

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGE

METODOLOGIA DE ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS BRASILEIRAS

Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGE, para a obtenção do Título de DOUTOR em Engenharia Civil.

SÉRGIO FERNANDO TAVARES

Florianópolis

Abril, 2006

METODOLOGIA DE ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS BRASILEIRAS

SÉRGIO FERNANDO TAVARES

Tese julgada adequada para a obtenção do Título de DOUTOR em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Prof. Dr. Glicério Trichês - Coordenador do PPGEC

COMISSÃO EXAMINADORA:

EneDir Ghisi, PhD - ECV/UFSC

Roberto Lamberts, PhD - **Orientador**

Gilberto de Martino Jannuzzi, PhD -
UNICAMP

Sebastião Roberto Soares, PhD -
ENS/UFSC

Ricardo Rüther, PhD- ECV/UFSC

Roberto Schaeffer, PhD - UFRJ

Oferecimento

Aos meus pais, D. Amélia e Serjão (em memória),
por tudo que tenho.

Aos meus filhos,
pela compreensão nos momentos de ausência.

A minha esposa, Maria do Carmo,
pelo apoio incondicional e auxílio desde o início deste trabalho.

Agradecimento

Em especial, ao meu Orientador Roberto Lamberts, pela oportunidade de realização deste trabalho, por disponibilizar o suporte do Labeee e pela confiança depositada incondicionalmente ao longo destes anos.

Agradeço ao CEFET/RJ pelo período que me possibilitou para a realização desta pesquisa.

Relacionar nominalmente as pessoas que de alguma forma colaboraram com um trabalho é sempre um risco de se cometer injustiças. Porém o que não é a vida profissional do pesquisador senão uma seqüência de riscos. A todos os seguintes meu apreço e amizade pela ajuda em qualquer nível ou momento. Aos ausentes minhas sinceras desculpas.

Aldomar Pedrini
Alexandra
Alexandre Toledo
Altevir
Ana Lúgia Papst
Antonio César
Avanilde
Carin Maria Schmitt
Carlos Alberto do Amaral Estephano
Carlos José Correa
Constance Manfredini
Deivids
Débora de Góis Santos
Dinara Paixão
Élbia Aparecida Silva Vinhaes
Eneidir Ghisi
Fernanda Marchioli
Fernando Westphal
Frederico Bastos
Friedrich Wilhelm Grimme
Giane Grigoletti
Graham Treloar
Gustavo
Helga Ferreira Martins
Irene
Isabele G. D. Fritsche
Ísis
Jonas Fabris
Joyce

Juliana
Juliana do Conto
Kelly Loureiro
Leny Sabóia
Lílian Seligman
Márcia Maria Gouveia de Azevedo
Maria Cecília Tavares
Maria Cláudia Tavares
Maria de Lourdes Albuquerque Tavares
Martin Ordenes
Michael Laar
Michele Matos
Mônica Lima
Nair Maria Patacho da Silva
Paulo Knob
Priscila
Priscila Martins
Regina
Sebastião Roberto Soares
Sergio Antonio Tavares Jr.
Sibeli Warmling Pereira
Suzana da Hora Macedo
Telma Pitta
Trajano Viana
Ubirajara Franco Moreno
Valéria S.M.Tavares
Vaneide Gomes

"O grande mérito do pesquisador não reside na relevância científica de seu trabalho nem na complexidade dos assuntos pesquisados, mas sim na coragem de expor a cara à tapa".

Marcos Heitor Pistono

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	18
1.1 JUSTIFICATIVAS	21
1.2 HIPÓTESES	22
1.3 OBJETIVOS	23
1.3.1 Objetivo Geral:.....	23
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	23
1.4 ESCOPO DO TRABALHO	23
1.5 CARACTERÍSTICAS DE NÃO TRIVIALIDADE E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	24
1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	25
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1 INTRODUÇÃO.....	26
2.2 EDIFICAÇÕES E SUSTENTABILIDADE	26
2.2.1 Desenvolvimento sustentável e construções sustentáveis	26
2.2.2 Impactos ambientais associados às edificações.....	28
2.2.2.1 Gases do Efeito estufa.....	28
2.2.2.2 Consumo de Energia em Edificações.....	29
2.2.2.3 Consumo de recursos naturais.....	30
2.2.2.4 Impactos indiretos.....	30
2.2.3 Consumo de energia no Brasil	31
2.2.4 Consumo de Energia na Construção Civil no Brasil	34
2.2.4.1 Consumo de energia por setores ligados à Construção Civil	35
2.2.4.2 Geração de CO ₂ por setores ligados à Construção Civil.....	37
2.2.5 Consumo de energia no setor residencial brasileiro	38
2.2.6 Características físicas e desenvolvimento do setor residencial brasileiro.....	41
2.3 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA.....	44
2.3.1 Considerações Iniciais	44
2.3.2 Histórico	45
2.3.3 Problemas e propostas	46
2.3.4 Normalização	47
2.3.5 Estrutura de uma ACV	48
2.4 ANÁLISES ENERGÉTICAS.....	51
2.4.1 Introdução e definições	51
2.4.2 Histórico	52
2.4.3 Limites de um sistema e níveis de análises energéticas	53
2.4.4 Conceito de Energia Embutida	55
2.5 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES.....	55
2.5.1 Definições.....	55
2.5.2 Ciclo de vida energético das edificações.....	56

2.5.3 Aplicações.....	57
2.5.3.1 <i>Experiência neozelandesa</i>	59
2.5.3.2 <i>Experiência Sueca</i>	60
2.5.3.3 <i>Experiência Australiana</i>	63
2.6 ENERGIA EMBUTIDA EM EDIFICAÇÕES	66
2.6.1 Métodos de análise de Energia Embutida	66
2.6.1.1 <i>Análise de processo</i>	66
2.6.1.2 <i>Análise estatística</i>	67
2.6.1.3 <i>Análise por matrizes insumo x produto</i>	68
2.6.1.4 <i>Análise híbrida</i>	68
2.6.2 Materiais de construção	69
2.6.3 Consumo de Energia na Obra	70
2.6.4 Energia embutida de manutenção	71
2.6.5 Consumo de energia em transportes	71
2.6.6 Estudos brasileiros sobre Energia Embutida.....	73
2.7 ENERGIA OPERACIONAL EM EDIFICAÇÕES	74
2.7.1 Características do consumo operacional por equipamentos.....	75
2.7.2 Cargas de climatização	75
2.7.3 Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos.....	76
2.7.3.1 <i>Informações relevantes</i>	76
2.7.3.2 <i>Inconsistências e problemas metodológicos</i>	79
2.7.4 Consumo de energia para cocção.....	80
2.7.5 Panorama do consumo operacional em residências no Brasil	81
2.8 ENERGIA DE DESCONSTRUÇÃO	82
2.8.1 Consumo energético para demolição e transporte de resíduos	82
2.8.2 Potencial de reciclagem	82
2.8.3 Outras considerações	83
2.9 CONCLUSÕES DA REVISÃO	84
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	86
3.1 CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	87
3.2 FASE PRÉ - OPERACIONAL	88
3.2.1 Energia Embutida em Materiais de Construção Brasileiros	88
3.2.2 Custo Energético das Etapas de Transporte.....	92
3.2.3 Custo Energético na Obra.	93
3.3 FASE OPERACIONAL	93
3.3.1 Energia de Cocção	93
3.3.2 Equipamentos e usos finais	94
3.3.3 Reposição de materiais e Energia Embutida de manutenção.....	96
3.4 FASE PÓS - OPERACIONAL	98
3.4.1 Demolição e deposição	98

3.4.2 Transporte do material de demolição.....	98
3.5 CÁLCULO DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS PARA ACVE	98
3.5.1 Fases principais de uma ACVE	99
3.5.2 Etapas pré-operacionais	99
3.5.3 Etapas operacionais	101
3.5.4 Etapas pós-operacionais	102
3.5.5 Planilhas de cálculo para ACVE	103
3.6 RESUMO DA METODOLOGIA:	108
3.7 GERAÇÃO DE CO ₂	109
3.7.1 CO ₂ por fontes e materiais de construção.....	109
3.7.2 Planilhas de cálculo do CO ₂ embutido	112
CAPÍTULO 4 - MODELAGEM DE EDIFICAÇÕES PARA ACVE.....	115
4.1 PARÂMETROS DE DEFINIÇÃO DOS MODELOS	115
4.1.1 Dados relevantes.....	116
4.1.2 Posses de equipamentos eletrodomésticos	117
4.2 DEFINIÇÃO DOS MODELOS	118
4.2.1 Características.....	118
4.2.2 Validação.....	121
4.3 DESCRIÇÃO DOS MODELOS PARA OS ESTUDOS DE CASO	122
4.3.1 Modelo 1 – Edificação unifamiliar, baixa renda.....	122
4.3.2 Modelo 2 – Edificação multifamiliar, baixa renda.....	124
4.3.3 Modelo 3 – Edificação multifamiliar, média renda.....	126
4.3.4 Modelo 4 – Edificação unifamiliar, média renda.....	128
4.3.5 Modelo 5 – Edificação unifamiliar, alta renda	130
4.4 QUANTITATIVOS DE MATERIAIS	131
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS DAS ACVE’S NOS MODELOS.....	133
5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	133
5.1.1 Composições de quantitativos gerais.....	133
5.1.2 Transporte de materiais, desperdícios e resíduos de demolição.....	133
5.1.3 Alvenarias.....	134
5.1.4 Madeiras.....	134
5.1.5 Tintas.....	134
5.1.6 Cimento e concreto.....	134
5.1.7 Concreto Armado.....	135
5.1.8 Esquadrias.....	135
5.1.9 Instalações	135
5.1.10 Fases do Ciclo e Energia Embutida Total	135
5.2 MODELO 1 - EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR, BAIXA RENDA.	136
5.2.1 Resultados por fases e principais etapas do Ciclo de vida:.....	136

5.2.2 Consumo de energia nas partes da edificação.....	139
5.2.3 Análise por materiais utilizados	141
5.2.4 Período de retorno energético	142
5.2.5 Geração de CO ₂	143
5.3 MODELO 3 - EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR, MÉDIA RENDA	144
5.3.1 Resultados por fases e principais etapas do Ciclo de vida:.....	144
5.3.2 Consumo de energia nas partes da edificação.....	147
5.3.3 Análise por materiais utilizados	149
5.3.4 Período de retorno energético	150
5.3.5 Geração de CO ₂	151
5.4 COMPARATIVOS DE TODOS OS MODELOS	151
5.4.1 Energia total no CVE e Energia Embutida	152
5.4.2 Consumo de Energia no transporte de funcionários	153
5.4.3 Energia total no CVE por etapas operacionais e Energia embutida.....	154
5.4.4 Consumo de energia por materiais de construção	155
5.4.5 Geração de CO ₂	157
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES.....	159
6.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS PROPOSTOS	159
6.2 RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS POR ETAPAS	160
6.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	162
6.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	163
APÊNDICES.....	176
ANEXOS	218

Lista de Figuras

Figura 1.1: Ciclo de vida das edificações.	19
Figura 2.1: Documentos relativos aos conceitos de construção sustentável.	27
Figura 2.2: Demanda total de energia no Brasil.	32
Figura 2.3: Distribuição do Consumo Final por fontes primárias.	33
Figura 2.4: Distribuição do Consumo Final por fontes secundárias.	34
Figura 2.5: Consumo de Energia nos setores ligados à construção civil.	35
Figura 2.6: Distribuição do consumo no setor residencial.	39
Figura 2.7: Consumo por fontes no setor residencial de 1973 a 2003 (10^6 tep).	40
Figura 2.8: Consumo de eletricidade nos setores ligados diretamente à construção civil.	40
Figura 2.9: Evolução da saturação de equipamentos em residências brasileiras.	43
Figura 2.10: Diagrama da Estrutura de uma ACV e normas correspondentes.	49
Figura 2.11: Diagrama esquemático: unidades de processo, fluxo do produto e fluxo elementar. .	50
Figura 2.12: Níveis para análises energéticas.	54
Figura 2.13: Ciclo de vida energético de uma edificação	56
Figura 2.14: Energia acumulada por anos de operação em edificações residenciais na Austrália. .	58
Figura 2.15: Energia Total no ciclo de vida dos três modelos de edificações neozelandesas.	60
Figura 2.16: Consumo de energia no ciclo de vida da edificação sueca	63
Figura 2.17: Ciclo de vida energético de edificação australiana.	65
Figura 2.18: Módulo básico para fluxograma de monitoramento dos dados de análise energética. .	67
Figura 2.19 (a): Relação de Área construída x consumo operacional residencial de energia elétrica	77
Figura 2.19 (b): Relação de Renda familiar x consumo operacional residencial de energia elétrica.	78
Figura 2.19 (c): Relação de número de Habitantes x consumo operacional residencial de energia elétrica.	78
Figura 2.20: Energia de cocção e eletricidade no setor residencial brasileiro.	81
Figura 3.1: Fases e etapas do ciclo de vida energético das edificações residenciais.	87
Figura 3.2: Consumo de energia elétrica por área em edificações residenciais.	95
Figura 3.4: Consumo de energia elétrica por renda familiar em edificações residenciais.	96
Figura 3.5: Fluxograma de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais.	108
Figura 4.1: Planta do modelo 1	123
Figura 4.2: Planta do modelo 2	124
Figura 4.3: Planta do modelo 3	126
Figura 4.4: Planta do modelo 4	128
Figura 4.5: Planta do modelo 5	130
Figura 5.1: Distribuição percentual do consumo energético por fases no ciclo de vida	138
Figura 5.2: Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional	138
Figura 5.3: Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional de Eletricidade e de Cocção	139
Figura 5.4: Distribuição percentual de Energia por partes da edificação do Modelo 1.	140

Figura 5.5 Distribuição das etapas no Ciclo de Vida Energético do modelo 1 com expectativa de retorno energético	142
Figura 5.6 Distribuição das etapas de Energia Embutida e Energia de Equipamentos no Ciclo de Vida Energético do modelo 1 com expectativa de retorno energético.....	143
Figura 5.7 Distribuição percentual do consumo energético por fases no ciclo de vida	146
Figura 5.8: Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional	146
Figura 5.9 Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional de Eletricidade e de Cocção	147
Figura 5.10: Distribuição percentual de Energia por partes da edificação do Modelo 3.....	148
Figura 5.11: Distribuição das etapas no Ciclo de Vida Energético do modelo 3 com expectativa de retorno energético	150
Figura 5.12: Distribuição das etapas de Energia Embutida e Energia de Equipamentos no Ciclo de Vida Energético do modelo 3 com expectativa de retorno energético.....	150
Figura 5.13: Energia no Ciclo de Vida dos cinco modelos.	152
Figura 5.14: Energia Embutida inicial nos cinco modelos.....	153
Figura 5.15: Energia Embutida Total com transporte de mão de obra nos cinco modelos	154

Lista de Tabelas

Tabela 1.1: Consumo de materiais e Energia no setor da construção civil	19
Tabela 2.1: Participação do consumo energético nos setores ligados à construção civil no Brasil..	36
Tabela 2.2: Participação setorial da Construção Civil no Total de emissões de CO ₂ no Brasil.....	37
Tabela 2.3: Condicionantes de consumo de energia no setor residencial.	41
Tabela 2.4: Número, distribuição e tipologia de domicílios no Brasil de 1997 a 2003.....	42
Tabela 2.5: Percentual de domicílios com geladeira ou freezer no total de domicílios particulares permanentes - Brasil - 1999/2004.	44
Tabela 2.6: Normas ISO da série Gerenciamento Ambiental – Análise de Ciclo de Vida	48
Tabela 2.7: Pesquisas relevantes sobre Energia Embutida em Materiais de Construção	69
Tabela 2.8: Consumo energético associado aos meios de transporte.....	72
Tabela 2.9: Consumo energético e emissões de Carbono por diferentes meio de transporte e distâncias	73
Tabela 2.10: Variação da Energia Embutida em materiais de construção pelo transporte.....	73
Tabela 2.11: Ciclo de Vida Energético – edificação residencial em 50 anos.....	74
Tabela 2.12: Posses de equipamentos, renda e consumo de energia elétrica por domicílios em cidades brasileiras.....	79
Tabela 3.1: Discriminação das fases e etapas do ciclo de vida energético das edificações residenciais.....	88
Tabela 3.2: Energia Embutida por Análise Estatística para o Setor Cerâmico	89
Tabela 3.3: Energia Embutida por Análise de Processos e Análise Estatística para Cerâmica Vermelha.....	89
Tabela 3.4: Energia Embutida por Análise de Processos e Análise Estatística para Cerâmica de Revestimento	90
Tabela 3.5: Energia Embutida por Análise de Processos e Análise Estatística para o Cimento	90
Tabela 3.6: Energia Embutida por Análise de Processos e Análise Estatística para o Aço.....	90
Tabela 3.7: Energia Embutida em materiais de construção brasileiros	91
Tabela 3.8: Índices de mão de obra para construções residenciais em h/m ²	92
Tabela 3.9: Consumo residencial de Energia Elétrica e de Cocção.....	93
Tabela 3.10: Cenários para a relação gás / lenha e fatores de Energia de Cocção para Energia Elétrica	94
Tabela 3.11: Fatores para cálculo do consumo de energia elétrica em residências brasileiras	96
Tabela 3.12: Durabilidade de materiais de construção e fator de acréscimo de EE - ciclo de 50 anos	97
Tabela 3.13: Modelo básico da Planilha 1	104
Tabela 3.14: Descrição da Planilha 1	105
Tabela 3.15: Modelo básico da Planilha 2	106
Tabela 3.16: Descrição da Planilha 2	106
Tabela 3.17: Modelo básico da Planilha 3	107
Tabela 3.18: Descrição da Planilha 3	107
Tabela 3.19: Consumo primário de energia por fontes (% MJ) em materiais de construção.....	110
Tabela 3.20: Geração de CO ₂ por fontes de energia	111
Tabela 3.21: Geração de CO ₂ por fontes primárias de termoeletricidade	111

Tabela 3.22: Geração de CO ₂ não energético em processos de fabricação de materiais de construção.....	112
Tabela 3.23: Planilha para cálculo de CO ₂ embutido por materiais de construção	113
Tabela 3.24: Planilha para cálculo de CO ₂ nas fases operacional e pós operacional.....	114
Tabela 4.1: Faixas de Consumo de energia elétrica.....	116
Tabela 4.2: Saturação de equipamentos e serviços em domicílios particulares permanentes	117
Tabela 4.3: Posses de equipamentos eletrodomésticos em domicílios brasileiros.....	118
Tabela 4.4: Ocorrências das principais características das edificações residenciais brasileiras.....	119
Tabela 4.5: Resumo das características dos modelos e respectivas significâncias no setor residencial	120
Tabela 4.6: Perfil de posse dos equipamentos nos modelos propostos.....	121
Tabela 4.7: Projeção do consumo de energia no setor residencial a partir dos modelos	122
Tabela 4.8: Características físicas e ocupacionais do modelo 1.....	123
Tabela 4.9: Características físicas e ocupacionais do modelo 2.....	125
Tabela 4.10: Características físicas e ocupacionais do modelo 3.....	127
Tabela 4.11: Características físicas e ocupacionais do modelo 4.....	129
Tabela 4.12: Características físicas e ocupacionais do modelo 5.....	131
Tabela 4.13: Divisão em partes dos modelos de edificações propostos para definição da composição básica de materiais.	132
Tabela 5.1: Composição típica de serviço das TCPO	133
Tabela 5.2: Áreas das alvenarias para os modelos analisados.....	134
Tabela 5.3: Quantidade de concreto e armação para construções residenciais	135
Tabela 5.4: Discriminação das fases e etapas com respectivos consumos no ciclo de vida energético da edificação residencial do Modelo 1.	137
Tabela 5.5: Resultados por fases do Ciclo de Vida: Modelo 1	137
Tabela 5.6: Relação de Energia Embutida Total e Energia operacional de Equipamentos.....	138
Tabela 5.7 : Relação de Energia Embutida Total e Energia operacional de Eletricidade e Cocção .	139
Tabela 5.8 : Energia Embutida por partes da Edificação, Modelo 1 (MJ).....	140
Tabela 5.9: Energia Embutida inicial (MJ) nos principais materiais utilizados no Modelo 1	141
Tabela 5.10: Energia Embutida (MJ) em todo ciclo de vida nos principais materiais utilizados no Modelo 1	141
Tabela 5.11: Geração de CO ₂ no ciclo de vida do modelo1	143
Tabela 5.12: CO ₂ embutido por materiais de construção no modelo 1	144
Tabela 5.13 : Discriminação das fases e etapas com respectivos consumos no ciclo de vida energético da edificação residencial do Modelo 3	145
Tabela 5.14 : Resultados por fases do Ciclo de Vida: Modelo 3.....	145
Tabela 5.15: Relação de Energia Embutida Total e Energia operacional de Equipamentos	146
Tabela 5.16 : Relação de Energia Embutida Total e Energia operacional de Eletricidade e Cocção	147
Tabela 5.17 : Energia Embutida por partes da Edificação, Modelo 3 (MJ)	148
Tabela 5.18: Energia Embutida inicial (MJ) nos principais materiais utilizados no Modelo 3	149
Tabela 5.19: Energia Embutida (MJ) em todo ciclo de vida nos principais materiais utilizados no Modelo 3	149
Tabela 5.20: Geração de CO ₂ no ciclo de vida do modelo 3	151
Tabela 5.21: CO ₂ embutido por materiais de construção no modelo 3	151

Tabela 5.22: Consumo de energia no transporte dos funcionários para os cinco modelos.....	154
Tabela 5.23: Energia embutida total, energia elétrica e de cocção nos cinco modelos.	155
Tabela 5.24: Consumo de Energia por materiais na fase pré-operacional; modelos unifamiliares	156
Tabela 5.25: Consumo de Energia por materiais na fase pré-operacional; modelos multifamiliares	156
Tabela 5.26 : Resultados da geração de CO ₂ por fases em todos os modelos.....	157
Tabela 5.27: kg CO ₂ gerados por GJ de energia consumida por fases do ciclo de vida das edificações.....	157
Tabela 5.28: Geração de CO ₂ por materiais em todos os modelos	158
Tabela 5.29: Resultados comparativos de CO ₂ e Energia Embutida inicial	158
Tabela 6.1: Influências e contribuições de cada etapa da ACVE para aumento da EEi e da ECVE.	161

Siglas

ACV	Análise de Ciclo de Vida
ACVE	Análise do Ciclo de Vida Energético
AE	Análise Energética
BEN	Balanco Energético Nacional
BNH	Banco Nacional da Habitação
ENERGE	Centro de Estudos de Energia
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
CIB	Conseil International du Bâtiment
CUB	Custo unitário básico da construção
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
EE	Energia Embutida
GER	Gross Energy Requirement
IEA	International Energy Agency
IFIAS	International Federation of Institutes for Advanced Study
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO	International Organization for Standardization
MIC	Ministério da Indústria e Comércio
OIE	Oferta Interna de Energia
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PER	Process Energy Requirement
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios
REP	Requisitos de Energia do Processo
REE	Requisitos Energéticos de Energia
RTE	Requisitos Totais de Energia
SGA	Sistema de Gerenciamento Ambiental
SINPHA	Sistema de Informação de Posses e Hábitos de Consumo
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
TCPO	Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos
Tep	Toneladas equivalentes de petróleo
UNEP	United Nations Environmental Programme
VOC	Volatile Organic Carbons

Resumo

O setor da Construção Civil é em todo o mundo o responsável pelo consumo de 50 % de recursos naturais e 40 % dos insumos energéticos de todas as fontes. Essa afirmação considera o Ciclo de Vida das Edificações, o que inclui além do consumo de energia na vida útil das edificações, também a energia gasta na fabricação dos materiais de construção, na obra propriamente dita e na desconstrução destas. No Brasil a carência de pesquisas dessa natureza oculta a participação de fases importantes do consumo de energia relacionadas a Construção Civil como, por exemplo, a fabricação dos materiais de construção onde são utilizadas basicamente fontes fósseis não renováveis. O objetivo desta pesquisa é identificar e quantificar os eventos significativos que influenciam o consumo de energia, em todas as suas fontes, ao longo do ciclo de vida de edificações residenciais brasileiras. Propõe-se uma metodologia para o cálculo do total de energia embutida na edificação em contraponto ao consumo operacional pelos usos finais de equipamentos da edificação. A metodologia é aplicada em cinco modelos que simulam as principais características físicas e ocupacionais das edificações residenciais brasileiras considerando um ciclo de vida de 50 anos. Como um parâmetro de sustentabilidade é calculada a geração de CO₂ por fases do ciclo de vida e materiais utilizados. Os resultados entre os cinco modelos apresentam valores de consumo energético no Ciclo de Vida da ordem de 15,01 GJ/m² a 24,17 GJ/m², considerados baixos em comparação aos valores internacionais de países desenvolvidos, na ordem de 50 GJ/m² a 90 GJ/m²; porém as condições climáticas desses elevam o consumo operacional para climatização. A Energia Embutida inicial variou de 4,10 GJ/m² a 4,90 GJ/m² e a total de 5,74 GJ/m² a 7,32 GJ/m². Tais resultados equivalem de 29% a 49% de todo o Ciclo de Vida, o que destaca a relevância dos estudos sobre Energia Embutida. O índice médio de retorno energético, ou seja, o tempo em que uma edificação acumula consumo operacional que supere a Energia Embutida é de 20 anos. A geração de CO₂ varia de 460 kgCO₂/m² a 567 kgCO₂/m² na fase pré operacional, valores semelhantes a de modelos internacionais. A relação da geração de CO₂ por energia consumida mostra um valor médio na etapa da Energia Embutida, 78,6 CO₂/GJ, superior a da fase operacional, 40,5 CO₂/GJ, reiterando a relevância da Energia Embutida pelo viés da sustentabilidade. Na leitura dos resultados destacam-se ainda as influências no consumo de energia pelas diferentes tipologias, renda familiar, número de habitantes e área construída, entre outros fatores; além da quantidade de energia consumida no processo de fabricação dos materiais empregados e em etapas indiretas como o desperdício e transportes.

Palavras-chave: Análise Energética, Energia Embutida, Edificações Residenciais.

Abstract

The Building sector is responsible for the consumption of 50 % from natural resources and 40 % from energy inputs, about all the sources, over the world. This comment considers the Building Life Cycle, which includes beyond the direct energy consumption in the useful life, the energy spent in the manufacture for building materials, in the site construction and at deconstruction phase. In Brazil the lack of research about that issue hides the participation of important phases of the energy consumption related with Building Sector as, for example, the manufacture of the construction materials where, basically, non-renewable fossil sources are used. The aim of this research is to identify and to quantify the most significant events that influence the energy consumption, about all the sources, along the Life Cycle of the Brazilian households. It is considered a methodology that evaluates the total of embodied energy in the building contrasting to the operating consumption for final uses of equipments. The applications of the methodology were made in five models to simulate the main physical and occupational characteristics of the brazilian households considering a Life Cycle of 50 years. As a sustainability parameter the CO₂ emissions are calculated according to the phases of the life cycle and utilized materials. The results among these five models present values of Energy in the Life Cycle from 15,01 GJ/m² to 24,17 GJ/m², which can be considered low in comparison to the international values of developed countries, from 50 GJ/m² to 90 GJ/m²; however, the climatic conditions of these ones raise the operational energy for space conditioning. The initial Embodied Energy varied from 4,10 GJ/m² to 4,90 GJ/m² and the total Embodied Energy from 5,74 GJ/m² to 7,32 GJ/m². Such results are equivalent from 29 % to 49 % of all Life Cycle, which emphasizes the relevance of the studies on Embodied Energy. The average index of return energy, or even, the time where a construction accumulates operational consumption that surpasses the embodied energy, reaches 20 years. The CO₂ emissions vary from 460 kgCO₂/m² to 567 kgCO₂/m² in the pre operational phase, similar to international models values. The relation of the CO₂ emissions by consumed energy presents a medium value in the phase of the Embodied Energy, 78,6 CO₂/GJ, upper to the operational phase, 40,5 CO₂/GJ, reaffirming the relevance of the Embodied Energy by the look of the sustainability. Reading the results, the influences on the consumption of different typologies, family income, number of inhabitants and constructed area are still distinguished, among others factors; beyond the amount of energy consumed for the employed materials and in indirect stages such as wastefulness and transports.

Keywords: Energy Analysis, Embodied Energy, Households.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, os seres humanos buscavam a sobrevivência e o conforto nos ambientes construídos. Os avanços tecnológicos em técnicas construtivas e materiais inicialmente não geravam impactos significativos ao meio ambiente. Os integrantes dos primeiros núcleos habitacionais estabeleciam uma convivência harmoniosa com a natureza, da qual eram observadores e respeitadores, tirando partido da oferta de materiais locais e das condições ambientais.

A partir do século XIX estas mesmas condições de estabilidade habitacional, associadas às condições econômicas favoráveis, promoveram um crescimento populacional sem precedentes. Esses fatos conduziram ao uso intensivo de recursos naturais de forma extrativista e ao desenvolvimento de novas fontes energéticas, que por sua vez requeriam mais recursos e aumentaram os impactos ambientais. As consequências se faziam sentir mais diretamente em florestas, rios, plantas e animais. Para os seres humanos os prejuízos se refletem de forma semelhante. Vários tipos de intoxicação, alergias e até de cânceres são diretamente atribuídas aos ambientes construídos, paradoxalmente, para proteger os seres humanos das forças da natureza (KIBERT & GUY, 1997).

O panorama descrito chega ao século XXI associado à super população urbana, escassez de materiais de construção e impactos ambientais em escala mundial. A reação a essa situação é o interesse pela pesquisa e desenvolvimento de novos materiais para a habitação e investigação das formas do consumo de energia. Porém, a demanda e a escala a serem atingidas, principalmente em países em desenvolvimento, trazem poucas alternativas para a solução dos problemas ambientais gerados.

As crises energéticas da década de 70 colocam a redução do consumo na pauta das discussões econômicas e ganham o reforço da problemática ambiental, ampliando o debate para a área da construção civil (CIB, 1999).

Parte das discussões priorizavam inicialmente os processos de fabricação de materiais, os consumos diretos de energia e matérias-primas. Outra vertente de pesquisa residia nos usos finais dos equipamentos eletrodomésticos e de climatização. Há um despertar para os problemas relacionados ao Ciclo de Vida das Edificações.

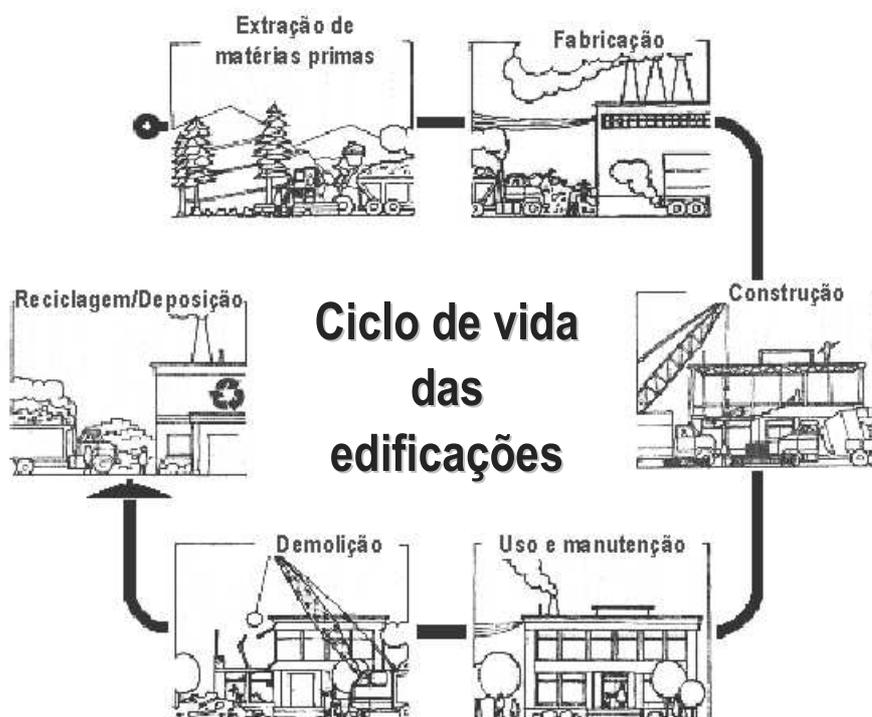
Um panorama sobre os consumos gerais de materiais e energia no setor da Construção Civil em todo o mundo é apresentado na Tabela 1.1 com os respectivos efeitos no meio ambiente.

Tabela 1.1: Consumo de materiais e Energia no setor da construção civil

Problema	Índice de uso	Efeitos
Uso de Matérias primas	40% das atividades de mineração	Destruição do ambiente de mineração, geração de resíduos tóxicos, remoção de florestas, poluição do ar e água do processamento.
Uso de Madeira natural	25% das reservas exploradas	Deflorestamento, perda da diversidade de fauna e flora, desertificação e comprometimento de mananciais de água.
Uso de recursos energéticos	40% do total de fontes de energia	Poluição do ar, chuva ácida, mudança de cursos de rios, lixo atômico e aumento do aquecimento global.
Uso de água	16% do total de recursos hídricos continentais.	Poluição de córregos e rios, escassez de água para consumo humano.
Geração de resíduos	50 % do lixo municipal	Acúmulo de resíduos com infiltrações de líquidos tóxicos e metais pesados para os lençóis freáticos.
Má qualidade do ar de espaços internos	Comprometimento da qualidade do ar interno de 30% das novas edificações ou das reformadas	Aumento dos índices de doenças respiratórias e perdas de 10 bilhões de dólares em produtividade das empresas.

Fonte: (ROODMAN et al, 1995)

Tais números e considerações se dão a partir do conceito de ciclo de vida das edificações, o que envolve todas as etapas da sua construção e vida útil. A Figura 1.1 exemplifica o ciclo.

**Figura 1.1: Ciclo de vida das edificações.**

Fonte: adaptado do original de Athena, 2002.

Na busca da origem e interpretação dos impactos gerados a partir da produção de bens e serviços são desenvolvidas as Análises de Ciclo de Vida – ACV.

A norma ISO 14040 (1997) define uma ACV como uma investigação abrangente do uso de todos os insumos relativos a um processo de obtenção de um bem ou serviço e suas conseqüências em termos de impactos ambientais.

A partir da definição de um escopo que estabelece os limites da pesquisa é realizado um inventário que inclui os recursos naturais, materiais e energéticos utilizados. Posteriormente são definidas e ponderadas categorias de impactos ambientais a partir das quais se dá o resultado da análise.

Embora de grande utilidade para avaliação ambiental, as ACVs requerem tempo e recursos consideráveis para a sua execução (CHEHEBE, 1998). No estudo dos resultados de ACVs é recorrente que os impactos relativos ao consumo de energia são significativos. Visando a redução de tempo e recursos coloca-se um foco mais específico neste fim originando os métodos de Análise do Ciclo de Vida Energético – ACVE (FAY, 1999).

Nesse tipo de análise observa-se a importância da chamada Energia Embutida, a qual seria o conjunto dos insumos energéticos para a fabricação de materiais, transporte destes e outros insumos indiretos. Aplicada às edificações uma ACVE indica, por exemplo, que a energia embutida total, incluindo reformas e manutenção durante a vida útil, chega até 40% do total de energia consumida em um ciclo de vida de 50 anos (THORMARK, 2002). Pesquisas internacionais apresentam índices de energia embutida nas edificações residenciais em torno de 4,0 a 4,5 GJ/m² (IFIB, 1995).

O panorama brasileiro no que tange aos insumos da Construção Civil para avaliações ambientais não é devidamente detalhado. Os dados brasileiros existentes conferidos nas pesquisas realizadas por CETEC/MG (1982), Pietrobon (1995) e Tavares & Lamberts (2004) apontam para valores de 3,0 a 4,0 GJ/m².

Entretanto outros detalhes relevantes são observados quanto ao consumo energético a partir de construções no Brasil. Os materiais de construção respondem por grande parte dos impactos ambientais relacionados a esse consumo, por exemplo: a fabricação de cimento gera grandes quantidades de dióxido de carbono - CO₂; o alumínio consome grandes quantidades de energia elétrica em sua produção; as cerâmicas vermelhas utilizam madeira de reservas naturais; e aços e ferros fundidos consomem carvão mineral como energético que também gera considerável quantidade de CO₂ (THEIS, 1996; BERMAN, 2001; BEN, 2005a).

Em termos de consumo operacional, aqueles realizados durante a vida útil da edificação, as fontes existentes são agrupadas, segundo o Balanço Energético Nacional – BEN –, em Energia Elétrica e Energia de Cocção. A primeira aumenta constantemente devido à oferta e acesso a novos aparelhos eletrodomésticos. Porém a Energia de Cocção, definida neste trabalho como o conjunto de todas as demais utilizadas além da elétrica, é expressiva no Brasil e corresponde por 2/3 da energia consumida no setor residencial (BEN, 2005a).

O Problema de pesquisa colocado teria então as seguintes facetas: Como aconteceriam os consumos de energia no ciclo de vida das edificações? Quais seriam os parâmetros de consumo de energia, em todas as fontes, nas edificações residenciais brasileiras em todo o ciclo de vida? Que impactos em termos de geração de CO₂ são atribuídos à construção e uso destas edificações?

1.1 JUSTIFICATIVAS

Esta investigação justifica-se diante da realidade global que as gerações futuras sofrerão os impactos das ações de exploração dos recursos naturais, em especial, os recursos energéticos.

No Brasil a Construção Civil carece de definições quanto aos seus consumos de energia e impactos ambientais associados. Define-se como atividades da Construção Civil todas aquelas relacionadas às edificações, desde a fabricação de materiais de construção, a realização da obra, manutenção e consumo de materiais e energia ao longo de sua vida útil.

Entre os setores diretamente ligados à Construção Civil; residencial, comercial e público, destaca-se a relevância em termos energéticos do setor residencial, por consumir o equivalente à soma dos setores comercial e público em todas as fontes de energia (BRASIL, 2005a).

Constata-se também que seis dos setores industriais que mais consomem energia no país: cimento, cerâmica, metais não ferrosos, aço, química e mineração, estão relacionados à Indústria da Construção Civil. Estes setores em conjunto usam 75% de fontes não renováveis.

Apesar disso existem poucas pesquisas sobre os valores de energia embutida em materiais de construção e no seu produto final – as edificações.

As pesquisas sobre Eficiência Energética em Edificações no Brasil estão associadas de forma discreta à sustentabilidade das edificações. A partir de um levantamento realizado no portal Infohab, especializado em informações relativas à Construção Civil, utilizando-se as palavras-chave "Eficiência Energética" são recuperados 277 *links* de informação. Destes 69% relativos a consumo de energia elétrica sendo 30% sobre simulações de consumo de energia elétrica, 17% sobre iluminação e 22% sobre conforto térmico. Em contrapartida 5% das pesquisas estudam sustentabilidade e materiais de construção.

A geração de energia elétrica no Brasil é fundamentalmente hidráulica com 90% da grade de produção (BRASIL, 2005a). Conforme citado anteriormente a produção de materiais de construção consome grandes quantidades de recursos naturais, sejam matérias primas ou energéticos, e emite quantidades consideráveis de gases do efeito estufa.

Diante do exposto, ressalta-se a importância de detalhar a influência do consumo de energia no setor da Construção Civil no Brasil sob a ótica do ciclo de vida, ou seja, considerando extração dos insumos, industrialização, construção, uso, manutenção de edificações e tratamento ou deposição dos resíduos.

1.2 HIPÓTESES

As pesquisas sobre eficiência energética nas edificações residenciais brasileiras contemplam aspectos específicos do ciclo de vida, notadamente o consumo de eletricidade na vida útil destas. Os materiais de construção apresentam valores potencialmente altos de consumo de energia para a sua fabricação. Trabalhos preliminares apontam para dados de energia embutida nas edificações brasileiras muito próxima aos números encontrados na literatura internacional.

Com base nestas constatações, formulam-se as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 - o detalhamento do ciclo de vida de uma edificação brasileira contempla mais etapas antes do início de sua vida útil (fase pré-operacional) do que na fase operacional.

Esta hipótese implica em que os valores do consumo de energia no ciclo de vida de uma edificação são mais elevados do que o consumo operacional, foco preferencial das pesquisas de eficiência energética em edificações.

Hipótese 2 - o consumo de energia embutida nas edificações residenciais brasileiras é compatível com o consumo operacional em um ciclo de vida de 50 anos.

Para esta hipótese considera-se os resultados das pesquisas citadas na literatura técnica sobre edificações brasileiras e estrangeiras. Há uma correlação com a primeira hipótese no sentido de indicar a relevância do conjunto das etapas pré-operacionais, a chamada Energia Embutida na edificação.

Hipótese 3 - a construção das edificações emite quantidades significativas de CO₂, superiores às da fase operacional, em função da alta concentração de fontes energéticas não renováveis.

A hipótese 3 busca a relação de sustentabilidade em uma edificação através dos gases do efeito estufa, como estabelecido na literatura técnica. Também está correlacionada às duas anteriores destacando a necessidade das avaliações em todo o ciclo de vida das edificações.

Hipótese 4 - poucos materiais de construção são responsáveis pelo total da energia embutida na edificação

Apesar da grande quantidade de materiais que compõe uma edificação cimento, cerâmicas e aços são utilizados em maior volume e têm índices de desperdício elevados.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral:

Desenvolver uma metodologia para Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras

1.3.2 Objetivos Específicos:

- ✓ discriminar a natureza dos consumos energéticos específicos em todas as etapas do ciclo de vida de edificações residenciais brasileiras;
- ✓ relacionar a Energia Embutida com Energia Operacional ao longo do Ciclo de Vida;
- ✓ conceber modelos de edificações residenciais que fundamentem outros estudos para projeções de consumo energético;
- ✓ investigar o consumo energético dos materiais de construção de maior influência no Ciclo de Vida da Edificação;
- ✓ determinar um parâmetro de sustentabilidade através do CO₂ embutido nos modelos propostos.

1.4 ESCOPO DO TRABALHO

No sentido de atender os objetivos propostos seguiu-se o seguinte roteiro:

O capítulo 1 introduz os fundamentos e justificativa da pesquisa a partir dos cenários brasileiro e internacional sobre consumo de energia em edificações, destacando o setor residencial brasileiro e sua importância no total de energia consumida no Brasil. O conceito de ciclo de vida de edificações é apresentado conforme definido em pesquisas e normas internacionais. São também comentados dados comparativos do consumo de energia na construção em contraponto ao consumo energético na vida útil de edificações residenciais.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica iniciando pelas relações de sustentabilidade nas edificações, situando as principais iniciativas e inserindo as análises energéticas neste contexto. Na sequência é apresentada a definição e estrutura das Análises de Ciclo de Vida conforme as normas da ISO. No estudo das Análises Energéticas destacam-se os métodos mais utilizados e a classificação dos níveis de uma análise segundo a *International Federation of Institutes for Advanced Study* – IFIAS – e a definição de Energia Embutida. Na revisão sobre Ciclo de Vida Energético das edificações situam-se os fundamentos para definição das etapas da metodologia proposta e seus respectivos limites. Finalmente são dispostas as condições de consumo energético operacional em residências brasileiras a partir de pesquisas de âmbito nacional.

O capítulo 3 detalha a metodologia a partir da definição do Ciclo de Vida Energético de uma edificação residencial brasileira. Definem-se as etapas para os respectivos parâmetros do cálculo de consumo energético em cada fase do ciclo,

organizando-as em formulários e planilhas adequadas. A partir de análises energéticas são definidos os valores de Energia Embutida nos principais materiais de construção utilizados em edificações residenciais brasileiras e os parâmetros para consumo de Energia em transportes e serviços de desconstrução. O consumo operacional, para eletricidade e cocção, é definido por relações de consumo real extraídas de levantamentos e projeções do setor residencial brasileiro. São compostas ainda planilhas para estimar a geração de CO₂ nos materiais de construção e em edificações residenciais.

O capítulo 4 define cinco modelos de edificações residenciais brasileiras como estudos de caso para aplicação da metodologia. A proposta desenvolvida abrange a realidade das edificações brasileiras em termos de características físicas, ocupacionais e consumo de energia operacional, as quais são essenciais para as análises energéticas propostas. São apresentadas e discutidas as fontes de pesquisa, assim como os dados significativos para a concepção dos modelos. Como instrumento de validação simula-se o consumo de energia elétrica nos modelos propostos em contraponto ao consumo real do setor residencial brasileiro.

O capítulo 5 apresenta os resultados dos estudos de caso destacando as relações das principais etapas do ciclo de vida e o peso de cada uma. Os resultados são apresentados em GJ/m², padrão internacional para este tipo de análise, explicitando os consumos por fases do ciclo, as relações de Energia Embutida e Operacional, materiais que mais contribuem para a Energia Embutida e as relações dos retornos energéticos. São detalhados os resultados dos modelos 1 e 3 e apresentados resumos comparativos dos principais resultados dos cinco modelos. Como parâmetro de sustentabilidade é calculado o CO₂ embutido nos principais materiais de construção brasileiros e no consumo operacional do ciclo de vida dos modelos propostos.

No capítulo 6 apresentam-se as conclusões a partir do cumprimento dos objetivos propostos e comentários dos resultados nos estudos de caso. No campo das sugestões colocam-se as possibilidades de redução do consumo energético em cada etapa do ciclo de vida das edificações, propostas de pesquisas futuras sobre os pontos significativos de consumos energéticos e de geração de CO₂.

1.5 CARACTERÍSTICAS DE NÃO TRIVIALIDADE E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

A metodologia proposta permitirá análises detalhadas do consumo energético por: fases do ciclo de vida, partes da edificação, materiais de construção utilizados e modelos de características ocupacionais diversas. Além disso são possibilitadas análises das participações no consumo energético de fatores como: tipologias arquitetônicas e construtivas, materiais do envelope e das esquadrias, transporte e desperdício de materiais de construção, reposição de materiais de construção ao longo da vida útil, número de habitantes, área construída e renda familiar.

As contribuições técnicas vão no sentido de estimar o consumo de energia em um setor vital da economia como a construção civil; detalhar as etapas do ciclo de vida de edificações residenciais e relevar os consumos específicos de energia; definir modelos residenciais de edificações típicas brasileiras, comparar a energia embutida com a energia operacional; estabelecer um parâmetro de sustentabilidade pela geração de CO₂ nas construções.

As contribuições sociais serão percebidas na avaliação da geração de CO₂ no setor da construção civil, especificamente as residências e os materiais de construção; as possibilidades de simulação de consumo de energia no setor residencial; relevância do desperdício nas obras e manutenção das edificações; incentivo ao uso de materiais recicláveis e re-usáveis nas construções.

1.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Ao longo desta pesquisa, as investigações e encaminhamentos provocaram uma diversificação das variáveis tornando o fator tempo um limitante importante. Listam-se a seguir dados relevantes que não constam nesta pesquisa, mas que devem ser foco de futuros trabalhos.

Os cinco modelos propostos buscam cobrir as principais tipologias arquitetônicas e construtivas, porém existem mais variações possíveis não exploradas.

No sentido de simplificar os procedimentos de uma ACV não são investigados os consumos de água, embora este venha a ter relação com o consumo energético.

Para o cálculo do consumo energético nos transportes de materiais não foram levantadas as distâncias dos centros de transformação até o sítio das obras, portanto trabalhou-se com distâncias médias. Estas distâncias devem considerar a localização da obra e o local de disponibilidade do insumo.

Os consumos relativos ao transporte de funcionários são calculados à parte devido a variabilidade do uso de funcionários ao longo da obra.

Por falta de referências nacionais não foram considerados os valores de energia embutida de equipamentos e aparelhos eletrodomésticos.

O cálculo da energia embutida na edificação é realizado por análise de processo. O método de matrizes insumo x produto para energia embutida nas edificações brasileiras carece de referências mais precisas.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

Esta revisão enfoca o estado da arte sobre Análises do Ciclo de Vida Energético – ACVE – e os detalhes relevantes para a elaboração da metodologia a ser proposta.

Inicia-se pelos estudos sobre sustentabilidade aplicada às edificações de forma a se estabelecer os conceitos a serem dispostos na metodologia. São estudados os principais impactos associados às edificações por consumo de energia e geração de gases do efeito estufa. Destaca-se o consumo de energia nas edificações brasileiras, notadamente as residenciais, de forma a embasar as estimativas de consumo energético operacional.

Nas Análises de Ciclo de Vida e Análises Energéticas – AE – encontram-se os fundamentos para o desenvolvimento de ACVEs. São estudadas as origens históricas, a formulação da terminologia empregada em ACVs e AEs, estruturas comuns das metodologias aplicadas e discutidas algumas aplicações.

Para o estudo das ACVEs foram revistos pontos similares das ACVs e AEs e incluídos resultados de experiências realizadas. Desta forma observa-se a conveniência de se desenvolver uma metodologia específica para edificações residenciais brasileiras.

A seguir, a revisão segue o curso de um Ciclo de Vida Energético de uma edificação. A Energia Embutida – EE – nos materiais de construção é analisada com respectivos métodos de obtenção e são destacadas as principais pesquisas sobre o assunto. Os eventos que definem os consumos durante a obra propriamente dita, destacam o uso de equipamentos e os desperdícios associados às técnicas construtivas. Os parâmetros que definem os consumos energéticos em transportes são estudados com referenciais brasileiros e internacionais. A energia embutida de manutenção, apesar de ser contabilizada na fase operacional, é estudada junto com a energia embutida inicial, pois é, por sua natureza associada à fabricação dos materiais de construção.

Entrando na fase operacional, coloca-se além da reposição de materiais durante sua vida útil, o consumo dos equipamentos eletrodomésticos ou de cocção. Os estudos sobre simulação de cargas climáticas são avaliados em sua relevância para as residências brasileiras. Finalmente, são estudados os eventos que determinam o fechamento do ciclo de vida de uma edificação, seja pela demolição e deposição dos resíduos ou pelo reaproveitamento e reciclagem dos materiais.

2.2 EDIFICAÇÕES E SUSTENTABILIDADE

2.2.1 Desenvolvimento sustentável e construções sustentáveis

A comunidade internacional vem se organizando no sentido de reavaliar e reduzir o uso dos recursos naturais, sensivelmente limitados, e as emissões de gases e resíduos tóxicos. Para tal, são estudadas principalmente a partir do início dos anos 70, as

iniciativas para regulamentar as relações das atividades humanas com o meio-ambiente. Neste sentido, o conceito de **desenvolvimento sustentável** busca garantir o desenvolvimento econômico e social das atuais gerações sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades (BRUNTLAND, 1987).

Assim, é proposto um vínculo de desenvolvimento humano, econômico e ambiental, através de uma parceria equitativa global. Este movimento se consolidou a partir da reunião das Nações Unidas, Rio 92, da qual se originou a **Agenda 21**. Esse documento explicita as principais questões da relação do homem com o meio ambiente, por metas e ações a serem ratificadas como compromissos pelos países signatários, visando ao desenvolvimento sustentável.

Dentre as metas citadas na Agenda 21, salienta-se as que dizem respeito aos temas ligados à construção civil, o que levou a realização da reunião Habitat em Istambul 1996. A **Agenda Habitat II** fala do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos, prevendo a promoção de materiais de construção sustentáveis, que juntamente com técnicas de projeto eficientes gerariam as chamadas construções sustentáveis. Esse conceito é desenvolvido no documento **Agenda 21 para construções sustentáveis** pelo CIB – Conseil International du Bâtiment (CIB, 1999).

Destacam-se as dificuldades para a aplicação desta agenda em países cujos problemas sociais são distintos. O crescimento dos agrupamentos humanos, sem uma devida infra-estrutura, gera problemas ambientais particularmente nos países em desenvolvimento, onde os impactos locais tendem a ser maiores do que em países desenvolvidos. Isso é devido àqueles países estarem virtualmente ainda sob construção e terem um grau relativamente baixo de industrialização, fazendo da construção civil um dos fatores que mais impactam o ambiente biofísico.

Voltada para essa questão, é criada a **Agenda 21 para construções sustentáveis em países em desenvolvimento**, que vincula o conceito de construção sustentável com as demandas sociais de cada país (CIB, 2002). A Figura 2.1 apresenta a sequência dos documentos que fundamentaram o conceito de edificações sustentáveis



Figura 2.1: Documentos relativos aos conceitos de construção sustentável.

Assim, de acordo com os documentos citados, coloca-se que em construções sustentáveis estariam aplicados os princípios do desenvolvimento sustentável ao ciclo de vida detalhado, particularmente: na extração e no beneficiamento de matérias primas, no planejamento, no projeto, na técnica construtiva dos edifícios e na sua infraestrutura, até na sua desconstrução e no gerenciamento dos resíduos resultantes. É um processo holístico, que visa a restaurar e a manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos, ao criar empreendimentos que afirmem a dignidade humana e incentivem a equidade dos aspectos ambientais, sociais e econômicos (CIB, 1999; EPA, 1996)

2.2.2 Impactos ambientais associados às edificações

Na prática, o conceito de sustentabilidade com respeito às edificações ainda não é bem definido, principalmente nos seus aspectos econômicos e sociais. Pelo aspecto técnico, ou ambiental, campo de discussão desta pesquisa, as atividades humanas ligadas à Construção Civil são responsáveis por impactos de menor ou maior monta (BOYLE, 2004.). Os tópicos seguintes procuram ilustrar estes impactos.

2.2.2.1 Gases do Efeito estufa

O debate sobre as consequências das emissões de gases do efeito estufa, ocupa as agendas internacionais com alta prioridade. Seu principal efeito seria o de aumentar a temperatura na biosfera acarretando mudanças climáticas, como o aumento do nível dos mares por expansão térmica dos oceanos e degelo das camadas polares. Outros efeitos globais previstos são aumentos da incidência de fenômenos como tornados, furacões e chuvas torrenciais.

A geração de gases do efeito estufa, notadamente pelo uso de combustíveis fósseis para a geração de energia, acontece principalmente em países desenvolvidos e aumenta consideravelmente nos países em desenvolvimento (IPCC, 1995).

Resumidamente o acúmulo destes gases na atmosfera retém parte do calor do sol pela absorção de radiação infravermelha que, de outra forma, seria refletida de volta ao espaço sideral. Entre os gases do efeito estufa, inclui-se: vapor d'água, dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozônio troposférico (O_3) e clorofluocarbonetos (CFC's). Destes, o CO_2 de natureza antropogênica, é o mais importante em termos de efeito radioativo — com aproximadamente 55% das emissões — e também o mais significativo no que diz respeito à produção dos materiais de construção (BUCHANAN & HONEY, 1994).

2.2.2.2 Consumo de Energia em Edificações

No sentido de localizar e reduzir as emissões de poluentes, pesquisas científicas aumentam o foco sobre a participação das edificações na gênese destes eventos.

Na Grã Bretanha, aproximadamente 66% do total de energia são consumidos na construção e operação das edificações (FAY, 1999). Nos Estados Unidos, edificações consomem um terço dos insumos energéticos globais e dois terços da eletricidade (EPA, 1996).

Os chamados países desenvolvidos têm sua geração de energia elétrica baseada em fontes fósseis, com alta produção de gases do efeito estufa. Além disso, a maior parte destes se localiza em regiões de inverno rigoroso. Portanto, muitos dos focos das pesquisas científicas sobre consumo de energia nas edificações estão no seu uso final. Na Noruega, a operação de edificações consome 90% da energia. Como consequência, a maior parte dessas pesquisas tem como foco a redução do consumo operacional, particularmente o condicionamento de ambientes (WINTHER & HESTNES, 1999).

Em que pese a relevância da energia operacional, a determinação da energia embutida na edificação também é usada para avaliar impactos ambientais. Sob este aspecto, consideram-se toda a energia usada na produção dos materiais de construção, da edificação e manutenção do prédio, assim como a necessária para desconstruir e depor, ou reciclar, os materiais. A relação das energias operacional e embutida pode ser mais significativa nas residências de baixo consumo, quer pela sua condição de isolamento térmico ou pela eficiência de seus equipamentos.

Na medida em que o consumo de energia está relacionado com a produção de gases do efeito estufa, particularmente CO₂, gases ácidos, VOC's (*Volatile Organic Carbons*) e outros poluidores do ar, consequentemente a Energia Embutida é usada como um indicador de sustentabilidade das edificações (BUCHANAN & HONEY, 1994; COLE, 1999; FAY, 2000; TRELOAR et al, 2001; BROWN & BURANAKARN, 2003).

No contexto da construção civil, a fabricação de materiais de construção é frequentemente a principal fonte de emissões de gases poluentes. A indústria do cimento é a maior emissora de CO₂, pois, além do uso de combustíveis fósseis para geração de energia térmica, ocorrem emissões adicionais pela calcinação de calcário durante a produção do clínquer. Assim a fabricação de cimento acaba sendo responsável por 4 a 5 % de todo o CO₂ despejado na atmosfera por atividades humanas (MARLAND, 2003). A produção de alumínio consome quantidades elevadas de energia elétrica, desde o beneficiamento da bauxita e da alumina, além de também gerar CO₂ durante o processo de eletrólise, quando o oxigênio do óxido de alumínio reage com o carbono do anodo. No mesmo processo, fluoretos contidos na solução eletrolítica reagem com o carbono dos anodos produzindo perfluocarbonos (CF₄ e C₂F₆), que são gases do efeito estufa de longo tempo de permanência na atmosfera (BRASIL, 2005a).

2.2.2.3 Consumo de recursos naturais

Não somente o uso de energia chama a atenção pelo número de impactos ambientais consideráveis. Citando estimativas de nível mundial, construções contribuem significativamente para as sobrecargas ambientais nos seguintes níveis de uso: matérias primas (30%), água (25%) e solo (12%). Além disso, também contribuem para emissão de poluentes como: atmosféricos (40%), efluentes de água (20%), resíduos sólidos e outras liberações (13%) (LEVIN, 1997). Os impactos no meio ambiente resultantes dos fatores acima citados ocorrem ao longo de todo o ciclo de vida das edificações.

Em nível específico dos materiais as estimativas variam, mas a U.S. EPA (1996) calcula que uma casa típica de madeira utilize um acre (4.046m²) de floresta e produza de 3 a 7 t de resíduos durante sua construção. Edificações de todas as naturezas consomem 40% de areia, pedras e cascalhos, 25% da madeira, 40% da energia e 16% da água usada mundialmente por ano (LIPPIATT, 1999). Apenas na Grã Bretanha estima-se que aproximadamente 6 t de materiais de construção são usadas anualmente por cada cidadão (COOPER & CURWELL, 1997).

2.2.2.4 Impactos indiretos

O consumo de recursos naturais e geração de resíduos ocorrem em toda cadeia produtiva dos materiais utilizados na construção de uma habitação, desde a extração e beneficiamento de matérias primas até a demolição da mesma. Porém, alguns dos impactos gerados não são explícitos. Mineração, por exemplo, geralmente requer o uso de água, energia, solo e produz quantidades significativas de ácidos e gases contaminados de metais pesados. Por sua vez, a madeira requer a ocupação de grandes extensões de terra, além do uso de fertilizantes e consumo de energia em equipamentos para preparo do solo e derrubada das árvores. Seu uso em edificações requer normalmente tratamentos contra pragas e outros de preservação das superfícies. O replantio de árvores de forma mal planejada acarreta ainda a supressão da biodiversidade original da região.

O transporte de matérias primas e materiais acabados, cujas distâncias de obtenção aumentam em cidades de grande porte, consomem grande quantidade de combustíveis fósseis e geram resíduos como: óleos, fuligem, partículas de borracha e ferrugem.

Os impactos associados ao consumo de energia no ciclo de vida das edificações também acontecem de forma indireta. Estudos já levantaram o consumo indireto de energia para todas as atividades que envolvem a implantação de edificações e seu uso, inclusive em níveis de bens e serviços utilizados por seus usuários (TRELOAR, 2000). As respectivas conseqüências, porém, aparecem de forma direta para o meio ambiente e a sociedade. Estas provêm da criação de requisitos de infra-estrutura como: rede de

distribuição de água, eletricidade, abertura de ruas e estradas, linhas telefônicas, serviços como lojas, restaurantes, escolas e hospitais.

Ocupação e alterações no uso de terrenos resultam em perdas de ecossistemas importantes, impermeabilização do solo e comprometimento dos mananciais de água. Estes fatores, embora passíveis de planejamento, são fragorosamente desconsiderados em função de pressões econômicas e até mesmo de demandas sociais que são entendidas como mais relevantes do que os aspectos técnico-ambientais (BOYLE, 2004). Tal situação ilustra um dos principais problemas de se manter em equilíbrio o tripé da sustentabilidade aplicada às edificações.

2.2.3 Consumo de energia no Brasil

O Balanço Energético Nacional – BEN – (BRASIL, 2005a) é um documento divulgado pelo Ministério das Minas e Energia que contabiliza o consumo de energia nos principais setores de atividade econômica assim como sua produção de energia por fontes primárias e secundárias. Tem como base dados desde 1970 e os fluxos físicos anuais de quarenta e nove formas e grupos de energia, nas atividades de produção, estoques, comércio externo, transformação, distribuição e consumo nos setores econômicos.

A contabilização da energia se dá em toneladas equivalentes de petróleo - tep -, cujo valor de referência é o de 10.000 kcal/kg. Calculam-se os fatores de conversão pelas relações entre o poder calorífico de cada fonte e o poder calorífico do petróleo adotado como referência. Estas são usadas pela IEA – *International Energy Agency* – que publica os balanços energéticos dos países da OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development* - grupo de trinta países incluindo os desenvolvidos, além de informações sobre consumo energético de vários outros países do mundo (IEA, 2005).

A demanda total de energia no país é chamada no BEN de Oferta Interna de Energia – OIE -, que representa a energia que se disponibiliza para ser transformada (refinarias, carvoarias, etc), distribuída e consumida nos processos produtivos do País.

Essa energia que movimenta a indústria, o transporte, o comércio e demais setores econômicos do País, recebe a denominação de Consumo Final. Para chegar a esse local de consumo é transportada por gasodutos, linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, etc, processos que também demandam perdas de energia. A Figura 2.2 mostra a evolução da demanda de energia no Brasil a partir de 1970.

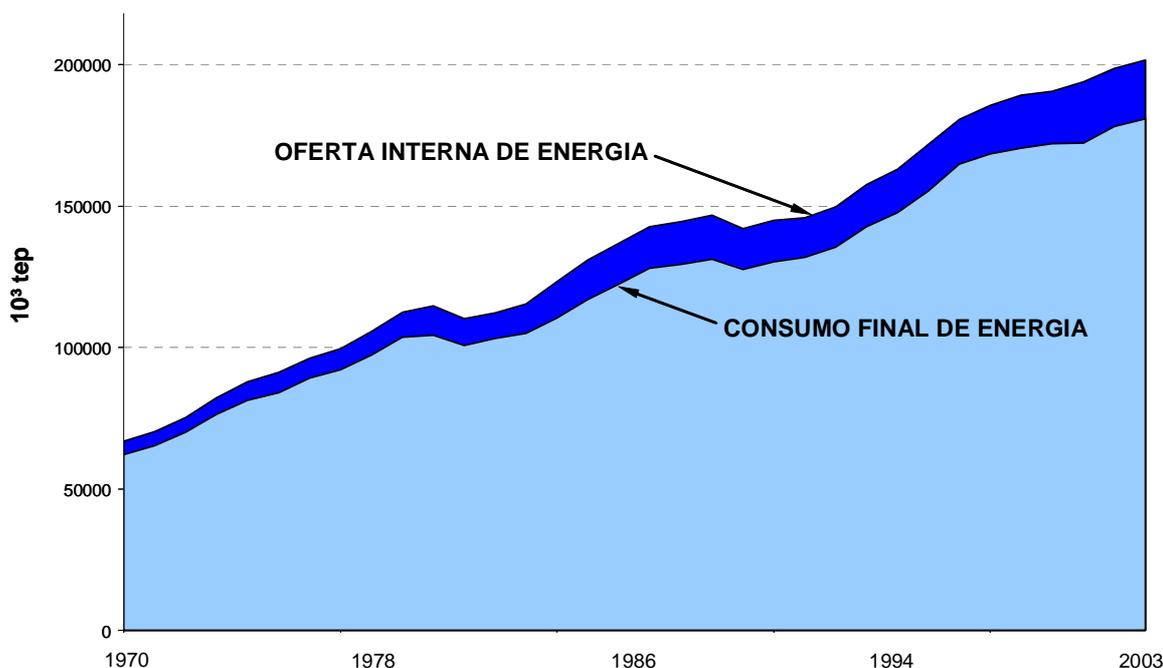


Figura 2.2: Demanda total de energia no Brasil.

Fonte: BRASIL (2003)

Assim, a OIE é igual a soma do Consumo Final nos setores econômicos e das perdas na distribuição, armazenagem e nos processos de transformação. O Brasil tem uma OIE per capita de 1,09 tep, abaixo da média mundial (1,69 tep/hab), e muito abaixo dos USA, 7,84 tep/hab (IEA, 2005).

A OIE, em 2002, foi de 198 milhões de toneladas equivalentes de petróleo – tep, montante 196% superior ao de 1970 e equivalente a 2% da demanda mundial. A indústria de energia no Brasil responde pelo abastecimento de 86% do consumo nacional. Os 14% restantes são importados, principalmente petróleo e derivados, carvão mineral, gás natural, e, em quantidade menor, energia elétrica.

No Brasil, cerca de 41% da OIE tem origem em fontes renováveis, enquanto que no mundo, essa taxa é 14% e nos países desenvolvidos é de apenas 6%. Dos 41% de energia renovável, 14 pontos percentuais correspondem à geração hidráulica e 27 à biomassa. Os 59% restantes da OIE vieram de fontes fósseis e outras não renováveis.

O Consumo Final de Energia em 2002 foi de 177,4 milhões de tep, montante correspondente a 89,6% da Oferta Interna de Energia. A indústria com 37%, o transporte com 27% e o residencial com 12%, são os principais setores analisados no balanço.

O consumo é realizado a partir de fontes primárias e secundárias. As fontes de **energia primária** são os produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, dos quais são relatadas no BEN: petróleo, gás natural, carvão vapor, carvão

metalúrgico, urânio (U_3O_8), energia hidráulica, lenha, produtos da cana (melaço, caldo de cana e bagaço) e resíduos vegetais e industriais para geração de vapor, calor e outros.

A Figura 2.3 apresenta o consumo final das fontes primárias no Brasil para efetiva geração de energia no ano de 2003. As indicações com 0% significam que todo o seu consumo foi para transformação em fontes secundárias.

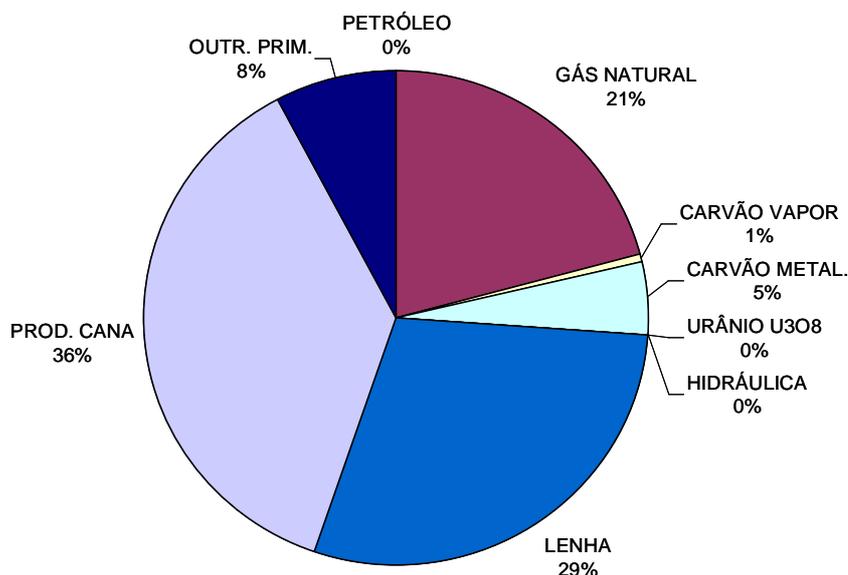


Figura 2.3: Distribuição do Consumo Final por fontes primárias.

Fonte: BRASIL (2003)

As fontes de **energia secundária** são os produtos energéticos resultantes dos diferentes centros de transformação que têm como destino os setores de consumo e eventualmente outro centro de transformação. No BEN são consideradas as seguintes fontes: óleo diesel, óleo combustível, gasolina (automotiva e de aviação), gás liquefeito - GLP, nafta, querosene (iluminante e de aviação), gás (de cidade e de coqueria), coque de carvão mineral, urânio contido no UO_2 dos elementos combustíveis, eletricidade, carvão vegetal, álcool etílico (anidro e hidratado), alcatrão 25 (alcatrão obtido na transformação do carvão metalúrgico em coque) e outras secundárias de petróleo (gás de refinaria, coque e outros). Considera-se ainda as fontes secundárias produtos não-energéticos do petróleo. Estes são os derivados de petróleo que, mesmo tendo significativo conteúdo energético, acabam utilizados para outros fins (graxas, lubrificantes, parafinas, asfaltos, solventes e outros). A Figura 2.4 mostra a distribuição destas fontes.

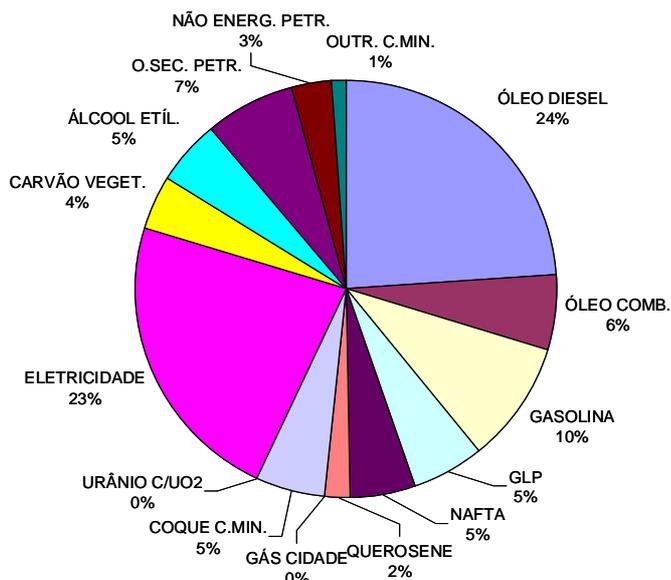


Figura 2.4: Distribuição do Consumo Final por fontes secundárias.

Fonte: BRASIL (2003)

O gás natural vem aumentando a sua participação na OIE, passando de 6,5% em 2001 para 7,5% em 2002, resultado da sua crescente utilização na indústria, no transporte e na geração elétrica. O Brasil caminha na direção da matriz energética mundial, onde há uma maior participação de gás natural e uma menor participação de hidráulica. Entretanto, ainda apresenta situação privilegiada em termos de utilização de fontes renováveis de energia.

Os países com grande geração térmica apresentam perdas de transformação e distribuição, entre 25 e 30% da OIE. No Brasil estas perdas são de apenas 10%, dada a alta participação da geração hidráulica. Esta vantagem, complementada pela grande utilização de biomassa, faz com que o Brasil apresente baixa taxa de emissão de CO₂ – 1,57 t CO₂/tep – pela utilização de combustíveis, quando comparada com a média mundial, de 2,36 t CO₂/tep (IEA, 2005).

Quanto à natureza da geração de CO₂, as maiores emissões no Brasil provêm das mudanças de uso da terra e florestas através de queimadas, onde são produzidos 75% de todo o CO₂. O restante é advindo da queima de combustíveis para geração de energia e reações químicas resultantes de processos industriais específicos. Deste uma parcela significativa do consumo de energia e geração de CO₂ está associada à Construção Civil (BRASIL, 2005b). Os tópicos seguintes detalham estas relações.

2.2.4 Consumo de Energia na Construção Civil no Brasil

No Brasil há poucos registros sobre o consumo de energia no setor da Construção Civil. O trabalho desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC – e publicado pelo Ministério da Indústria e Comércio determinou os conteúdos

energéticos diretos e indiretos de três edificações. Para tal, foi realizado um levantamento do consumo de energia nos setores industriais que produzem os materiais de construção. Constatou-se, entre outros resultados que, no estado de Minas Gerais, 50% do óleo combustível consumido na época da pesquisa destinavam-se à produção de cimento, cal e cerâmica. Acrescente-se que 45% da energia elétrica eram consumidos, por outros materiais consumidos pela construção civil, na fabricação de ferro, aço e alumínio (BRASIL, 1982).

Entretanto, indicadores mais abrangentes e atualizados são obtidos a partir do BEN (BRASIL, 2005a).

2.2.4.1 Consumo de energia por setores ligados à Construção Civil

Três setores da economia estão diretamente ligados à construção civil: comercial, público e residencial. O setor industrial e de transportes estão ligados parcialmente devido à produção e deslocamento de materiais de construção. A Figura 2.5 mostra a série de 1970 a 2003 com o consumo total dos cinco setores ligados direta e indiretamente à Construção Civil.

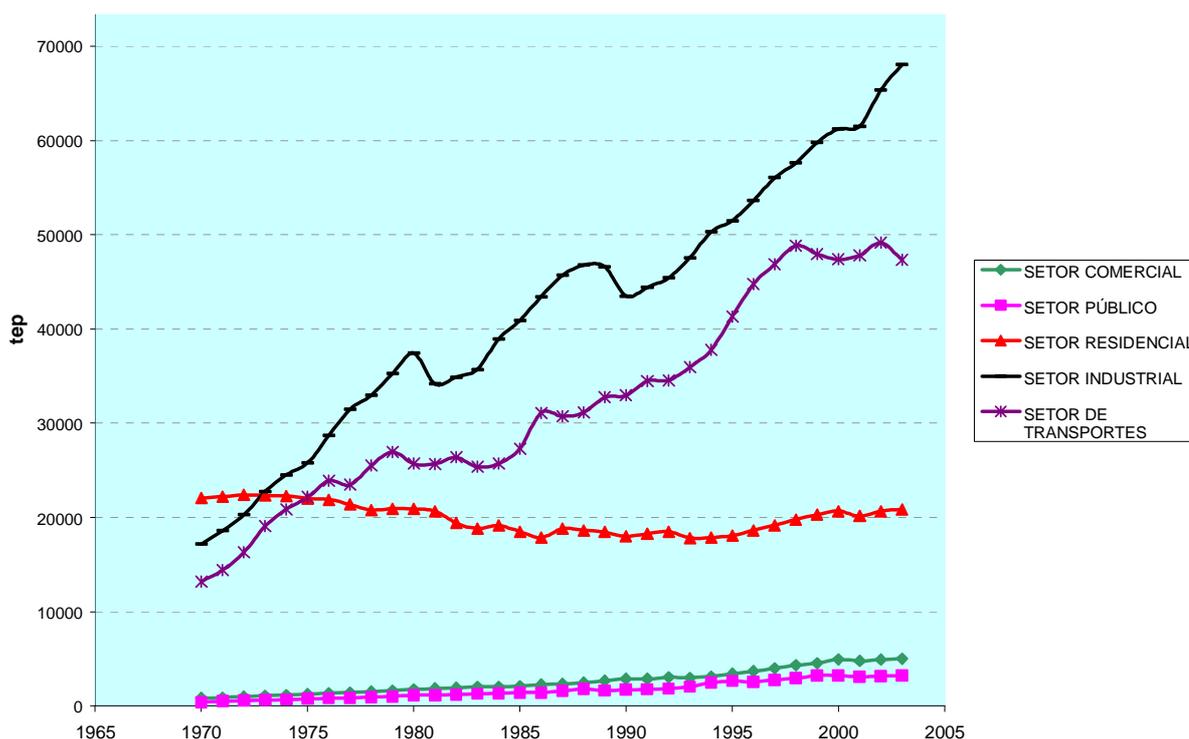


Figura 2.5: Consumo de Energia nos setores ligados à construção civil.

