552.307,20 EEmat			

Planilha 43 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nas PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	PLACA DE AÇO			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km	
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56	0	0	
Peso do Material	18.168,00 kg		64.678,08 MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Carregado	367 km		1.306,52 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Distância a Percorrer de Descarregado	367 km		1.306,52 MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			5 67.291,12 Eltra.mat.	4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de material				5	Caminhão 28 t	3,56	
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	6	Caminhão 40 t	2,54
Peso do Material	0 kg		0,00 MJ/t	7	Carro de Passeio	515	
Distância a Percorrer de Carregado	0 km		0,00 MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54	
Distância a Percorrer de Descarregado	0 km		0,00 MJ/Km				
Total da Energia Incorporada para no Transporte			0 0,00 Eltra.mat.				

Planilha 44 - EE nos Materiais das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS								
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006				
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m²)	EE (Kg/m²)
Volume	2,71 m³	719044,3 (MJ/Kg)		0		0	0	0
Peso	18.168,00 Kg	614078,4 (MJ/m²)		2	Aço-chapagalvanizada	33,8	265330	7850
Densidade	6.704,04 Kg/m³	5262792,5 (Kg/m²)		1	Aço-chapa dobrada	30	235500	7850
Total de Energia Embutida Incorporada		2	53.959.915,20 EEmat	3	Aço - laminado CA 50A	30	235500	7850
				4	Aço - reciclado	12,5		
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	5	Acrílico	80		
Volume	111,279 m³	288212,61 (MJ/Kg)		6	Água	0,02	20	1000
Peso	4.842,00 Kg	336108 (MJ/m²)		7	Alumínio lingote	98,2	265140	2700
Densidade	49,81 Kg/m³	1743,35 (Kg/m²)		8	Alumínio anodizado	210	567000	2700
Total de Energia Embutida Incorporada		64	626.063,96 EEmat	9	Alumínio reciclado - extrudado	17,3		

Planilha 45 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de material	PLACAS METÁLICAS					
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE
Peso do Material		18.168,00	kg	64.678,08	0	0
Distância a Percorrer de Carregado		1.067	km	3.798,52	1	Navio de carga em hidrovias
Distância a Percorrer de Descarregado		1.067	km	3.798,52	2	Navio de carga oceânico
Total da Energia Incorporada para no Transporte				72.275,12	Eltra.mat.	11,1
Tipo de material	POLURETANO					
Tipo de Transporte	Número	4	Valor Referencial	5,17	4	Caminhão 16 t
Peso do Material		4.542,00	kg	23.482,14	5	Caminhão 28 t
Distância a Percorrer de Carregado		1.067	km	5.516,39	6	Caminhão 40 t
Distância a Percorrer de Descarregado		1.067	km	5.516,39	7	Carro de Passeio
Total da Energia Incorporada para no Transporte				34.514,92	Eltra.mat.	1,54

Planilha 46 - EI nos Equipamentos das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006		
Tipo Equipam.	FRADEIRA					
Número	1	Valor Referencial	3,6	NUMERO	Watts	MJ/Kwh
Total de Consumo Energético		20.800,00	Watts	0	0	0
Total de Energia Incorporada				72.000,00	Elequi.	3,6
Tipo Equipam.	PARAFUSADERIA					
Número	1	Valor Referencial	3,6			
Total de Consumo Energético		58.800,00	Watts			
Total de Energia Incorporada				208.800,00	Elequi.	

Planilha 47 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de Transporte	Van de entrega (<3.5t)	Número	3	Valor Referencial	11,1	
Distância a Percorrer de Ida		1.067	km	11.843,70	MJ/Km	
Distância a Percorrer de Volta		1.067	km	11.843,70	MJ/Km	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				23.687,40	Eltra.ope.	
Tipo de Transporte	0	Número	0	Valor Referencial	0	
Distância a Percorrer de Ida		0,00	km	0,00	MJ/Km	
Distância a Percorrer de Volta		0,00	km	0,00	MJ/Km	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0,00	Eltra.ope.	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				23.687,40	Eltra.ope.	

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 48 - EI no Desperdício de Material das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDÍCIO DE MATERIAL														
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999										
Tipo de Material	Placas de Aço			Número	2	Valor Médio Desperd.	2,50%	Número	Material	% de Perda Média	(M,Kg) Peso	(M,Km³) Volume	(M,Kg/m³) Densidade	MJ²*Kg
Quantidade de Material em Volume		2,71	m²					0	0	0	0	0	0	
Quantidade de Material em Peso		18.168,00	Kg					1	Concreto usinado	8,00%	120	2.760,00	2.300,00	0,096
Quantidade de Material em Densidade		6.704,08	Kg/m²					2	Placas de Aço	2,50%	30,00	236.500,00	7.850,00	0,73
Volume	0,06775	m³	15955,13	EE(MJ m³)				22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,90	4.060,00	1400,00	0,754
Peso	454,2	Kg	13626	EE(MJ Kg)				35	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00	1950,00	2,394
Densidade	167,60125	Kg/m³	1315670	EE(Kg m³)				5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00	1500,00	2,07
Total de Energia Embutida Incorporada				2	1.345.250,94	El desp.mat.		6	Areia	42,00%	0,05	75,75	1575,00	0,021
Total de Energia Embutida Incorporada				2	1.345.250,94	El desp.mat.		7	Brita	37,00%	0,15	247,50	1650,00	0,0555
Tipo de Material	Poluretano			Número	64	Valor Médio Desperd.	2,00%	64	Poluretano	2,00%	30,00	236.500,00	7.850,00	0,6
Quantidade de Material em Volume		111,78	m³											
Quantidade de Material em Peso		4.542,00	Kg											
Quantidade de Material em Densidade		40,61	Kg/m³											
Volume	2,2256	m³	524128,8	EE(MJ m³)										
Peso	90,84	Kg	2725,2	EE(MJ Kg)										
Densidade	0,8162	Kg/m³	6407,17	EE(Kg m³)										
Total de Energia Embutida Incorporada				64	533.261,17	El desp.mat.								

Planilha 49 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPÉRDIO							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	Número	4	Valor Referencial	5,17	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km
Peso do Material	18.168,00	kg	93928,56	MJ/t	0	0	0
Distância a Percorrer de Carregado	30	km	155,1	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
Distância a Percorrer de Descarregado	30	km	155,1	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13
Total da Energia Incorporada para no Transporte			94238,76	Eltra.desp.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Tipo de material	Número	0	Valor Referencial	5,17	4	Caminhão 16 t	5,17
Tipo de Transporte	4		5,17		5	Caminhão 28 t	3,56
Peso do Material	4.542,00	kg	23482,14	MJ/t	6	Caminhão 40 t	2,54
Distância a Percorrer de Carregado	30	km	155,1	MJ/Km	7	Carro de Passeio	515
Distância a Percorrer de Descarregado	30	km	155,1	MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54
Total da Energia Incorporada para no Transporte			23792,34	Eltra.desp.			

Planilha 50 - EI Reposição de Material das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS										
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999						
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	1,00	Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)
Energia incorporada no Material				53.959.915,20	MJ	0	0	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada				53.959.915,20	EIrep.mat.	35	Concreto usinado	1	60	100
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	1,00	2	Aço	1	60	100
Energia incorporada no Material				626.063,96	MJ	22	Blocos e Tijolos	1	60	100
Total de Energia Embutida Incorporada				626.063,96	EIrep.mat.	12	Argamassa	1	60	100
						64	Poliuretano	1	60	100
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00					
Energia incorporada no Material					(MJ/Kg) MJ					
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR! EIrep.mat.					
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00					
Energia incorporada no Material					(MJ/Kg) MJ					
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR! EIrep.mat.					
Total de Energia Embutida Incorporada				54.585.979,16	EIrep.mat.					

ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 51 - EI Demolição e Transporte das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos			Valor Referencial Tavares (2006)			
Número	1	Valor Referencial.	3,08	Número	Atividade	MJ/m²
Área total a ser demolida			2.509,00	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			7.727,72	1	Demolição	3,08

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 52 - Fases das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	552.307,20 EEmat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	54.585.979,16 EEmat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	106.790,04 Eltra.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	280.800,00 Eleq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	23.687,40 Eltra.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	1.878.512,11 Eltra.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	118.031,10 Eltra.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	57.546.107,01 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	54.585.979,16 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	7.727,72 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	112.139.813,89 MJ/EI

Planilha 53 - Percentual de Reciclagem das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM								
Tabela de Cálculos				Energia Incorporada IE		Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)		
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Rec.	90,00%	Número	Material	% de Reciclagem
Energia Incorporada	reciclável	50271726 MJ/EI		55857473,34				
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Rec.	100,00%	1	Concreto usinado	48,00%
Energia Incorporada	reciclável	1159325,13 MJ/EI		1159325,13		2	Aço	90,00%
						22	Blocos e Tijolos	37,00%
						64	Poliuretano	100,00%
Total de Energia Embutida Incorporada						35	Argamassa	20,00%
51.431.051,13						ERecic.		
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS								

Planilha 54 - EI Final das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA RECICLAGEM
112.139.813,89	51.431.051,13	17.143.683,71	94.996.130,18

Cálculo das Placas Metálicas Isotérmicas - PMI na Cidade de Brasília - DF ZB-4

Planilha 55 - EE nos Insumos nas PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS						
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006		
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)
Peso	18.168,00 Kg	552307,2	(MJ/kg)	0		0
Total de Energia Embutida Incorporada				22	Cerâmica Vermelha	2,71
				35	Cimento	4,13
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	2	Aço - laminado CA 50A	30,4
Peso	0 Kg	0	(MJ/kg)	64	Poliuretano	0
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00 EEmat		
				ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO		
Tipo de Material	0	Número	0			
Peso	0 Kg	0	(MJ/kg)			
Total de Energia Embutida Incorporada				0,00 EEmat		
Total de Energia Embutida Incorporada				552.307,20 EEmat		

Planilha 56 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nas PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de material	PLACA DE AÇO			NÚMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56	0	0
Peso do Material	18.168,00	kg	64.678,08	MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias
Distância a Percorrer de Carregado	983	km	3.499,48	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico
Distância a Percorrer de Descarregado	983	km	3.499,48	MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)
Total da Energia Incorporada para no Transporte				5	71.677,04	EItra.mat.
Tipo de material				4	Caminhão 16 t	5,17
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	5	Caminhão 28 t
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t	6	Caminhão 40 t
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km	7	Carro de Passeio
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km	8	Trem de Carga
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0	0,00	EItra.mat.

Planilha 57 - EE nos Materiais das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS								
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006				
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m²)	EE (Kg/m²)
Volume	2,93 m³	719044,3 (MJ/Kg)		0		0	0	0
Peso	18.168,00 Kg	614078,4 (MJ/m²)		2	Aço-chapagalvanizada	33,8	265330	7850
Densidade	6.784,88 Kg/m³	52626792,5 (Kg/m²)		1	Aço-chapa dobrada	30	235500	7850
Total de Energia Embutida Incorporada	2	53.959.915,20 EEmat		3	Aço - laminado CA 50A	30	235500	7850
				4	Aço - reciclado	12,5		
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	5	Acrílico	80		
Volume	111,278 m³	288212,61 (MJ/Kg)		6	Água	0,02	20	1000
Peso	4.542,00 Kg	336108 (MJ/m²)		7	Alumínio lingote	98,2	265140	2700
Densidade	40,81 Kg/m³	1743,35 (Kg/m²)		8	Alumínio anodizado	210	567000	2700
Total de Energia Embutida Incorporada	64	626.063,96 EEmat		9	Alumínio reciclado - extrudado	17,3		

Planilha 58 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de material	PLACAS METÁLICAS	Número	5	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km
Tipo de Transporte		Valor Referencial	3,56	0	0	0
Peso do Material	18.168,00 kg	64.678,08 MJ/t		1	Navio de carga em hidrovias	0,93
Distância a Percorrer de Carregado	175 km	623,00 MJ/Km		2	Navio de carga oceânico	0,13
Distância a Percorrer de Descarregado	175 km	623,00 MJ/Km		3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Total da Energia Incorporada para no Transporte		65.924,08 Eitra.mat.		4	Caminhão 16 t	5,17
Tipo de material	PCUJURETANO	Número	4	5	Caminhão 28 t	3,56
Tipo de Transporte		Valor Referencial	5,17	6	Caminhão 40 t	2,54
Peso do Material	4.542,00 kg	23.482,14 MJ/t		7	Carro de Passeio	515
Distância a Percorrer de Carregado	175 km	904,75 MJ/Km		8	Trem de Carga	1,54
Distância a Percorrer de Descarregado	175 km	904,75 MJ/Km				
Total da Energia Incorporada para no Transporte		25.291,64 Eitra.mat.				