Fonte: BRASIL, 2005a

Apesar de pouco estudado, observa-se o alto consumo energético dos materiais de construção no Brasil. Seis entre os dez setores industriais de maior consumo no país, os chamados energo-intensivos, relacionam-se com a construção civil; como segue:

cimento, cerâmica, metais não ferrosos, aço, química e mineração. Somados estes setores têm 75 % de seus consumos, o que equivale a 27347×10^3 tep anuais, a partir de fontes não renováveis, com alta geração de gases de efeito estufa.

Na Tabela 2.1 estão organizados os consumos dos setores ligados direta e indiretamente à construção civil. Para o setor de aço considera-se que 14 % da produção, índice publicado no Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico (BRASIL, 2004), é destinado à construção civil. Para o setor de metais não ferrosos o dado é de 13% da produção de alumínio (ABAL, 2005), a qual equivale a 68% de todo o setor (BRASIL, 2004). Os setores de transportes, industrial – química e industrial - mineração e pelotização têm participação na produção, e respectivo transporte, de: tintas, PVC, artefatos de plástico, areia, brita, matérias-primas para produção de cimento e cerâmicas, entre outros. Entretanto, estes dados ainda não estão contabilizados (leia-se na tabela não divulgado – n.d.), ampliando a possibilidade da Construção Civil atingir a faixa de 40 a 50% de todos os recursos energéticos, o que cumpre a expectativa da média mundial.

Tabela 2.1: Participação do consumo energético nos setores ligados à construção civil no Brasil

SETORES	BEN 2005 %	BEN 2005 (tep)	Construção Civil %	Construção Civil (tep)
CONSUMO FINAL	100,0	191128	21,0	40136
Residencial	11,6	22171	11,6	22171
Comercial	2,8	5352	2,8	5352
Público	1,8	3440	1,8	3440
Transportes - total	26,2	50076	n.d.	n.d.
Industrial -cimento	1,6	3058	1,6	3058
Industrial -ferro-gusa e aço (14%) ¹	8,9	17010	1,2	2294
Industrial -mineração e pelotização	1,4	2676	n.d.	n.d.
Industrial -não-ferrosos e outros metais (68% al.)(13%cc) ²	2,8	5352	0,2	382
Industrial -química	3,7	7072	n.d.	n.d.
Industrial -cerâmica	1,7	3249	1,7	3249

Fonte: BRASIL, 2005a - ¹ (BRASIL, 2004) - ² (ABAL, 2005)

Outro estudo sobre o consumo de energia para produção e operação de edificações residenciais no Brasil (TAVARES e LAMBERTS, 2005) apontaram uma diretriz para definir o consumo de energia no setor da construção civil. Partiu-se da energia consumida na construção de uma edificação residencial típica brasileira para projetar o consumo na construção nova e manutenção dos antigos domicílios no Brasil. Estimou-se que sejam consumidos 4,7% de todos os recursos energéticos anuais brasileiros apenas para a construção e manutenção de residências. Acrescente-se a este dado os valores determinados no BEN (BRASIL, 2005) que informam 11,6% de energia operacional nas residências brasileiras, isso totaliza 16,3%. Ainda baseado na mesma fonte,

considerando-se também os consumos operacionais dos setores comercial e público, da ordem de 4,6%, chega-se a 20,9% do total. Ressalta-se que não estariam contabilizados neste cálculo também a Energia Embutida em materiais para os setores comercial e público.

2.2.4.2 Geração de CO₂ por setores ligados à Construção Civil

Um relato detalhado das emissões de CO₂ no Brasil encontra-se no Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa publicado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2005b). Como citado anteriormente, a maior parte das emissões provém das queimadas relativas à ocupação de terrenos para plantações ou pastagens. O consumo de combustíveis fósseis para geração de energia e reações químicas oriundas do processo industrial completa a natureza das fontes levantadas. Destes últimos fatores boa parte está ligada direta e indiretamente à Construção Civil.

Analogamente à Tabela 2.1 do item 2.2.4.1 foram destacados os dados disponíveis das emissões de CO₂ para os setores relacionados total ou parcialmente. Ou seja, a parcela de setores relevantes indicados como não disponibilizados, o de transportes, por exemplo, certamente elevarão esta estimativa. A Tabela 2.2 apresenta a participação de cada setor no total de CO₂ gerado no Brasil e suas parcelas de emissões relativas à Construção Civil.

Observa-se que a participação da Construção Civil corresponde à quinta parte da geração total de CO₂ excetuando-se a parcela das queimadas. Os itens grifados, setor industrial (combustíveis) e processos industriais, apontam o total do respectivo setor, não apenas os constantes da Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Participação setorial da Construção Civil no Total de emissões de CO₂ no Brasil

Setor	Geração CO₂ (Gg)	Total Brasil %	Parcela considerada	Partic. Constr civil %
Energia – Queima de combustível	231408	22,5		
Setor Industrial (combustível)	74066	7,19		
Cimento	4940	0,48	100%	0,48
Ferro gusa e Aço	37606	3,65	14%	0,51
Mineração e Pelotização	3215	0,31	nd	
Metais Não-ferrosos	3860	0,37	13%	0,05
Química	9038	0,88	nd	
Cerâmica	2501	0,24	100%	0,24
Setor de Transportes (combustíveis)	94324	9,16	nd	
Setor Residencial (combustíveis)	15176	1,47	100%	1,47
Setor Comercial (combustíveis)	1557	0,15	100%	0,15
Setor Público (combustíveis)	1962	0,19	100%	0,19
Processos industriais	16870	1,64		
Produção de Cimento	9340	0,91	100%	0,91
Produção de Cal	4150	0,40	100%	0,40
Produção de Alumínio	1892	0,18	100%	0,18
Mudança no Uso da Terra e Florestas	776331	75,39		
TOTAL	1029706	100,00		4,58

Fonte: Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa - MCT (BRASIL, 2005b)

O Anexo B disponibiliza uma Tabela completa com todos os setores avaliados no Brasil, assim como a emissão de CO₂ por queima de combustíveis específicos utilizados na construção civil, para a geração de energia.

2.2.5 Consumo de energia no setor residencial brasileiro

O setor residencial é, entre os diretamente ligados à construção civil, o de maior consumo em todas as fontes de energia. Somente em energia elétrica o consumo aumentou 260 % de 1980 a 2000 quando atingiu 83613 GWh (BRASIL, 2005a). O total de insumos energéticos do setor é de 20901,5 x 10³ tep o que equivale a 11,5% do consumo final total do país.

Apesar de significativo esse consumo caiu de 1970 até 1994, conforme a Figura 2.5, item 2.2.4, em função da substituição do uso da lenha pelo GLP que é de 7 a 10 vezes mais eficiente para a cocção. Desde então o consumo residencial voltou a subir até 2000 quando decaiu, em função da crise energética que obrigou a maioria dos consumidores residenciais a economizar até 20% de energia elétrica.

Quanto às principais fontes utilizadas, a lenha ainda é predominante. Seu baixo custo e disponibilidade, a tornam muito consumida para as atividades de cocção e aquecimento de água, e eventualmente de ambientes, em comunidades rurais e urbanas periféricas. Porém, sua predominância é justificada pelo seu baixo rendimento em relação ao GLP, o que aumenta seu consumo quantitativo.

Como segunda fonte mais utilizada, está a eletricidade, insumo de maior crescimento no setor de 1973 a 2000 (BRASIL, 2003) e responsável pelo consumo da maior parte dos equipamentos de uma residência urbana. Seu crescimento é associado diretamente ao índice de posses de equipamentos e à eficiência destes.

O GLP completa o grupo dos insumos energéticos de maior uso. Como principal concorrente da lenha para cocção e aquecimento de água, principalmente nos centros urbanos, seu consumo vem caindo nos últimos anos, devido a aumentos de preço e a entrada do gás natural no mercado.

O carvão vegetal é semelhante à lenha em perfis de público e consumo. Sua participação teve também um pequeno crescimento após a crise energética de 2000.

O gás natural tem perspectivas de penetração crescente devido à maior disponibilidade advinda do crescimento da produção nacional e o acesso ao gás boliviano. Porém, sua participação ainda é pequena devido às limitações de distribuição.

O querosene teve o consumo reduzido, pois seu uso principal é o de iluminação e funcionamento de geladeiras em comunidades sem acesso à energia elétrica (PNAD, 2003).

O gráfico da Figura 2.6 apresenta a distribuição do consumo por fontes do setor residencial no ano de 2003.

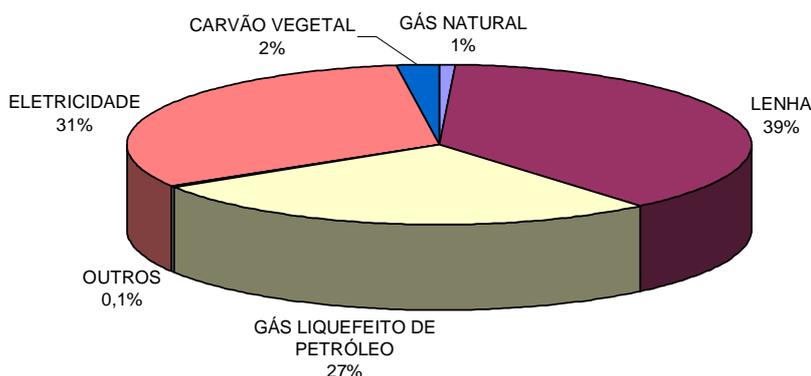


Figura 2.6: Distribuição do consumo no setor residencial.

Fonte: BRASIL (2005)

Como citado anteriormente a crise energética de 2001 reduziu o consumo do setor residencial como um todo, particularmente o de energia elétrica. Como consequência houve a retomada do uso de lenha como fonte principal, que foi favorecida pela diminuição no consumo de GLP.

Não há substituição, de forma absoluta, da lenha pelo GLP por fatores como:

- ✓ a preferência dos usuários pela comida feita nos fogões à lenha;
- ✓ o reduzido custo financeiro da lenha, que geralmente tem apenas o trabalho de cata;
- ✓ a dificuldade de reposição dos botijões pelo acesso às residências, juntamente com a distribuição, não confiável muitas vezes, do GLP em regiões rurais e nas comunidades faveladas (TOLMASQUIM & SZKLO, 2000).

Apesar da expressiva queda até 1996, o consumo residencial de lenha se estabilizou e voltou a crescer, sendo a fonte mais significativa do setor entre 2002 e 2003. Esta situação é favorecida pelo consumo de energia elétrica, que ainda não retomou totalmente seu crescimento anterior à crise. A Figura 2.7 mostra a evolução do consumo no setor residencial de 1973 a 2003.

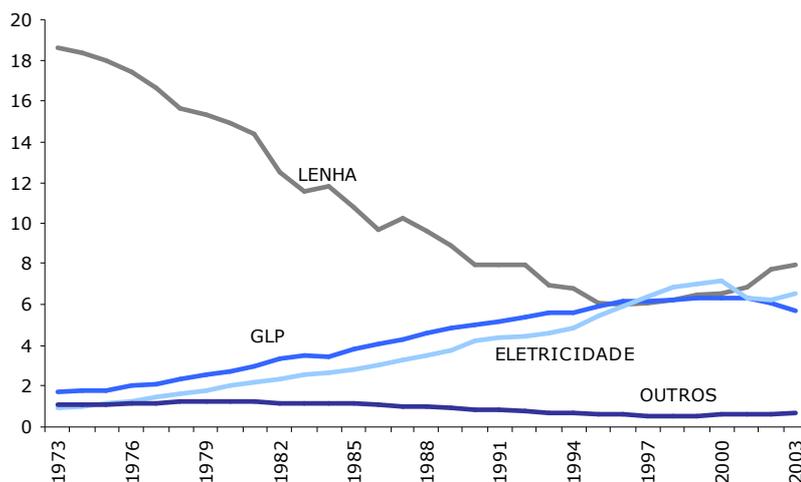


Figura 2.7: Consumo por fontes no setor residencial de 1973 a 2003 (10⁶ tep)

Fonte: BRASIL (2005a)

Nota-se a importância do setor residencial pelo consumo específico de energia elétrica, onde predomina frente aos dois setores ligados diretamente à construção civil: o comercial e o público. O consumo de energia elétrica do setor residencial é equivalente à soma dos setores comercial e público, tendo sido superior nos 15 anos anteriores ao racionamento de 2001 (Figura 2.8).

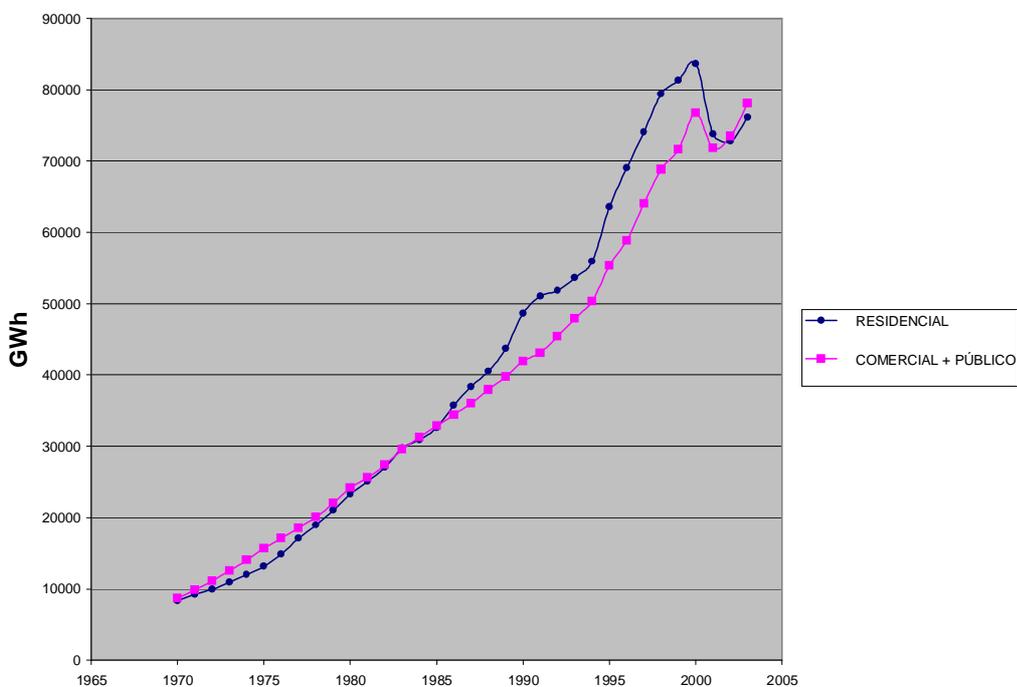


Figura 2.8: Consumo de eletricidade nos setores ligados diretamente à construção civil.

Fonte: Do autor baseado nos dados de BRASIL (2005).

Tolmasquim & Szklo (2000), em pesquisa desenvolvida pelo Centro de Estudos de Energia – ENERGE – COPPE/UFRJ, elegeram e classificaram a relevância dos fatores que influenciam o consumo no setor residencial. Os itens estão dispostos na Tabela 2.3 com escala de pesos atribuída como segue: (3) Alta importância, (2) Média importância, (1) Pouca importância, (0) Irrelevante.

Tabela 2.3: Condicionantes de consumo de energia no setor residencial.

Item	Média
1 - Tecnologia disponível	3,0
2 - Vendas de equipamentos de uso final	3,0
3 - Distribuição de renda	2,7
4 - Taxa de crescimento domiciliar	2,7
5 - Renda Nacional	2,2
6 - Temperatura ambiente	1,5
7 - Taxas de juros do mercado	1,3
8 - Índices de inflação	1,2
9 - Prazos de amortização das dívidas	1,0
10 - Outros	0,5

Fonte: Adaptada do original (TOLMASQUIM & SZKLO, 2000)

A pesquisa apontou que as características dos equipamentos e as possibilidades de aquisição desses, constituem o panorama fundamental para a definição do consumo de energia do setor.

Outro levantamento de abrangência nacional relativo às questões de consumo de energia no setor residencial é a Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos realizada pelo PROCEL / ELETROBRÁS (SINPHA, 1999). Com foco específico no consumo de eletricidade residencial, ela contém dados que possibilitam determinar fatores que influenciem esse consumo como: renda familiar, área construída e número de habitantes, citando apenas os principais. Os detalhes desta pesquisa, bem como outras questões relativas ao consumo operacional de energia em residências brasileiras, serão discutidos no item 2.6.

2.2.6 Características físicas e desenvolvimento do setor residencial brasileiro

Dentre os setores diretamente envolvidos na construção civil, o setor residencial se destaca não só pelo consumo específico de energia, mas também pelo porte e características físicas.

A Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), informa os dados relativos ao número de domicílios, habitantes por domicílios, número de quartos e principais equipamentos encontrados nas edificações residenciais em todo o território brasileiro. Pesquisa realizada desde 1967, excetuando-se os anos iniciais de cada década, quando seus dados

são encontrados nos censos demográficos nacionais. A amostragem de 2002 foi de aproximadamente 130.000 domicílios (PNAD, 2003).

Além das informações específicas das edificações propriamente ditas, a PNAD permite traçar um perfil da situação do País, nos seus aspectos habitacionais, demográficos, de educação, trabalho e rendimento. Em conjunto com os resultados dos anos anteriores possibilitam ainda acompanhar a evolução socioeconômica da população, desde o âmbito nacional até o metropolitano.

Uma das principais informações da PNAD para o estudo do setor residencial é a evolução do número de domicílios e sua distribuição em áreas rurais e urbanas

O número de domicílios residenciais brasileiros vem crescendo a taxas de 3,1 % ao ano de 1996 a 2004, atingindo a marca de 49.142.171 domicílios no ano de 2003. Quanto à localização destes 86 % estão em regiões urbanas.

A tipologia predominante é a casa com 88 % de ocorrência, inclusive em centros urbanos. A região metropolitana do Rio de Janeiro é a mais verticalizada, com 25% de apartamentos (PNAD, 2003). A evolução do número de domicílios e respectivos índices de distribuição e tipologia estão na Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Número, distribuição e tipologia de domicílios no Brasil de 1997 a 2003

Anos		1997	1998	1999	2000*	2001	2002	2003
Domicílios (un)		40 664 623	41 839 703	43 859 738	44 795 101	46 903 225	48 036 173	49 712 307
Distribuição	Urbana (%)	81,1	81,2	81,4	83,4	85,2	85,6	86,0
	Rural (%)	18,9	18,8	18,6	16,6	14,8	14,4	14,0
Tipologia	Casa (%)	90,1	90,1	90,0	89,4	89,5	89,2	88,0
	Apartamento (%)	9,1	9,3	9,5	9,5	9,9	10,1	11,5
	Cômodo (%)	0,8	0,7	0,5	1,1	0,6	0,7	0,5

Fonte: PNAD, 2001, 2002, 2003 e 2004.

* Censo Demográfico IBGE. A partir de SIDRA (2003)

A PNAD informa ainda o número de moradores e número de quartos dos domicílios. Para o ano de 2003 o número médio de moradores é de 3,5 , enquanto 42% dos domicílios possuem dois quartos e 23% três quartos.

Os dados de saturação de equipamentos constitui-se numa contribuição importante para o estudo da eficiência energética em edificações. A Figura 2.9 mostra a evolução da saturação dos principais equipamentos presentes em residências brasileiras bem como o acesso à energia elétrica e aos serviços de telecomunicação. Os dados relativos a micro computadores, acesso à Internet e telefonia móvel, só passaram a ser coletados em 2001.

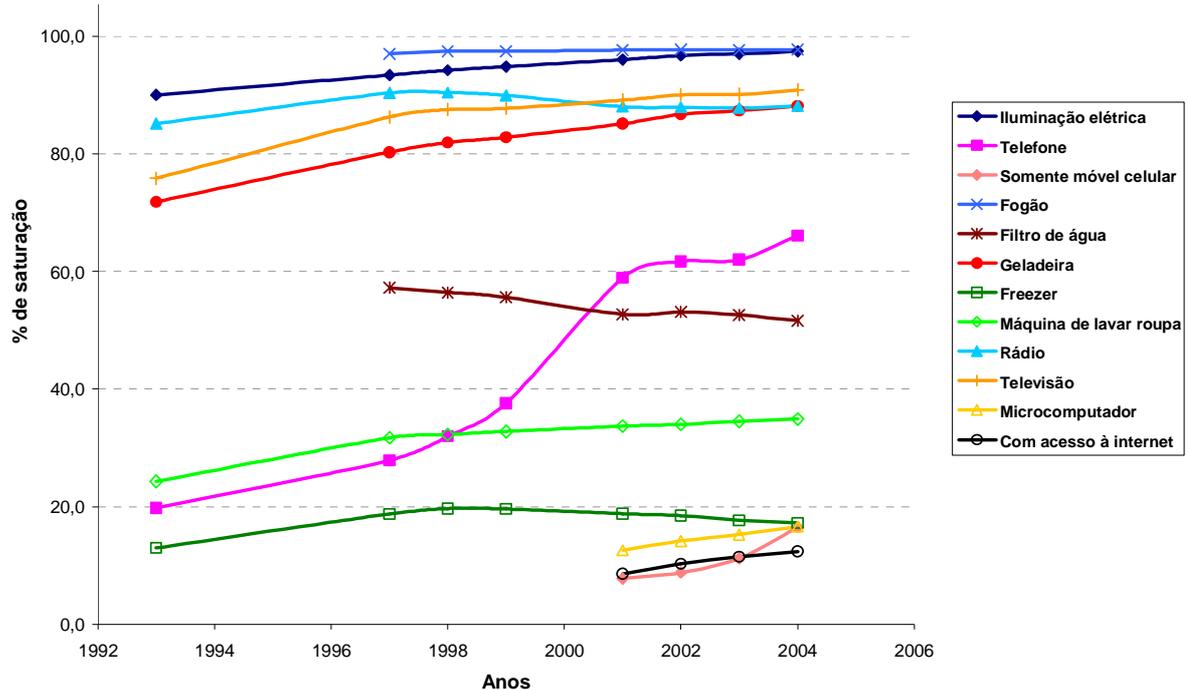


Figura 2.9: Evolução da saturação de equipamentos em residências brasileiras.

Fonte: Do Autor a partir de PNAD (2001, 2002, 2003, 2004)

Em função do racionamento de energia elétrica que vigorou no País, em parte do ano de 2001, reduziu-se o crescimento dos domicílios dotados de freezer. Nesse ano, a proporção desses domicílios com freezer apresentou retração, interrompendo uma tendência ascendente. Apesar de não ter havido racionamento de energia nos três anos seguintes, o número de domicílios dotados desse bem durável manteve sentido de redução.

Por outro lado, o número de habitações dotadas de geladeira continuou em crescimento, apresentando taxa de expansão igual nos últimos três anos. O percentual de moradias com freezer, que estava em 13,0%, em 1993, alcançou 19,7%, em 1998, estabilizou-se em 1999 e passou a declinar nos anos seguintes, situando-se em 17,2%, em 2004, enquanto a proporção de habitações com geladeira subiu continuamente, passando de 71,8% para 88,1% nesses onze anos.

Movimento relevante ocorre no crescimento específico dos domicílios com geladeira de duas portas, o qual permaneceu mais alto que o daqueles com geladeira de uma porta. No total de moradias com geladeira, a proporção daquelas que têm o tipo de duas portas subiu 4% de 1999 a 2003, enquanto as de 1 porta cresceu 1,3%. A Tabela 2.5 mostra a evolução dos índices de saturação dos equipamentos de refrigeração.

Tabela 2.5: Percentual de domicílios com geladeira ou freezer no total de domicílios particulares permanentes - Brasil - 1999/2004.

Anos	Total geladeira	Geladeira 2 portas	Geladeira 1 porta	Freezer
1999	82,8	11,8	71,0	19,6
2001	85,1	12,8	72,3	18,8
2002	86,7	13,6	73,1	18,5
2003	87,3	14,8	72,5	17,7
2004	88,1	15,8	72,3	17,2

Fonte: PNAD (2004)

Não constam na Tabela 2.5 e na Figura 2.9 os dados de 2000 por fazerem parte do Censo Demográfico que teve universo e metodologias diferente da PNAD. As divergências do Censo em relação à PNAD são listadas a seguir:

- ✓ diferentes tipos de equipamentos pesquisados como, por exemplo, forno de microondas e aparelhos de ar condicionado;
- ✓ o índice de freezer e geladeiras é contabilizado em conjunto;
- ✓ o universo do Censo é mais abrangente e detalhado, notadamente nas regiões rurais.

Os dados originais com as séries da PNAD e do Censo estão disponíveis no Anexo D.

2.3 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

2.3.1 Considerações Iniciais

Interesses econômicos e sociais estimulam pesquisas no desenvolvimento de métodos e ferramentas que auxiliem a compreensão, o controle e a redução de impactos ambientais indesejáveis. A Análise de Ciclo de Vida busca identificar e quantificar os impactos visando ainda à geração de parâmetros para compará-los entre bens e serviços similares. Crescentes demandas sobre bens e serviços que geram impactos ambientais ocorrem de modo que se percebem suas conseqüências, mas nem sempre suas causas.

A *International Standardization for Organization* (ISO) em sua norma 14040 define Análise de Ciclo de Vida como "compilação e avaliação de entradas e saídas (de matérias primas e recursos energéticos) e impactos ambientais potenciais de um produto através de seu ciclo de vida".

O levantamento detalhado de todas as etapas de um ciclo, de um produto ou serviço, é definido como uma abordagem do tipo *cradle-to-grave*, ou berço ao túmulo (ISO, 2002). Esta forma de análise envolve uma abordagem holística que não diz respeito apenas aos limites industriais do processo, mas também à natureza das matérias primas e recursos energéticos, diretos e indiretos, necessários, e ainda ao destino dos resíduos e subprodutos de cada etapa, além do próprio produto após sua vida útil.

Uma razão fundamental para a realização de uma abordagem desta natureza está relacionada ao fato de que o consumo de matérias-primas e recursos energéticos, são considerados parâmetros para a condução de políticas econômicas nacionais e internacionais (EEA, 2002).

Uma outra diz respeito à natureza dos efeitos ambientais, quando e como ocorrem, e suas reais conseqüências; isto é, o quanto efetivamente o desenvolvimento e uso de um produto ou serviço contribuem para o esgotamento de recurso natural ou geração de resíduos indesejáveis. Por exemplo, um determinado produto demandar poucos recursos naturais e energéticos para sua concepção, mas ter grande necessidade destes para seu uso e descarte; ou ainda dispor de uma extensa rede de deslocamentos e transformações de matérias-primas que gerem gastos energéticos e resíduos normalmente não avaliados como custo ambiental do processo ou produto principal (HEISKANEN, 2002).

Desta forma, as aplicações de uma ACV são amplas e significativas, dependentes da interpretação de seus resultados e da amplitude dos dados levantados. Poderiam, entretanto ser citadas, à guisa de ilustração:

- ✓ a análise da origem de um problema relacionado à um produto ou serviço específico;
- ✓ o levantamento detalhado dos limites do processo de um produto incluindo insumos, transporte e descarte;
- ✓ a orientação do design de novos produtos;
- ✓ a determinação da energia embutida em um produto;
- ✓ a identificação das oportunidades de melhoria dos aspectos ambientais globais do produto;
- ✓ a comparação de características ambientais e econômicas das variantes para um determinado produto;
- ✓ a orientação à tomada de decisões e prioridades para desenvolvimento de produtos e, ou, políticas ambientais;
- ✓ a avaliação do desempenho ambiental.

Sobre este último tópico, alerta-se que os Selos Verdes (europeus) e os Rótulos Ambientais (brasileiros) são freqüentemente baseados em ACVs, levando empresas a empreender esforços para um melhor gerenciamento do ciclo de vida de seus produtos.

2.3.2 Histórico

A crise do petróleo, em 1974, despertou os países desenvolvidos, grandes consumidores de energia, para a necessidade da melhor utilização de seus recursos naturais e racionalização do consumo de fontes energéticas esgotáveis.

Apesar de este ser o momento histórico referencial para os primórdios dos sistemas de gestão ambiental, ainda em 1965 a Coca-Cola encomendou um estudo ao

Midwest Research Institute - MRI - para estimar os efeitos ambientais do uso de dois diferentes tipos de embalagens para refrigerantes. Trabalho que foi aprimorado em 1974 pelo MRI, por encomenda da *Environmental Protection Agency* -EPA -, e se torna o primeiro modelo do que se conhece hoje como ACV (CHEHEBE, 1998).

Posteriormente, na Europa, foi desenvolvido um procedimento similar chamado *Ecobalance*, que a partir de 1985 torna-se uma referência obrigatória nas empresas da área alimentar para o monitoramento do consumo de matérias primas e energia, além da geração de resíduos na fabricação de seus produtos.

Em 1991 o Ministério de Meio Ambiente da Suíça contratou um abrangente estudo sobre materiais para embalagens que gerou um banco de dados referencial para outros estudos, inclusive a versão do primeiro software para ACV, o *Ökobase I* (GUINÉE, 2002).

2.3.3 Problemas e propostas

A interpretação das etapas de uma ACV pode resultar em análises discrepantes, notadamente quanto ao peso atribuído aos itens de impacto ambiental e a natureza de dados do inventário.

Estas incongruências são facilitadas pelo fato de que, em boa parte das análises, se lida com árvores de processo muito complicadas que o analista é tentado a omitir partes que lhe parecem irrelevantes. Aparentemente inofensivas essas omissões levam, na maioria das vezes, a erros sérios. Além disto, as empresas podem usar esta ferramenta como estratégia de marketing realizando, intencionalmente ou não, análises tendenciosas, levando ao público somente os resultados que lhes interessam.

É conhecido o caso sobre ACVs de embalagens de papelão na Suécia em 1992. O chamado estudo Ekvall compara duas ACVs sobre o mesmo produto, uma realizada por um instituto sueco e outra por um instituto suíço. Os resultados apresentaram diferenças consideráveis nas necessidades energéticas e nas emissões de resíduos sólidos e gasosos. Um dos motivos foi a geração da energia elétrica, considerada, pelo estudo suíço, como uma média europeia usando combustíveis fósseis, e pelo estudo sueco como uma composição de energia hidrelétrica e nuclear. Além deste fator, contribuíram ainda diferentes atribuições de consumo de materiais reciclados e mitigação de emissões pelo uso de resíduos como combustível para geração de energia. (CHEHEBE, 1998).

No sentido de equalizar as interpretações e orientar estudos para este fim, a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* - SETAC - foi uma das instituições pioneiras. Criada em 1979, nos EUA, é uma organização científica com representantes das universidades, indústria e governo. Entretanto é a partir de 1989, com a criação da SETAC Europa, que se iniciou seu envolvimento com as ACVs. Em um Workshop realizado no mesmo ano, a SETAC identificou e caracterizou as principais escolas de ACVs nos EUA e Europa.

A partir de então, ela organiza encontros científicos visando ao desenvolvimento das metodologias nos EUA e Europa, além de manter grupos de trabalho para tratar de aspectos diversos das ACVs. Conceitos desenvolvidos pela SETAC foram considerados pelos comitês da ISO e incluídos nas normas sobre ACV.

Os grupos americanos e europeus prepararam um Código de Práticas em ACV de modo a criar conceitos e procedimentos mundiais a partir das normas ISO (SETAC, 1993).

Outra importante entidade internacional na área de ACVs é a *United Nations Environmental Programme* - UNEP - cujo foco principal tem sido a aplicação de ACVs para países em desenvolvimento. Uma contribuição da UNEP foi a publicação em 1996 de um guia prático para ACV, chamado "ACV: O que é e como aplicá-la" além de patrocinar projetos para desenvolvimento de estudos sobre ACV (UNEP, 1996).

Iniciativas em conjunto da SETAC e UNEP criaram grupos de trabalho que identificam práticas adequadas para uma ACV e sugestões de suas limitações. Esta parceria denominada "*Life Cycle Initiative*" estabeleceu, em recente seminário, programas de atuação conjunta para educação em ACV, acadêmica e empresarial, e metodologias para elaboração de inventários e avaliação de impactos (HAES et al, 2002).

2.3.4 Normalização

Organizações de todo o mundo passaram a ser cobradas, inclusive pelos seus clientes, por suas responsabilidades em impactos ambientais gerados por seus processos e produtos. De forma a criar um padrão que pudesse ser referência em todo o mundo, a ISO implanta em 1990 um comitê, TC 207, para estudos e desenvolvimento de normas de gerenciamento ambiental, a série 14000. A primeira a ser editada em 1996 é a Norma ISO 14001, que a exemplo da ISO 9000 apresenta uma série de requisitos auditáveis de um sistema de gestão, neste caso, ambiental.

A necessidade de trabalhar em nível do produto e procurando regulamentar a prática já existente, em 1993 começam as atividades do subcomitê SC-5 de Análise de Ciclo de Vida para elaboração da chamada "família 14040" (MARSMANN, 2000), cuja série, Gerenciamento Ambiental - Análise de Ciclo de Vida, é composta das normas listadas na Tabela 2.6.

Tabela 2.6: Normas ISO da série Gerenciamento Ambiental – Análise de Ciclo de Vida

Norma	Título	Assunto
ISO 14040 / 1997	Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.	Princípios gerais e requisitos para aplicação da ACV.
ISO 14041 / 1998	Environmental management - Life cycle assessment - Goal and scope definition and inventory analysis.	Determinação da Meta e Escopo da ACV e condução do Inventário do Ciclo de Vida
ISO 14042 / 2000	Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment	Guia para Análise dos Impactos em uma ACV
ISO 14043 / 2000	Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle interpretation	Guia para interpretação dos resultados de uma ACV
ISO/CD TR 14047	Environmental management - Life cycle assessment - Examples of application of ISO 14042	Exemplo de aplicação da norma ISO 14042
ISO/TS 14048/2002	Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format	Informações para a formatação de dados utilizados na ACV
ISO/TR 14049/2000	Environmental management - Life cycle assessment - Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis	Exemplo de aplicação da norma ISO 14041
ISO/TR 14050/2002	Environmental management - Vocabulary	Terminologia utilizada na série Gerenciamento Ambiental

2.3.5 Estrutura de uma ACV

A norma ISO 14040 estabelece que a estrutura básica de uma ACV compreende quatro fases como se segue:

- A. Objetivo e Escopo
- B. Análise do Inventário
- C. Avaliação de Impacto
- D. Interpretação

Como estas se relacionam a fatores variados, além das limitações naturais de tempo e dinheiro, outras normas da série orientam os procedimentos para cada fase de uma ACV. O esquema representado na Figura 2.10 baseado na norma ISO 14040 ilustra estas orientações.

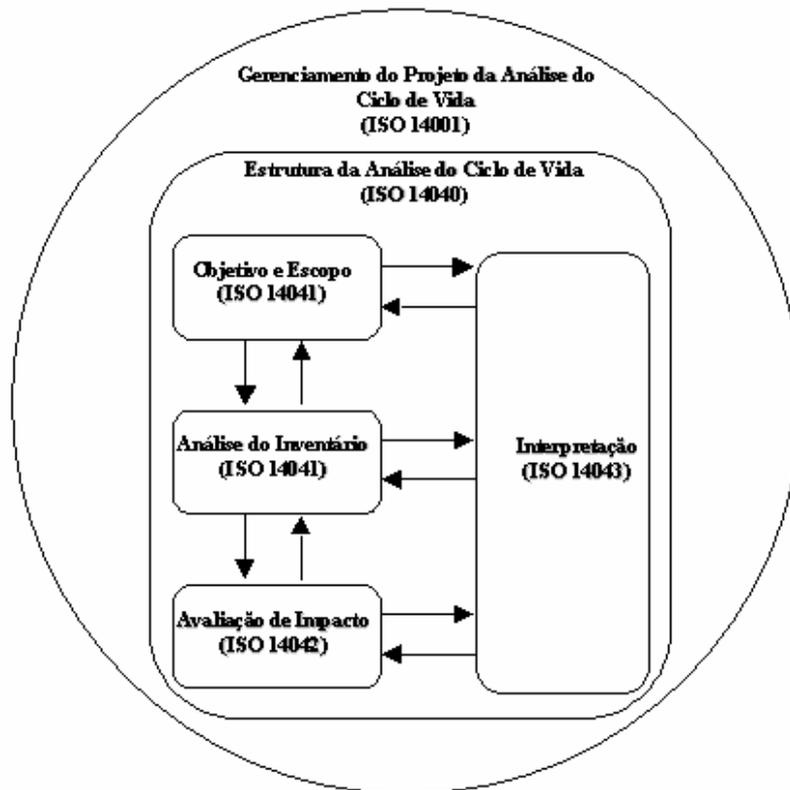


Figura 2.10: Diagrama da Estrutura de uma ACV e normas correspondentes.

Fonte: adaptado a partir do original de ISO (1997)

Como uma ACV parte de um conceito holístico, visando a integração de Qualidade Tecnológica do Produto, Qualidade Ambiental e Valor Agregado, é interessante que o gerenciamento de seu projeto esteja inserido em um SGA (Sistema de Gerenciamento Ambiental) baseado na norma ISO 14001 (ZOBEL, 2002). Tal suporte facilita a definição do Escopo da ACV além da obtenção de dados necessários para a análise.

A - Definição do Objetivo e Escopo

A norma ISO 14041 (ISO, 1998) diz que a meta de uma ACV deve ser claramente definida e consistente com a aplicação pretendida, expondo as razões para realizá-la, além de mencionar a quem serão comunicados os resultados da análise.

O escopo, por sua vez, define o sistema do produto, que seriam as limitações para o ciclo de vida. Este sistema seria subdividido em unidades de processo, etapas significativas de entrada de recursos e saídas de resíduos ou emissões. Estas unidades são relacionadas passando subprodutos umas às outras, definindo o fluxo do produto. Já, os recursos e os resíduos definem o fluxo elementar, ou seja, a relação da unidade com o meio ambiente. A Figura 2.11 esquematiza as relações entre o fluxo do produto e o fluxo elementar.

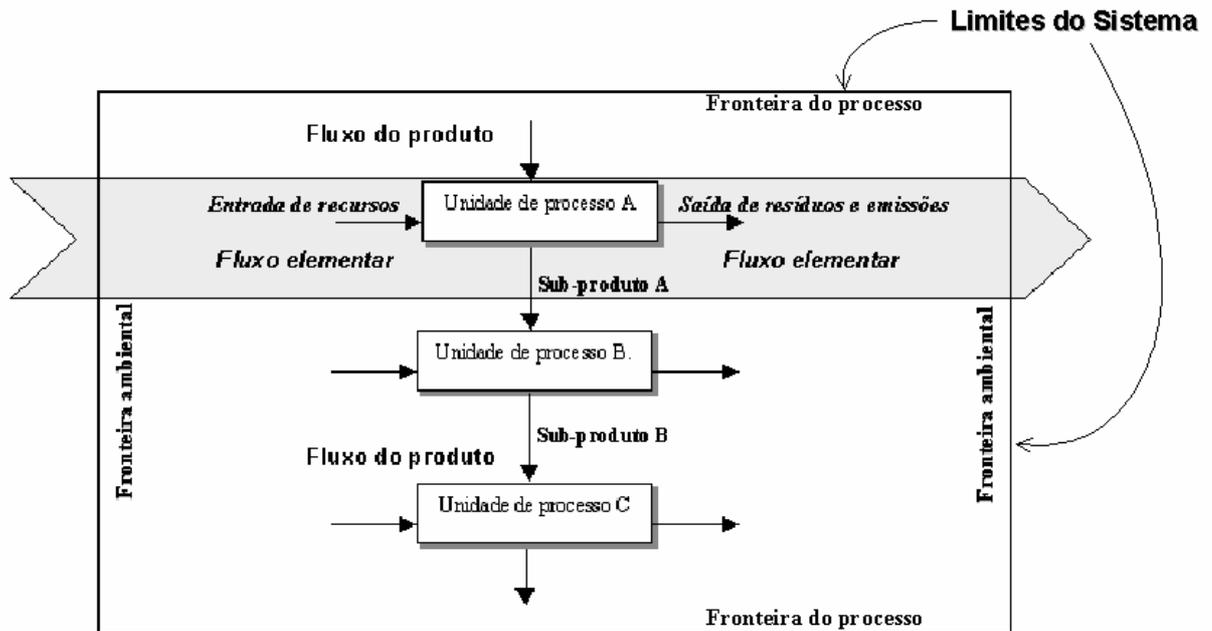


Figura 2.11: Diagrama esquemático: unidades de processo, fluxo do produto e fluxo elementar.

Os resultados esperados por uma ACV são invariavelmente termos de comparação de desempenho ambiental entre processos. Para tal, se faz necessário definir uma unidade funcional, de modo que as análises avaliem elementos que possam se intercambiar. Como exemplo pode ser citada uma ACV sobre material cerâmico. Devido às dificuldades de se padronizar os blocos, analisados define-se a unidade funcional como m^2 de parede construída (PEREIRA, 2004)

B - Análise do Inventário de Ciclo de Vida

Nesta etapa, visa-se a quantificação do uso de recursos primários e secundários e as respectivas emissões geradas ao longo de todo o ciclo de vida, definido na etapa anterior. Definida a metodologia para a coleta e registro dos dados, deve-se atentar para qualidade dos mesmos, tida como uma das principais limitações de uma ACV (SETAC, 1991; GUINÉE, 1993). O critério de coleta deve prever a validação para que eles sejam incorporados à base levantada.

Um inventário bem conduzido leva à identificação das principais contribuições por etapas do ciclo de vida, o que facilita o levantamento em estudos posteriores.

C - Avaliação de Impacto Ambiental

Considerada a etapa mais polêmica de uma ACV. São desenvolvidos critérios de valoração para riscos e impactos ambientais associados aos fluxos detectados na análise de inventário. Busca-se traçar um perfil de atuação do processo estudado, segundo categorias quantitativas ou qualitativas que seriam normalmente difíceis de mensurar. A

atribuição de pesos para computar os resultados dos efeitos ambientais estudados é em muitos casos subjetiva, pois envolve valores éticos, políticos e culturais.

As ACVs que visam comparar produtos ou processos devem utilizar os mesmos critérios de avaliação, ainda que discutíveis, de forma a terem resultados confiáveis.

D - Interpretação de Resultados

A análise nesse nível busca responder às questões colocadas no escopo. A identificação dos pontos significativos do sistema estudado, aponta para as oportunidades de redução de emissões de resíduos e consumo de recursos naturais. Além das possibilidades de melhora do desempenho ambiental nos pontos mais fracos, ficam as sugestões para futuros estudos que possam ter esta proposta. Também se colocam as possibilidades de revisão na metodologia de coleta de dados no inventário e/ou nos critérios de análise, em face às dificuldades observadas ou aos questionamentos dos resultados por analistas internos ou externos.

Os resultados de uma ACV são apresentados em relatórios, em função do objetivo e do solicitante da análise. Pelo menos um relatório deve ser completo e conter, além das etapas e fases descritas acima, todo o inventário com os dados levantados e a validação destes. Outros relatórios são elaborados apenas com os resultados, a interpretação e um resumo da metodologia utilizada.

2.4 ANÁLISES ENERGÉTICAS

2.4.1 Introdução e definições

Qualquer atividade de transformação ou transporte de matéria implica em uso de uma forma de energia. O entendimento dos fluxos energéticos é fundamental para a compreensão da maneira como se consomem os recursos energéticos disponíveis. Neste sentido, a determinação da energia requerida para a produção de um bem ou serviço, requer uma forma sistematizada de avaliação que pode ser chamada de análise energética.

A definição dos eventos que consomem energia para a realização de uma análise energética é uma tarefa complexa. As principais razões dizem respeito à definição dos limites do sistema deste bem ou produto.

Quando, por exemplo, entra-se em uma padaria e compra-se um pão, imagina-se em primeira análise o consumo energético do forno, seu rendimento, o combustível utilizado e os detalhes ligados diretamente ao cozimento do pão. Ainda dentro da padaria admite-se também o consumo de energia elétrica do maquinário que virou a massa e outros aparelhos auxiliares. É possível ainda considerar a iluminação, conservação de ingredientes, limpeza do ambiente e outras atividades correlatas realizadas no âmbito da padaria. Porém, quando extrapolam-se estes limites e consideram-se os insumos e matérias primas para a produção de pães, como a farinha de trigo, imagina-se pelo

menos: moagem, embalagem, armazenamento, transportes envolvidos até chegar à padaria; isto colocando apenas as etapas principais. Estendendo as considerações para os outros insumos, chega-se em um nível de detalhes considerável e percebe-se que o cozimento do pão no forno poderia até continuar sendo o evento principal, porém não o único, mas dividido com tantos outros que justificariam a determinação de um modelo de análise abrangente e cuidadoso. Transpondo o exemplo do pão para uma edificação, objeto desta pesquisa, a variabilidade de insumos e serviços necessários é tanta que a dificuldade de relacionar e avaliar energeticamente tudo que envolve sua concepção e realização, poderia inviabilizar tal análise. No entanto, deve-se ater à colocação inicial deste item que fala da limitação do sistema a ser estudado. Esta vem sendo a questão principal para as análises energéticas de todas as naturezas (BOUSTEAD & HANCOCK;1979)

Assim, a medida dos limites é a medida da complexidade da análise energética. Muito se tem estudado a este respeito e neste sentido a IFIAS, sigla do original em inglês para Federação Internacional de Institutos de Estudos Avançados, definiu parâmetros para análises energéticas em um workshop realizado na Suécia. O grupo reunido nesse evento definiu análise energética como a determinação da energia despendida no processo de obtenção de um bem ou serviço dentro da estrutura definida de convenções ou da aplicação de informações assim obtidas (WILTING; 1996).

Ainda dentro dos critérios da IFIAS, a análise de energia prescreve não somente um inventário dos insumos energéticos consumidos, mas também examina a natureza dos resultados enquanto subsídio para outras formas de análise.

Nos primórdios destas análises, entendia-se que a energia despendida em um processo se limitaria ao que fosse consumido para a geração direta de um produto. Entretanto, outras demandas energéticas se faziam perceber, como o transporte de insumos e matérias primas. Considerando-se os desdobramentos do processo principal, percebeu-se que em vários casos os gastos considerados indiretos seriam iguais ou superiores aos gastos diretos (HERENDEEN, 1975).

2.4.2 Histórico

No início dos anos 70, o interesse em consumo de energia aumentou fortemente, em consequência da superelevação dos preços e de uma consciência de crescimento dos impactos negativos do uso da energia no ambiente.

Com um custo muito elevado dos insumos energéticos, empresários e governos passaram a dedicar mais atenção para essas avaliações, procurando determinar não só o total de energia despendida em uma atividade específica, como também os pontos críticos de consumo em suas cadeias.

A princípio eram levantadas as principais demandas diretas de energia, a indisponibilidade de combustíveis fósseis e seus impactos no ambiente, além das exigências dessa energia em serviços e alguns setores da economia.

Foram alvos de pesquisas o setor automobilístico (BERRY e FELS, 1973); a produção de cobre e alumínio (CHAPMAN, 1974a, 1974b); materiais de embalagens (BERRY et al., 1975), produtos alimentícios (LEACH, 1976) e até combustíveis e eletricidade (CHAPMAN et al., 1974c). São deste período também os pioneiros trabalhos que determinaram o custo energético dos bens e dos serviços usando a análise econômica por matrizes insumo – produto (HANNON, 1974; WRIGHT, 1974; BULLARD e HERENDEEN; 1975).

Como esses trabalhos tinham seus próprios métodos, era difícil comparar os resultados. A fim de normalizar as análises de energia a IFIAS organizou o workshop, já mencionado, em 1974 com recomendações processuais para a execução de uma análise de energia, incluindo uma divisão de níveis dos requisitos energéticos levantados. Em um segundo workshop em 1975 o tema central seria o relacionamento entre a economia e a análise da energia.

Desde então, os pesquisadores têm produzido bancos de dados de requisitos energéticos de processos industriais seguindo tais critérios (BOUSTEAD & HANCOCK, 1979; BRASCAMP, 1983; PROCÉ, 1986; VAN HEIJNINGEN et al., 1992a, 1992b). Na área da construção civil, os trabalhos da Nova Zelândia e Austrália, são referências para dados de materiais de construção (BAIRD & CHAN, 1983; BAIRD & ALCORN, 1996; ALCORN & HASLAM, 1997; LAWSON, 1994). Por fim, a tese de Nieuwlaar (1988) dá uma vista geral do estado da arte das análises de energia no fim dos anos 80 e discute algumas aplicações das mesmas a partir dos workshops da IFIAS.

2.4.3 Limites de um sistema e níveis de análises energéticas

Uma análise energética resgata o total de energia gasto para a produção de um bem ou serviço. A este valor é dado o nome de Requisitos Totais de Energia – RTE -, do original em inglês *Gross Energy Requirement* (GER), expressos em MJ/kg ou unidade de produto. Os requisitos energéticos em questão, são expressos em termos de energia primária, ou seja, da forma como é obtida na natureza, que é discriminada em fontes renováveis e não renováveis.

No cálculo dos RTE são computadas também as conversões de energia primária para secundária, que vem a ser a forma de energia disponível para uso. Para estas conversões são definidas razões chamadas pela IFIAS de Requisitos Energéticos de Energia – REE -, que expressam as quantidades de energia primária utilizada para conversão em energia secundária em MJ/MJ. Os valores dos REE são sempre maiores ou iguais a 1, havendo, neste caso há um rendimento de 100% do sistema. Assim, para a conversão de carvão em coque, por exemplo, o valor da REE na Holanda é de 1,14

MJ/MJ, ou seja é consumido 1,14 MJ de carvão para gerar 1 MJ de coque. O inverso do valor do REE é a taxa de eficiência energética da conversão (WILTING; 1996).

Na prática, um mesmo produto tem diferentes valores de RTE dependendo do processo de fabricação, local, ano, etc. Assim, o primeiro passo para uma análise energética é a definição do sistema que será analisado. O esquema de níveis proposto pela IFIAS, e suas respectivas inter-relações, é representado na Figura 2.12 com as atribuições de requisitos energéticos.

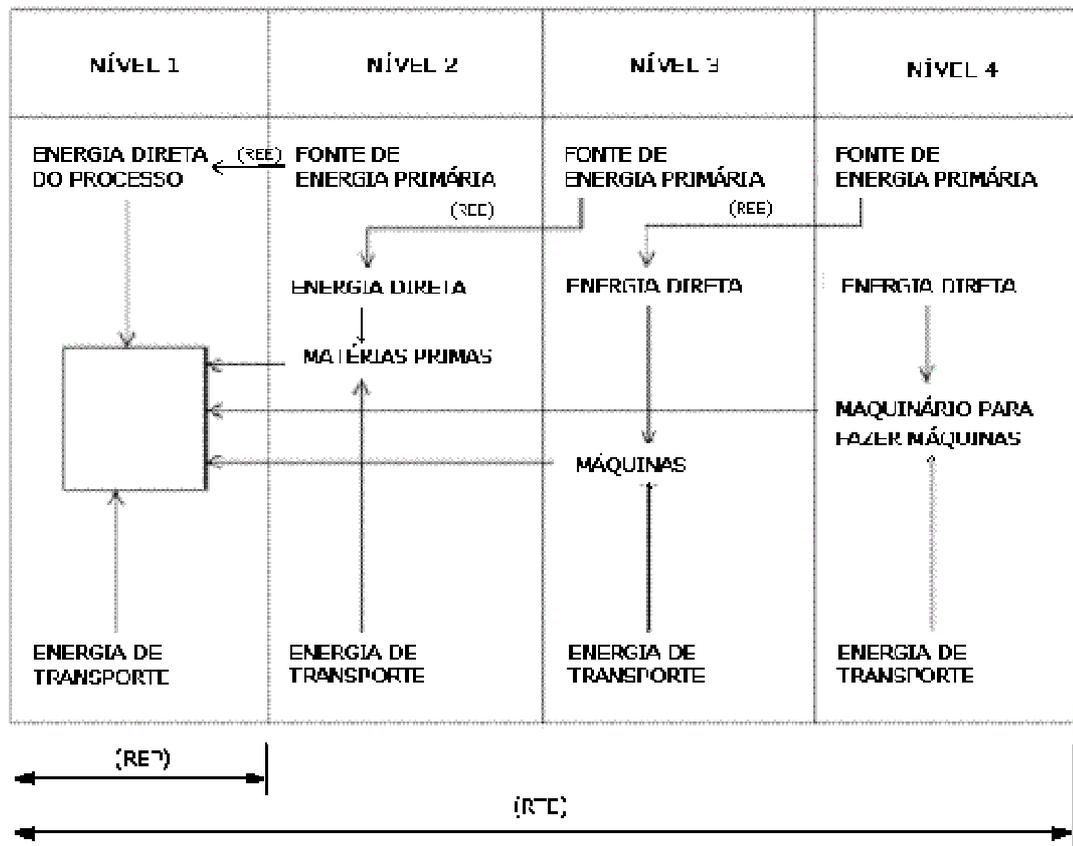


Figura 2.12: Níveis para análises energéticas.

Fonte: Adaptado de IFIAS (1975) *apud* WILTING (1996).

O nível 1 contém os requisitos de energia do processo – REP –, geralmente informados em termos de energia secundária. Seus limites seriam o que a norma ISO 14048 (ISO, 1998) define como etapa “gate-to-gate”, ou seja, dentro dos limites da fábrica. É usualmente utilizado pela acessibilidade dos dados, mas pode representar em muitos casos apenas 50% do total.

O nível 2 agrega a energia direta para extração e obtenção de matérias-primas e os requisitos de energia primária da energia direta do primeiro nível. Em conjunto com o nível 1 representa 90% dos RTE analisados no processo.

O **nível 3** adiciona os requisitos energéticos para obtenção dos bens de capital, como máquinas, prédios e meios de transporte necessários para o processo. Pode acrescentar até 9% ao total dos RTE.

O **nível 4** diz respeito aos requisitos energéticos para as máquinas que produziram os bens de capital do terceiro nível. Representa normalmente valores muito pequenos, além de ser dificilmente obtido pela complexidade das fontes que o cercam.

Para todos os níveis são consideradas as contribuições da energia dispendida no transporte (BAIRD, 1997; WILTING, 1996).

2.4.4 Conceito de Energia Embutida

A definição dos RTE é um dos principais objetivos de uma análise energética. Entretanto, o cálculo preciso dentro das definições colocadas pela IFIAS pode ser de extrema complexidade e, em muitos casos, ter seus resultados questionados por divergências metodológicas (WILTING, 1996).

No sentido de se otimizar, e em muitos casos, viabilizar as análises energéticas, é aceito e difundido o conceito de Energia Embutida –EE –, qual seria o total dos requisitos energéticos nos dois primeiros níveis do esquema da IFIAS, porém sem totalizar as conversões energéticas a partir dos REE. A simplificação da obtenção dos dados e a precisão em torno de 90% do valor preciso dos RTE fazem esta conceituação ser bem utilizada e em muitos casos até ser igualada aos valores dos RTE. (BAIRD & CHAIN, 1983; TRELOAR, 2001).

É fato que para uma análise como a proposta neste trabalho, de uma edificação residencial, com um nível de detalhamento elevado e naturezas diversas de consumos de energia, a determinação precisa dos RTE só seria possível com muito tempo e custos elevados.

Em função disso, utiliza-se a terminologia de Energia Embutida para a determinação dos Requisitos de Energia nos materiais de construção e Edificações analisadas.

2.5 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES

2.5.1 Definições

Uma Análise de Ciclo de Vida, conforme descrita no item 2.2, segundo os parâmetros da série de normas ISO 14040, consiste numa abrangente análise de impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um bem ou serviço, visando quantificar estes impactos de forma a compará-los com alternativas de processos similares. Algumas das variáveis analisadas incluem energia, com a respectiva fonte utilizada, e o uso de recursos não renováveis, bem como emissões diversas para o solo, água e ar.

Problemas surgem na medida em que uma ACV de foco muito detalhado requeira considerações de processos correlatos que podem, pela complexidade da análise, ser intencionalmente ou não negligenciadas (LAVE, 1995).

Uma Análise do Ciclo de Vida Energético é uma forma simplificada, porém significativa, para a condução de uma análise de impactos ambientais. Baseada na ACV preconizada na norma ISO 14040 esta análise prioriza o inventário de dados de consumo energético, diretos e indiretos. Apesar de não usar o conceito de multi-análise, característico das ACVs, uma ACVE dá condições para avaliação de impactos ambientais importantes como a emissão de gases do efeito estufa. Além disso, por ter uma estrutura mais simples do que uma ACV completa, demanda menos custos e tempo na sua execução.

Entretanto a proposta de uma ACVE não é substituir um método de análise ambiental amplo como uma ACV, mas preferencialmente facilitar uma tomada de decisão a cerca de eficiência energética e dos impactos associados como, por exemplo, a geração de CO₂ (FAY, 2000).

2.5.2 Ciclo de vida energético das edificações

Na indústria da construção civil, uma ACVE tem atributos especiais devido à complexidade da árvore de processos que envolvem o ciclo de vida das edificações. Além disso, estas são tipicamente energo-intensivas, seja para sua construção ou operação, o que sugere uma natureza de análise que destaque os eventos de consumo energético.

ACVEs em edificações são aplicadas em países como Canadá, Austrália, Suécia, Inglaterra e EUA (COLE, 1996; TRELOAR, 2000; THORMARK, 2002; YOHANIS, 2002; SCHEUER, 2003).

Apesar de existirem maiores possibilidades de detalhamento das etapas do ciclo de vida de uma edificação, os estudos citados sugerem uma divisão básica. A Figura 2.13 sintetiza as etapas mais citadas. São situadas também as terminologias usuais dos consumos energéticos por cada etapa ao longo do ciclo de vida.

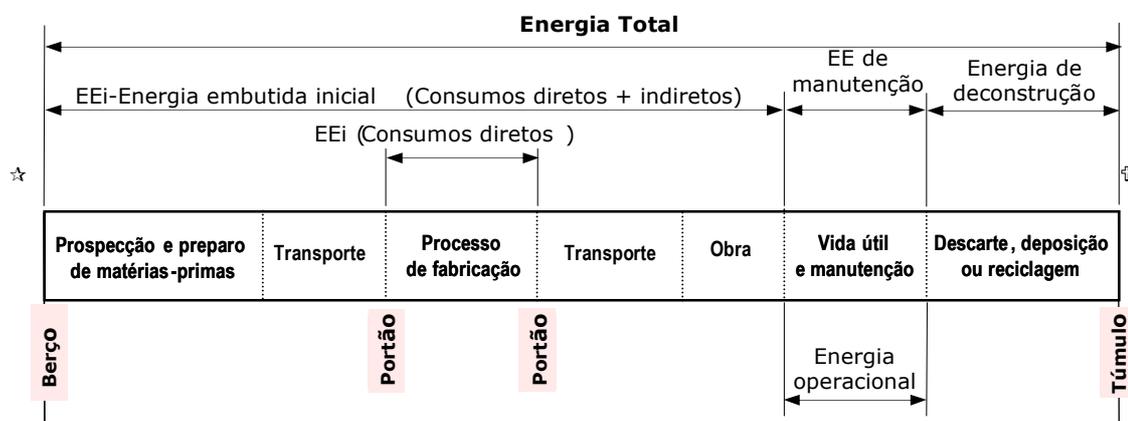


Figura 2.13: Ciclo de vida energético de uma edificação

Assim o conjunto dos requisitos energéticos em uma abordagem berço ao túmulo, segundo a terminologia da norma ISO 14040 (ISO, 1997), é chamado **Energia Total** no ciclo de vida energético.

Energia Embutida Inicial é definida como o conjunto dos insumos energéticos, diretos e indiretos, utilizados para erguer a edificação. Os consumos diretos, ou Requisitos Energéticos de Processo (cf. item 2.4.3), são os realizados dentro dos limites da fábrica para a obtenção dos materiais de construção utilizados.

Entre os indiretos incluem-se a extração e beneficiamento das matérias-primas dos materiais de construção, o transporte destas para as fábricas e posteriormente dos produtos acabados para os canteiros de obras, e finalmente a energia despendida na obra propriamente dita.

Durante a vida útil da edificação faz-se necessário o uso de equipamentos que consomem a chamada **Energia Operacional** para suprir as necessidades de: cocção, iluminação, entretenimento, climatização e, eventualmente, profissionais. Durante esta etapa são executadas reformas, em função da depreciação dos materiais ou por senso estético, com conseqüente uso de materiais de construção e transporte. O conjunto dos insumos pode ser denominado **Energia Embutida de Manutenção** ou Energia recorrente.

Energia de desconstrução é a energia consumida na etapa final do ciclo por descarte, deposição ou reciclagem. Considera-se o total de insumos diretos para demolição ou desmontagem da edificação e o transporte dos resíduos ou materiais para reaproveitamento ou reciclagem. O débito de energia embutida nos materiais reaproveitados ou reciclados pode ser contabilizado nas novas edificações que se utilizarem destes materiais (ADALBERTH, 1997; FAY, 1999; SCHEUER, 2003). Outra forma de avaliar os eventos de consumo energético desta etapa é calcular o potencial de reciclagem e re-uso dos materiais utilizados no ciclo de vida da edificação (THORMARK, 2002). O valor encontrado é informado junto ao total do consumo de Energia Embutida mais Energia Operacional e torna-se um fator a mais a ser considerado em uma tomada de decisão sobre eficiência energética.

Dentro dos parâmetros descritos acima numa ACVE em edificações, as unidades funcionais mais aceitas são **GJ/domicílio** ou **GJ/m²**. Pode-se usar kWh/m² para considerações específicas de energia elétrica.

2.5.3 Aplicações

A definição, e eventual comparação, do consumo energético nas principais etapas do ciclo de vida de uma edificação, indicam potenciais de eficiência energética e conseqüentes estratégias de conservação. Assim uma ACVE pode ser usada com propósitos variados como comparar o consumo de energia de prédios com tipologias diversas, ou demonstrar os benefícios de um recurso de projeto para otimizar energia

operacional. Tomem-se, por exemplo, construções em climas frios; o uso de materiais de isolamento térmico aumenta a energia embutida, porém seu uso durante a vida útil da edificação reduz o consumo de energia operacional.

Também é possível determinar o peso de materiais de construção específicos no conjunto da energia embutida e energia total consumida ao longo do ciclo de vida, além de analisar impactos ambientais associados ao uso destes materiais.

Um item relevante estimado em uma ACVE é a relação de retorno energético, ou seja, o tempo necessário de consumo operacional da edificação para igualar o custo energético embutido inicialmente. Estudos têm apontado a importância de se analisar comparativamente energia embutida na edificação e energia operacional consumida ao longo da vida útil, como pesquisas desenvolvidas na Austrália, que mostram a relação destas componentes em média como respectivamente 1:4 ao longo de um ciclo de vida de 50 anos (PULLEN, 2000).

O instituto de pesquisa australiano *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization – CSIRO* –, num estudo das relações de sustentabilidade em edificações, definiu que uma residência típica australiana consome aproximadamente 850 GJ para ser erguida e mais 200 GJ, ao longo de uma vida útil de 50 anos, de energia embutida em materiais de construção e processos construtivos. Uma ACVE considerou três possibilidades de operação da edificação: alta (70 GJ/ano), média (58 GJ/ano) e baixa (44 GJ/ano). As relações entre Energia embutida e Energia operacional obtidas estão no gráfico da Figura 2.14

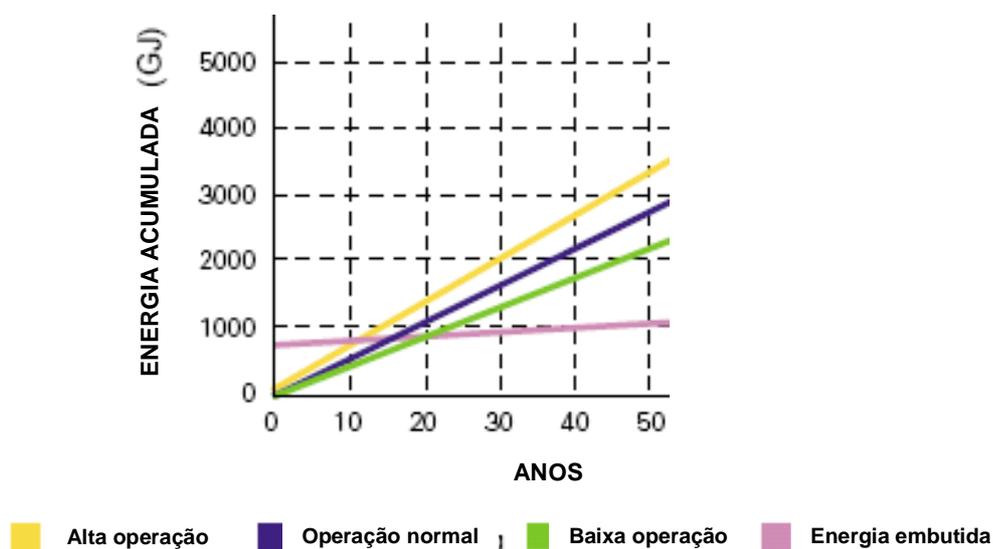


Figura 2.14: Energia acumulada por anos de operação em edificações residenciais na Austrália.

Fonte: adaptada do original de CSIRO (2003)

Observa-se que são necessários de 12 a 21 anos de operação da edificação para ser consumida a mesma energia utilizada para sua construção e manutenção. Em termos da energia acumulada em todo o ciclo a Energia Embutida significa 23 % a 33 % do total.

Para um estudo mais apurado das metodologias de ACVEs faz-se necessária a observação de outras experiências. Como no Brasil não há referências de teses e artigos sobre aplicações de uma ACVE completa, serão comentados alguns exemplos internacionais.

2.5.3.1 Experiência neozelandesa

Uma pesquisa desenvolvida na Nova Zelândia (MITHRARATNE, 2004) realiza uma ACVE em uma edificação típica daquele país (BAIRD & CHAN, 1983). A fim de se observar os efeitos específicos do uso de materiais, como concreto e os isolantes térmicos, são analisadas mais duas variações desta edificação. Assim são definidos três modelos:

O **1º modelo** é a própria edificação básica, considerada para este estudo como de **baixa Energia Embutida** por usar paredes e superestrutura de madeira, isolamento térmico de fibra de vidro com 75 mm na cobertura e 94 mm nas paredes, além de janelas com vidros simples.

O **2º modelo**, que tem piso de concreto e usa isolamento térmico de isopor com 25 mm nas paredes, é tido como de **média Energia Embutida**.

O **3º modelo** tem cuidados especiais com o isolamento térmico. Paredes, piso e cobertura têm uma camada de 200 mm de fibra de vidro, o que lhe confere o rótulo de **alta Energia Embutida**.

A **energia operacional** é obtida através do programa de simulação neozelandês ALF (STOEKLEIN, 2000), que calcula o consumo energético de climatização, e da literatura técnica (WRIGHT, 1986) para determinar consumos com iluminação e consumo de equipamentos.

O gráfico da Figura 2.15, mostra o consumo de energia total dos três modelos ao longo de um ciclo de vida de 100 anos, aonde podem ser observados as relações entre energia embutida e operacional.

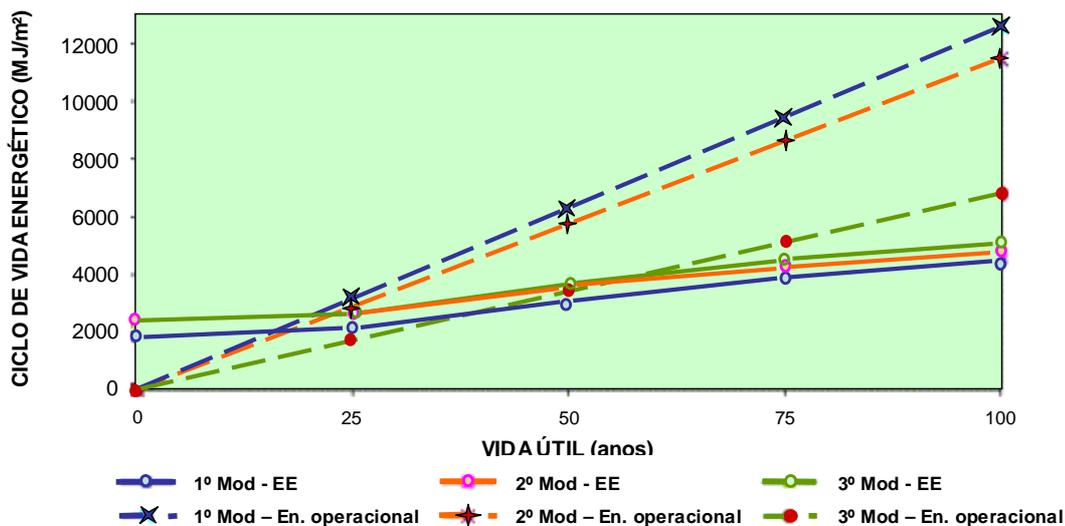


Figura 2.15: Energia Total no ciclo de vida dos três modelos de edificações neozelandesas

Fonte: Adaptada do original de MITHRARATNE, 2004.

A energia operacional equivaleu a 74%, 71% e 57% do total do ciclo de vida energético respectivamente no 1º, 2º e 3º modelos. Observando-se o retorno energético operacional em relação à energia embutida, são necessários um mínimo de 15 e um máximo de até 55 anos para igualarem uma à outra. É considerável também a economia de energia do 3º modelo super-isolado, frente a edificação padrão, 1º modelo, da ordem de 46% da energia operacional.

As diferenças entre as energias embutidas dos modelos são pequenas entre si, em relação aos consumos operacionais, estes sim com diferenças significativas principalmente do 3º modelo. Fica confirmado, segundo a autora, que a maior energia embutida inicial, com aumento do isolamento térmico é justificada ao longo do ciclo de vida. O retorno energético do terceiro modelo situa-se no 55º ano do ciclo.

2.5.3.2 Experiência Sueca

O trabalho apresenta uma metodologia para análise energética no ciclo de vida para edificações residenciais suecas (ADALBERTH, 1997a). O ciclo de vida da edificação foi dividido em três fases: produção, administração e destruição. A vida útil foi definida em 50 anos por ser um período usual na Suécia e facilitar a comparação com outros estudos escandinavos.

A fase de **produção** considera os consumos energéticos nos eventos pré-operacionais incluindo:

Q_{manuf} – fabricação dos materiais de construção;

$Q_{transp.prod}$ – transportes de matérias primas e materiais acabados;

Q_{erect} – consumo relativo à obra.

Os requisitos energéticos para a fabricação dos materiais de construção e sua aplicação em edificações são calculados pela fórmula 2.1:

$$Q_{manuf} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot (1 + w_i / 100) \cdot M_i \quad (2.1)$$

Onde:

n = número de materiais,

i = o material considerado,

m_i = o total de material i utilizado na edificação (ton),

w_i = o fator de desperdício do material i durante a obra (%) e

M_i = requisitos energéticos de fabricação do material de construção i (GJ/ton).

Os dados de Energia Embutida nos materiais de construção, M_i , e de desperdício, w_i , são obtidos na literatura técnica (ANDERSEN, 1993; LARSSON, 1983) por análise de processos e incluem os requisitos energéticos de extração das matérias-primas, transporte das mesmas e dos produtos acabados.

Os consumos relativos ao transporte de matérias primas e materiais acabados para a produção da edificação, $Q_{transp.prod}$ (GJ), são calculados a partir dos requisitos energéticos para a fabricação dos materiais de construção, Q_{manuf} (GJ), multiplicado pelos fatores d_i e T_c , que são respectivamente, a distância percorrida no transporte do material em questão até o sítio da obra (km) e o consumo energético dos meios de transporte utilizados (GJ/km.t) definidos em literatura (TILLMAN, 1991).

O consumo relativo à obra é definido em função do serviço realizado como, por exemplo, mistura e vibração do concreto. Estes consumos são extraídos da literatura técnica (ANDERSEN, 1993) e aplicados para cada serviço específico conforme a fórmula 2.2:

$$Q_{erect} = \sum p_i \cdot P_i \quad (2.2)$$

onde:

p_i - serviço considerado

P_i - respectivo consumo energético (GJ/ton, GJ/m³ ou GJ/m² em função do tipo de serviço).

Na fase de administração, ou de ocupação, da edificação são considerados os seguintes eventos de consumo energético:

Q_{occup} - de ocupação, ou operacional;

$Q_{manuf.renov}$ - de renovação, uso dos materiais de reposição e manutenção;

$Q_{transp.renov}$ – transportes de matérias primas e materiais acabados de renovação.

O consumo de ocupação é obtido por um programa sueco de simulação, Enorm (MUNTHE, 1992), que calcula somente as cargas de climatização, ou seja, aquecimento de ambientes, água e ventilação. A simulação é executada para um ano de ocupação e multiplicada pela vida útil da edificação.

Para o uso dos materiais de reposição e manutenção é aplicado à fórmula dos requisitos energéticos para a fabricação dos materiais de construção, Q_{manuf} (GJ), um fator de depreciação do material i em questão obtido pela divisão do tempo de vida útil da edificação, no caso 50 anos, pelo tempo de vida útil do material i em questão menos 1. O mesmo se aplica para os consumos em transportes de matérias primas e materiais acabados de renovação.

Na fase de **destruição** calculam-se os consumos energéticos dos eventos:

Q_{demol} – demolição da edificação;

$Q_{transp.renov}$ – remoção dos resíduos.