Planilha 59 - EI nos Equipamentos das PMI em Brasília s - Produzida pelo Autor

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006		
Tipo Equipam.	FURADEIRA	Número	1	NUMERO	Watts	MJ/Kwh
		Valor Referencial	3,6	0	0	0
Total de Consumo Energético		20.000,00 Watts		1	Watts de Potência	3,6
Total de Energia Incorporada		72.000,00 Elequi.				
Tipo Equipam.	PARAFUSADEIRA	Número	1			
		Valor Referencial	3,6			
Total de Consumo Energético		58.000,00 Watts				
Total de Energia Incorporada		208.800,00 Elequi.				

Planilha 60 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

ETPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de Transporte	Van de entrega (<3.5t)	Número	3	Valor Referencial	11,1	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km	
Distância a Percorrer	de Ida		175	km	1.942,50 MJ/Km	0	0	0	
Distância a Percorrer	de Volta		175	km	1.942,50 MJ/Km	0	0	0	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					3.885,00	Eltra.ope.	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
							2	Navio de carga oceânico	0,13
Tipo de Transporte	0	Número	0	Valor Referencial	0	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Distância a Percorrer	de Ida		0,00	km	0,00 MJ/Km	4	Caminhão 16 t	5,17	
Distância a Percorrer	de Volta		0,00	km	0,00 MJ/Km	5	Caminhão 28 t	3,56	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					0,00	Eltra.ope.	6	Caminhão 40 t	2,54
							7	Carro de Passeio	515
Total da Energia Incorporada para no Transporte					3.885,00	Eltra.ope.	8	Trem de Carga	1,54

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 61 - EI no Desperdício de Material das PMI em Brasília s - Produzida pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDÍCIO DE MATERIAL														
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999									
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	2,50%	Número	Material	% de Perda Média	(MJ/kg) Peso	(MJ/m³) Volume	(MJ/kg/m³) Densidade	MJ²*Kg		
Quantidade de Material	em Volume		2,31	m²		0	0	0	0	0	0	0		
Quantidade de Material	em Peso		18.188,00	Kg		1	Concreto usinado	8,00%	1,20	2.760,00	2.300,00	0,096		
Quantidade de Material	em Densidade		8.194,00	Kg/m²		2	Placas de Aço	2,50%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,75		
Volume	0,06775 m³	15955,13	EE(MJ/m²)		22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,80	4.060,00	1.400,00	0,754			
Peso	454,2 Kg	13626	EE(MJ/Kg)		35	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00	1.950,00	2,394			
Densidade	167,60125 Kg/m²	1315670	EE(Kg/m²)		5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00	1.500,00	2,07			
Total de Energia Embutida Incorporada					2	1.345.250,94	El desp.mat.	6	Areia	42,00%	0,05	75,75	15,00	0,021
								7	Brita	37,00%	0,15	247,50	1.650,00	0,0555
								64	Poluretano	2,00%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,6
Tipo de Material	Poluretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	2,00%									
Quantidade de Material	em Volume		141,30	m³										
Quantidade de Material	em Peso		8.342,00	Kg										
Quantidade de Material	em Densidade		58,99	Kg/m²										
Volume	2,2256 m³	524128,8	EE(MJ/m²)											
Peso	90,84 Kg	2725,2	EE(MJ/Kg)											
Densidade	0,8162 Kg/m²	6407,17	EE(Kg/m²)											
Total de Energia Embutida Incorporada					64	533.261,17	El desp.mat.							

Planilha 62 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Florianópolis - Produzida pelo Autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPERDÍCIO									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de material		Número	4	Valor Referencial	5,17	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km	
Tipo de Transporte						0	0	0	
Peso do Material	18.188,00	kg	93928,56	MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias	0,93		
Distância a Percorrer	de Carregado	30	km	155,1 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13		
Distância a Percorrer	de Descarregado	30	km	155,1 MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1		
Total da Energia Incorporada para no Transporte					94238,76	Eltra.desp.	4	Caminhão 16 t	5,17
Tipo de material		Número	4	Valor Referencial	5,17	5	Caminhão 28 t	3,56	
Tipo de Transporte						6	Caminhão 40 t	2,54	
Peso do Material	4.542,00	kg	23482,14	MJ/t	7	Carro de Passeio	515		
Distância a Percorrer	de Carregado	30	km	155,1 MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54		
Distância a Percorrer	de Descarregado	30	km	155,1 MJ/Km					
Total da Energia Incorporada para no Transporte					23792,34	Eltra.desp.			

Planilha 63 - EI Reposição de Material das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS											
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999						
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	1,00	Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)	
Energia incorporada no Material				53.959.915,20	MJ	0	0	0	0	0	
Total de Energia Embutida Incorporada					53.959.915,20	Elrep.mat.	35	Concreto usinado	1	60	100
							2	Aço	1	60	100
Tipo de Material	Poluretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	1,00	22	Blocos e Tijolos	1	60	100	
Energia incorporada no Material				626.063,96	MJ	12	Argamassa	1	60	100	
Total de Energia Embutida Incorporada					626.063,96	Elrep.mat.	64	Poluretano	1	60	100
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00						
Energia incorporada no Material				(MJ/Kg) MJ							
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR!	Elrep.mat.					
Tipo de Material	0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00						
Energia incorporada no Material				(MJ/Kg) MJ							
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR!	Elrep.mat.					
Total de Energia Embutida Incorporada					54.585.979,16	Elrep.mat.					

ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 64 - EI Demolição e Transporte das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos			Valor Referencial Tavares (2006)			
Número	1	Valor Referencial.	3,08	Número	Atividade	MJ/m²
Área total a ser demolida		2.509,00	m²	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada		7.727,72	Eldem tra.	1	Demolição	3,08

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 65 - Fases das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	552.307,20 EEmat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	54.585.979,16 EEmat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	91.215,72 Eltr.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	280.800,00 Eleq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	3.885,00 Eltr.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	1.878.512,11 Eltr.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	3.438,26 Eltr.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	57.396.137,44 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	54.585.979,16 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	7.727,72 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	111.989.844,32 MJ/EI

Planilha 66 - Percentual de Reciclagem das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM						
Tabela de Cálculos			Energia Incorporada IE	Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)		
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Rec.	90,00%	
Energia Incorporada reciclável			50271726	MJ/EI	55857473,34	
						0
						1
						2
						22
						64
						35
Total de Energia Embutida Incorporada			51.431.051,13	Eletric.		

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Número	Material	% de Reciclagem
0		0
1	Concreto usinado	48,00%
2	Aço	90,00%
22	Blocos e Tijolos	37,00%
64	Poliuretano	100,00%
35	Argamassa	20,00%

Planilha 67 - EI Final das PMI em Brasília - Produzida pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA RECICLAGEM
111.989.844,32	51.431.051,13	17.143.683,71	94.846.160,61

Cálculo das Placas Metálicas Isotérmicas - PMI na Cidade de Santos - SP ZB-5

Planilha 68 - EE nos Insumos nas PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS						
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006		
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/Kg)
Peso	18.168,00 Kg	552307,2 (MJ/Kg)		0		0
Total de Energia Embutida Incorporada		2	552.307,20 EEmat	22	Ceramica Vermelha	2,71
				35	Cimento	4,13
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	2	Aço - laminado CA 50A	30,4
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)		64	Poliuretano	0
Total de Energia Embutida Incorporada		64	0,00 EEmat	ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO		
Tipo de Material	0	Número	0			
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)				
Total de Energia Embutida Incorporada		0	0,00 EEmat			
Total de Energia Embutida Incorporada			552.307,20 EEmat			

Planilha 69 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nas PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	PLACA DE AÇO			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km	
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56			
Peso do Material	18.168,00 kg		64.678,08 MJ/t	0	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	367 km		1.306,52 MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Descarregado	367 km		1.306,52 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Total da Energia Incorporada para no Transporte		5	67.291,12 Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Tipo de material				4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	5	Caminhão 28 t	3,56
Peso do Material	0 kg		0,00 MJ/t	6	Caminhão 40 t	2,54	
Distância a Percorrer de Carregado	0 km		0,00 MJ/Km	7	Carro de Passeio	515	
Distância a Percorrer de Descarregado	0 km		0,00 MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54	

Planilha 70 - EE nos Materiais das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS								
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006				
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m²)	EE (Kg/m²)
Volume	2,71 m³	719044,3 (MJ/m³)		0		0	0	0
Peso	18.168,00 Kg	614078,4 (MJ/Kg)		2	Aço-chapagalvanizada	33,8	265330	7850
Densidade	6.704,05 Kg/m³	52626792,5 (Kg/m³)		1	Aço-chapa dobrada	30	235500	7850
Total de Energia Embutida Incorporada		2	53.959.915,20 EEmat	3	Aço - laminado CA 50A	30	235500	7850
				4	Aço - reciclado	12,5		
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	5	Acrílico	80		
Volume	111,279 m³	288212,61 (MJ/m³)		6	Água	0,02	20	1000
Peso	4.542,00 Kg	336108 (MJ/Kg)		7	Alumínio lingote	98,2	265140	2700
Densidade	49,81 Kg/m³	1743,35 (Kg/m³)		8	Alumínio anodizado	210	567000	2700
Total de Energia Embutida Incorporada		64	626.063,96 EEmat	9	Alumínio reciclado - estrudado	17,3		

Planilha 71 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	PLACAS METALICAS			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km	
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56			
Peso do Material	18.168,00 kg		64.678,08 MJ/t	0	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	430 km		1.530,80 MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Descarregado	430 km		1.530,80 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			67.739,68 Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Tipo de material	POLIURETANO			4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de Transporte	Número	4	Valor Referencial	5,17	5	Caminhão 28 t	3,56
Peso do Material	4.542,00 kg		23.482,14 MJ/t	6	Caminhão 40 t	2,54	
Distância a Percorrer de Carregado	430 km		2.223,10 MJ/Km	7	Carro de Passeio	515	
Distância a Percorrer de Descarregado	430 km		2.223,10 MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			27.928,34 Eltra.mat.				

Planilha 72 - EI nos Equipamentos das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006		
Tipo Equipam.	FUNDADEIRA					
Número	1	Valor Referencial	3,6	NUMERO	Watts	MJ/Kwh
Total de Consumo Energético		20.000,00	Watts	0	0	0
Total de Energia Incorporada		72.000,00	Elequi.	1	Watts de Potência	3,6
Tipo Equipam.	PARAFUSADORA					
Número	1	Valor Referencial	3,6			
Total de Consumo Energético		58.000,00	Watts			
Total de Energia Incorporada		208.800,00	Elequi.			

Planilha 73 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL								
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de Transporte	Van de entrega (<3.5t)	Número	3	Valor Referencial	11,1	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km
Distância a Percorrer de Ida		430	km	4.773,00	MJ/Km	0		0
Distância a Percorrer de Volta		430	km	4.773,00	MJ/Km	0		0
Total da Energia Incorporada para no Transporte				9.546,00	Eltra.ope.	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
						2	Navio de carga oceânico	0,13
Tipo de Transporte		Número	0	Valor Referencial	0	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Distância a Percorrer de Ida		0,00	km	0,00	MJ/Km	4	Caminhão 16 t	5,17
Distância a Percorrer de Volta		0,00	km	0,00	MJ/Km	5	Caminhão 28 t	3,56
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0,00	Eltra.ope.	6	Caminhão 40 t	2,54
						7	Carro de Passeio	515
Total da Energia Incorporada para no Transporte				9.546,00	Eltra.ope.	8	Trem de Carga	1,54

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 74 - EI no Desperdício de Material das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDICIO DE MATERIAL												
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999							
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	2,50%	Número	Material	% de Perda Média	(M,Kkg) Peso	(M,Km³) Volume	(M,Kkg/m³) Densidade	MJ%*Kg
Quantidade de Material em Volume			2,71	m³		0	0	0	0	0	0	0
Quantidade de Material em Peso			18.168,00	Kg		1	Concreto usinado	8,00%	1,20	2.760,00	2.300,00	0,096
Quantidade de Material em Densidade			8.708,00	Kg/m³		2	Placas de Aço	2,50%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,75
Volume	0,06775 m³		15955,13	EE(MJ/m³)		22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,90	4.060,00	1400,00	0,754
Peso	454,2 Kg		13626	EE(MJ/Kg)		35	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00	1950,00	2,394
Densidade	167,60125 Kg/m³		1315670	EE(Kg/m³)		5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00	1500,00	2,07
Total de Energia Embutida Incorporada		2	1.345.250,94	EIdesp.mat.		6	Areia	42,00%	0,05	75,75	1575,00	0,021
						7	Brita	37,00%	0,15	247,50	1650,00	0,0555
						64	Políretano	2,00%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,6
Tipo de Material	Políretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	2,00%							
Quantidade de Material em Volume			113,78	m³								
Quantidade de Material em Peso			4.542,00	Kg								
Quantidade de Material em Densidade			40,81	Kg/m³								
Volume	2,2256 m³		524128,8	EE(MJ/m³)								
Peso	90,84 Kg		2725,2	EE(MJ/Kg)								
Densidade	0,8162 Kg/m³		6407,17	EE(Kg/m³)								
Total de Energia Embutida Incorporada		64	533.261,17	EIdesp.mat.								

Planilha 75 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Santos s - Produzida pelo Autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPERDICIO								
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material					NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Tipo de Transporte		Número	4	Valor Referencial	5,17	0		0
Peso do Material	18.168,00	kg	93928,56	MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Carregado	30	km	155,1	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Distância a Percorrer de Descarregado	30	km	155,1	MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			94238,76	Eltra.desp.	4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de material					5	Caminhão 28 t	3,56	
Tipo de Transporte		Número	4	Valor Referencial	5,17	6	Caminhão 40 t	2,54
Peso do Material	4.542,00	kg	23482,14	MJ/t	7	Carro de Passeio	515	
Distância a Percorrer de Carregado	30	km	155,1	MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54	
Distância a Percorrer de Descarregado	30	km	155,1	MJ/Km				
Total da Energia Incorporada para no Transporte			23792,34	Eltra.desp.				

Planilha 76 - EI Reposição de Material das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS										
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999					
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	1,00	Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)
Energia Incorporada no Material					53.959.915,20 MJ	0	0	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada					53.959.915,20 E!rep.mat.	35	Concreto usinado	1	60	100
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	1,00	2	Aço	1	60	100
Energia Incorporada no Material					626.063,96 MJ	22	Blocos e Tijolos	1	60	100
Total de Energia Embutida Incorporada					626.063,96 E!rep.mat.	12	Argamassa	1	60	100
						64	Poliuretano	1	60	100
ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS										
Tipo de Material		Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00					
Energia Incorporada no Material					(MJ/m ²) MJ					
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR! E!rep.mat.					
Tipo de Material		Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00					
Energia Incorporada no Material					(MJ/m ²) MJ					
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR! E!rep.mat.					
Total de Energia Embutida Incorporada					54.585.979,16 E!rep.mat.					

Planilha 77 - EI Demolição e Transporte das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos				Valor Referencial Tavares (2006)		
Número	1	Valor Referencial.	3,08	Número	Atividade	MJ/m ²
Área total a ser demolida			2.509,00 m ²	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			7.727,72 E!dem tra.	1	Demolição	3,08
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS						

Planilha 78 - Fases das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	552.307,20 EEmat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	54.585.979,16 EEmat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	95.668,02 E!tr.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	280.800,00 E!eq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	9.546,00 E!tr.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	1.878.512,11 E!tr.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	118.031,10 E!tr.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	57.520.843,59 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	54.585.979,16 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	7.727,72 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	112.114.550,47 MJ/EI

Planilha 79 - Percentual de Reciclagem das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM								
Tabela de Cálculos				Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)				
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Rec.	90,00%	Número	Material	% de Reciclagem
Energia Incorporada reciclável				50271726 MJ/EI	55857473,34	0	0	0
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Rec.	100,00%	1	Concreto usinado	48,00%
Energia Incorporada reciclável				1159325,13 MJ/EI	1159325,13	2	Aço	90,00%
						22	Blocos e Tijolos	37,00%
Total de Energia Embutida Incorporada				51.431.051,13	E!recic.	64	Poliuretano	100,00%
						35	Argamassa	20,00%
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS								

Planilha 80 - EI Final das PMI em Santos - Produzida pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA RECICLAGEM
112.114.550,47	51.431.051,13	17.143.683,71	94.970.866,76

Cálculo das Placas Metálicas Isotérmicas - PMI na Cidade de Goiânia - GO ZB-6

Planilha 81 - EE nos Insumos nas PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS					
Tabelas de Cálculos			Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006		
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS
Peso	18.168,00 Kg	552307,2 (MJ/Kg)		0	EE (MJ/kg)
Total de Energia Embutida Incorporada		2	552.307,20 EEmat	22	Ceramica Vermelha
				35	Cimento
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	2	Aço - laminado CA 50A
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)		64	Poliuretano
Total de Energia Embutida Incorporada		64	0,00 EEmat		
Tipo de Material	0	Número	0		
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)			
Total de Energia Embutida Incorporada		0	0,00 EEmat		
Total de Energia Embutida Incorporada			552.307,20 EEmat		

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO

Planilha 82 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nas PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de material	PLACA DE AÇO			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km
Tipo de Transporte		Número	5	Valor Referencial	3,56	
Peso do Material	18.168,00 kg			0	0	0
Distância a Percorrer de Carregado	98,3 km			1	Navio de carga em hidrovias	0,93
Distância a Percorrer de Descarregado	98,3 km			2	Navio de carga oceânico	0,13
Total da Energia Incorporada para no Transporte			5 71.677,04 Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Tipo de material				4	Caminhão 16 t	5,17
Tipo de Transporte		Número	0	Valor Referencial	0	
Peso do Material	0 kg			5	Caminhão 28 t	3,56
Distância a Percorrer de Carregado	0 km			6	Caminhão 40 t	2,54
Distância a Percorrer de Descarregado	0 km			7	Carro de Passeio	515
Total da Energia Incorporada para no Transporte			0 0,00 Eltra.mat.	8	Trem de Carga	1,54

Planilha 83 - EE nos Materiais das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS						
Tabelas de Cálculos			Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006			
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)
Volume	2,71 m³	719044,3 (MJ/Kg)		0		EE (MJ/m³)
Peso	18.168,00 Kg	614078,4 (MJ/m³)		2	Aço-chapagalvanizada	EE (Kg/m³)
Densidade	6.704,05 Kg/m³	52626792,5 (Kg/m³)		1	Aço-chapa dobrada	7850
Total de Energia Embutida Incorporada		2	53.959.915,20 EEmat	3	Aço - laminado CA 50A	7850
				4	Aço - reciclado	12,5
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	5	Acrílico	80
Volume	111,279 m³	288212,61 (MJ/Kg)		6	Água	0,02
Peso	4.542,00 Kg	336108 (MJ/m³)		7	Alumínio lingote	2700
Densidade	49,81 Kg/m³	1743,35 (Kg/m³)		8	Alumínio anodizado	2700
Total de Energia Embutida Incorporada		64	626.063,96 EEmat	9	Alumínio reciclado - extrudado	17,3

Planilha 84 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA										
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006					
Tipo de material	PLACAS METÁLICAS									
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial		3,56	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km		
Peso do Material		18.168,00	kg	64,678,08	MJ/t	0	0	0		
Distância a Percorrer de Carregado		58	km	206,48	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93		
Distância a Percorrer de Descarregado		58	km	206,48	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13		
Total da Energia Incorporada para no Transporte					65.091,04	Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Tipo de material	POLIURETANO									
Tipo de Transporte	Número	4	Valor Referencial		5,17	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km		
Peso do Material		4.542,00	kg	23,482,14	MJ/t	4	Caminhão 16 t	5,17		
Distância a Percorrer de Carregado		58	km	299,86	MJ/Km	5	Caminhão 28 t	3,56		
Distância a Percorrer de Descarregado		58	km	299,86	MJ/Km	6	Caminhão 40 t	2,54		
Total da Energia Incorporada para no Transporte					24.081,86	Eltra.mat.	8	Trem de Carga	1,54	

Planilha 85 - EI nos Equipamentos das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS										
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006					
Tipo Equipam.	FURADEIRA									
Número	1	Valor Referencial		3,6	NUMERO	Watts	MJ/Kwh			
Total de Consumo Energético		20.000,00	Watts	0	0	0	0			
Total de Energia Incorporada					72.000,00	Eltra.mat.	1	Watts de Potência	3,6	
Tipo Equipam.	PARAFUSADEIRA									
Número	1	Valor Referencial		3,6						
Total de Consumo Energético		58.000,00	Watts							
Total de Energia Incorporada					208.800,00	Eltra.mat.				

Planilha 86 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL										
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006					
Tipo de Transporte	Van de entrega (<3.5t)	Número	3	Valor Referencial		11,1	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Distância a Percorrer de Ida		58	km	643,80	MJ/Km	0	0	0		
Distância a Percorrer de Volta		58	km	643,80	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93		
Total da Energia Incorporada para no Transporte					1.287,60	Eltra.ope.	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Tipo de Transporte	0	Número	0	Valor Referencial		0	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Distância a Percorrer de Ida		58	km	0,00	MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1		
Distância a Percorrer de Volta		58	km	0,00	MJ/Km	4	Caminhão 16 t	5,17		
Total da Energia Incorporada para no Transporte					0,00	Eltra.ope.	5	Caminhão 28 t	3,56	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					1.287,60	Eltra.ope.	6	Caminhão 40 t	2,54	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					1.287,60	Eltra.ope.	7	Carro de Passeio	515	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					1.287,60	Eltra.ope.	8	Trem de Carga	1,54	

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 87 - EI no Desperdício de Material das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDICIO DE MATERIAL														
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999										
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.		2,50%		Número	Material	% de Perda Média	(M,Kg) Peso	(M,M³) Volume	(M,Kg/m³) Densidade	MJ²Kg
Quantidade de Material em Volume		2,71	m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade de Material em Peso		18.168,00	Kg	1	Concreto usinado	8,00%	1,20	2.760,00	2.300,00	0,096				
Quantidade de Material em Densidade		8.704,05	Kg/m³	2	Placas de Aço	2,50%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,75				
Volume	0,06775	m³	15955,13	EE(MJ/m³)	22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,90	4.060,00	1.400,00	0,754			
Peso	454,2	Kg	13626	EE(MJ/Kg)	35	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00	1.950,00	2,394			
Densidade	167,60125	Kg/m³	1315670	EE(Kg/m³)	5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00	1.500,00	2,07			
Total de Energia Embutida Incorporada					2	Areia	42,00%	0,05	75,75	1.515,00	0,021			
Total de Energia Embutida Incorporada					2	Brita	37,00%	0,15	247,50	1.650,00	0,0555			
Total de Energia Embutida Incorporada					2	Poliuretano	2,00%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,6			
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Desperd.		2,00%								
Quantidade de Material em Volume		111,20	m³											
Quantidade de Material em Peso		4.542,00	Kg											
Quantidade de Material em Densidade		40,81	Kg/m³											
Volume	2,2256	m³	524128,8	EE(MJ/m³)										
Peso	90,84	Kg	2725,2	EE(MJ/Kg)										
Densidade	0,8162	Kg/m³	6407,17	EE(Kg/m³)										
Total de Energia Embutida Incorporada					64									
Total de Energia Embutida Incorporada					64									

Planilha 88 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPÉRDIO						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de material	Número	Valor Referencial		NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km
Tipo de Transporte	4	5,17		0	0	0
Peso do Material	18.168,00	kg	93928,56	MJ/t		
Distância a Percorrer de Carregado	30	km	155,1	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias 0,93
Distância a Percorrer de Descarregado	30	km	155,1	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico 0,13
Total da Energia Incorporada para no Transporte			94238,76	Eltra.desp.	3	Van de entrega (<3.5t) 11,1
Tipo de material	Número	Valor Referencial		4	5	6
Tipo de Transporte	4	5,17		4	5	6
Peso do Material	4.542,00	kg	23482,14	MJ/t	6	7
Distância a Percorrer de Carregado	30	km	155,1	MJ/Km	7	8
Distância a Percorrer de Descarregado	30	km	155,1	MJ/Km	8	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			23792,34	Eltra.desp.		

Planilha 89 - EI Reposição de Material das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999				
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	Valor Médio Desperd.		Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)
Energia incorporada no Material			53.959.915,20	MJ	0		0		0
Total de Energia Embutida Incorporada			53.959.915,20	Elrep.mat.	35	Concreto usinado	1	60	100
					2	Aço	1	60	100
Tipo de Material	Poliuretano	Número	Valor Médio Desperd.		22	Blocos e Tijolos	1	60	100
Energia incorporada no Material			626.063,96	MJ	12	Argamassa	1	60	100
Total de Energia Embutida Incorporada			626.063,96	Elrep.mat.	64	Poliuretano	1	60	100
Tipo de Material		0	0	Valor Médio Desperd.	0,00				
Energia incorporada no Material				(MJ/Kg) MJ					
Total de Energia Embutida Incorporada				#VALOR!	Elrep.mat.				
Tipo de Material		0	0	Valor Médio Desperd.	0,00				
Energia incorporada no Material				(MJ/Kg) MJ					
Total de Energia Embutida Incorporada				#VALOR!	Elrep.mat.				
Total de Energia Embutida Incorporada			54.585.979,16	Elrep.mat.					

ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 90 - EI Demolição e Transporte das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos			Valor Referencial Tavares (2006)			
Número	1	Valor Referencial.		Número	Atividade	MJ/m ²
Área total a ser demolida			2.509,00	m ²	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			7.727,72	ElDEM.TRA.	1	Demolição 3,08

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 91 - Fases das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	552.307,20 EEmat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	54.585.979,16 EEmat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	89.172,90 Eltr.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	280.800,00 Eleq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	1.287,60 Eltr.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	1.878.512,11 Eltr.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	118.031,10 Eltr.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	57.506.090,07 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	54.585.979,16 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	7.727,72 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	112.099.796,95 MJ/EI

Planilha 92 - Percentual de Reciclagem das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM								
Tabela de Cálculos				Energia Incorporada IE	Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)			
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	Valor Médio Rec.		Número	Material	% de Reciclagem	
Energia Incorporada	reciclável	2	90,00%	50271726 MJ/EI	55857473,34	0	0	
						1	Concreto usinado	48,00%
						2	Aço	90,00%
Energia Incorporada	reciclável	64	100,00%	1159325,13 MJ/EI	1159325,13	22	Blocos e Tijolos	37,00%
						64	Políuretano	100,00%
						35	Argamassa	20,00%
Total de Energia Embutida Incorporada				51.431.051,13	EIrecic.			
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS								

Planilha 93 - EI Final das PMI em Goiânia - Produzida pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA RECICLAGEM
112.099.796,95	51.431.051,13	17.143.683,71	94.956.113,24

Cálculo das Placas Metálicas Isotérmicas - PMI na Cidade de Picos - PI ZB-7

Planilha 94 - EE nos Insumos nas PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS						
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006		
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número		NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)
Peso	18.168,00 Kg	552307,2	(MJ/kg)	0		0
Total de Energia Embutida Incorporada				2	552.307,20 EEmat	
				22	Ceramica Vermelha	2,71
				35	Cimento	4,13
Tipo de Material	Políuretano - espuma	Número		2	Aço - laminado CA 50A	30,4
Peso	0 Kg	0	(MJ/kg)	64	Políuretano	0
Total de Energia Embutida Incorporada				64	0,00 EEmat	
Tipo de Material	0	Número				
Peso	0 Kg	0	(MJ/kg)			
Total de Energia Embutida Incorporada				0	0,00 EEmat	
Total de Energia Embutida Incorporada					552.307,20 EEmat	

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO

Planilha 95 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nas PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	PLACA DE AÇO						
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	
Peso do Material	18.168,00	kg	64.678,08	MJ/t	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	983	km	3.499,48	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	
Distância a Percorrer de Descarregado	983	km	3.499,48	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				5 71.677,04	Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)
Tipo de material					4	Caminhão 16 t	
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	5	Caminhão 28 t	
Peso do Material	0	kg	0,00	MJ/t	6	Caminhão 40 t	
Distância a Percorrer de Carregado	0	km	0,00	MJ/Km	7	Carro de Passeio	
Distância a Percorrer de Descarregado	0	km	0,00	MJ/Km	8	Trem de Carga	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0 0,00	Eltra.mat.		

Planilha 96 - EE nos Materiais das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS						
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006		
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada		Número	2	NUMERO	MATERIAIS
Volume	2,71	m³	719044,3	(MJ/Kg)	0	0
Peso	18.168,00	Kg	614078,4	(MJ/m³)	2	Aço-chapagalvanizada
Densidade	6.794,05	Kg/m³	52626792,5	(Kg/m³)	1	Aço-chapa dobrada
Total de Energia Embutida Incorporada				2	53.959,915,20	EEemat
Tipo de Material	Poliuretano - espuma		Número	64	3	Aço - laminado CA 50A
Volume	111,279	m³	288212,61	(MJ/Kg)	4	Aço - reciclado
Peso	4.542,00	Kg	336108	(MJ/m³)	5	Acrílico
Densidade	49,81	Kg/m³	1743,35	(Kg/m³)	6	Água
Total de Energia Embutida Incorporada				64	626.063,96	EEemat
					7	Alumínio lingote
					8	Alumínio anodizado
					9	Alumínio reciclado - extrudado

Planilha 97 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	PLACAS METALICAS						
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial	3,56	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	
Peso do Material	18.168,00	kg	64.678,08	MJ/t	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	1.765	km	6.283,40	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	
Distância a Percorrer de Descarregado	1.765	km	6.283,40	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				77.244,88	Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)
Tipo de material	POLIURETANO				4	Caminhão 16 t	
Tipo de Transporte	Número	4	Valor Referencial	5,17	5	Caminhão 28 t	
Peso do Material	4.542,00	kg	23.482,14	MJ/t	6	Caminhão 40 t	
Distância a Percorrer de Carregado	1.765	km	9.125,05	MJ/Km	7	Carro de Passeio	
Distância a Percorrer de Descarregado	1.765	km	9.125,05	MJ/Km	8	Trem de Carga	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				41.732,24	Eltra.mat.		

Planilha 98 - EI nos Equipamentos das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006		
Tipo Equipam.	FURADEIRA					
Número	1		Valor Referencial	3,6	NUMERO	Watts
Total de Consumo Energético	20.000,00	Watts			0	0
Total de Energia Incorporada	72.000,00	Elequi.			1	Watts de Potência
Tipo Equipam.	PARAFUSADEIRA					
Número	1		Valor Referencial	3,6		
Total de Consumo Energético	58.000,00	Watts				
Total de Energia Incorporada	208.800,00	Elequi.				

Planilha 99 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL								
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de Transporte	Van de entrega (<3.5t)	Número	3	Valor Referencial	11,1	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km
Distância a Percorrer	de Ida		1.765	km	19.591,50 MJ/Km	0	0	0
Distância a Percorrer	de Volta		1.765	km	19.591,50 MJ/Km	0	0	0
Total da Energia Incorporada para no Transporte					39.183,00 Eltra.ope.	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
						2	Navio de carga oceânico	0,13
Tipo de Transporte		Número	0	Valor Referencial	0	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Distância a Percorrer	de Ida		1.765	km	0,00 MJ/Km	4	Caminhão 16 t	5,17
Distância a Percorrer	de Volta		1.765	km	0,00 MJ/Km	5	Caminhão 28 t	3,56
Total da Energia Incorporada para no Transporte					0,00 Eltra.ope.	6	Caminhão 40 t	2,54
						7	Carro de Passeio	515
Total da Energia Incorporada para no Transporte					39.183,00 Eltra.ope.	8	Trem de Carga	1,54

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 100 - EI no Desperdício de Material das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDÍCIO DE MATERIAL														
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999									
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	2,50%	Número	Material	% de Perda Média	(M,Kg) Peso	(M,m³) Volume	(M,Kg/m³) Densidade	MJ/Kg		
Quantidade de Material	em Volume		2,71	m³		0	0	0	0	0	0	0		
Quantidade de Material	em Peso		18.168,00	Kg		1	Concreto usinado	8,00%	120	2.760,00	2.300,00	0,096		
Quantidade de Material	em Densidade		6.706,05	Kg/m³		2	Placas de Aço	2,50%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,75		
Volume	0,06775 m³	15955,13	EE(MJ/m³)		22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,90	4.060,00	1.400,00	0,754			
Peso	454,2 Kg	13626	EE(MJ/Kg)		35	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00	1.950,00	2,394			
Densidade	167,60125 Kg/m³	1315670	EE(Kg/m³)		5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00	1.500,00	2,07			
Total de Energia Embutida Incorporada					2	1.345.250,94	El desp.mat.	6	Areia	42,00%	0,05	75,75	15,00	0,021
								7	Brita	37,00%	0,15	247,50	1.650,00	0,0555
								64	Poluretano	2,00%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,6
Tipo de Material	Poluretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	2,00%									
Quantidade de Material	em Volume		111,26	m³										
Quantidade de Material	em Peso		4.542,00	Kg										
Quantidade de Material	em Densidade		40,61	Kg/m³										
Volume	2,2256 m³	524128,8	EE(MJ/m³)											
Peso	90,84 Kg	2725,2	EE(MJ/Kg)											
Densidade	0,8162 Kg/m³	6407,17	EE(Kg/m³)											
Total de Energia Embutida Incorporada					64	533.261,17	El desp.mat.							

Planilha 101 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPERDÍCIO									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de material		Número	4	Valor Referencial	5,17	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km	
Tipo de Transporte						0	0	0	
Peso do Material			18.168,00	kg	93928,56 MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer	de Carregado		30	km	155,1 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13	
Distância a Percorrer	de Descarregado		30	km	155,1 MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1	
Total da Energia Incorporada para no Transporte					94238,76	Eltra.desp.	4	Caminhão 16 t	5,17
Tipo de material		Número	0	Valor Referencial	5,17	5	Caminhão 28 t	3,56	
Tipo de Transporte						6	Caminhão 40 t	2,54	
Peso do Material			4.542,00	kg	23482,14 MJ/t	7	Carro de Passeio	515	
Distância a Percorrer	de Carregado		30	km	155,1 MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54	
Distância a Percorrer	de Descarregado		30	km	155,1 MJ/Km				
Total da Energia Incorporada para no Transporte					23792,34	Eltra.desp.			

Planilha 102 - EI Reposição de Material das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS											
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999						
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Desperd.	1,00	Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)	
Energia incorporada no Material				53.959.915,20	MJ	0	0	0	0	0	
Total de Energia Embutida Incorporada					53.959.915,20	Elrep.mat.	35	Concreto usinado	1	60	100
							2	Aço	1	60	100
Tipo de Material	Poluretano	Número	64	Valor Médio Desperd.	1,00	22	Blocos e Tijolos	1	60	100	
Energia incorporada no Material				626.063,96	MJ	12	Argamassa	1	60	100	
Total de Energia Embutida Incorporada					626.063,96	Elrep.mat.	64	Poluretano	1	60	100
Tipo de Material		Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00						
Energia incorporada no Material				(MJ/Kg) MJ							
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR!	Elrep.mat.					
Tipo de Material		Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00						
Energia incorporada no Material				(MJ/Kg) MJ							
Total de Energia Embutida Incorporada					#VALOR!	Elrep.mat.					
Total de Energia Embutida Incorporada					54.585.979,16	Elrep.mat.					

ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 103 - EI Demolição e Transporte das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos			Valor Referencial Tavares (2006)			
Número	1	Valor Referencial.	3,08	Número	Atividade	MJ/m ²
Área total a ser demolida		2.509,00	m ²	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada		7.727,72	Eldem tra.	1	Demolição	3,08

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 104 - Fases das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	552.307,20 EEmat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	54.585.979,16 EEmat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	118.977,12 Eltr.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	280.800,00 Eleq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	39.183,00 Eltr.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	1.878.512,11 Eltr.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	118.031,10 Eltr.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	57.573.789,69 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	54.585.979,16 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	7.727,72 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	112.167.496,57 MJ/EI

Planilha 105 - Percentual de Reciclagem das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM							
Tabela de Cálculos			Energia Incorporada IE	Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)			
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	Valor Médio Rec.	90,00%	Número	Material	% de Reciclagem
Energia Incorporada reciclável		50271726	MJ/EI	55857473,34	0		0
Tipo de Material		Plac de Aço	Número	64	Valor Médio Rec.	100,00%	
Energia Incorporada reciclável		1159325,13	MJ/EI	1159325,13			
Total de Energia Embutida Incorporada		51.431.051,13	Elrecic.				
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS							
					1	Concreto usinado	48,00%
					2	Aço	90,00%
					22	Blocos e Tijolos	37,00%
					64	Poliuretano	100,00%
					35	Argamassa	20,00%

Planilha 106 - EI Final das PMI em Picos - Produzida pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA RECICLAGEM
112.167.496,57	51.431.051,13	17.143.683,71	95.023.812,86

Cálculo das Placas Metálicas Isotérmicas - PMI na Cidade de Belém - PI ZB-8

Planilha 107 - EE nos Insumos nas PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS							
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006			
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	
Peso	18.168,00 Kg	552307,2 (MJ/Kg)		0		0	
Total de Energia Embutida Incorporada			2	552.307,20 EEmat	22	Cerâmica Vermelha	2,71
					35	Cimento	4,13
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	2	Aço - laminado CA 50A	30,4	
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)		64	Poliuretano	0	
Total de Energia Embutida Incorporada			64	0,00 EEmat	ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO		
Tipo de Material	0	Número	0				
Peso	0 Kg	0 (MJ/Kg)					
Total de Energia Embutida Incorporada			0	0,00 EEmat			
Total de Energia Embutida Incorporada				552.307,20 EEmat			