Nessa pesquisa a atividade de demolição é considerada correlata à construção do prédio, ou seja, são usadas as mesmas fórmulas para seu cálculo, uma vez que a referência de literatura utilizada (ANDERSEN, 1993) inclui também os serviços de demolição. O transporte dos resíduos da demolição é análogo ao transporte dos materiais novos.

Assim, o cálculo final da energia resultante do ciclo de vida da edificação $Q_{lifecycle}$ (GJ) proposto nesta pesquisa é o somatório de todas as fases conforme a fórmula 2.3.

$$Q_{lifecycle} = Q_{manuf} + Q_{transp.prod} + Q_{erect} + Q_{occup} + (Q_{manuf.renov} + Q_{transp.renov}) + Q_{demol} + Q_{transp.renov} \quad (2.3)$$

A metodologia proposta foi aplicada em três residências suecas (ADALBERTH, 1997b). A Energia Embutida inicial média foi de 3,00 GJ/m². O valor em parte é atribuído ao grande uso de madeira para a estrutura e painéis de fechamento. A energia embutida de manutenção foi estimada em 0,0288 GJ/m².ano. Concreto, madeira e plástico são os materiais mais relevantes em termos de participação na energia embutida com 23% cada em média. Observa-se também que cinco materiais compõem 80% da Energia Embutida inicial.

O consumo na vida operacional da edificação, como citado, foi simulado no programa Enorm. Para os consumos dos utensílios domésticos a autora utilizou a média de consumo de energia de 8000 edificações durante 12 anos na região de Estocolmo. O valor final do consumo operacional foi da ordem de 0,51 GJ/m².ano

A relação de Energia Embutida e Energia Operacional no Ciclo de Vida de 50 anos são demonstradas na Figura 2.16

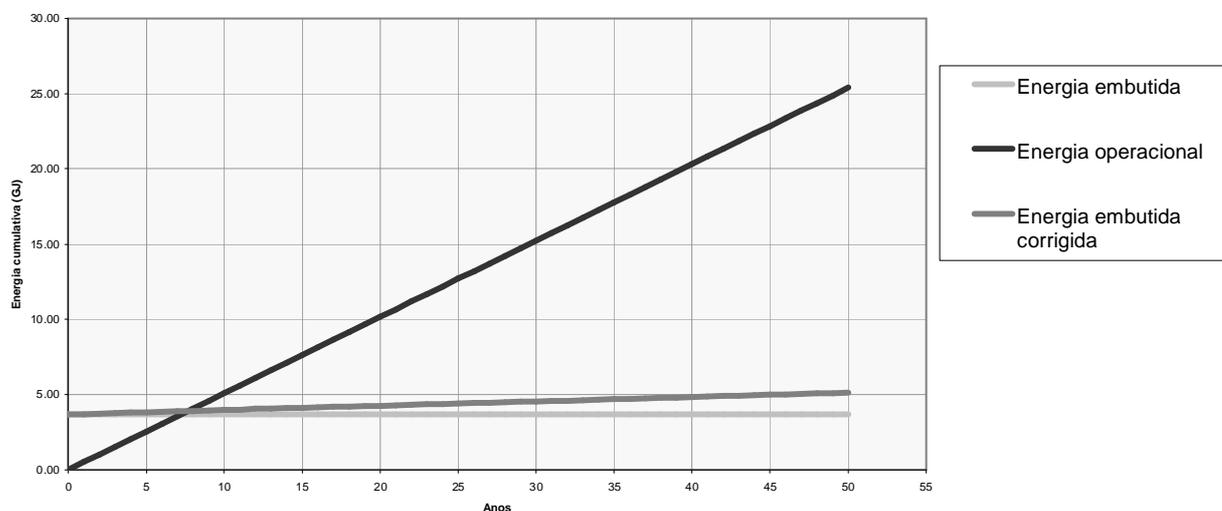


Figura 2.16: Consumo de energia no ciclo de vida da edificação sueca

Fonte: Do autor a partir ADALBERTH, 1997b.

O gráfico conduz a concluir que a edificação levará aproximadamente 7 anos para consumir operacionalmente seu conteúdo de Energia Embutida, que corresponderá a 14% do total de Energia Operacional ao final do ciclo. Considerando-se a Energia Embutida de manutenção o total chega a 20%.

A autora considerou irrelevantes os conteúdos energéticos de transporte e demolição que não chegaram a constituir 1% do total do Ciclo de Vida energético das edificações.

2.5.3.3 Experiência Australiana

O trabalho de Mark Roger Fay (1999) analisa o ciclo de vida energético de edificações residenciais no subúrbio de Melbourne, Austrália.

A análise é realizada em oito edificações existentes, selecionadas a partir de perfis definidos por características significativas como: tipologia, área construída, materiais do envelope, nº de quartos, banheiros e de habitantes. Os dados são obtidos em levantamentos do *Australian Bureau of Statistics* (ABS, 1996).

O modelo de ACVE define duas etapas principais, Energia Embutida – EE - e Energia Operacional – EO -. Os consumos de construção e desconstrução, nesta pesquisa são considerados irrelevantes. Assim, a energia no ciclo de vida da edificação é definida pelas fórmulas 2.4 e 2.5.

$$\boxed{LCE = LCOE + LCEE} \quad (2.4)$$

$$\boxed{LCE = [OE_t + OE_n] \times t + \sum_{p=1}^P \left[PQ_p \times TEI_p + PQ_p \times TEI_p \times \left(\frac{t}{RP_p} - 1 \right) \right]} \quad (2.5)$$

Onde:

LCE = Energia total consumida no ciclo de vida;

$LCOE$ = Energia Operacional;

$LCEE$ = Energia Embutida na Edificação;

OE_t = Energia consumida para climatização;

OE_n = Energia consumida por equipamentos;

t = tempo de vida útil da edificação;

p = produto analisado;

PQ_p = Quantidade do produto analisado;

TEI_p = Intensidade Energética total do produto analisado;

RP_p = Taxa de Reposição do produto analisado, em anos.

Para o cálculo da energia operacional foram considerados dois fatores: OE_t = Energia consumida para climatização; e OE_n = Energia consumida por equipamentos. As cargas de climatização são obtidas através do programa de simulação NatHERS, nas condições climáticas de Melbourne. Ao consumo dos equipamentos, ou cargas não climatizadas, é atribuído um fator médio de 0,54 GJ/m² definido por valores obtidos nas concessionárias de energia locais e da literatura técnica (TRELOAR, 1997) a partir de análises energéticas por matrizes insumo x produto.

O cálculo da Energia Embutida na Edificação é organizado através de uma planilha eletrônica que inclui a energia inicial e de reposição. São contabilizados os valores de energia embutida nas partes da edificação a partir dos quantitativos de materiais que as compõem. A energia consumida por cada material é definida por volume, ou peso multiplicado pelos valores de Intensidade Energética Total. Isto é, que incluem os consumos diretos e indiretos como fabricação dos materiais, matérias primas e transportes. Para tal foi usada análise energética híbrida (TRELOAR, 1998), constando de análise de processos e matrizes insumo x produto. A energia de reposição é calculada pela intensidade energética do material analisado multiplicada por um fator de reposição deste, ao longo do ciclo de vida. As expectativas de vida dos materiais e equipamentos foram observadas da literatura técnica (CRAVEN, 1994; PULLEN, 1995; ADALBERTH, 1997; MACKLEY, 1998).

O consumo das atividades de obra foi calculado a partir de um fator, $0,876 \text{ GJ/m}^2$, definido em análise por matrizes insumo x produto (TRELOAR, 1998). Este valor multiplicado pela área útil de cada edificação é somado à energia embutida inicial.

Nas oito casas analisadas foram encontrados, para energia embutida, resultados de $10,1$ a $14,3 \text{ GJ/m}^2$. A energia operacional variou entre $121,4$ e $95,8 \text{ GJ/m}^2$. As considerações sobre as diferenças são extensas e vão desde a tipologia da edificação, casas geminadas ou não, até o tipo de janela ou material de cobertura.

Para todo o ciclo de vida considera-se, a título de avaliação, o resultado de uma das oito casas, denominada na pesquisa de Argyle. A Energia Embutida inicial foi de $13,7 \text{ GJ/m}^2$, a Energia Operacional ao final de 100 anos 85 GJ/m^2 e o total do Ciclo de Vida $125,8 \text{ GJ/m}^2$. Os resultados estão representados na Figura 2.17

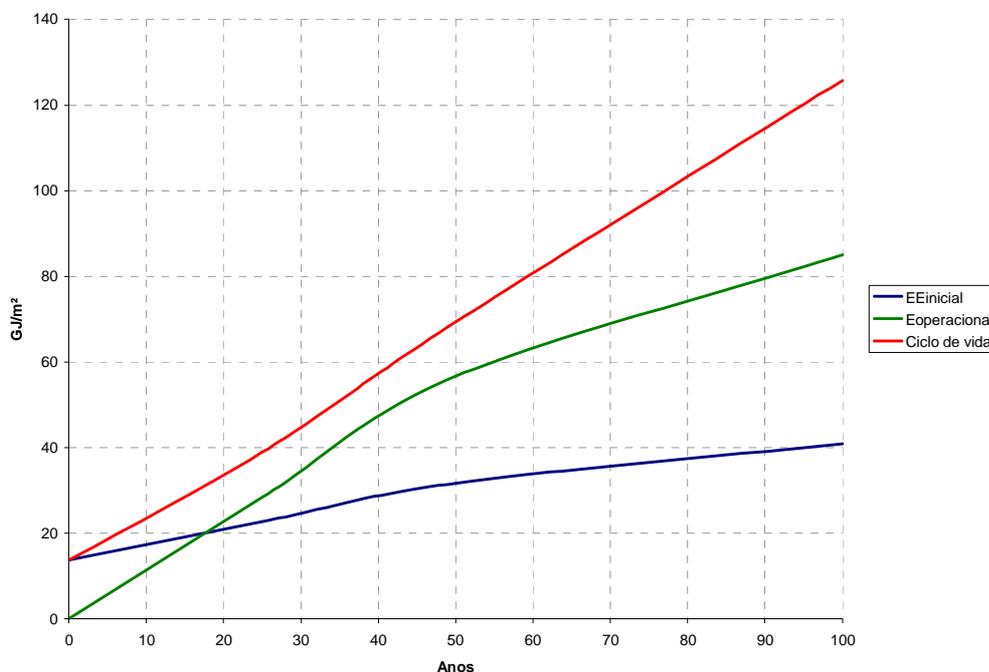


Figura 2.17: Ciclo de vida energético de edificação australiana.

Fonte: a partir de dados de Fay (1999)

A taxa de crescimento anual é de $0,4 \text{ GJ/m}^2$ para a EE e $0,85$ para Energia Operacional. O consumo operacional iguala a energia embutida no 18º ano do ciclo. Ao final de 100 anos a EE compõe 32% do total do Ciclo de Vida. Porém, em 50 anos esta relação é de 46%.

Para as demais sete casas os resultados foram similares, variando o ano do ciclo em que a Energia Operacional iguala a Energia Embutida do 15º ao 20º.

Outro comentário relevante se faz sobre o valor da Energia Embutida. Este considera os conteúdos energéticos de mobiliários e equipamentos eletrodomésticos, estimados em uma análise por matrizes insumo x produto, detalhado a seguir (TRELOAR,

1998). Na análise estratificada por materiais, consta respectivamente com 6,4 e 5,8% dos conteúdos energéticos, representando juntos, em termos quantitativos representam juntos 1,5 GJ/m². Ainda sobre os materiais observa-se que 12 materiais compõem 80% do conteúdo energético da edificação. Já um estudo brasileiro aponta quatro materiais para o mesmo percentual, a saber: cimento, cerâmica, aço e madeira (TAVARES & LAMBERTS, 2002).

2.6 ENERGIA EMBUTIDA EM EDIFICAÇÕES

A seleção de materiais de construção é um item relevante em qualquer estudo de sustentabilidade. A preocupação é justificada, pois os processos de fabricação dos materiais de construção contribuem decisivamente na geração dos gases do efeito estufa.

No sentido de se controlar impactos ambientais adversos, pesquisas sobre os requisitos energéticos na fabricação e processamento de materiais de construção vêm sendo desenvolvidas em países como Nova Zelândia, Japão, Índia, Austrália, entre outros (BUCHANAN AND HONEY, 1994; SUZUKI, 1995; DEBNATH, 1995; LAWSON, 1996).

2.6.1 Métodos de análise de Energia Embutida

Conforme explanado no item 2.4.4 é utilizada neste trabalho a terminologia de Energia Embutida – EE – para definir o somatório dos requisitos energéticos de um produto ou serviço.

Desta forma, EE é definida como o total de insumos energéticos, diretos e indiretos, necessários para a fabricação e distribuição de um produto em todas as etapas pré-operacionais de seu ciclo de vida (TRELOAR, 2001).

A EE em um bem ou serviço é obtido usualmente por quatro métodos: Análise de Processo, Análise Estatística, Análise por matrizes Insumo x Produto e Análise Híbrida.

2.6.1.1 Análise de processo

Baseia-se na análise detalhada de todas as etapas de um processo de fabricação, discriminando os eventos de consumos energéticos diretos e indiretos em cada etapa. O estudo da IFIAS de 1974, resumidamente apresentado no item 2.4.3, é usualmente utilizado como critério para este tipo de análise, cujo levantamento e quantificação de insumos energéticos requerem cuidados no registro dos mesmos. A norma ISO/TS 14048 (ISO, 2002) exemplifica alguns destes cuidados quando da elaboração da planilha de todos os eventos significativos e informações relativas à realização de um inventário de dados para ACV.

Também são necessários fluxogramas de monitoramento das unidades de processo que indiquem os limites do sistema e os fluxos de processo e elementar (cf. Figura 8 item 2.3.5) Um módulo básico, utilizado em análises realizadas em indústrias

cerâmicas, está representado na Figura 2.18 e foi elaborado segundo simbologia recomendada pela IFIAS (ROSE, 1979).

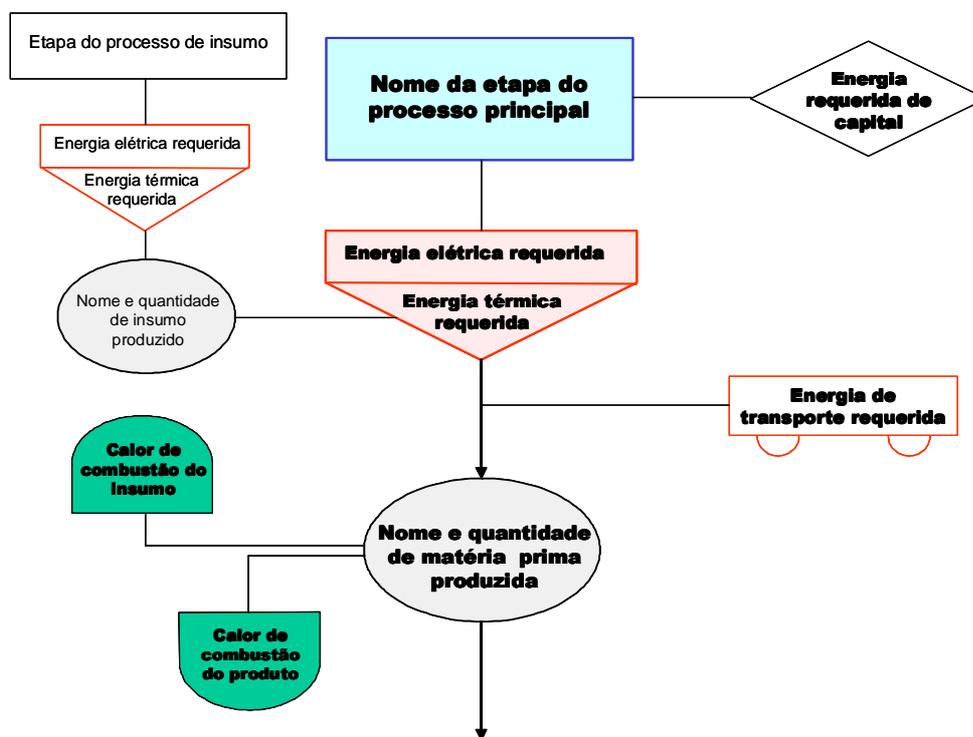


Figura 2.18: Módulo básico para fluxograma de monitoramento dos dados de análise energética

Fonte: Do Autor a partir de Rose (1979)

Assim para cada evento significativo será levantado seu respectivo consumo energético até o subnível de energia embutida possível. Cada etapa tem seu inventário realizado segundo fluxogramas específicos.

O tempo necessário para realizar uma análise de processo devidamente detalhada é o principal inconveniente deste método. Apesar disso é muito utilizado, pois produz dados de boa precisão, com incertezas de 10% (BOUSTEAD & HANCOCK, 1979).

2.6.1.2 Análise estatística

Realizada a partir de estatísticas das fábricas, setores industriais e órgãos do governo sobre os consumos energéticos de produtos ou categorias. É um método rápido e prático que prescinde, no entanto, de dados consistentes e confiáveis. Sugere-se atentar para a discriminação de produtos distintos dentro de um mesmo setor quando necessário; por exemplo, cerâmica vermelha e cerâmica de revestimento são informadas genericamente como "cerâmica" no BEN.

Algumas fábricas e setores industriais brasileiros, tais como: cimento, aço, alumínio, vidros, detalham adequadamente tais informações devido ao grande peso da energia em seus processos.

2.6.1.3 Análise por matrizes insumo x produto

As matrizes insumo x produto relacionam os resultados financeiros de setores da economia definindo o fluxo de moeda entre eles. A partir destas, constrói-se a matriz de impacto intersetorial, ou matriz de Leontief. Destacando-se os fluxos entre os setores produtores de energia e os consumidores de energia, estabelece-se a relação de cada unidade de energia com a unidade de moeda correspondente, por exemplo, MJ/R\$ de: gás, carvão, petróleo, eletricidade. Desta forma, determinam-se Tabelas com índices de quanto cada setor da economia consome de energia para cada real ou dólar produzido (TRELOAR, 2001).

Este método permite rastrear mais precisamente os vários níveis possíveis de consumo energético e, uma vez dispondo-se das Tabelas, fazê-lo de modo rápido e elegante. As desvantagens aparecem na medida em que não se tenham dados consistentes dos resultados econômicos dos setores relacionados, além da limitação de uso a estes mesmos setores ou a partes destes. Torna mais complexa esta análise às necessidades de cálculo de atualização monetária, se forem utilizadas Tabelas de anos anteriores, e o fato de que a relação entre setores na matriz de impacto inter-setorial se dá eventualmente entre setores não similares. O conjunto destes fatores leva as incertezas muito altas, em até 50% (MILLER & BLAIR, 1985).

No Brasil as matrizes de impacto intersetorial relacionam 43 setores da economia (IBGE, 1999), porém estas não discriminam adequadamente os setores energéticos, o que dificulta sobremaneira aplicação do método na sua essência.

Enquanto uma técnica de uso disseminado em países como a Austrália, EUA, Dinamarca e Nova Zelândia, sua aplicação geralmente é associada a outro método para análise de EE, de forma a se reduzir as altas incertezas verificadas.

2.6.1.4 Análise híbrida

Integra as vantagens dos métodos disponíveis e reduz as incertezas. Em países aonde as matrizes insumo x produto são disponíveis com dados de consumo energético. As análises híbridas são comumente realizadas com as análises de processo de forma a reduzir as incertezas das análises insumo x produto (TRELOAR, 2001; ALCORN, BAIRD, 1996).

Neste trabalho é feita uma análise híbrida considerando análise de processo e estatística, justificada em parte pela disponibilidade dos dados necessários a estes métodos, em parte devido à dificuldade já citada do método das matrizes insumo x produto.

2.6.2 Materiais de construção

A análise da Energia Embutida em materiais de construção é de grande importância para determinar a Energia Embutida na Edificação. Os valores são normalmente dispostos em MJ/kg e MJ/m³ de material produzido, ou de MJ/m² quando se comparam elementos construtivos como tipos de alvenarias, pisos ou coberturas. As principais pesquisas sobre Energia Embutida em materiais de construção, no tocante à relevância e citações em trabalhos envolvendo análises energéticas, estão dispostas na Tabela 2.7.

Tabela 2.7: Pesquisas relevantes sobre Energia Embutida em Materiais de Construção

Autor	Data	Título	Metodologia
Boustead & Hancock	1979	Handbook of industrial energy analysis	Análise de processos
Baird & Chan	1983	Energy Cost of houses and light construction buildings	Análise Híbrida
Lawson	1996	Building Materials energy and environment - towards ecologically development	Análise de processos
Alcorn	1996	Embodied energy coefficients of building Material	Análise Híbrida
Treloar	1997	Extracting embodied energy paths from input-output tables: towards an input-output based hybrid energy analysis method	Análise Híbrida
Adalbert ⁽¹⁾	1997	Energy use during the life cycle of building: a method	Análise de processos

⁽¹⁾ citando Andersen (1993)

A análise híbrida citada nas metodologias foi composta de análise de processos e matrizes insumo x produto. Os trabalhos acima embasaram outras pesquisas sobre Energia Embutida ou ciclo de vida energético das edificações (BUCHANAN & HONEY, 1994; FAY, 1999; CHEN, 2001; THORMARK, 2002; MITHRARATNE, 2004).

Os dados encontrados apresentam algumas diferenças em função do local aonde são pesquisados e a metodologia aplicada. A dificuldade de se obter números precisos para Energia Embutida pode ser atribuída a fatores como:

- ✓ processos industriais e atividades econômicas que variam entre países, onde os menos desenvolvidos tendem a ter processos menos eficientes;
- ✓ fábricas modernas são geralmente mais econômicas energeticamente do que as antigas, até mesmo por maiores cobranças sobre eficiência energética e geração de poluentes;
- ✓ dados obtidos por análise estatística provêm de um conjunto variado de processos;
- ✓ diferenças de qualidade em: matérias primas, eficiência dos trabalhadores, tratamento de resíduos e níveis de reciclagem.

No Brasil existem poucas pesquisas envolvendo a obtenção dos índices de Energia Embutida em materiais de construção. O trabalho de Manfredini (2005) estabelece

índices de EE para a cerâmica vermelha produzida no RS. Alguns trabalhos de ACV em materiais de construção apontam dados de consumo energético gerais, porém sem a informação de um índice específico de EE (CARVALHO, 2002; RIBEIRO 2003; SOARES, 2005).

As pesquisas realizadas no Brasil especificamente sobre este tópico (BRASIL, 1982; IPT, 1982; GUIMARÃES, 1985) são discutidas no item 2.6.6, simultaneamente aos estudos de Energia Embutida em Edificações.

O Anexo E apresenta uma planilha com os índices de Energia Embutida em Materiais de Construção encontrados nas pesquisas citadas.

2.6.3 Consumo de Energia na Obra

A definição dos eventos que compõem o consumo energético na etapa da obra varia significativamente e apontar para resultados conseqüentemente diversos. Enquanto as pesquisas incluem os transportes de materiais de construção e equipamentos para definir este consumo (COLE, 1999), outras não consideram o transporte como parte da obra e por sua vez incluem os desperdícios de materiais (ADALBERTH, 1997). Os consumos atribuídos ao uso de equipamentos como betoneiras, elevadores de carga, máquinas de corte e outros realizados estritamente no período da obra, aparecem constantemente como um fator real, embora estimado também por mais de um critério. A maior parte dos trabalhos verificados estima o consumo dos equipamentos a partir das horas trabalhadas para cada atividade e atribui fatores de consumo por equipamento utilizado (COLE, 1999; ADALBERTH, 1997; SCHEUER, 2003; PULLEN, 2000).

Outra forma de se estimar estes consumos, é realizar uma análise por matrizes insumo x produto. Conforme a metodologia simplificada exposta no item 2.6.1.3 determina-se, baseado nos resultados econômicos do setor da construção, um fator aplicado à área construída para definição da energia consumida (TRELOAR, 1998) que inclui todas as atividades de uso de equipamentos e serviços durante a obra.

Os resultados variam em torno de 5 a 10% dos valores da Energia Embutida Inicial nas pesquisas citadas, em qualquer das metodologias utilizadas.

No Brasil, como há poucas referências gerais de ACVEs, os conteúdos energéticos de obra são igualmente pouco estudados. O trabalho de Tavares e Lamberts (2005) calcula estimativas para os percentuais de consumo energético atribuído à construção de edificações residenciais no Brasil. No tocante à etapa da obra, o consumo direto com equipamentos respondeu por 0,27% da Energia Embutida nos materiais de construção, enquanto os desperdícios somaram 25%.

Outras considerações que dizem respeito a fatores isolados, propostos para definição de custos nas edificações. A norma ABNT NBR 1271 (ABNT, 1999) indica valores do consumo de energia elétrica em equipamentos por metro quadrado de área construída dos modelos analisados para cálculo do Custo Unitário Básico da construção.

Também no sentido de gerar orçamentos são dispostos os valores das Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO, 2003), que indicam o consumo por hora trabalhada e metro quadrado construído dos principais equipamentos utilizados em obras.

Para a definição dos desperdícios de materiais de construção, observam-se os índices publicados nas TCPO, que por sua vez estão baseados em pesquisa de âmbito nacional, da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP junto ao curso de Pós-graduação em Construção Civil da Universidade de São Paulo – PCC/USP, Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras (AGOPYAN. et al., 1998)

2.6.4 Energia embutida de manutenção

Ao longo da vida útil de uma edificação seus componentes vão necessitar naturalmente de manutenção regular e eventual reposição. Toda a construção, ou parte desta, pode se tornar inadequada aos requisitos de seus ocupantes por mudança de hábitos, alteração do número de habitantes, senso estético, atualização de normas, regulamentos, ou desempenho técnico.

Assim, com a idade dos prédios, cresce a necessidade de consumo de novos materiais e equipamentos e, concomitantemente, a Energia Embutida da Edificação.

Estudos apontam as variáveis, técnicas ou comportamentais, para determinar a vida útil de materiais e equipamentos em edificações. Uma análise realizada em casas típicas australianas verificou que a Energia Embutida Inicial cresce 64 % em um ciclo de vida de 80 anos (PULLEN, 1995). A energia embutida de manutenção em casas suecas atinge o mesmo valor da Energia Embutida Inicial em 50 anos, baseada nos requisitos das normas de manutenção predial da Companhia Sueca de residências municipais (THORMARK, 2002).

Os resultados das pesquisas citadas estão relatados no Anexo A, com a expectativa da vida útil em anos de materiais e equipamentos domésticos.

Nota-se que os mobiliários e equipamentos eletrodomésticos são mais suscetíveis ao desgaste ou desuso do que materiais de construção. Seus respectivos ciclos de vida têm sido estudados devido à sua energia embutida, considerável em muitos casos, e aos intervalos de manutenção cada vez mais curtos (TRELOAR, 1999).

2.6.5 Consumo de energia em transportes

O transporte de insumos e maquinário é frequentemente citado como um fator relevante no ciclo de vida energético das edificações. A parcela de consumo atribuída ao transporte situa-se, na literatura técnica, entre 5% e 6% da Energia Embutida Inicial (MILLER, 1996; ADALBERTH, 1997; REDDY & JAGADISH, 2001).

No sentido de calcular a componente de energia embutida atribuída ao transporte definem-se os limites do sistema analisado (COLE, 1999). Entre os eventos considerados estão os transportes de:

- ✓ matérias primas até os centros de transformação;
- ✓ materiais de construção processados até os centros de distribuição;
- ✓ materiais de construção dos centros de distribuição até o sítio da obra;
- ✓ equipamentos utilizados na obra;
- ✓ trabalhadores de suas casas ao sítio da obra; e
- ✓ resíduos gerados na obra.

Esses são os eventos considerados na fase pré-operacional. Durante a vida útil da edificação são utilizados materiais de construção para manutenção e reformas na edificação. Esses prescindem de serem transportados, bem como os resíduos gerados. Na fase pós-operacional também é realizado o movimento de transporte do material de demolição. Em face da dificuldade de se obterem as distâncias reais percorridas por cada material, são atribuídos valores médios na ausência destas.

A Tabela 2.8 dispõe os valores em MJ/t/km para diferentes meios de transporte, outro item importante a ser considerado, obtidos no Inventário Ecológico publicado pelas Universidades de Karlsruhe e Weimar na Alemanha e Zurich na Suíça (IFIB, 1995).

Tabela 2.8: Consumo energético associado aos meios de transporte

MEIO DE TRANSPORTE	MJ/km/t
Navio de carga em hidrovias	0,93
Navio de carga oceânico	0,13
Van de entrega (< 3.5 t)	11,10
Caminhão, 16 t	5,17
Caminhão, 28 t	3,56
Caminhão, 40 t	2,54
Carro de passeio	5,15
Trem de carga	1,50

Fonte: (IFIB, 1995)

Os menores valores são os de transporte hidroviário, seguidos pelo ferroviário. Efetivamente outros fatores influem no consumo energético do transporte como: o modelo e idade do veículo, condições físicas das estradas, trânsito local e até mesmo a competência do motorista. Apesar de reconhecidos, não há registros sobre valores da influência destes fatores.

A partir dos consumos energéticos podem-se realizar estimativas de geração de CO₂ pelas atividades de transportes. A Tabela 2.9 apresenta a relação de consumo e emissão de carbono para o transporte rodoviário e ferroviário na Nova Zelândia (BUCHANAN & HONEY, 1994).

Tabela 2.9: Consumo energético e emissões de Carbono por diferentes meio de transporte e distâncias

Tipo de Transporte e distância	Consumo energético (MJ/t)	Emissão de Carbono (kg C/t)
Transp. Rodoviário 30 km	114	2,28
Transp. Rodoviário 50 km	190	3,80
Transp. Rodoviário 100 km	230	4,60
Transp. Ferroviário 200 km	146	2,92
Transp. Ferroviário 500 km	365	7,30

Fonte: (BUCHANAN & HONEY, 1994)

O transporte torna-se uma componente importante quanto mais baixa for a energia embutida inicial do material de construção. Uma pesquisa realizada na Índia mostra o aumento da Energia Embutida nos materiais mais utilizados naquele país, conforme Tabela 2.10 (REDDY & JAGADISH, 2001).

Tabela 2.10: Variação da Energia Embutida em materiais de construção pelo transporte

Material	EE produção (MJ/un)	Transporte MJ / 100 km	Variação % em 100 km
Areia (m ³)	0,1	175,0	175000,0
Pedra britada (m ³)	20,5	175,0	853,7
Tijolos cerâmicos (m ³)	2550,0	200,0	7,8
Cimento Portland (t)	5850,0	100,0	1,7
Aço (t)	42000,0	100,0	0,2

Fonte: (REDDY & JAGADISH, 2001)

No Brasil o trabalho desenvolvido pela Fundação Centro de Tecnológico de Minas Gerais – CETEC – (BRASIL, 1982) definiu valores de consumo energético do transporte rodoviário por modelos de caminhões da época. O valor médio encontrado foi de 1,469 MJ/t/km.

2.6.6 Estudos brasileiros sobre Energia Embutida

No Brasil há poucas referências sobre energia embutida em materiais de construção e edificações. Pesquisa anteriormente citada no CETEC/MG- (BRASIL, 1982) avaliou o conteúdo energético de três edificações: um prédio comercial, uma repartição pública e o projeto de uma edificação residencial. Os resultados foram respectivamente: 2,19 ; 1,50 e 1,00 GJ/m². Para efeito desta pesquisa foi realizado um levantamento para definir a Energia Embutida dos principais materiais de construção utilizados no Estado de Minas Gerais.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT –, da Universidade de São Paulo (USP) realizou uma pesquisa de oferta de materiais de construção no estado de São

Paulo para o antigo Banco Nacional da Habitação – BNH - onde foram levantados os conteúdos energéticos dos principais materiais (IPT, 1982).

A pesquisa de Guimarães (1985) realizou uma análise energética em construções residenciais populares baseando-se em dados de Energia Embutida dos materiais levantados nos trabalhos citados anteriormente e acrescentando levantamentos próprios. O valor encontrado para uma edificação multifamiliar de padrão popular foi de 2,47 GJ/m².

Pietrobon et al. (1995) fizeram uma comparação dos consumos energéticos embutidos nos modelos de edificações previstas na norma NBR 12721 de novembro de 1999 utilizando dados do trabalho do CETEC/MG. A média encontrada para residências térreas foi de 3,6 GJ/m².

Já Tavares e Lamberts (2004) analisaram o ciclo de vida energético de 50 anos para uma edificação residencial, utilizando o modelo H1-2B prescrito na norma NBR 12721. O ciclo de vida é dividido em: Energia Embutida inicial, relativa aos insumos energéticos dos materiais de construção e da obra; Energia Operacional, que são os consumos de eletricidade e energia de cocção na vida útil da edificação e Energia Embutida de reposição dos materiais usados em reformas e manutenção.

Os consumos energéticos dos materiais de construção considerados foram os do levantamento do CETEC/MG, exceto os de cerâmica vermelha e de revestimento, que foram obtidos por análise de processo na indústria. A energia operacional seguiu a tendência dos últimos 10 anos para o setor residencial, segundo o BEN (BRASIL, 2005a). A Tabela 2.11 apresenta os principais resultados em GJ.

Tabela 2.11: Ciclo de Vida Energético – edificação residencial em 50 anos

Construção	Operação		EE Total (GJ)	% EE Total / Energia Op.
EE Inicial (GJ)	EE Reposição (GJ)	Energia Op. (GJ)		
220	147	907	367	40

Fonte: (TAVARES E LAMBERTS, 2004).

2.7 ENERGIA OPERACIONAL EM EDIFICAÇÕES

As edificações consomem energia em sua vida útil basicamente pelo uso de equipamentos e por reposição de materiais ao longo desta. A área construída, número de moradores e respectiva renda, além da localização da edificação são características que favorecem ou inibem os fatos geradores citados inicialmente.

Por ser entendida como parte da energia embutida da edificação, a energia de reposição já foi abordada no item 2.6.4, embora sua ocorrência se dê na etapa operacional. Assim, neste item serão analisadas as formas de consumo energético operacional pelos usos de equipamentos.

Considerando-se as diferenças dos equipamentos, e respectivos usos finais, utilizados em edificações comerciais, será estudado o consumo dos equipamentos em edificações residenciais, objeto desta pesquisa.

2.7.1 Características do consumo operacional por equipamentos

Os principais equipamentos presentes em residências consomem energia basicamente de fontes como eletricidade, GLP, gás natural, lenha ou carvão vegetal. As quantidades e características destes equipamentos estão fortemente ligadas à renda de seus ocupantes.

Suas funções cumprem requisitos básicos de sobrevivência, como alimentação e higiene; de conforto ambiental, como iluminação e condicionamento de ambientes; e entretenimento, tais como uso de aparelhos televisores e rádios.

Ocasionalmente atividades profissionais, ou de complementação profissional, são desenvolvidas nas residências, acrescentando outra categoria de equipamentos às citadas anteriormente. Esta é uma tendência crescente atualmente, quando equipamentos de computação e telecomunicações ocupam maiores índices de saturação em edificações residenciais brasileiras, conforme item 2.2.6 (PNAD, 2004).

2.7.2 Cargas de climatização

Em países de maior renda e inverno rigoroso, os equipamentos para climatização de ambientes e aquecimento de água, têm papel preponderante na definição do consumo operacional. Pesquisas desenvolvidas na Austrália e EUA indicam que os consumos associados aos equipamentos de climatização representam 40% e 80% respectivamente do total de energia na fase operacional da vida da edificação (PULLEN, 1995; BLANCHARD, 1998).

Em função dessas condições foram desenvolvidos, em países com estas características climáticas e econômicas, aplicativos computacionais no sentido de simular o consumo de energia a partir do uso de equipamentos para climatização e iluminação. Concebidos originalmente para uso em edificações comerciais, estes programas vêm sendo utilizados para uso em edificações residenciais, carecendo de configurações específicas para cada análise, ou sendo adaptados em versões para estes usos como o programa australiano NatHERS (FAY, 2000).

Estudos de ACVEs, citados nesta pesquisa, avaliam apenas cargas de climatização para definição do consumo operacional (ADALBERTH, 1997a). Outros consideram também as cargas ditas não climatizadas, que avaliam o consumo de equipamentos como: geladeiras, televisores ou computadores, a partir de literatura técnica (FAY, 1999) ou de dados oriundos das concessionárias de energia da região das residências analisadas (MACKLEY, 1998).

Apesar de serem rápidos e precisos para se determinar os consumos energéticos relativos às cargas térmicas, os aplicativos de simulação, além de não cobrirem todo o espectro dos eventos que definem o consumo operacional de uma edificação residencial, estão sujeitos a imprecisões devidas ao grande número de variáveis necessárias à sua configuração. Estas provêm da dificuldade em se considerar a influência sobre os resultados de detalhes como: natureza dos dados climáticos, efeitos do entorno da edificação como sombreamento e radiação refletida, características e composições dos materiais que compõe a edificação e, de modo especial, as expectativas de conforto do usuário e as formas de controle deste sobre os equipamentos de condicionamento ambiental.

No Brasil, não está associada à influência das cargas de climatização, o crescimento do consumo energético residencial. O uso de equipamentos desta natureza, bem como a quantidade destes encontrados em residências, é pouco expressivo; como aparelhos de ar condicionado, encontrados em 7,5% dos domicílios brasileiros, dos quais a metade localizada na cidade do Rio de Janeiro (IBGE, 2000).

2.7.3 Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos

A pesquisa citada foi desenvolvida pelo PROCEL em sua primeira fase de 1997 a 1999 tendo como objetivos conhecer os hábitos e atitudes dos consumidores em relação ao uso eficiente de energia elétrica em residências, bem como estimativas de desperdícios. Também foram definidos perfis da curva de carga por uso final residencial através da declaração de hábitos de uso dos principais equipamentos.

Realizada nas áreas de atuação de 18 concessionárias de energia elétrica em 14 estados, teve como universo mais de 22000 residências distribuídas em faixas de consumo definidas pelas concessionárias. Os resultados podem ser tabulados de maneira prática no programa de interface SINPHA – Sistema de Informação de Posses e Hábitos de Consumo (SINPHA, 1999).

O Questionário da pesquisa padrão é dividido em sessões como se segue:

- (i) Considerações de Moradia;
- (ii) Considerações Sócio-Econômicas, incluindo classificação Brasil.
- (iii) Considerações sobre a Qualidade do Fornecimento.
- (iv) Considerações dos consumidores em relação ao combate ao desperdício.
- (v) Auditoria dos aparelhos elétricos e Hábitos de utilização dos mesmos.

2.7.3.1 Informações relevantes

A partir dos dados levantados nesta pesquisa, chega-se a informações importantes, além do consumo específico de energia elétrica. O percentual de residências em cada faixa de consumo, por exemplo, dá subsídios para elaboração de modelos

utilizados em simulações e projeções de consumo de energia no ciclo de vida da edificação. O índice de posses de equipamentos por sua vez permite antever as possibilidades da aquisição de equipamentos pelos moradores, e principalmente quando associado às faixas de renda também é um fator importante para a composição dos modelos citados anteriormente.

Já, os dados de área construída das edificações, número de moradores e renda domiciliar, possibilitam estabelecer relações importantes para determinação do consumo das edificações. A Figura 2.19 (a) (b) (c) mostra como a variação dos itens citados altera o consumo de energia elétrica nas residências. Cada curva representa uma das 18 das concessionárias pesquisadas.

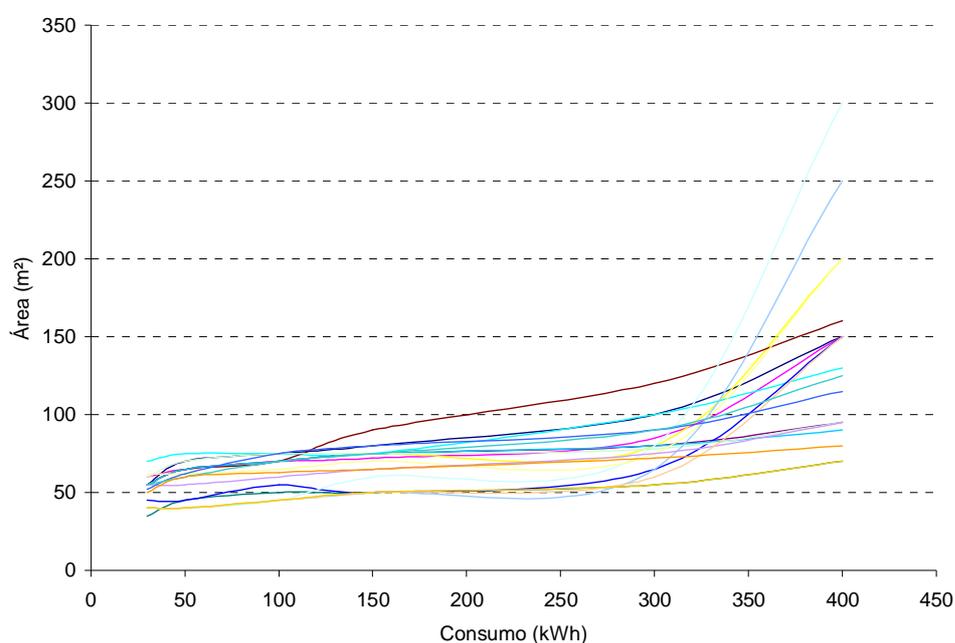


Figura 2.19 (a): Relação de Área construída x consumo operacional residencial de energia elétrica

Fonte: Do Autor a partir de dados de SINPHA (1999).

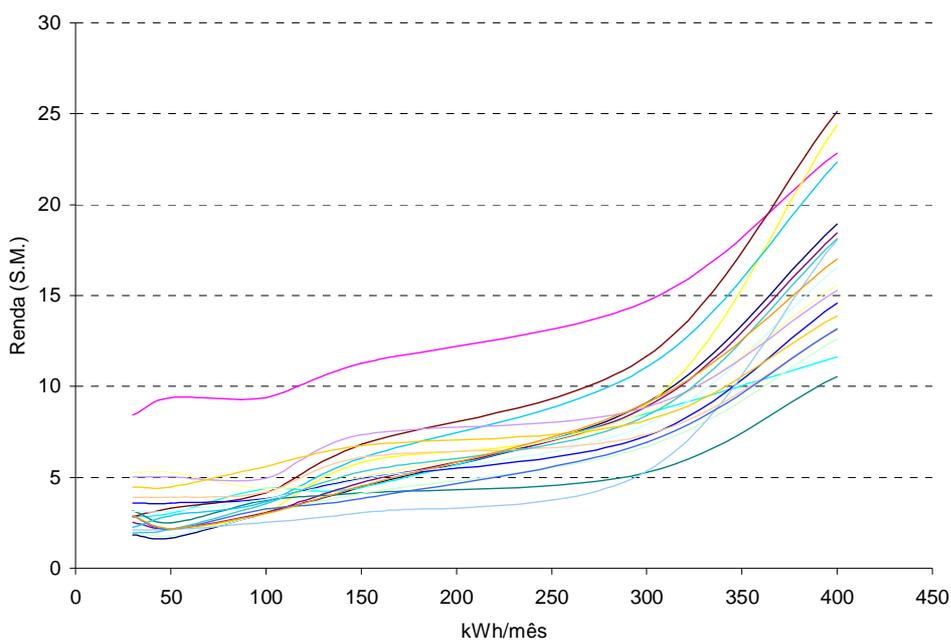


Figura 2.19 (b): Relação de Renda familiar x consumo operacional residencial de energia elétrica.

Fonte: Do Autor a partir de dados de SINPHA (1999).

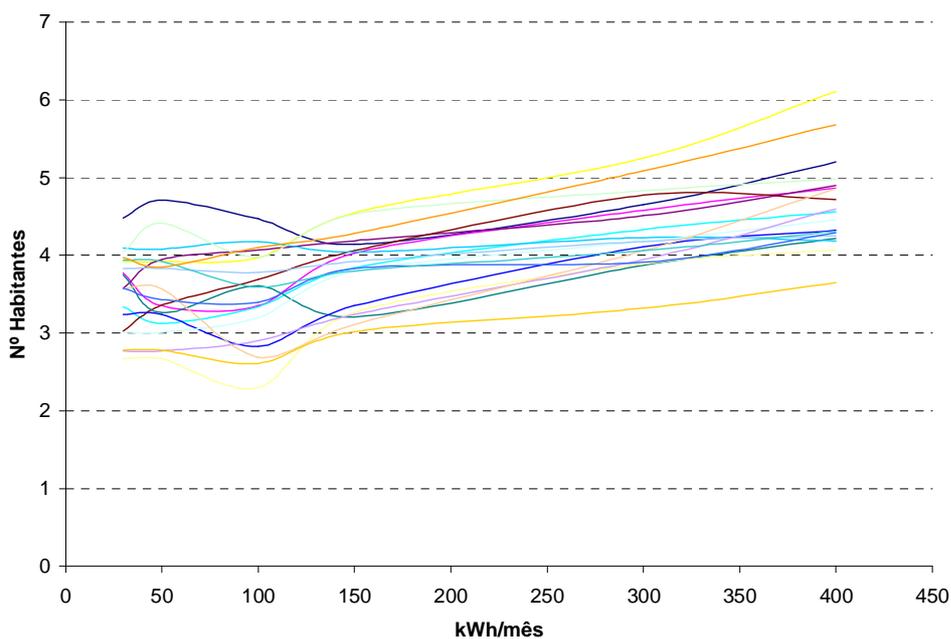


Figura 2.19 (c): Relação de número de Habitantes x consumo operacional residencial de energia elétrica.

Fonte: Do Autor a partir de dados de SINPHA (1999).

Outra relação interessante extraída desta pesquisa, no que diz respeito à influência da renda no consumo residencial final, feita a partir das posses de equipamentos. A Tabela 2.12 informa as posses de equipamentos, renda e consumo final

residencial em seis cidades de diferentes características sociais e geográficas e a média no Brasil. A relação dos equipamentos informa apenas aqueles de ocorrência relevante para cada cidade. As cores indicam a hierarquia das posses do equipamento indicado pela média.

Tabela 2.12: Posses de equipamentos, renda e consumo de energia elétrica por domicílios em cidades brasileiras.

EQUIPAMENTO	BRASIL	A	B	C	D	E	F
Televisor	1,37	1,83	1,63	1,51	1,38	1,51	1,26
Ferro elétrico	0,93	1,05	1,01	0,99	0,96	0,94	0,88
Refrigerador	0,89	1,06	1,00	0,98	0,87	0,78	0,78
Ventilador/Circulador	0,84	0,47	0,61	1,56	0,63	0,68	0,96
Liquidificador	0,82	0,95	0,89	0,84	0,81	0,89	0,80
Aparelho de som	0,81	1,19	0,95	0,84	0,75	0,85	0,72
Chuveiro Elétrico	0,73	1,46	1,09	0,62	1,01	0,23	0,05
Rádio elétrico	0,52	0,52	0,57	0,45	0,49	0,44	0,37
Lava roupas	0,43	0,63	0,67	0,68	0,63	0,13	0,13
Videocassete	0,41	0,61	0,59	0,60	0,35	0,25	0,17
Batedeira	0,37	0,49	0,56	0,40	0,51	0,27	0,15
Forno microondas	0,22	0,20	0,42	0,27	0,21		
Cafeteira elétrica	0,21	0,12	0,19	0,33			
Aspirador de pó	0,20	0,19	0,23		0,20		
Bomba d'água	0,17			0,11			
Freezer	0,17	0,29	0,17	0,23	0,22	0,10	0,10
Exaustor	0,16	0,17	0,12				
Enceradeira	0,16	0,28	0,17				
Máq. costura elétrica	0,16		0,19				
Impressora	0,14	0,15	0,13				
Microcomputador	0,14	0,21	0,17	0,11			
Videogame	0,13	0,16	0,18			0,05	
Forno elétrico	0,12	0,11	0,13				
Torneira elétrica	0,10		0,10				
Lava louças	0,10	0,10					
Condicionador de ar	0,08	0,01	0,01	0,35	0,03	0,02	0,02
Consumo / domicílio (KWh/mês)	159,00	204,20	212,50	205,80	162,30	111,50	87,80
Rendimento (S.M.)	6,46	13,75	8,83	7,73	6,22	5,38	4,32

Fonte: do autor, a partir de dados do SINPHA (1999)

As principais considerações dizem respeito à relação direta da renda com a posse dos equipamentos e o consumo de energia elétrica. As cidades de baixa renda têm um índice menor de equipamentos por domicílio e variabilidade menor de equipamentos. Observa-se também a baixa penetração dos aparelhos de ar condicionado, corroborando os dados do IBGE.

2.7.3.2 Inconsistências e problemas metodológicos

Embora bastante abrangente, a pesquisa não informa dados detalhados sobre as características físicas das edificações como: tipos de alvenarias, espessura e

revestimentos das paredes; existência de forro na cobertura e isolamento térmico; número e características das janelas; orientação das fachadas da edificação.

Tais informações dizem respeito ao consumo de energia na edificação e seriam subsídios importantes para outras pesquisas em eficiência energética.

A principal questão, entretanto, diz respeito ao consumo por equipamentos. Foram observados problemas metodológicos e de interpretação de resultados nos seguintes tópicos:

As **posses de equipamentos** são informadas a partir de uma média da concessionária, e não são estratificadas por faixas de consumo, o que dificulta interpretar a importância de cada equipamento no consumo final.

Para o cálculo do **consumo dos equipamentos**, a potência destes não é informada na base; são tomados valores de planilhas externas, baseadas em dados do PROCEL. Em equipamentos como geladeiras e freezers são considerados regimes de funcionamento de 24 h, não observando efetivamente o tempo real de funcionamento dos compressores.

As **curvas de carga** são comuns para todas as concessionárias e definidas por uma média do consumo final dos equipamentos. Não consideram os índices de posses e não são estratificadas por faixas de consumo, o que acaba por superdimensionar os efeitos de aparelhos como: ar condicionado e fornos de microondas presentes em poucas casas, apenas nas faixas de consumo mais elevadas. Apesar de não terem sido levantados em algumas, ou terem baixíssima penetração em outras, os valores de seus consumos constituem as curvas de todas as concessionárias.

A relação dos **consumos declarados** pelas concessionárias e os **calculados por equipamentos** não são ajustados, tendo diferenças de até 204 %.

Tais incongruências dificultam o uso dos resultados no tocante à distribuição do consumo por equipamentos e elaboração das curvas de carga.

2.7.4 Consumo de energia para cocção

O peso das fontes energéticas utilizadas para a preparação de alimentos é significativo no Brasil, de tal forma, que no BEN são analisadas duas categorias no consumo residencial. O **consumo de eletricidade residencial** é entendido como o de todos os equipamentos eletrodomésticos e de iluminação (BRASIL, 2003). Embora não seja um conceito preciso, pois há eletrodomésticos utilizados em cocção, é admitido, pois o uso de fornos elétricos e de microondas, por exemplo, são ainda recentes e de baixa penetração, restritos a residências de alto poder aquisitivo (SINPHA, 1999).

O **consumo de cocção**, como sugere, diz respeito às fontes utilizadas para a preparação de alimentos. Tecnicamente no BEN é entendido como o de todas as fontes exceto eletricidade. Como na definição do consumo de eletricidade, neste há imprecisões

pelo fato, por exemplo, do gás, natural ou GLP, ser utilizado para banhos e outras atividades de higiene além da cocção de alimentos.

O gráfico da figura 2.20 mostra a relação entre energia de cocção e eletricidade no setor residencial brasileiro em uma série histórica a partir de 1970. Observa-se que a relação decresceu até 1995 e se mantém estável desde então.

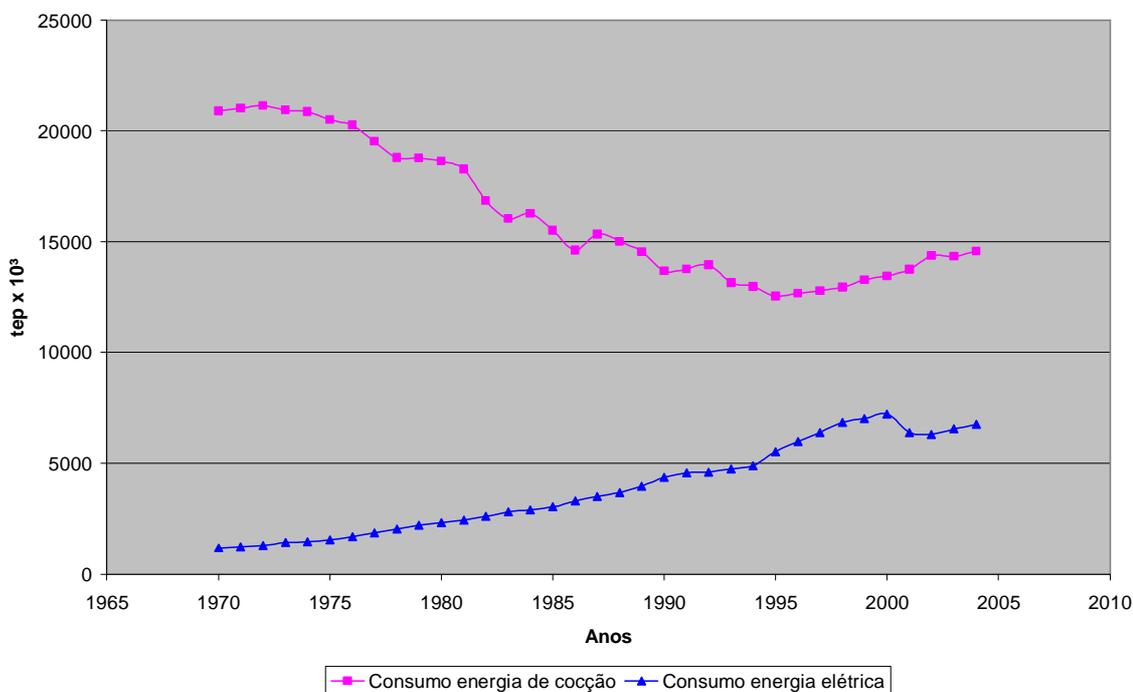


Figura 2.20: Energia de cocção e eletricidade no setor residencial brasileiro.

Fonte: Do Autor a partir de dados de SINPHA (1999).

Como a eletricidade representa 30% do consumo residencial, a energia de cocção conseqüentemente tem 70%. Segundo o item 2.2.5 o consumo de lenha é significativo no Brasil, representando 38% do setor residencial. Entretanto, mesmo que fossem consideradas residências apenas com o uso de GLP ou gás natural, o consumo destas fontes para o setor residencial seria de 6267 tep contra 6253 tep de energia elétrica (BRASIL, 2003).

2.7.5 Panorama do consumo operacional em residências no Brasil

Conclui-se, do exposto nos tópicos anteriores, que o consumo operacional residencial é majoritariamente formado por energia de cocção. Porém, a participação desta vem diminuindo continuamente em função da substituição da lenha pelo GLP ou gás natural. Mas ainda que se chegue ao limite máximo desta substituição, o que não é previsto em futuro próximo, conforme o item 2.2.5, a energia de cocção ainda sim dividiria igualmente o consumo total com a eletricidade. Isto é particularmente relevante

no que tange à participação do consumo residencial, com 11,5% no total do consumo de energia do Brasil, e especificamente na geração de CO₂, uma vez que o setor residencial gera 6,6% das emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis fósseis, também sobre o total do consumo energético brasileiro (BRASIL, 2005a).

Destaca-se que o uso de equipamentos residenciais que consomem energia elétrica, e o conseqüente consumo de eletricidade por domicílio, aumentam regularmente (PNAD, 2004). O percentual de domicílios que consumiam até 150 kWh/mês em 1990 era de 70% (JANNUZZI, 1991). Em 1999 este percentual já estava em 56%, a partir de dados do SINPHA (1999).

Assim, no que tange ao consumo por equipamentos na vida útil da edificação, o panorama deve ser equitativamente considerado para definição dos eventos relevantes para uma ACVE.

2.8 ENERGIA DE DESCONSTRUÇÃO

Os últimos eventos do ciclo de vida de uma edificação dizem respeito à sua desconstrução. Este termo caracteriza não somente a demolição propriamente dita da edificação, mas também o destino do material demolido, que pode ser re-usado, reciclado ou simplesmente deposto como entulho ou aterro. Em todas as possibilidades há dispêndio de energia, que para efeito de definição são analisadas de duas formas: considerando-se as atividades de demolição com respectivo transporte dos resíduos e, ou, seu reaproveitamento através de um potencial de reciclagem. Os itens seguintes detalham cada abordagem.

2.8.1 Consumo energético para demolição e transporte de resíduos

Como citado no item 2.4.3.2, no trabalho de Adalberth (1997) é considerada como energia de demolição o consumo relativo ao uso de retroescavadeiras, martelos pneumáticos, tratores, entre outros, utilizados para derrubar a edificação. Para tanto se faz necessária a relação do consumo de tais atividades, além da estimativa de geração de entulho em m³ ou t. Valores de 0,5 t / m² de construção são utilizados na Austrália (FAY, 1998).

Outro estudo realizado no Japão definiu que a energia consumida para demolição é de 28 GJ/m² de construção. Este valor abrange todas as operações de demolição, exceto transporte (GAO, 2001).

No Brasil, as TCPO informam os valores de consumo energético e o tempo necessário para as operações de demolição e transporte por m³ de material demolido.

2.8.2 Potencial de reciclagem

Potencial de reciclagem, R_{potr} , é a forma de expressar a quantidade da energia embutida de uma edificação que, através da reciclagem, poderia ser usada

posteriormente (THORMARK, 2002). Reciclagem neste contexto é dividida em três formatos:

Re-uso. O material é usado da forma original como foi concebido, o que pode implicar em preparações ou renovações.

Combustão. Uso como combustível energético para novos materiais.

Reciclagem de material. Pode ser realizada em ciclos abertos ou fechados. Um ciclo fechado consiste na sua utilização como matéria prima para fabricação de materiais semelhantes ao original. Já, em um ciclo aberto aproveita-se o material reciclado em um uso diferente do original.

Foram considerados nesta definição apenas reciclagens em ciclos fechados, exceto para concreto e tijolos cerâmicos, utilizados como agregado para pavimentação de ruas ou calçadas.

O potencial de reciclagem é obtido pela fórmula (2.6).

$$R_{pot} = \sum_{i=1}^n EE_i \times Rlt_i - E_{rec.proc.i} \quad (2.6)$$

Onde:

EE_i - Energia Embutida do material o qual o produto reciclado irá substituir,

i - material em questão,

n - número de materiais,

Rlt_i - tempo de vida remanescente do material reciclado, como percentagem da vida útil estimada do material o qual o material reciclado irá substituir, e

$E_{rec.proc.i}$ - energia usada para todos os processos de reciclagem e preparação do material, incluindo as desmontagens e desmembramentos necessários para tornar a reciclagem ou o re-uso possíveis, incluindo transportes.

O uso deste potencial de reciclagem deve prescindir de uma definição de cenários para determinação dos quantitativos de materiais a serem considerados. A pesquisa original (THORMARK, 2002) estimou, por exemplo, que os materiais de demolição teriam seu aproveitamento, seja para combustão, re-uso ou reciclagem, baseado em índices de recuperação média, obtidos de firmas especializadas em demolições na Suécia.

2.8.3 Outras considerações

O uso do potencial de reciclagem é controverso enquanto parte de uma ACVE. Analisado à parte, não sendo subtraído, mas apenas comparado, à EE inicial e de reposição, remete os valores da energia economizada para as novas edificações que se utilizarem dos materiais reciclados (TUCKER, 1993). Porém, é entendido para alguns autores como um atributo de sustentabilidade e considerado no ciclo de vida energético da edificação analisada (NESS-CHANG, 1996).

O aproveitamento ou não do material demolido é um fator relevante na duração do serviço de demolição. Para as operações com aproveitamento de material é estimado o dobro do tempo em relação às de não aproveitamento (TCPO, 2003).

Uma consideração final sobre a definição dos consumos energéticos inerentes à desconstrução, diz respeito ao tempo de vida útil da edificação. Fica implícito que se trabalha com a projeção da tecnologia atual de serviços e transportes para o cálculo destes consumos daqui a 50 anos, por exemplo. E não só estas condições, mas também as de re-uso e reciclagem certamente evoluirão no sentido de melhor aproveitamento dos materiais e conseqüente redução do consumo energético para novas edificações. Reforça esta consideração o fato de que os atuais sistemas de certificação para construções sustentáveis não só valorizam os itens de re-uso e reciclagem, como também a busca de novos, e melhores, padrões de desempenho destes itens (SCHEUER & KEOLIAN, 2002).

2.9 CONCLUSÕES DA REVISÃO

O panorama sobre as ACVEs colocado a partir desta revisão tem pontos relevantes. A sustentabilidade aplicada às edificações é um conceito em construção, porém influenciado por vezes de forma desigual pelos aspectos econômicos e sociais. Esta pesquisa tem a ênfase no aspecto técnico, mais especificamente na questão energética, cujos parâmetros estão referenciados.

O consumo de energia no Brasil apesar de baixo em relação à média mundial, apresenta características que merecem atenção. No setor da Construção Civil, embora carecendo de estudos completos, as projeções apontam para uma participação semelhante a média mundial, em torno de 45% de todos os recursos energéticos consumidos no país.

Outra característica marcante é a de que nos setores envolvidos direta ou indiretamente na Construção Civil, muitos energo-intensivos, a maior parte das fontes de energia utilizadas são não renováveis. Um contra-senso, observando-se que a média brasileira no uso dessas fontes é das mais elevadas. Complementando esta questão é feita uma projeção semelhante para as emissões de CO₂, que também já contabilizam índices crescentes neste setor.

A opção pelo estudo das edificações residenciais se justifica por apresentarem o maior consumo de energia e emissões de CO₂ nos setores ligados diretamente à Construção Civil, além do consumo elevado de materiais de construção.

A importância das ACVEs em edificações é ligada aos impactos gerados pelo consumo de energia, principalmente nos materiais de construção. Além disso, uma ACVE pode economizar tempo e recursos em comparação às ACVs integrais.

As ACVEs em pesquisas internacionais mostram o valor da Energia Embutida em relação à Energia Operacional. A definição de estratégias como o aumento da Energia

Embutida inicial visando à redução do Consumo Operacional a médio e longo prazo se mostra viável para países com invernos rigorosos. Na discriminação por materiais nota-se que a Energia Embutida na edificação se concentra em poucos materiais; 80% em 12 materiais em um total de 30.

Os resultados dos consumos energéticos por área construída mostram valores bem elevados em comparação aos poucos estudos brasileiros disponíveis. Em alguns países pesquisados, as condições climáticas impõem um maior consumo operacional para condicionamento de ambientes. Entretanto as condições das cidades estudadas como Melbourne na Austrália, com latitude 30 ao nível do mar, não são tão severas, o que indica um condicionante econômico-social. Outro destaque nestes resultados é a inclusão dos mobiliários e equipamentos no cálculo da EE, cujos valores são obtidos em análises por matrizes insumo x produto.

O consumo operacional nas residências brasileiras toma por base a chamada energia de Cocção que, segundo o BEN, são todas as fontes de energia que não sejam a eletricidade. Sua predominância é resultado do uso de lenha que, tendo um poder calorífico e rendimento mais baixo, é usada em maior quantidade. Apesar de o uso estar em queda significativa em 20 anos, a lenha ainda resiste e voltou a ser, após a crise de 2001, o principal insumo energético no setor residencial brasileiro.

As cargas de climatização não representam parcelas significativas do consumo residencial, seja pelo baixo poder aquisitivo, seja pelo baixo índice de posses de equipamentos como condicionadores de ar e aquecedores. A partir da investigação de Posses e Hábitos de Usos de Aparelhos Elétricos são levantados dados que apontam relações do consumo de energia com número de habitantes, área construída e renda familiar. Esta pesquisa também informa os índices de posses de equipamentos, que é um dos indicadores mais relevantes para o perfil do consumo de energia elétrica em residências.

A energia de desconstrução é entendida como a energia despendida a partir do fim da fase operacional. Após a demolição, a possibilidade mais comum é a deposição do material demolido como entulho. Existem entretanto, a bem da sustentabilidade, as possibilidades de re-uso e reciclagem dos materiais. Essas ainda acontecem de forma tímida, seja pela falta de informação, seja pela falta de estrutura pública e privada, para selecionar e preparar os materiais ou até mesmo pelo custo que envolve estas operações. O uso de um potencial de reciclagem só é possível a partir dos valores de energia necessários para a reciclagem dos materiais. Em virtude da impossibilidade de se obter estes valores para todos os materiais, optou-se por calcular os consumos de demolição e transporte dos materiais.

Finalmente, alerta-se para os cuidados em serem comparados resultados de ACVEs, que tal como as ACVs requerem escopos e limites bem definidos.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Neste capítulo estão descritos os procedimentos metodológicos para proceder a análise energética do ciclo de vida de edificações residenciais.

O ciclo de vida é dividido em três fases e treze etapas para a determinação do consumo energético dos eventos significativos.

A energia embutida inicial e a energia embutida de manutenção são calculadas em uma planilha a partir da informação dos quantitativos de materiais utilizados para a construção da edificação. São considerados os fatores de energia embutida nos materiais de construção, o custo energético dos transportes, o desperdício da aplicação dos materiais na obra, os fatores de reposição dos materiais ao longo do ciclo de vida e respectivos transportes.

A energia operacional é dividida em energia consumida em equipamentos e energia embutida de manutenção. A segunda está calculada na planilha descrita no parágrafo anterior. O consumo por equipamentos é dividido em consumo de energia elétrica e consumo de cocção. O primeiro é calculado por equações obtidas em regressões lineares simples baseadas em dados do SINPHA (1999). A energia de cocção é definida no BEN como todos os consumos energéticos no setor residencial exceto o de eletricidade. Neste caso são considerados os consumos proporcionais de lenha, GLP e gás natural. Seu cálculo é estimado a partir do consumo de eletricidade conforme as séries históricas do BEN relacionando estes dois consumos no setor residencial brasileiro.

A energia de desconstrução é obtida a partir do consumo de energia nas atividades de demolição e transporte dos resíduos. O peso do material demolido é obtido na planilha para cálculo da energia embutida inicial.

O CO₂ embutido é calculado a partir da discriminação dos consumos energéticos em fontes primárias e respectivos fatores de geração de CO₂. Além da geração de energia são consideradas também as reações específicas dos processos de fabricação dos materiais de construção.

Para aplicação do método são definidos modelos baseados nas principais características das edificações residenciais típicas brasileiras. As principais características físicas são: área construída, tipologia construtiva, materiais de construção do envelope, número de quartos e banheiros. Além disso, são consideradas características ocupacionais como: renda domiciliar, número de habitantes e posses de equipamentos.

3.1 CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

Para o procedimento de uma ACVE se faz necessário além da divisão das fases principais, uma subdivisão destas em etapas de forma a viabilizar o levantamento e o cálculo dos consumos energéticos.

O critério para elaborar tal divisão passa pelas referências usuais de pesquisas anteriores, conforme o item 2.5.2 da revisão bibliográfica, como também pelas características específicas dos eventos de consumo energético em cada uma delas.

As três fases principais são: Fase Pré-Operacional, Fase Operacional e Fase Pós-Operacional. A primeira se caracteriza pelo erguimento da edificação, o consumo intensivo dos materiais de construção. A segunda é singular pela presença dos habitantes e todos os respectivos hábitos que acarretam em consumos de energia. A terceira fase, embora de menor impacto no total de energia consumida no ciclo, vem ganhando cada vez mais importância no sentido da possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem dos materiais.

O esquema da Figura 3.1 e a Tabela 3.1 apresentam as fases e etapas correspondentes:

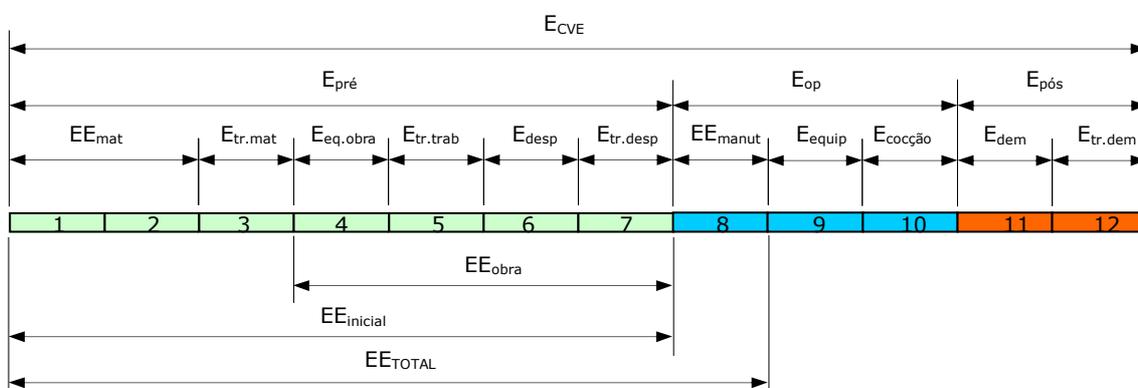


Figura 3.1: Fases e etapas do ciclo de vida energético das edificações residenciais.

Tabela 3.1: Discriminação das fases e etapas do ciclo de vida energético das edificações residenciais.

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

A duração do ciclo de vida para esta pesquisa será de **50 anos**. O valor é tido como referência em pesquisas internacionais (ADALBERTH, 1997; MITHRARATNE, 2004; PULLEN, 2000; THORMARK, 2002) e também é utilizado na avaliação técnica de bens imóveis da União por instrumento do Ministério do Planejamento (BRASIL, 2002)

Os itens que se seguem discutem os critérios de definição e os parâmetros de cálculo para os consumos energéticos de cada fase e etapas correspondentes.

3.2 FASE PRÉ - OPERACIONAL

3.2.1 Energia Embutida em Materiais de Construção Brasileiros

Os trabalhos do CETEC/MG (BRASIL, 1982) e do IPT (1982) são pioneiros para determinação de energia embutida em materiais de construção no Brasil. Pesquisas como estas, realizadas por análises de processos, requereram tempo e recursos humanos consideráveis. Por outro lado, o peso dos materiais de construção para a energia embutida total de uma edificação não é distribuído equanimemente (TAVARES & LAMBERTS, 2002; THORMARK 2002; ADALBERTH, 1997b) com 4 materiais respondendo por 80% do conteúdo energético da edificação

Assim foram revistos os valores de energia embutida dos materiais mais significativos em termos de quantidade e conteúdo energético presentes em uma edificação, a saber: **cimento, cerâmica vermelha, aço e cerâmica de revestimento**. O alumínio embora não tenha grande peso no total da energia embutida de uma edificação é analisado por ter participação cada vez mais frequente e ser o material de construção com maior índice de energia embutida por kg de material.

Os detalhes das análises de consumo energético dos materiais a seguir encontram-se no Apêndice I.

Para a Análise Energética dos **materiais cerâmicos** utilizaram-se análises híbridas, por análise de processos e análise estatística. As análises estatísticas foram realizadas a partir dos dados do setor cerâmico divulgados no BEN, pela Associação Brasileira da Cerâmica – ABC – e pela Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento – ANFACER -. A Tabela 3.2 resume as análises estatísticas para as cerâmicas vermelhas e de revestimento.

Tabela 3.2: Energia Embutida por Análise Estatística para o Setor Cerâmico

Setor	Consumo (TEP)	Consumo (GJ)	Prod. Física (t)	Consumo energético de produção (MJ/kg)
Cerâmica de revestimento	594,44	24870,00	6000000	4,15
Cerâmica vermelha	2902,92	121506,00	44700000	2,71

A **cerâmica vermelha** foi analisada energeticamente por análise de processo em 4 empresas no estado do Rio de Janeiro e 2 empresas em Santa Catarina. Nas empresas A e B, catarinenses, foram considerados os dados levantados das ACVs realizadas em projetos de parceria UFSC / FINEP (SOARES, 2003). As análises incluíram os consumos relativos a extração, beneficiamento e transporte das matérias-primas, neste caso argilas e combustíveis energéticos como lenha e serragem. A Tabela 3.3 dá os consumos energéticos por etapas de produção e o resultado em MJ/kg.

Tabela 3.3: Energia Embutida por Análise de Processos e Análise Estatística para Cerâmica Vermelha

Fonte	EE (MJ/kg)
1 - Empresa A - Soares (2004)	3,67
2 - Empresa B - Soares (2004)	3,41
3 - Empresa C -Tavares (1999)	2,92
4 - Empresa D -Tavares (1999)	2,05
5 - Empresa E -Tavares (1999)	2,86
6 - Empresa F -Tavares (1999)	2,83
7 – Análise Estatística BEN / ABC (2004)	2,71

As **cerâmicas de revestimento**, comuns, esmaltadas e porcelanatos, foram analisados em 3 empresas catarinenses. Em duas foram considerados os dados levantados em ACVs realizadas por Pereira (2004). O cálculo do consumo na empresa C foi baseado nos dados de Beltran (1999). Os limites das análises destes materiais são análogos aos das cerâmicas vermelhas. A Tabela 3.4 resume os resultados encontrados.

Tabela 3.4: Energia Embutida por Análise de Processos e Análise Estatística para Cerâmica de Revestimento

Fonte	EE (MJ/kg)
1 - Empresa A - Soares (2004)	6,68
2 - Empresa B - Soares (2004)	4,01
3 - Empresa C - Beltran (1999)	5,35
4 - Análise Estatística BEN / ANFACER (2004)	4,15

Assim, foram adotados os valores de 2,9 MJ/kg com variação de $\pm 0,8$ MJ/kg para a cerâmica vermelha e 5,1 MJ/kg com variação de $\pm 1,3$ MJ/kg para a cerâmica de revestimento. As diferenças encontradas nos resultados para estas análises admitem variações semelhantes à pesquisa de Boustead e Hancock (1978) também realizada por análise de processos.

Para o **cimento** foram considerados valores da ACV realizada por Ribeiro (2003) e Carvalho (2002). Também foi realizada análise estatística a partir dos dados do BEN e da ABCP. O valor da EE totaliza 4,2 MJ/kg com variação de $\pm 0,4$ MJ/kg . Os resultados de cada análise encontram-se na Tabela 3.5.