Planilha 108 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nas PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA							
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006			
Tipo de material	PLACA DE AÇO			NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/tKm	
Tipo de Transporte		Número	5	Valor Referencial	3,56		
Peso do Material	18.168,00 kg	64.678,08 MJ/t		0	0	0	
Distância a Percorrer de Carregado	983 km	3.499,48 MJ/Km		1	Navio de carga em hidrovias	0,93	
Distância a Percorrer de Descarregado	983 km	3.499,48 MJ/Km		2	Navio de carga oceânico	0,13	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			5	71.677,04 Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Tipo de material				4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de Transporte		Número	0	Valor Referencial	0		
Peso do Material	0 kg	0,00 MJ/t		5	Caminhão 28 t	3,56	
Distância a Percorrer de Carregado	0 km	0,00 MJ/Km		6	Caminhão 40 t	2,54	
Distância a Percorrer de Descarregado	0 km	0,00 MJ/Km		7	Carro de Passeio	515	
Total da Energia Incorporada para no Transporte			0	0,00 Eltra.mat.	8	Trem de Carga	1,54

Planilha 109 - EE nos Materiais das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS									
Tabelas de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006					
Tipo de Material	Aço-chapagalvanizada	Número	2	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m ²)	EE (Kg/m ²)	
Volume	2,71 m ²	719044,3 (MJ/Kg)		0		0	0		
Peso	18.168,00 Kg	614078,4 (MJ/m ²)		2	Aço-chapagalvanizada	33,8	265330	7850	
Densidade	8.704,05 Kg/m ²	52626792,5 (Kg/m ²)		1	Aço-chapa dobrada	30	235500	7850	
Total de Energia Embutida Incorporada			2	53.959.915,20 EEmat	3	Aço - laminado CA 50A	30	235500	7850
					4	Aço - reciclado	12,5		
Tipo de Material	Poliuretano - espuma	Número	64	5	Acrílico	80			
Volume	111,279 m ³	288212,61 (MJ/Kg)		6	Água	0,02	20	1000	
Peso	4.542,00 Kg	336108 (MJ/m ²)		7	Alumínio lingote	98,2	265140	2700	
Densidade	49,81 Kg/m ³	1743,35 (Kg/m ²)		8	Alumínio anodizado	210	567000	2700	
Total de Energia Embutida Incorporada			64	626.063,96 EEmat	9	Alumínio reciclado - extrudado	17,3		

Planilha 110 - EI no Transporte de Materiais das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de material	PLACAS METÁLICAS								
Tipo de Transporte	Número	5	Valor Referencial		3,56		NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km
Peso do Material	18.168,00	kg	64.678,08	MJ/t	0	0			0
Distância a Percorrer de Carregado	1.873	km	6.667,88	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias			0,93
Distância a Percorrer de Descarregado	1.873	km	6.667,88	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico			0,13
Total da Energia Incorporada para no Transporte				78.013,84	Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)		11,1
Tipo de material	POLIURETANO								
Tipo de Transporte	Número	4	Valor Referencial		5,17		4	Caminhão 16 t	5,17
Peso do Material	4.542,00	kg	23.482,14	MJ/t	5	Caminhão 28 t			3,56
Distância a Percorrer de Carregado	1.873	km	9.683,41	MJ/Km	6	Caminhão 40 t			2,54
Distância a Percorrer de Descarregado	1.873	km	9.683,41	MJ/Km	7	Carro de Passeio			515
Total da Energia Incorporada para no Transporte				42.848,96	Eltra.mat.	8	Trem de Carga		1,54

Planilha 111 - EI nos Equipamentos das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS								
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006				
Tipo Equipam.	FURADORA							
Número	1	Valor Referencial		3,6		NUMERO		
Total de Consumo Energético	20.000,00		Watts	0	0		0	
Total de Energia Incorporada				72.000,00	Elequi.	1	Watts de Potência	3,6
Tipo Equipam.	PARAFUSADEIRA							
Número	1	Valor Referencial		3,6				
Total de Consumo Energético	58.000,00		Watts					
Total de Energia Incorporada				208.800,00	Elequi.			

Planilha 112 - EI no Transporte de Pessoal das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL										
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006					
Tipo de Transporte	Van de entrega (<3.5t)	Número	3	Valor Referencial		11,1		NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km
Distância a Percorrer de Ida	1.873	km	20.790,30	MJ/Km	0	0			0	
Distância a Percorrer de Volta	1.873	km	20.790,30	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias			0,93	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				41.580,60	Eltra.ope.	2	Navio de carga oceânico		0,13	
Tipo de Transporte	0	Número	0	Valor Referencial		0		3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Distância a Percorrer de Ida	1.873	km	0,00	MJ/Km	4	Caminhão 16 t			5,17	
Distância a Percorrer de Volta	1.873	km	0,00	MJ/Km	5	Caminhão 28 t			3,56	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				0,00	Eltra.ope.	6	Caminhão 40 t		2,54	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				41.580,60	Eltra.ope.	7	Carro de Passeio		515	
Total da Energia Incorporada para no Transporte				41.580,60	Eltra.ope.	8	Trem de Carga		1,54	

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 113 - EI no Desperdício de Material das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDÍCIO DE MATERIAL													
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999									
Tipo de Material	Placas de Aço												
Número	2	Valor Médio Desperd.		2,50%		0	Material	% de Perda Média	(M,Kg) Peso	(M,m³) Volume	(M,Kg/m³) Densidade	MJ%*Kg	
Quantidade de Material em Volume	271		m³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Quantidade de Material em Peso	18.168,00		Kg	1	Concreto usinado	8,00%	120	2.760,00	2.300,00	0,096			
Quantidade de Material em Densidade	6.704,00		Kg/m³	2	Placas de Aço	2,50%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,75			
Volume	0,0673	m³	15955,13	EE(MJ/m³)	22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,90	4.060,00	1.400,00	0,754		
Peso	454,2	Kg	13626	EE(MJ/Kg)	35	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00	1.950,00	2,394		
Densidade	167,60125	Kg/m³	1315670	EE(Kg/m³)	5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00	1.500,00	2,07		
Total de Energia Embutida Incorporada				2	1.345.250,94	El desp.mat.	6	Areia	42,00%	0,05	75,75	155,00	0,021
Total de Energia Embutida Incorporada				2	1.345.250,94	El desp.mat.	7	Brita	37,00%	0,15	247,50	1.650,00	0,0555
Total de Energia Embutida Incorporada				2	1.345.250,94	El desp.mat.	64	Poliuretano	2,00%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,6
Tipo de Material	Poliuretano												
Número	64	Valor Médio Desperd.		2,00%									
Quantidade de Material em Volume	111,28		m³										
Quantidade de Material em Peso	4.542,00		Kg										
Quantidade de Material em Densidade	40,61		Kg/m³										
Volume	2,2256	m³	524128,8	EE(MJ/m³)									
Peso	90,84	Kg	2725,2	EE(MJ/Kg)									
Densidade	0,8162	Kg/m³	6407,17	EE(Kg/m³)									
Total de Energia Embutida Incorporada				64	533.261,17	El desp.mat.							

Planilha 114 - EI no Transporte de Desperdício de Material das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPÉRDÍCIO						
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006		
Tipo de material	Número	Valor Referencial		NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km
Tipo de Transporte	4	5,17		0	0	0
Peso do Material	18.168,00	kg	93928,56 MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
Distância a Percorrer de Carregado	30	km	155,1 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13
Distância a Percorrer de Descarregado	30	km	155,1 MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Total da Energia Incorporada para no Transporte			94238,76 Eltra.desp.	4	Caminhão 16 t	5,17
Tipo de material	0			5	Caminhão 28 t	3,56
Tipo de Transporte	4	5,17		6	Caminhão 40 t	2,54
Peso do Material	4.542,00	kg	23482,14 MJ/t	7	Carro de Passeio	515
Distância a Percorrer de Carregado	30	km	155,1 MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54
Distância a Percorrer de Descarregado	30	km	155,1 MJ/Km			
Total da Energia Incorporada para no Transporte			23792,34 Eltra.desp.			

Planilha 115 - EI Reposição de Material das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS								
Tabela de Cálculos				Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999				
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	Valor Médio Desperd.	Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)
Energia incorporada no Material		2	1,00	0	0	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			53.959.915,20 MJ	35	Concreto usado	1	60	100
Tipo de Material	Poliuretano	64	1,00	2	Aço	1	60	100
Energia incorporada no Material			626.063,96 MJ	22	Blocos e Tijolos	1	60	100
Total de Energia Embutida Incorporada			626.063,96 Elrep.mat.	12	Argamassa	1	60	100
Tipo de Material		0	0,00	64	Poliuretano	1	60	100
Energia incorporada no Material			(MJ/Kg) MJ					
Total de Energia Embutida Incorporada			#VALOR! Elrep.mat.					
Tipo de Material		0	0,00					
Energia incorporada no Material			(MJ/Kg) MJ					
Total de Energia Embutida Incorporada			#VALOR! Elrep.mat.					
Total de Energia Embutida Incorporada			54.585.979,16 Elrep.mat.					

ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 116 - EI Demolição e Transporte das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos			Valor Referencial Tavares (2006)			
Número	1	Valor Referencial.	3,08	Número	Atividade	MJ/m ²
Área total a ser demolida			2.509,00 m ²	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			7.727,72 Eldem.tr.	1	Demolição	3,08

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 117 - Fases das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	552.307,20 EEmat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	54.585.979,16 EEmat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	120.862,80 Eltra.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	280.800,00 Eleq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	41.580,60 Eltra.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	1.878.512,11 Eltra.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	118.031,10 Eltra.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	57.578.072,97 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	54.585.979,16 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	7.727,72 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	112.171.779,85 MJ/EI

Planilha 118 - Percentual de Reciclagem das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM									
Tabela de Cálculos					Energia Incorporada IE		Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)		
Tipo de Material	Placas de Aço	Número	2	Valor Médio Rec.	90,00%	55857473,34	Número	Material	% de Reciclagem
Energia Incorporada reciclável					50271726 MJ/EI		0	0	0
Tipo de Material	Poliuretano	Número	64	Valor Médio Rec.	100,00%	1159325,13	1	Concreto usinado	48,00%
Energia Incorporada reciclável					1159325,13 MJ/EI		2	Aço	90,00%
Total de Energia Embutida Incorporada					51.431.051,13	Elrecic.	22	Blocos e Tijolos	37,00%
							64	Poliuretano	100,00%
							35	Argamassa	20,00%
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS									

Planilha 119 - EI Final das PMI em Belém - Produzida pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA RECICLAGEM
112.171.779,85	51.431.051,13	17.143.683,71	95.028.096,14

Avaliação do Ciclo de Vida Energético - ACVE dos Blocos Cerâmicos Revestido com Argamassa - BCRA válido para as Oito Cidades citadas, Referentes as Zonas Bioclimáticas

Planilha 120 - EE nos Insumos nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 1 - ENERGIA INCORPORADA EMBUTIDA NA FABRICAÇÃO DE INSUMOS										
Tabelas de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais - TAVARES 2006					
Tipo de Material	Cerâmica Vermelha		Número	22	NUMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)			
Peso	251.513,25	Kg	681600,91	(MJKg)	0	0	0			
Total de Energia Embutida Incorporada					22	681.600,91	EEmat	22	Cerâmica Vermelha	2,71
					35	Cimento	4,13			
Tipo de Material	Cimento		Número	35	2	Aço - laminado CA 50A	30,4			
Peso	64.500,00	Kg	266385	(MJKg)	64	Poliuretano	0			
Total de Energia Embutida Incorporada					35	266.385,00	EEmat			
Tipo de Material	0		Número	0	ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS EM VERMELHO					
Peso	0	Kg	0	(MJKg)						
Total de Energia Embutida Incorporada										0
Total de Energia Embutida Incorporada					947.985,91	EEmat				

Planilha 121 - EI Transporte dos Insumos para a Indústria nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 1A - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DOS INSUMOS PARA A INDUSTRIA										
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006					
Tipo de material	CERÂMICA				NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/t/Km			
Tipo de Transporte	Número	6	Valor Referencial	2,54	0	0				
Peso do Material	251.513,25	kg	638.843,66	MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias	0,93			
Distância a Percorrer de Carregado	66	km	167,64	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13			
Distância a Percorrer de Descarregado	66	km	167,64	MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1			
Total da Energia Incorporada para no Transporte					6	639.178,94	Eltra.mat.	4	Caminhão 16 t	5,17
					5	Caminhão 28 t	3,56			
Tipo de Transporte	Número	0	Valor Referencial	0	6	Caminhão 40 t	2,54			
Peso do Material		kg	0,00	MJ/t	7	Carro de Passeio	515			
Distância a Percorrer de Carregado		km	0,00	MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54			
Distância a Percorrer de Descarregado		km	0,00	MJ/Km						
Total da Energia Incorporada para no Transporte					0	0,00	Eltra.mat.			

Planilha 122 - EE nos Materiais nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 2 - ENERGIA EMBUTIDA NOS MATERIAIS												
Tabelas de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida - TAVARES 2006							
Tipo de Material	Cerâmica - bloco de 8 furos			Número	22	NÚMERO	MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m³)	EE (Kg/m³)		
Volume	184,7	m³	749922,6	(MJ/m³)		0		0	0	0		
Peso	251.513,25	Kg	729388,425	(MJ/Kg)		2	Aço-chapagalvanizada	33,8	265330	7850		
Densidade	1.363,44	Kg/m³	1908816	(Kg/m³)		1	Aço-chapa dobrada	30	235500	7850		
Total de Energia Embutida Incorporada					22	3.388.127,03	EEmat	3	Aço - laminado CA 50A	30	235500	7850
								4	Aço - reciclado	12,5		
								5	Acrílico	80		
Tipo de Material	Cimento Portland			Número	33	6	Água	0,02	20	1000		
Volume	49,71	m³	407124,9	(MJ/m³)		7	Alumínio lingote	98,2	265140	2700		
Peso	64.500,00	Kg	270900	(MJ/Kg)		8	Alumínio anodizado	210	567000	2700		
Densidade	1.314,00	Kg/m³	2562300	(Kg/m³)		9	Alumínio reciclado - extrudado	17,3				
Total de Energia Embutida Incorporada					33	3.240.324,90	EEmat	10	Alumínio reciclado - anodizado	42,9		
								11	Areia	0,05	75,75	1515
Tipo de Material	Areia			Número	11	12	Argamassa - mistura	2,1	3906	1860		
Volume	148,73	m³	7.4355	(MJ/m³)		13	Asfalto	51	107865	2115		
Peso	147.576,00	Kg	11178882	(MJ/Kg)		14	Batente - madeira aparelhada	3,5	2100	600		
Densidade	990,44	Kg/m³	1500516,6	(Kg/m³)		15	Borracha natural - latex	69	63480	920		
Total de Energia Embutida Incorporada					11	12.679.406,04	EEmat					

Planilha 123 - EI no Transporte de Materiais nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 3 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DO MATERIAL CANTEIRO DE OBRA									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de material	Blocos Cerâmicos					NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Tipo de Transporte	Número	6	Valor Referencial	2,54	0	0		0	
Peso do Material	251.513,25	kg	638.843,66	MJ/t	0	0		0	
Distância a Percorrer de Carregado	66	km	167,64	MJ/Km	1	Navio de carga em hidrovias	0,93		
Distância a Percorrer de Descarregado	66	km	167,64	MJ/Km	2	Navio de carga oceânico	0,13		
Total da Energia Incorporada para no Transporte					639.178,94	Eltra.mat.	3	Van de entrega (<3.5t)	11,1
Tipo de material	ARGAMASSA					4	Caminhão 16 t	5,17	
Tipo de Transporte	Número	6	Valor Referencial	2,54	5	Caminhão 28 t	3,56		
Peso do Material	213.515,00	kg	542.328,10	MJ/t	6	Caminhão 40 t	2,54		
Distância a Percorrer de Carregado	66	km	167,64	MJ/Km	7	Carro de Passeio	515		
Distância a Percorrer de Descarregado	66	km	167,64	MJ/Km	8	Trem de Carga	1,54		
Total da Energia Incorporada para no Transporte					542.663,38	Eltra.mat.			

Planilha 124 - EI nos Equipamentos nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 4 - ENERGIA INCORPORADA EQUIPAMENTOS									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Incorporada TAVARES 2006				
Tipo Equipam.	BETONEIRA					NUMERO	Watts	MJ/Kwh	
Número	1	Valor Referencial	3,6	0	0		0		
Total de Consumo Energético	736.000,00	Watts		1	Watts de Potência	3,6			
Total de Energia Incorporada	2.649.600,00	Elequi.							

Planilha 125 - EI no Transporte de Pessoal nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETPA 5 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE PESSOAL									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de Transporte	Van de entrega (<3.5t)	Número	3	Valor Referencial	11,1	NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/tKm	
Distância a Percorrer	de Ida		60	km	666,00 MJ/Km	0	0		0
Distância a Percorrer	de Volta		60	km	666,00 MJ/Km	0	0		0
Total da Energia Incorporada para no Transporte					1.332,00	Eltra.ope.	1	Navio de carga em hidrovias	0,93
							2	Navio de carga oceânico	0,13
Tipo de Transporte		Número	0	Valor Referencial	0	3	Van de entrega (<3.5t)		11,1
Distância a Percorrer	de Ida		60	km	0,00 MJ/Km	4	Caminhão 16 t		5,17
Distância a Percorrer	de Volta		60	km	0,00 MJ/Km	5	Caminhão 28 t		3,56
Total da Energia Incorporada para no Transporte					0,00	Eltra.ope.	6	Caminhão 40 t	2,54
							7	Carro de Passeio	515
Total da Energia Incorporada para no Transporte					1.332,00	Eltra.ope.	8	Trem de Carga	1,54

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 126 - EI no Desperdício de Material nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 6 - ENERGIA INCORPORADA NO DESPERDÍCIO DE MATERIAL														
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999									
Tipo de Material	Blocos e Tijolos	Número	22	Valor Médio Desperd.	26,00%	Número	Material	% de Perda Média	(M,Kg) Peso	(M,Km³) Volume	(M,Kg/m³) Densidade	MJ%*Kg		
Quantidade de Material	em Volume		184,87	m³		0	0	0	0	0	0	0		
Quantidade de Material	em Peso		233.333,00	Kg		1	Concreto usinado	8,00%	1,20	2.760,00	2.300,00	0,096		
Quantidade de Material	em Densidade		1.368,44	Kg/m³		2	Placas de Aço	2,50%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,75		
Volume	47,9622 m³	194726,5	EE(MJ/m³)		22	Blocos e Tijolos	26,00%	2,90	4.060,00	1.400,00	0,754			
Peso	65393,38 Kg	189640,8	EE(MJ/Kg)		33	Cimento	57,00%	4,20	8.190,00	1.950,00	2,394			
Densidade	354,7544 Kg/m³	496656,2	EE(Kg/m³)		5	Cal	69,00%	3,00	4.500,00	1500,00	2,07			
Total de Energia Embutida Incorporada					22	881.023,49	El desp.mat.	6	Areia	42,00%	0,05	75,75	1515,00	0,021
							36	Argamassa	33,00%	2,10	6.005,75	1.200,00	0,693	
							11	Areia	37,00%	0,15	247,50	1650,00	0,0555	
							64	Poliuretano	2,00%	30,00	235.500,00	7.850,00	0,6	
Tipo de Material	Cimento	Número	33	Valor Médio Desperd.	57,00%									
Quantidade de Material	em Volume		83,71	m³										
Quantidade de Material	em Peso		84.500,00	Kg										
Quantidade de Material	em Densidade		1.334,00	Kg/m³										
Volume	28,3347 m³	232061,2	EE(MJ/m³)											
Peso	36765 Kg	154413	EE(MJ/Kg)											
Densidade	748,98 Kg/m³	1460511	EE(Kg/m³)											
Total de Energia Embutida Incorporada					33	1.846.985,19	El desp.mat.							
Tipo de Material	Areia	Número	11	Valor Médio Desperd.	37,00%									
Quantidade de Material	em Volume		186,71	m³										
Quantidade de Material	em Peso		147.570,00	Kg										
Quantidade de Material	em Densidade		990,44	Kg/m³										
Volume	54,2827 m³	13434,97	EE(MJ/m³)											
Peso	54603,12 Kg	8190,468	EE(MJ/Kg)											
Densidade	366,4628 Kg/m³	604663,6	EE(Kg/m³)											
Total de Energia Embutida Incorporada					11	626.289,06	El desp.mat.							

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 127 - EI no Transporte de Desperdício de Material nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 7 - ENERGIA INCORPORADA NO TRANSPORTE DE DESPERDÍCIO									
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Energia Embutida TAVARES 2006				
Tipo de material	Blocos					NUMERO	MEIO DE TRANSPORTE	MJ/Km	
Tipo de Transporte		Número	4	Valor Referencial	5,17	0	0		0
Peso do Material	65.393,38	kg		338083,7746	MJ/t	1	Navio de carga em hidrovias		0,93
Distância a Percorrer	de Carregado		66	km	341,22 MJ/Km	2	Navio de carga oceânico		0,13
Distância a Percorrer	de Descarregado		66	km	341,22 MJ/Km	3	Van de entrega (<3.5t)		11,1
Total da Energia Incorporada para no Transporte					338766,2146	Eltra.desp.	4	Caminhão 16 t	5,17
Tipo de material	Cimento					5	Caminhão 28 t		3,56
Tipo de Transporte		Número	4	Valor Referencial	5,17	6	Caminhão 40 t		2,54
Peso do Material	36.765,00	kg		190075,05	MJ/t	7	Carro de Passeio		515
Distância a Percorrer	de Carregado		30	km	155,1 MJ/Km	8	Trem de Carga		1,54
Distância a Percorrer	de Descarregado		30	km	155,1 MJ/Km				
Total da Energia Incorporada para no Transporte					190385,25	Eltra.desp.			
Tipo de material	Areia								
Tipo de Transporte		Número	5	Valor Referencial	3,56				
Peso do Material	54603,12	kg		194387,1072	MJ/t				
Distância a Percorrer	de Carregado		60	km	213,6 MJ/Km				
Distância a Percorrer	de Descarregado		60	km	213,6 MJ/Km				
Total da Energia Incorporada para no Transporte					194814,3072	Eltra.desp.			

Planilha 128 - EI Reposição de Material nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 8 - ENERGIA INCORPORADA NA REPOSIÇÃO DE MATERIAIS										
Tabela de Cálculos					Tabela de Valores Referenciais de Percentual de Desperdícios de material PINTO 1999					
Tipo de Material	Blocos e Tijolos	Número	22	Valor Médio Desperd.	1,00	Número	Material	% de Reposições	Con. de alvenaria (anos)	Con. de Aço (anos)
Energia incorporada no Material				3.388.127,03 MJ		0	0	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada				3.388.127,03 Elrep.mat.		35	Concreto usinado	1	60	100
						2	Aço	1	60	100
Tipo de Material	Argamassa	Número	31	Valor Médio Desperd.	1,00	22	Blocos e Tijolos	1	60	100
Energia incorporada no Material				12.679.406,04 MJ		33	Cimento	1	60	100
Total de Energia Embutida Incorporada				12.679.406,04 Elrep.mat.		11	Areia	1	60	100
						64	Poliuretano	1	60	100
Tipo de Material	Cimento	Número	33	Valor Médio Desperd.	1,00					
Energia incorporada no Material				3.240.324,90 MJ						
Total de Energia Embutida Incorporada				3.240.324,90 Elrep.mat.						
Tipo de Material		0	Número	0	Valor Médio Desperd.	0,00				
Energia incorporada no Material				(MJ/m³) MJ						
Total de Energia Embutida Incorporada				#VALOR! Elrep.mat.						
Total de Energia Embutida Incorporada				16.067.533,06 Elrep.mat.						