Tabela 3.5: Energia Embutida por Análise de Processos e Análise Estatística para o Cimento

Fonte	EE (MJ/kg)
1 - CARVALHO, 2002	3,99
2 - CARVALHO, 2002	4,62
3 - RIBEIRO, 2003	4,04
4 - Análise Estatística BEN / ABCP (2004)	4,13

Para o **aço** também foi utilizada a ACV realizada por Ribeiro (2003) e a análise estatística por dados do BEN e o Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS, 2006), complementada por dados do Anuário Estatístico de Metais do Ministério das Minas e Energia (BRASIL, 2004). O valor final da EE é de 30,00 MJ/kg com variação de $\pm 1,0$ MJ/kg. Os resultados das análises utilizadas encontram-se na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Energia Embutida por Análise de Processos e Análise Estatística para o Aço

Fonte	EE (MJ/kg)
1 - RIBEIRO, 2003	29,74
2 - Análise Estatística BEN / IBS (2004)	30,49

Para o **alumínio** é realizada uma análise estatística a partir dos dados do Anuário Estatístico de Metais e da pesquisa de Schuller (1997). O resultado é de 98,2 MJ/kg, muito baixo para os padrões internacionais, na ordem de 200 MJ/kg.

Para os demais materiais normalmente utilizados em construções residenciais brasileiras, procurou-se consolidar os dados nacionais disponíveis em levantamentos anteriores (BRASIL, 1982; IPT 1982; GUIMARÃES, 1985). Valores indisponíveis foram complementados por uma média de dados internacionais (BOUSTEAD & HANCOCK, 1979; ANDERSEN, 1993; LAWSON, 1996; BAIRD & ALCORN, 1997; BLANCHARD, 1998; SCHEUER & REPPE, 2003).

A Tabela 3.7 informa os valores de EE em MJ/kg com as respectivas fontes, além dos valores de EE por volume de material. Os dados originais de EE das pesquisas citadas, as densidades e os índices de desperdícios dos materiais estão relacionadas no Apêndice G.

Tabela 3.7: Energia Embutida em materiais de construção brasileiros

Materiais	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m³)
Aço - laminado CA 50A ¹	30,00	235500,00
Alumínio lingote ¹	98,20	265140,00
Alumínio anodizado	210,00	567000,00
Alumínio reciclado - extrudado	17,30	46710,00
Areia	0,05	80,00
Argamassa - mistura	2,10	3906,00
Borracha natural - latex	69,00	63480,00
Borracha sintética	135,00	160650,00
Brita	0,15	247,50
Cal virgem	3,00	4500,00
Cerâmica - bloco de 8 furos ¹	2,90	4060,00
Cerâmica - branca	25,00	52075,00
Cerâmica - revest, monoqueima ¹	5,10	10456,66
Cerâmica porcelanato	13,00	27300,00
Cerâmica - telha	5,40	10260,00
Cimento Portland ¹	4,20	8190,00
Cobre	75,00	669975,00
Concreto - bloco de vedação	1,00	2300,00
Concreto simples	1,20	2760,00
Fibra de vidro	24,00	768,00
Fibrocimento - telha	6,00	9600,00
Fio termoplástico	83,00	201690,00
Gesso	4,00	5720,00
Granito - aparelhada	2,00	5400,00
Lã mineral	19,00	2090,00
Latão	80,00	682400,00
Madeira - aparelhada seca forno	3,50	2100,00
Madeira - aparelhada seca ar livre	0,50	300,00
Madeira - laminada colada	7,5	4875,00
Madeira - MDF	9,00	5850,00
Mármore	1,00	2550,00
Placa de gesso	4,50	4500,00
Poliamida - nylon	125,00	143750,00
Poliestireno expandido	112,00	4480,00
Poliétileno de alta densidade	95,00	90250,00
Polipropileno	83,80	92180,00
Poliuretano	74,00	44400,00
Solo-cimento - bloco	0,60	1020,00
Solvente - tolueno	67,90	74690,00
Telha de vidro	23,13	55512,00
Tinta acrílica	61,00	79300,00
Tinta óleo	98,10	127530,00
Tinta PVA latex	65,00	84500,00
Tubo - PVC	80,00	104000,00
Vermiculita	1,37	167,14
Vidro plano	18,50	46250,00

¹ Pesquisa própria cf item 3.2.1

3.2.2 Custo Energético das Etapas de Transporte

As etapas consideradas relevantes para efeito de transporte no ciclo de vida das edificações residenciais são **o transporte dos materiais** da indústria de transformação ao sítio da obra, **o transporte dos trabalhadores**, tido em pesquisa canadense como superior ao transporte de materiais (COLE, 1999) e **o transporte dos desperdícios**, ocorrem em grande monta na maioria das edificações brasileiras.

O dado brasileiro para o consumo energético nas etapas de transporte levantado na revisão bibliográfica provém de uma pesquisa de 1982. Para atualizar este cálculo foi considerado o consumo de combustível, óleo diesel, obtido na pesquisa de Pereira (2004) a partir do transporte de materiais para indústrias cerâmicas em caminhão basculante.

Para o transporte de 4m³ de argila, equivalente a 7200 kg, era consumido 1 l de óleo diesel por 3 km. Considerando-se o poder calorífico inferior deste combustível 35 GJ/m³ (BRASIL, 2005) obtêm-se a relação de **1,62 MJ/t/km**.

Para o transporte dos desperdícios é considerado o consumo para o transporte do centro de transformação até a obra, como os materiais iniciais, mais o consumo relativo ao transporte do resíduo ao local de despejo ou reaproveitamento. Para efeito prático considera-se então a distância de transporte em dobro.

O transporte dos trabalhadores é realizado por transporte coletivo em ônibus, cujo consumo energético é semelhante ao dos caminhões. O número dos operários transportados e o número de dias, é obtido pelos índices divulgados na Norma ABNT 2721 (ABNT, 1999), utilizada para o cálculo do CUB. A Tabela 3.8 apresenta os fatores empregados por natureza de obra.

Tabela 3.8: Índices de mão de obra para construções residenciais em h/m²

Função	Tipo e Padrão da Edificação					
	Unifamiliar baixo	Multifamiliar baixo	Unifamiliar médio	Multifamiliar médio	Unifamiliar alto	Multifamiliar alto
Pedreiro	26,672	17,299	33,148	26,814	36,979	27,185
Servente	11,771	7,888	22,456	17,738	25,57	17,668
Engenheiro	0,679	0,412	2,549	1,573	3,547	1,995

Mesmo considerando-se a relevância do transporte dos operários, sua análise deve ser feita à parte. O valor da energia consumida nesta etapa não se vincula aos materiais utilizados e nem às características ocupacionais da edificação. Para construções de maior porte os prazos são definidos em função do cronograma financeiro, que pode afetar o número de funcionários ao longo da obra.

Além disso, certas empresas de construção lançam mão de prerrogativas legais de não serem obrigadas a pagar auxílio para transporte a todos os funcionários contratados, o que estimula o uso de mão-de-obra residente próximo à obra.

3.2.3 Custo Energético na Obra.

Os consumos de energia na etapa da obra são contabilizados como consumos diretos, relativos ao uso de equipamentos como betoneiras, serras, elevadores e outros; e os consumos relativos aos desperdícios de materiais de construção durante a obra.

Os consumos diretos são calculados a partir do levantamento de todas as atividades previstas e uso dos respectivos equipamentos. Para tal são usadas as expectativas de horas de trabalho e consumo de equipamentos obtidas nas TCPO (2003).

Os desperdícios são estimados por material e calculados a partir dos índices obtidos na pesquisa "Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras" (AGOPYAN, 1998). Os dados relativos aos desperdícios de materiais estão no Apêndice G.

3.3 FASE OPERACIONAL

3.3.1 Energia de Cocção

Como visto no item 2.2.5 o consumo operacional das residências brasileiras é constituído basicamente pelo uso de energéticos como: lenha, eletricidade, gás natural e gás liquefeito de petróleo. Energeticamente o consumo de lenha é o primordial devido ao seu baixo rendimento e, conseqüente, maior demanda em quantidade.

Observando-se a série histórica do BEN entre 1995 e 2005, conforme gráfico da Figura 2.20, os valores entre consumo de eletricidade e energia de cocção mantêm-se estáveis na relação 1:2 respectivamente. Entretanto, isto só ocorre devido ao baixo rendimento da lenha em relação ao gás, sendo necessário 8 vezes mais lenha do que gás para execução dos mesmos serviços de cocção. Caso fossem comparados aos consumos de gás, GLP e natural, e eletricidade no setor residencial os valores teriam diferenças pequenas conforme a simulação na tabela 3.9

Tabela 3.9: Consumo residencial de Energia Elétrica e de Cocção

Fonte	Consumo (tep)	
Lenha	8074 (equiv. à 1009 de gás)	Total Cocção = 7020 (51%)
Gás Nat. + GLP	6009	
Eletricidade	6758	Total eletr. = 6758 (49%)

Fonte: Baseada em dados do BEN 2005 (BRASIL, 2005a)

No sentido de se definir a relação entre o consumo de eletricidade e energia de cocção observou-se ainda os tipos de fogões utilizados nas residências. No censo de 2000 (IBGE, 2003) 15% das residências possuía apenas fogões à lenha e 65% apenas fogões a gás, restando 20% que utilizavam os dois tipos de fogões. A distribuição geográfica aponta para que as residências que possuem fogões a gás estão majoritariamente em regiões urbanas e os que possuem fogões à lenha em regiões rurais. As residências que possuem os dois tipos estariam distribuídas nas regiões rurais e urbanas em função da

renda domiciliar. Assim, parte-se de um cenário que coloca um consumo de 100% lenha para a energia de cocção até o cenário de um consumo de 100% gás, GLP ou natural. Na primeira situação, a relação do consumo de energia de cocção para energia elétrica seria a estabelecida na série do BEN com 20% de eletricidade e 80% de cocção e no cenário de consumo integral de gás distribui-se 50% para eletricidade e 50% para energia de cocção conforme a relação da tabela 3.9.

Os cenários de consumo para a relação gás / lenha e eletricidade / cocção, baseados nas estimativas acima discutidas, e os fatores para cálculo da energia de cocção a partir do consumo de energia elétrica estão dispostos na Tabela 3.10.

Tabela 3.10: Cenários para a relação gás / lenha e fatores de Energia de Cocção para Energia Elétrica

Relação Gás / Lenha	Consumo 100% lenha	Consumo 70% lenha, 30% gás	Consumo 70% gás, 30% lenha	Consumo 100% gás
Abrangência	15% domicílios	10% domicílios	10% domicílios	65% domicílios
Características	Domicílios rurais de baixa renda e comunidades suburbanas de baixa renda e difícil acesso	Domicílios rurais de média e alta renda	Domicílios urbanos de baixa renda	Domicílios urbanos de média e alta renda
Divisão de energéticos	20% Eletricidade, 80% Cocção	33% Eletricidade, 66% cocção	40% Eletricidade, 60% cocção	50% eletricidade, 50 % cocção
Fator de Cocção	Fator c = 4,0	Fator c = 2,0	Fator c = 1,5	Fator c = 1

3.3.2 Equipamentos e usos finais

O consumo operacional de eletricidade será baseado nos dados do levantamento da Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos do PROCEL (SINPHA, 1999). Foram obtidos índices para a relação da área construída, número de moradores e renda familiar por faixas de consumo mensal de eletricidade. Foi calculada a média por faixa de consumo em todas as regiões levantadas e dispostos em gráficos os resultados em uma regressão linear simples, conforme as Figuras 3.2, 3.3, 3.4. Os dados originais das médias e das regiões levantadas estão no Apêndice F.

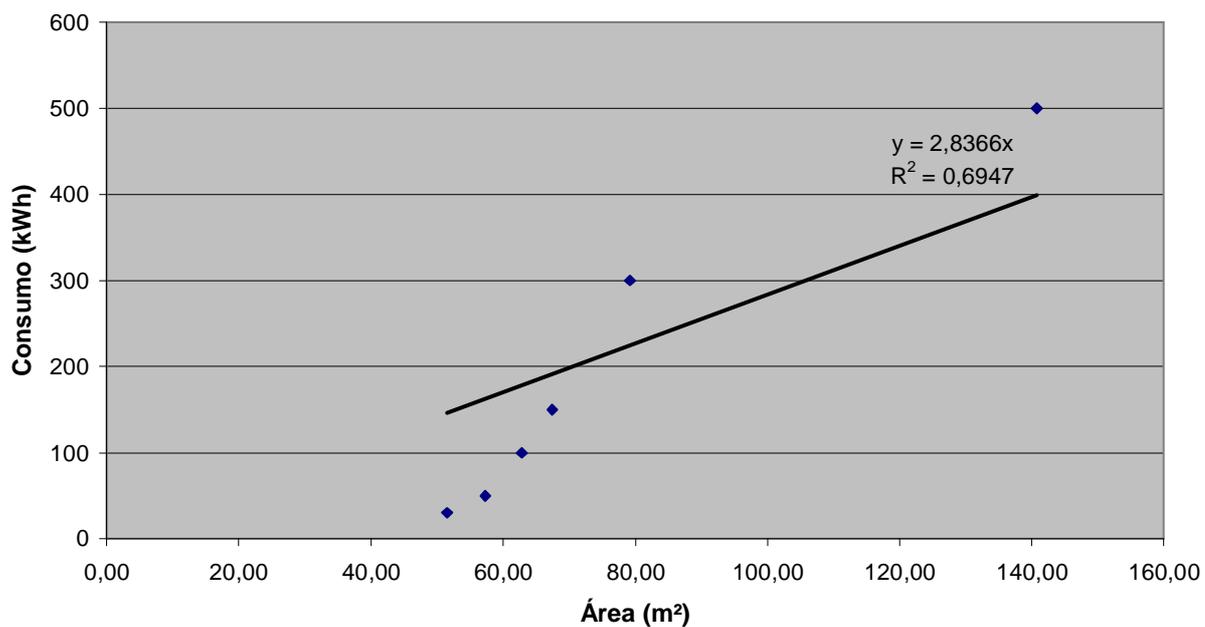


Figura 3.2: Consumo de energia elétrica por área em edificações residenciais.

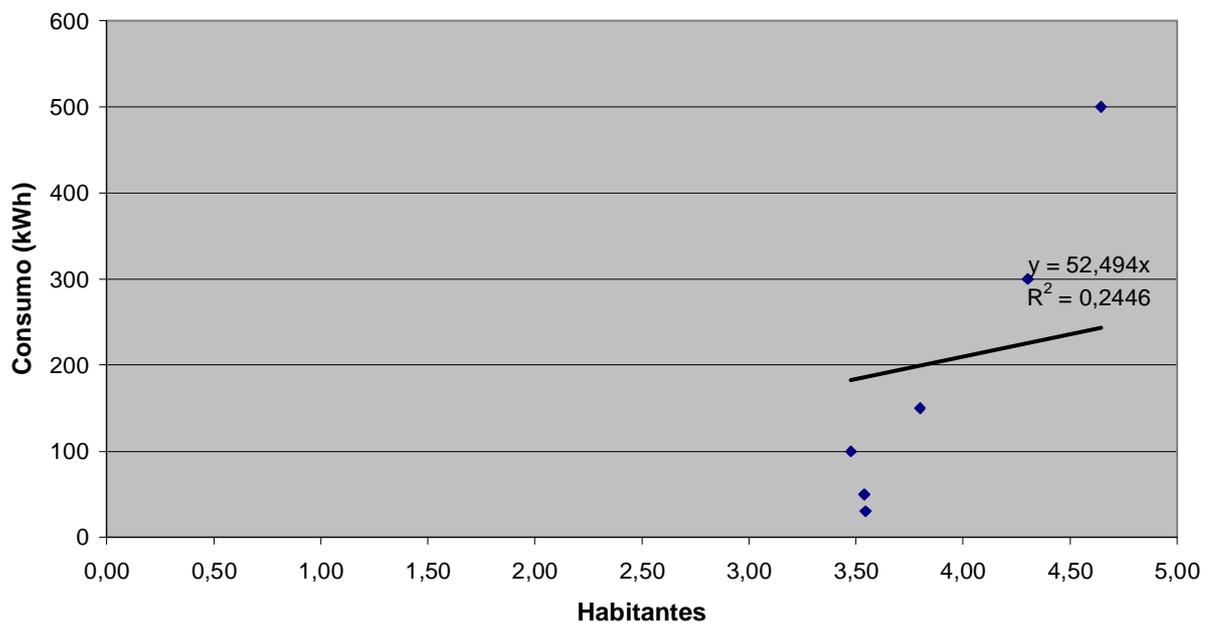


Figura 3.3: Consumo de energia elétrica por número de habitantes em edificações residenciais.

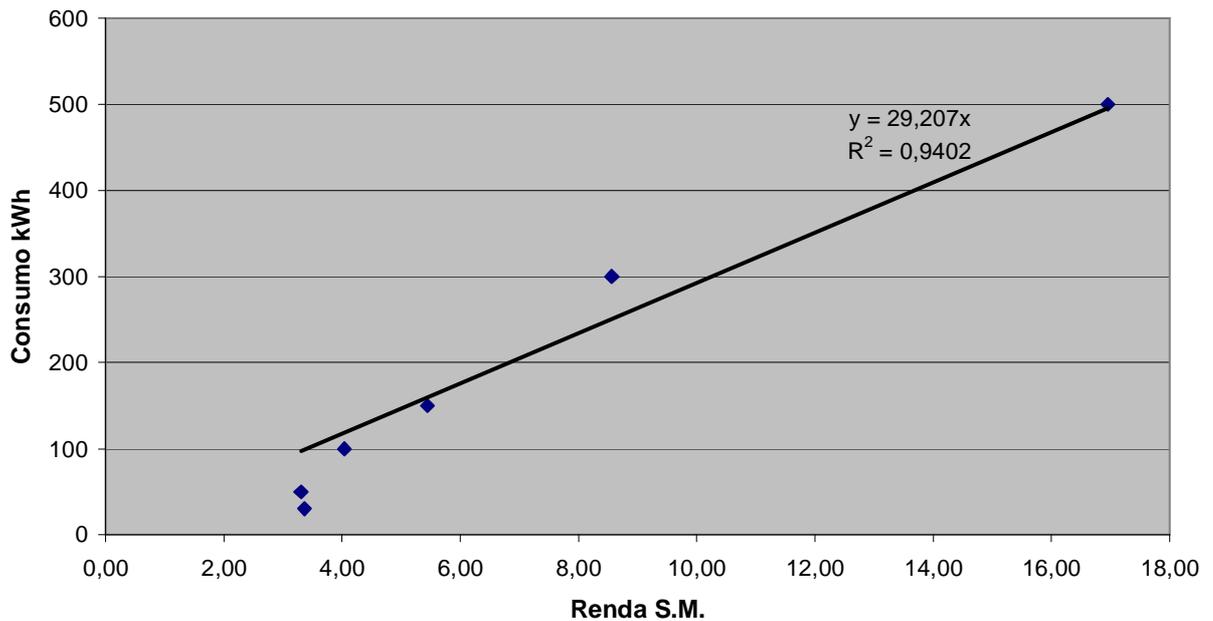


Figura 3.4: Consumo de energia elétrica por renda familiar em edificações residenciais.

A média das três equações foi tomada como base para o cálculo do consumo de eletricidade residencial. Os fatores são definidos na Tabela 3.11.

Tabela 3.11: Fatores para cálculo do consumo de energia elétrica em residências brasileiras

Variável	Fator
Renda (S.M.)	$r = 29,207 x$
Área (m ²)	$a = 2,836 x$
Nº de habitantes (un)	$h = 52,49 x$

Para o total do ciclo de 50 anos são observadas as tendências de crescimento do consumo operacional residencial estabelecidas em estudo de Tolmasquim (2000) para três cenários a partir de 1995. Contrapondo-se aos resultados do BEN de 1995 até 2004 confirma-se a tendência de um cenário de baixo crescimento equivalente a uma taxa de 1,7% aa.

3.3.3 Reposição de materiais e Energia Embutida de manutenção

Materiais de construção são repostos ao longo da vida útil da edificação, quer por depreciação natural, quer pelas condições de uso da edificação, ou pelo senso estético do usuário.

A determinação deste último parâmetro é diretamente influenciada pela renda, porém carece de estudos para sua mensuração. A bibliografia técnica se atém a relatar os dados de durabilidade média dos materiais, definidos de forma a não comprometer a segurança e conforto da edificação.

Energia embutida de manutenção é o total de insumos energéticos, incluindo desperdícios e transportes, para reposição de materiais e manutenção da edificação ao longo do ciclo de vida estudado.

Os dados de durabilidade da Tabela 3.12 provém de estudos internacionais sobre ciclo de vida das edificações (MITHRARATNE, 2004; ADALBERTH, 1997; CHEN, 2001; TRELOAR, 1999; SUZUKY, 1998; SCHEUER, 2003; MC COUBRIE, 1996, FAY, 1999) cujos dados originais constam do Anexo A.

Os materiais brasileiros com referência de durabilidade informada pelos fabricantes são indicados. Os Fatores relacionados na Tabela são os acréscimos de EE, dos materiais usados na fase pré-operacional, para um ciclo de vida de 50 anos.

Tabela 3.12: Durabilidade de materiais de construção e fator de acréscimo de EE - ciclo de 50 anos

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

¹ Informação dos fabricantes

3.4 FASE PÓS - OPERACIONAL

A fase de desconstrução terá foco sobre as operações de desmontagem da edificação e remoção do entulho. Apesar da crescente importância do reaproveitamento e reciclagem dos materiais de construção, estes serviços aqui no Brasil ainda implicam em custos normalmente não assimilados por quem constrói uma nova edificação, que são eventualmente os que demandam serviços de demolição. Além disso, a oferta de materiais de construção reciclados ou reaproveitados ainda é baixa e não reconhecida como de credibilidade pelos usuários, tendo a maior parte dos materiais depositos o destino de entulho.

3.4.1 Demolição e deposição

O custo energético para desmonte ou demolição é calculado a partir do total de material utilizado inicialmente na edificação mais os materiais de reposição. Para a consideração destes últimos, é utilizado um fator médio de reposição, sobre o total inicial em kg. Este fator é obtido pela relação da energia embutida de manutenção e da energia embutida inicial, pelo índice médio de MJ/kg dos materiais iniciais, o que resulta em um acréscimo de 30% em kg.

Define-se posteriormente a relação de consumo de energia para cada kg de material demolido. Segundo fatores obtidos nas TCPO (TCPO, 2003) para a demolição de 1m³ de edificação são utilizadas 1,5 h de martelos rompedores e 0,05 h de pá carregadeira, os quais consomem respectivamente 1,9 l de gasolina e 0,17 l de óleo diesel. Aplicando-se respectivamente os coeficientes de equivalência médios para os combustíveis líquidos de 35,52 MJ e 32,22 MJ por litro (BRASIL, 2005a) e dividindo-se por 1900 kg/m³, densidade média da cerâmica e do concreto, que são os principais materiais em quantidade utilizados em edificações residenciais, obtêm-se o custo energético de demolição (CE_{dem}) de 0,0354 MJ aplicado ao total em kg de materiais de construção utilizados em todo o ciclo de vida.

3.4.2 Transporte do material de demolição

Para o transporte dos resíduos é atribuída uma distância média de 50 km ao depósito de entulho de materiais. A forma de transporte utilizada é o caminhão basculante de 10,5 t de capacidade mantendo-se desta forma o consumo de 1,62 MJ/km/t, conforme calculado no item 3.2.2 .

3.5 CÁLCULO DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS PARA ACVE

O cálculo dos consumos energéticos relevantes nas fases de uma ACVE, e suas respectivas etapas, é realizado a partir das seguintes equações. A discriminação das etapas segue a estrutura apresentada no item 3.1.

3.5.1 Fases principais de uma ACVE

A energia total do ciclo de vida de uma edificação, E_{CVE} (MJ/m²), é definida da seguinte forma:

$$E_{CVE} = \frac{(E_{pre} + E_{op} + E_{pos})}{A_{edif}} \quad (3.5.1.1)$$

onde:

$$E_{pre} = EE_{mat} + E_{tr.mat} + E_{obra} + E_{tr.trab} + E_{desp} + E_{tr.desp} \quad (3.5.1.2)$$

$$E_{op} = E_{equip} + E_{cocção} + EE_{rep} + E_{desp.rep} + E_{tr.rep} \quad (3.5.1.3)$$

$$E_{pos} = E_{dem} + E_{tr.dem} \quad (3.5.1.4)$$

A_{edif} = Área da edificação

3.5.2 Etapas pré-operacionais

Etapas 1 e 2 - Prospecção, fabricação e transporte de insumos; Fabricação dos materiais de construção.

Nestas etapas são definidos os eventos de consumo energético que irão compor a energia embutida nos materiais de construção. Para os materiais de construção a etapa 1 está incorporada no conteúdo energético do material.

$$EE_{mat} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot CE_{mat_i} \quad (3.5.2.1)$$

onde:

i = material de construção discriminado

n = número de materiais

m_i = Quantidade de material de construção (kg)

CE_{mat_i} = Conteúdo energético do material discriminado (MJ/kg)

Etapa 3 - Transporte dos materiais ao sítio da obra.

Neste trabalho o consumo energético do tipo de transporte utilizado é de 1,62 MJ/km/t, conforme calculado no item 3.2.2 .

$$EE_{tr.mat} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot l_i \cdot CE_{tr} \quad (3.5.2.2)$$

onde:

i = material de construção discriminado

n = número de materiais

m_i = Quantidade de material de construção (kg)

l_i = distância do fabricante de material ao sítio da obra (km)

CE_{tr} = Consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg.km)

Etapa 4 - Energia consumida na obra.

Detalha os consumos de equipamentos utilizados na etapa específica da obra.

$$E_{obra} = \sum_{j=1}^p E_j \quad (3.5.2.3)$$

onde:

p = Número de formas de consumo energético

j = Formas de consumo energético

E_j = Quantidade de energia consumida nas atividades da obra (MJ)

Etapa 5 - Transporte dos trabalhadores até a obra

Consumo de energia dos meios de transporte utilizados pelos trabalhadores da obra

$$E_{tr.trab} = t.n_d.2l_m.CEtr \quad (3.5.2.4)$$

onde:

t = Quantidade de trabalhadores x peso unitário 70 kg

n_d = Número de dias úteis da obra

l_m = Distância média percorrida pelos trabalhadores até a obra (km)

$CEtr$ = Consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg.km)

Etapa 6 - Desperdício de materiais

Energia embutida nos materiais desperdiçados na etapa da obra

$$E_{desp} = \sum_{i=1}^n m_i.d_i.CEmat_i \quad (3.5.2.5)$$

onde:

i = material de construção discriminado

n = número de materiais

m_i = Quantidade de material de construção (kg)

d_i = Fator de desperdício do material

$CEmat_i$ = Conteúdo energético do material discriminado (MJ/kg)

Etapa 7 - Transporte do desperdício

O consumo energético do tipo de transporte utilizado para o respectivo material desperdiçado

$$E_{tr.desp} = 2.\sum_{i=1}^n m_i.d_i.l_d.CEtr \quad (3.5.2.6)$$

onde:

i = material de construção discriminado

n = número de materiais

m_i = Quantidade de material de construção (kg)

d_i = Fator de desperdício do material

l_d = Distância do sítio da obra ao depósito de material desperdiçado

CE_{tr} = Consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg.km)

3.5.3 Etapas operacionais

Etapa 8 - Reposição de materiais

Energia embutida nos materiais de construção utilizados para manutenção e reposição ao longo da vida útil da edificação considerando transportes e desperdícios.

$$EE_{rep} = \sum_{i=1}^n E_{pre_i} \cdot rep_i \cdot CE_{mat_i} \quad (3.5.2.7)$$

onde:

i = material de construção discriminado

n = número de materiais

E_{pre_i} = Energia pré-operacional do material de construção discriminado

rep_i = Fator de reposição do material ao longo da vida útil da edificação

CE_{mat_i} = Conteúdo energético do material discriminado (MJ/kg)

Etapa 9 - Energia consumida por equipamentos

Considera os consumos dos equipamentos eletrodomésticos, incluindo climatização e ventilação. Os fatores estão definidos no item 3.3.2 e descritos na Tabela 3.11 .

$$E_{equip} = \frac{h + a + r}{3} \quad (3.5.2.8)$$

onde:

h = Fator do consumo relativo ao Nº de habitantes da edificação

a = Fator do consumo relativo à área da edificação

r = Fator do consumo relativo ao rendimento do grupo de habitantes

Etapa 10 - Energia para Cocção de Alimentos

Calculada a partir da Energia Elétrica consumida em Equipamentos segundo critérios estabelecidos no item 3.3.1 e na Tabela 3.10 onde estão descritos os fatores a serem usados na fórmula.

$$E_{cocção} = E_{equip} \cdot c \quad (3.5.2.9)$$

onde:

E_{equip} = Energia consumida por equipamentos

c = Fator de consumo de Energia de cocção relativo ao consumo de energia elétrica

3.5.4 Etapas pós-operacionais

Etapa 11 - Demolição e remoção dos resíduos

Energia consumida pelos equipamentos utilizados para desmontagem da edificação e limpeza do terreno.

$$E_{dem} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot CE_{dem} \cdot R_{med} \quad (3.5.2.10)$$

onde:

i = material de construção discriminado

n = número de materiais

m_i = Quantidade de material de construção (kg)

CE_{dem} = Consumo energético dos equipamentos de demolição

R_{med} = Fator de reposição de materiais médio ao longo do ciclo de vida

Etapa 12 - Transporte do material demolido

$$E_{tr.dem} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot l_d \cdot CE_{tr} \cdot R_{med} \quad (3.5.2.11)$$

onde:

i = material de construção discriminado

n = número de materiais

m_i = Quantidade de material de construção (kg)

l_d = Distância do sítio da obra ao depósito de material demolido

CE_{tr} = Consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg.km)

R_{med} = Fator de reposição de materiais médio ao longo do ciclo de vida

3.5.5 Planilhas de cálculo para ACVE

No sentido de operacionalizar a ACVE foram desenvolvidas 3 planilhas para o cálculo dos consumos energéticos nas etapas do ciclo de vida comentadas e dispostas no formulário do item anterior.

Os consumos da **Fase pré-operacional** são calculados na chamada **Planilha 1** que discrimina todos os materiais de construção utilizados em cada parte da obra. Seu modelo básico é apresentado na Tabela 3.13 e a discriminação de cada etapa, ou parte, é disposta na Tabela 3.14, associada à respectiva fórmula ou fonte de dados.

Esta planilha, pela sua característica de detalhamento dos materiais, é utilizada para o cálculo da Energia Embutida de Reposição, e posteriormente para o conjunto da Fase operacional. Também pela mesma condição é extraído o somatório dos materiais de construção utilizados, cujo peso é utilizado para definição dos consumos de desconstrução na Fase pós-operacional.

Tabela 3.13: Modelo básico da Planilha 1

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
DESCRIÇÃO Partes Edificação / Materiais	Unidade	Quantidade	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE MJ/kg	EE Materiais de Construção	Distância	Transporte	EE Transporte	Desperdício	EE Desperdício	Trans. Desp.	EE Transporte Desperdício	TOTAL Fase pré operacional EEinicial	EE inicial setor	Fator de reposição	EE manutenção	EE manutenção setor	E equip. obra
SERVIÇOS PRELIMINARES																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
ESTRUTURA																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
ALVENARIA																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
ESQUADRIAS																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
COBERTURA																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
PISOS																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
INSTALAÇÕES																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
PINTURA																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
SERVICOS COMPLEMENT.																					
Materiais																					
Equipamentos																					
Total																					
MÃO DE OBRA				(dias)	(Hom.)																
Pedreiros	h / m²																				
Serventes	h / m²																				
Engenheiros	h / m²																				
Total																					
RESULTADOS PARCIAIS						TOTAL kg											Rep. Média				
RESULTADOS TOTAIS							TOTAL MJ											TOTAL MJ (50 anos)		TOTAL MJ Equipam.	
							TOTAL GJ/m²											TOTAL GJ/m²/ano		TOTAL GJ/m²	

Legenda: Resultado de equações conforme item 3.5 ; Consumo de equipamentos ;
 Resultado da Fase pré-operacional

Tabela 3.14: Descrição da Planilha 1

Coluna A	Discriminação das partes da edificação e materiais utilizados respectivamente
Coluna B	Unidades dos materiais ou serviços utilizados em cada parte da edificação
Coluna C	Quantidade do material ou serviço. Levantado a partir das TCPO ou NBR 12721
Coluna D	Sub Total utilizado em toda a edificação. Caso esteja em kg transferir o valor para a coluna G
Coluna E	Volume em m ³ a partir da unidade original
Coluna F	Densidade do material. Apenas se for necessário converter o valor da coluna E. Tabela com as densidades dos materiais comuns, Apêndice G
Coluna G	Total em kg dos materiais utilizados em cada etapa. O somatório geral dos materiais servirá de base para o cálculo dos consumos energéticos de desconstrução, conforme equação 3.5.2.9
Coluna H	EE MJ/kg, fator de energia embutida por kg de material a partir da Tabela 3.7, considerando transporte das matérias primas até ao centro de produção do material.
Coluna I	Total de EE nos materiais de construção. Resultado da equação 3.5.2.1
Coluna J	Distância do centro de transformação do material ao sítio da obra.
Coluna K	Fator do transporte de materiais dos centros de transformação até a obra. Definido no item 3.2.2
Coluna L	EE no transporte dos materiais. Resultado da equação 3.5.2.2
Coluna M	Fator de desperdício dos materiais de construção na obra. Expressa o acréscimo de energia embutida para cada material conforme Tabela no item 3.2.4
Coluna N	EE no desperdício de materiais. Resultado da equação 3.5.2.5
Coluna O	Fator do transporte de materiais desperdiçados da obra ao depósito de entulho ou reciclagem. Definido no item 3.2.2
Coluna P	EE no transporte dos materiais desperdiçados. Resultado da equação 3.5.2.6
Coluna Q	Total da EE inicial ou da fase pré-operacional. Resultado da equação 3.5.1.2
Coluna R	EE por setor. Resultados de EE por partes da construção
Coluna S	Fator de reposição do material ao longo da vida útil de 50 anos, conforme Tabela 3.12, item 3.3.3
Coluna T	EE de manutenção. Resultado da equação 3.5.2.7
Coluna U	EE de manutenção por setor. Resultados de EE por partes da construção
Coluna V	Total da Energia dos equipamentos utilizados na obra. Resultado da equação 3.5.2.3

Os consumos energéticos diretos da obra (etapa 4, cf item 3.1) são definidos através dos subtotais das linhas “equipamentos” grifadas em azul.

As linhas dos campos referentes à “Mão de Obra”, determinam o total de funcionários envolvidos na construção, necessário para o cálculo do conteúdo da etapa (5), transporte de trabalhadores até a obra, conforme a equação 3.5.2.4 .

As linhas relativas aos “resultados parciais” destacam os itens “total de kg” e “média de reposição” os quais serão transportados para a Planilha 3 para o cálculo da Fase de desconstrução.

Para o cálculo do consumo na **Fase operacional** é utilizada a **Planilha 2**. Nesta, se obtém inicialmente os consumos de Energia Elétrica por equipamentos e Energia de Cocção. A relação entre estes é definida no item 3.3.1 . Resgatando-se o valor da Energia Embutida de Manutenção da Planilha 1 completa-se o total da Fase Operacional. O modelo básico da planilha 2 está na Tabela 3.15 e a descrição de suas etapas na Tabela 3.16.

Tabela 3.15: Modelo básico da Planilha 2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Modelo	Área (m ²)	Fator a	Consumo parcial a	Habitantes (un)	Fator h	Consumo parcial h	Renda (SM)	Fator r	Consumo parcial r	EEquip. (kWh/mês) (a+b+c)/3	Fator (EEquip. X ECocção)	ECocção (kWh/mês)	EEquip. + ECocção (GJ/mês)	EEquip. + ECocção (GJ/m ²)	EManut. (GJ/m ²)	EOperaciona I (GJ/m ²)	EOperaciona I (GJ)

Legenda: □ Resultado de equações conforme item 3.5 ; □ A partir dos modelos ; □ Somatório de Energia de Equipamentos e Energia de Cocção ; □ Resultado da Fase Operacional

Tabela 3.16: Descrição da Planilha 2

Coluna A	Descrição do modelo da edificação
Coluna B	Área útil da unidade em m ² . Definida nos modelos.
Coluna C	Fator de consumo relativo à área da unidade. A partir do gráfico da Figura 3.2, item 3.3.2
Coluna D	Consumo parcial de energia elétrica (kWh/mês) relativo à área da unidade.
Coluna E	Número de habitantes da unidade. Definido nos modelos.
Coluna F	Fator de consumo relativo ao número de habitantes da unidade. A partir do gráfico da Figura 3.3, item 3.3.2
Coluna G	Consumo parcial de energia elétrica (kWh/mês) relativo ao número de habitantes da unidade.
Coluna H	Renda salarial da unidade em salários mínimos. Definida nos modelos.
Coluna I	Fator de consumo relativo à renda familiar da unidade. A partir do gráfico da Figura 3.4, item 3.3.1
Coluna J	Consumo parcial de energia elétrica (kWh/mês) relativo à renda familiar da unidade.
Coluna K	Consumo de energia elétrica por uso final de equipamentos (kWh/mês). Média dos consumos parciais a,h e r. Resultado da equação 3.5.2.8
Coluna L	Fator de relação do consumo de Energia por equipamentos com a Energia de cocção, conforme Tabela 3.10 no item 3.3.1
Coluna M	Energia de cocção (kWh/mês). Resultado da equação 3.5.2.9
Coluna N	Somatório da EEquipamento e ECocção (kWh/mês).
Coluna O	Somatório da EEquipamento e ECocção (GJ/m ² /ano).
Coluna P	Energia Embutida de manutenção (GJ/m ² /ano). Calculada na planilha 1, coluna S
Coluna Q	Total dos consumos energéticos na fase operacional (GJ/m ²). Resultado da equação 3.5.1.3
Coluna R	Total dos consumos energéticos na fase operacional (GJ)

A **Fase pós-operacional** tem seus consumos calculados na **Planilha 3**. A partir do total de materiais de construção, em kg, obtido da Planilha 1, aplicam-se os fatores de demolição e transporte do material demolido definidos no item 3.4 . Nesta planilha calcula-se ainda o total do Ciclo de Vida Energético, com o somatório do consumo total de cada Fase. A Tabela 3.17 dá o modelo básico da planilha e a Tabela 3.18 a descrição das etapas correspondentes.

Tabela 3.17: Modelo básico da Planilha 3

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Modelo	Total kg (Planilha 1)	Fator de reposição médio (Planilha 1)	Fator de demolição	E demolição (MJ)	Fator de transp. demol.	Distância	E transp. demol.(MJ)	E pós-op. (GJ)	E pós-op.(GJ/m ²)	CVE (GJ)	CVE (GJ/m ²)

Legenda: Resultado de equações conforme item 3.5 ; Resultados da fase pós-operacional ; Resultados do Ciclo de Vida Energético

Tabela 3.18: Descrição da Planilha 3

Coluna A	Descrição do modelo da edificação
Coluna B	Total em kg da edificação. Transportado da coluna G da Planilha 1
Coluna C	Fator de reposição médio relativo aos materiais repostos na fase operacional. Transportado da coluna S da Planilha 1
Coluna D	Fator de demolição. Consumo Energético dos Equipamentos utilizados para a demolição. Conforme item 3.4.1
Coluna E	Energia de demolição. Resultado da equação 3.5.2.10
Coluna F	Fator de transporte para material demolido. Conforme item 3.4.2
Coluna G	Distância do depósito de despejo do material demolido ao sítio da obra.
Coluna H	EE no transporte dos materiais de demolição. Resultado da equação 3.5.2.11
Coluna I	Total dos consumos energéticos na fase pós-operacional (GJ)
Coluna J	Total dos consumos energéticos na fase pós-operacional (GJ/m ²)
Coluna K	Total dos consumos energéticos no Ciclo de Vida da Edificação (GJ)
Coluna L	Total dos consumos energéticos no Ciclo de Vida da Edificação (GJ/m ²)

3.6 RESUMO DA METODOLOGIA:

A aplicação da metodologia é resumidamente disposta no Fluxograma da figura 3.5.

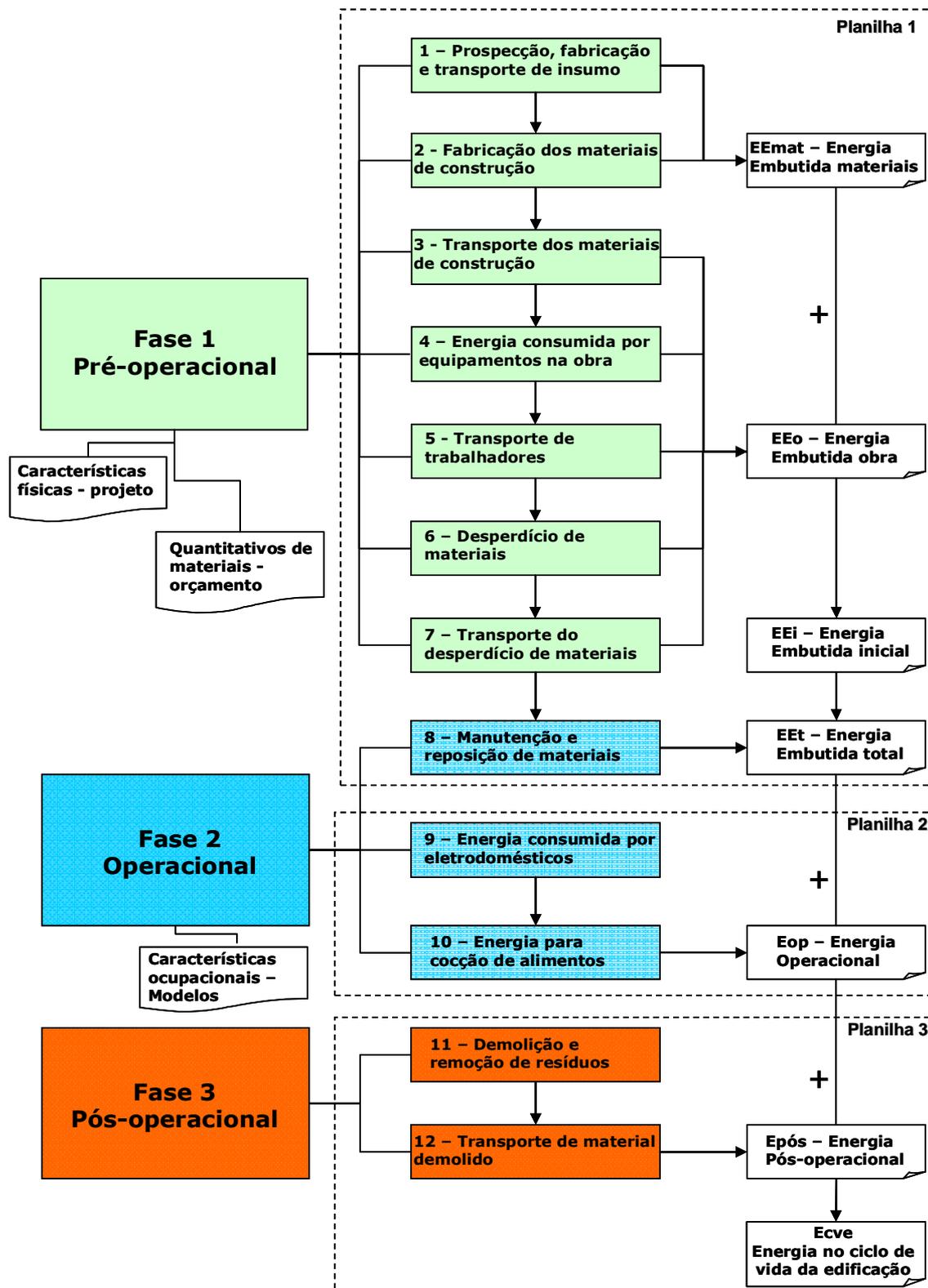


Figura 3.5: Fluxograma de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais.

3.7 GERAÇÃO DE CO₂

3.7.1 CO₂ por fontes e materiais de construção

O acúmulo de gases do efeito estufa tem sido estudado como uma das principais causas de mudanças climáticas mundiais. A geração de CO₂ pelas atividades relacionadas à construção civil é um parâmetro de sustentabilidade particularmente relevante no Brasil.

Excetuando-se a parcela de CO₂ relativa às queimadas, no mínimo a quarta parte é oriunda da construção e operação de edificações, seja do consumo energético ou de reações químicas dos processos de fabricação dos materiais de construção conforme o item 2.2.4.2 .

A discriminação dos insumos energéticos em fontes específicas e destas para a geração de CO₂ correspondentes, são pontos importantes de interpretação em uma análise energética. Desta forma é possível estabelecer um parâmetro mais direto de sustentabilidade a partir do CO₂ embutido na edificação (BUCHANAN, 1994; SUZUKI,1995; DIAS, 2004).

A partir do consumo de materiais nas edificações, e conseqüente energia embutida, pode ser feita a desagregação dos valores de consumo de energia em fontes primárias. A Tabela 3.19 apresenta a relação percentual de consumo de fontes específicas de energia por materiais de construção fabricados no Brasil.

Tabela 3.19: Consumo primário de energia por fontes (% MJ) em materiais de construção

FONTES	FÓSSEIS NÃO RENOVÁVEIS							ELETRICIDADE	RENOVÁVEIS			OUTRAS
	ÓLEO DIESEL E COMBUSTÍVEL	GÁS NATURAL	GLP	COQUE DE PETRÓLEO	OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	CARVÃO MINERAL	COQUE DE CARVÃO MINERAL		CARVÃO VEGETAL	LENHA	OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	
Aço e ferro	1	6					71	10				12
Alumínio	21	7			4		10	54				4
Areia	99							1				
Argamassa	86			10				4				
Cal	12							8		80		
Cerâmica revest.	15	68	5					12				
Cerâmica verm.	4		8					2		85		1
Cimento	3			61		8		12	9			7
Cobre	10	44					5	41				
Concreto	82			9				9				
Fibrocimento	84		2					14				
Impermeabilizantes	10	30			34			26				
Madeira	83							17				
Pedra	85							15				
Plásticos	10	30			34			26				
Tintas	90							10				
Outros materiais	8	11				7	10	20	9		35	

Fonte: do Autor baseado em: CETEC / MG (BRASIL, 1982); SOARES (2003); Anuário estatístico: Setor metalúrgico (BRASIL, 2004); BELTRAN & MARTINEZ (2004); Balanço Energético Nacional, (BRASIL, 2005a).

Dos materiais relacionados verifica-se que em média 70 % dos insumos energéticos provêm de fontes fósseis não renováveis. Das fontes renováveis deve-se alertar para fato de que 50% do carvão vegetal e 80% da lenha são obtidos de matas nativas (IBGE, 2003), ou seja, são contabilizadas na geração do CO₂.

A quantidade de CO₂ liberada por fonte para geração de energia é apresentada na Tabela 3.20

Tabela 3.20 Geração de CO₂ por fontes de energia

FONTE	CO₂ (kg/GJ)
ELETRICIDADE ⁽¹⁾	18,1
ÓLEO COMBUSTÍVEL	79,8
GÁS NATURAL	50,6
GLP	63,3
OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO	72,6
COQUE DE CARVÃO MINERAL	91,5
COQUE DE PETRÓLEO	72,6
CARVÃO MINERAL	91,5
CARVÃO VEGETAL	51,0
LENHA	81,6
OUTRAS FONTES PRIM. RENOVÁVEIS	0,0
OUTRAS	35,7

Fonte: a partir de dados de IPCC, (1995);THEIS, (1996).

⁽¹⁾ do autor.

O índice atribuído à eletricidade foi estimado a partir de dados do BEN. A Tabela 3.21 discrimina os conteúdos de combustíveis da geração termoelétrica e respectivos rendimentos utilizados para o cálculo da geração de CO₂. O fator indicado na tabela corrige o total de energia consumido a partir do rendimento de cada fonte.

Tabela 3.21 Geração de CO₂ por fontes primárias de termoeletricidade

TERMOELETRICIDADE	MATRIZ BRASILEIRA %	EFICIÊNCIA	FATOR	%	kg CO₂/GJ (Fontes) ⁽¹⁾	kg CO₂ /GJ (Eletricidade)
Carvão	1,6	0,2	5,0	8,00	91,47	7,31
Óleo	2,9	0,3	3,3	9,57	79,77	7,63
Gás Natural	4,5	0,7	1,4	6,30	50,63	3,18
						18,12

Fonte: do autor a partir de dados do BEN (BRASIL, 2005a);

⁽¹⁾ IPCC, 1995.

Os processos de fabricação de alguns materiais de construção geram significativas quantidades de CO₂ independente do uso de energia. Os mais relevantes, segundo o Inventário Nacional de Emissões de gases de efeito estufa editado pelo ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2005b), têm seus fatores de geração de CO₂, por tonelada de produto, discriminados na Tabela 3.22 .

Tabela 3.22: Geração de CO₂ não energético em processos de fabricação de materiais de construção

MATERIAL	t CO₂/t
ALUMÍNIO	1,600
CAL	0,760
CIMENTO ⁽¹⁾	0,375
CONCRETO ⁽¹⁾	0,045

Fonte: Brasil (2005b).

⁽¹⁾ do autor.

O fator de geração de CO₂ atribuído ao cimento é calculado a partir das seguintes informações. As emissões de CO₂ ocorrem da calcinação do calcário, processo de fabricação do clínquer. Segundo o IPCC (1995) são geradas 0,5t CO₂ por tonelada de clínquer produzido. Na fabricação de cimento no Brasil o percentual médio de clínquer é de 73% (BRASIL, 2005b). Assim é estimado o fator de 0,375t de CO₂ por tonelada de cimento produzido.

Para o concreto foi utilizado um percentual de 12 % de cimento (TCPO, 2003).

3.7.2 Planilhas de cálculo do CO₂ embutido

A partir das tabelas apresentadas no item anterior elaborou-se uma planilha para o cálculo do CO₂ embutido a partir das fontes primárias. A planilha divide-se em três partes: a primeira para o cálculo de CO₂ embutido por material e fonte a partir da geração de energia. A segunda determina o CO₂ advindo de reações químicas do processo de fabricação dos materiais de construção, a saber: alumínio, cal, cimento e concreto. A terceira faz o somatório das duas anteriores e determina os índices de CO₂ por metro quadrado de edificação.

Os dados de quantidade de energia em MJ por materiais de construção ("Quant. (MJ)" linhas amarelas) na coluna "Fontes", são obtidos a partir dos resultados da planilha 1 (Tabela 3.13), especificamente o somatório do consumo de energia por cada tipo de material discriminado.

O modelo da planilha é representado resumidamente, em termos de materiais, na Tabela 3.23 .

A geração de CO₂ a partir do consumo operacional e pós-operacional é determinada em outra planilha de estrutura semelhante à da Tabela anterior. A primeira parte calcula o CO₂ operacional, a segunda parte o da fase pós-operacional e a terceira faz o somatório de todas as fases, incluindo o da pré-operacional, completando o CO₂ gerado em todo o ciclo de vida dos modelos estudados.

A tabela 3.24 apresenta o modelo da planilha acima descrita.

Tabela 3.24: Planilha para cálculo de CO₂ nas fases operacional e pós operacional

CO ₂ OPERACIONAL e PÓS		ELETRICIDADE	ÓLEO COMBUSTÍVEL	GÁS NATURAL	GLP	
		18,14	79,77	50,63	63,29	TOTAL
ELETRICIDADE	Perc (%)	100				
	Quant. (MJ)					
	CO ₂ (KG)					
COCCÃO - GÁS	Perc (%)			3	97	
	Quant. (MJ)					
	CO ₂ (KG)					
SOMATÓRIO MATERIAL (MJ)						
MJ (Fonte) / m ²						
TOTAL CO ₂ (kg)						
% CO ₂						
kg CO ₂ /m ²						
DEMOLIÇÃO	Perc (%)		100			
	Quant. (MJ)					
	CO ₂ (KG)					
MJ (Fonte) / m ²						
kg CO ₂ /m ²						

CAPÍTULO 4 - MODELAGEM DE EDIFICAÇÕES PARA ACVE

Neste capítulo serão definidos modelos de edificações residenciais de forma a estudar a realidade de consumo energético deste tipo de edificação e aplicar a metodologia para Análise do Ciclo de Vida Energético.

Os modelos que serão apresentados são de natureza empírica baseados na realidade construtiva das regiões estudadas. Como exemplo pode ser citada a norma NBR 12721 da ABNT (ABNT, 1999), onde são descritos os modelos que servem de base para o cálculo do custo unitário básico da construção – CUB. Esses são definidos a partir das tipologias mais comuns nas principais regiões metropolitanas.

Para o caso desta pesquisa são obtidas inicialmente as principais características das edificações residenciais brasileiras em levantamentos de cobertura nacional. A partir das mais significantes são compostos cinco modelos que buscam representar um perfil do setor residencial brasileiro em termos de tipologias arquitetônicas e construtivas, características econômicas e consumo de energia.

Após a definição dos modelos é aplicado um instrumento de validação que simula o consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro baseado nos modelos propostos.

Finalmente cada modelo é descrito em suas características físicas e ocupacionais.

4.1 PARÂMETROS DE DEFINIÇÃO DOS MODELOS

Os parâmetros de definição dos modelos foram obtidos em pesquisas de âmbito nacional cujos levantamentos informam características de tipologia arquitetônica e construtiva das edificações residenciais, além de dados sócio-econômicos.

A partir dos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD - realizada pelo IBGE (PNAD, 2002) obteve-se informações sobre: nº de domicílios, nº de habitantes, nº de cômodos e posses de aparelhos eletrodomésticos. A PNAD é realizada anualmente e expandida nos anos iniciais de cada década pelos dados do Censo Demográfico.

Outra fonte importante foi a Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo, que subsidia as informações do Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo – SINPHA – (SINPHA, 1999), realizados pela Eletrobrás, PROCEL e PUC/RJ. Nessa estão armazenadas informações sobre consumo de energia elétrica em 22.000 edificações residenciais servidas por 18 concessionárias de energia elétrica em quatro das cinco regiões geográficas brasileiras, onde o consumo corresponde a 85% do total brasileiro. As residências são classificadas em faixas de consumo em kWh/mês conforme a Tabela 4.1 que informa ainda o percentual de domicílios por faixa.

Tabela 4.1: Faixas de Consumo de energia elétrica

Faixa N°	Consumo kWh/mês	% de domicílios
1	0-30	11,12
2	31-50	9,11
3	51-100	19,53
4	101-150	20,90
5	151-300	26,72
6	>300	12,63

Fonte: do autor a partir de SINPHA (1999)

As relações de consumo por faixas são detalhadas para: nº de habitantes, nº de cômodos, área construída, renda familiar, posses de equipamentos e respectivos padrões de uso.

Ainda são utilizados os dados do Balanço Energético Nacional – BEN - (BRASIL, 2005a) de onde são retiradas informações sobre consumo de energia elétrica e energia de cocção, em todas as suas fontes, no setor residencial.

4.1.1 Dados relevantes

São relatados os seguintes dados mais significativos para a caracterização dos modelos. Segundo a **PNAD**, nos últimos 10 anos a tipologia predominante, em nível urbano ou rural, é a casa com 90% das edificações. O número de domicílios particulares em todo o país, segundo a pesquisa de 2001, é de 44.721.434 sendo que destes 10.336.407 comportam 4 habitantes enquanto a média nacional é de 3,5 habitantes por domicílio. Residências com 1 quarto são 29% dos casos, com 2 quartos são 42% e com 3 quartos 23%.

Além de confirmar os números relativos ao tipo de edificação e de habitantes por domicílio, os dados mais significativos no **SINPHA** são os que apontam para uma incidência superior a 37% de edificações com área entre 51 e 70 m², sendo 62% entre 51 e 100 m². A média é de 64,7 m² e a maior parte das edificações tem 2 ou 3 quartos, o que abrange até 70% dos domicílios. A renda média, em salários mínimos, é relacionada às faixas de consumo de eletricidade; para a faixa até 50 kWh/mês a renda média é de 3,3 SM, para a faixa de 51 a 150 kWh/mês, 4,7 SM. Estas faixas englobam 61% das edificações residenciais.

Outro dado extraído deste levantamento é a faixa de consumo médio de energia elétrica das edificações; 60% consomem até 150 kWh por mês e 87% até 300 kWh mensais, sendo 40% entre 51 e 150 kWh. A média de consumo por edificação é de 159 kWh/mês. Este dado é corroborado por outro cálculo obtido a partir do consumo elétrico do setor residencial, publicado no BEN, pelo número de domicílios da PNAD do IBGE; a razão destes dois fatores é da ordem de 155 kWh mensais por domicílio para o período de 1997 a 1999, correspondente à pesquisa do SINPHA.

O **BEN** informa ainda, além dos consumos operacionais de energia elétrica, o consumo de energia de cocção do setor residencial. Entende-se energia de cocção como todos os insumos energéticos além da eletricidade, os quais são utilizados na maior parte dos casos para a atividade de cocção. Observa-se que o consumo de eletricidade corresponde a 30% do consumo energético do setor residencial. Porém esta relação só se aplica para domicílios que façam uso da lenha para a cocção. A situação urbana e a faixa de renda mais elevada fazem o consumo do gás, natural ou GLP, preponderante, o que em termos de energia equivale a partes iguais entre eletricidade e cocção. As relações utilizadas para energia de cocção estão no item 3.3.1.

4.1.2 Posses de equipamentos eletrodomésticos

O perfil de posses e usos finais de equipamentos e aparelhos eletrodomésticos é fundamental para o consumo energético de uma edificação. Duas pesquisas foram referentes para definição do perfil utilizado em cada modelo. O Censo demográfico do IBGE informa a saturação de alguns equipamentos e serviços disponíveis em edificações residenciais no Brasil. A Tabela 4.2 informa estes dados, ou seja os percentuais de residências que dispõem dos bens ou serviços correspondentes.

Tabela 4.2: Saturação de equipamentos e serviços em domicílios particulares permanentes

BRASIL Ano 2000			
#	Existência de serviços e bens duráveis	Domicílios (Unidade)	Saturação %
1	Total	44.721.434	100
2	Iluminação elétrica	41.596.986	93
3	Rádio	39.107.478	87
4	Televisão	38.906.707	87
5	Geladeira ou freezer	37.202.742	83
6	Coleta de lixo	35.320.364	79
7	Linha telefônica instalada	17.774.403	40
8	Videocassete	15.787.151	35
9	Máquina de lavar roupa	14.799.668	33
10	Automóvel para uso particular	14.604.006	33
11	Forno de microondas	8.659.309	19
12	Microcomputador	4.748.780	11
13	Aparelho de ar condicionado	3.332.643	7

Fonte: (IBGE, 2000).

A partir de dados do SINPHA foi elaborada a Tabela 4.3 onde se apresentam as posses dos principais eletrodomésticos presentes em domicílios brasileiros. Os índices de posses são obtidos dividindo o número de equipamentos pelo número residências levantados na pesquisa.

Tabela 4.3: Posses de equipamentos eletrodomésticos em domicílios brasileiros

APARELHOS	MÉDIAS
Televisor	1,37
Ferro elétrico	0,93
Refrigerador	0,89
Ventilador/Circulador	0,84
Liquidificador	0,82
Aparelho de som	0,81
Chuveiro Elétrico	0,73
Rádio elétrico	0,52
Lava roupas	0,43
Videocassete	0,41
Batedeira	0,37
Forno microondas	0,22
Cafeteira elétrica	0,21
Secadora de roupa	0,21
Aspirador de pó	0,20
Bomba d'água	0,17
Freezer	0,17
Exaustor	0,16
Enceradeira	0,16
Máq. costura elétrica	0,16
Impressora	0,14
Microcomputador	0,14
Videogame	0,13
Forno elétrico	0,12
Torneira elétrica	0,10
Lava louças	0,10
Condicionador de ar	0,08

Fonte: do autor a partir de SINPHA (1999)

4.2 DEFINIÇÃO DOS MODELOS

4.2.1 Características

Os modelos propostos buscam cobrir a maior parte das principais características físicas e ocupacionais encontradas em edificações típicas brasileiras. A partir dos levantamentos das pesquisas comentadas buscou-se agregar os dados de maior ocorrência em edificações factíveis.

A Tabela 4.4 reúne as principais características encontradas nas edificações residenciais brasileiras. Os dados das ocorrências, em percentuais, estão entre parênteses abaixo da característica considerada.

Tabela 4.4: Ocorrências das principais características das edificações residenciais brasileiras

CARACTERÍSTICAS	OCORRÊNCIAS (%)					
	Casas (90)			Apartamentos (10)		
Tipologia ^(1,2)						
Área da unidade (m²) ⁽¹⁾	Até 60 (60)	de 60 a 100 (25)	de 100 a 150 (10)	Acima de 150 (5)		
Nº de quartos ⁽²⁾	1 (15)	2 (42)	3 (23)	4 (16)	Acima de 4 (5)	
Renda familiar ^(1,2)	Até 3 S.M. (70)	de 3 a 5 S.M. (17)	de 5 a 10 S.M. (6)	de 10 a 20 S.M. (8)	de 20 a 30 S.M. (4,5)	Mais de 30 S.M. (0,5)
Nº de habitantes ^(1,2)	1 (7)	2 (26)	3 (20)	4 (27)	5 (17)	Mais de 5 (3)
Consumo eletricidade (kWh/mês) ^(1,2,3)	150 (62)	150 a 200 (21)	200 a 300 (10)	300 a 500 (5)	Mais de 500 (2)	

Fonte: ⁽¹⁾ SINPHA, 1999
⁽²⁾ PNAD, 2001
⁽³⁾ BEN, 2005

Os modelos propostos são baseados fundamentalmente nestas informações e considerando-se também tendências como aumento da taxa de urbanização e verticalização de domicílios, assim como acesso aos combustíveis de cocção de melhor rendimento como GLP e gás natural.

Os perfis ocupacionais de número de habitantes e renda domiciliar associados à área construída definem os padrões de consumo de energia elétrica conforme os parâmetros da tabela 3.11. O consumo de energia de cocção é definido como igual ao de energia elétrica utilizando-se os fatores da tabela 3.10. Desta forma consideram-se os modelos dentro da tendência crescente de urbanização dos domicílios e acesso aos combustíveis GLP e gás natural.

O resumo geral das características dos modelos propostos é apresentado na Tabela 4.5. As significâncias ao final da Tabela representam o percentual de incidência de cada modelo sobre o total das edificações residenciais brasileiras.

Tabela 4.5: Resumo das características dos modelos e respectivas significâncias no setor residencial

MODELO Nº	1	2	3	4	5
CARACTERÍSTICAS					
Tipologia ^(1,2)	Casa	Ap. (4 pav.; 16 un.)	Ap. (8 pav; 32 un.)	Casa	Casa
Área da unidade (m²) ⁽¹⁾	63	70	100	145	252
Nº de quartos ⁽²⁾	2	2	3	3	4
Área Total (m²)	63	1240	4340	145	252
Área do Terreno (m²)	98	400	630	250	500
Renda familiar ^(1,2)	3 S.M.	7 S.M.	10 S.M.	25 S.M.	40 S.M.
Nº de habitantes ^(1,2)	4	2	3	4	5
Consumo eletricidade (kWh/mês) ^(1,2,3)	140	160	240	420	650
Consumo energia cocção (kWh/mês) ⁽³⁾	140	160	240	420	650
Significância no setor residencial %	58	20	10	9	3

Fonte: ⁽¹⁾ SINPHA, 1999

⁽²⁾ PNAD, 2001

⁽³⁾ BEN, 2005

Assim, indica-se que, 58% das edificações residenciais brasileiras têm as características do modelo 1, ou seja consomem até 140kWh/mês de energia elétrica, têm 2 quartos, 4 habitantes e assim sucessivamente.

O critério para definição dos modelos não obedeceu estritamente os percentuais de cada característica. Foram considerados, por exemplo, dois modelos de edificações multifamiliares, embora estas representem apenas 10 % das edificações residenciais em termos de tipologia. Neste caso observa-se o crescimento, ainda que gradual, deste tipo de edificação notadamente nos centros urbanos. As características de maior recorrência para a composição dos modelos foram as relativas ao consumo direto de energia. Os modelos com maior poder aquisitivo são considerados também no sentido de se estudar o aumento, mais gradual ainda, da renda e das edificações dotadas de equipamentos consumidores de energia em maior escala.

O perfil dos equipamentos eletrodomésticos utilizados em cada modelo seguiu as saturações e os índices de posses apresentados no item 4.1.2. São definidos três grupos complementares de equipamentos associados aos modelos a partir das faixas de consumo de energia elétrica conforme a Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Perfil de posse dos equipamentos nos modelos propostos

Equipamentos	Modelos	Consumo eletricidade (kWh/mês)	Equipamentos	Modelos	Consumo eletricidade (kWh/mês)	Equipamentos	Modelos	Consumo eletricidade (kWh/mês)
Televisor Ferro elétrico Refrigerador Ventilador/Circulador Liquidificador Aparelho de som Chuveiro Elétrico Rádio elétrico	1 e 2	Até 140	Televisor Ferro elétrico Refrigerador Ventilador/Circulador Liquidificador Aparelho de som Chuveiro Elétrico Rádio elétrico Lava roupas Videocassete Batedeira Forno microondas Cafeteira elétrica Secadora de roupa Aspirador de pó	3	Até 240	Televisor Ferro elétrico Refrigerador Ventilador/Circulador Liquidificador Aparelho de som Chuveiro Elétrico Rádio elétrico Lava roupas Videocassete Batedeira Forno microondas Cafeteira elétrica Secadora de roupa Aspirador de pó Bomba d'água Freezer Exaustor Enceradeira Máq. costura elétrica Impressora Microcomputador Videogame Forno elétrico Torneira elétrica Lava louças Condicionador ar	4 e 5	Mais de 240

4.2.2 Validação

Como instrumento de validação foi feita uma projeção do consumo de energia elétrica para todo o setor residencial brasileiro a partir dos modelos propostos. Tomando-se como base o consumo do ano 2000, anterior à crise energética e subsequente ao levantamento do SINPHA, foram distribuídos os domicílios existentes no país (PNAD, 2001) pelas faixas de significância e projetado o consumo de energia elétrica de cada modelo. Os resultados são comparados com o consumo real informado pelo BEN (BRASIL, 2005) e dispostos na Tabela 4.7

Tabela 4.7: Projeção do consumo de energia no setor residencial a partir dos modelos

MODELOS	1	2	3	4	5	TOTAL
Consumo de Eletricidade mensal por modelo (kWh)	140	160	240	420	650	
Significância de consumo de energia no setor residencial (%)	62	21	10	5	2	
Número de Domicílios ⁽¹⁾	27.193.038	9.210.545	4.385.974	2.192.987	877.195	43.859.738
Consumo projetado anual por modelos (GWh)	45684	17684	12631	11052	6842	93894
Consumo real no setor residencial ano 2000 (GWh) ⁽²⁾						81330

Fonte: ⁽¹⁾ PNAD, 2001
⁽²⁾ BRASIL, 2005a

O resultado mostra uma diferença entre o consumo projetado e o consumo real de 15 %, o que é compatível com as variações das faixas de consumo do SINPHA de onde foram estimados os consumos dos modelos.

4.3 DESCRIÇÃO DOS MODELOS PARA OS ESTUDOS DE CASO

Os itens seguintes detalham as características físicas e ocupacionais de cada modelo.

4.3.1 Modelo 1 – Edificação unifamiliar, baixa renda.

Este modelo reúne os dados de maior ocorrência em: área construída, número de quartos, número de habitantes, consumo de energia elétrica e renda familiar. As posses de equipamentos seguem a distribuição de renda por consumo de energia elétrica conforme Tabela 4.5 As características do modelo estão detalhadas na Figura 4.1 e na Tabela 4.8

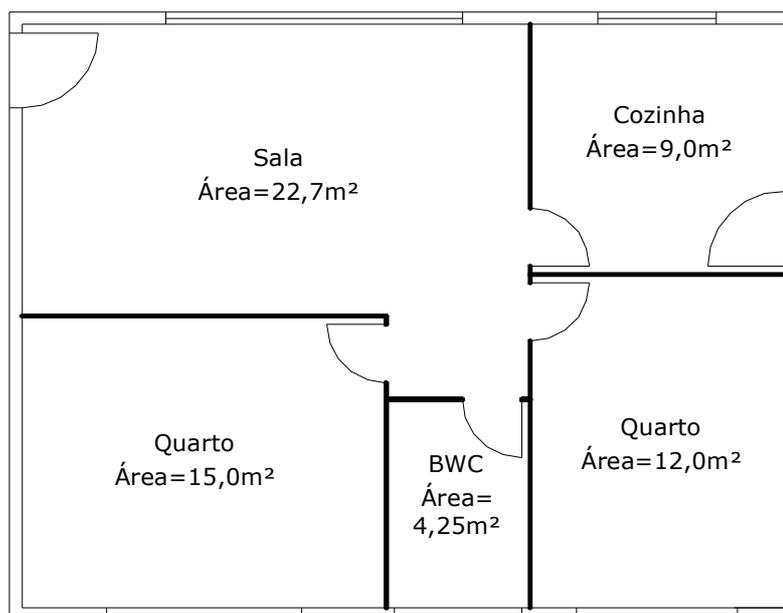


Figura 4.1: Planta do modelo 1

Tabela 4.8: Características físicas e ocupacionais do modelo 1

Ocupacionais	
Nº Habitantes	4
Renda Familiar	3 Salários Mínimos
Consumo Energia Elétrica	140,00 kWh/mês
Consumo Energia p/ cocção	280 kWh/mês
Equipamentos básicos	Aparelho de Som, Chuveiro Elétrico, Ferro de passar, Fogão, Geladeira, Liquidificador, Televisão, Ventilador/Circulador de Ar.
Físicas	
Área da unidade	63 m ²
Dimensões	Externas 7,0 x 9,0 m Área do terreno 98 m ²
Divisões internas	Pé direito 2,8 m Sala 21,0 m ² 2 Quartos 27,0 m ² Cozinha 9,0 m ² Banheiro 4,3 m ² Circulação 1,7 m ²
Estrutura	Concreto armado
Paredes	Blocos cerâmicos 8 furos (9 x 19 x 19),. Dimensões totais = 14 cm (9 bloco, 2,5 reb. Int., 2,5 reb. Ext.)
Acabamentos das Paredes	Reboco interno e externo, pintura em branco. Azulejos até 1,80 m na cozinha e banheiro.
Cobertura	Laje armada em blocos cerâmicos, vigotas em concreto armado. Espessura total 12 cm, rebocada. Recoberta com telhas de fibrocimento sobre estrutura de madeira.
Janelas	Esquadrias de ferro, vidros planos simples esp. 3mm. Área de esquadrias = 1/6 da área do piso
Portas	Portas em madeira: Ext. 0,9 x 2,10; int. 0,7 x 2,10
Pisos	Banheiro e cozinha em cerâmica comum nos demais cômodos em tacos de madeira.

4.3.2 Modelo 2 – Edificação multifamiliar, baixa renda.

Embora apenas 10% dos domicílios sejam edificações multifamiliares, a tendência de verticalização é sensível nos centros urbanos (PNAD, 2002). Este modelo tem características ocupacionais semelhantes ao modelo 1, com algum incremento nas posses de equipamentos, em função da renda, mas com menor número de habitantes, outra tendência urbana. A Figura 4.2 e a Tabela 4.9 detalham as características do modelo.

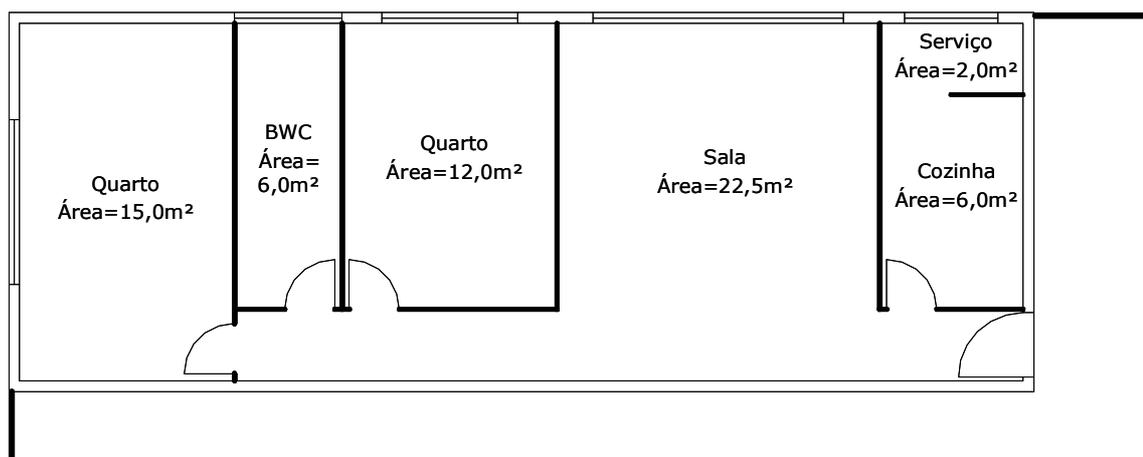


Figura 4.2: Planta do modelo 2

Tabela 4.9: Características físicas e ocupacionais do modelo 2

Ocupacionais (por unidade)	
Nº Habitantes	2
Renda Familiar	7 Salários Mínimos
Consumo Energia Elétrica	160,00 kWh/mês
Consumo Energia p/ cocção	240,00 kWh/mês
Equipamentos básicos	Aparelho de som, Aspirador de pó, Batedeira, Cafeteira elétrica, Chuveiro Elétrico, Ferro de passar, Fogão, Forno de Microondas, Geladeira, Lavadora de roupa, Liquidificador, Secadora de roupa, Televisão, Ventilador/Circulador de Ar, Videocassete.
Físicas	
Área da unidade	70 m ² ,
Dimensões Totais	4 pavimentos 16 unidades
	Área Total 1240 m ²
	Área do Pav. Tipo 310 m ²
	Área do terreno 400 m ²
	Externas 10 x 31 m
Divisões internas por unidade	Pé direito 2,8 m
	Sala 22,5 m ²
	2 Quartos 27,0 m ²
	Cozinha 8,0 m ²
	Banheiro 6,0 m ²
	Área de serviço 2,0 m ²
Circulações 4,5 m ²	
Estrutura	Concreto armado
Paredes internas	Blocos de concreto (9 x 19 x 39), Dim. totais = 14 cm (9 bloco, 2,5 reb. Int., 2,5 reb. Ext.)
Paredes externas	Blocos de concreto (19 x 19 x 39), Dim. totais = 24 cm (19 bloco, 2,5 reb. Int., 2,5 reb. Ext.)
Acabamentos das Paredes	Reboco interno e externo, pintura em branco. Azulejos até o teto na cozinha e banheiro.
Lajes	Laje armada em blocos cerâmicos, vigotas em concreto armado. Espessura total 12 cm, rebocada.
Cobertura	Telhas de fibrocimento sobre estrutura de madeira.
Janelas	Esquadrias de alumínio, vidros planos simples esp. 3mm. Área de esquadrias = 1/6 da área do piso
Portas	Portas em madeira: Ext. 0,9 x 2,10; int. 0,7 x 2,10
Pisos	Banheiro e cozinha em cerâmica comum nos demais cômodos em carpete.