ALIMENTAR CODADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 129 - EI Demolição e Transporte nos BCRA - Produzida pelo Autor

ETAPA 11 e 12 - ENERGIA INCORPORADA NA DEMOLIÇÃO E TRANSPORTE						
Tabela de Cálculos			Valor Referencial Tavares (2006)			
Número	1	Valor Referencial.	3,08	Número	Atividade	MJ/m²
Área total a ser demolida			2.509,00 m²	0	0	0
Total de Energia Embutida Incorporada			7.727,72 Eldem.tr.	1	Demolição	3,08

ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS

Planilha 130 - Fases nos BCRA - Produzida pelo Autor

FASE PRÉ-OPERACIONAL	
Etapa 1	
Energia Embutida Insumos	947.985,91 EEmat
Etapa 2	
Energia Embutida Materiais	19.307.857,96 EEmat
Etapa 3	
Transporte dos materiais de construção	1.181.842,32 Eltr.mat.
etapa 4	
Energia dos equipamentos de Obra	2.649.600,00 Eleq.obra.
Etapa 5	
Trasporte de Operários de Obra	1.332,00 Eltr.oper.
Etapa 6	
Desperdício de Obra	3.354.297,74 Eltr.oper.
etapa 7	
Transporte de Desperdício	723.965,77 Eltr.desp.
TOTAL PRÉ- OPERACIONAL	28.166.881,70 MJ/Pré-Op
FASE OPERACIONAL	
ETAPA 8	
Reposição de Materiais	16.067.533,06 MJ/Op
FASE PÓS-OPERACIONAL	
ETAPA 11 e 12	
Demolição e Transporte	7.727,72 MJ/Pós-Op
TOTAL DAS FASES	
TODAS AS ETAPAS	44.242.142,48 MJ/EI

Planilha 131 - Percentual de Reciclagem nos BCRA - Produzida pelo Autor

PERCENTUAL DE RECICLAGEM										
Tabela de Cálculos				Energia Incorporada IE		Valores Referenciais Percentual de Reciclagem ZHANG (2004)				
Tipo de Material	Blocos e Tijolos	Número	22	Valor Médio Rec.	37,00%	Número	Material	% de Reciclagem		
Energia Incorporada reciclável					1831778,028 MJ/EI	4950751,427		0	0	0
Tipo de Material	Areia	Número	11	Valor Médio Rec.	20,00%	1	Concreto usinado	48,00%		
Energia Incorporada reciclável					2661139,018 MJ/EI	13305695,09		2	Aço	90,00%
								22	Blocos e Tijolos	37,00%
Tipo de Material	Cimento	Número	33	Valor Médio Rec.	25,00%	64	Poliuretano	100,00%		
Energia Incorporada reciclável					1271827,523 MJ/EI	5087310,093		33	Cimento	25,00%
								11	Areia	20,00%
Total de Energia Embutida Incorporada					4.492.917,05	Erelec.				
ALIMENTAR COM DADOS AS CELULAS VERMELHAS										

Planilha 132 - EI Final nos BCRA - Produzida pelo Autor

ENERGIA INCORPORADA FINAL			
TOTAL DE E.I. DAS FASES	TOTAL RECICLADO	PERCENTUAL DE ABATIMENTO	TOTAL FINAL COM ABATIMENTO DA RECICLAGEM
44.242.142,48	4.492.917,05	1.497.639,02	42.744.503,46

ANEXO 1 – MAPAS DAS DISTÂNCIAS

As imagens dos mapas foram retiradas do *google earth*, e a distância foi mensurada pela definição da melhor via em relação aos dois pontos de avaliação, e a ferramenta de medição faz parte do *site do google earth*.

Os resultados das distâncias das cidades em relação as Indústrias de Placas metálicas Isotérmicas e das Olarias; distância da produção dos insumos até as indústrias, e as demais distâncias resultantes, estão referenciadas no Item 3.4 **DEFINIÇÃO DAS DISTÂNCIAS**.

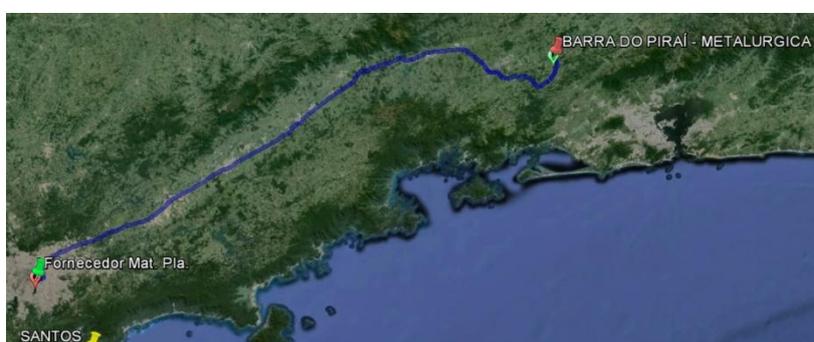


Figura 35 - Mapa da Distância do Fornecedor dos Insumos para a Metalúrgica BPI - Google Maps

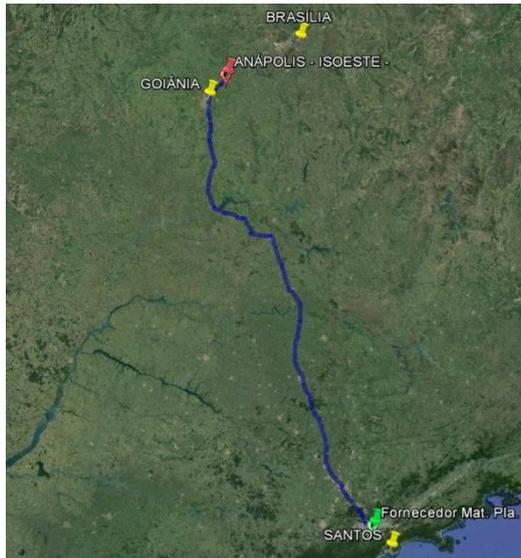


Figura 36 - Mapa da Distância do Fornecedor dos Insumos para a ISOESTE - Google Maps

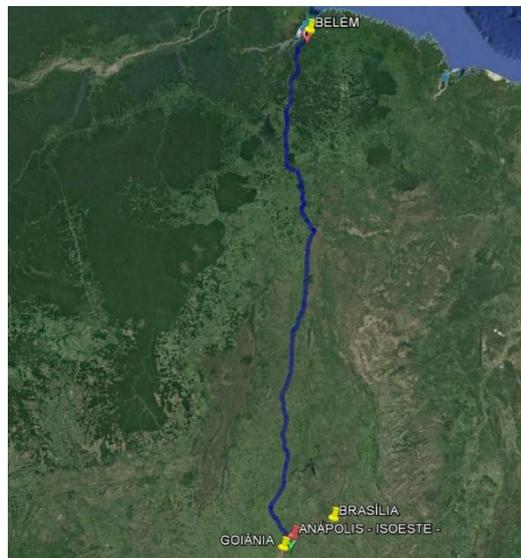


Figura 37 - Mapa da Distância da ISOESTE à Belém, Anápolis - Google Maps

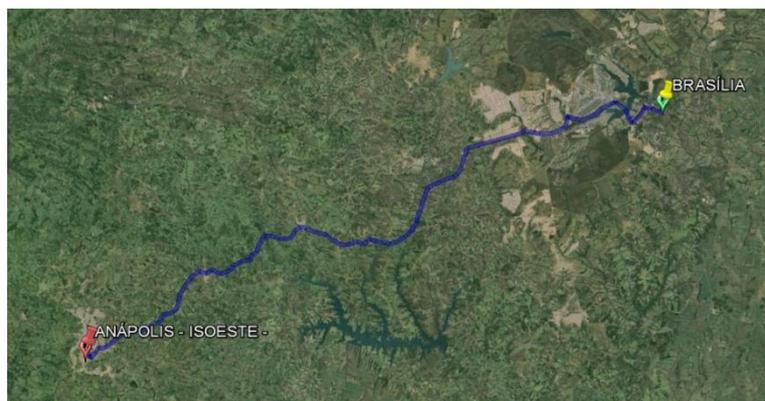


Figura 38 Mapa da Distância da ISOESTE à Brasília - Google Maps

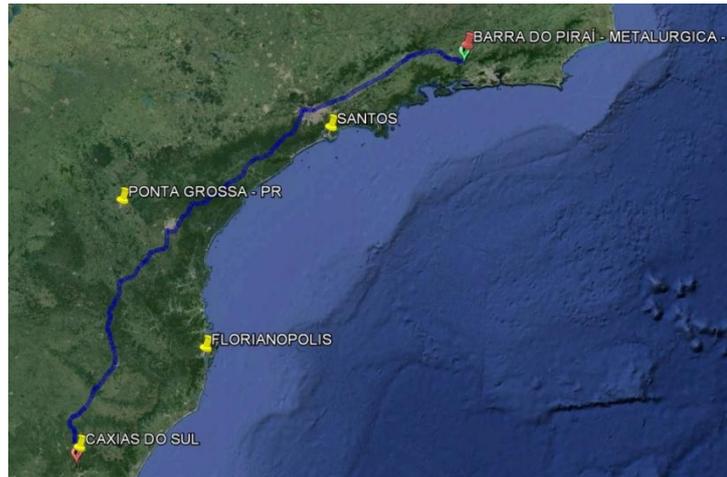


Figura 39 - Mapa da Distância da MBP à Caxias do Sul - Google Maps

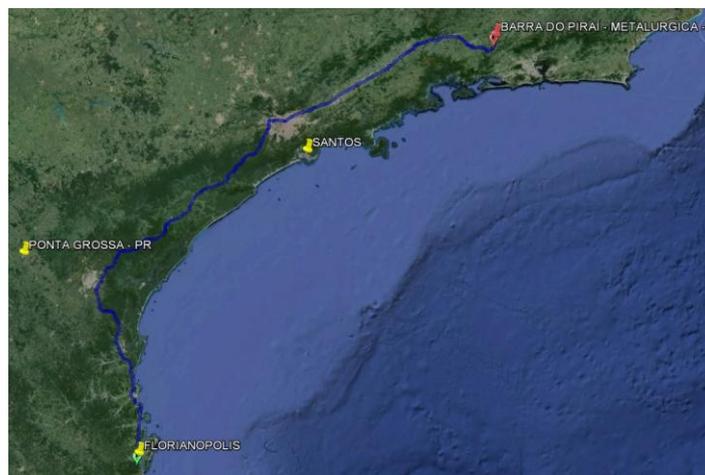


Figura 40 - Mapa da Distância da MBP à Florianópolis - Google Maps

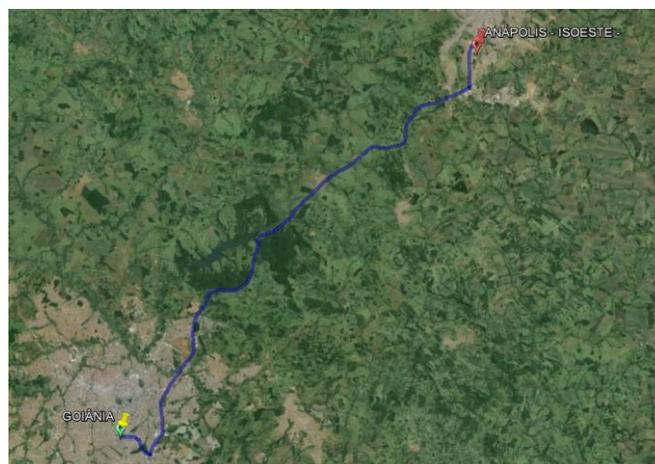


Figura 41 - Mapa da Distância da ISOESTE à Goiânia - Google Maps



Figura 42 - Mapa da Distância da MBP à Ponta Grossa - Google Maps

ANEXO 2 – PROJETOS DO MODELO UPA

A planta baixa apresentada na Figura 43, fachadas apresentada na Figura 45, cobertura apresentada na Figura 44, é o projeto modelo da Unidade de Pronto Atendimento - UPA, da Secretária de Saúde do DF, a qual é a base para a avaliação do ciclo de vida energético - ACVE, do sistema de placas metálicas isotérmicas.