4.3.3 Modelo 3 – Edificação multifamiliar, média renda

Este modelo prossegue na perspectiva de urbanização do modelo 2, embora contemplando um número reduzido de edificações destas características. Apresenta melhores dados de renda e posses, visando cenários futuros de melhor distribuição de renda. A Figura 4.3 e a Tabela 4.10 detalham as características do modelo.

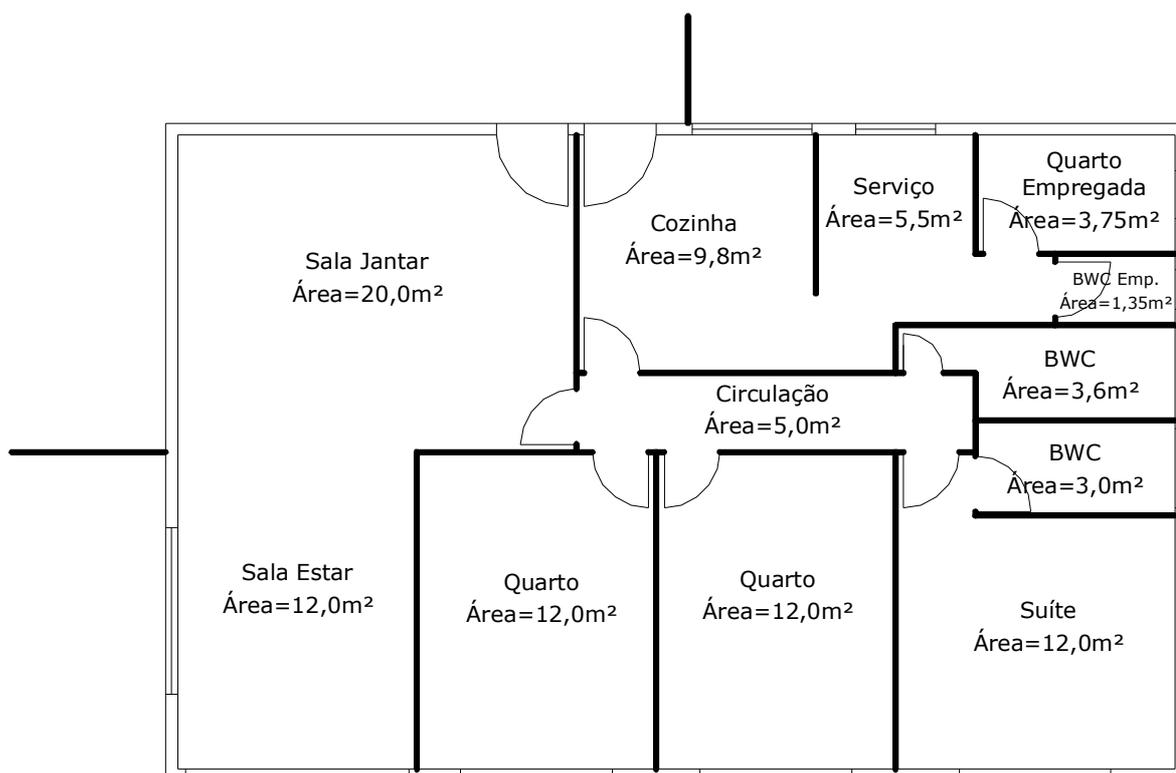


Figura 4.3: Planta do modelo 3

Tabela 4.10: Características físicas e ocupacionais do modelo 3

Ocupacionais (por unidade)		
Nº Habitantes	3	
Renda Familiar	10 Salários Mínimos	
Consumo Energia Elétrica	240,00 kWh/mês	
Consumo Energia p/ cocção	240,00 kWh/mês	
Equipamentos básicos	Aparelho de som, Ar condicionado, Aspirador de pó, Batedeira, Bomba d'água, Cafeteira elétrica, Chuveiro Elétrico, Computador, Enceradeira, Exaustor, Ferro de passar, Fogão, Forno de Microondas, Forno elétrico, Freezer, Geladeira, Impressora, Lava louças, Lavadora de roupa, Liquidificador, Máquina de costura elétrica, Microcomputador, Secadora de roupa, Televisão, Torneira elétrica, Ventilador/Circulador de Ar, Videocassete, Videogame	
Físicas		
Área da unidade	100 m ²	
Dimensões Totais	8 Pavimentos	32 unidades
	Área Total	4340 m ²
	Área do Pav. Tipo	475 m ²
	Área do terreno	650 m ²
Divisões internas por unidade	Externas	18 x 29 m
	Pé direito	2,8 m
	Salas	32,0 m ²
	3 Quartos	35,6 m ²
	Cozinha	10,5 m ²
	2 Banheiros	7,0 m ²
	Quarto de empregada	3,8 m ²
	Banheiro de empregada	1,4 m ²
	Área de serviço	3,0 m ²
Circulações	6,7 m ²	
Estrutura	Concreto armado	
Paredes internas	Blocos cerâmicos 8 furos (9 x 20 x 20), Dim. totais = 14 cm (9 bloco, 2,5 reb. Int., 2,5 reb. Ext.)	
Paredes externas	Blocos cerâmicos (9 x 20 x 20), Dim. totais = 25 cm (20 bloco, 2,5 reb. Int., 2,5 reb. Ext.)	
Acabamentos das Paredes	Reboco interno e externo, pintura em branco. Azulejos até o teto na cozinha e banheiro.	
Lajes	Laje armada em blocos cerâmicos, vigotas em concreto armado. Espessura total 12 cm, rebocada.	
Cobertura	Telhas de fibrocimento sobre estrutura de madeira.	
Janelas	Esquadrias de alumínio, vidros planos simples esp. 3mm. Área de esquadrias = 1/6 da área do piso	
Portas	Portas em madeira: Ext. 0,9 x 2,10; int. 0,7 x 2,10	
Pisos	Banheiros e cozinha em cerâmica comum; nos demais cômodos em cerâmica esmaltada.	

4.3.4 Modelo 4 – Edificação unifamiliar, média renda

Como no modelo 3 contempla cenários favoráveis de incremento de renda, desta feita enquadrado na maioria de edificações térreas, a qual deve se manter por mais tempo. Neste nível de posses e renda é possível que se possa perceber a influência, ou não, das cargas de climatização no consumo residencial. A Figura 4.4 e a Tabela 4.11 detalham as características do modelo.

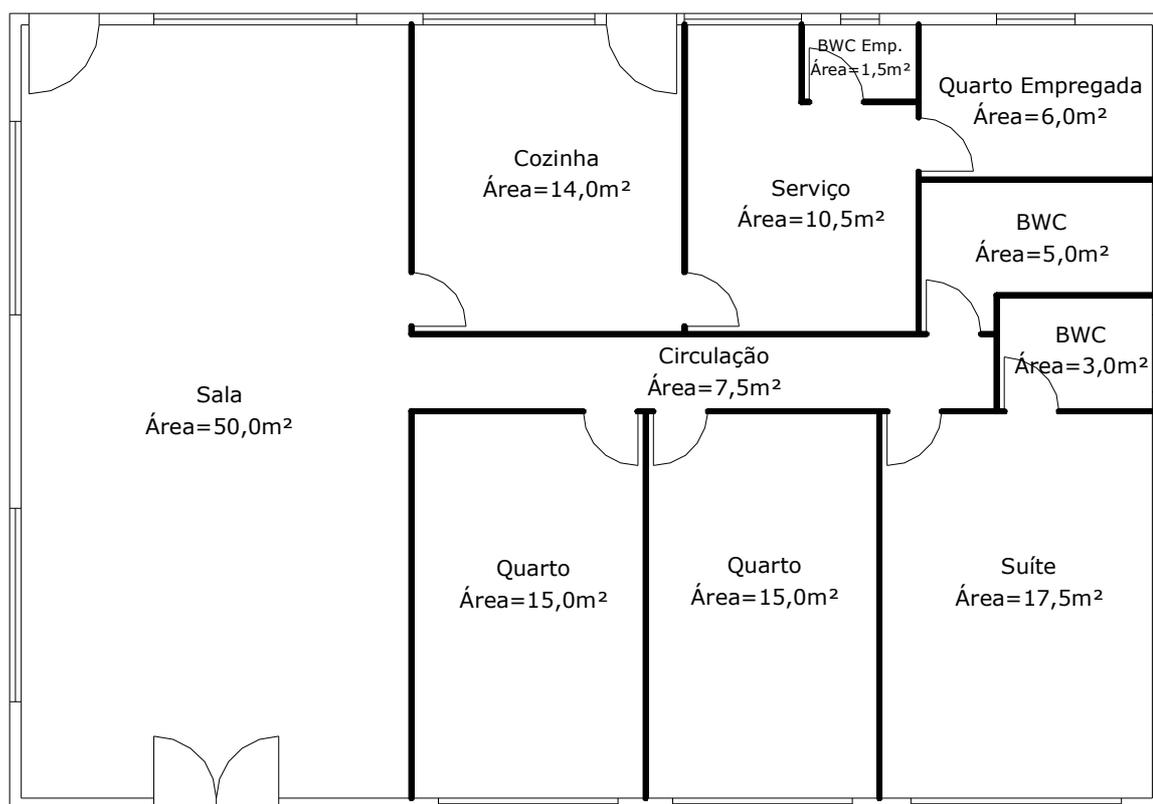


Figura 4.4: Planta do modelo 4

Tabela 4.11: Características físicas e ocupacionais do modelo 4

Ocupacionais	
Nº Habitantes	4
Renda Familiar	25 Salários Mínimos
Consumo Energia Elétrica	420,00 kWh/mês
Consumo Energia p/ cocção	420,00 kWh/mês
Equipamentos básicos	Aparelho de som, Ar condicionado, Aspirador de pó, Batedeira, Bomba d'água, Cafeteira elétrica, Chuveiro Elétrico, Computador, Enceradeira, Exaustor, Ferro de passar, Fogão, Forno de Microondas, Forno elétrico, Freezer, Geladeira, Impressora, Lava louças, Lavadora de roupa, Liquidificador, Máquina de costura elétrica, Microcomputador, Secadora de roupa, Televisão, Torneira elétrica, Ventilador/Circulador de Ar, Videocassete, Videogame
Físicas	
Área da unidade	145 m ²
Dimensões Totais	Área do terreno 250 m ²
	Externas 10,0 x 14,5 m
Divisões internas por unidade	Pé direito 3,0 m
	Salas 50,0 m ²
	3 Quartos 47,5 m ²
	Cozinha 14,0 m ²
	2 Banheiros 5,5 m ²
	Quarto de empregada 5,0 m ²
	Banheiro de empregada 1,5 m ²
	Área de serviço 10,5 m ²
Circulações 11,0 m ²	
Estrutura	Concreto armado
Paredes	Blocos de cerâmica (9 x 19 x 19),. Dimensões totais = 14 cm (9 bloco, 2,5 reb. Int., 2,5 reb. Ext.)
Acabamentos das Paredes	Reboco interno e externo, pintura em branco. Azulejos até o teto na cozinha e banheiro.
Cobertura	Laje armada em blocos cerâmicos, vigotas em concreto armado. Espessura total 12 cm, rebocada. Recoberta com telhas de cerâmica sobre estrutura de madeira.
Janelas	Esquadrias de madeira, vidros planos simples esp. 4mm. Área de esquadrias = 1/6 da área do piso
Portas	Portas em madeira: ext. sala 1,7 x 2,15 e 0,9 x 2,10; ext. coz. 0,9 x 2,10; int. 0,7 x 2,10
Pisos	Cerâmica esmaltada em todos os cômodos.

4.3.5 Modelo 5 – Edificação unifamiliar, alta renda

Modelo de características de renda e posses elevadas visando às análises energéticas em situações de alto consumo, que neste caso equivale ao consumo médio de uma residência nos Estados Unidos (ZHANG, 2004). Contempla todas as características de menor ocorrência nos levantamentos estudados, exceto por ser uma casa. A Figura 4.5 e a Tabela 4.12 detalham as características do modelo.

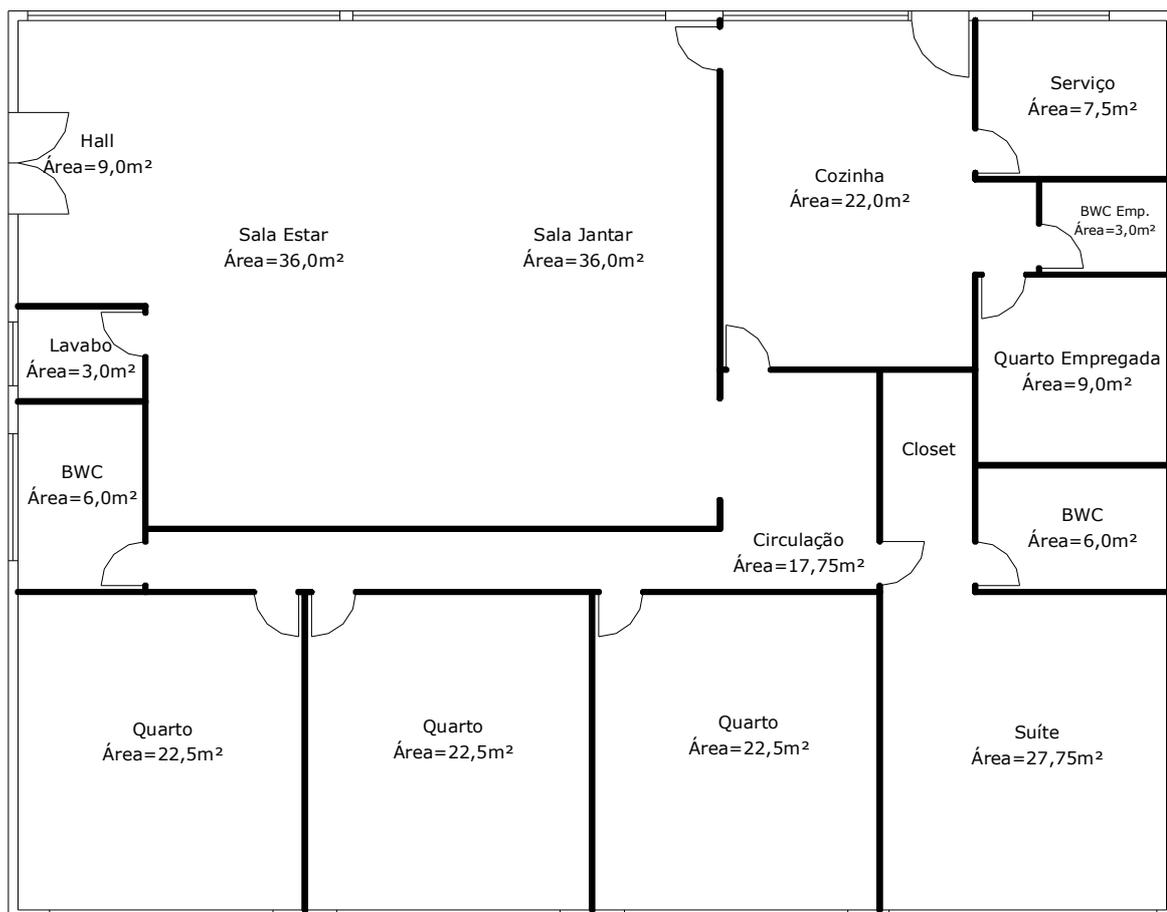


Figura 4.5: Planta do modelo 5

Tabela 4.12: Características físicas e ocupacionais do modelo 5

Ocupacionais	
Nº Habitantes	5
Renda Familiar	40 Salários Mínimos
Consumo Energia Elétrica	650,00 kWh/mês
Consumo Energia p/ cocção	650,00 kWh/mês
Equipamentos básicos	Aparelho de som, Ar condicionado, Aspirador de pó, Batedeira, Bomba d'água, Cafeteira elétrica, Chuveiro Elétrico, Computador, Enceradeira, Exaustor, Ferro de passar, Fogão, Forno de Microondas, Forno elétrico, Freezer, Geladeira, Impressora, Lava louças, Lavadora de roupa, Liquidificador, Máquina de costura elétrica, Microcomputador, Secadora de roupa, Televisão, Torneira elétrica, Ventilador/Circulador de Ar, Videocassete, Videogame
Físicas	
Área da unidade	252 m ²
Dimensões Totais	Área do terreno 500 m ²
	Externas 14,0 x 18,0 m
Divisões internas por unidade	Pé direito 3,0 m
	Salas 81,0 m ²
	4 Quartos 94,0 m ²
	Cozinha 22,0 m ²
	3 Banheiros 16,0 m ²
	Quarto de empregada 9,0 m ²
	Banheiro de empregada 3,0 m ²
	Área de serviço 7,5 m ²
Circulações 19,5 m ²	
Estrutura	Concreto armado
Paredes	Blocos de cerâmica (9 x 19 x 19). Dimensões totais = 14 cm (9 bloco, 2,5 reb. Int., 2,5 reb. Ext.)
Acabamentos das Paredes	Reboco interno e externo, pintura em branco. Azulejos até o teto na cozinha e banheiro.
Cobertura	Laje armada em blocos cerâmicos, vigotas em concreto armado. Espessura total 12 cm, rebocada. Recoberta com telhas de cerâmica sobre estrutura de madeira.
Janelas	Esquadrias de madeira, vidros planos simples esp. 4mm. Área de esquadrias = 1/6 da área do piso
Portas	Portas em madeira: ext. sala 1,7 x 2,15; ext. coz. 0,9 x 2,10; int. 0,7 x 2,10
Pisos	Banheiros e cozinha em cerâmica esmaltada nos demais cômodos em tábuas de madeira corrida.

4.4 QUANTITATIVOS DE MATERIAIS

Para o estudo da eficiência energética de uma edificação é importante observar em que partes da edificação estão alocadas os insumos energéticos. Tal distribuição pode sugerir estratégias de otimização e/ou redução de uso de materiais e consequente energia embutida. A Tabela 4.13 apresenta a divisão das partes das edificações utilizada nos modelos desta pesquisa.

De modo a se determinar a energia embutida de cada modelo, a metodologia propõe a discriminação dos materiais de construção utilizados. A partir das características físicas de cada modelo é definida uma composição básica de materiais por partes de cada edificação. Os apêndices de A a E apresentam **as composições básicas de cada modelo**.

Tabela 4.13: Divisão em partes dos modelos de edificações propostos para definição da composição básica de materiais.

SERVIÇOS PRELIMINARES
ESTRUTURA
Infra-estrutura
Super-estrutura
ALVENARIA
Paredes e painéis
Revestimento de paredes
ESQUADRIAS
Portas
Esquadrias de madeira
Esquadrias metálicas
Vidros
COBERTURA
Telhado
Forro
PISOS
Pisos internos
Pisos externos
INSTALAÇÕES
Instalações hidráulicas
Instalações sanitárias
Instalações elétricas
PINTURA
Pintura de forros e paredes internas
Pintura em paredes externas
Pintura em esquadrias
SERVICOS COMPLEMENTARES

Entretanto algumas etapas requerem um detalhamento mais apurado de materiais e insumos energéticos. Por exemplo, em termos de materiais não é suficiente quantificar metros quadrados de argamassas de revestimento, mas sim a quantidade, em kg, de cimento, areia e eventuais aditivos para ser definida a energia embutida neste acabamento e conseqüentemente na etapa de alvenaria da edificação. Outro exemplo, agora para insumos energéticos diretos, seria as atividades como a limpeza e preparação do terreno, as quais requerem uso de maquinários como tratores ou retroescavadeiras. A estimativa do uso de combustíveis para estas atividades é possível a partir de orçamentos aonde o uso destes maquinários é detalhado. Para esta pesquisa foram utilizadas como base as composições previstas no conjunto de Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos da Editora PINI (TCPO, 2003), que informa horas de uso dos equipamentos, assim como quantidade de materiais e homens/hora necessários por unidade, m² ou m³, de construção. O Apêndice I apresenta a planilha aonde estão detalhados os materiais e insumos energéticos para cálculo da energia embutida por m² construído relativo ao modelo 1, cálculo também feito para os demais modelos.

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS DAS ACVE'S NOS MODELOS

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo estão os resultados da aplicação da metodologia nos modelos propostos. Em face à extensa quantidade de dados apurados será limitada a apresentação de todas as análises no texto da tese. Os principais detalhamentos serão expostos nos Apêndices de I a U e os resultados completos estão publicados no Relatório Técnico da Análise Energética do Ciclo de Vida das Edificações Residenciais Brasileiras disponível em <http://www.labeee.ufsc.br>.

Inicialmente devem ser feitas algumas considerações para melhor entendimento dos resultados tanto em conteúdo quanto em forma de apresentação dos mesmos.

5.1.1 Composições de quantitativos gerais

A maior parte das composições dos quantitativos de materiais foi baseada nos índices publicados nas TCPO versão 13 (TCPO, 2003).

A Tabela 5.1 dá um exemplo da composição de um tipo de concreto utilizado. Estão dispostos apenas os itens relativos aos materiais, apesar da composição também informar as horas de mão-de-obra.

Tabela 5.1: Composição típica de serviço das TCPO

Código TCPO	Serviço		
03310.8.1.27	CONCRETO estrutural virado em obra , controle "B", consistência para vibração, brita 1, fck 15 MPa		
	Quantidade	m ³	1
	Componente	Unid.	Coef.
02060.3.2.2	Areia lavada tipo média	m ³	0,887
02060.3.3.1	Pedra britada 1	m ³	0,836
02065.3.5.1	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	294
22300.9.2.5	BETONEIRA, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), capacidade 350 l - vida útil 5.000 h	h prod	0,35

Fonte: TCPO, 2003

As planilhas de materiais para o modelo 1 e 3 seguem o padrão da Planilha 1, conforme Tabela 3.2.2, e estão impressas no Apêndice I e P. As utilizadas para os modelos 2, 4 e 5 estão no relatório técnico referenciado no item anterior.

Os pontos da análise que tiveram necessidade de algum ajuste ou referências de outras naturezas estão comentados a seguir.

5.1.2 Transporte de materiais, desperdícios e resíduos de demolição.

Os itens relacionados aos transportes de materiais tiveram como referência uma distância média de 80 km, a qual aplicada ao índice de consumo energético de 1,62 MJ/t/km resulta em um índice simplificado de **0,13 MJ/kg** de produto transportado. Apesar de prevista na metodologia adotou-se uma distância fixa em função da

impossibilidade, nas condições da pesquisa, de se definir a distância que todos os materiais especificamente teriam de ser transportados dos centros de transformação até o sítio da obra. O mesmo critério foi adotado para os materiais oriundos de demolição. Os materiais desperdiçados têm por definição da metodologia o dobro da distância transportada; portanto o índice neste caso é de **0,26 MJ/kg**

5.1.3 Alvenarias.

O cálculo das alvenarias e materiais correlatos como tintas e revestimentos foi feito para cada modelo a partir da área de paredes externas e internas. A Tabela 5.2 resume as áreas utilizadas para cada modelo. Também é informada a relação do total de área de paredes por área construída de modo a se observar o efeito deste índice na energia embutida.

Tabela 5.2: Áreas das alvenarias para os modelos analisados

Modelo	Paredes externas (m ²)	Paredes internas (m ²)	Área construída	Relação Área de paredes / Área construída
1	77	58	63	2,14
2	790	1690	1240	2,00
3	2610	9750	4340	2,85
4	120	135	145	1,76
5	155	210	252	1,45

5.1.4 Madeiras

As madeiras foram divididas em duas categorias básicas: madeiras de obra e madeiras de esquadrias. As madeiras como tábuas, pontaletes e outras utilizadas em obras têm o valor de energia embutida de 0,5 MJ/kg, enquanto esquadrias como portas e janelas têm energia embutida de 3,5 MJ/kg por terem tratamentos de secagem e acabamentos que utilizam mais maquinários. As chapas de compensado têm o valor de 8 MJ/kg baseados em literatura técnica, conforme Apêndice G.

5.1.5 Tintas

O rendimento das tintas foi obtido nas TCPO como um valor médio de 0,17 l/m². Os valores de m² indicados nas planilhas já consideram o número de demãos a serem aplicadas.

5.1.6 Cimento e concreto

O total de cimento indicado nas composições vem do uso em alvenarias e estruturas e tem como valor de Energia Embutida 4,2 MJ/kg determinado por análises de processos e estatísticas. Já os valores atribuídos ao concreto são relativos aos artefatos em concreto pré-fabricado como blocos para alvenarias, anéis e caixas para instalações

sanitárias e têm o valor de EE 1,0 MJ/kg oriundos da literatura técnica conforme Apêndice G.

5.1.7 Concreto Armado

O volume de concreto armado e peso da respectiva ferragem foram calculados a partir dos índices utilizados nas TCPO e na norma ABNT 12721 (ABNT, 1999) e discriminados para aplicação em infra-estrutura e super-estrutura. Os valores aplicados nos cálculos das planilhas encontram-se na Tabela 5.3

Tabela 5.3: Quantidade de concreto e armação para construções residenciais

Quantidade de material para super-estruturas em concreto armado		
Casas e prédios até 4 pav.:	Concreto:	0,05 m ³ /m ² de área construída
	Armação:	95 kg/m ³ ou 4,75 kg/m ² de área construída
Prédios de 5 até 10 pav.:	Concreto:	0,09 m ³ /m ² de área construída
	Armação:	103 kg/m ³ ou 9,27 kg/m ² de área construída
Prédios de 11 até 30 pav.:	Concreto:	0,22 m ³ /m ² de área construída
	Armação:	130 kg/m ³ ou 28,6 kg/m ² de área construída
Quantidade de material para infra-estruturas em concreto armado		
Casas e prédios até 4 pav.:	Concreto:	0,03 m ³ /m ² de área construída
	Armação:	70 kg/m ³ ou 2,1 kg/m ² de área construída
Prédios de 5 até 10 pav.:	Concreto:	0,03 m ³ /m ² de área construída
	Armação:	75 kg/m ³ ou 2,25 kg/m ² de área construída
Prédios de 11 até 30 pav.:	Concreto:	0,03 m ³ /m ² de área construída
	Armação:	100 kg/m ³ ou 3,00 kg/m ² de área construída

Fonte: do autor a partir de TCPO, 2003 e ABNT, 1999

5.1.8 Esquadrias

A área de janelas teve por base 1/6 da área de cada cômodo, sendo ajustados para valores comerciais, por exemplo: 1,5 m x 1,3 m ou 2,00 x 1,5m. O volume de material foi estimado como 0,05 da área do vão por 5 cm de espessura.

5.1.9 Instalações

Os componentes das instalações foram registrados diretamente em kg por informação dos fabricantes, exceto para fios e eletrodutos cuja extensão e valores de Energia Embutida foram calculados a partir de fatores extraídos da literatura técnica (PULLEN, 1995; FAY, 1999).

5.1.10 Fases do Ciclo e Energia Embutida Total

A divisão do ciclo em fases se dá por um critério temporal. Porém análises relevantes se dão agregando os consumos que são motivados pelo uso dos materiais de construção em contraponto aos das etapas operacionais por equipamentos eletrodomésticos e de cocção.

O conceito de Energia Embutida inicial se confunde com a Fase pré-operacional do Ciclo de Vida. O consumo da Energia de manutenção ocorre durante a fase operacional,

mas é oriundo do consumo na fabricação, transportes e desperdícios dos materiais de construção utilizados.

Assim a Energia Embutida Total é a soma das etapas de 1 a 8, conforme a Figura 3.1 e Tabela 3.1, apesar das diferenças temporais da realização dos consumos.

A ordem da disposição dos resultados não está associada à relevância dos mesmos. O conjunto das informações possíveis de serem analisadas é variado e se coloca, por definição da metodologia, não orientado para valores de consumo esperados, mas destacando as variáveis que, em maior ou menor escala, vão influenciar nos consumos por etapas específicas e no ciclo de vida.

São detalhados os resultados dos modelos 1 e 3. O modelo 1 é o de maior significância entre os estudados e representa as residências unifamiliares, além de ter características ocupacionais de baixa renda. O modelo 3 é multifamiliar, tem o maior volume de materiais entre os modelos estudados e consumos operacionais de renda mais elevada.

Posteriormente apresentam-se os resultados comparativos de todos os modelos para os consumos por fases, etapas operacionais, energia embutida, consumos por materiais e partes das construções.

5.2 MODELO 1 - EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR, BAIXA RENDA.

No intuito de contextualizar a leitura dos resultados a seguir colocam-se resumidamente as características principais do modelo 1:

Edificação residencial unifamiliar de baixa renda familiar, 3 SM. Área útil de 63 m², 3 habitantes, paredes de blocos cerâmicos, janelas de aço laminado, cobertura de fibrocimento com laje de forro e pisos cerâmicos para banheiro e cozinha e de tacos de madeira para as áreas sociais.

Para mais detalhes ver item 4.3.1 e Apêndice A.

5.2.1 Resultados por fases e principais etapas do Ciclo de vida:

A Tabela 5.4 atualiza a Tabela 3.1 do item 3.1 com as parcelas de consumo energético em cada etapa do ciclo de vida de 50 anos da Edificação do Modelo 1

Tabela 5.4: Discriminação das fases e etapas com respectivos consumos no ciclo de vida energético da edificação residencial do Modelo 1.

FASE	ETAPAS	SIGLA	DESCRIÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (GJ/m ²)
Pré – operacional	1	EE _{mat}	Prospecção, fabricação e transporte de insumos	3,51
	2		Fabricação dos materiais de construção	
	3	E _{tr.mat}	Transporte dos materiais de construção	0,29
	4	E _{eq.obra}	Energia consumida por equipamentos na obra	0,02
	5	E _{tr.obra}	Transporte dos trabalhadores até a obra	(0,38)*
	6	E _{desp}	Desperdício de materiais	0,66
	7	E _{tr.desp}	Transporte do desperdício	0,15
Operacional	8	EE _{manut}	Reposição de materiais	2,44
	9	E _{equip}	Energia consumida por equipamentos eletrodomésticos	5,54
	10	E _{cocção}	Energia para cocção de alimentos	5,54
Pós – op.	11	E _{dem}	Demolição e remoção dos resíduos	0,38
	12	E _{tr.dem}	Transporte do material demolido	0,11
		E _{CVE}	TOTAL DO CICLO DE VIDA	18,63

* Contabilizado à parte

Em uma análise superficial dos dados acima, para este modelo, observa-se o predomínio das etapas operacionais, sobretudo a Energia de Cocção. Entretanto o conjunto de considerações se estende por analisar mais detidamente as associações das etapas que tenham características comuns, como o uso de materiais de construção, transportes ou os tipos de combustíveis para uso operacional. As Tabelas e Figuras seguintes explicitam as Etapas de Energia Embutida entre as fases do ciclo de vida.

A Tabela 5.5 mostra os totais por fases em GJ e GJ/m²; a Figura 5.1 a respectiva distribuição percentual.

Tabela 5.5: Resultados por fases do Ciclo de Vida: Modelo 1

Fases	Pré operacional	Operacional	Pós operacional	TOTAL
TOTAL GJ	291,88	851,24	30,74	1173,86
TOTAL GJ / m²	4,63	13,51	0,49	18,63

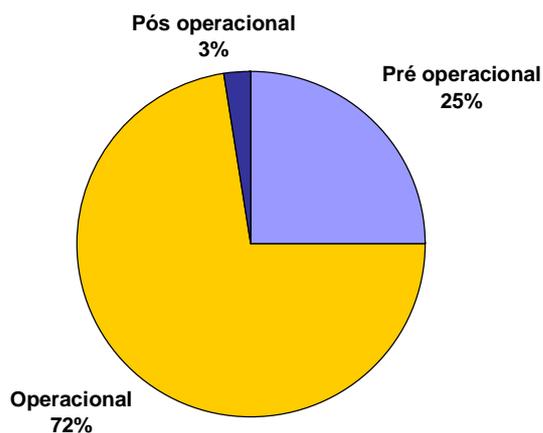


Figura 5.1: Distribuição percentual do consumo energético por fases no ciclo de vida

A energia consumida na fase operacional é predominante no ciclo, porém esta inclui a Energia Embutida de Manutenção.

O desdobramento nas etapas principais e o agrupamento das etapas de energia embutida em uma etapa de energia embutida total estão na Tabela 5.6 e na Figura 5.2.

Tabela 5.6: Relação de Energia Embutida Total e Energia operacional de Equipamentos

Etapas	EE Inicial	EE Manutenção	EE Total	E Operacional (só equip.)	E Pós-operacional	TOTAL
TOTAL GJ	291,88	153,78	445,66	697,46	30,74	1173,86
TOTAL GJ / m²	4,63	2,44	7,07	11,07	0,49	18,63

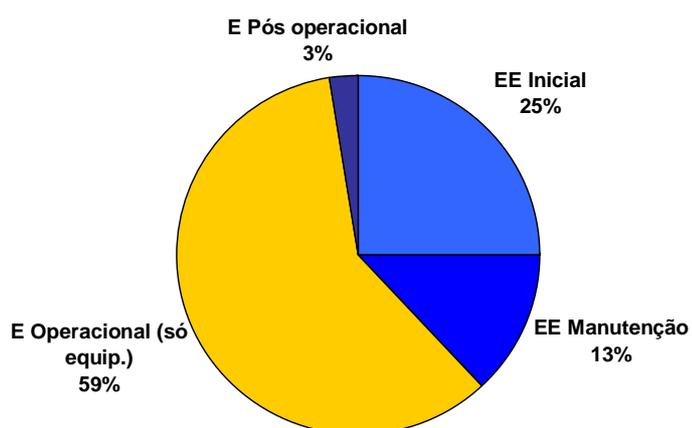


Figura 5.2: Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional

Destacando-se a energia embutida total, que seria em última análise todos os consumos relacionados com a fabricação e transportes de materiais de construção, conclui-se que esta equivale a aproximadamente 38 % do ciclo de vida.

Separando-se as etapas dos consumos operacionais entre equipamentos eletrodomésticos e de cocção são definidas as seguintes relações conforme a Tabela 5.7 e Figura 5.3.

Tabela 5.7 : Relação de Energia Embutida Total e Energia operacional de Eletricidade e Cocção

Etapas	EE Inicial	EE Manutenção	EE Total	E Operacional (Eletricidade)	E operacional (cocção)	E Pós operacional	TOTAL
TOTAL GJ	291,88	153,78	445,66	232,49	464,97	30,74	1173,86
TOTAL GJ / m²	4,63	2,44	7,07	3,69	7,38	0,49	18,63

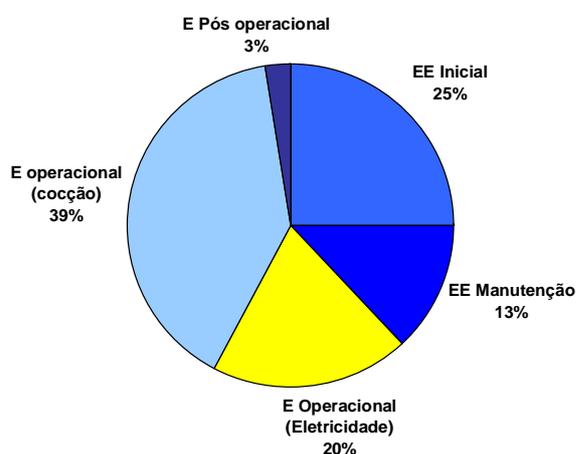


Figura 5.3: Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional de Eletricidade e de Cocção

Conclui-se que a Energia Embutida total, com a parcela de 38%, é superior ao consumo de energia elétrica por equipamentos. Pelo viés da sustentabilidade observa-se que há uma predominância absoluta de etapas, aproximadamente 80%, cuja geração de energia é feita por combustíveis fósseis.

5.2.2 Consumo de energia nas partes da edificação

O detalhamento da Energia Embutida Inicial e a Energia Embutida de manutenção por partes da Edificação está representado na Tabela 5.8 .

Tabela 5.8 : Energia Embutida por partes da Edificação, Modelo 1 (MJ)

PARTES DA EDIFICAÇÃO.	ETAPAS DO CICLO DE VIDA							TOTAL EE CVE
	EE Mat. Constr.	EE Transp.	EE Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE setor	EE manut. 50 anos	E Equip.	
Serv. Prel.	992,19	18,19	15,02	4,43	1029,83	0,00	873,41	1029,83
Estruturas	51367,81	3916,54	9452,16	2244,82	66981,32	0,00	19,31	66981,32
Alvenarias	54922,68	4586,30	10374,45	1614,83	71498,25	4081,20	6,12	75579,46
Esquadrias	15949,12	135,37	1303,07	33,93	17421,50	17421,50	0,00	34842,99
Cobertura	8711,45	595,57	1306,46	185,06	10798,53	7702,78	0,00	18501,32
Pisos	17430,24	4012,38	4162,48	2444,33	28049,43	6791,51	52,09	34840,94
Instalações	13541,42	171,62	3186,95	46,53	16946,51	12224,64	0,00	29171,15
Pintura	16949,74	34,30	2542,46	10,29	19536,80	78147,19	0,00	97683,99
Serv. Compl.	42628,04	5113,79	9276,79	2600,62	59619,24	27414,34	0,00	87033,58
TOTAL MJ	222492,68	18584,06	41619,83	9184,84	291881,42	153783,16	950,93	445664,58
TOTAL GJ / m²	3,53	0,29	0,66	0,15	4,63	2,44	0,02	7,07

Na análise por etapas observa-se a predominância da energia consumida na fabricação dos materiais, porém o desperdício tem um índice equivalente a 14 % da EE inicial e as etapas de transporte, de materiais e desperdícios, chegam a 10 % da EE inicial.

A distribuição percentual da EE inicial por partes da edificação é representada no gráfico da Figura 5.4 .

**Figura 5.4: Distribuição percentual de Energia por partes da edificação do Modelo 1**

Na análise da contribuição de cada parte as alvenarias e estruturas preponderam. O alto índice dos serviços complementares justifica-se pela construção do muro com 1,80 m de altura.

5.2.3 Análise por materiais utilizados

Considerando-se os principais materiais de construção utilizados nesta edificação observa-se a seguinte distribuição de consumo energético por material na Tabela 5.9 . São calculadas as participações percentuais de cada material e o total acumulado dos dez primeiros.

Tabela 5.9: Energia Embutida inicial (MJ) nos principais materiais utilizados no Modelo 1

	MATERIAIS	TOTAL EE	%	% Ac.
1	Ceramica vermelha	80358,56	28,95	28,95
2	Cimento	56385,93	20,31	49,26
3	Aço	40996,13	14,77	64,03
4	Tinta	19531,65	7,04	71,06
5	Concreto	15504,70	5,59	76,65
6	Pedra	14289,21	5,15	81,79
7	Areia	11811,38	4,25	86,05
8	Fibrocimento	7053,02	2,54	88,59
9	Pvc	6809,56	2,45	91,04
10	Ceramica de revestimento	4274,96	1,54	92,58
	Outros (13)	20591,67	7,42	100,00

A cerâmica vermelha predomina por ser o principal elemento da alvenaria. O cimento além da estrutura tem aplicação em rejuntas das alvenarias e revestimentos, onde estão as maiores quantidades. O aço está presente nas estruturas e nas esquadrias, com maior participação nas primeiras. Como previsto anteriormente seis materiais acumulam 80% da Energia Embutida.

Analisando-se a evolução do consumo dos materiais nos 50 anos do ciclo de vida da edificação observam-se algumas alterações nos consumos totais, conforme a Tabela 5.10 .

Tabela 5.10: Energia Embutida (MJ) em todo ciclo de vida nos principais materiais utilizados no Modelo 1

	MATERIAIS	TOTAL EE no CVE	%
1	Tinta	97658,26	23,19
2	Ceramica vermelha	80387,82	19,08
3	Cimento	60620,21	14,39
4	Aço	55329,58	13,13
5	Concreto	29105,02	6,91
6	Pedra	14289,20	3,39
7	Fibrocimento	14106,04	3,34
8	Areia	13856,60	3,29
9	Pvc	13619,11	3,23
10	Ceramica de revestimento	8549,91	2,03
	Outros (13)	33581,83	7,97

Considerando-se todo o ciclo de vida a tinta passa a acumular a maior energia embutida devido às reposições estimadas em 4 vezes.

5.2.4 Período de retorno energético

Uma consideração importante a ser feita é a expectativa de retorno energético; ou seja, o período em que a Energia Operacional por Equipamentos (eletricidade + cocção) supera a Energia Embutida Total, que é relacionada aos materiais de construção. O gráfico na Figura 5.5 mostra a evolução dos consumos energéticos da EE inicial, a de manutenção, a Energia de Equipamentos e de Desconstrução no ciclo de vida de 50 anos. Embora esta última se dê apenas ao final da vida útil é entendida como um valor estável, considerando-se as reformas ao longo da vida útil e os respectivos transportes.

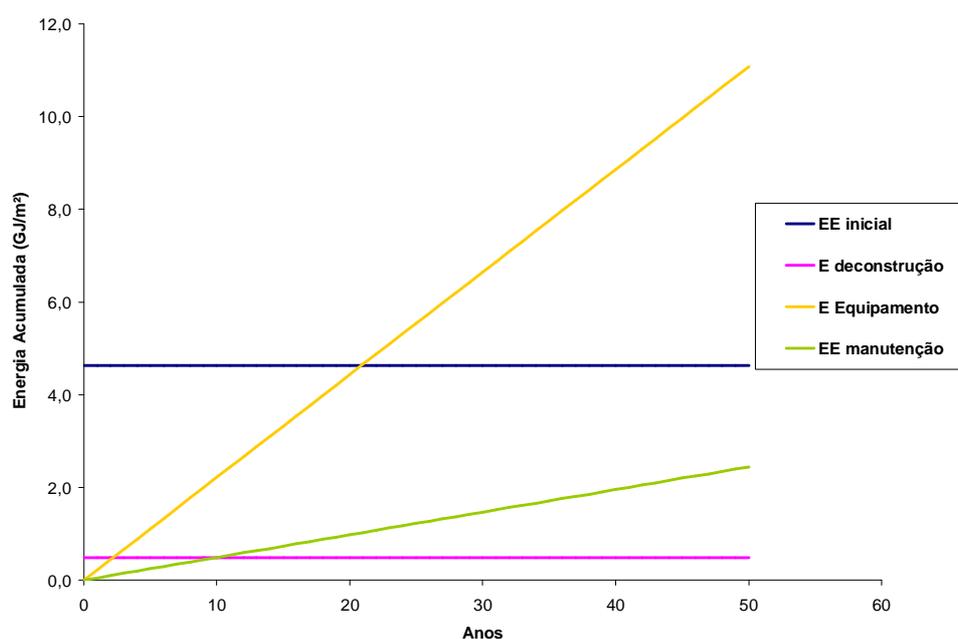


Figura 5.5 Distribuição das etapas no Ciclo de Vida Energético do modelo 1 com expectativa de retorno energético

No ciclo de vida da edificação analisada projeta-se o período de 21 anos para o retorno energético da Energia Operacional por Equipamentos em relação à Energia Embutida inicial.

Considerando-se agora o conjunto de todos os consumos relacionados aos materiais têm-se a seguinte situação representada no gráfico da Figura 5.6

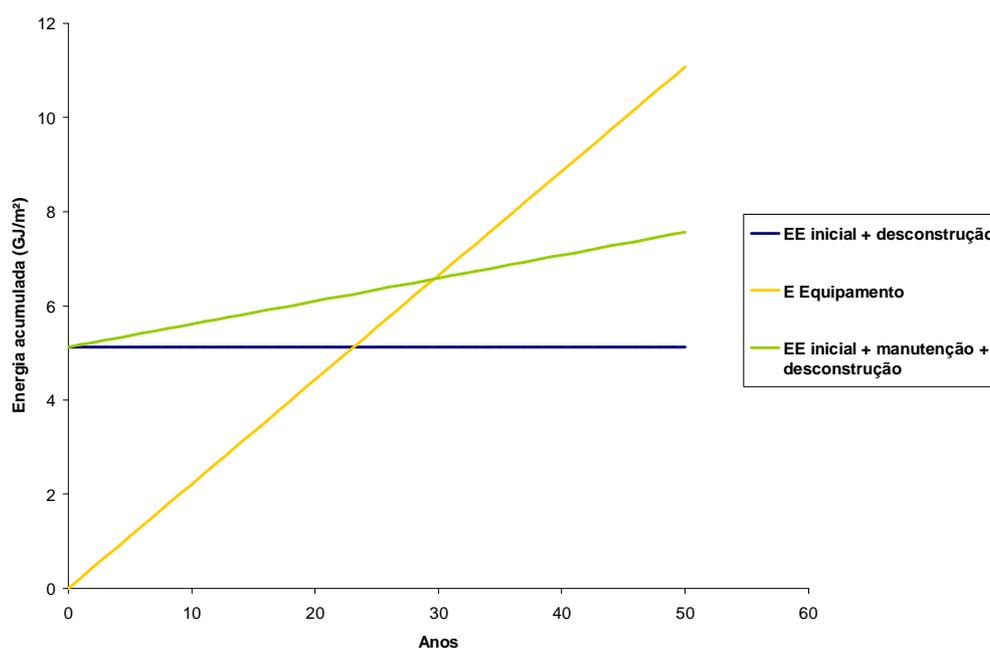


Figura 5.6 Distribuição das etapas de Energia Embutida e Energia de Equipamentos no Ciclo de Vida Energético do modelo 1 com expectativa de retorno energético

Quando se agrega os valores de Energia Embutida inicial com as de manutenção e demolição o retorno energético passa para 32 anos. Estas relações levam à reflexão sobre como a energia embutida influi no ciclo de vida da edificação.

5.2.5 Geração de CO₂

Para obter a geração de CO₂ no ciclo de vida da edificação é necessário discriminar o conteúdo energético dos materiais e a quantidade daqueles que geram parcelas significativas de CO₂ por reações químicas inerentes ao processo.

A partir da aplicação das planilhas, reproduzidas nas tabelas 3.23 e 3.24, obtém-se os resultados completos que encontram-se no Apêndice O. Os principais resultados são apresentados resumidamente na Tabela 5.11 .

Tabela 5.11: Geração de CO₂ no ciclo de vida do modelo1

FASE	tCO ₂ / m ²
EE inicial	0,38
EE total	0,59
E operacional	0,45
E desconstr.	0,04
E total CVE	1,04

Observa-se a relevância da energia embutida total em relação a energia operacional com 56% do total de CO₂ gerado em todo o ciclo de vida.

A distribuição de CO₂ por materiais de construção traz outros pontos de análise. A tabela 5.12 traz os resultados relativos à fase da Energia Embutida inicial e no total do ciclo de vida.

Tabela 5.12: CO₂ embutido por materiais de construção no modelo 1

Energia embutida inicial		Total CVE (50 anos)	
MATERIAIS	TOTAL kgCO ₂	MATERIAIS	TOTAL kgCO ₂
Cimento	7134	Cimento	7402
Cerâmica vermelha	6293	Tintas	7188
Aço e ferro	3070	Cerâmica vermelha	6296
Concreto	1650	Aço e ferro	4143
Tintas	1438	Concreto	2650
Pedra	1008	Cal	1226
Areia	935	Areia	1097
Cal	893	Pedra	1008
Fibrocimento	499	Fibrocimento	999
Plásticos	358	Plásticos	716
Cerâmica revest.	221	Cerâmica revest.	442
Outros materiais	736	Outros materiais	1355

A participação dos materiais na geração do CO₂ é semelhante à distribuição de consumo de energia com exceção feita ao cimento, que superou a tinta no total do ciclo de vida. Esta variação decorre da geração adicional de CO₂ advinda do processo de fabricação do cimento, que aumenta em 100% o total de CO₂ em relação à geração pelo consumo energético.

5.3 MODELO 3 - EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR, MÉDIA RENDA

A seguir são apresentados os resultados do modelo 3. As características deste são diversas do modelo 1 em termos físicos e ocupacionais:

Edificação residencial multifamiliar com 32 unidades e 8 pavimentos, área útil da unidade 100 m², área total construída 4340 m², 3 habitantes, média renda familiar, 10 SM, paredes de blocos cerâmicos, janelas de alumínio, cobertura de fibrocimento com laje de forro, revestimento externo de pastilhas cerâmicas e pisos cerâmicos em todos os cômodos.

Outros informações estão disponíveis no item 4.3.3 e Apêndice C.

5.3.1 Resultados por fases e principais etapas do Ciclo de vida:

A Tabela 5.13 atualiza a Tabela 3.1 do item 3.1 com as parcelas de consumo energético em cada etapa do ciclo de vida de 50 anos da Edificação do Modelo 3

Tabela 5.13 : Discriminação das fases e etapas com respectivos consumos no ciclo de vida energético da edificação residencial do Modelo 3

FASE	ETAPAS	SIGLA	DESCRIÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (GJ/m ²)
Pré – operacional	1	EEmat	Prospecção, fabricação e transporte de insumos	3,849
	2		Fabricação dos materiais de construção	
	3	Etr.mat	Transporte dos materiais de construção	0,260
	4	Eeq.obra	Energia consumida por equipamentos na obra	0,004
	5	Etr.obra	Transporte dos trabalhadores até a obra	(0,845)*
	6	Edesp	Desperdício de materiais	0,678
	7	Etr.desp	Transporte do desperdício	0,113
Operacional	8	EEmanut	Reposição de materiais	2,419
	9	Eequip	Energia consumida por equipamentos eletrodomésticos	3,640
	10	Ecocção	Energia para cocção de alimentos	3,640
Pós – op.	11	Edem	Demolição e remoção dos resíduos	0,073
	12	Etr.dem	Transporte do material demolido	0,338
		ECVE	TOTAL DO CICLO DE VIDA	15,014

* Contabilizado à parte

Na primeira análise dos dados deste modelo já se observa um equilíbrio entre os consumos de Eletricidade e Cocção na fase operacional.

Nas considerações para as etapas de Energia Embutida também há um maior equilíbrio entre as fases pré-operacional e operacional.

A Tabela 5.14 mostra os totais por fases em GJ e GJ/m²; a Figura 5.7 a respectiva distribuição percentual.

Tabela 5.14 : Resultados por fases do Ciclo de Vida: Modelo 3

Fases	Pré operacional	Operacional	Pós operacional	TOTAL
TOTAL GJ	21267,69	42100,40	1789,86	65157,95
TOTAL GJ / m²	4,90	9,70	0,41	15,01

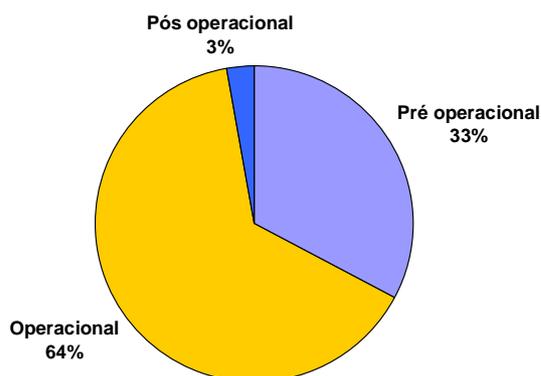


Figura 5.7 Distribuição percentual do consumo energético por fases no ciclo de vida

Apesar de predominante a Fase operacional já apresenta um índice bem menor que o modelo 1, embora o consumo de Energia elétrica seja maior que o do modelo 1.

A Tabela 5.15 e a Figura 5.8 destacam a Energia embutida total e a relação com a Energia de Equipamentos.

Tabela 5.15: Relação de Energia Embutida Total e Energia operacional de Equipamentos

Etapas	EE Inicial	E Manutenção	EE Total	E Operacional (só equip.)	E Pós operacional	TOTAL
TOTAL GJ	21267,69	10501,44	31769,13	31598,96	1789,86	65157,95
TOTAL GJ / m²	4,90	2,42	7,32	7,28	0,41	15,01

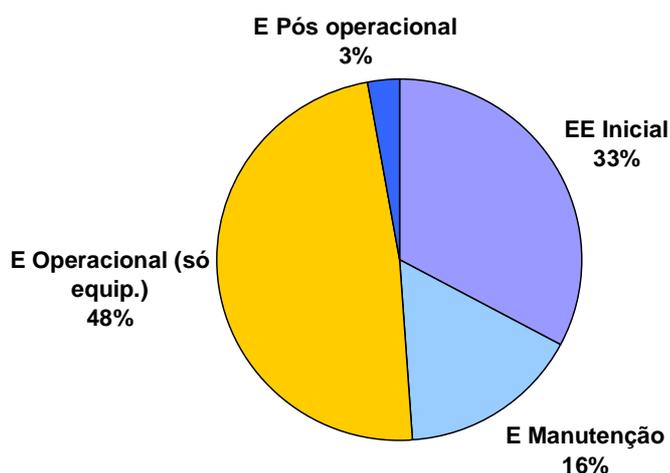


Figura 5.8: Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional

Observa-se então que neste modelo a Energia embutida total praticamente se iguala, superando levemente, a Energia operacional por equipamentos.

Quando se desagrega os consumos operacionais em Eletricidade e Cocção destaca-se ainda mais os conteúdos energéticos relativos aos materiais de construção. A Tabela 5.16 e a Figura 5.9 mostram os resultados para estas etapas.

Tabela 5.16 : Relação de Energia Embutida Total e Energia operacional de Eletricidade e Cocção

Etapas	EE Inicial	EE Manutenção	EE Total	E Operacional (Eletricidade)	E operacional (cocção)	E Pós operacional	TOTAL
TOTAL GJ	21267,69	10501,44	31769,13	15799,48	15799,48	1789,86	65157,95
TOTAL GJ / m²	4,90	2,42	7,32	3,64	3,64	0,41	15,01

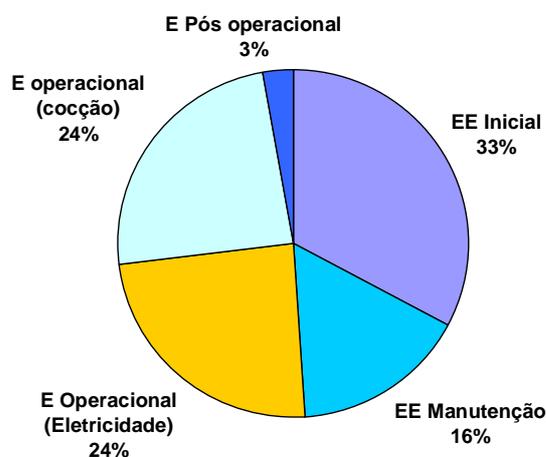


Figura 5.9 Distribuição percentual do consumo energético nas etapas de Energia Embutida e Energia Operacional de Eletricidade e de Cocção

A etapa mais relevante passa a ser a Energia Embutida Inicial com um índice superior ao consumo de Energia Elétrica em todo o ciclo de vida.

5.3.2 Consumo de energia nas partes da edificação

O detalhamento da Energia Embutida Inicial e a Energia Embutida de manutenção por partes da Edificação está representado em MJ na Tabela 5.17 e percentualmente na Figura 5.10.

Tabela 5.17 : Energia Embutida por partes da Edificação, Modelo 3 (MJ)

Partes da edific.	ETAPAS DO CICLO DE VIDA							TOTAL EE CVE
	EE Mat. Constr.	EE Transp.	EE Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE setor	EE manut. 50 anos	E Equip.	
Serviços Preliminares	25886,57	2042,35	3823,71	1408,59	33161,22	0,00	5576,25	33161,22
Estrutura	5433548,71	409971,52	1005597,44	243125,72	7092243,39	0,00	11055,02	7092243,39
Alvenaria	5997548,58	456924,40	1117213,08	156193,48	7727879,54	0,00	1420,57	7727879,54
Esquadrias	1417982,60	7948,60	112220,06	1669,53	1534920,44	1534920,44	0,00	3069840,88
Cobertura	627723,32	151443,88	104462,18	46830,92	930460,30	482823,04	28,20	1413283,35
Pisos	1054245,38	87250,58	197044,69	37794,71	1376335,36	970285,56	664,03	2346620,92
Instalações	625798,31	4631,56	174157,09	2869,74	807456,69	767964,76	55,17	1575421,45
Pintura	1463130,13	2892,99	219469,52	867,90	1686360,55	6745442,18	0,00	8431802,73
Serviços Complementares	60691,29	6521,92	12739,14	3264,53	78876,88	0,00	0,00	78876,88
TOTAL MJ	16706554,89	1129627,80	2946726,91	494025,13	21267694,38	10501435,99	18799,25	31769130,36
TOTAL GJ /m²	3,85	0,26	0,68	0,11	4,90	2,42	0,00	7,32

Na análise por etapas continua a predominância da energia consumida na fabricação dos materiais, já o desperdício vai a 17 % da EE inicial e as etapas de transporte, de materiais e desperdícios, continuam em 10 % da EE inicial.

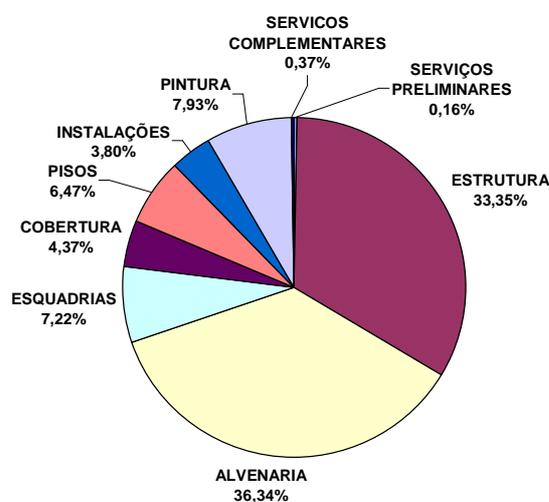


Figura 5.10: Distribuição percentual de Energia por partes da edificação do Modelo 3

A estrutura e alvenarias são as partes com as principais contribuições e neste caso com índices ainda maiores pois, em uma edificação multifamiliar partes como serviços preliminares e complementares perdem relevância.

5.3.3 Análise por materiais utilizados

Observa-se na Tabela 5.18 a seguinte distribuição de consumo energético por materiais.

Tabela 5.18: Energia Embutida inicial (MJ) nos principais materiais utilizados no Modelo 3

	MATERIAIS	TOTAL EE	%	% Ac.
1	Ceramica vermelha	7.461.161,80	35,56	35,56
2	Cimento	3.004.438,19	14,32	49,88
3	Aço	2.446.498,53	11,66	61,54
4	Tinta	1.685.925,26	8,04	69,57
5	Ceramica de revestimento	1.159.666,81	5,53	75,10
6	Aluminio	914.404,69	4,36	79,46
7	Areia	873.957,08	4,17	83,63
8	Cal	633.584,39	3,02	86,65
9	Impermeabilizante	534.726,42	2,55	89,19
10	Pedra	523.832,98	2,50	91,69
	Outros Materiais	1743540,06	8,31	100,00

Os de maior consumo de energia neste modelo continuam sendo a cerâmica vermelha, o cimento e o aço, com um índice um pouco maior para a cerâmica vermelha devido a maiores áreas de alvenarias. Aparecem agora entre os dez principais a cerâmica de revestimento e o alumínio, materiais de todos os pisos e esquadrias respectivamente. Como no modelo 1 seis materiais perfazem 80 % da Energia embutida inicial.

Na projeção de 50 anos os materiais se apresentam também com a tinta assumindo a maior contribuição conforme a tabela 5.19 .

Tabela 5.19: Energia Embutida (MJ) em todo ciclo de vida nos principais materiais utilizados no Modelo 3

	MATERIAIS	TOTAL EE no CVE	%
1	Tinta	8429626	26,82
2	Ceramica vermelha	7461630	23,74
3	Cimento	3224323	10,26
4	Aço	2543585	8,09
5	Ceramica de revestimento	1832833	5,83
6	Aluminio	1828809	5,82
7	Pvc	946161	3,01
8	Impermeabilizante	924199	2,94
9	Areia	916465	2,92
10	Cal	670809	2,13
	Outros Materiais (13)	2654045	8,44

5.3.4 Período de retorno energético

A análise do retorno energético para este modelo, com etapas desagregadas, está representada na Figura 5.11 .

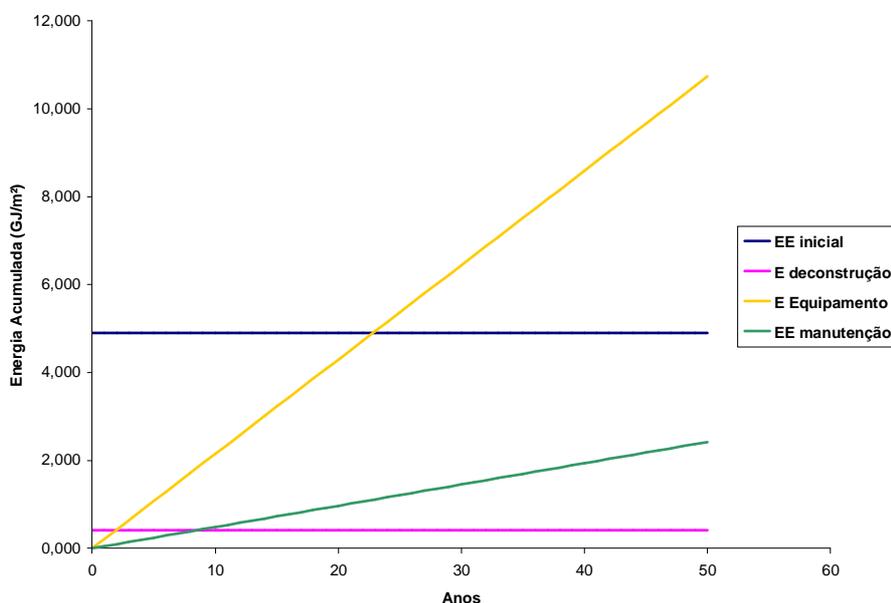


Figura 5.11: Distribuição das etapas no Ciclo de Vida Energético do modelo 3 com expectativa de retorno energético

Em face ao valor mais significativo da Energia Embutida inicial a taxa de retorno energético se dá com 23 anos de consumo operacional. Agregando-se os valores de Energia embutida têm-se a seguinte situação representada no gráfico da Figura 5.12

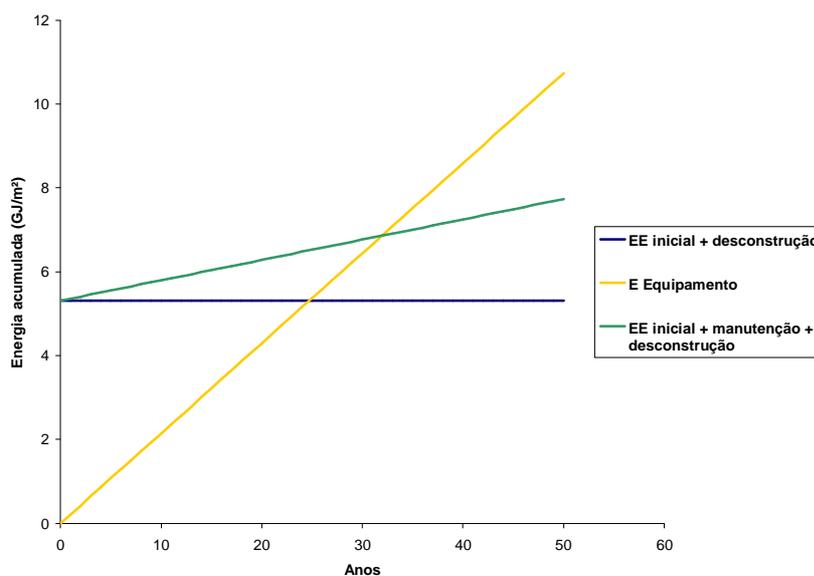


Figura 5.12: Distribuição das etapas de Energia Embutida e Energia de Equipamentos no Ciclo de Vida Energético do modelo 3 com expectativa de retorno energético

Nesta situação a taxa de retorno energético chega a 32 anos.

Ressalta-se que esta é uma edificação multifamiliar com melhor renda e uso exclusivo de gás para a cocção; um padrão cuja tendência é crescente nos centros urbanos.

5.3.5 Geração de CO₂

A tabela 5.20 apresenta o resumo dos resultados da geração de CO₂ em todo o ciclo de vida do modelo 3. Os resultados detalhados na fase pré-operacional encontram-se no apêndice U.

Tabela 5.20: Geração de CO₂ no ciclo de vida do modelo 3

FASE	tCO ₂ / m ²
EE inicial	0,41
EE total	0,57
E operacional	0,29
E desconstr.	0,03
E total CVE	0,89

Como no modelo 1, residência unifamiliar, confirma-se também neste modelo 3, multifamiliar, o resultado predominante da Energia Embutida total.

Em termos de materiais a geração de CO₂ segue a distribuição da tabela 5.21

Tabela 5.21: CO₂ embutido por materiais de construção no modelo 3

Energia embutida inicial		Total CVE (50 anos)	
MATERIAIS MODELO 3	TOTAL kgCO ₂	MATERIAIS MODELO 3	TOTAL kgCO ₂
Cerâmica vermelha	584337	Tintas	620485
Cimento	375988	Cerâmica vermelha	584373
Aço e ferro	183200	Cimento	389900
Cal	182170	Aço e ferro	190470
Tintas	124097	Cal	185010
Areia	69178	Cerâmica revest.	94826
Cerâmica revest.	59998	Alumínio	93210
Alumínio	53367	Areia	72542
Pedra	36944	Impermeabilizantes	48585
Impermeabilizantes	28110	Pedra	36959
Concreto	702	Concreto	702
Outros materiais	62277	Outros materiais	144501

Semelhante à distribuição de energia embutida por materiais o CO₂ embutido da tinta no ciclo de vida fica elevado devido às reposições frequentes.

5.4 COMPARATIVOS DE TODOS OS MODELOS

As comparações entre os resultados das análises de todos os modelos seria por demais extensa e, portanto, são aqui colocados aqueles entendidos como os principais para comparações gerais.

5.4.1 Energia total no CVE e Energia Embutida

Inicialmente é apresentada no gráfico da Figura 5.13 a série dos resultados gerais de consumo de Energia no Ciclo de Vida de 50 anos nos cinco modelos estudados, que estão dispostos por tipologias, da esquerda para direita os unifamiliares e multifamiliares.

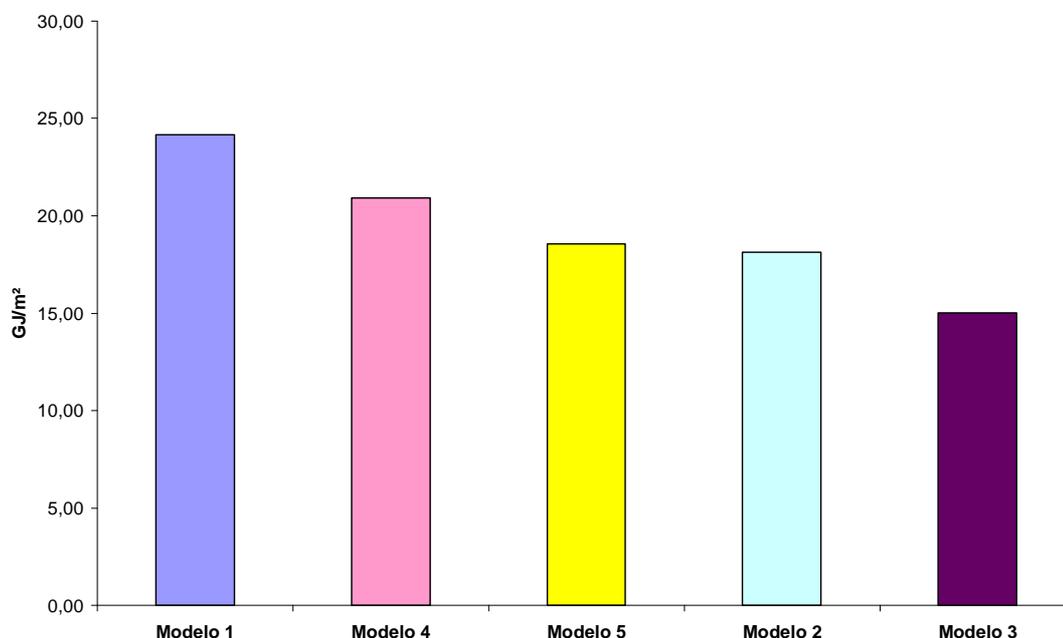


Figura 5.13: Energia no Ciclo de Vida dos cinco modelos.

O maior índice atribuído ao modelo 1 confirma a influência do consumo operacional de cocção e da tipologia unifamiliar. O modelo 4 é pouco superior, 2,3 GJ/m², ao modelo 5 devido ao uso intensivo de esquadrias de alumínio e pisos cerâmicos. Os modelos multifamiliares, 2 e 3, têm os menores fatores em todo o ciclo de vida. O modelo 2 com um resultado superior devido ao consumo de cocção.

Quanto à Energia embutida inicial, o gráfico da Figura 5.14 apresenta os seguintes resultados.

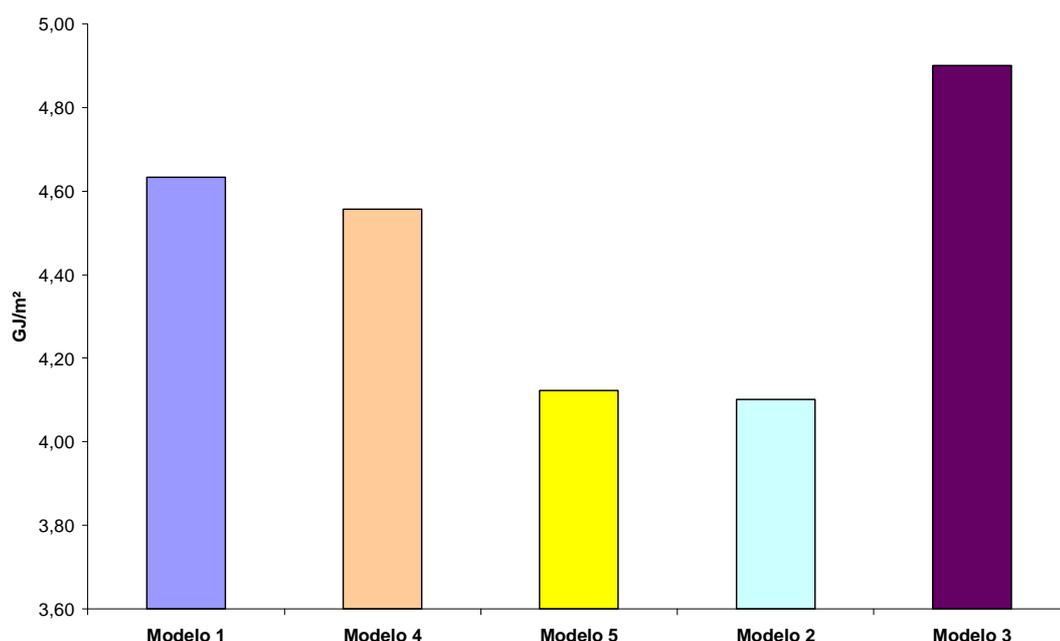


Figura 5.14: Energia Embutida inicial nos cinco modelos

O modelo 1 apresenta um valor maior entre os unifamiliares, juntamente com os modelos 4 e 5, devido ao uso de esquadrias de ferro, enquanto estes tem esquadrias de madeira e o 5 também o piso das áreas sociais de madeira. Ainda no modelo 1 percebe-se o efeito da relação da área das paredes pela área construída, conforme a Tabela 5.2, ou seja há uma maior quantidade por m^2 de edificação de um elemento com alta intensidade energética.

Entre os multifamiliares a maior Energia embutida no modelo 3 mostra a influência do uso das esquadrias de alumínio e pisos de cerâmica. O modelo 2 tem uma menor relação de paredes por área do que o modelo 3, o que diminui o volume dos revestimentos, de alta energia embutida, e conseqüentemente de desperdícios, muito elevados neste tipo de acabamento.

5.4.2 Consumo de Energia no transporte de funcionários

Apesar de ser entendida como uma análise à parte, conforme item 3.2.2, a título de informação é feita uma comparação entre a Energia Embutida Total com e sem a etapa de transporte dos operários no gráfico da Figura 5.15.

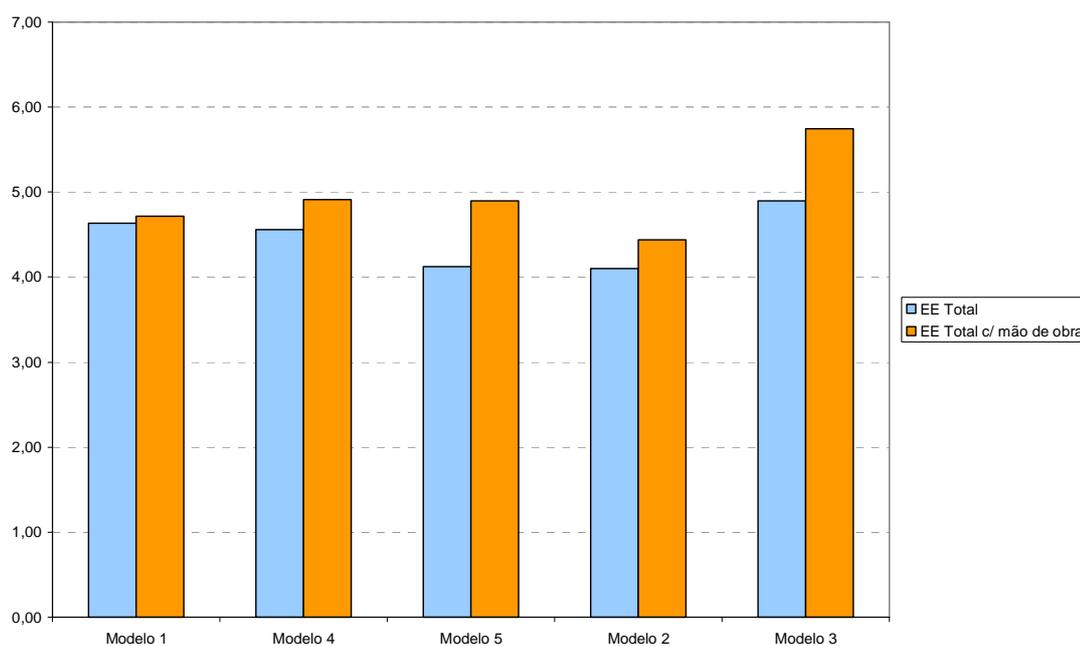


Figura 5.15: Energia Embutida Total com transporte de mão de obra nos cinco modelos

Os modelos 4 e 5 unifamiliares têm maiores valores devido aos fatores de $h.prod/m^2$ mais elevados, segundo a norma NBR 12721. O modelo 3 tem, por sua maior área construída, um prazo maior de construção, o que aumenta o número de deslocamentos de funcionários. A Tabela 5.22 mostra os acréscimos na EE inicial dos modelos pelo transporte de funcionários.

Tabela 5.22: Consumo de energia no transporte dos funcionários para os cinco modelos

	UNIFAMILIARES			MULTIFAMILIARES	
	Modelo 1	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 2	Modelo 3
Total CVE (GJ/m ²)	24,17	20,90	18,55	18,12	15,01
Total EEinicial (GJ/m ²)	4,63	4,56	4,12	4,10	4,90
Total EE c/ transp. de func. (GJ/m ²)	4,71	4,91	4,90	4,44	5,75
Aumento % EEinicial	1,7	7,7	18,8	8,2	17,3

5.4.3 Energia total no CVE por etapas operacionais e Energia embutida

Uma análise importante é feita a partir das relações da Energia Embutida Total com a Energia operacional elétrica e de cocção. A Tabela 5.23 reúne os resultados e as médias por etapas nos cinco modelos.

Tabela 5.23: Energia embutida total, energia elétrica e de cocção nos cinco modelos.

		EE Inicial	EE Manutenção	EE Total	E Operacional (Eletricidade)	E operacional (cocção)	E Pós operacional	TOTAL
Modelo 1	GJ / m²	4,63	2,44	7,07	5,54	11,07	0,49	24,17
	%	19,17	10,10	29,27	22,90	45,81	2,02	100,00
Modelo 2	GJ / m²	4,10	2,35	6,45	4,51	6,76	0,40	18,12
	%	22,63	12,97	35,60	24,87	37,31	2,22	100,00
Modelo 3	GJ / m²	4,90	2,42	7,32	3,64	3,64	0,41	15,01
	%	32,64	16,12	48,76	24,25	24,25	2,75	100,00
Modelo 4	GJ / m²	4,56	2,27	6,83	6,82	6,82	0,43	20,90
	%	21,80	10,88	32,67	32,64	32,64	2,04	100,00
Modelo 5	GJ / m²	4,12	1,62	5,74	6,23	6,23	0,34	18,55
	%	22,22	8,73	30,95	33,60	33,60	1,85	100,00
MÉDIAS	GJ / m²	4,46	2,22	6,68	5,35	6,91	0,41	19,35

Considerando os resultados por modelos apenas o modelo 5 tem a parcela do consumo de energia elétrica superior à Energia embutida total no ciclo. A energia de Cocção confirma a relevância em todos os modelos exceto no modelo 3.

A média da Energia Embutida Total, 6,68 GJ/m² equivale a 34,5% do ciclo de vida

5.4.4 Consumo de energia por materiais de construção

Um dos objetivos de uma ACVE é mostrar a relevância dos materiais de construção no conteúdo energético da edificação.

A Tabela 5.24 destaca os modelos unifamiliares e a 5.25 os modelos multifamiliares. São informados os percentuais de energia da contribuição de cada material na EE total e os percentuais acumulativos.

Tabela 5.24: Consumo de Energia por materiais na fase pré-operacional; modelos unifamiliares

MODELO 1					MODELO 4				MODELO 5			
	Materiais	TOTAL EE (MJ)	%	% Ac.	Materiais	TOTAL EE (MJ)	%	% Ac.	Materiais	TOTAL EE (MJ)	%	% Ac.
1	Ceramica verm.	80358,56	28,95	28,95	Ceramica verm.	230147,20	35,32	35,32	Ceramica verm.	363.354,16	34,32	34,32
2	Cimento	56385,93	20,31	49,26	Cimento	100193,43	15,38	50,69	Cimento	202.147,26	19,10	53,42
3	Aço	40996,13	14,77	64,03	Aço	77437,01	11,88	62,58	Aço	128.699,11	12,16	65,58
4	Tinta	19531,65	7,04	71,06	Tinta	39050,40	5,99	68,57	Tinta	47.920,30	4,53	70,10
5	Concreto	15504,70	5,59	76,65	Ceramica revest.	35404,89	5,43	74,00	Pedra	47.439,95	4,48	74,58
6	Pedra	14289,21	5,15	81,79	Pedra	28955,93	4,44	78,44	Argamassa	43.400,30	4,10	78,68
7	Areia	11811,38	4,25	86,05	Areia	22177,17	3,40	81,85	Areia	40.694,88	3,84	82,53
8	Fibrocimento	7053,02	2,54	88,59	Madeira	21008,92	3,22	85,07	PVC	33.130,85	3,13	85,66
9	Pvc	6809,56	2,45	91,04	Concreto	17543,98	2,69	87,76	Madeira	31.620,88	2,99	88,64
10	Ceramica revest.	4274,96	1,54	92,58	PVC	15693,74	2,41	90,17	Concreto	22.560,48	2,13	90,78
	Outros (13)	20591,67	7,42	100,00	Outros (14)	64046,11	9,83	100,00	Outros (13)	97649,23	9,22	100,0

Tabela 5.25: Consumo de Energia por materiais na fase pré-operacional; modelos multifamiliares

MODELO 2					MODELO 3			
	Materiais	TOTAL EE (MJ)	%	% Ac.	Materiais	TOTAL EE (MJ)	%	% Ac.
1	Cimento	761.653,66	15,19	15,19	Ceramica vermelha	7.461.161,80	35,56	35,56
2	Aço	700.604,57	13,97	29,15	Cimento	3.004.438,19	14,32	49,88
3	Ceramica vermelha	672.726,20	13,41	42,57	Aço	2.446.498,53	11,66	61,54
4	Concreto	562.267,18	11,21	53,78	Tinta	1.685.925,26	8,04	69,57
5	Tinta	400.886,39	7,99	61,77	Ceramica de revestimento	1.159.666,81	5,53	75,10
6	Impermeabilizante	288.278,01	5,75	67,52	Aluminio	914.404,69	4,36	79,46
7	Areia	235.508,27	4,70	72,21	Areia	873.957,08	4,17	83,63
8	Aluminio	233.631,99	4,66	76,87	Cal	633.584,39	3,02	86,65
9	Madeira	187.966,66	3,75	80,62	Impermeabilizante	534.726,42	2,55	89,19
10	Pedra	167.293,32	3,34	83,95	Pedra	523.832,98	2,50	91,69
	Outros (16)	804.964,12	16,05	100,00	Outros (13)	1.743.540,06	8,31	100,00

Observa-se que a distribuição é muito parelha. Apesar de terem sido especificados 23 a 26 materiais por modelo, apenas 10 reúnem 90% da energia embutida e três destes; cerâmica vermelha, cimento e aço, invariavelmente nas primeiras posições acumulando mais de 60% da energia embutida, exceto no modelo 2 que têm alvenarias em blocos de concreto. A tinta merece atenção especial pois além de ser o quarto em energia inicial é o material que mais acumula energia ao final do ciclo de vida.

5.4.5 Geração de CO₂

Um dos objetivos específicos na ACVE destaca a importância da geração de CO₂ enquanto um atributo de sustentabilidade.

A partir da aplicação das planilhas representadas nas tabelas 3.23 e 3.24 foram obtidos os seguintes resultados por modelos e respectivas etapas do ciclo de vida conforme a Tabela 5.26 .

Tabela 5.26 : Resultados da geração de CO₂ por fases em todos os modelos

FASES CVE		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	MÉDIAS
EE inicial	TOTAL CO ₂ (t)	24,235	415,466	1760,368	54,118	87,394	0,369
	t CO ₂ /m ²	0,385	0,335	0,406	0,373	0,347	
EE total	TOTAL CO ₂ (t)	34,522	606,813	2461,562	76,747	115,916	86,357
	%CO ₂ (energia)	85,607	84,559	86,433	87,379	87,808	
	t CO ₂ /m ²	0,548	0,489	0,567	0,529	0,460	
Eoperacional	TOTAL CO ₂ (t)	28,265	447,719	1280,570	80,202	127,328	0,433
	t CO ₂ /m ²	0,449	0,361	0,295	0,553	0,505	
Epós	TOTAL CO ₂ (t)	2,452	39,815	142,778	4,935	6,907	0,033
	t CO ₂ /m ²	0,039	0,032	0,033	0,034	0,027	
TOTAL CVE	TOTAL CO₂ (t)	65,239	1094,348	3884,910	161,885	250,151	0,984
	TOTAL t CO₂ /m²	1,036	0,883	0,895	1,116	0,993	

O item CO₂ (energia) refere-se ao percentual de CO₂ gerado pela queima de combustíveis para geração de energia. O restante é oriundo de reações químicas dos processos de fabricação do cimento, cal e alumínio.

A geração nas etapas relativas ao consumo de materiais de construção, Energia embutida total, é superior a do consumo operacional exceto nos modelos 4 e 5, os de maior poder aquisitivo.

Cabe observar a importância da relação de CO₂ por GJ de energia consumida, cujos resultados estão apresentados na Tabela 5.27

Tabela 5.27: kg CO₂ gerados por GJ de energia consumida por fases do ciclo de vida das edificações.

kgCO ₂ /GJ por fases	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Médias
Energia Embutida	81,979	76,565	78,313	78,279	78,351	78,698
Operacional	40,526	40,526	40,526	40,526	40,526	40,526
Total do CVE	56,764	56,200	59,933	53,580	53,134	55,922

As relações para energia embutida são pouco variáveis e quase o dobro da Energia operacional. Além disso, os valores são superiores aos de pesquisas australianas (CRAWFORD, 2003) na ordem de 60 kgCO₂ / GJ.

Os valores constantes da fase operacional justificam-se pela relação de consumo 50 % de energia elétrica e 50% energia de cocção.

A geração de CO₂ por materiais de construção é discriminada na tabela 5.28: Estão contabilizados os materiais empregados em todo o ciclo de vida das edificações.

Tabela 5.28: Geração de CO₂ por materiais em todos os modelos

Materiais Modelo 1	%	Materiais Modelo 2	%	Materiais Modelo 3	%	Materiais Modelo 4	%	Materiais Modelo 5	%
Cimento	21,44	Tintas	24,31	Tintas	25,21	Cerâmica verm.	26,73	Cerâmica verm.	28,01
Tintas	20,82	Cimento	16,13	Cerâmica verm.	23,74	Tintas	20,32	Cimento	22,59
Cerâmica verm.	18,24	Concreto	10,04	Cimento	15,84	Cimento	17,09	Tintas	16,59
Aço e ferro	12,00	Aço e ferro	9,08	Aço e ferro	7,74	Aço e ferro	8,00	Aço e ferro	8,76
Concreto	7,68	Cerâmica verm.	8,69	Cal	7,52	Cal	5,56	Areia	3,03
Cal	3,55	Cal	6,08	Cerâmica rev.	3,85	Cerâmica rev.	4,77	Plásticos	3,01
Areia	3,18	Impermeabiliz.	4,98	Alumínio	3,79	Madeira	2,77	Pedra	2,89
Pedra	2,92	Alumínio	3,92	Areia	2,95	Pedra	2,66	Argamassa	2,87
Fibrocimento	2,89	Areia	3,40	Plásticos	2,02	Concreto	2,62	Madeira	2,65
Plásticos	2,07	Madeira	2,72	Impermeabiliz.	1,97	Areia	2,61	Concreto	2,08
Cobre	1,67	Pedra	1,94	Pedra	1,50	Plásticos	2,15	Cerâmica rev.	1,83
Madeira	1,32	Plásticos	1,70	Madeira	1,37	Cobre	1,90	Cobre	1,77
Cerâmica rev.	1,28	Cerâmica rev.	1,61	Cobre	0,61	Alumínio	0,84	Impermeabiliz.	0,87
Alumínio	0,00	Cobre	1,43	Concreto	0,03	Argamassa	0,00	Cal	0,65
Argamassa	0,00	Argamassa	0,00	Argamassa	0,00	Fibrocimento	0,00	Alumínio	0,10
Impermeabiliz.	0,00	Fibrocimento	0,00	Fibrocimento	0,00	Impermeabiliz.	0,00	Fibrocimento	0,00
Outros mat	0,93	Outros mat	3,98	Outros mat	1,87	Outros mat	1,98	Outros mat	2,30

As tintas, cimento, cerâmica vermelha e aço e ferro predominam pelos seguintes motivos. As tintas tem alta geração de CO₂/GJ além de serem repostas 5 vezes ao longo do ciclo de vida; o cimento tem alta geração por consumo de fontes energéticas e reações químicas no processo de fabricação; a cerâmica vermelha é utilizada em grande volume e utiliza como fonte energética fundamentalmente a lenha, que é considerada nesta pesquisa com apenas 20% de reflorestamento, conforme item 3.7.1; e aço e ferro tem alta energia embutida e utilizam como energético básico o carvão mineral, fonte de maior número de emissões de CO₂/GJ de energia.

Finalmente são feitas analogias a dados de energia e CO₂ embutido em residências de outros países.

Tabela 5.29: Resultados comparativos de CO₂ e Energia Embutida inicial

Resultados⁽¹⁾	N. Zelândia⁽²⁾	Japão⁽³⁾	Dinamarca⁽⁴⁾	Brasil
t CO ₂ /m ²	0,35	0,40	0,40	0,37
GJ/m ²	5,60	4,50	4,50	4,46

¹ Resultados relativos à fase pré-operacional

² (BUCHANAN & HONEY, 1994)

³ (SUZUKY & OKA, 1994)

⁴ (SUZUKY & OKA, 1994) citando (PEDERSEN, 1993)

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

O trabalho contribui para as pesquisas sobre Eficiência Energética em Edificações ampliando o foco sobre os consumos de energia para todo o seu ciclo de vida. O desenvolvimento da metodologia para Análises do Ciclo de Vida Energético traz as seguintes reflexões.

O consumo de energia no setor residencial é relevante não só em termos de eletricidade. Embora tendo um crescimento significativo nos últimos anos a eletricidade não é o principal insumo energético no ciclo de vida das edificações residenciais, nem mesmo na fase operacional.

Sob o viés da sustentabilidade pode ser feita uma análise do consumo de energia no setor residencial brasileiro a partir dos modelos propostos. O uso de energia para fabricação dos materiais de construção, respectivos transportes e as parcelas de desperdícios, junto à energia operacional de cocção, formam um conjunto de fontes não renováveis que equivale a 73% do consumo no setor residencial, considerando-se que toda a eletricidade fosse renovável. Esse índice supera o conjunto da Oferta Interna de Energia no Brasil (BRASIL, 2005a) que tem 59% de fontes não renováveis.

A geração de CO₂ nos modelos propostos é, paradoxalmente, compatível com edificações de países desenvolvidos, que têm matrizes energéticas menos sustentáveis que a do Brasil e utilizam materiais de isolamento térmico de alta energia e CO₂ embutido. Os principais motivos são: alto desperdício de materiais nas construções; uso elevado de cimento em várias partes da construção, material com alto índice de CO₂ incorporado no seu processo de fabricação, além de ter também um alto índice de desperdício; e a cerâmica vermelha que usa prioritariamente a lenha como energético e que tem , na consideração da metodologia aplicada nesta pesquisa, apenas 20% de renovação.

6.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS PROPOSTOS

Quanto ao objetivo geral a metodologia é detalhada no capítulo 3 e aplicada no capítulo 5. Sua estrutura permite a realização das ACVEs adequadamente em edificações residenciais brasileiras explorando os eventos de consumo energético mais comuns no ciclo de vida de uma edificação. Os resultados podem ser avaliados por variados focos a guisa do interesse do analista.

O capítulo 4 cumpre o primeiro dos objetivos específicos ao desenvolver cinco modelos de edificações residenciais, sendo três unifamiliares e duas multifamiliares. Estes modelos fundamentaram os estudos de projeções do consumo energético.

A discriminação dos consumos energéticos específicos em todas as etapas do ciclo de vida de edificações residenciais brasileiras é cumprida no capítulo 5 juntamente com a relação da Energia Embutida com Energia Operacional ao longo do Ciclo de Vida.

Ainda no capítulo 5 é feita a investigação do consumo energético dos materiais de construção de maior influência no Ciclo de Vida da Edificação para cada modelo e conclui-se que poucos materiais têm a maior parte da energia embutida da edificação.

O referencial de sustentabilidade através da geração de CO₂ está proposto na metodologia no capítulo 3, têm os resultados apresentados no capítulo 5 e comentados no capítulo 6. As relações de kgCO₂/m² de edificação e de kgCO₂/GJ de energia consumida são comparadas com valores internacionais.

6.2 RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS POR ETAPAS

O objetivo da ACVE é a identificação dos eventos relevantes de consumo energético na vida de uma edificação e os desdobramentos na influência de cada etapa para o resultado final. A Tabela 6.1 apresenta um resumo das relações de cada etapa no total de Energia Embutida inicial – EEi - e Energia no Ciclo de Vida das Edificações – ECVE-. Cabe observar que a análise de fatores isolados não implica no aumento significativo da EEi ou da ECVE. Os comentários são colocados como subsídios para definição de estratégias que devem ser aplicadas no conjunto.

Tabela 6.1: Influências e contribuições de cada etapa da ACVE para aumento da EEI e da ECVE

Nº	DESCRIÇÃO da etapa	Influências	Contribuições para o aumento da EE inicial	Contribuições para o aumento da ECVE
1	Prospecção, fabricação e transporte de insumos	Dados de consumo energético em insumos são considerados muitas vezes como indiretos. Devem ser incluídos nas análises energéticas dos materiais de construção constituindo o índice de energia embutida do referido material	Materiais de construção com cadeias de processo e insumos muito longas. Ex. plásticos e outros petroquímicos.	Similares às do aumento da própria EEI.
2	Fabricação dos materiais de construção	O valor absoluto da energia embutida do material de construção (MJ/kg) deve ser observado no uso total do material na edificação. Materiais de alto valor de energia incorporada podem ter baixa participação no total de energia embutida da edificação. Ex. fios termoplásticos	Uso de produtos à base de cimento (médio valor de energia incorporada e alto volume). Uso de materiais metálicos (alto valor de energia incorporada e baixo volume).	Usos de materiais de baixa durabilidade natural ou em condições climáticas específicas.
3	Transporte dos materiais de construção	O transporte do material de construção pode acrescentar mais energia embutida ao mesmo do que o processo de fabricação, caso o peso do material e a distância de obtenção sejam grandes e o processo demande pouca energia. Ex. areia	Uso de materiais de construção não disponíveis e não fabricados na região da edificação.	Associadas ao uso de materiais com maiores índices de reposição.
4	Energia consumida por equipamentos na obra	Os consumos diretos de energia por equipamentos na obra correspondem historicamente por uma parte pequena do ciclo de vida das edificações. Entretanto a incorporação de tecnologias de pré-preparo de materiais como concreto usinado, ferragens dobradas e outras aumentam os consumos indiretos de energia.	Uso de técnicas construtivas que demandem mais elementos fabricados e montados no canteiro.	Reformas constantes associadas à má qualidade original da construção. Aumento da renda familiar.
5	Transporte dos trabalhadores até a obra	Um número elevado de trabalhadores e a distância da obra até as residências dos trabalhadores acrescentam energia embutida na edificação de forma significativa	Uso de técnicas construtivas que demandem maior número de funcionários. Ex. estruturas convencionais de concreto armado e paredes de alvenaria com blocos.	Similares às do aumento da própria EEI
6	Desperdício de materiais	Os materiais utilizados em maior volume em uma obra: cimento, areia e cerâmica têm os maiores índices de desperdício. O desperdício é associado às técnicas construtivas e ao porte da edificação. Quanto menor a edificação maior o desperdício por m ² construído.	Falta de planejamento e gerenciamento da construção. Uso de materiais não padronizados. Baixa qualificação da mão-de-obra.	Associadas ao uso de materiais com maiores índices de reposição
7	Transporte dos desperdícios	Os materiais desperdiçados são transportados em dobro.	Similar ao item anterior	Associadas ao uso de materiais com maiores índices de reposição
8	Reposição de materiais	Materiais de menor energia embutida inicial podem ao longo da vida útil da edificação acumular mais energia devido ao número elevado de reposições. Ex.: tintas	Relacionadas somente ao Ciclo de Vida da Edificação	Uso de materiais como tintas, revestimentos têxteis de pisos e paredes e esquadrias metálicas de materiais ferrosos.
9	Energia consumida por equipamentos eletrodomésticos	As posses de equipamentos e os hábitos de uso são diretamente influenciados pela renda.	Relacionadas somente ao Ciclo de Vida da Edificação	Uso de equipamentos de baixa eficiência energética como aquecedores de água elétricos, congeladores e geladeiras antigas e lâmpadas incandescentes.
10	Energia para cocção de alimentos	É relacionada com a etapa anterior e igualmente influenciada pela renda.	Relacionadas somente ao Ciclo de Vida da Edificação	Uso de combustíveis de baixo rendimento como lenha, carvão e querosene.

Nº	DESCRIÇÃO da etapa	Influências	Contribuições para o aumento da EE inicial	Contribuições para o aumento da ECVE
11	Demolição e remoção dos resíduos	O reaproveitamento e a reciclagem de materiais devem ser estipulados em nível de projeto. O uso de materiais metálicos aumentam a EEi porém aumentam o potencial de reciclagem	Uso de materiais de alta geração de resíduos	Acréscimo de materiais devido a reformas. Baixo aproveitamento de re- uso e reciclagem dos materiais.
12	Transporte do material demolido	A distância do depósito de material demolido tende a aumentar em cidades de maior porte.	Similar ao item anterior	Similar ao item anterior
	TOTAL DO CICLO DE VIDA	A duração do ciclo de vida da edificação aumenta ou diminui a relevância de cada etapa de consumo energético. O prazo de 50 anos estipulado nesta pesquisa tende a ser maior para as edificações residenciais e menor para as comerciais.	Quanto menor o ciclo de vida maior a relevância da Energia Embutida Inicial	Quanto maior o ciclo de vida maior a relevância da Energia Operacional

6.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As seguintes considerações são feitas a partir dos resultados, que terão sua relevância em função da necessidade da análise.

- ✓ o consumo de energia no ciclo de vida das edificações residenciais brasileiras é menor do que em países como Austrália e Suécia (PULLEN, 2000; TAVARES, 2004; THORMARK, 2002) em função do consumo operacional; porém a Energia embutida tem valores próximos, assim como o CO₂ embutido;
- ✓ os valores de Energia Embutida nos modelos estudados não incluem energia consumida em equipamentos e mobiliários, que são contabilizados nas pesquisas internacionais acima;
- ✓ a Energia Embutida por materiais de construção e processos correlatos, como transportes, nas edificações é relevante representando, nos modelos analisados, de 29% a 49% do ciclo de vida;
- ✓ a taxa de retorno energético média é de 20 anos;
- ✓ a relação de kgCO₂/GJ de energia gerados nas fases de uso dos materiais de construção (Energia Embutida) é o dobro da fase operacional;
- ✓ o aumento da taxa de retorno energético implica em mais energia embutida em relação a energia operacional, o que indica uma quantidade de CO₂ no ciclo de vida mais elevada.
- ✓ a Energia operacional tende a diminuir, notadamente a Energia de Cocção. Por outro lado a EE têm-se mantido a mesma para materiais como cimento, aço e cerâmica (BRASIL, 2005a), o que aumenta a relevância da EE;

- ✓ a Energia Elétrica no ciclo de vida é menor que a EE em quatro dos cinco modelos e apresenta os percentuais máximos de 33 % do ciclo de vida;
- ✓ os três principais materiais consumidos em quantidade nas edificações residenciais: cimento, aço e cerâmicas consomem pelo menos 80% de energia não renovável;
- ✓ os materiais de construção de maior consumo de energia no ciclo de vida da edificação: tintas, cerâmica vermelha, cimento e aço são respectivamente os de maior geração de CO₂, o que confirma a relação de energia e sustentabilidade
- ✓ o cimento tem alta participação em volume, energia embutida e desperdício, além de responder por boa parte dos impactos ambientais gerados no setor da Construção Civil;

Em outros comentários acerca da sustentabilidade, notadamente na Energia Operacional, verifica-se que a participação do gás na matriz de geração elétrica tende a aumentar, o que reduz o potencial de energias renováveis no setor da Construção Civil, já dominado por fontes não renováveis. A entrada de fontes renováveis na matriz energética brasileira se dá basicamente nos insumos de transportes, o que não alterará de forma significativa o perfil de sustentabilidade da Construção Civil.

6.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No sentido de prosseguir com as investigações sobre o CVE das edificações colocam-se as seguintes sugestões:

- ✓ aprofundar as pesquisas de Energia embutida em materiais de construção;
- ✓ gerar índices de Energia Embutida para diferentes tipos de alvenarias, estruturas, coberturas e outras partes da Edificação, facilitando os cálculos a nível de projeto;
- ✓ criar outros parâmetros de Sustentabilidade além da geração de CO₂, como os outros gases do efeito estufa e consumo de água;
- ✓ utilizar os modelos de edificações para ampliar os estudos de consumo energético no setor residencial possibilitando projeções com mudanças de perfil de renda, tipologias, fontes energéticas de cocção e equipamentos eletrodomésticos, além de pesquisas em simulações térmicas;
- ✓ desenvolver novos modelos complementares no setor residencial, como o de menor metragem quadrada (48 m²) adotado para habitações de interesse popular pela Caixa Econômica Federal;

- ✓ adaptar a metodologia para ACVE's nos setores comercial e público, fechando o ciclo da Construção Civil;
- ✓ desenvolver alternativas para construções que favoreçam a sustentabilidade em termos práticos, não apenas por diretrizes que visem a busca de certificações de cunho comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12721: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio – Procedimento. Rio de Janeiro. 1999.
- ABS, Australian Bureau of Statistics. *Housing Australia: A Statistical Overview*. Cat. Nº 1320.0. Canberra, AU. 1996.
- ADALBERTH, K. Energy use during the life cycle of buildings: a method. *Building and Environment*, 32 (4), p. 317-320. Elsevier Science Ltd. 1997 (a).
- ADALBERTH, K. Energy use during the life cycle of single-unit dwellings: examples. *Building and Environment*, 32 (4), p. 321-329. Elsevier Science Ltd. 1997 (b).
- AGOPYAN, V. et al. *Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras*. Relatório Final. PCC-USP/FINEP/ITQC, 5 volumes. 1355 p. Setembro de 1998.
- ALCORN, J.A.; BAIRD, G. Use of a hybrid energy analysis method for evaluating the embodied energy of building materials. *Renewable Energy*. Volume 8, (1-5), p. 319-322. May 1996.
- ALCORN, J. *Embodied Energy Coefficients of Building Materials*. Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington. New Zealand, 1996.
- ANDERSEN, S. et al. *Livscyclus-baseret bygning-sprojektering*. Report No 224. Danish Building Research Institute. Hørsholm. Denmark. 1993.
- ATHENA *Sustainable Building Technical Manual*. *Green Building Design, Construction and Operations*. The Athena Sustainable Materials Institute. Produced by Public Technology Inc. – USA, Green Building Council, 1996. 292p.
- ATHENA. *Life Cycle of Building Products*. The Athena Sustainable Materials Institute. Canada. Disponível em < <http://www.athenasmi.ca> >. Acessado em outubro de 2002.
- BAIRD, G., CHAN, S. A. *Energy Cost of Houses and Light Construction Buildings*. New Zealand Energy Research and Development Committee, NZERDC Report No. 76, Auckland, 1983
- BAIRD, G.; ALCORN, A.; HASLAM, P. The energy embodied in building materials - updated New Zealand coefficients and their significance. *IPENZ Transactions, Vol. 24, No. 1/CE*. 1997.
- BERMANN, C. *Energia no Brasil: para quê? para quem? Crise e alternativas para um país sustentável*. Ed. Livraria da Física: FASE, 2001. ISBN 85-88325-06-3.
- BERRY, R.S.; FELS, M.F. The energy cost of automobiles, Science and public affairs. *Bulletin of the Atomic Scientists*. October, pp. 11-17, 58-60. 1973.
- BERRY, R.S.; LONG, T.V.; MAKINO, H., An international comparison of polymers and their alternatives. *Energy Policy*, Vol. 3, June, pp. 144-155. 1975.
- BLANCHARD, S; REPPE, P. *Life cycle analysis of a residential home in Michigan - Report Nº 1998-5*. University of Michigan. USA. Setembro, 1998.
- BOUSTEAD, I.; HANCOCK, G.F. *Handbook of Industrial Energy Analysis*. Ellis Horwood, Chichester, England. 1979. ISBN 0-85312-064-1.
- BOYLE C. *Sustainable Buildings in New Zealand*. IPENZ Presidential Task Committee on Sustainability. NZ. March 2004.
- BRASCAMP, M., *Direct en indirect energieverbruik in de landbouw, basismateriaal voor de LEI databank*. TNO-MT, rap.nr. 83-01936, Apeldoorn, Nederland, 1983.

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio, Secretaria de Tecnologia Industrial – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC / MG. *Balanco Energético de Edificações Típicas*. Brasília, 1982.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Secretaria de Patrimônio da União. ON-GEADE-004, 28/8/2002, *Avaliação técnica de bens imóveis da união ou de seu interesse. Anexo - Manual de avaliação - conceitos e metodologias de avaliação técnica de imóveis*. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia, Secretaria de Energia. *Balanco Energético Nacional 2003*. Brasília, 2003. ISS 0101-6636.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia, Secretaria de Minas e Metalurgia. *Anuário estatístico: Setor metalúrgico*. Brasília, 2004.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional 2005: Ano base 2004*. Brasília, 2005a. ISS 0101-6636

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Inventário Nacional de Emissões de gases de efeito estufa*. Disponível em <http://www.mct.gov.br/clima/default.htm> , acessado em Novembro de 2005b.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. *NT - COBEN 07/88 - Avaliação do consumo residencial de lenha e carvão vegetal do balanço energético nacional*. Disponível em <http://www.mme.gov.br> , acessado em Janeiro de 2006.

BROWN, M.T.; BURANAKARN, V. Energy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. *Resources, Conservation and Recycling*, 38 p. 1 – 22. 2003

BRUNTLAND, G.H. (editora). *Our common Future: The world commission on environment and Development*. Oxford. Oxford University Press. 398 pp. 1987.

BUCHANAN, A.; HONEY, B. Energy and carbon dioxide implications of building construction. *Energy and Buildings* 20, p. 205-217. Elsevier Science Ltd . 1994.

BULLARD, C.W., HERENDEEN, R.A. The energy cost of goods and services. *Energy Policy*, Vol. 3, December, pp. 484-493. 1975.

BULLARD, C.W., PENNER, P.S., PILATI, D.A. Net energy analysis: Handbook for combining process and input-output analysis. *Resources and Energy*, 1, no. 3, 267-313. Elsevier Science Ltd. 1978.

CARVALHO, J. Análise de Ciclo de Vida ambiental aplicada a construção civil - Estudo de caso: Comparação entre Cimentos Portland com adição de resíduos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil . São Paulo, 2002

CHAPMAN, P.F. Energy conservation and recycling of copper and aluminium, *Metals and materials*, Vol. 8, June, pp. 311-319. 1974b.

CHAPMAN, P.F. The energy costs of producing copper and aluminium from primary sources, *Metals and materials*, Vol. 8, February, pp. 107-111. 1974a

CHAPMAN, P.F.; LEACH, G.; SLESSER, M. The energy cost of fuels, *Energy Policy*, Vol. 2, September, pp. 231-243. 1974c.

CHEHEBE, J.R.B. *Análise de Ciclo de Vida de Produtos – ferramenta gerencial da ISO 14000*. Rio de Janeiro, Qualitymark Ed. 1998. ISBN 85-7303-948-23

CHEN, T.Y. et alli. Analysis of embodied energy use in the residential building of Hong Kong. *Energy* 26 p. 323–340. Elsevier Science Ltd. 2001.

CIB, Conseil International du Bâtiment. *Agenda 21 on sustainable construction*. CIB Report Publication 237. Netherlands, 1999. 120 p. ISBN 90-6363-015-8

- CIB, Conseil International du Bâtiment. *Agenda 21 on sustainable construction for developing countries – a discussion document*. CIB & UNEP-ITEC, 2002. 83 p. ISBN 0-7988-5540-1
- COLE, R.; KERNAN, P.C. Life cycle energy use in Office Buildings. *Building and Environment* 31 No 4, p. 307 – 317. Elsevier Science 1996.
- COLE, R.J. Energy and greenhouse gas emissions associated with the construction of alternative structural systems. *Building and Environment* 23, p. 224-237. Elsevier Science Ltd. 1999.
- COOPER, I.; CURWELL, S. Building Environmental Quality Evaluation for Sustainability through Time BEQUEST. *Proc. Second International Conference on Buildings and the Environment, CSTB and CI*, 2. p. 515–523. Paris, June, 1997.
- COWAN, H.J.; SMITH, P.R. *The science and technology of building materials*. Von Nostrand reinhold Company Inc. Australia, 1988. ISBN 0-442-21799-4
- CRAWFORD, R.,H., et al. Comparative greenhouse emissions analysis of domestic solar hot water systems. *Building Research & Information*. 31(1), p.34–47 (2003)
- CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia. *Technical manual - Design for lifestyle & the future*. Disponível em <<http://www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/fs31.htm>>. Acessado em abril de 2003.
- DIAS, W.P.S.; POOLYADDA, S.P. Quality based energy contents and carbon coefficients for building materials: A systems approach. *Energy* 29, p. 561–580. Elsevier Science Ltd. 2004
- EEA, European Environment Agency. *Life Cycle Assessment - A guide to approaches, experiences and information sources*. Bruxelas, Bélgica. Disponível em <<http://reports.eea.eu.int/GH-07-97-595-EN-C/en#TOC>> Acessado em junho de 2002.
- EPA, Environmental Protection Agency. *Sustainable Building Technical Manual. Green Building Design, Construction and Operations*. Produced by Public Technology Inc. US, Green Building Council. USA, 1996. 292 p.
- FAVA, J. A. Life Cycle Initiative: A Joint UNEP/SETAC Partnership to Advance the Life-Cycle Economy. *International Journal of LCA* 7 (4) 196 – 198. Ecomed Publishers. 2002.
- FAY, R. Life cycle energy analysis: Planning for the future. *Proceedings 1996 Seminar, Embodied Energy – the current state of play*, pp. 119-132. Deakin University, Geelong, Austrália. 28-29 November, 1996.
- FAY, M. R. *Comparative life cycle energy studies of typical Australian suburban dwellings*. PhD. Thesis. Faculty of Architecture, Building and Planning. The University of Melbourne, AU. 14 October 1999.
- FAY, R.; TRELOAR, G.; IYER-RANIGA, U. Life-cycle energy analysis of buildings: a case study. *Building Research and Information*, 28 (1) p. 31-41 JAN-FEB. Routledge, London. 2000.
- FEIST, W. Life-cycle energy balances compared: Low-energy house, passive house, self-sufficient house. *Proceedings of the International symposium of CIB W67*, p. 183-1990. Viena, Austria, 1996.
- GUIMARÃES, G. D. *Análise energética na construção de habitações*. Rio de Janeiro, 1985. Dissertação de mestrado, Programa de Planejamento Energético, COPPE, UFRJ.
- GUINÉE, J.B. (Coord.). *Life Cycle Assessment – an operational guide to the ISO Standarts*. Leiden University, Holanda. Maio 2001. Disponível em <<http://www.leidenuniv.nl/interfac/cml/lca2/>>. Acessado em junho de 2002.
- HAES, H.A.U. et al. *UNEP/SETAC Life Cycle Initiative: Background, Aims and Scope*. *International Journal of LCA* 7 (4) p.192-195. Ecomed Publishers. 2002.

- HÄKKINEN, T. *Environmental Impact of Building Materials*. Technical Research Centre of Finland (VTT), Report No. 1590, Espoo, p. 38. 1994.
- HANNON, B. Options for energy conservation, *Technology Review*, February, pp. 24-31. 1974.
- HEISKANEN, E. The institutional logic of life cycle thinking. *Journal of Cleaner Production* 10, p. 427-437. Elsevier Science Ltd. 2002.
- HERENDEEN R.; TANAKA J. *CAC Document 171, April*. Center for advanced Computation, University of Illinois. EUA. 1975.
- HERENDEEN, R.; TANAKA, J. Energy cost of living. *Energy*, Vol. 1, pp. 165-178. 1976.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2000*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>, acessado em abril de 2003.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Matriz de insumo-produto: Brasil 1996*. Departamento de Contas Nacionais. Rio de Janeiro. 1999.
- IBS, Instituto Brasileiro de Siderurgia. Anuário Estatístico 2005. Disponível em <http://www.ibs.org.br>. Acessado em Janeiro de 2006.
- IEA, International Energy Agency. *Key World Statistics 2005*. IEA, Paris. Disponível em <http://www.iea.org> , acessado em novembro de 2005
- IFIB, Institut für Industrielle Bauproduktion. *Baustoffdaten – Ökoinventare*. Universität Karlsruhe; Lehrstuhl Bauklimatik und Bauökologie, Hochschule für Architektur und Bauwesen (HAB) Weimar; Institut für Energietechnik (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich; M. Holliger, Holliger Energie Bern: Karlsruhe / Weimar / Zürich. 1995.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Geneva, Switzerland.1995.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Pesquisa de oferta de materiais de construção no Estado de São Paulo. São Paulo.1982.
- ISO, International Organization for Standardization. ISO 14040: Environmental management — life cycle assessment — principles and framework. Geneva, Switzerland, 1997.
- ISO, International Organization for Standardization. ISO 14041: Environmental management — life cycle assessment — goal and scope definition and inventory analysis. Geneva, Switzerland, 1998.
- ISO, International Organization for Standardization. ISO 14042: Environmental management — life cycle assessment — life cycle impact assessment. Geneva, Switzerland .1999.
- ISO, International Organization for Standardization. ISO 14043: Environmental management — life cycle assessment — life cycle interpretation. Geneva, Switzerland .1999.
- ISO, International Organization for Standardization. ISO/TR 14049: Environmental management — life cycle assessment — Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis. Geneva, Switzerland, 2000.
- ISO, International Organization for Standardization. ISO/TS 14048: Environmental management — life cycle assessment — data documentation format. Geneva, Switzerland, 2002.
- ISO, International Organization for Standardization. *ISO/TR 14050: Environmental management —Vocabulary*. Geneva, Switzerland, 2002.
- JANNUZZI, G. M.; SCHIPPER, L. The structure of electricity demand in the Brazilian household sector. *Energy Policy* November 1991.

- JOHNSTONE, I. M. Energy and mass flows of housing: a model and example. *Building and Environment* 36 p. 27-41. Elsevier Science Ltd. 2001.
- JÖNSSON, A. et al. Life cycle assessment of flooring materials: case study. *Building and Environment* 32 p. 245 – 255. Elsevier Science Ltd. 1997.
- KIBERT, C. J.; GUY, B. *Developing Sustainable Communities and Buildings: Planning, Design, and Construction*. Unpublished Course Material for BCN 6585 Principles of Sustainable Development and Construction, Center for Construction and Environment, University of Florida, 1997.
- LAMBERTS, R. et al. *Eficiência energética na Arquitetura*. PROCEL/UFSC. São Paulo, PW Editores. 1997
- LANDFIELD, A. H.; KARRA, V. Life cycle assessment of a rock crusher. *Resources, Conservation and Recycling* 28 p. 207–217. Elsevier Science Ltd. 2000.
- LARSSON, B. Materialförbrukning På Byggarbetsplatsen. *Building Economics and Construction Management*. Chalmers University of Technology. Gothenburg. Sweden. 1983.
- LAVE, L.B. et al. Using I-O analysis to estimate economy-wide discharges. *Environmental Science and Technology*, 29, 420± 26. 1995.
- LAWSON, B. Building Materials Energy and Environment – towards ecologically development. University of New South Wales, Sidney, Australia. 123p. 1996.
- LAWSON, B. et al. Assessing the environmental impact of building materials. PRO 1. *RAIA Environment Design Guide*. Redhill, Australia. 1995.
- LEACH, G. *Energy and food production*. I.P.C. Science and Technology Press Limited, Surrey, United Kingdom, 1976.
- LEVIN, H. Systematic evaluation and assessment of building environmental performance (ASEABEP). *Proc. Second International Conference on Buildings and the Environment, CSTB and CIB*, 2. p. 3–10 Paris, June, 1997.
- LIPPIATT, B.C. *Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES)*. In: CIB World Building Congress - Construction and The Environment. Proceedings. 8 pp. Gävle, June 1998.
- LIPPIATT, B.C. Selecting cost-effective green building products: BEES approach. *Journal of Construction Engineering and Management*. Nov./Dec. p. 448-455. 1999
- MARLAND, G.; BODEN, T.A; ANDRES, R. J. *Global, Regional, and National CO₂ Emissions*. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 2003.
- MARSMANN, M. The ISO 14040 Family. *International Journal of LCA* 5 (6) p.317-318. Ecomed Publishers, 2000. ISSN 0948-3349.
- MILLER, A. Transportation energy embodied in construction materials. *Proceedings 1996 Seminar, Embodied Energy – the current state of play*, pp. 33-38. Deakin University, Geelong, Austrália. 28-29 November, 1996.
- MILLER, R.E.; BLAIR, P.D. *Input-Output Analysis - Foundations and Extensions*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA. 1985. ISBN 0134667158
- MITHRATNE N.; VALE, B. Life cycle analysis model for New Zealand houses. *Building and Environment* 39 p. 483 – 492. Elsevier Science Ltd. 2004.
- MUNTHNER, K. *Enorm Version 800*. Energiforskning Ab, Stockholm, Sweden. 1992.
- NIEUWLAAR, E. *Developments in energy analysis*. Ph.D. thesis, University of Utrecht, Netherlands 1988.

- PEARS, A. Greenhouse Gas Emissions and the Residential Sector. GEN 13. *RAIA Environment Design Guide*. 1997.
- PEDERSEN, D. Economic assessment of energy use and environmental impact of construction, *CIB W-55 Symposium*. 1993.
- PEREIRA, S. W.; SOARES S. R. *Balanço de massa da produção de tijolos: introdução à análise do ciclo de vida*. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2004.
- PEREIRA, S. W. *Avaliação ambiental dos processos produtivos de pisos cerâmicos por meio de análise do ciclo de vida*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- PETERSEN E. H. LCA Tool for Use in the Building Industry. *Int. Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, Vol. 1. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.. 1999.
- PIETROBON et al. Análise comparativa do consumo energético na fase de fabricação dos materiais de construção. *Anais do III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC-*, julho de 1995. ANTAC, 1995.
- PNAD. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de Indicadores 2001*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Empregos e Rendimento. Rio de Janeiro:, 2002. 205p.
- PNAD. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de Indicadores 2002*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Empregos e Rendimento. Rio de Janeiro:, 2003. 113p. ISSN 0101-6822
- PNAD. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2004*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em outubro de 2005
- PROCÉ, C. *Energieverbruik in de Nederlandse akkerbouw en veehouderij 1982*. IVEM onderzoeksrapport no. 17, Groningen, Nederland, 1985.
- PULLEN, S. F. Energy used in the construction and operation of houses. *Architectural Science Review*, Vol. 43, No. 2 , p. 87-94. University of Sydney, Austrália. 2000.
- PULLEN, S.F. Consideration of environmental issues when renewing facilities and infrastructure - Environmental issues when renewing facilities. 8th International conference on durability of building materials and components May 30 – June 3, 1999 Vancouver, Canada
- PULLEN, S.F. *Embodied Energy of Building Materials in Houses*. Masters thesis, University of Adelaide, Adelaide, p. 227. 1995.
- RIBEIRO, F.M. *Inventário de ciclo de vida da geração hidrelétrica no Brasil-Usina de Itaipu: primeira aproximação*. 2003. 2v. Dissertação (mestrado). Programa Interunidades de Pós- Graduação em Energia (EP-IF-FEA-IEE). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- RMIT, Royal Melbourne Institut of Technology. *Greening the building life cycle – life cycle assessment tools in building and construction*. Melbourne, Austrália. Disponível em <http://buildlca.rmit.edu.au/menu10.html> >. Acessado em julho de 2002.
- ROODMAN, D. et al. A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction. World Watch Paper No. 124, World Watch Institute, 1995.
- ROSE, K.S.B. Building Brick Industry. Issue #2 from Energy Audit Series. British Ceramic Research Association, England, 1979.
- SANTOS, M. M.; SCHAEFFER R. *Consumo de energia na construção de habitações populares*. PPE/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro 1999.

- SCHEUER, Chris et al. Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modelling challenges and design implications. *Energy and Buildings* 35, p. 1049-1064. Elsevier Science Ltd. 2003.
- SCHULLER, M. E. Energia Elétrica na Produção de Alumínio: em questão a política industrial brasileira. Tese de Mestrado. PPE / COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 1997.
- SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry. *Guidelines for Life Cycle Assessment: A "Code of Practice"*. From the SETAC Workshop held at Sesimbra, Portugal, 31 March - 3 April 1993. Brussels, Belgium, and Pensacola, Florida, USA, August, 1993
- SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2001 e Censo Demográfico de 2000 – Resultados do Universo*. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/>>. Acessado em fevereiro de 2003.
- SINPHA. *Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo*. PROCEL / ELETROBRÁS. Núcleo de Estatística Computacional, PUC/Rio. Rio de Janeiro, 1999. CD-ROM.
- SOARES, S.R. (Coord.). *Análise do Ciclo de Vida de Produtos (revestimento, blocos e telhas) do Setor Cerâmico da Indústria de Construção Civil*. Relatórios parciais I/IV e II/IV. Projeto FINEP, CNPq, UFSC. Disponível em <<http://www.ciclodevida.ufsc.br/resultado.htm>>. Acessado em fevereiro de 2003.
- SOARES, S. R.; PEREIRA, S. W. Inventário da produção de pisos e tijolos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida. *Ambiente Construído: Resíduos na Construção*. V4 N2, p. 83-94. Porto Alegre, 2004.
- SPRENG, D.T. Net Energy Analysis - and energy requirements of energy systems. 1988. ISBN 0-275-92796-2.
- STOEKLEIN, A.; BASSETTT, M. The annual loss factor method: a design tool for energy Scientist houses, 3rd ed. Judgeford: Building Research Association of New Zealand; 2000.
- SUZUKI, M.; OKA, T. Estimation of life cycle energy consumption and CO2 emission of office buildings in Japan. *Energy and Buildings* 28, p. 33-41. Elsevier Science Ltd. 1998.
- SUZUKI, M.; OKA, T.; OKADA K. Estimation of energy consumption and CO2 emission due to housing construction in Japan. *Energy and Buildings* 22, p. 165-169. Elsevier Science Ltd. 1995.
- TAVARES, S.F. *Metodologia para análise energética do ciclo de vida de blocos cerâmicos vermelhos*. Projeto de qualificação para doutoramento. PPGE, UFSC. Florianópolis, abril de 2003.
- TAVARES, S. F; LAMBERTS, R.. *Estudos comparativos sobre consumo energético no ciclo de vida de edificações residenciais do Brasil, Austrália e Suécia*. In X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC 2004. São Paulo, SP. Julho de 2004. CD-ROM.
- TAVARES, S. F; LAMBERTS, R.. *Consumo de energia para construção, operação e manutenção das edificações residenciais no Brasil*. In VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, ENCAC 2005. Maceió, AL. Outubro de 2005. CD-ROM.
- TCPO, Tabelas de composição de Preços para Orçamentos. Editora PINI. São Paulo, 2003. CD-ROM, desenvolvido pela Construnet.
- THEIS, I. M. *Limites Energéticos do Desenvolvimento*. Editora da FURB. Blumenau, SC. 1996.
- THORMARK, C. A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment* 37 p. 429 – 435. Elsevier Science Ltd. 2002.

TILLMAN, A.M. et al. Packaging and the environment life-cycle analyses of selected packaging materials quantification of environment loadings. SOU 1991:77. Chalmers Industriteknik, Chalmers Teknikpark. Gothenburg. Sweden, 1991.

TOLMASQUIM, M.T; SZKLO, A.S. (Coords.) *A matriz energética brasileira na virada do milênio*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ; ENERGE, 2000. ISBN 85-285-0039-X.

TRELOAR, G.J. Completeness and Accuracy of Embodied Energy Data - A National Model of Residential Buildings. *Proceedings 1996 Seminar, Embodied Energy – the current state of play*, Deakin University, Geelong, Austrália, 28-29 November, 1996.

TRELOAR, G.J. Extracting embodied energy paths from input-output tables: towards an input-output-based hybrid energy analysis method. *Economic Systems Research*. 9, p. 375-391. 1997.

TRELOAR, G J. et al. Embodied energy analysis of fixtures, fittings and furniture in office buildings. *Facilities*, Vol. 17. Number 11 pp. 403-409 MCB University Press .1999 .ISSN 0263-2772

TRELOAR, G. et al. Analysing the life-cycle energy of an Australian residential building and its householders. *Building Research and Information*, 28 (3) p. 184-195 May-Jun. Routledge, London. 2000.

TRELOAR, G.J. et al. Building materials selection: greenhouse strategies for built facilities. *Facilities* , vol. 19, number ¾, p. 139-149. Emerald, Bradford. ISSN 0263-2772, UK, 2001.

TRELOAR, G.J. ; LOVE, P. ; HOLT, G. Using national input-output data for embodied energy analysis of individual residential buildings. *Construction Management and Economics* 19, p. 49-61. Taylor and Francis Ltd. ISSN 0144-6193. UK, 2001.

TRELOAR, G J.; OWEN, C.; FAY, R. Environmental assessment of rammed earth construction systems. *Structural Survey* 19(2) p.99-105. 2001. MCB University Press . ISSN 0263-080X

TRELOAR, G J. et al. An analysis of factors influencing waste minimization and use of recycled materials for the construction of residential buildings. *Management of Environmental Quality: An International Journal* Vol. 14 No. 1, pp. 134-145. Emerald. Disponível em <http://www.emeraldinsight.com/1477-7835.htm> Acessado em outubro de 2003

UNEP, United Nations Environment Programme. *L.C.A.: What is and how to use it*. Publication Sales N°. 9C-III-D.2. Paris. 1996.

VAN HEIJNINGEN, R.J.J; CASTRO, J.F.M.; WORREL, E.. *Energiekentallen in relatie tot preventie en hergebruik van afvalstromen*. CCE, Amersfoort. Nederland 1992a

VAN HEIJNINGEN, R.J.J; CASTRO, J.F.M.; WORREL, E; HAZEWINKEL, J.H.O. *Meer energiekentallen in relatie tot preventie en hergebruik van afvalstromen*. CCE, Amersfoort. Nederland 1992b

VENKATARAMA, B. V. R.; JAGADISH, K. S. Embodied energy of common and alternative building materials and technologies. *Energy and Buildings*, 35 (2), p. 129-137. Elsevier Science Ltd. 2003.

VRINGER, K., BLOK, K. The direct and indirect energy requirements of households in the Netherlands. *Energy Policy*, Vol. 23, no. 10, pp. 893-910. 1995a.

WAGNER, S; HARR, B; MEYER, U. *Ökologisches Bauen mit Ziegel*. Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V. Bonn. Deutschland. 1998

WEIDEMA, B. P.; WESNAES, M.S. Data quality management for life cycle inventories: an example of using data quality indicators. *Journal of Cleaner Production* 4 (3-4), p. 167-174. Elsevier Science Ltd. 1997.

- WILTING, H.C. *An energy perspective on economic activities*. Doctoral Thesis, Rijksuniversiteit Groningen, Holanda, 1996. ISBN 90-367-0679-3.
- WINTHER, B. N.; HESTNES, A. G. Solar versus green: the analysis of a norwegian row house. *Solar Energy* Vol. 66, No. 6, p. 387–393, Elsevier Science Ltd 1999
- WORREL, E. et al. New Gross Energy Requirement figures for material production. *Energy* 19 (6), p. 627-640. Elsevier Science Ltd. 1994.
- WRIGHT J., BAINES, J. *Supply curves of conserved energy: the potential for conservation in New Zealand's houses*. Centre for Resource Management, University of Canterbury and Lincoln College. Wellington, NZ. September 1986.
- WRIGHT, D.J. Goods and services: an input-output analysis. *Energy Policy*, Vol. 2, December, pp. 307-315. 1974.
- YOHANIS, Y.G.; NORTON, B. Life-cycle operational and embodied energy for a generic single-storey office building in the UK. *Energy* 27, p. 77–92. Elsevier Science Ltd., 2002
- ZHANG, Q. Residential energy consumption in China and its comparison with Japan, Canada, and USA. *Energy and Buildings* 36, p. 1217–1225. Elsevier Science Ltd., 2004
- ZIMMERMANN, M.; ALTHAUS, H.J.; HAAS, A. Benchmarks for sustainable construction – A contribution to develop a standard. *Energy and Buildings* 37, p. 1147–1157. Elsevier Science Ltd., 2005
- ZOBEL, T. et al. Identification and assessment of environmental aspects in an EMS context: an approach to a new reproducible method based on LCA methodology, *Journal of Cleaner Production* 10, p. 381-396. Elsevier Science Ltd., 2002.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ABC, Associação Brasileira de Cerâmica. *Anuário Brasileiro de Cerâmica 2002*. São Paulo. 2002.
- ADALBERTH, K. et al. Life Cycle Assessment of four Multi-Family Buildings. *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings, Vol. 2*. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. 2001.
- BELTRAN, J.V.L.; MARTINEZ, G.C.M. Medidas para redução do consumo energético nos processos de produção de pavimentos e revestimentos cerâmicos. *Cerâmica e informação*, Jan./Abr., 1999. Faenza Editrice do Brasil. Florianópolis.
- BENDER, W., HÄNDLE, F. *Handbuch für die Ziegel Industrie - Verfahren und Betriebspraxis in der Grosskeramik*. Bauerverlag, Wiesbaden, Deutschland. 1982. ISBN 3-7625-1485-2.
- CARVALHO FILHO, A.C. Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. Tese de doutorado. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. 2001.
- CEFET, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro. *Uma Abordagem Interdisciplinar na Área de Inovação Tecnológica: Estudo da Indústria da Cerâmica Vermelha*. Relatório de atividades do projeto CAPES - DAAD. 2000
- CONSTRUÇÃO E MERCADO. Editora PINI. Mensal. São Paulo, 2003. ISSN 1519-8898.
- ELEY. *Visual DOE , Versão 2.6.1*. Elley Associates. San Francisco, Califórnia, USA. 1996. CD-ROM.
- GRIGOLETTI, G. C. *Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Bristol. PPGEC/UFRGS. Porto Alegre. 2001. 168p.
- HAUCK, D. et al. Influence of the raw material composition on the strength and thermal conductivity of vertically perforated clay bricks and blocks. *Ziegel Industrie – Jahrbuch 1998*, p 54-79. Bauerverlag GmbH, Wiesbaden, Alemanha.
- IFIAS, International Federation of Institutes for Advanced Study. *Energy Analysis Workshop on Methodology and Convention*. Workshop Report Nº 6. Stockholm, Sweden. 1974.
- IFIAS, International Federation of Institutes for Advanced Study. *Energy analysis and economics, Report no. 9*. International Federation of Institutes for Advanced Study. Stockholm, Sweden. 1975.
- LOSANO, A.S.N. *Ciclo produtivo: extrusão, extrusora*. in Anuário Brasileiro de Cerâmica Vermelha, Criciúma – SC, 1ª Ed, p. 21-22. Pólo Produções. 2000.
- MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARTINS, A. R. S. (Coords.). *Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos*. ELETROBRÁS/PROCEL, Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Editora da EFEI, Itajubá, MG. 2001. ISBN 85-902115-1-7.
- MAS, E. *Redução de perdas e custos na cerâmica estrutural* in Anuário brasileiro da cerâmica vermelha 2001, 1ª Ed, p. 18-19. Pólo Produções, Criciúma, SC. 2002.
- MASCARÓ, J. L.; CLARO, A.; SCHNEIDER, I. E. A Evolução dos Sistemas de Construção com o Desenvolvimento Econômico: uma Visão Retrospectiva. EDUSP. São Paulo. 1978.
- MASTELLA, D. V. Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida. Dissertação de

Mestrado em Engenharia Civil. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 2002. 107p.

NICOLETTI, G. M. Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles. *Journal of Cleaner Production* 10 , p. 283–296. Elsevier Science Ltd. 2002.

OLIVEIRA, H.A. *Ciclo produtivo: secagem, queima*. in Anuário Brasileiro de Cerâmica Vermelha, Criciúma – SC, 1ª Ed, p. 22-23. Pólo Produções. 2000.

RIMPEL, E.; GHAZZALI, S.M. Influence of the mineral constituents and equilibrium moisture on the thermal conductivity of bricks. *Ziegel Industrie – Jahrbuch 1998*, p 28-53. Bauerverlag GmbH, Wiesbaden, Alemanha, 1998.

SANTOS, P.S. *Ciência e tecnologia das argilas*, Vol. 1, 2ª Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1989.

SANTOS, R.S. *Ciclo produtivo: extração, beneficiamento*. in Anuário Brasileiro de Cerâmica Vermelha, Criciúma – SC, 1ª Ed., p. 19-21. Pólo Produções. 2000.

SEBRAE/RJ, Serviço Brasileiro de Apoio à Pequena e Média Empresa do Rio de Janeiro –. Setor de Cerâmica Vermelha - Projeto: "Conservação de Energia nas Pequenas e Médias Indústrias do Estado do Rio de Janeiro". Relatório Final. Conservação de Energia: Estudos Setoriais. Aspectos Econômicos e Tecnológicos. 1997.

SILVA, V.G. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. *Revista Qualidade na Construção* n. 25, p. 14-22, agosto 2000.

SILVA, V.G.; SILVA, M.G.; AGOPYAN, V. *Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para desenvolvimento*. In: II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis. Anais. ANTAC/UFRGS, p.367-373, Canela-RS, 24-27 de abril de 2001.

SPTIZNER, M.H.; JUNGE, K. Reduction of the thermal conductivity of the clay bricks. *Ziegel Industrie – Jahrbuch 1998*, p 15-27. Bauerverlag GmbH, Wiesbaden, Alemanha.

TAVARES, S. F; GRIMME, F.W. *Análise de Processos Produtivos em Cerâmica Vermelha – Estudo de Caso Comparativo entre Brasil e Alemanha*. In IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC 2002. Foz do Iguaçu, Paraná. Maio de 2002. CD-ROM.

TOLMASQUIM, M.T (Coord.) *Fontes renováveis de Energia no Brasil*. CENERGIA. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2003. ISBN 85-7193-095-3.

WIENERBERGER *Wienerberger Werk Dülmen-Büldern - Aufbereitung & Ofen*. Wienerberger Ziegelindustrie GmbH & Co. Büldern. Deutschland. 1994.

WIENERBERGER. *Produktinformation - Catálogo da Wienerberger Ziegelindustrie GmbH & Co*. Disponível em <http://www.poroton.de/index_2.html> acessado em outubro de 2001

ZIEGEL. *Bundesverband der Deutchsen Ziegelindustrie e.V.* Disponível em <<http://www.ziegel.de>>. Acessado em julho de 2002

APÊNDICES

APÊNDICE A - Composição básica de materiais utilizados no modelo 1

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE
ÁREA ÚTIL	m ²	63,00
SERVICOS PRELIMINARES		
Limpeza do terreno	m ²	98,80
Locação da obra	m ²	63,00
ESTRUTURA		
Infra-estrutura		
Escavação manual de valas em terra até 1.00m	m ³	5,60
Reaterro apiloado de valas	m ³	1,86
Tábuas de pinho p/ fundações utilização 5 vezes	m ²	20,30
Armadura CA-50 media diam. 5,00 a 9,52 mm	kg	305,00
Concreto estrutural c/ betoneira, controle tipo b.fck 15.0 mpa	m ³	3,98
Impermeabilização de baldrame c/igol - 3d.	m ²	7,02
Super-estrutura		
Forma de tábuas de pinho utilização 2 vezes	m ²	26,00
Armadura CA-50 media diam. 6.25 a 9.52mm (1/4" a 3/8")	kg	130,00
Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15.0mpa	m ³	1,50
ALVENARIA		
Paredes e painéis		
Blocos cerâmicos 8 furos 9x19x19cm; argam mista c/ cal; esp 9 cm	m ²	168,00
Verga reta de concreto armado	m ³	0,84
Revestimento de paredes		
Chapisco c/argamassa de cimento e areia s/ peneirar 1:3	m ²	281,00
Emboço c/arg.mista cimento cal hydr. areia s/ peneirar 1:2:9	m ²	322,00
Azulejos junta amarr. c/arg. mista cim.cal hydr. areia 1:2:8	m ²	40,00
ESQUADRIAS		
Portas		
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0.70x2.10m	Un	5,00
Porta externa de cedro lisa completa uma folha 0.80x2.10m	Un	2,00
Esquadrias metálicas		
Janelas - Caixilho de ferro de correr	m ²	8,98
Vidros		
Vidro comum liso 3,0mm c/ massa	m ²	8,56
Vidro fantasia 3,0mm	m ²	0,42
COBERTURA		
Telhado		
Estruturas de madeira para telha de fibrocimento ondulada.	m ²	87,22
Telha de fibrocimento vogatex inclinação 27%	m ²	87,22
Cumeeira articulada de fibrocimento p/telha vogatex	m	12,00
Forro		
Laje pré-fabricada p/forros espessura 10cm	m ²	63,00
Chapisco com argamassa de cimento e areia.1:3	m ²	54,48
Emboço c/arg. mista cim. cal hydr. areia s/pen.1:2:9	m ²	54,48
PISOS		
Pisos internos		
Lastro impermeabilizado em concreto esp. 6cm	m ²	66,50
Regularização de base p/revestimentos cerâmicos	m ²	13,41
Cerâmica comum c/argamassa mista de cal hidratada	m ²	13,41
Tacos de madeira c/cola a base de PVA	m ²	41,07
Rodapé de peroba 7x15cm	m	49,70
Soleira pré-moldada de granilite 15 cm	m	5,80
Pisos externos		
Calçada em concreto ripado 0,6 m - esp.=6 cm	m ²	20,00
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS		
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 100 mm	m	13,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 75 mm	m	17,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 50 mm	m	4,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 40 mm	m	9,00
Caixa sifonada c/ grelha - 100x100x50 mm	Un	1,00

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 40 mm	Un	3,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 50 mm	Un	1,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 75mm	Un	1,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 100 mm	Un	1,00
Te sanitário - 100x50 mm	Un	1,00
Junção simples p/ esgoto Ø 75x75mm	Un	1,00
Bucha de redução longa 50x40 mm	Un	1,00
Sifão de borracha - 50 mm	Un	1,00
Caixa de inspeção de alvenaria 30x30x40cm	Un	4,00
Caixa de gordura de alvenaria 30x30x40cm	Un	1,00
Fossa pré-moldada - 1250 litros	Un	1,00
Sumidouro pré-moldado - 1200 litros	Un	1,00
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS		
Caixa d'água		
Reservatório d'água de fibra de vidro - capacidade: 1000 l	Un	1,00
Torneira bóia PVC - ¾"	Un	1,00
Adapt. p/cx.água - 25x¾"	Un	2,00
Adapt. p/cx.água - 32x1"	Un	2,00
Registro esfera vs PVC soldável - 32 mm	Un	1,00
Tubulações		
Registro esfera vs PVC soldável - 25 mm	Un	1,00
Tubo PVC soldável para água - 25 mm	m	30,00
Tubo PVC soldável p/ água - 32mm	m	4,50
Joelho 90° PVC soldável - 25mm	Un	12,00
Joelho 90° PVC soldável - 32mm	Un	3,00
Te 90° PVC soldável - 25 mm	Un	6,00
Te 90° PVC soldável - 32 mm	Un	1,00
Adapt. Sold. Curto p/ registro - 25x¾"	Un	1,00
Joelho red.90° pvc c/bucha latão 25x½"	Un	4,00
Luva pvc sold. c/bucha de latão 25x¾"	Un	2,00
Rasgos/enchimento em alven. - 15 à 25mm	m	12,50
Tubo Aquatherm ø22mm	m	2,60
Joelho Aquatherm 90° - ø22mm	Un	2,00
Luva transição Aquatherm - ø22mmx¾"	Un	3,00
Te 90° Aquatherm - ø22mm	Un	1,00
Terminal redução Aquatherm -ø22mmx½"	Un	1,00
Niple de latão aquatherm -ø¾"	Un	1,00
Cap aquatherm - ø22mm	Un	1,00
Aparelhos e metais		
Lavatório de louça branca s/coluna c/torneira e acessórios	Un	1,00
Bacia sifonada de louça branca c/acessórios	Un	1,00
Saboneteira de louça branca.7.5x15cm	Un	1,00
Porta toalha de louça branca	Un	1,00
Cabide de louça branca c/dois ganchos	Un	1,00
Porta-papel de louça branca.15x15cm	Un	1,00
Registro de pressão cromado - ¾"	Un	2,00
Ducha com articulação - padrão popular	Un	1,00
Bancada de mármore espessura 3cm.larg. 0.60m	m	1,20
Tanque de mármore sintético	Un	1,00
Kit acessórios de metal cromado p/ banheiro	Un	1,00
Torneira pvc longa de ¾"	Un	2,00
Torneira pvc curta ½"	Un	1,00
Pia para cozinha	Un	1,00
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
Kit entrada c/ poste 7m - padrão CELESC	cj	1,00
Quadro de distribuição até 6 disjuntores	Un	1,00
Disjuntor monofásico de 25 A	Un	1,00
Disjuntor monofásico de 20 A	Un	2,00
Disjuntor monofásico de 15 A	Un	2,00
Fio de cobre isolado 750V de 1,5 mm²	m	155,00

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE
Fio de cobre isolado 750V de 2,5 mm ²	m	40,00
Fio de cobre isolado 750V de 4 mm ²	m	19,00
Roldana plástica média c/ prego	Un	75,00
Conj. 1inter.simp. + 1tom. 2p univ. emb.	Un	1,00
Interruptor simples de embutir	Un	4,00
Conj. 2 interruptores simples de emb.	Un	2,00
Caixa em PVC 2"x4"	Un	24,00
Ponto de luz incandescente	Un	7,00
Tomada simples de embutir	Un	12,00
Tomada tripolar universal de embutir - 20A	Un	5,00
Espelho c/furo p/saída de fio de embutir	Un	1,00
Espelho cego de embutir	Un	2,00
Eletroduto de PVC flexível de ½"	m	36,00
Eletroduto de PVC flexível de ¾"	m	18,00
PINTURA		
Pintura de forros e paredes internas		
Caição interna três demãos	m ²	200,00
Tinta a óleo em paredes internas duas demãos s/massa	m ²	136,00
Pintura em paredes externas		
Caição externa três demãos	m ²	230,00
Látex duas demãos em paredes externas.s/massa	m ²	153,80
Pintura em esquadrias de madeira		
Esmalte duas demãos em esquadrias de madeira	m ²	57,20
Pintura em esquadrias de ferro		
Esmalte duas demãos em esquadrias de ferro	m ²	8,90
SERVICOS COMPLEMENTARES		
Limpeza geral	m ²	63,00

APÊNDICE B - Composição básica de materiais utilizados no modelo 2

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE
ÁREA ÚTIL TOTAL	m ²	1250,00
ÁREA ÚTIL DE CADA UNIDADE	m ²	70,00
SERVICOS PRELIMINARES		
Limpeza do terreno	m ²	400,00
Locação da obra	m ²	310,00
Tapume de tábuas de pinho c/abertura e portão	m ²	22,00
Abrigo provisório c/2 pavimentos p/alojamento e depósito	m ²	15,00
INFRA-ESTRUTURA		
Escavação manual de valas em terra até 2,00m	m ³	50,00
Reaterro apiloado de valas	m ³	45,00
Tábuas de pinho p/ fundações utilização 5 vezes	m ²	100,00
Armadura CA-50 media diam . 6,35 a 9,52mm (1/4 a 3/8')	kg	1400,00
Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15,0 MPa	m ³	20,00
Lançamento e aplicação de concreto em fundação	m ³	20,00
SUPERESTRUTURA		
Forma c/chapa compensada resinada 12mm, utilização 3 vezes	m ²	650,00
Armadura CA-50 média diam 6,25 a 9,52mm (1/4 a 3/8')	kg	4520,00
Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15,0 mpa	m ³	54,00
Lançamento e aplicação de concreto em estrutura	m ³	54,00
Laje pré-fabricada p/forros espessura 10cm	m ²	310,00
Laje pré-fabricada p/pisos espessura 12cm	m ²	930,00
PAREDES E PAINÉIS		
Blocos de concreto 9x19x39cm arg,mista c/cal hidr. esp,9cm	m ²	1632,00
Blocos de concreto 19x19x39cm arg,mista c/cal hidr. esp,19cm	m ²	1000,00
ESQUADRIAS DE MADEIRA		
Portas		
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,60 x 2,10m	Un.	16,00
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,70 x 2,10m	Un.	48,00
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,80 x 2,10m	Un.	16,00
ESQUADRIAS METÁLICAS		
Guarda-corpos		
Grades de ferro de proteção	m ²	24,00
Janelas		
Caixilho de alumínio de correr	m ²	160,00
VIDROS		
Vidro fantasia 3,0mm	m ²	16,00
Vidro comum em caixilhos c/ massa	m ²	160,00
Porta de vidro temperado 10mm 2 folhas 1800x2100mm	Cj.	1,00
COBERTURA		
Estruturas de madeira para telha de fibrocimento ondulada vão 10m	m ²	350,00
Telha de fibrocimento ondulada 6mm inclinação 27%	m ²	350,00
Rufo de fibrocimento p/ telha ondulada	m	31,00
IMPERMEABILIZAÇÃO E ISOLAMENTO TÉRMICO		
Impermeabilização de pisos		
Tinta asfáltica para rebaixo banheiro/cozinha	m ²	224,00
Impermeabilização de coberturas		
Manta butílica para coberturas	m ²	310,00
Impermeabilização de reservatórios e piscinas		
Argamassa rígida e asfalto modificado p/reserv,elevados	m ²	100,00
FORRO		
Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:3	m ²	1240,00
Emboço c/arg. mista cim. cal hidr.,areia s/pen 1:2:9	m ²	1240,00
Reboco c/argamassa de cal hidratada 1:4,5	m ²	1240,00
REVESTIMENTOS DE PAREDES		
Chapisco c/argamassa de cimento e areia s/peneirar 1:3	m ²	4264,00
Emboço c/arg mista cimento cal hidr. areia s/peneirar 1:2:9	m ²	4264,00
Reboco c/argamassa pré-fabricada	m ²	2364,00
Azulejos junta amarr. c/arg. mista cim. cal hidr. areia 1:2:8	m ²	900,00

Pastilhas de porcelana c/arg. mista cim cal hidr. areia, 1:3:9	m ²	1000,00
PISOS		
Pisos internos		
Lastro impermeabilizado espessura 8cm	m ²	310,00
Regularização de base p/revestimentos cerâmicos	m ²	224,00
Cerâmica esmaltada c/argam mista de cal hidratada	m ²	224,00
Regularização de base p/piso c/forração têxtil	m ²	896,00
Piso c/ forração têxtil	m ²	896,00
Regularização de base p/pisos c/granilite	m ²	120,00
Pisos c/granilite	m ²	120,00
Rodapé pré-moldado de granilite 10cm	m	64,00
Rodapé com forração têxtil	m	480,00
Pisos externos		
Calçada em concreto ripado 1,0 m - esp.=6 cm	m ²	82,00
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS		
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 100 mm	m	210,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 75 mm	m	270,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 50 mm	m	60,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 40 mm	m	160,00
Caixa sifonada c/ grelha - 100x100x50 mm	Un	16,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 40 mm	Un	48,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 50 mm	Un	16,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 75mm	Un	16,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 100 mm	Un	16,00
Te sanitário - 100x50 mm	Un	16,00
Junção simples p/ esgoto Ø 75x75mm	Un	16,00
Bucha de redução longa 50x40 mm	Un	16,00
Sifão de borracha - 50 mm	Un	16,00
Caixa de inspeção de alvenaria 30x60x60cm	Un	4,00
Caixa de gordura de alvenaria 30x60x60cm	Un	4,00
Fossa pré-moldada - 10000 litros	Un	1,00
Sumidouro pré-moldado - 10000 litros	Un	1,00
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS		
Caixa d'água		
Reservatório enterrado em concreto fck 15,0 mpa, cap. 10.000 l	Un	1,00
Reservatório d'água de fibra de vidro - capacidade: 1000 l	Un	10,00
Tomeira bóia pvc - ¾"	Un	10,00
Adapt. p/cx.água - 25x¾"	Un	20,00
Adapt. p/cx.água - 32x1"	Un	20,00
Registro esfera para PVC soldável - 32 mm	Un	10,00
Tubulações		
Registro esfera para PVC soldável - 25 mm	Un	16,00
Registro de retenção para PVC soldável - 25 mm	Un	4,00
Tubo PVC soldável para água - 25 mm	m	480,00
Tubo PVC soldável p/ água - 32mm	m	72,00
Joelho 90° PVC soldável - 25mm	Un	210,00
Joelho 90° PVC soldável - 32mm	Un	48,00
Te 90° PVC soldável - 25 mm	Un	96,00
Te 90° PVC soldável - 32 mm	Un	16,00
Adapt. Sold. Curto p/ registro - 25x¾"	Un	16,00
Joelho red.90° PVC c/bucha latão 25x½"	Un	64,00
Luva PVC soldável c/bucha de latão 25x¾"	Un	32,00
Rasgos para enchimento em alvenaria - 15 à 25mm	m	200,00
Tubo Aquatherm ø22mm	m	42,00
Joelho Aquatherm 90° - ø22mm	Un	32,00
Luva transição Aquatherm - ø22mmx¾"	Un	48,00
Te 90° Aquatherm - ø22mm	Un	16,00
Terminal redução Aquatherm -ø22mmx½"	Un	16,00
Niple de latão Aquatherm -ø¾"	Un	16,00
Cap Aquatherm - ø22mm	Un	16,00
Aparelhos e metais		