Figura 43 - Planta Baixa - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde

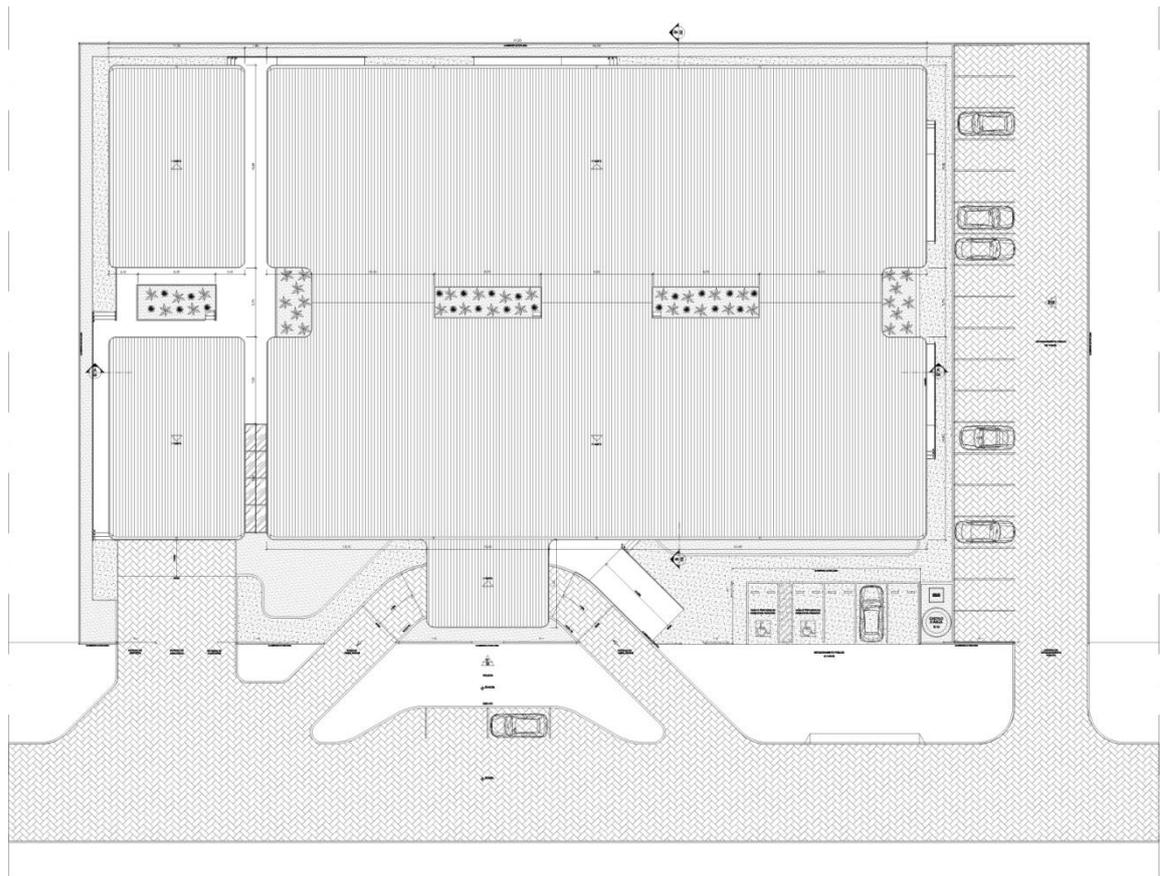


Figura 44 - Cobertura - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde

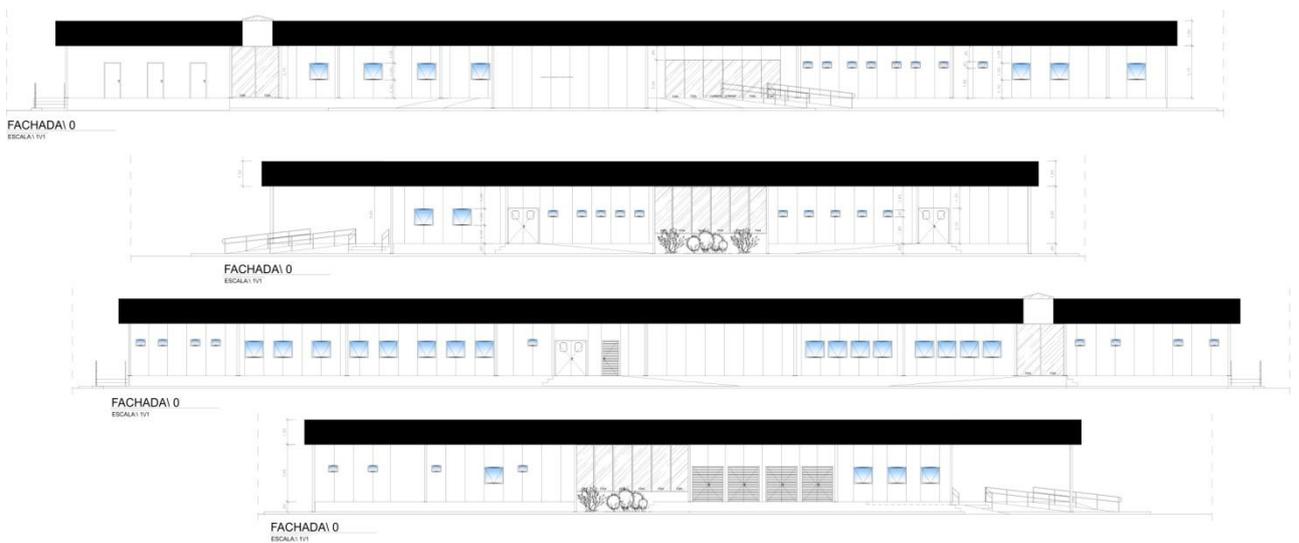


Figura 45- Fachadas - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde

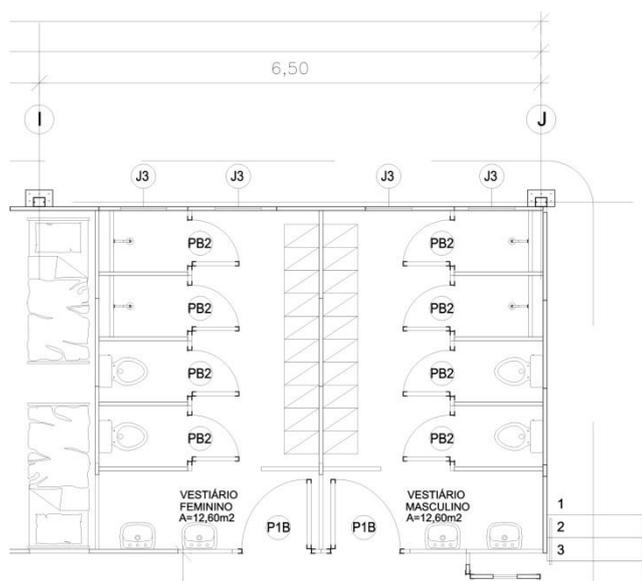


Figura 46 - Detalhe da planta da UPA - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde

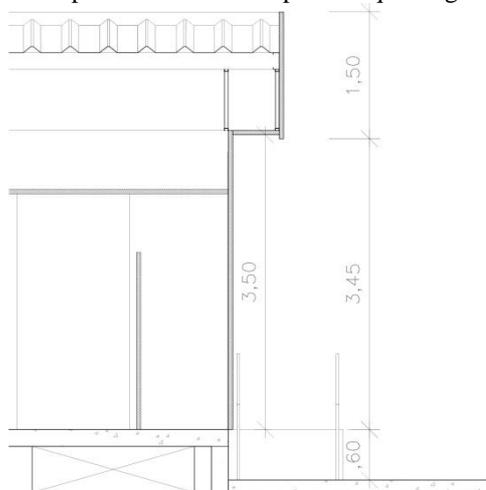


Figura 50 - Detalhe em corte da UPA - Dep. de Arq. e Eng. da Secretária de Saúde

ANEXO 3 – TABELAS REFERENCIAIS

Tabela 46- Energia Embutida nos Materiais brasileiros - Tavares (2006)

MATERIAIS	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m³)	Densidade (kg/m³)
Aço - chapa galvanizada	33,80	265330,00	7850
Aço - chapa dobrada	30,00	235500,00	7850
Aço - laminado CA 50A	30,00	235500,00	7850
Aço - reciclado	12,50		
Acrílico	80,00		
Água	0,02	20,00	1000
Alumínio lingote	98,20	265140,00	2700
Alumínio anodizado	210,00	567000,00	2700
Alumínio reciclado - extrudado	17,30		
Alumínio reciclado - anodizado	42,90		
Areia	0,05	75,75	1515
Argamassa - mistura	2,10	3906,00	1860
Asfalto	51,00	107865,00	2115
Batente - madeira aparelhada	3,50	2100	600
Borracha natural - latex	69,00	63480,00	920
Borracha sintética	135,00	160650,00	1190
Brita	0,15	247,50	1650
Cal virgem	3,00	4500,00	1500
Carpete	50,00		
Cêra	52,00		
Cerâmica - azulejo	6,20	12400,00	2000
Cerâmica - bloco de 8 furos	2,90	4060,00	1400
Cerâmica - branca	25,00	52075,00	2000
Cerâmica - piso esmaltado	5,00	10000,00	2000
Cerâmica – revest, biqueima	6,20	12400,00	2000
Cerâmica – revest, monoqueima	5,10	10200,00	2000
Cerâmica porcelanato	13,00	27300,00	2100
Cerâmica - refratária	32,40		
Cerâmica - telha	5,40	10260,00	1900
Chapa de compensado	8,00	4400,00	550
Chumbo lingote	21,00	238140,00	11340
Cimento Portland	4,20	8190,00	1950
Cobre	75,00	669975,00	8933
Concreto armado	3,10		

Concreto bloco	1,00	2000,00	2000
Concreto simples	1,20	2760,00	2300
Dobradiça - ferro	40,00	314800,00	7870
Fechaduras	55,00	467500,00	8500
Ferro fundido	32,80	246000,00	7500
Fibra de vidro	24,00	768,00	32
Fibrocimento - telha	6,00	11520,00	1920
Fio termoplástico	83,00	201690,00	2430
Gesso	4,00	3200,00	800
Gesso acartonado	6,10		
Granito - aparelhada	2,00	5400,00	2700
Lã mineral	19,00	2090,00	110
Latão	80,00	682400,00	8530
Madeira - aparelhada seca forno	3,50	2100,00	600
Madeira - aparelhada seca ar livre	0,50	300,00	600
Madeira - laminada colada	7,50	4875,00	650
Madeira - MDF	9,00	9000,00	1000
Mármore	1,00	2680,00	2680

Tabela 47 - Fator de reposição de materiais de construção - Tavares (2006)

Materiais	Anos	Fator
Estrutura de aço para coberturas	100	1,00
Estacas de madeira, laje de concreto.	73	1,00
Painéis, isolamentos, argamassas.	69	1,00
Placas de piso e pavimentação	68	1,00
Reboco de exteriores	60	1,00
Placas de fibrocimento ¹	50	1,00
Parquet de madeira e tacos	50	1,00
Esquadrias, portas e janelas	46	1,09
Painéis de madeira	45	1,11
Tubos de PVC ¹	45	1,11
Tubos de Cobre	42	1,18
Telhas de fibrocimento ¹	40	1,25
Telhas metálicas em aço	38	1,30
Fiação, interruptores e tomadas	38	1,31
Telhas de concreto	34	1,46
Luminárias	30	1,67
Instalações de cozinha	30	1,67
Conexões para instalações sanitárias	30	1,67
Piso cerâmico	30	1,68
Suportes de toalhas e papel higiênico	25	2,00
Calhas e tubos de queda em PVC	23	2,14
Fornos e chapas elétricas	20	2,46
Mobília	19	2,63
Pisos vinílicos	18	2,73
Carpete sintético	17	2,89
Freezer e Refrigeradores	15	3,26
Forno de microondas	15	3,29
Tubulação em ferro galvanizado	15	2,78
Carpete de tecido	15	3,44
Máquina de lavar roupas	13	3,75
Aquecedor de água	13	3,75
Pinturas de interiores	12	4,17
Pintura de telhado	11	4,76
Papel de parede	10	5,00
Pinturas de exteriores	8	6,52
Cortinas	8	6,60
Lâmpadas fluorescentes ¹	5	10,00
Lâmpadas incandescentes ¹	2	25,00

Tabela 48- Energia Incorporada (EI), - Tavares (2006)

MATERIAIS	EI (MJ/Kg)	EI (MJ/m³)	DENSIDADE (Kg/m³)
Aço - chapa galvanizada	33,80	265330,00	7850,00
Aço - chapa dobrada	30,00	235500,00	7850,00
Aço - laminado CA 50A	30,00	235500,00	7850,00
Aço - reciclado	12,50		
Acrílico	80,00		
Água	0,02	20,00	1000,00
Alumínio lingote	98,20	265140,00	7850
Alumínio anodizado	210,00	567000,00	7850
Alumínio reciclado - extrudado	17,30	46710,00	
Alumínio reciclado - anodizado	42,90		

Gesso	4,00	3200,00	800
Gesso acartonado	6,10		
Lã mineral	19,00	2090,00	110
Lã de vidro	24,00	768,00	32
Latão	80,00	682400,00	8530
Madeira - aparelhada seca forno	3,50	2100,00	600
Madeira - laminada colada	7,50	4875,00	650
Madeira - MDF	9,00	9000,00	1000
Madeira - placas de OSB	8,50	7500,00	1000
Mármore	1,00	2680,00	2680
Palha	0,24	31,20	130
Papel Kraft	37,70		
Papel de parede	36,40		
Placa de gesso	4,50	4500,00	1000
Poliestireno expandido	112,00	6160,00	35
Poliétileno de alta densidade	95,00	90250,00	950
Poliuretano - espuma	74,00	2590,00	35
Solo-cimento - bloco	0,60	1020,00	1700
Telha de vidro	23,13	55512,00	2400
Tinta acrílica	61,00	79300,00	1.3 kg/l
Tinta óleo	98,10	127530,00	1.3 kg/l
Tubo - PVC	80,00	104000,00	1300
Tubo de ferro galvanizado	33,80		
Vidro plano	18,50	46250,00	2500
Vidro - blindex	26,20		
Zinco	51,00	364140,00	7140