Lavatório de louça branca s/coluna c/torneira e acessórios	Un	16,00
Bacia sifonada de louça branca c/acessórios	Un	16,00
Saboneteira de louça branca.7.5x15cm	Un	16,00
Porta toalha de louça branca	Un	16,00
Cabide de louça branca c/dois ganchos	Un	16,00
Porta-papel de louça branca.15x15cm	Un	16,00
Registro de pressão cromado - ¾"	Un	16,00
Ducha com articulação - padrão popular	Un	16,00
Bancada de mármore para pia, espessura 3cm.larg. 0.60m	m	24,00
Tanque de mármore sintético	Un	16,00
Kit acessórios de metal cromado p/ banheiro	Un	16,00
Torneira PVC longa de ¾"	Un	16,00
Torneira PVC curta ½"	Un	16,00
Cuba de aço inoxidável	Un	16,00
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
Kit entrada c/ poste 7m - padrão CELESC	cj	1,00
Quadro de entrada de energia com contador - padrão CELESC	cj	17,00
Quadro de distribuição até 6 disjuntores	Un	18,00
Disjuntor monofásico de 25 A	Un	18,00
Disjuntor monofásico de 20 A	Un	32,00
Disjuntor monofásico de 15 A	Un	32,00
Fio de cobre isolado 750V de 1,5 mm ²	m	2480,00
Fio de cobre isolado 750V de 2,5 mm ²	m	640,00
Fio de cobre isolado 750V de 4 mm ²	m	304,00
Roldana plástica média c/ prego	Un	1200,00
Conj. 1inter.simp. + 1tom. 2p univ. emb.	Un	17,00
Interruptor simples de embutir	Un	64,00
Conj. 2 interruptores simples de emb.	Un	32,00
Caixa em PVC 2"x4"	Un	390,00
Ponto de luz incandescente	Un	134,00
Tomada simples de embutir	Un	216,00
Tomada tripolar universal de embutir - 20A	Un	64,00
Espelho c/furo p/saída de fio de embutir	Un	17,00
Espelho cego de embutir	Un	32,00
Eletroduto de PVC flexível de ½"	m	612,00
Bomba hidráulica de recalque, vazão ... l/s, motor 1 HP	Un	2,00
PINTURA		
Látex duas demãos em paredes internas	m ²	4728,00
Emassamento de paredes internas, 1 demão c/massa de PVA	m ²	2364,00
Esmalte duas demãos,em esquadrias de madeira	m ²	470,00
Grafite duas demãos em esquadrias de ferro	m ²	48,00
SERVICOS COMPLEMENTARES		
Limpeza geral	m ²	1250,00

APÊNDICE C - Composição básica de materiais utilizados no modelo 3

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE
ÁREA ÚTIL TOTAL	m ²	4340,00
ÁREA ÚTIL DE CADA UNIDADE	m ²	100,00
SERVICOS PRELIMINARES		
Limpeza do terreno	m ²	630,00
Tapumes e alojamentos		
Tapume de chapa de madeira compensada	m ²	151,80
Abrigo provisório c/2 pavimentos p/alojamento e depósito	m ²	50,00
LOCAÇÃO DA OBRA		
Locação da obra	m ²	475,00
Bandeja salva-vidas c/ tábuas de pinho	m	135,00
ESTRUTURA		
Infra-estrutura		
Tábuas de pinho p/ fundações utilização 5 vezes	m ²	310,00
Armadura CA-50 media diam. 6.35 a 9.52mm (1/4 a 3/8')	kg	9760,00
Concreto estrutural pré-misturado fck 15.0 mpa	m ³	130,00
Superestrutura		
Forma c/chapa compensado plastificada utilização 5 vezes	m ²	3120,00
Armadura CA-50 média diam.6.25 a 9.52mm(1/4 a 3/8')	kg	38230,00
Armadura CA-60 média diam.6.40 a 9.50mm	kg	5120,00
Concreto estrutural pré-misturado fck 15.0mpa	m ³	390,00
PAREDES E PAINÉIS		
Tijolos maciços c/argamassa mista c/cal hidratada esp.5cm	m ²	220,00
Blocos cerâmicos 8 furos 10x20x20cm.arg.mista c/cal hidrat.esp.10cm	m ²	3200,00
Blocos cerâmicos 8 furos 10x20x20cm.arg.mista c/cal hidrat.esp.20cm	m ²	2900,00
ESQUADRIAS DE MADEIRA		
Portas		
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,60 x 2,10m	Un	96,00
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,70 x 2,10m	Un	128,00
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,80 x 2,10m	Un	64,00
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,90 x 2,10m	Un	64,00
ESQUADRIAS METÁLICAS		
Portas		
Porta corta-fogo uma folha 0,90 x 2,10m	Un	16,00
Guarda-corpos		
Grades de ferro de proteção	m ²	40,00
Janelas		
Caixilho de alumínio de correr	m ²	725,00
VIDROS		
Vidro fantasia 3,0mm	m ²	108,00
Vidro comum em caixilhos c/massa	m ²	617,00
Porta de vidro temperado 10mm 1 folha 900x2100mm	Un	2,00
Fixo de vidro temperado 10mm 2 folhas 1800x2100mm	Un	1,00
Porta 2 fls.c/bandeira e fixo 2 fls.de vidro temp. 3600x2900mm	Un	2,00
IMPERMEABILIZAÇÃO E ISOLAMENTO TÉRMICO		
Aditivo impermeabilizante p/alvenaria de embasamento	m ²	250,00
Tinta asfáltica para rebaixo banheiro/cozinha	m ²	1150,50
Manta butílica para coberturas	m ²	475,00
Aditivo impermeabilizante para jardineiras	m ²	21,20
Argamassa rígida e asfalto modificado p/reserv.elevados	m ²	30,00
Impermeabilização interna e externa p/reservatório enterrado	m ²	60,00
Placas de concreto celular esp.5cm	m ²	475,00
Proteção de superfícies sujeita a trânsito	m ²	475,00
FORRO		
Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:3	m ²	3200,40
Emboço c/arg.mista cimento, cal hidr. e areia s/ peneirar 1:2:9	m ²	3200,40
Reboco c/argamassa pré-fabricada	m ²	2050,10
Placas de gesso pré-moldadas macho-fêmea 60x60cm	m ²	1150,00
REVESTIMENTOS DE PAREDES		

Chapisco c/argamassa de cimento e areia s/peneirar 1:3	m ²	9256,00
Emboço c/arg. mista cimento cal hydr. areia s/peneirar 1:2:9	m ²	9256,00
Reboço parede interna c/gesso aplicado sobre emboco	m ²	6050,00
Emboço p/azulejos c/arg. cal hydr. areia s/pen.1:4.c/130kg cim	m ²	345,00
Azulejos junta amarr.c/arg. mista cim. cal hydr. areia 1:2:8	m ²	345,00
Cantoneira de alumínio p/azulejos	m	390,00
Pastilhas de porcelana c/arg. mista cim cal hydr. areia,1:3:9	m ²	2856,00
Laminado melamínico colado em paredes	m ²	768,50
PISOS		
Pisos internos		
Lastro impermeabilizado espessura 5cm	m ²	3200,00
Regularização de base p/revestimentos cerâmicos	m ²	1150,50
Cerâmica esmaltada c/argam.mista de cal hidratada	m ²	1150,50
Regularização de base p/pisos c/granilite	m ²	675,70
Pisos c/granilite	m ²	27,70
Degrau de granilite moldado no local	m	72,00
Pisos externos		
Calçada em concreto ripado 1,0 m - esp.=6 cm	m ²	80,00
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS		
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 100 mm	m	420,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 75 mm	m	540,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 50 mm	m	120,00
Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 40 mm	m	320,00
Caixa sifonada c/ grelha - 100x100x50 mm	Un	96,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 40 mm	Un	288,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 50 mm	Un	96,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 75mm	Un	96,00
Joelho 90° PVC p/ esgoto - 100 mm	Un	96,00
Te sanitário - 100x50 mm	Un	96,00
Junção simples p/ esgoto Ø 75x75mm	Un	96,00
Bucha de redução longa 50x40 mm	Un	96,00
Sifão de borracha - 50 mm	Un	96,00
Caixa de inspeção de alvenaria 30x60x60cm	Un	4,00
Caixa de gordura de alvenaria 30x60x60cm	Un	4,00
Fossa pré-moldada - 10000 litros	Un	1,00
Sumidouro pré-moldado - 10000 litros	Un	1,00
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS		
Caixa d'água		
Reservatório enterrado em concreto fck 15.0 mpa, cap. 20.000 l	Un	1,00
Reservatório d'água de fibra de vidro - capacidade: 5000 l	Un	2,00
Torneira bóia PVC - ¾"	Un	2,00
Adapt. p/cx.água - 25x¾"	Un	4,00
Adapt. p/cx.água - 32x1"	Un	4,00
Registro esfera para PVC soldável - 32 mm	Un	2,00
Tubulações		
Registro esfera para PVC soldável - 25 mm	Un	32,00
Registro de retenção para PVC soldável - 25 mm	Un	4,00
Tubo PVC soldável para água - 25mm	m	960,00
Tubo PVC soldável p/ água - 32mm	m	144,00
Joelho 90° PVC soldável - 25mm	Un	420,00
Joelho 90° PVC soldável - 32mm	Un	96,00
Te 90° PVC soldável - 25 mm	Un	192,00
Te 90° PVC soldável - 32 mm	Un	32,00
Adapt. Sold. Curto p/ registro - 25x¾"	Un	32,00
Joelho red.90° PVC c/bucha latão 25x½"	Un	128,00
Luva PVC soldável c/bucha de latão 25x¾"	Un	64,00
Rasgos para enchimento em alvenaria - 15 à 25mm	m	400,00
Tubo Aquatherm 22mm	m	84,00
Joelho Aquatherm 90° - 22mm	Un	64,00
Luva transição Aquatherm - 22mmx¾"	Un	96,00
Te 90° Aquatherm - 22mm	Un	32,00

Terminal redução Aquatherm -22mmx½"	Un	32,00
Niple de latão Aquatherm - ¾"	Un	32,00
Cap Aquatherm - 22mm	Un	32,00
Aparelhos e metais		
Lavatório de louça branca s/coluna c/ torneira e acessórios	Un	96,00
Bacia sifonada de louça branca c/ acessórios	Un	96,00
Saboneteira de louça branca.7.5x15cm	Un	96,00
Porta toalha de louça branca	Un	96,00
Cabide de louça branca c/dois ganchos	Un	96,00
Porta-papel de louça branca 15x15cm	Un	96,00
Registro de pressão cromado - ¾"	Un	96,00
Ducha com articulação - padrão popular	Un	96,00
Kit acessórios de metal cromado p/ banheiro	Un	96,00
Torneira PVC longa de ¾"	Un	96,00
Torneira PVC curta ½"	Un	96,00
Tanque de louça c/ coluna	UN	32,00
Armário de embutir 45x60cm c/ espelho	UN	64,00
Pia de aço inoxidável, cuba dupla 2.00x0.58m	UN	32,00
Aparelho misturador p/pia tipo parede	UN	64,00
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
Kit entrada c/ poste 7m - padrão CELESC	cj	1,00
Quadro de entrada de energia com contador - padrão CELESC	cj	33,00
Quadro de distribuição até 6 disjuntores	Un	32,00
Disjuntor monofásico de 25 A	Un	33,00
Disjuntor monofásico de 20 A	Un	64,00
Disjuntor monofásico de 15 A	Un	96,00
Fio de cobre isolado 750V de 1,5 mm ²	m	6000,00
Fio de cobre isolado 750V de 2,5 mm ²	m	1680,00
Fio de cobre isolado 750V de 4 mm ²	m	700,00
Roldana plástica média c/ prego	Un	2400,00
Conj. 1 interruptor simples + 1tomada 2p univ. emb.	Un	33,00
Interruptor simples de embutir	Un	128,00
Conj. 2 interruptores simples de emb.	Un	64,00
Caixa em PVC 2"x4"	Un	600,00
Ponto de luz incandescente	Un	450,00
Tomada simples de embutir	Un	640,00
Tomada tripolar universal de embutir - 20A	Un	192,00
Espelho c/furo p/saída de fio de embutir	Un	32,00
Espelho cego de embutir	Un	32,00
Eletroduto de PVC flexível de ½"	m	1800,00
Bomba hidráulica de recalque, vazão ... l/s, motor 1 HP	Un	2,00
PINTURA		
Tinta epóxi em paredes internas	m ²	6050,50
Emassamento de paredes internas 1 demão c/massa de PVA	m ²	6050,50
Verniz duas demãos em esquadrias de madeira	m ²	2068,50
Esmalte duas demãos em esquadrias de ferro	m ²	80,00
LIMPEZA FINAL		
Limpeza geral	m ²	4340,00

APÊNDICE D - Composição básica de materiais utilizados no modelo 4

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE
ÁREA ÚTIL	m ²	145,00
SERVICOS PRELIMINARES		
Limpeza do terreno	m ²	252,00
Tapume de tábuas de pinho c/abertura e portão	m ²	18,00
Abrigo provisório c/2 pavimentos p/alojamento e depósito	m ²	10,00
Locação da obra	m ²	145,00
ESTRUTURA		
Infra-estrutura		
Escavação manual de valas em terra até 2.00m	m ³	5,60
Reaterro apiloado de valas	m ³	1,80
Tábuas de pinho p/ fundações utilização 5 vezes	m ²	24,00
Armadura CA-50 media diam. 5,00 a 9,52 mm	kg	360,00
Concreto estrutural c/ betoneira, controle tipo b.fck 15.0 mpa	m ³	4,00
Impermeabilização de baldrame c/ígol - 3d.	m ²	9,00
Super-estrutura		
Forma de tábuas de pinho utilização 2 vezes	m ²	96,00
Armadura CA-50 media diam. 6.25 a 9.52mm (1/4" a 3/8")	kg	500,00
Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15.0mpa	m ³	5,50
ALVENARIA		
Paredes e painéis		
Blocos cerâmicos 8 furos 9x19x19cm; argam mista c/ cal; esp 9 cm	m ²	140,00
Blocos cerâmicos 8 furos 9x19x19cm; argam mista c/ cal; esp 19 cm	m ²	147,00
Verga reta de concreto armado	m ³	1,45
Aditivo impermeabilizante p/alvenaria de embasamento	m ²	28,00
Revestimento de paredes		
Chapisco c/argamassa de cimento e areia s/ peneirar 1:3	m ²	450,00
Emboço c/arg.mista cimento cal hydr. areia s/ peneirar 1:2:9	m ²	450,00
Reboco c/ argamassa pré-fabricada		450,00
Azulejos junta amarr. c/arg. mista cim.cal hydr. areia 1:2:8	m ²	60,00
ESQUADRIAS		
Portas		
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0.60x 2.10m	Un	3,00
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0.70x 2.10m	Un	4,00
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0.90x 2.10m	Un	3,00
Porta externa de cedro lisa completa duas folhas 2,00 x 2.10m	Un	1,00
Porta externa de cedro lisa completa duas folhas 1,50 x 2.10m	Un	
Esquadrias de madeira		
Janela 2 folhas pivotantes verticais completa.c/veneziana.1.50 x1.30m	Un	4,00
Janela 2 folhas pivotantes verticais completa.c/veneziana 2,00 x1.30m	Un	2,00
Esquadrias metálicas		
Janelas - Caixilho de ferro de correr	m ²	8,00
Vidros		
Vidro comum liso 3,0mm c/ massa	m ²	17,00
Vidro fantasia 3,0mm	m ²	1,00
COBERTURA		
Telhado		
Estruturas de madeira para telha ceramica	m ²	174,00
Telha ceramica francesa	m ²	174,00
Cumeeira para telha ceramica francesa	m	10,00
Forro		
Laje pré-fabricada p/forros espessura 10 cm	m ²	145,00
Chapisco com argamassa de cimento e areia.1:3	m ²	145,00
Emboço c/arg. mista cim. cal hydr. areia s/pen.1:2:9	m ²	145,00
Reboco c/ argamassa pré-fabricada	m ²	145,00
PISOS		
Pisos internos		
Lastro impermeabilizado em concreto. Espessura 6cm	m ²	145,00
Regularização de base p/revestimentos cerâmicos	m ²	27,00

Cerâmica esmaltada c/argamassa mista de cal hidratada	m ²	145,00
Tinta asfáltica para rebaixo banheiro e cozinha	m ²	27,00
Soleira em placa de mármore 15 cm	m	12,00
Pisos externos		
Calçada em concreto ripado 0,6 m - esp.=6 cm	m ²	30,00
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS		
Tubo de pvc sold. p/ esgoto - 100 mm	m	32,00
Tubo de pvc sold. p/ esgoto - 75 mm	m	42,00
Tubo de pvc sold. p/ esgoto - 50 mm	m	10,00
Tubo de pvc sold. p/ esgoto - 40 mm	m	22,00
Caixa sifonada c/ grelha - 100x100x50 mm	Un	3,00
Joelho 90° pvc p/ esgoto - 40 mm	Un	3,00
Joelho 90° pvc p/ esgoto - 50 mm	Un	2,00
Joelho 90° pvc p/ esgoto - 75mm	Un	2,00
Joelho 90° pvc p/ esgoto - 100 mm	Un	2,00
Te sanitário - 100x50 mm	Un	2,00
Junção simples p/ esgoto Ø 75x75mm	Un	2,00
Bucha de redução longa 50x40 mm	Un	2,00
Sifão de borracha - 50 mm	Un	3,00
Caixa de inspeção de alvenaria 30x30x40cm	Un	4,00
Caixa de gordura de alvenaria 30x30x40cm	Un	1,00
Fossa pré-moldada - 1250 litros	Un	1,00
Sumidouro pré-moldado - 1200 litros	Un	1,00
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS		
Caixa d'água		
Reservatório d' água de fibra de vidro - capacidade: 1000 l	Un	1,00
Torneira bóia pvc - ¾"	Un	1,00
Adapt. p/cx.água - 25x¾"	Un	2,00
Adapt. p/cx.água - 32x1"	Un	2,00
Registro esfera vs pvc soldável - 32 mm	Un	1,00
Tubulações		
Registro esfera vs pvc soldável - 25 mm	Un	1,00
Tubo pvc soldável para água - 25 mm	m	30,00
Tubo pvc soldável p/ água - 32mm	m	4,50
Joelho 90° pvc soldável - 25mm	Un	12,00
Joelho 90° pvc soldável - 32mm	Un	3,00
Te 90° pvc soldável - 25 mm	Un	6,00
Te 90° pvc soldável - 32 mm	Un	1,00
Adapt. Sold. Curto p/ registro - 25x¾"	Un	1,00
Joelho red.90° pvc c/bucha latão 25x½"	Un	4,00
Luva pvc sold. C/bucha de latão 25x¾"	Un	2,00
Rasgos/enchimento em alven. - 15 à 25mm	m	12,50
Tubo Aquatherm ø22mm	m	2,60
Joelho Aquatherm 90° - ø22mm	Un	2,00
Luva transição Aquatherm - ø22mmx¾"	Un	3,00
Te 90° Aquatherm - ø22mm	Un	1,00
Terminal redução Aquatherm -ø22mmx½"	Un	1,00
Niple de latão aquatherm -ø¾"	Un	1,00
Cap aquatherm - ø22mm	Un	1,00
Aparelhos e metais		
Kit acessórios de metal cromado p/ banheiro	Un	2,00
Lavatório de louça branca s/coluna c/torneira e acessórios	Un	1,00
Bacia sifonada de louça branca c/acessórios	Un	3,00
Saboneteira de louça branca.7.5x15cm	Un	3,00
Porta toalha de louça branca	Un	3,00
Cabide de louça branca c/dois ganchos	Un	3,00
Porta-papel de louça branca.15x15cm	Un	3,00
Torneira pvc longa de ¾"	Un	2,00
Torneira pvc curta ½"	Un	1,00
Tanque de louça c/ coluna	Un	1,00
Registro de pressão cromado - ¾"	Un	2,00

Ducha com articulação	Un	3,00
Bancada de mármore espessura 3cm.larg. 0.60m	m	1,20
Pia para cozinha	Un	1,00
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
Kit entrada c/ poste 7m - padrão CELESC	cj	1,00
Quadro de distribuição até 6 disjuntores	Un	2,00
Disjuntor monofásico de 25 A	Un	1,00
Disjuntor monofásico de 20 A	Un	4,00
Disjuntor monofásico de 15 A	Un	4,00
Fio de cobre isolado 750V de 1,5 mm ²	m	360,00
Fio de cobre isolado 750V de 2,5 mm ²	m	92,00
Fio de cobre isolado 750V de 4 mm ²	m	45,00
Roldana plástica média c/ prego	Un	150,00
Conj. 1inter.simp. + 1tom. 2p univ. emb.	Un	3,00
Interruptor simples de embutir	Un	10,00
Conj. 2 interruptores simples de emb.	Un	5,00
Caixa em PVC 2"x4"	Un	55,00
Ponto de luz incandescente	Un	15,00
Tomada simples de embutir	Un	30,00
Tomada tripolar universal de embutir - 20A	Un	10,00
Espelho c/furo p/saída de fio de embutir	Un	2,00
Espelho cego de embutir	Un	4,00
Eletroduto de PVC flexível de ½"	m	83,00
Eletroduto de PVC flexível de ¾"	m	41,00
PINTURA		
Pintura de forros e paredes internas		
Massa corrida a base de PVA, duas demãos	m ²	448,00
Tinta látex PVA, duas demãos	m ²	448,00
Pintura em paredes externas		
Líquido preparador de superfícies	m ²	118,00
Tinta látex PVA, três demãos	m ²	236,00
Pintura em esquadrias de madeira		
Esmalte duas demãos em esquadrias de madeira	m ²	70,00
Pintura em esquadrias de ferro		
Esmalte duas demãos em esquadrias de ferro	m ²	2,00
SERVICOS COMPLEMENTARES		
Muro c/blocos de concreto.altura 1.80m	m	53,00
Limpeza geral	m ²	145,00

APÊNDICE E - Composição básica de materiais utilizados no modelo 5

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE
ÁREA ÚTIL	m ²	252,00
SERVICOS PRELIMINARES		
Limpeza do terreno	m ²	500,00
Tapume de tabuas de pinho c/abertura e portão	m ²	18,00
Abrigo provisório c/2 pavimentos p/alojamento e depósito	m ²	10,00
Locação da obra	m ²	252,00
ESTRUTURA		
Infra-Estrutura		
Escavação manual de valas em terra ate 2.00m	m ³	9,60
Reaterro apiloado de valas	m ³	2,70
Tábuas de pinho p/fundações utilização 5 vezes	m ²	40,00
Armadura CA-50 média diam 6.35 a 9.52mm (1/4 a 3/8')	kg	621,00
Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b.fck 15.0mpa	m ³	6,90
Lançamento e aplicação de concreto em fundação	m ³	6,90
Superestrutura		
Forma de tábuas de pinho utilização 2 vezes	m ²	174,00
Armadura CA-50 media diam.6.25 a 9.52mm(1/4 a 3/8')	kg	1049,00
Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15.0 mpa	m ³	10,10
Lançamento e aplicação de concreto em estrutura	m ³	10,10
Laje pré-fabricada p/pisos espessura 12 cm	m ²	252,00
PAREDES E PAINEIS		
Blocos cerâmicos 8 furos 10x20x20cm arg.mista c/cal hidrat. esp.10cm	m ²	182,00
Blocos cerâmicos 8 furos 10x20x20cm arg.mista c/cal hidrat. esp.20cm	m ²	197,00
ESQUADRIAS DE MADEIRA		
Portas		
Porta interna de cedro lisa completa.uma folha.0.60x 2.10m	Un	4,00
Porta interna de cedro lisa completa.uma folha.0.70x 2.10m	Un	7,00
Porta interna de cedro lisa completa.uma folha.0.90x 2.10m	Un	2,00
Porta interna de cedro lisa completa.duas folhas.2.00x 2.10m	Un	1,00
Porta interna de cedro lisa completa.duas folhas.0.70x 2.10m	Un	1,00
Janelas		
Janela pivotante vertical completa, 4 folhas c/veneziana 1.50x1.30m	Un	1,00
Janela pivotante vertical completa, 4 folhas c/veneziana 2,00x1.30m	Un	3,00
ESQUADRIAS METÁLICAS		
Caixilho de ferro basculante	m ²	10,20
VIDROS		
Vidro comum em caixilhos.c/massa	m ²	30,50
COBERTURA		
Estruturas de madeira para telha cerâmica ou de concreto vão 3 a 7m	m ²	300,00
Telha cerâmica francesa	m ²	300,00
Cumeeira cerâmica francesa inclusive emboçamento	m	14,00
Aditivo impermeabilizante p/alvenaria de embasamento	m ²	46,00
Tinta asfáltica para rebaixo banheiro/cozinha	m ²	60,00
FORRO		
Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:3	m ²	252,00
Emboço c/ argamassa mista cim. cal hydr. areia s/peneirar 1:2:9	m ²	252,00
Reboco c/argamassa pré-fabricada	m ²	252,00
REVESTIMENTOS DE PAREDES		
Chapisco c/argamassa de cimento e areia s/peneirar 1:3	m ²	750,00
Emboço c/ argamassa mista de cimento, cal hydr. e areia s/peneirar 1:2:9	m ²	750,00
Reboco c/argamassa pré-fabricada	m ²	750,00
Azulejos, junta amarrada c/ argamassa mista de cimento, cal hydr. e areia 1:2:8	m ²	100,00
PISOS INTERNOS		
Lastro impermeabilizado espessura 6cm	m ²	252,00
Regularização de base p/revestimentos cerâmicos	m ²	52,00
Cerâmica esmaltada c/argam. mista de cal hidratada	m ²	52,00
Tábuas corridas de madeira c/argam. de cimento e areia c/impermeabilização	m ²	200,00
Rodapé de peroba 7x1.5cm	m	140,00

Pisos externos		
Calçada em concreto ripado 0,6 m - esp.=6 cm	m ²	30,00
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS		
Tubo de pvc sold. p/ esgoto - 100 mm	m	32,00
Tubo de pvc sold. p/ esgoto - 75 mm	m	42,00
Tubo de pvc sold. p/ esgoto - 50 mm	m	10,00
Tubo de pvc sold. p/ esgoto - 40 mm	m	22,00
Caixa sifonada c/ grelha - 100x100x50 mm	Un	3,00
Joelho 90° pvc p/ esgoto - 40 mm	Un	3,00
Joelho 90° pvc p/ esgoto - 50 mm	Un	2,00
Joelho 90° pvc p/ esgoto - 75mm	Un	2,00
Joelho 90° pvc p/ esgoto - 100 mm	Un	2,00
Te sanitário - 100x50 mm	Un	2,00
Junção simples p/ esgoto Ø 75x75mm	Un	2,00
Bucha de redução longa 50x40 mm	Un	2,00
Sifão de borracha - 50 mm	Un	3,00
Caixa de inspeção de alvenaria 30x30x40cm	Un	4,00
Caixa de gordura de alvenaria 30x30x40cm	Un	1,00
Fossa pré-moldada - 1250 litros	Un	1,00
Sumidouro pré-moldado - 1200 litros	Un	1,00
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS		
Caixa d'água		
Reservatório d'água de fibra de vidro - capacidade: 1000 l	Un	1,00
Torneira bóia pvc - ¾"	Un	1,00
Adapt. p/cx.água - 25x¾"	Un	2,00
Adapt. p/cx.água - 32x1"	Un	2,00
Registro esfera vs pvc soldável - 32 mm	Un	1,00
Tubulações		
Registro esfera vs pvc soldável - 25 mm	Un	1,00
Tubo pvc soldável para água - 25 mm	m	30,00
Tubo pvc soldável p/ água - 32mm	m	4,50
Joelho 90° pvc soldável - 25mm	Un	12,00
Joelho 90° pvc soldável - 32mm	Un	3,00
Te 90° pvc soldável - 25 mm	Un	6,00
Te 90° pvc soldável - 32 mm	Un	1,00
Adapt. Sold. Curto p/ registro - 25x¾"	Un	1,00
Joelho red.90° pvc c/bucha latão 25x½"	Un	4,00
Luva pvc sold. C/bucha de latão 25x¾"	Un	2,00
Rasgos/enchimento em alven. - 15 à 25mm	m	12,50
Tubo Aquatherm ø22mm	m	2,60
Joelho Aquatherm 90° - ø22mm	Un	2,00
Luva transição Aquatherm - ø22mmx¾"	Un	3,00
Te 90° Aquatherm - ø22mm	Un	1,00
Terminal redução Aquatherm -ø22mmx½"	Un	1,00
Niple de latão aquatherm -ø¾"	Un	1,00
Cap aquatherm - ø22mm	Un	1,00
Aparelhos e metais		
Kit acessórios de metal cromado p/ banheiro	Un	4,00
Lavatório de louça branca c/coluna misturador e acessórios	Un	3,00
Lavatório de louça branca s/coluna c/torneira e acessórios	Un	1,00
Bacia sifonada de louça branca c/acessórios	Un	4,00
Bidê de louça branca c/ metais e acessórios	Un	2,00
Saboneteira de louça branca 15x15cm s/ alça	Un	5,00
Cabide de louça branca c/dois ganchos	Un	4,00
Porta-papel de louça branca 15x15cm	Un	4,00
Armário de embutir 45x60cm c/espelho	Un	3,00
Pia de aço inoxidável cuba dupla 2.00x0.58m	Un	1,00
Aparelho misturador p/pia tipo parede	Un	1,00
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS		
Kit entrada c/ poste 7m - padrão CELESC	cj	1,00
Quadro de distribuição até 6 disjuntores	Un	1,00

Disjuntor monofásico de 25 A	Un	1,00
Disjuntor monofásico de 20 A	Un	7,00
Disjuntor monofásico de 15 A	Un	5,00
Fio de cobre isolado 750V de 1,5 mm ²	m	650,00
Fio de cobre isolado 750V de 2,5 mm ²	m	150,00
Fio de cobre isolado 750V de 4 mm ²	m	30,00
Roldana plástica média c/ prego	Un	300,00
Conj. 1 interruptor simples + 1tomada 2p univ. emb.	Un	5,00
Interruptor simples de embutir	Un	12,00
Conj. 2 interruptores simples de emb.	Un	5,00
Caixa em PVC 2"x4"	Un	32,00
Ponto de luz incandescente	Un	20,00
Tomada simples de embutir	Un	22,00
Tomada tripolar universal de embutir - 20A	Un	7,00
Espelho c/furo p/saída de fio de embutir	Un	4,00
Espelho cego de embutir	Un	6,00
Eletroduto de PVC flexível de ½"	m	130,00
Eletroduto de PVC flexível de ¾"	m	70,00
PINTURA		
Pintura de forros e paredes internas		
Massa corrida a base de PVA, duas demãos	m ²	448,00
Tinta látex PVA, duas demãos	m ²	448,00
Pintura em paredes externas		
Líquido preparador de superfícies	m ²	118,00
Tinta látex PVA, três demãos	m ²	236,00
Pintura em esquadrias de madeira		
Esmalte duas demãos em esquadrias de madeira	m ²	70,00
Pintura em esquadrias de ferro		
Esmalte duas demãos em esquadrias de ferro	m ²	2,00
SERVICOS COMPLEMENTARES		
Muro c/blocos de concreto, altura 1.80m	m	70,00
Limpeza geral	m ²	252,00

APÊNDICE F - Dados de consumo por número de habitantes, renda familiar e área construída.

Nº Habitantes / faixa de consumo																				
Faixa (kWh/mês)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	Médias por Faixa
0-30	4,48	3,77	3,92	3,34	3,58	3,03	3,75	3,24	4,09	3,01	4,04	2,67	3,83	2,77	3,57	3,58	3,94	2,78	3,97	3,55
31-50	4,71	3,35	3,92	3,13	3,95	3,36	3,26	3,24	4,08	3,01	4,41	2,67	3,83	2,77	3,57	3,43	3,92	2,78	3,85	3,54
51-100	4,47	3,35	3,97	3,34	4,07	3,69	3,61	2,83	4,18	3,2	3,98	2,3	3,78	2,9	2,69	3,4	3,59	2,61	4,1	3,48
101-150	4,14	4,03	4,55	3,84	4,19	4,06	3,21	3,35	4,04	3,79	4,53	3,26	3,92	3,24	3,11	3,83	3,8	3,02	4,28	3,80
151-300	4,65	4,58	5,25	4,33	4,51	4,77	3,87	4,11	4,23	4,18	4,83	3,89	4,18	3,95	4,06	3,91	4,06	3,32	5,09	4,30
>300	5,2	4,87	6,11	4,56	4,9	4,72	4,22	4,32	4,19	4,46	4,98	4,07	4,25	4,6	4,86	4,29	4,31	3,65	5,68	4,64
Média Conc.	4,52	4,19	4,39	3,83	4,08	3,77	3,69	3,74	4,12	3,75	4,36	3,53	4,04	3,78	3,98	3,82	3,9	3,15	4,34	3,95
Renda fam. (média S.M.) / faixa de consumo																				
Faixa (kWh/mês)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	Médias por Faixa
0-30	1,83	8,42	2,87	2,83	2,54	2,86	3,17	3,58	2,25	3,14	2,02	5,26	2,11	5,01	3,9	2,85	1,95	4,48	2,88	3,37
31-50	1,65	9,4	2,17	3,03	2,18	3,29	2,5	3,58	2,89	3,14	1,79	5,26	2,11	5,01	3,9	2,16	2,13	4,48	2,19	3,31
51-100	3,05	9,4	3,13	4,39	3,06	4,15	3,73	3,83	3,66	3,81	3	4,38	2,53	4,96	4,17	3,25	3,56	5,61	3,01	4,04
101-150	4,46	11,26	5,81	4,45	4,71	6,8	4,14	4,94	6,07	4,87	4,12	5,04	3,05	7,34	6,09	3,84	5,3	6,74	4,51	5,45
151-300	9,12	14,7	9,02	8,52	8,88	11,67	5,26	7,28	11,05	7,91	6,69	8,61	5,33	8,86	7,35	6,92	8,38	8,13	9,09	8,57
>300	18,95	22,85	24,37	11,63	18,43	25,13	10,56	14,59	22,33	16,55	12,59	15,57	18,07	15,28	13,11	13,17	18,12	13,89	17,01	16,96
Média Conc.	4,14	13,75	5,38	5,8	4,76	5,64	4,79	6,91	5,74	6,22	4,3	8,02	5,42	8,83	7,8	5,97	6,54	7,73	5	6,46
Área média de edif. / faixa de consumo																				
Faixa (kWh/mês)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	Médias por Faixa
0-30	55	60	55	70	55	55	35	45	55	40	60	62	40	55	40	52	55	40	50	51,53
31-50	70	65	65	75	65	65	45	45	65	40	70	62	40	55	40	62	60	40	60	57,32
51-100	75	70	70	75	70	70	50	55	70	45	75	65	45	60	45	75	70	45	63	62,79
101-150	80	72	75	75	75	90	50	50	75	60	75	70	50	65	50	80	75	50	65	67,47
151-300	100	85	80	100	80	120	55	65	80	80	78	75	65	75	60	90	90	55	72	79,21
>300	150	150	200	130	95	160	70	150	90	300	95	200	250	95	150	115	125	70	80	140,79
Média Conc.	70	80	65	90	70	75	45	65	70	65	75	70	50	70	60	80	75	55	65	68,16

Fonte: Do Autor baseado no SINPHA (1999)

APÊNDICE G - Energia Embutida em materiais de construção brasileiros

MATERIAIS	(2) EE (MJ/kg)	EE (MJ/m ³)	(3) Desperd. %	(4) Dens. (kg/m ³)
Aço - chapa galvanizada	33,80	265330,00		7850
Aço - chapa dobrada	30,00	235500,00		7850
Aço - laminado CA 50A ⁽¹⁾	30,00	235500,00	10	7850
Aço - reciclado	12,50			
Acrílico	80,00			
Água	0,02	20,00		1000
Alumínio lingote ⁽¹⁾	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	50	1515
Argamassa - mistura	2,10	3906,00	40	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	40	1650
Cal virgem	3,00	4500,00	50	1500
Carpete	50,00		15	
Cêra	52,00			
Cerâmica - azulejo	6,20	12400,00		2000
Cerâmica - bloco de 8 furos ⁽¹⁾	2,90	4060,00	15	1400
Cerâmica - branca	25,00	52075,00	5	2000
Cerâmica - piso esmaltado	5,00	10000,00		2000
Cerâmica - revest, biqueima	6,20	12400,00		2000
Cerâmica - revest, monoqueima ⁽¹⁾	5,10	10200,00	15	2000
Cerâmica porcelanato	13,00	27300,00	15	2100
Cerâmica - refratária	32,40			
Cerâmica - telha	5,40	10260,00		1900
Chapa de compensado	8,00	4400,00	15	550
Chumbo lingote	21,00	238140,00		11340
Cimento Portland ⁽¹⁾	4,20	8190,00	40	1950
Cobre	75,00	669975,00		8933
Concreto armado	3,10			
Concreto bloco	1,00	2000,00	15	2000
Concreto simples	1,20	2760,00	10	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	10	1920
Fio termoplástico	83,00	201690,00	25	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	15	600
Madeira - aparelhada seca ar livre	0,50	300,00	15	600
Madeira - laminada colada	7,50	4875,00	15	650
Madeira - MDF	9,00	9000,00	15	1000
Mármore	1,00	2680,00		2680
Marmorite	0,48			
Palha	0,24	31,20		130
Papel ⁽¹⁾	18,54	17242,20		930

Papel kraft	37,70			
Papel de parede	36,40			
Placa de gesso	4,50	4500,00	35	1000
Poliamida - nylon	125,00	143750,00		1150
Poliestireno expandido	112,00	6160,00		55
Polietileno de alta densidade	95,00	90250,00		950
Polipropileno	83,80	92180,00		1100
Poliuretano - espuma	74,00	2590,00		35
Porta - madeira aparelhada	3,50	2275,00		650
Prata	128,20	1346100,00		10500
Selante - formaldeído	80,00	120000,00		1500
Solo-cimento - bloco	0,60	1020,00		1700
Solvente - tolueno	67,90	74690,00		1100
Telha de vidro	23,13	55512,00		2400
Tinta acrílica	61,00	79300,00	15	1.3 kg/l
Tinta óleo	98,10	127530,00	15	1.3 kg/l
Tinta PVA latex	65,00	84500,00	15	1.3 kg/l
Torneiras e registros	95,00			
Tubo - PVC	80,00	104000,00	17	1300
Tubo de ferro galvanizado	33,80			
Vermiculita	1,37	167,14		122
Vidro plano	18,50	46250,00	5	2500
Vidro - blindex	26,20			
Vinil	47,00			
Zinco	51,00	364140,00		7140

⁽¹⁾ Pesquisa própria

⁽²⁾ Valores médios: BOUSTEAD & HANCOCK (1979); MIC-CETEC MG (1982); GUIMARÃES (1985); ALCORN (1996); LAWSON (1996); ANDERSEN, (1993); BLANCHARD, (1998); SCHEUER & REPPE (2003).

⁽³⁾ Pesquisa FINEP / PCC/ USP, AGOPYAN et al, 1998

⁽⁴⁾ Valores médios: INCROPERA, 1992; VAN VLACK, 1970.

APÊNDICE H – Descrição dos consumos energéticos nas ACVs em materiais de construção

Cerâmica vermelha

Material	Empr. C (mat/89,4kg)	Empr. D (mat/89,4kg)	Conversão	Empr C (MJ/kg)	Empr D (MJ/kg)
Oleo Diesel	0,070 kg	0,270 kg	35,52 MJ/kg	0,028	0,110
Serragem	31,110 kg	26,230 kg	10,46 MJ/kg	3,640	3,158
E Elétrica	0,3 kWh	3,7 kWh	3,6 MJ/kWh	0,012	0,153
TOTAL				3,680	3,422

Fonte SOARES (2004)

Cerâmica de revestimento:

Material	Empr. A (mat/22,2kg)	Empr. B (mat/22,2kg)	Conversão	Empr A (MJ/kg)	Empr B (MJ/kg)
Oleo Diesel	0,412 kg	0,311 kg	35,52 MJ/kg	0,659	0,498
Carvão M	0,003 kg	0,002 kg	12,00 MJ/kg	0,002	0,001
Gás Nat	2,958 kg	1,757 kg	38,00 MJ/kg	5,063	3,007
GLP	0,028 kg	0,016 kg	46,45 MJ/kg	0,059	0,033
E Elétrica	5,5 kWh	2,9 kWh	3,6 MJ/kWh	0,892	0,470
TOTAL				6,675	4,010

Fonte SOARES (2004)

Cerâmica de revestimento:

Etapa	En. Térmica (kcal/kg)	En. Elétrica (kWh/t)	En. Térmica (MJ/kg)	En. Elétrica (MJ/kg)	TOTAL
Moagem		22		0,079	
Atomização	450	28	1,884	0,101	
Prensagem		20		0,072	
Secagem	110	14	0,460	0,050	
Esmaltação		23		0,083	
Queima	580	30	2,428	0,108	
Outros		23		0,083	
Total térmica e Elétrica			4,772	0,576	5,348

Fonte BELTRAN & MARTINEZ (2004), com informações complementares da empresa ELIANE.

Alumínio:

Fontes			Consumo de Energia	MJ / kg
E Elétrica	19344,6	GWh	E Elétrica	69,64
Coque Carvão M.	503,8	1000 t	Coque Carvão M.	12,25
Oleo Combustível	305,5	1000 t	Oleo Diesel	10,93
Soda cáust.	169,1	1000 t	Soda cáust.	1,72
Minério Bauxita	5227,8	1000 t	Transportes	2,15
Alumínio produzido	1188,1	1000 t	Mineração	1,51
			TOTAL	98,2

Fonte TOLMASQUIM (2000) a partir de dados de SCHULER (1997)

Aço:

Aço	Fonte	Conversão	MJ/kg
Aço Bruto - Média	BEN, 2005 ; IBS (2004)	0,62 tep/t	25,95
Laminação	IBS (2004)	829 Mcal/t	3,5
Mineração	Ribeiro (2003)	0,1 MJ/t	0,12
Transportes	1900 kg minério, dist. 600 km	0,73MJ/t/km	0,92
TOTAL			30,49

APÊNDICE I – PLANILHA 1 – CASA MODELO 1 - Cálculo do Consumo de Energia na Fase Pré-operacional e EEttotal

Descrição Partes / Materiais	DESCRIÇÃO - Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE MJ/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE setor	Perç. EE inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut setor	Equipio.	
SERVIÇOS PRELIMINARES																							
	Limpeza do terreno	m²	98,8																				
Equipamento	Graxa	kg	0,002	0,20			0,20	80,000	15,81	0,13	0,03	0,00	0,00	0,26	0,00	15,83						15,83	
Equipamento	Óleo diesel	l	0,262	25,89			25,89	33,000	854,22	0,13	3,35	0,00	0,00	0,26	0,00	857,58						857,58	
	Locação de Obra	m²	63																				
	Aço - Arame galvanizado (bitola: 16 BWG)	kg	0,02	1,26			1,26	33,800	42,59	0,13	0,16	0,10	4,26	0,26	0,03	47,04							
	Aço - Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,01	0,76			0,76	31,000	23,44	0,13	0,10	0,10	2,34	0,26	0,02	25,90							
	Madeira - Pontaletes 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	0,04	2,52	0,01	720	10,21	0,500	5,10	0,13	1,32	0,15	0,77	0,26	0,40	7,59							
	Madeira - Tábuas 3a. construção (seção transversal: 1x9 " / tipo de madeira: cedrinho)	m²	0,09	5,67	0,14	720	102,06	0,500	51,03	0,13	13,23	0,15	7,65	0,26	3,98	75,89							
Total									992,19		18,19		15,02		4,43	1029,83	1029,83	0,35		0,00		0,00	873,41
ESTRUTURA																							
Infra-estrutura																							
	Escavação manual de valas em terra até 1.00m	m³	5,6																				
	Reaterro apiloado de valas	m³	1,86																				
	Madeira - Tábuas de pinho p/ fundações utilização 5 vezes	m²	10,5	10,50	0,16	720	113,40	0,500	56,70	0,13	14,74	0,15	8,51	0,26	4,42	84,37							
	Aço - Armadura CA-50 media diam. 5,00 a 9,52 mm	kg	162	162,00			162,00	31,000	5022,00	0,13	21,06	0,10	502,20	0,26	4,21	5549,47							
	Impermeabilização de baldrame c/fgcl - 3d.	m²	7,02	21,06	3,58	1	4,94	96,000	474,30	0,13	0,64	0,15	71,15	0,26	0,19	546,29							
	Concreto estrutural c/ betoneira, controle tipo b.fck 15,0 mpa	m³	1,8																				
	Areia lavada tipo média	m³	0,89	1,60		1515	2418,85	0,050	120,94	0,13	314,45	0,50	60,47	0,26	314,45	810,31							
	Pedra britada 1	m³	0,84	1,50		1650	2482,92	0,150	372,44	0,13	322,78	0,40	148,98	0,26	258,22	1102,42							
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	294	529,20			529,20	4,200	2222,64	0,13	68,80	0,40	889,06	0,26	55,04	3235,53							
Equipamento	Energia Elétrica	kWh	0,35	0,63		1	0,95	3,600	3,40	0,13	0,12	0,00	0,00	0,26	0,00	3,52						3,52	
	Lançamento e aplicação de concreto em fundação	m³	1,8																				
Equipamento	Energia Elétrica - vibrador	h prod	0,35	0,63			0,95	3,600	3,40	0,13	0,12	0,00	0,00	0,26	0,00	3,52						3,52	
Super-estrutura																							
	Madeira - Forma de tábuas de pinho utilização 2 vezes	m²	43,5	26,00	0,20	720	144,89	0,500	72,45	0,13	18,84	0,15	10,87	0,26	5,65	107,80							
	Aço - Armadura CA-50 media diam. 6.25 a 9.52mm (1/4" a 3/8")	kg	262	130,00			130,00	31,000	4030,00	0,13	16,90	0,10	403,00	0,26	3,38	4453,28							
	Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15,0 mpa	m³	2,5																				
	Areia lavada tipo média	m³	0,89	2,22		1515	3359,51	0,050	167,98	0,13	436,74	0,15	25,20	0,26	131,02	760,93							
	Pedra britada 1	m³	0,84	2,09		1650	3448,50	0,150	517,28	0,13	448,31	0,50	258,64	0,26	448,31	1672,52							
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	294	735,00			735,00	4,200	3087,00	0,13	95,55	0,40	1234,80	0,26	76,44	4493,79							
Equipamento	Energia Elétrica	kWh	0,35	0,88			1,31	3,600	4,73	0,13	0,17	0,00	0,00	0,26	0,00	4,90						4,90	
	Lançamento e aplicação de concreto em estrutura	m³	2,5																				
Equipamento	Energia Elétrica - vibrador	h prod	0,35	0,88			1,31	3,600	4,73	0,13	0,17	0,00	0,00	0,26	0,00	4,90						4,90	
Forro																							
	Laje pré-fabricada p/forros espessura 10cm	m²	63						0,00	0,13	0,00		0,00	0,26	0,00	0,00							
	Areia lavada tipo média	m³	0,0305	1,92		1515	2911,07	0,050	145,55	0,13	378,44	0,15	21,83	0,26	113,53	659,36							
	Pedra britada 1	m³	0,0069	0,43		1650	717,26	0,150	107,59	0,13	93,24	0,50	53,79	0,26	93,24	347,87							
	Pedra britada 2	m³	0,0207	1,30		1650	2151,77	0,150	322,76	0,13	279,73	0,50	161,38	0,26	279,73	1043,61							
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	9	567,00			567,00	4,200	2381,40	0,13	73,71	0,40	952,56	0,26	58,97	3466,64							
	Aço - Barra de aço CA-50 1/4" (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	kg	1,89	119,07			119,07	31,000	3691,17	0,13	15,48	0,10	369,12	0,26	3,10	4078,86							
	Ceram. vermelha - Laje pré-fabricada convencional paraforro (espessura: 80 mm / vão livre: 3,00 m / peso próprio: 155 Kg/m² / sobrecarga: 50 Kg/m²)	m²	1	63,00			9765,00	2,900	28318,50	0,13	1269,45	0,15	4247,78	0,26	380,84	34216,56							
	Aço - Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,03	1,89			1,89	31,000	58,59	0,13	0,25	0,10	5,86	0,26	0,05	64,74							
	Madeira - Pontaletes 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	1,71	107,73	0,07	720	49,64	0,500	24,82	0,13	6,45	0,15	3,72	0,26	1,94	36,93							
	Madeira - Sarrafo 3a. construção (seção transversal: 1x4 " / tipo de madeira: cedro)	m	0,97	61,11	0,16	720	113,52	0,500	56,76	0,13	14,76	0,15	8,51	0,26	4,43	84,46							
	Madeira - Tábuas 3a. construção (seção transversal: 1x12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m	0,56	35,28	0,27	720	196,61	0,500	98,30	0,13	25,56	0,15	14,75	0,26	7,67	146,28							
Equipamento	Energia elétrica	kW	0,00700	0,44			0,66	3,600	2,38	0,13	0,09	0,00	0,00	0,26	0,00	2,47						2,47	
Total									51367,81		3916,54		9452,16		2244,82	66981,32	66981,32	22,95		0,00		0,00	19,31

Descrição Partes/ Materiais	DESCRICOÃO - Materiais													EE setor	Perc. EE Inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut setor	Equipto.		
Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE MJ/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE							
ALVENARIA																					
Paredes e painéis																					
Blocos cerâmicos 8 furos 9x19x19cm; argam mista c/ cal; esp 9 cm	m²	135																			
Blocos cerâmicos	unid.	25	3375,00	5,58	2300	12831,41	2,900	37211,10	0,13	1668,08	0,15	5581,66	0,26	500,43	44961,27						
Argamassa mista de cimento, arenoso e areia sem peneirar traço 1:3:7		1,62													0,00						
Areia lavada tipo fina	m³	1,106	1,79		1515	2714,46	0,050	135,72	0,13	352,88	0,15	20,36	0,26	105,86	614,82						
Saibro	m³	0,474	0,77		1515	1163,34	0,050	58,17	0,13	151,23	0,15	8,73	0,26	45,37	263,50						
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	190	307,80			307,80	4,200	1292,76	0,13	40,01	0,40	517,10	0,26	32,01	1881,89						
Verga reta de concreto armado	m³	0,84																			
Areia lavada tipo média	m³	0,93	0,78		1515	1187,34	0,050	59,37	0,13	154,35	0,15	8,91	0,26	46,31	268,93						
Pedra britada 1	m³	0,21	0,18		1650	289,67	0,150	43,45	0,13	37,66	0,50	21,73	0,26	37,66	140,49						
Pedra britada 2	m³	0,63	0,53		1650	869,02	0,150	130,35	0,13	112,97	0,50	65,18	0,26	112,97	421,48						
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	268	225,12			225,12	4,200	945,50	0,13	29,27	0,40	378,20	0,26	23,41	1376,38						
Aço - Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	69	57,96			57,96	31,000	1796,76	0,13	7,53	0,10	179,68	0,26	1,51	1985,48						
Aço - Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	1,2	1,01			1,01	31,000	31,25	0,13	0,13	0,10	3,12	0,26	0,03	34,53						
Aço - Prego (tipo de prego: 18x27)	kg	2,13	1,79			1,79	31,000	55,47	0,13	0,23	0,10	5,55	0,26	0,05	61,29						
Madeira - Pontalete 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	32	26,88	0,02	720	12,39	0,500	6,19	0,13	1,61	0,15	0,93	0,26	0,48	9,22						
Madeira - Sarrafo aparelhado (seção transversal: 1x4 " / tipo de madeira: pinho)	m	16,3	13,69	0,04	720	25,43	0,500	12,72	0,13	3,31	0,15	1,91	0,26	0,99	18,92						
Madeira - Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m²	10	8,40	0,07	720	46,81	0,500	23,41	0,13	6,09	0,15	3,51	0,26	1,83	34,83						
Equipamento Energia elétrica	kW	0,35	0,29			0,44	3,600	1,59	0,13	0,06	0,00	0,00	0,26	0,00	1,64				1,64		
Revestimento de paredes																					
Chapisco c/argamassa de cimento e areia s/ peneirar 1:3	m²	270																			
Areia lavada tipo média	m³	0,01	1,64		1515	2487,02	0,050	124,35	0,13	323,31	0,15	18,65	0,26	96,99	563,31						
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	2,43	656,10			656,10	4,200	2755,62	0,13	85,29	0,40	1102,25	0,26	68,23	4011,40						
Emboço c/arg.mista cimento cal hidr. areia s/ peneirar 1:2:9	m²	270																			
Areia lavada tipo média	m³	0,02	6,57		1515	9948,10	0,050	497,40	0,13	1293,25	0,15	74,61	0,26	387,98	2253,24						
Cal hidratada CH III	kg	3,24	874,80			874,80	3,000	2624,40	0,13	113,72	0,15	393,66	0,26	34,12	3165,90						
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	3,24	874,80			874,80	4,200	3674,16	0,13	113,72	0,40	1469,66	0,26	90,98	5348,53						
Azulejos junta amm. c/arg. mista cim.cal hidr. areia 1:2:8	m²	40																			
Azulejo	m²	1,1	44,00	0,26	2083	549,91	6,200	3409,45	0,13	71,49	0,15	511,42	0,26	21,45	4013,81		1,00	4013,81			
Argamassa de assentamento	m³	0,8																			
Areia lavada tipo média	m³	0,122	0,10		1515	147,26	0,050	7,36	0,13	19,14	0,15	1,10	0,26	5,74	33,35		1,00	33,35			
Cal hidratada CH III	kg	3,64	2,91			2,91	3,000	8,74	0,13	0,38	0,15	1,31	0,26	0,11	10,54		1,00	10,54			
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	3,64	2,91			2,91	4,200	12,23	0,13	0,38	0,40	4,89	0,26	0,30	17,80		1,00	17,80			
Cimento branco não estrutural	kg	0,25	0,20			0,20	4,200	0,84	0,13	0,03	0,40	0,34	0,26	0,02	1,22		1,00	1,22			
Equipamento Energia elétrica	kW	1	0,80			1,20	3,600	4,32	0,13	0,16	0,00	0,00	0,26	0,00	4,48		1,00	4,48			
Total								54922,68		4586,30		10374,45		1614,83	71498,25		71498,25	24,50	4081,20	4081,20	6,12

Descrição Partes/ Materiais	DESCRÇÃO - Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE MJ/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE setor	Perc. EE Inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut setor	Equipto.
ESQUADRIAS																						
Esquadrias de madeira																						
	Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0.70x 2.10m	Un	4																			
	Madeira - Porta lisa de madeira encabeçada (espessura: 35 mm / largura: 0,70 m / altura: 2,10 m / tipo de madeira: IMBUIA)	un	1	4,00	0,21	720	148,18	3,500	518,62	0,13	19,26	0,15	77,79	0,26	5,78	621,45			1,00	621,45		
	Areia lavada tipo média	m³	0,0106	0,04		1515	64,24	0,050	3,21	0,13	8,35	0,15	0,48	0,26	2,51	14,55			1,00	14,55		
	Cal hidratada CH III	kg	1,72	6,88			6,88	3,000	20,64	0,13	0,89	0,15	3,10	0,26	0,27	24,90			1,00	24,90		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,72	6,88			6,88	4,200	28,90	0,13	0,89	0,40	11,56	0,26	0,72	42,06			1,00	42,06		
	Aço - Pregos (tipo de prego: 16x24)	kg	0,25	1,00			1,00	31,000	31,00	0,13	0,13	1,40	43,40	0,26	0,36	74,89			1,00	74,89		
	Aço - Parafuso madeira cabeça chata fenda simples - zincado branco (comprimento: 90 mm / diâmetro nominal: 6,10 mm)	un	8	32,00			0,16	37,500	6,00	0,13	0,02	0,10	0,60	0,26	0,00	6,62			1,00	6,62		
	Madeira - Taco de madeira para instalação de portas e janelas (espessura: 15,00 mm / largura: 50,00 mm / altura: 60,00 mm / tipo de madeira: peroba)	un	6	24,00	0,03	720	23,33	3,500	81,65	0,13	3,03	0,15	12,25	0,26	0,91	97,84			1,00	97,84		
	Madeira - Batente de madeira para porta de 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 35,00 mm / largura: 140,00 mm / tipo de madeira: PEROBA / perimetro: 5,40 m)	un	1	4,00	0,10	720	72,00	3,500	252,00	0,13	9,36	0,15	37,80	0,26	2,81	301,97			1,00	301,97		
	Madeira - Guarnição de madeira para porta 1 folha - vao de ate 0,70 x 2,10m (espessura: 10,00 mm / largura: 50,00 mm / tipo de madeira: PEROBA)	un	2	8,00	0,02	720	15,55	3,500	54,43	0,13	2,02	0,15	8,16	0,26	0,61	65,23			1,00	65,23		
	Aço - Dobradiça de ferro para porta - leve pino solto (largura: 2 1/2 " / altura: 3 ")	un	3	12,00	0,00	7870	17,00	40,000	679,97	0,13	2,21	0,00	0,00	0,26	0,00	682,18			1,00	682,18		
	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm / extremidades testa e contra testa: RETAS / tipo de fechadura: CILINDRO / tipo de guarnição: ESPELHO / tipo de maçaneta: ALAVANCA)	un	1	4,00	0,00	8500	34,00	55,000	1870,00	0,13	4,42	0,00	0,00	0,26	0,00	1874,42			1,00	1874,42		
	Porta externa de cedro lisa completa uma folha 0.80x 2.10m	Un	2																			
	Madeira - Porta lisa de madeira encabeçada (espessura: 35 mm / largura: 0,80 m / altura: 2,10 m / tipo de madeira: IMBUIA)	un	1	2,00	0,10	720	74,09	3,500	259,31	0,13	9,63	0,15	38,90	0,26	2,89	310,73			1,00	310,73		
	Areia lavada tipo média	m³	0,01	0,02		1515	32,12	0,050	1,61	0,13	4,18	0,15	0,24	0,26	1,25	7,27			1,00	7,27		
	Cal hidratada CH III	kg	1,72	3,44			3,44	3,000	10,32	0,13	0,45	0,15	1,55	0,26	0,13	12,45			1,00	12,45		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,72	3,44			3,44	4,200	14,45	0,13	0,45	0,40	5,78	0,26	0,36	21,03			1,00	21,03		
	Aço - Pregos (tipo de prego: 16x24)	kg	0,25	0,50			0,50	31,000	15,50	0,13	0,07	1,40	21,70	0,26	0,18	37,45			1,00	37,45		
	zincado branco (comprimento: 90 mm / diâmetro nominal: 6,10 mm)	un	8	16,00			0,08	37,500	3,00	0,13	0,01	0,10	0,30	0,26	0,00	3,31			1,00	3,31		
	janelas (espessura: 15,00 mm / largura: 50,00 mm / altura: 60,00 mm / tipo de madeira: peroba)	un	6	12,00	0,02	720	11,66	4,000	46,66	0,13	1,52	0,15	7,00	0,26	0,45	55,63			1,00	55,63		
	ate 0,90 x 2,10m (espessura: 35,00 mm / largura: 140,00 mm / tipo de madeira: PEROBA / perimetro: 5,40 m)	un	1	2,00	0,05	720	36,00	4,000	144,00	0,13	4,68	0,15	21,60	0,26	1,40	171,68			1,00	171,68		
	ate 0,90 x 2,10m (espessura: 10,00 mm / largura: 50,00 mm / tipo de madeira: PEROBA)	un	2	4,00	0,01	720	7,78	4,000	31,10	0,13	1,01	0,15	4,67	0,26	0,30	37,08			1,00	37,08		
	2 1/2 " / altura: 3 ")	un	3	6,00	0,00	7870	8,50	40,000	339,98	0,13	1,10	0,00	0,00	0,26	0,00	341,09			1,00	341,09		
	40,00 mm / extremidades testa e contra testa: RETAS / tipo de fechadura: CILINDRO / tipo de guarnição: ESPELHO / tipo de maçaneta: ALAVANCA)	un	1	2,00	0,00	8500	17,00	55,000	935,00	0,13	2,21	0,00	0,00	0,26	0,00	937,21			1,00	937,21		
Esquadrias metálicas																						
	Caixilho de Aço laminado basculante	m²	8,98																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,0049	0,04		1515	66,66	0,050	3,33	0,13	8,67	0,15	0,50	0,26	2,60	15,10			1,00	15,10		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,94	17,42			17,42	4,200	73,17	0,13	2,26	0,40	29,27	0,26	1,81	106,51			1,00	106,51		
	Caixilho de Aço laminado, sob encomenda	m²	8,98	0,04		7870	282,69	31,000	8763,40	0,13	36,75	0,10	876,34	0,26	7,35	9683,84			1,00	9683,84		
Vidros																						
	Vidro comum liso 3,0mm c/ massa	m²	8,56	8,56	0,03	2500	85,60	18,500	1583,60	0,13	11,13	0,05	79,18	0,26	1,11	1675,02			1,00	1675,02		
	Vidro fantasia 3,0mm	m²	0,42	0,42	0,00	2500	3,15	18,500	58,28	0,13	0,41	0,05	2,91	0,26	0,04	61,64			1,00	61,64		
	Massa para vidro comum	kg	2	2,00			2,00	60,000	120,00	0,13	0,26	0,15	18,00	0,26	0,08	138,34			1,00	138,34		
Total									15949,12		135,37		1303,07		33,93	17421,50	17421,50	5,97		17421,50	17421,50	0,00

Descrição Partes/ Materiais	DESCRÇÃO - Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE MJ/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE setor	Perc. EE Inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut setor	Equipm.
COBERTURA																						
Telhado																						
	Estruturas de madeira para telha de fibrocimento ondulada.	m²	87,22																			
	Aço - Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,08	6,98			6,98	31,000	216,31	0,13	0,91	0,10	21,63	0,26	0,18	239,02			1,00	239,02		
	Madeira (tipo de madeira: peroba)	m³	0,01	0,74		720	533,79	0,500	266,89	0,13	69,39	0,15	40,03	0,26	20,82	397,14			1,00	397,14		
	Telha de fibrocimento vogatex inclinação 27%	m²	1,19	103,79			1037,92	6,000	6227,51	0,13	134,93	0,10	622,75	0,26	26,99	7012,17			1,00	7012,17		
	Cumeeira articulada de fibrocimento p/telha vogatex	m	0,14	12,21			8,06	6,000	48,35	0,13	1,05	0,10	4,84	0,26	0,21	54,45			1,00	54,45		
Forro																						
	Chapisco com argamassa de cimento e areia.1:3	m²	54,48																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,00608	0,33		1515	501,83	0,050	25,09	0,13	65,24	0,15	3,76	0,26	19,57	113,66						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	2,43	132,39			132,39	4,200	556,02	0,13	17,21	0,40	222,41	0,26	13,77	809,41						
	Emboço c/arg. mista cim. cal hidr. areia s/pen.1:2:9	m²	54,48																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,02	1,32		1515	2007,30	0,050	100,37	0,13	260,95	0,15	15,05	0,26	78,28	454,65						
	Cal hidratada CH III	kg	3,24	176,52			176,52	3,000	529,55	0,13	22,95	0,15	79,43	0,26	6,88	638,81						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	3,24	176,52			176,52	4,200	741,36	0,13	22,95	0,40	296,55	0,26	18,36	1079,21						
Total									8711,45		595,57		1306,46		185,06	10798,53	10798,53	3,70		7702,78	7702,78	0,00
PISOS																						
Pisos internos																						
	Lastro impermeabilizado em concreto esp. 8cm	m²	66,5																			
	LASTRO DE BRITA 3 e 4 apilado manualmente com maco de até 30 kg	m³	0,05	3,33		1650	5486,25	0,150	822,94	0,13	713,21	0,50	411,47	0,26	713,21	2660,83						
	Aço - Tela de aço CA-60 soldada (dimensões da trama: 100 x 100 mm / tipo da malha: quadrangular / diâmetro do fio: 4,20 mm)	kg	2,2	146,30			146,30	31,000	4535,30	0,13	19,02	0,10	453,53	0,26	3,80	5011,65						
	aço - Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,01	0,67			0,67	31,000	20,62	0,13	0,09	0,10	2,06	0,26	0,02	22,78						
	Madeira - Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m	0,80	53,20	0,41	720	296,47	0,500	148,24	0,13	38,54	0,15	22,24	0,26	11,56	220,58						
	CONCRETO não estrutural	m³	5,32																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,677	3,60		1515	1025,66	0,050	51,28	0,13	133,34	0,15	7,69	0,26	40,00	232,31						
	Pedra britada 1	m³	0,878	4,67	#####	7707,08	0,15	1156,06	0,13	1001,92	0,40	462,43	0,26	801,54	3421,95							
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	220	1170,40			1170	4,200	4915,68	0,13	152,15	0,15	737,35	0,26	45,65	5850,83						
	Regularização de base p/revestimentos cerâmicos	m²	13,41																			
	Argamassa		0,4023																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,03648	0,01		1515	55,27	0,050	2,76	0,13	7,18	0,15	0,41	0,26	2,16	12,52			1,00	12,52		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	14,58	5,87			5,87	4,200	24,64	0,13	0,76	0,15	3,70	0,26	0,23	29,32			1,00	29,32		
	Cerâmica comum c/argamassa mista de cal hidratada	m²	13,41																			
	Cerâmica comum		1,00	13,41	0,02	2083	46,09	5,000	230,45	0,13	5,99	0,15	34,57	0,26	1,80	272,80			1,00	272,80		
	Areia lavada tipo média	m³	0,03	0,41		1515	617,61	0,050	30,88	0,13	80,29	0,15	4,63	0,26	24,09	139,89			1,00	139,89		
	Cal hidratada CH III	kg	1,83	24,47			24,47	3,000	73,42	0,13	3,18	0,15	11,01	0,26	0,95	88,57			1,00	88,57		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	8,60	115,33			115,33	4,200	484,37	0,13	14,99	0,40	193,75	0,26	11,99	705,10			1,00	705,10		
	Tacos de madeira c/cola a base de PVA	m²	50,00																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,12	6,08		1515	9207,41	0,050	460,37	0,13	1196,96	0,15	69,06	0,26	359,09	2085,48			1,00	2085,48		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	10,95	547,50			547,50	4,200	2299,50	0,13	71,18	0,40	919,80	0,26	56,94	3347,42			1,00	3347,42		
	Madeira - Rodapé de peroba 7x15cm	m	49,70	49,70	0,07	720	52,60	0,350	18,41	0,13	6,84	0,10	1,84	0,26	1,37	28,46			1,00	28,46		
	Soleira pré-moldada de granilite 15 cm	m	5,80	5,80	0,03	2500	65,25	1,000	65,25	0,13	8,48	0,10	6,53	0,26	1,70	81,95			1,00	81,95		
Pisos externos																						
	Calçada em concreto ripado 0,6 m - esp.=6 cm	m²	20																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,06	1,29		1515	1955,56	0,050	97,78	0,13	254,22	0,15	14,67	0,26	76,27	442,93						
	Pedra britada 1	m³	0,01	0,29		1650	482,79	0,150	72,42	0,13	62,76	0,50	36,21	0,26	62,76	234,15						
	Pedra britada 2	m³	0,04	0,88		1650	1448,37	0,150	217,26	0,13	188,29	0,50	108,63	0,26	188,29	702,46						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	19,67	393,40			393,40	4,200	1652,28	0,13	51,14	0,40	660,91	0,26	40,91	2405,25						
	Madeira - Ripa (largura: 10,00 mm / altura: 70,00 mm / tipo de madeira: peroba)	m	2,000	40,00	0,00	720	0,14	0,500	0,07	0,13	0,02	0,15	0,01	0,26	0,01	0,11						
	Equipamento Energia elétrica	kWh	0,47	9,31			13,97	3,600	50,27	0,13	1,82	0,00	0,00	0,26	0,00	52,09						52,09
Total									17430,24		4012,38		4162,48		2444,33	28049,43	28049,43	9,61		6791,51	6791,51	52,09

Descrição Partes/ Materiais	DESCRICOÃO - Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE MJ/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE setor	Perc. EE Inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut setor	Equipto.	
INSTALAÇÕES																							
Instalações hidráulicas (Sub em kg)																							
	Reservatório d' água de fibra de vidro - capacidade: 1000 l	Un	1	50,00			50,00	24,000	1200,00	0,13	6,50	0,00	0,00	0,26	0,00	1206,50							
	Torneira bóia PVC - ¾"	Un	1	0,25			0,25	80,000	20,00	0,13	0,03	0,40	8,00	0,26	0,03	28,06			1,00		28,06		
	Adapt. PVC p/cx.água - 25x¾"	Un	2	0,40			0,40	80,000	32,00	0,13	0,05	0,40	12,80	0,26	0,04	44,89			1,00		44,89		
	Adapt. PVC p/cx.água - 32x1"	Un	2	0,60			0,60	80,000	48,00	0,13	0,08	0,40	19,20	0,26	0,06	67,34			1,00		67,34		
	Registro esfera vs PVC soldável - 32 mm	Un	1	0,25			0,25	80,000	20,00	0,13	0,03	0,40	8,00	0,26	0,03	28,06			1,00		28,06		
	Registro esfera vs PVC soldável - 25 mm	Un	1	0,30			0,30	80,000	24,00	0,13	0,04	0,40	9,60	0,26	0,03	33,67			1,00		33,67		
	Tubo PVC soldável para água - 25 mm	m	30	19,50			19,50	80,000	1560,00	0,13	2,54	0,40	624,00	0,26	2,03	2188,56			1,00		2188,56		
	Tubo PVC soldável p/ água - 32mm	m	4,5	3,60			3,60	80,000	288,00	0,13	0,47	0,40	115,20	0,26	0,37	404,04			1,00		404,04		
	Joelho 90° PVC soldável - 25mm	Un	12	0,60			0,60	80,000	48,00	0,13	0,08	0,40	19,20	0,26	0,06	67,34			1,00		67,34		
	Joelho 90° PVC soldável - 32mm	Un	3	0,15			0,15	80,000	12,00	0,13	0,02	0,40	4,80	0,26	0,02	16,84			1,00		16,84		
	Te 90° PVC soldável - 25 mm	Un	6	0,30			0,30	80,000	24,00	0,13	0,04	0,40	9,60	0,26	0,03	33,67			1,00		33,67		
	Te 90° PVC soldável - 32 mm	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Adapt. Sold. Curto p/ registro - 25x¾" PVC	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Joelho red.90° pvc c/bucha latão 25x½"	Un	4	0,40			0,40	80,000	32,00	0,13	0,05	0,40	12,80	0,26	0,04	44,89			1,00		44,89		
	Luva pvc sold. c/bucha de latão 25x¾"	Un	2	0,20			0,20	80,000	16,00	0,13	0,03	0,40	6,40	0,26	0,02	22,45			1,00		22,45		
	Rasgos/enchimento em alven. - 15 à 25mm	m	12,5	12,50	0,00	2000	9,38	2,100	19,69	0,13	1,22	0,40	7,88	0,26	0,98	29,76			1,00		29,76		
	Tubo Aquatherm ø22mm	m	2,6	1,56			1,56	80,000	124,80	0,13	0,20	0,40	49,92	0,26	0,16	175,09			1,00		175,09		
	Joelho Aquatherm 90° - ø22mm	Un	2	0,10			0,10	80,000	8,00	0,13	0,01	0,40	3,20	0,26	0,01	11,22			1,00		11,22		
	Luva transição Aquatherm - ø22mmx¾"	Un	3	0,15			0,15	80,000	12,00	0,13	0,02	0,40	4,80	0,26	0,02	16,84			1,00		16,84		
	Te 90° Aquatherm - ø22mm	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Terminal redução Aquatherm -ø22mmx½"	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Niple de latão aquatherm -ø¾"	Un	1	0,10			0,10	80,000	8,00	0,13	0,01	0,40	3,20	0,26	0,01	11,22			1,00		11,22		
	Cap aquatherm - ø22mm	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Lavatório de louça branca s/coluna c/torneira e acessórios	Un	1	10,00			10,00	25,000	250,00	0,13	1,30	0,00	0,00	0,26	0,00	251,30			1,00		251,30		
	Bacia sifonada de louça branca c/acessórios	Un	1	15,00			15,00	25,000	375,00	0,13	1,95	0,00	0,00	0,26	0,00	376,95			1,00		376,95		
	Saboneteira de louça branca.7.5x15cm	Un	1	0,20			0,20	25,000	5,00	0,13	0,03	0,00	0,00	0,26	0,00	5,03			1,00		5,03		
	Porta toalha de louça branca	Un	1	0,25			0,25	25,000	6,25	0,13	0,03	0,00	0,00	0,26	0,00	6,28			1,00		6,28		
	Cabide de louça branca c/dois ganchos	Un	1	0,30			0,30	25,000	7,50	0,13	0,04	0,00	0,00	0,26	0,00	7,54			1,00		7,54		
	Porta-papel de louça branca.15x15cm	Un	1	0,25			0,25	25,000	6,25	0,13	0,03	0,00	0,00	0,26	0,00	6,28			1,00		6,28		
	Registro de pressão cromado - ¾"	Un	2	0,50			0,50	95,000	47,50	0,13	0,07	0,00	0,00	0,26	0,00	47,57			1,00		47,57		
	Ducha com articulação - padrão popular	Un	1	0,30			0,30	80,000	24,00	0,13	0,04	0,40	9,60	0,26	0,03	33,67			1,00		33,67		
	Bancada de mármore espessura 3cm.larg. 0.60m	m	1,2	6,00			6,00	1,000	6,00	0,13	0,78	0,00	0,00	0,26	0,00	6,78			1,00		6,78		
	Tanque de mármore sintético	Un	1	0,20			0,20	1,000	0,20	0,13	0,03	0,00	0,00	0,26	0,00	0,23			1,00		0,23		
	Kit acessórios de metal cromado p/ banheiro	Un	1	0,20			0,20	95,000	19,00	0,13	0,03	0,40	7,60	0,26	0,02	26,65			1,00		26,65		
	Torneira pvc longa de ¾"	Un	2	0,30			0,30	80,000	24,00	0,13	0,04	0,40	9,60	0,26	0,03	33,67			1,00		33,67		
	Torneira pvc curta ½"	Un	1	3,00			3,00	80,000	240,00	0,13	0,39	0,40	96,00	0,26	0,31	336,70			1,00		336,70		
	Pia para cozinha	Un	1	5,00			5,00	38,000	190,00	0,13	0,65	0,00	0,00	0,26	0,00	190,65			1,00		190,65		
	Instalações sanitárias																						
	Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 100 mm	m	13	8,45			8,45	80,000	676,00	0,13	1,10	0,40	270,40	0,26	0,88	948,38			1,00		948,38		
	Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 75 mm	m	17	8,50			15,00	80,000	680,00	0,13	1,11	0,40	272,00	0,26	0,88	953,99			1,00		953,99		
	Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 50 mm	m	4	1,60			1,60	80,000	128,00	0,13	0,21	0,40	51,20	0,26	0,17	179,57			1,00		179,57		
	Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 40 mm	m	9	3,15			3,15	80,000	252,00	0,13	0,41	0,40	100,80	0,26	0,33	353,54			1,00		353,54		
	Caixa sifonada c/ grelha PVC - 100x100x50 mm	Un	1	0,25			0,25	80,000	20,00	0,13	0,03	0,40	8,00	0,26	0,03	28,06			1,00		28,06		
	Joelho 90° PVC p/ esgoto - 40 mm	Un	3	0,15			0,15	80,000	12,00	0,13	0,02	0,40	4,80	0,26	0,02	16,84			1,00		16,84		
	Joelho 90° PVC p/ esgoto - 50 mm	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Joelho 90° PVC p/ esgoto - 75mm	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Joelho 90° PVC p/ esgoto - 100 mm	Un	1	0,06			0,06	80,000	4,80	0,13	0,01	0,40	1,92	0,26	0,01	6,73			1,00		6,73		
	Te sanitário - 100x50 mm - PVC	Un	1	0,06			0,06	80,000	4,80	0,13	0,01	0,40	1,92	0,26	0,01	6,73			1,00		6,73		
	Junção simples p/ esgoto Ø 75x75mm PVC	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Bucha de redução longa 50x40 mm PVC	Un	1	0,05			0,05	80,000	4,00	0,13	0,01	0,40	1,60	0,26	0,01	5,61			1,00		5,61		
	Sifão de borracha - 50 mm - PVC	Un	1	0,20			0,20	80,000	16,00	0,13	0,03	0,40	6,40	0,26	0,02	22,45			1,00		22,45		
	Caixa de inspeção de alvenaria 30x30x40cm	Un	4	216,00			216,00	5,000	1080,00	0,13	28,08	0,15	162,00	0,26	8,42	1278,50							
	Caixa de gordura de alvenaria 30x30x40cm	Un	1	54,00			54,00	5,000	270,00	0,13	7,02	0,15	40,50	0,26	2,11	319,63							
	Fossa pré-moldada (concreto) - 1250 litros	Un	1	270,00			270,00	1,200	324,00	0,13	35,10	0,10	32,40	0,26	7,02	398,52							
	Sumidouro pré-moldado (concreto) - 1200 litros	Un	1	270,00			270,00	1,200	324,00	0,13	35,10	0,10	32,40	0,26	7,02	398,52							

APÊNDICE J – Cálculo da Energia de Transporte de funcionários

DESCRIÇÃO - Serviço	DESCRIÇÃO - Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE MJ/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	Perc. EE inicial	Fator de reposição	EE manut	Equpto.	
MÃO DE OBRA				(dias)	(Hom.)	Total hom															
	Pedreiros	h / m²	11,771	741,57	92,70	0,70	68,82			0,13	829,32					829,32					
	Serventes	h / m²	26,672	1680,34	210,04	1,59	155,94			0,13	4258,02					4258,02					
	Engenheiros	h / m²	0,679	42,78	5,35	0,04	3,97			0,13	2,76					2,76					
Total											5090,10					5090,10		1,67		0,00	
TOTAL			143183,49					TOTAL MJ	222492,68		23674,17		41619,83		9184,84	296971,52	100,00		153783,16	950,93	
								TOTAL GJ	3,53		0,38		0,66		0,15	4,71			2,44	0,02	

APÊNDICE L – PLANILHA 2 – Cálculo do Consumo na Fase Operacional

Modelo	Área (m²)	Fator A	Consumo parcial A	Habitantes (un)	Fator h	Consumo parcial h	Renda (SM)	Fator r	Consumo parcial r	EEEquip. (kWh/mês) (a+b+c)/3	Fator (EEEquip. X ECoção)	ECoção (kWh/mês)	EEEquip. + ECoção (GJ/ano)	EEEquip. + ECoção (GJ/m²/ano)	EEEquip. + ECoção corrigida (GJ/m²/ano)	Emanut. (GJ/m²)	Emanut. (GJ/m²/ano)	Eoperac. (GJ/m²/ano)	Eoperac. (GJ)
1	63	2,836	178,668	4	52,49	209,96	3	29,207	87,621	158,749667	2	317,499333	20,573957	0,326570743	0,332122445	2,44	0,048820052	0,380942498	1199,968868

APÊNDICE M – PLANILHA 3 – Cálculo do Consumo de Energia na Fase Pós-operacional

Modelo	Total kg (Planilha 1)	Fator de reposição	Fator de demolição	E demolição (MJ)	Fator de transp. demol.	E transp. demol. (MJ)	E pós-op. (GJ)	E pós-op. (GJ/m²)	CVE (GJ)	CVE (GJ/m²)
1	142954,76	185841,1898	0,0354	6578,778	0,13	24159,35	30,738133	0,4879069	1522,59	24,17

APÊNDICE N – CASA MODELO 1: Tabela da Energia Embutida nos Materiais por etapas

	DESCRIÇÃO Materiais	Total kg	EE Mat. Constr.	EE Trans.	EE Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE manut	Equipto.	%	% Acumul.
1	Ceramica vermelha	22875,79	66899,28	2973,85	10039,81	445,61	80358,56	29,27		27,97	27,97
2	Cimento	9511,59	39948,66	1236,51	14744,39	456,37	56385,93	4234,29		19,63	47,60
3	Aço	1190,32	37169,64	154,74	3656,42	15,33	40996,13	14333,45	0,00	14,27	61,87
4	Tinta	263,88	16949,74	34,30	2542,46	5,15	19531,65	78126,61		6,80	68,67
5	Concreto	11305,81	12043,81	1469,76	1774,17	216,95	15504,70	13600,33		5,40	74,06
6	Pedra	34704,19	5205,63	4511,54	2449,96	2122,07	14289,21			4,97	79,04
7	Areia	56323,70	2816,18	7322,08	464,76	1208,36	11811,38	2045,22		4,11	83,15
8	Aluminio	282,69	8763,40	36,75	876,34	3,67	9680,17	9680,17		3,37	86,52
9	Fibrocimento	1045,98	6275,86	135,98	627,59	13,60	7053,02	7053,02		2,46	88,97
10	Pvc	60,70	4856,08	7,89	1942,43	3,16	6809,56	6809,56		2,37	91,34
11	Ceramica de revestimento	596,00	3639,90	77,48	545,99	11,59	4274,96	4274,96		1,49	92,83
12	Cal	1175,94	3527,82	152,87	529,17	22,93	4232,80	135,72		1,47	94,31
13	Fio de cobre	42,80	3081,60	5,56	770,40	1,39	3858,96	3858,96		1,34	95,65
14	Madeira	3224,30	2797,73	419,11	418,74	62,52	3698,10	2892,81		1,29	96,94
15	Latão	52,40	2927,50	6,81	30,00	0,05	2964,36	2964,36		1,03	97,97
16	Vidro	90,75	1761,88	11,80	100,09	0,61	1874,38	1874,38		0,65	98,62
17	Fibra vidro	50,00	1200,00	6,50	0,00	0,00	1206,50	0,00		0,42	99,04
18	Graxa e oleo	26,08	870,03	3,38	0,00	0,00	873,41	0,00	873,41	0,30	99,34
19	Ceramica branca	26,00	650,00	3,38	0,00	0,00	653,38	653,38		0,23	99,57
20	Impermeabilizante	4,94	474,30	0,64	71,15	0,10	546,19			0,19	99,76
21	Material eletrico	8,67	487,35	1,13	29,44	0,05	517,96	517,96		0,18	99,94
22	Marmore	65,25	65,25	8,48	6,53	0,85	81,11	81,11		0,03	99,97
23	Energia eletrica	20,78	74,82	2,70	0,00	0,00	77,52	4,48	77,52	0,03	100,00
24	Granilite	6,20	6,20	0,81	0,00	0,00	7,01	7,01		0,00	100,00

APÊNDICE O – CASA MODELO 1: Geração de CO₂ na fase Pré operacional

MATERIAIS MODELO 1	Área	Fonte	Energia	Óleo combustível	GÁS NATURAL	GLP	Outras Secundárias de Petróleo	Coque de Carvão Mineral	Coque de Petróleo	Carvão Mineral	Carvão Vegetal	Lenha	Outras Fontes Prim. Renováveis	Outras	TOTAL		
															63 CO2 (kg/GJ)	kgCO2	%
AÇO E FERRO	Perc (%)		10,0	1,0	6,0			71,0							12,0		
	Quant. (MJ)	40996,13	4099,6	410,0	2459,8	0,0	0,0	29107,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4919,5		
ALUMÍNIO	Perc (%)		54,0	21,0	7,0		4,0	10,0							4,0		
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
AREIA	Perc (%)		1,0		99,0										0,0		
	Quant. (MJ)	11811,38	118,1	11693,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
ARGAMASSA	Perc (%)		4,0		86,0				10,0						0,0		
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
CAL	Perc (%)		8,0		12,0							80,0			0,0		
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
CERÂMICA REVEST.	Perc (%)		12,0		15,0		5,0								0,0		
	Quant. (MJ)	4274,96	513,0	641,2	2907,0	213,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
CERÂMICA VERM.	Perc (%)		2,0		4,0		8,0								1,0		
	Quant. (MJ)	80358,56	1607,2	3214,3	0,0	6428,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68304,8	0,0	803,6	0,0		
CIMENTO	Perc (%)		12,0		3,0				61,0		8,0	9,0			7,0		
	Quant. (MJ)	56385,93	6766,3	1691,6	0,0	0,0	0,0	0,0	34395,4	4510,9	5074,7	0,0	0,0	3947,0	0,0		
COBRE	Perc (%)		41,0		10,0		44,0		5,0						0,0		
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
CONCRETO	Perc (%)		9,0		82,0				9,0						0,0		
	Quant. (MJ)	15504,7	1395,4	12713,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1395,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
FIBROCIMENTO	Perc (%)		14,0		84,0		2,0								0,0		
	Quant. (MJ)	7053,02	987,4	5924,5	0,0	141,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
IMPERMEABILIZANTES	Perc (%)		2,0		4,0										1,0		
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
MADEIRA	Perc (%)		17,0		83,0										0,0		
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
PEDRA	Perc (%)		15,0		85,0										0,0		
	Quant. (MJ)	14289,21	2143,4	12145,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
PLÁSTICOS	Perc (%)		26,0		10,0		34,0								0,0		
	Quant. (MJ)	6809,56	1770,5	681,0	2042,9	0,0	2315,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
TINTAS	Perc (%)		10,0		90,0										0,0		
	Quant. (MJ)	19531,65	1953,2	17578,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
OUTROS MAT	Perc (%)		20,0		8,0		11,0		10,0		7,0			35,0	0,0		
	Quant. (MJ)	20591,67	4118,3	1647,3	2265,1	0,0	0,0	2059,2	0,0	1441,4	1853,3	0,0	7207,1	0,0	0,0		
SOMATORIO MATERIAL (MJ)			25472,4	68341,4	9674,7	6783,5	2315,3	31166,4	35790,8	5952,3	6928,0	68304,8	7207,1	9670,1	277606,8		
MJ (Fonte) / m²			404,3	1084,8	153,6	107,7	36,8	494,7	568,1	94,5	110,0	1084,2	114,4	153,5	4406,5		
CO2 Processo			tCO2/t	kg												CO2	Processo + Energia
CIMENTO			0,375	9511,586334												3566,8	7134,2
Perc (%)																14,7	29,4
CONCRETO			0,045	11305												508,7	1649,5
Perc (%)																2,1	6,8
ALUMÍNIO			1,6													0,0	0,0
Perc (%)																0,0	0,0
CAL			0,76	1175												893,0	893,0
Perc (%)																3,7	3,7
TOTAL CO2 (kg)			462,1	5451,6	489,9	429,3	168,1	2850,9	2598,6	544,5	353,3	5572,3	0,0	345,4	24234,6		
% CO2			1,9	22,5	2,0	1,8	0,7	11,8	10,7	2,2	1,5	23,0	0,0	1,4	79,5		
kg CO2/m²			7,3	86,5	7,8	6,8	2,7	45,3	41,2	8,6	5,6	88,4	0,0	5,5	384,7		

APÊNDICE P – PLANILHA 1 – CASA MODELO 3 - Cálculo do Consumo de Energia na Fase Pré-operacional e Energia Embutida Total

DESCRIÇÃO Prest.	DESCRIÇÃO Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE I/Mkg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE setor	% da EE Inicial	Fator de reposição	EE minut	EE minut setor	Equipos.	
SERVIÇOS PRÉ-DESCRIÇÃO - Materiais																							
	Limpeza do terreno	m ²	630,00																				
Equipamento	Graxa	kg	0,00				1,26	80,00	100,80	0,13	0,16	0,00	0,00	0,26	0,00	100,96						100,96	
Equipamento	Óleo diesel	l	0,26	165,06			165,06	33,00	5446,98	0,13	21,46	0,00	0,00	0,26	0,00	5468,44						5468,44	
Locação da obra																							
	Aço - Arame galvanizado (bitola: 16 BWG)	kg	0,02	9,50			9,50	33,80	321,10	0,13	1,24	0,10	32,11	0,26	0,25	354,69							
	Aço - Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,01	5,70			5,70	31,00	176,70	0,13	0,74	0,10	17,67	0,26	0,15	195,26							
	Madeira - Pontalete 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	0,04	19,00	0,0142	720	10,21	0,50	5,10	0,13	1,33	0,15	0,77	0,26	0,40	7,59							
	Madeira - Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x9 " / tipo de madeira: cedrinho)	m ²	0,09	42,75	0,1418	720	102,06	0,50	51,03	0,13	13,27	0,15	7,65	0,26	3,98	75,93							
Tapume de tábuas de pinho c/abertura e portão																							
	Aço - Arame galvanizado	kg	0,50	75,90			75,90	31,00	2352,90	0,13	9,87	0,10	235,29	0,26	1,97	2600,03							
	Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,30	45,54			45,54	31,00	1411,74	0,13	5,92	0,10	141,17	0,26	1,18	1560,02							
	Pontalete 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	3,15	478,17	0,3060	720	220,34	0,50	110,17	0,13	28,64	0,15	16,53	0,26	8,59	163,93							
	Ripa 10x50mm	m	3,30	500,94	0,0025	720	1,80	0,50	0,90	0,13	0,23	0,15	0,14	0,26	0,07	1,34							
	Madeira - Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m ²	1,10	166,98	1,2857	720	925,74	0,50	462,87	0,13	120,35	0,15	69,43	0,26	36,10	688,75							
Abrigo provisório de madeira executado na obra para alojamento e dep.																							
	Areia lavada tipo média	m ³	0,06	3,18	1515		4814,67	0,05	240,73	0,13	625,91	0,50	120,37	0,26	625,91	1612,91							
	Pedra britada 1	m ³	0,06	2,93	1650		4827,90	0,15	724,19	0,13	627,63	0,40	289,67	0,26	502,10	2143,59							
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	18,76	938,00			938,00	4,20	3939,60	0,13	121,94	0,40	1575,84	0,26	97,55	5734,93							
	Chapa compensada resinada (espessura: 12,00 mm)	m ²	1,18	59,00	0,7080	720	509,76	8,00	4078,08	0,13	66,27	0,15	611,71	0,26	19,88	4775,94							
	Pregos (tipo de prego: 15x15)	kg	0,20	10,00			10,00	31,00	310,00	0,13	1,30	0,10	31,00	0,26	0,26	342,56							
	Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,80	40,00			40,00	31,00	1240,00	0,13	5,20	0,10	124,00	0,26	1,04	1370,24							
	Pontalete 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	4,39	219,50	0,1405	720	101,15	0,50	50,57	0,13	13,15	0,15	7,59	0,26	3,94	75,25							
	Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x6 " / tipo de madeira: cedro)	m ²	2,11	105,50	2,6797	720	1929,38	0,50	964,69	0,13	250,82	0,15	144,70	0,26	75,25	1435,46							
	Viga (largura: 60,00 mm / altura: 120,00 mm / tipo de madeira: peroba)	m	1,37	68,50	0,4932	720	355,10	0,50	177,55	0,13	46,16	0,15	26,63	0,26	13,85	264,20							
	Cumeeira para telha de fibrocimento - articulada inferior para telha tipo vogatex e fibrotex	un	0,25	12,50	0,0125	1920	24,00	6,00	144,00	0,13	3,12	0,10	14,40	0,26	0,62	162,14							
	Telha de fibrocimento ondulada - tipo vogatex e fibrotex (espessura: 4 mm / largura útil: 450 mm / largura nominal: 506 mm / vão livre: 1,15 m)	m ²	1,19	59,50			595,00	6,00	3570,00	0,13	77,35	0,10	357,00	0,26	15,47	4019,82							
	BETONEIRA, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), capacidade 350 l - vida útil 5.000 h	h prod	0,02	1,23			1,84	3,60	6,62	0,13	0,24	0,00	0,00	0,26	0,00	6,85						6,85	
	Madeira ; Bandjeja salva-vidas c/ tábuas de pinho	m	135,00	135,00	0,0007	720	0,49	0,50	0,24	0,13	0,06	0,15	0,04	0,26	0,02	0,36							
Total									25886,57		2042,35		3823,71		1408,59	33161,22	33161,22	0,16		0,00	0,00	5576,25	

DESCRIÇÃO Parâs	DESCRIÇÃO Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE/M/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE autor	% da EE inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut autor	Equipm.
ESTRUTURA																						
Infra-estrutura																						
	Escavação manual de valas em terra até 2,00m	m³	150,00																			
	Reaterro apiloado de valas	m³	150,00																			
	Madeira - Tábuas de pinho p/ fundações utilização 5 vezes = 15mm	m²	310,00	310,00	4,6500	600	2790,00	0,50	1395,00	0,13	362,70	0,15	209,25	0,26	108,81	2075,76						
	Aço - Armadura CA-50 media diam. 6,35 a 9,52mm (1/4 a 3/8')	kg	9760,00	9760,00			9760,00	31,00	302560,00	0,13	1268,80	0,10	30256,00	0,26	253,76	334338,56						
	Impermeabilização de baldrame c/igoi - 3d.	m²	250,00	750,00	127,5000	1	175,95	96,00	16891,20	0,13	22,87	0,15	2533,68	0,26	6,86	19454,62						
	Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15,0 MPa	m³	130,00																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,89	115,31	1515		174694,65	0,05	8734,73	0,13	22710,30	0,50	4367,37	0,26	22710,30	58522,71						
	Pedra britada 1	m³	0,84	108,68	1650		179322,00	0,15	26888,30	0,13	23311,86	0,40	10759,32	0,26	18649,49	79618,97						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	294,00	38220,00			38220,00	4,20	160524,00	0,13	4968,60	0,40	64209,60	0,26	3974,88	233677,08						
Equipamento	Energia Elétrica - Betoneira	kWh	1,50	195,00			292,50	3,60	1053,00	0,13	38,03	0,00	0,00	0,26	0,00	1091,03						1091,03
	Lançamento e aplicação de concreto em fundação	m³	130,00																			
Equipamento	Energia Elétrica - vibrador	h prod	0,35	45,50			68,25	3,60	245,70	0,13	8,87	0,00	0,00	0,26	0,00	254,57						254,57
Super-estrutura																						
	Forma c/chapa compensada resinada 12mm, utilização 3 vezes	m²	3120,00	3120,00	37,4400	720	26956,80	8,00	215654,40	0,13	3504,38	0,15	32348,16	0,26	1051,32	252558,26						
	Armadura CA-50 média diam 6,25 a 9,52mm (1/4 a 3/8')	kg	38230,00	38230,00			38230,00	31,00	1185130,00	0,13	4969,90	0,10	118513,00	0,26	993,98	1309606,88						
	Armadura CA-60 média diam 6,40 a 9,50mm	kg	5120,00	5120,00			5120,00	31,00	158720,00	0,13	665,60	0,10	15872,00	0,26	133,12	175390,72						
	Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15,0 mpa	m³	390,00																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,89	345,93	1515		524083,95	0,05	26204,20	0,13	68130,91	0,15	3930,63	0,26	20439,27	118705,01						
	Pedra britada 1	m³	0,84	326,04	1650		537966,00	0,15	80694,90	0,13	69935,58	0,50	40347,45	0,26	69935,58	260913,51						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	294,00	114660,00			114660,00	4,20	481572,00	0,13	14905,80	0,40	192628,80	0,26	11924,64	701031,24						
Equipamento	Energia Elétrica - Betoneira	kWh	1,50	585,00			877,50	3,60	3159,00	0,13	114,08	0,40	1263,60	0,26	91,26	4627,94						4627,94
	Lançamento e aplicação de concreto em estrutura	m³	390,00																			
Equipamento	Energia Elétrica - vibrador	h prod	0,35	136,50			204,75	3,60	737,10	0,13	26,62	0,00	0,00	0,26	0,00	763,72						763,72
	Laje pré-fabricada p/forros espessura 10cm	m²	475,00																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,03	14,49	1515		21948,56	0,05	1097,43	0,13	2853,31	0,15	164,61	0,26	855,99	4971,35						
	Pedra britada 1	m³	0,01	3,28	1650		5407,88	0,15	811,18	0,13	703,02	0,50	405,59	0,26	703,02	2622,82						
	Pedra britada 2	m³	0,02	9,83	1650		16223,63	0,15	2433,54	0,13	2109,07	0,50	1216,77	0,26	2109,07	7868,46						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	9,00	4275,00			4275,00	4,20	17955,00	0,13	555,75	0,40	7182,00	0,26	444,60	26137,35						
	Aço - Barra de aço CA-50 1/4" (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	kg	1,89	897,75			897,75	31,00	27830,25	0,13	116,71	0,10	2783,03	0,26	23,34	30753,32						
	Ceram. vermelha - Laje pré-fabricada convencional paraforro (espessura: 80 mm / vão livre: 3,00 m / peso próprio: 155 Kg/m² / sobrecarga: 50 Kg/m²)	m²	1,00	475,00			73625,00	2,90	213512,50	0,13	9571,25	0,15	32026,88	0,26	2871,38	257982,00						
	Aço - Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,03	14,25			14,25	31,00	441,75	0,13	1,85	0,10	44,18	0,26	0,37	488,15						
	Madeira - Pontaleta 3a. construção (seção transversal: 3x3" / tipo de madeira: cedro)	m	1,71	812,25	0,5198	720	374,28	0,50	187,14	0,13	48,66	0,15	28,07	0,26	14,60	278,47						
	Madeira - Sarrafo 3a. construção (seção transversal: 1x4" / tipo de madeira: cedro)	m	0,97	460,75	1,1887	720	855,89	0,50	427,94	0,13	111,27	0,15	64,19	0,26	33,38	636,78						
	Madeira - Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x12" / tipo de madeira: cedrinho)	m	0,56	266,00	2,0588	720	1482,36	0,50	741,18	0,13	192,71	0,15	111,18	0,26	57,81	1102,88						
Equipamento	Energia elétrica - Betoneira	kWh	1,50	712,50			1068,75	3,60	3847,50	0,13	138,94	0,00	0,00	0,26	0,00	3986,44						3986,44
	Laje pré-fabricada p/pisos espessura 12cm	m²	4230,00																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,05	206,85	1515		313373,21	0,05	15668,66	0,13	40738,52	0,15	2350,30	0,26	12221,55	70979,03						
	Pedra britada 1	m³	0,01	46,95	1650		77472,45	0,15	11620,87	0,13	10071,42	0,50	5810,43	0,26	10071,42	37574,14						
	Pedra britada 2	m³	0,03	140,44	1650		231719,40	0,15	34757,91	0,13	30123,52	0,50	17378,96	0,26	30123,52	112383,91						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	15,00	63450,00			63450,00	4,20	266490,00	0,13	8248,50	0,40	106596,00	0,26	6598,80	387933,30						
	Barra de aço CA-50 1/4" (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	kg	1,89	7994,70			7994,70	31,00	247835,70	0,13	1039,31	0,10	24783,57	0,26	207,86	273866,44						
	Laje pré-fabricada convencional parapiso ou cobertura (espessura: 80 mm / vão livre: 3,50 m / peso próprio: 205 Kg/m² / sobrecarga: 150 Kg/m²)	m²	1,00	4230,00			655650,00	2,90	1901385,00	0,13	85234,50	0,15	285207,75	0,26	25570,35	2297397,60						
	Prego (tipo de prego: 18x27)	kg	0,03	126,90			126,90	31,00	3933,90	0,13	16,50	0,10	393,39	0,26	3,30	4347,09						
	Pontaleta 3a. construção (seção transversal: 3x3" / tipo de madeira: cedro)	m	1,71	7233,30	4,6293	720	3333,10	0,50	1666,55	0,13	433,30	0,15	249,98	0,26	129,99	2479,83						
	Sarrafo 3a. construção (seção transversal: 1x4" / tipo de madeira: cedro)	m	0,97	4103,10	10,5860	720	7621,92	0,50	3810,96	0,13	990,85	0,15	571,64	0,26	297,25	5670,71						
	Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x12" / tipo de madeira: cedrinho)	m	0,56	2368,80	18,3345	720	13200,85	0,50	6600,42	0,13	1716,11	0,15	990,06	0,26	514,83	9821,43						
Equipamento	BETONEIRA, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), capacidade 350 l - vida útil 5.000 h	h prod	0,01	59,22			88,83	3,60	319,79	0,13	11,55	0,00	0,00	0,26	0,00	331,34						331,34
Total									5433548,71		409971,52		1005597,44		243125,72	7092243,39	7092243,39	33,35		0,00	0,00	11055,02

DESCRICO	DESCRICO	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE/M/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE autor	% da EE inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut autor	Equipm.	
ALVENARIA																							
Paredes e painéis																							
Tijolos maciços c/argamassa mista c/cal hidratada esp.5cm	m²	220,00																					
Tijolos maciços	unid.	46,00	101200,00	9,8640	1900	18741,53	5,40	101204,27	0,13	2436,40	0,15	15180,64	0,26	730,92	119552,23								
Argamassa mista 1:2:8	m³	1,78																					
Areia lavada tipo média	m³	1,22	2,17	1515		3282,87	0,05	164,14	0,13	426,77	0,15	24,62	0,26	128,03	743,57								
Cal hidratada CH III	kg	182,00	324,32			324,32	3,00	972,97	0,13	42,16	0,15	145,95	0,26	12,65	1173,73								
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	182,00	324,32			324,32	4,20	1362,16	0,13	42,16	0,40	544,86	0,26	33,73	1982,92								
Equipamento Energia elétrica	kW	1,00	1,78			2,67	3,60	9,62	0,13	0,35	0,00	0,00	0,26	0,00	9,97							9,97	
Blocos cerâmicos 8 furos 10x20x20cm.arg.mista c/cal hidrat.esp.10cm	m²	9580,00																					
blocos cerâmicos	unid.	25,00	239500,00	395,8935	2300	910555,05	2,90	2640609,65	0,13	118372,16	0,15	396091,45	0,26	35511,65	3190584,90								
Argamassa mista 1:2:8	m³	77,60																					
Areia lavada tipo média	m³	1,22	94,36	1515		142954,14	0,05	71147,71	0,13	18584,04	0,15	1072,16	0,26	5575,21	32379,11								
Cal hidratada CH III	kg	182,00	14122,84			14122,84	3,00	42368,51	0,13	1835,97	0,15	6355,28	0,26	550,79	51110,54								
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	182,00	14122,84			14122,84	4,20	59315,91	0,13	1835,97	0,40	23726,36	0,26	1468,77	86347,02								
Equipamento Energia elétrica	kW	1,00	77,60			116,40	3,60	419,03	0,13	15,13	0,00	0,00	0,26	0,00	434,16							434,16	
Blocos cerâmicos 8 furos 10x20x20cm.arg.mista c/cal hidrat.esp.20cm	m²	2610,00																					
blocos cerâmicos	unid.	47,00	122670,00	202,7735	2300	466379,07	2,90	1352499,31	0,13	60629,28	0,15	202874,90	0,26	18188,78	1634192,27								
Argamassa mista 1:2:8	m³	44,37																					
Areia lavada tipo média	m³	1,22	53,95	1515		81740,19	0,05	4087,01	0,13	10626,22	0,15	613,05	0,26	3187,87	18514,15								
Cal hidratada CH III	kg	182,00	8075,34			8075,34	3,00	24226,02	0,13	1049,79	0,15	3633,90	0,26	314,94	29224,66								
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	182,00	8075,34			8075,34	4,20	33916,43	0,13	1049,79	0,40	13566,57	0,26	839,84	49372,63								
Equipamento Energia elétrica	kW	1,00	44,37			66,56	3,60	239,60	0,13	8,65	0,00	0,00	0,26	0,00	248,25							248,25	
Verga reta de concreto	m³	58,00																					
Areia lavada tipo média	m³	0,93	54,11	1515		81982,71	0,05	4099,14	0,13	10657,75	0,15	614,87	0,26	3197,33	18569,08								
Pedra britada 1	m³	0,21	12,12	1650		3000,20	0,15	3000,20	0,13	2600,17	0,50	1500,10	0,26	2600,17	9700,63								
Pedra britada 2	m³	0,63	36,37	1650		60003,90	0,15	9000,59	0,13	7800,51	0,50	4500,29	0,26	7800,51	29101,89								
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	268,00	15544,00			15544,00	4,20	65284,80	0,13	2020,72	0,40	26113,92	0,26	1616,58	95036,02								
0,617 kg/m)	kg	69,00	4002,00			4002,00	31,00	124062,00	0,13	520,26	0,10	12406,20	0,26	104,05	137092,51								
Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	1,20	69,60			69,60	31,00	2157,60	0,13	9,05	0,10	215,76	0,26	1,81	2384,22								
Prego (tipo de prego: 18x27)	kg	2,13	123,54			123,54	31,00	3829,74	0,13	16,06	0,10	382,97	0,26	3,21	4231,99								
Pontalete 3a. construção (seção transversal: 3x3 " / tipo de madeira: cedro)	m	32,00	1856,00	1,1878	720	855,24	0,50	427,62	0,13	111,18	0,15	64,14	0,26	33,35	636,30								
Sarrafo aparelhado (seção transversal: 1x4 " / tipo de madeira: pinho)	m	16,30	945,40	2,4391	720	1756,18	0,50	878,09	0,13	228,30	0,15	131,71	0,26	68,49	1306,59								
Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m²	10,00	580,00	4,4892	720	3232,22	0,50	1616,11	0,13	420,19	0,15	242,42	0,26	126,06	2404,77								
BETONEIRA, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), capacidade 350 l - vida útil 5.000 h	h prod	0,35	20,30			30,45	3,60	109,62	0,13	3,96	0,00	0,00	0,26	0,00	113,58							113,58	
Revestimento de paredes																							
Chapisco c/argamassa de cimento e areia s/peneirar 1:3	m²	24820,00																					
Areia lavada tipo média	m³	0,01	150,91	1515		228621,98	0,05	11431,10	0,13	29720,86	0,15	1714,66	0,26	8916,26	51782,88								
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	2,43	60312,60			60312,60	4,20	253312,92	0,13	7840,64	0,40	101325,17	0,26	6272,51	368751,24								
Emboço c/arg mista cimento cal hydr. areia s/peneirar 1:2:9	m²	24820,00																					
Areia lavada tipo média	m³	0,02	603,62	1515		914487,94	0,05	45724,40	0,13	118883,43	0,15	6858,66	0,26	35665,03	207131,52								
Cal hidratada CH III	kg	3,24	80416,80			80416,80	3,000	241250,40	0,13	10454,18	0,15	36187,56	0,13	1568,13	289460,27								
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	3,24	80416,80			80416,80	4,20	337750,56	0,13	10454,18	0,40	135100,22	0,26	8363,35	491668,32								
Reboco c/argamassa pré-fabricada	m²	1150,00																					
Argamassa	kg	8,50	9775,00			9775,00	5,20	50830,00	0,13	1270,75	0,40	20332,00	0,26	1016,60	73449,35								
Equipamento Misturador 3HP (2,2Kw)	h prod	0,004	4,60			10,12	3,60	36,43	0,13	1,32	0,00	0,00	0,26	0,00	37,75								
Azulejos junta amarr. c/arg. mista cim. cal hydr. areia 1:2:8	m²	2230,00																					
Azulejo	m²	1,10	2453,00	14,7180	2083	30657,59	6,20	190077,08	0,13	3985,49	0,15	28511,56	0,26	1195,65	223769,78								
Argamassa de assentamento	m³	44,60																					
Areia lavada tipo média	m³	1,22	54,23	1515		82163,90	0,05	4108,20	0,13	10681,31	0,15	616,23	0,26	3204,39	18610,12								
Cal hidratada CH III	kg	182,00	8117,20			8117,20	3,00	24351,60	0,13	1055,24	0,15	3652,74	0,26	316,57	29376,15								
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	182,00	8117,20			8117,20	4,20	34092,24	0,13	1055,24	0,40	13636,90	0,26	844,19	49628,56								
Cimento branco não estrutural	kg	0,25	11,15			11,15	4,20	46,83	0,13	1,45	0,40	18,73	0,26	1,16	68,17								
Equipamento Energia elétrica	kW	1,00	44,60			66,90	3,60	240,84	0,13	8,70	0,00	0,00	0,26	0,00	249,54							249,54	
Pastilhas de porcelana c/arg. mista cim cal hydr. areia,1:3:9	m²	2610,00																					
Pastilha de porcelana	m²	1,10	2871,00	17,2260	2100	36174,60	6,20	224282,52	0,13	4702,70	0,15	33642,38	0,26	1410,81	264038,41								
Argamassa de assentamento	m³	65,25																					
Areia lavada tipo média	m³	0,94	61,01	1515		92428,26	0,05	4621,41	0,13	12015,67	0,15	693,21	0,26	3604,70	20935,00								
Cal hidratada CH III	kg	243,00	15855,75			15855,75	3,00	47567,25	0,13	2061,25	0,15	7135,09	0,26	618,37	57381,96								
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	162,00	10570,50			10570,50																	

DESCRIÇÃO Paras	DESCRIÇÃO Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE Mat/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdicio	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE autor	% da EE inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut autor	Equipm.
ESQUADRIAS																						
Esquadrias de madeira																						
	Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,60 x 2,10m	Un.	96,00																			
	Porta lisa de madeira encaixada (espessura: 35 mm / largura: 0,60 m / altura: 2,10 m / tipo de madeira: IMBUÍIA)	un	1,00	96,00	4,2336	720	3048,19	3,50	10668,67	0,13	396,26	0,15	1600,30	0,13	59,44	12724,68			1,00	12724,68		
	Areia lavada tipo média	m³	0,01	1,02	1515		1541,66	0,05	77,08	0,13	200,42	0,15	11,56	0,26	60,12	349,19			1,00	349,19		
	Cal hidratada CH III	kg	1,72	165,12			165,12	3,00	495,36	0,13	21,47	0,15	74,30	0,26	6,44	597,57			1,00	597,57		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,72	165,12			165,12	4,20	693,50	0,13	21,47	0,40	277,40	0,26	17,17	1009,54			1,00	1009,54		
	Aço - Pregos (tipo de prego: 16x24)	kg	0,25	24,00			24,00	31,00	744,00	0,13	3,12	1,40	1041,60	0,26	8,74	1797,46			1,00	1797,46		
	Aço - Parafuso madeira cabeça chata fenda simples - zincado branco (comprimento: 90 mm / diâmetro nominal: 6,10 mm)	un	8,00	768,00			3,84	37,50	144,00	0,13	0,50	0,10	14,40	0,26	0,10	159,00			1,00	159,00		
	Madeira - Taco de madeira para instalação de portas e janelas (espessura: 15,00 mm / largura: 50,00 mm / altura: 60,00 mm / tipo de madeira: peroba)	un	6,00	576,00	0,7776	720	559,87	3,50	1959,55	0,13	72,78	0,15	293,93	0,26	21,84	2348,10			1,00	2348,10		
	Madeira - Batente de madeira para porta de 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 35,00 mm / largura: 140,00 mm / tipo de madeira: PEROBA / perimetro: 5,40 m)	un	1,00	96,00	2,4960	720	1797,12	3,50	6289,92	0,13	233,63	0,15	943,49	0,26	70,09	7537,12			1,00	7537,12		
	Madeira - Guarnição de madeira para porta 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 10,00 mm / largura: 50,00 mm / tipo de madeira: PEROBA)	un	2,00	192,00	0,5184	720	373,25	3,50	1306,37	0,13	48,52	0,15	195,96	0,26	14,56	1565,40			1,00	1565,40		
	Aço - Dobradilha de ferro para porta - leve pino solto (largura: 2 1/2 " / altura: 3 ")	un	3,00	288,00	0,0518	7870	407,98	37,50	15299,28	0,13	53,04	0,00	0,00	0,26	0,00	15352,32			1,00	15352,32		
	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm / extremidades testa e contra testa: RETAS / tipo de fechadura: CILINDRO / tipo de guarnição: ESPELHO / tipo de maçaneta: ALAVANCA)	un	1,00	96,00	0,0960	8500	816,00	55,00	44880,00	0,13	106,08	0,00	0,00	0,26	0,00	44986,08			1,00	44986,08		
	Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,70 x 2,10m	Un.	128,00																			
	Porta lisa de madeira encaixada (espessura: 35 mm / largura: 0,70 m / altura: 2,10 m / tipo de madeira: IMBUÍIA)	un	1,00	128,00	6,5856	720	4741,63	3,50	16595,71	0,13	616,41	0,15	2489,36	0,13	92,46	19793,94			1,00	19793,94		
	Areia lavada tipo média	m³	0,01	1,36	1515		2055,55	0,05	102,78	0,13	267,22	0,15	15,42	0,26	80,17	465,58			1,00	465,58		
	Cal hidratada CH III	kg	1,72	220,16			220,16	3,00	660,48	0,13	28,62	0,15		0,26	8,59	697,69			1,00	697,69		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,72	220,16			220,16	4,20	924,67	0,13	28,62	0,40		0,26	22,90	976,19			1,00	976,19		
	Aço - Pregos (tipo de prego: 16x24)	kg	0,25	32,00			32,00	31,00	992,00	0,13	4,16	1,40		0,26	11,65	1007,81			1,00	1007,81		
	Aço - Parafuso madeira cabeça chata fenda simples - zincado branco (comprimento: 90 mm / diâmetro nominal: 6,10 mm)	un	8,00	1024,00			5,12	37,50	192,00	0,13	0,67	0,10		0,26	0,13	192,80			1,00	192,80		
	Madeira - Taco de madeira para instalação de portas e janelas (espessura: 15,00 mm / largura: 50,00 mm / altura: 60,00 mm / tipo de madeira: peroba)	un	6,00	768,00	1,0368	720	746,50	3,50	2612,74	0,13	97,04	0,15		0,26	29,11	2738,89			1,00	2738,89		
	Madeira - Batente de madeira para porta de 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 35,00 mm / largura: 140,00 mm / tipo de madeira: PEROBA / perimetro: 5,40 m)	un	1,00	128,00	3,3280	720	2396,16	3,50	8386,56	0,13	311,50	0,15		0,26	93,45	8791,51			1,00	8791,51		
	Madeira - Guarnição de madeira para porta 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 10,00 mm / largura: 50,00 mm / tipo de madeira: PEROBA)	un	2,00	256,00	0,6912	720	497,66	3,50	1741,82	0,13	64,70	0,15		0,26	19,41	1825,93			1,00	1825,93		
	Aço - Dobradilha de ferro para porta - leve pino solto (largura: 2 1/2 " / altura: 3 ")	un	3,00	384,00	0,0691	7870	543,97	37,50	20399,04	0,13	70,72	0,00		0,26	0,00	20469,76			1,00	20469,76		
	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm / extremidades testa e contra testa: RETAS / tipo de fechadura: CILINDRO / tipo de guarnição: ESPELHO / tipo de maçaneta: ALAVANCA)	un	1,00	128,00	0,1280	8500	1088,00	55,00	59840,00	0,13	141,44	0,00		0,26	0,00	59981,44			1,00	59981,44		

DESCRIÇÃO Paras	DESCRIÇÃO Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE/M/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdício	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE autor	% da EE inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut autor	Equipm.
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,80 x 2,10m		Un.	64,00																			
	Porta lisa de madeira encabeçada (espessura: 35 mm / largura: 0,70 m / altura: 2,10 m / tipo de madeira: IMBUÍIA)	un	1,00	64,00	3,7632	720	2709,50	3,50	9483,26	0,13	352,24	0,15	1422,49	0,13	52,84	11310,82			1,00	11310,82		
	Areia lavada tipo média	m³	0,01	0,68	1515		1027,78	0,05	51,39	0,13	133,61	0,15		0,26	40,08	225,08			1,00	225,08		
	Cal hidratada CH III	kg	1,72	110,08			110,08	3,00	330,24	0,13	14,31	0,15		0,26	4,29	348,84			1,00	348,84		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,72	110,08			110,08	4,20	462,34	0,13	14,31	0,40		0,26	11,45	488,09			1,00	488,09		
	Aço - Pregos (tipo de prego: 16x24)	kg	0,25	16,00			16,00	31,00	496,00	0,13	2,08	0,40		0,26	1,66	499,74			1,00	499,74		
	Aço - Parafuso madeira cabeça chata fenda simples - zincado branco (comprimento: 90 mm / diâmetro nominal: 6,10 mm)	un	8,00	512,00			2,56	37,50	96,00	0,13	0,33	0,10		0,26	0,07	96,40			1,00	96,40		
	Madeira - Taco de madeira para instalação de portas e janelas (espessura: 15,00 mm / largura: 50,00 mm / altura: 60,00 mm / tipo de madeira: peroba)	un	6,00	384,00	0,5184	720	373,25	3,50	1306,37	0,13	48,52	0,15	195,96	0,26	14,56	1565,40			1,00	1565,40		
	Madeira - Batente de madeira para porta de 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 35,00 mm / largura: 140,00 mm / tipo de madeira: PEROBA / perimetro: 5,40 m)	un	1,00	64,00	1,6640	720	1198,08	3,50	4193,28	0,13	155,75	0,15	628,99	0,26	46,73	5024,75			1,00	5024,75		
	Madeira - Guarnição de madeira para porta 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 10,00 mm / largura: 50,00 mm / tipo de madeira: PEROBA)	un	2,00	128,00	0,3456	720	248,83	3,50	870,91	0,13	32,35	0,15	130,64	0,26	9,70	1043,60			1,00	1043,60		
	Aço - Dobradiça de ferro para porta - leve pino solto (largura: 2 1/2 " / altura: 3 ")	un	3,00	192,00	0,0346	7870	271,99	37,50	10199,52	0,13	35,36	0,00	0,00	0,26	0,00	10234,88			1,00	10234,88		
	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm / extremidades testa e contra testa: RETAS / tipo de fechadura: CILINDRO / tipo de guarnição: ESPELHO / tipo de maçaneta: ALAVANCA)	un	1,00	64,00	0,0640	8500	544,00	55,00	29920,00	0,13	70,72	0,00	0,00	0,26	0,00	29990,72			1,00	29990,72		
Porta interna de cedro lisa completa uma folha 0,90 x 2,10m		Un.	64,00																			
	Porta lisa de madeira encabeçada (espessura: 35 mm / largura: 0,90 m / altura: 2,10 m / tipo de madeira: IMBUÍIA)	un	1,00	64,00	4,2336	720	3048,19	3,50	10668,67	0,13	396,26	0,15	1600,30	0,13	59,44	12724,68			1,00	12724,68		
	Areia lavada tipo média	m³	0,01	0,68	1515		1027,78	0,05	51,39	0,13	133,61	0,15		0,26	40,08	225,08			1,00	225,08		
	Cal hidratada CH III	kg	1,72	110,08			110,08	3,00	330,24	0,13	14,31	0,15		0,26	4,29	348,84			1,00	348,84		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,72	110,08			110,08	4,20	462,34	0,13	14,31	0,40		0,26	11,45	488,09			1,00	488,09		
	Aço - Pregos (tipo de prego: 16x24)	kg	0,25	16,00			16,00	31,00	496,00	0,13	2,08	0,40		0,26	1,66	499,74			1,00	499,74		
	Aço - Parafuso madeira cabeça chata fenda simples - zincado branco (comprimento: 90 mm / diâmetro nominal: 6,10 mm)	un	8,00	512,00			2,56	37,50	96,00	0,13	0,33	0,10		0,26	0,07	96,40			1,00	96,40		
	Madeira - Taco de madeira para instalação de portas e janelas (espessura: 15,00 mm / largura: 50,00 mm / altura: 60,00 mm / tipo de madeira: peroba)	un	6,00	384,00	0,5184	720	373,25	3,50	1306,37	0,13	48,52	0,15	195,96	0,26	14,56	1565,40			1,00	1565,40		
	Madeira - Batente de madeira para porta de 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 35,00 mm / largura: 140,00 mm / tipo de madeira: PEROBA / perimetro: 5,40 m)	un	1,00	64,00	1,6640	720	1198,08	3,50	4193,28	0,13	155,75	0,15	628,99	0,26	46,73	5024,75			1,00	5024,75		
	Madeira - Guarnição de madeira para porta 1 folha - vao de ate 0,90 x 2,10m (espessura: 10,00 mm / largura: 50,00 mm / tipo de madeira: PEROBA)	un	2,00	128,00	0,3456	720	248,83	3,50	870,91	0,13	32,35	0,15	130,64	0,26	9,70	1043,60			1,00	1043,60		
	Aço - Dobradiça de ferro para porta - leve pino solto (largura: 2 1/2 " / altura: 3 ")	un	3,00	192,00	0,0346	7870	271,99	37,50	10199,52	0,13	35,36	0,00	0,00	0,26	0,00	10234,88			1,00	10234,88		
	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm / extremidades testa e contra testa: RETAS / tipo de fechadura: CILINDRO / tipo de guarnição: ESPELHO / tipo de maçaneta: ALAVANCA)	un	1,00	64,00	0,0640	8500	544,00	55,00	29920,00	0,13	70,72	0,00	0,00	0,26	0,00	29990,72			1,00	29990,72		

DESCRICOES Paras	DESCRICOES Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE/M/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Desperdicio	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE autor	% da EE inicial	Fator de reposicao	EE manut	EE manut autor	Equipm.
Esquadrias metálicas																						
	Porta corta-fogo uma folha 0,90 x 2,10m	un	16,00	16,00	127,5000		2040,00	5,60	11424,00	0,13	265,20	0,00	0,00	0,26	0,00	11689,20			1,00	11689,20		
	Argamassa de fixação	m³	0,02	0,28	1515		429,05	0,05	21,45	0,13	55,78	0,15	3,22	0,26	16,73	97,18			1,00	97,18		
	Areia lavada tipo média	m³	0,02	0,31	1650		512,16	0,15	76,82	0,13	66,58	0,50	38,41	0,26	66,58	248,40			1,00	248,40		
	Pedra britada 1	kg	8,70	139,20			139,20	4,20	584,64	0,13	18,10	0,40	233,86	0,26	14,48	851,07			1,00	851,07		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	40,00																1,00			
	Grades de ferro de proteção	m²	0,01	0,39	1515		587,82	0,05	29,39	0,13	76,42	0,15	4,41	0,26	22,92	133,14			1,00	133,14		
	Areia lavada tipo média	m³	2,67	106,80			106,80	4,20	448,56	0,13	13,88	0,40	179,42	0,26	11,11	652,98			1,00	652,98		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,00	40,00	0,1048	7870	824,78	31,00	25568,06	0,13	107,22	0,10	2566,81	0,26	21,44	28253,53			1,00	28253,53		
	GRADE de ferro fixo, sob encomenda	m²	410,00																1,00			
	Caixilho de alumínio de correr	m²	0,00	2,01	1515		3043,64	0,05	152,18	0,13	395,67	0,15	22,83	0,26	118,70	689,38			1,00	689,38		
	Areia lavada tipo média	m³	1,94	795,40			795,40	4,20	3340,68	0,13	103,40	0,40	1336,27	0,26	82,72	4863,08			1,00	4863,08		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1,00	410,00	1,0742	7870	8453,95	98,20	830178,28	0,13	1099,01	0,10	83017,83	0,26	219,80	914514,93			1,00	914514,93		
	Caixilho de Alumínio, sob encomenda	m²	270,00	270,00	1,0800	7869	8498,52	18,50	157222,62	0,13	1104,81	0,05	7861,13	0,26	110,48	166299,04			1,00	166299,04		
	Vidros	m²	136,00	136,00	0,4080	7870	3210,96	18,50	59402,76	0,13	417,42	0,05	2970,14	0,26	41,74	62832,07			1,00	62832,07		
	Vidro fantasia 3,0mm	kg	2,00	406,00			406,00	60,00	24360,00	0,13	52,78	0,15	3654,00	0,26	15,83	28082,61			1,00	28082,61		
	Massa para vidro comum	Cj.	2,00																			
	Porta de vidro temperado 10mm 1 folha 900x2100mm	un	4,00	8,00	0,0007	7870	5,67	40,00	226,66	0,13	0,74	0,00	0,00	0,26	0,00	227,39			1,00	227,39		
	Dobradiça inferior e superior	un	1,00	2,00	0,0010	8500	8,50	55,00	467,50	0,13	1,11	0,00	0,00	0,26	0,00	468,61			1,00	468,61		
	Fechadura central com 2 cilindros (1521)	un	2,00	4,00	0,0004	7870	2,83	55,00	155,83	0,13	0,37	0,00	0,00	0,26	0,00	156,19			1,00	156,19		
	Mola hidráulica (1012)	un	2,00	4,00	0,0004	7870	2,83	55,00	155,83	0,13	0,37	0,00	0,00	0,26	0,00	156,19			1,00	156,19		
	Trinco inferior (1502)	un	2,00	4,00	0,0004	7870	2,83	40,00	113,33	0,13	0,37	0,00	0,00	0,26	0,00	113,70			1,00	113,70		
	Vidro temperado (espessura: 10,00 mm / cor: INCOLOR / textura: LISA)	m²	1,89	3,78	0,0038	2500	9,45	18,50	174,83	0,13	1,23	0,05	8,74	0,26	0,12	184,92			1,00	184,92		
	Porta de vidro temperado 10mm 2 folhas 1800x2100mm	Cj.	1,00																			
	Dobradiça inferior e superior	un	4,00	8,00	0,0007	7870	5,67	40,00	226,66	0,13	0,74	0,00	0,00	0,26	0,00	227,39			1,00	227,39		
	Fechadura central com 2 cilindros (1521)	un	1,00	2,00	0,0010	8500	8,50	55,00	467,50	0,13	1,11	0,00	0,00	0,26	0,00	468,61			1,00	468,61		
	Mola hidráulica (1012)	un	2,00	4,00	0,0004	7870	2,83	55,00	155,83	0,13	0,37	0,00	0,00	0,26	0,00	156,19			1,00	156,19		
	Trinco inferior (1502)	un	2,00	4,00	0,0004	7870	2,83	40,00	113,33	0,13	0,37	0,00	0,00	0,26	0,00	113,70			1,00	113,70		
	Vidro temperado (espessura: 10,00 mm / cor: INCOLOR / textura: LISA)	m²	3,78	7,56	0,0076	2500	18,90	18,50	349,65	0,13	2,46	0,05	17,48	0,26	0,25	369,84			1,00	369,84		
	Porta 2 fls.c.bandeira e fixo 2 fls.de vidro temp. 3600x2900mm	Cj.	1,00																			
	Dobradiça inferior e superior	un	4,00	8,00	0,0007	7870	5,67	40,00	226,66	0,13	0,74	0,00	0,00	0,26	0,00	227,39			1,00	227,39		
	Fechadura central com 2 cilindros (1521)	un	1,00	2,00	0,0010	8500	8,50	55,00	467,50	0,13	1,11	0,00	0,00	0,26	0,00	468,61			1,00	468,61		
	Mola hidráulica (1012)	un	2,00	4,00	0,0004	7870	2,83	55,00	155,83	0,13	0,37	0,00	0,00	0,26	0,00	156,19			1,00	156,19		
	Trinco inferior (1502)	un	2,00	4,00	0,0004	7870	2,83	40,00	113,33	0,13	0,37	0,00	0,00	0,26	0,00	113,70			1,00	113,70		
	Vidro temperado (espessura: 10,00 mm / cor: INCOLOR / textura: LISA)	m²	10,44	10,44	0,0104	2500	26,10	18,50	482,85	0,13	3,39	0,05	24,14	0,26	0,34	510,72			1,00	510,72		
	Contraplaca de fechadura central (1504)	un	2,00	2,00	0,0010	8500	8,50	55,00	467,50	0,13	1,11	0,00	0,00	0,26	0,00	468,61			1,00	468,61		
	Facão simples para lateral e bandeira 1209	un	2,00	2,00	0,0010	8500	8,50	55,00	467,50	0,13	1,11	0,00	0,00	0,26	0,00	468,61			1,00	468,61		
	Total								1417982,60		7948,60		112220,06		1669,53	1534920,44	1534920,44	7,22	#####	1534920,44	0,00	
COBERTURA																						
Telhado																						
	Estruturas de madeira para telha de fibrocimento ondulada vão 10m	m²	480,00																			
	Aço - Pregos (tipo de prego: 18x27)	kg	0,08	38,40			38,40	31,00	1190,40	0,13	4,99	0,10	119,04	0,26	1,00	1315,43			1,00	1315,43		
	Madeira (tipo de madeira: peroba)	m³	0,01	4,08	720		2937,60	0,50	1468,80	0,13	381,89	0,15	220,32	0,26	114,57	2185,57			1,00	2185,57		
	Telha de fibrocimento vogatex inclinação 27% (18kg/m2)	m²	1,19	569,28			10247,04	6,00	61482,24	0,13	1332,12	0,10	6148,22	0,26	266,42	69229,00			1,00	69229,00		
	Cumeleira articulada de fibrocimento p/telha vogatex	m	0,14	66,19			78,64	6,00	471,82	0,13	10,22	0,10	47,18	0,26	2,04	531,27			1,00	531,27		
	Forro																					
	Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:3	m²	4340																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,06	260,40	1515		394506,00	0,05	19725,30	0,13	51285,78	0,15	2958,80	0,26	15385,73	89355,61						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	2,43	10546,20			10546,20	4,20	44294,04	0,13	1371,01	0,40	17717,62	0,26	1096,80	64479,47						
	Emboço c/arg. mista cim. cal hidr., areia s/pen 1:2:9	m²	4340																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,02	105,55	1515		159906,43	0,05	7995,32	0,13	20787,84	0,15	1199,30	0,26	6236,35	36218,81						
	Cal hidratada CH III	kg	3,24	14061,60			14061,60	3,000	42184,80	0,13	1828,01	0,15	6327,72	0,13	274,20	50614,73						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	3,24	14061,60			14061,60	4,20	59058,72	0,13	1828,01	0,40	23623,49	0,26	1462,41	85972,62						
	Reboco c/argamassa de cal hidratada 1:4:5	m²	288																			
	Areia lavada tipo média	m³	1,22	350,06	1515		530346,96	0,05	26517,35	0,13	68945,10	0,15	3977,60	0,26	20683,53	120123,59						
	Cal hidratada CH III	kg	0,81	233,28			233,28	3,00	699,84	0,13	30,33	0,15	104,98	0,26	9,10	844,24						
	Equipamento	h proc	0,02	5,04			7,56	3,60	27,22	0,13	0,98	0,00	0,00	0,26	0,00	28,20						28,20
	Impermeabilização de coberturas																					
	Manta bitulica para coberturas	m²	480,00																			
	Tinta betuminosa - primer -0,3kg/m2	m²	480,00	144,00			144,00	51,00	7344,00	0,13	18,72	0,10	734,40	0,26	3,74	8100,86			1,00	8100,86		

DESCRIÇÃO Parâmetros	DESCRIÇÃO Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE/M/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Transp.	Desperdício	EE Desp.	Transp. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE autor	% da EE inicial	Fator de reposição	EE manu	EE manu autor	Equipm.
PISOS																						
Pisos internos																						
Lastro impermeabilizado espessura 8cm		m²	480,00																			
	Lastro de Brita 3 e 4 apoiado manualmente com maço de até 30 kg	m³	0,05	24,00	1650		39600,00	0,15	5940,00	0,13	5148,00	0,50	2970,00	0,26	5148,00	19206,00						
	Tela de aço CA-60 soldada (dimensões da trama: 100 x 100 mm / tipo da malha: quadrangular / diâmetro do fio: 4,20 mm)	kg	2,20	1056,00			1056,00	31,00	32736,00	0,13	137,28	0,10	3273,60	0,26	27,46	36174,34						
	Prego (tipo de prego: 18x27)	kg	0,01	4,80			4,80	31,00	148,80	0,13	0,62	0,10	14,88	0,26	0,12	164,43						
	Tábua 3a. construção (seção transversal: 1x12 " / tipo de madeira: cedrinho)	m	0,80	384,00	2,9722	720	2139,96	0,50	1069,98	0,13	278,19	0,15	160,50	0,26	83,46	1592,13						
CONCRETO	estrutural virado em obra , controle "B", consistência para vibração	m³	38,40																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,68	26,00	1515		39385,15	0,05	1969,26	0,13	5120,07	0,15	295,39	0,26	1536,02	8920,74						
	Pedra britada 1	m³	0,84	32,10	1650		52968,96	0,15	7945,34	0,13	6885,96	0,50	3972,67	0,26	6885,96	25689,95						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	220,00	8448,00			8448,00	4,20	35481,60	0,13	1098,24	0,40	14192,64	0,26	878,59	51651,07						
Equipamento	Energia Elétrica - Betoneira	kWh	1,5	57,60			86,4	3,6	311,04	0,13	11,23	0,40	124,42	0,26	8,99	455,67						455,67
Regularização de base p/revestimentos cerâmicos		m²	3320																			
Argamassa		m³	99,60																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,90	89,64	1515		135804,60	0,05	6790,23	0,13	17654,60	0,15	1018,53	0,26	5296,38	30759,74						
	Cal hidratada CH III	kg	243,00	24202,80			24202,80	3,00	72608,40	0,13	3146,36	0,15	10891,26	0,26	943,91	87589,93						
Cerâmica esmaltada c/argam mista de cal hidratada		m²	3320																			
	Cerâmica comum	m²	1,00	3320,00	54,7800	2083	114106,74	5,00	570533,70	0,13	14833,88	0,15	85580,06	0,26	4450,16	675397,79			1,00	675397,79		
	Areia lavada tipo média	m³	0,03	100,93	1515		152905,92	0,05	7645,30	0,13	19877,77	0,15	1146,79	0,26	5963,33	34633,19			1,00	34633,19		
	Cal hidratada CH III	kg	1,83	6059,00			6059,00	3,00	18177,00	0,13	787,67	0,15	2726,55	0,26	236,30	21927,52			1,00	21927,52		
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	8,60	28552,00			28552,00	4,20	119918,40	0,13	3711,76	0,40	47967,36	0,26	2969,41	174566,93			1,00	174566,93		
Regularização de base p/pisos c/granilite		m²	512																			
Argamassa		m³	15,36																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,90	13,82	1515		20943,36	0,05	1047,17	0,13	2722,64	0,15	157,08	0,26	816,79	4743,67			1,00	4743,67		
	Cal hidratada CH III	kg	243,00	3732,48			3732,48	3,00	11197,44	0,13	485,22	0,15	1679,62	0,26	145,57	13507,85			1,00	13507,85		
Pisos c/granilite		m²	512	7,68	2400		18432,00	2,00	36864,00	0,13	2396,16	0,15	5529,60	0,26	718,85	45508,61			1,00	45508,61		
Argamassa 1:4		m	512,00																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,0024	1,25	1515		1886,45	0,05	94,32	0,13	245,24	0,15	14,15	0,26	73,57	427,28						
	Cal hidratada CH III	kg	0,3640	186,37			186,37	3,00	559,10	0,13	24,23	0,15		0,26	7,27	590,60						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	0,7300	373,76			373,76	4,20	1569,79	0,13	48,59	0,40	627,92	0,26	38,87	2285,17						
	Rodapé pré-moldado de granilite tipo reto (altura: 100,00 mm)	m	170,6667	170,67	0,3840	2400	921,60	2,00	1843,20	0,13	119,81	0,15	276,48	0,26	35,94	2275,43						
Pisos externos																						
Calçada em concreto ripado 1,0 m - esp.=6 cm		m²	80,00																			
	Areia lavada tipo média	m³	0,06	5,16	1515		7822,25	0,05	391,11	0,13	1016,89	0,15	58,67	0,26	305,07	1771,74						
	Pedra britada 1	m³	0,01	1,17	1650		1931,16	0,15	289,67	0,13	251,05	0,50	144,84	0,26	251,05	936,61						
	Pedra britada 2	m³	0,04	3,51	1650		5793,48	0,15	869,02	0,13	753,15	0,50	434,51	0,26	753,15	2809,84						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	19,67	1573,60			1573,60	4,20	6609,12	0,13	204,57	0,40	2643,65	0,26	163,65	9620,99						
	Madeira - Ripa (largura: 10,00 mm / altura: 70,00 mm / tipo de madeira: peroba)	m	2,00	160,00	0,0008	720	0,58	0,50	0,29	0,13	0,07	0,15	0,04	0,26	0,02	0,43						
Equipamento	BETONEIRA, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), capacidade 350 l - vida útil 5.000 h	h prod	0,4655	37,24			55,86	3,6	201,10	0,13	7,26	0,00	0,00	0,26	0,00	208,36						208,36
Impermeabilização de pisos																						
	Tinta asfáltica para rebaixo banheiro/cozinha (2,3 kg/m2)	m²	950,00	2185,00			2185,00	51,00	111435,00	0,13	284,05	0,10	11143,50	0,26	56,81	122919,36						
Total									1054245,38		87250,58		197044,69		37794,71	1376335,36	1376335,36	6,47		970285,56	970285,56	664,03
INSTALAÇÕES																						
Instalações hidráulicas																						
Reservatório enterrado em concreto fck 15,0 mpa, cap. 20.000 l		Un	1,00																			
Concreto estrutural c/betoneira controle tipo b fck 15,0 MPa		m³	5,33																			
Escavação manual de valas em terra até 2,00m		m³	26,00																			
Reaterro apoiado de valas		m³	5,00																			
	Tábuas de pinho p/ fundações utilização 5 vezes = 15mm	m²	38,00	38,00	0,5700	600	342,00	0,50	171,00	0,13	44,46	0,15	25,65	0,26	13,34	254,45						
	Aço - Armadura CA-50 media diam. 6,35 a 9,52mm (1/4 a 3/8)	kg	375,00	375,00			375,00	31,00	11625,00	0,13	48,75	0,10	1162,50	0,26	9,75	12846,00						
	Impermeabilização de baldrame c/igol - 3d.	m²	7,02	112,25	19,0825	1	26,33	96,00	2528,05	0,13	3,42	0,15	379,21	0,26	1,03	2911,70						
	Areia lavada tipo média	m³	0,89	4,73	1515		7162,48	0,05	358,12	0,13	931,12	0,50	179,06	0,26	931,12	2399,43						
	Pedra britada 1	m³	0,84	4,46	1650		7352,20	0,15	1102,83	0,13	955,79	0,40	441,13	0,26	764,63	3264,38						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	294,00	1567,02			1567,02	4,20	6581,48	0,13	203,71	0,40	2632,59	0,26	162,97	9580,76						
Equipamento	Energia Elétrica - Betoneira	kWh	1,5	8,00			11,9925	3,6	43,17	0,13	1,56	0,00	0,00	0,26	0,00	44,73						44,73
Equipamento	Energia Elétrica - vibrador	h prod	0,35	1,87			2,79825	3,6	10,07	0,13	0,36	0,00	0,00	0,26	0,00	10,44						10,44

DESCRIÇÃO Parâs	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE/M/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Transp.	Desperdício	EE Desp.	Transp. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE autor	% da EE inicial	Fator de reposição	EE manut	EE manut autor	Equipm.	
Reservatório d' água de fibra de vidro - capacidade: 5000 l	Un	2,00	200,00			200,00	24,00	4800,00	0,13	26,00	0,00	0,00	0,26	0,00	4826,00							
Torneira bóia pvc - ¾"	Un	2	0,50			0,50	80,00	40,00	0,13	0,07	0,40	16,00	0,26	0,05	56,12			1,00	56,12			
Adapt. p/cx.água - 25x¾"	Un	4	0,80			0,80	80,00	64,00	0,13	0,10	0,40	25,60	0,26	0,08	89,79			1,00	89,79			
Adapt. p/cx.água - 32x1"	Un	4	1,20			1,20	80,00	96,00	0,13	0,16	0,40	38,40	0,26	0,12	134,68			1,00	134,68			
Registro esfera para PVC soldável - 32 mm	Un	2	0,50			0,50	80,00	40,00	0,13	0,07	0,40	16,00	0,26	0,05	56,12			1,00	56,12			
Registro esfera para PVC soldável - 25 mm	Un	32	9,60			9,60	80,00	768,00	0,13	1,25	0,40	307,20	0,26	1,00	1077,45			1,00	1077,45			
Registro de retenção para PVC soldável - 25 mm	Un	4	1,20			1,20	80,00	96,00	0,13	0,16	0,40	38,40	0,26	0,12	134,68			1,00	134,68			
Tubo PVC soldável para água - 25 mm	m	960	624,00			624,00	80,00	49920,00	0,13	81,12	0,40	19968,00	0,26	64,90	70034,02			1,00	70034,02			
Tubo PVC soldável p/ água - 32mm	m	144	115,20			115,20	80,00	9216,00	0,13	14,98	0,40	3686,40	0,26	11,98	12929,36			1,00	12929,36			
Joelho 90° PVC soldável - 25mm	Un	420	21,00			21,00	80,00	1680,00	0,13	2,73	0,40	672,00	0,26	2,18	2356,91			1,00	2356,91			
Joelho 90° PVC soldável - 32mm	Un	96	4,80			4,80	80,00	384,00	0,13	0,62	0,40	153,60	0,26	0,50	538,72			1,00	538,72			
Te 90° PVC soldável - 25 mm	Un	192	9,60			9,60	80,00	768,00	0,13	1,25	0,40	307,20	0,26	1,00	1077,45			1,00	1077,45			
Te 90° PVC soldável - 32 mm	Un	32	1,60			1,60	80,00	128,00	0,13	0,21	0,40	51,20	0,26	0,17	179,57			1,00	179,57			
Adapt. Sold. Curto p/ registro - 25x¾"	Un	32	1,60			1,60	80,00	128,00	0,13	0,21	0,40	51,20	0,26	0,17	179,57			1,00	179,57			
Joelho red.90° PVC c/bucha latão 25x½"	Un	128	12,80			12,80	80,00	1024,00	0,13	1,66	0,40	409,60	0,26	1,33	1436,60			1,00	1436,60			
Luva PVC soldável c/bucha de latão 25x¾"	Un	64	6,40			6,40	80,00	512,00	0,13	0,83	0,40	204,80	0,26	0,67	718,30			1,00	718,30			
Rasgos para enchimento em alvenaria - 15 à 25mm	m	400	200,00	0,0750	2000	150,00	2,100	315,00	0,13	19,50	0,40	126,00	0,26	15,60	476,10			1,00	476,10			
Tubo Aquatherm ø22mm	m	84	50,40			50,40	80,00	4032,00	0,13	6,55	0,40	1612,80	0,26	5,24	5656,59			1,00	5656,59			
Joelho Aquatherm 90° - ø22mm	Un	64	3,20			3,20	80,00	256,00	0,13	0,42	0,40	102,40	0,26	0,33	359,15			1,00	359,15			
Luva transição Aquatherm - ø22mmx¾"	Un	96	4,80			4,80	80,00	384,00	0,13	0,62	0,40	153,60	0,26	0,50	538,72			1,00	538,72			
Te 90° Aquatherm - ø22mm	Un	32	1,60			1,60	80,00	128,00	0,13	0,21	0,40	51,20	0,26	0,17	179,57			1,00	179,57			
Terminal redução Aquatherm -ø22mmx½"	Un	32	1,60			1,60	80,00	128,00	0,13	0,21	0,40	51,20	0,26	0,17	179,57			1,00	179,57			
Niple de latão Aquatherm -ø¾"	Un	32	3,20			3,20	80,00	256,00	0,13	0,42	0,40	102,40	0,26	0,33	359,15			1,00	359,15			
Cap Aquatherm - ø22mm	Un	32	1,60			1,60	80,00	128,00	0,13	0,21	0,40	51,20	0,26	0,17	179,57			1,00	179,57			
Lavatório de louça branca s/coluna c/torneira e acessórios	Un	96	960,00			960,00	25,00	24000,00	0,13	124,80	0,00	0,00	0,26	0,00	24124,80			1,00	24124,80			
Bacia sifonada de louça branca c/acessórios	Un	96	1440,00			1440,00	25,00	36000,00	0,13	187,20	0,00	0,00	0,26	0,00	36187,20			1,00	36187,20			
Saboneteira de louça branca.7.5x15cm	Un	96	19,20			19,20	25,00	480,00	0,13	2,50	0,00	0,00	0,26	0,00	482,50			1,00	482,50			
Porta toalha de louça branca	Un	96	28,80			28,80	25,00	720,00	0,13	3,74	0,00	0,00	0,26	0,00	723,74			1,00	723,74			
Cabide de louça branca c/dois ganchos	Un	96	28,80			28,80	25,00	720,00	0,13	3,74	0,00	0,00	0,26	0,00	723,74			1,00	723,74			
Porta-papel de louça branca.15x15cm	Un	96	24,00			24,00	25,00	600,00	0,13	3,12	0,00	0,00	0,26	0,00	603,12			1,00	603,12			
Registro de pressão cromado - ¾"	Un	96	24,00			24,00	95,00	2280,00	0,13	3,12	0,00	0,00	0,26	0,00	2283,12			1,00	2283,12			
Ducha com articulação - padrão popular	Un	96	28,80			28,80	80,00	2304,00	0,13	3,74	0,40	921,60	0,26	3,00	3232,34			1,00	3232,34			
Tanque de louça com coluna	Un	32	160,00			160,00	1,00	160,00	0,13	20,80	0,00	0,00	0,26	0,00	180,80			1,00	180,80			
Kit acessórios de metal cromado p/ banheiro	Un	96	19,20			19,20	95,00	1824,00	0,13	2,50	0,40	729,60	0,26	2,00	2558,09			1,00	2558,09			
Torneira PVC longa de ¾"	Un	96	14,40			14,40	80,00	1152,00	0,13	1,87	0,40	460,80	0,26	1,50	1616,17			1,00	1616,17			
Torneira PVC curta ½"	Un	96	288,00			288,00	80,00	23040,00	0,13	37,44	0,40	9216,00	0,26	29,95	32323,39			1,00	32323,39			
Armário de embutir 45x60cm c/ espelho	un	64	128,00			128	80	10240,00	0,13	16,64	0,10	1024,00	0,26	3,33	11283,97			1,00	11283,97			
Aparelho misturador p/pia tipo parede	Un	32	32,00			32	95	3040,00	0,13	4,16	0,00	0,00	0,26	0,00	3044,16			1,00	3044,16			
Pia de aço inoxidável, cuba dupla 2.00x0.58m	Un	32	160,00			160,00	38,00	6080,00	0,13	20,80	0,00	0,00	0,26	0,00	6100,80			1,00	6100,80			
Impermeabilização de reservatórios e piscinas																						
Aditivo impermeabilizante para jardineiras	m²	21,2																				
Areia lavada tipo média	m³	0,04	0,77		1515	1172,31	0,05	58,62	0,13	152,40	0,15	8,79	0,26	45,72	265,53			1,00	265,53			
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	13,20	279,84			279,84	4,20	1175,33	0,13	36,38	0,40	470,13	0,26	29,10	1710,94			1,00	1710,94			
Tela de arame galvanizado	m²	1,10	23,32			23,32	31,00	722,92	0,13	3,03	0,10	72,29	0,26	0,61	798,85			1,00	798,85			
massa betuminosa para impermeabilização	kg	7,6				7,60	51,00	387,60	0,13	50,39	0,10	5,04	0,26	1,31	444,34			1,00	444,34			
Argamassa rígida e asfalto modificado p/reserv, elevados	m²	30,00																				
Areia lavada tipo média	m³	0,02	0,69		1515	1045,35	0,05	52,27	0,13	135,90	0,15	7,84	0,26	40,77	236,77			1,00	236,77			
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	9,45	283,50			283,50	4,20	1190,70	0,13	36,86	0,40	476,28	0,26	29,48	1733,32			1,00	1733,32			
Papel kraft betumado duplo p/ proteção mecânica de superfícies	m²	1,10	33,00			16,50	51,00	841,50	0,13	2,15	0,10	84,15	0,26	0,43	928,22			1,00	928,22			
Manta asfáltica com armadura filme polietileno - area fria 4kg/m2	m²	1,15	34,50			138,00	51,00	7038,00	0,13	17,94	0,10	703,80	0,26	3,59	7763,33			1,00	7763,33			
Impermeabilização interna e externa p/reservatório enterrado	m²	60																				
Areia lavada tipo média	m³	0,03	1,97		1515	2981,52	0,05	149,08	0,13	387,60	0,15	22,36	0,26	116,28	675,31			1,00	675,31			
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	18,29	1097,40			1097,40	4,20	4609,08	0,13	142,66	0,40	1843,63	0,26	114,13	6709,50			1,00	6709,50			
Aditivo impermeabilizante e platicificante em po para argamassas	kg	0,50	30,00			30,00	40,00	1200,00	0,13	3,90	0,10	120,00	0,26	0,78	1324,68			1,00	1324,68			
Tinta betuminosa - primer -0,3kg/m2	l	0,32	18,90			18,90	51,00	963,90	0,13	2,46	0,10	96,39	0,26	0,49	1063,24			1,00	1063,24			

Instalação	Descrição	Unid.	Quant.	Substit.	Nome	Quantid.	Total kg	EF/Mtg	EF/Mat. Const.	Transp.	EF Trans.	Empacotado	EF Dep.	Trans. Dep.	EF Temp. Dep.	TOTAL EF	EF Valor	% do EF total	Fator de ponderação	EF final	EF Valor	Reajuste
Instalações sanitárias																						
	Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 100 mm	m	420	273,00			273,00	80,00	21840,00	0,13	35,49	0,40	8736,00	0,26	28,39	30639,88			1,00	30639,88		
	Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 75 mm	m	540	270,00			270,00	80,00	21600,00	0,13	35,10	0,40	8640,00	0,26	28,08	30303,18			1,00	30303,18		
	Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 50 mm	m	120	48,00			48,00	80,00	3840,00	0,13	6,24	0,40	1536,00	0,26	4,99	5387,23			1,00	5387,23		
	Tubo de PVC sold. p/ esgoto - 40 mm	m	320	112,00			112,00	80,00	8960,00	0,13	14,56	0,40	3584,00	0,26	11,65	12570,21			1,00	12570,21		
	Caixa sifonada c/ grelha - 100x100x50 mm	Un	96	24,00			24,00	80,00	1920,00	0,13	3,12	0,40	768,00	0,26	2,50	2693,62			1,00	2693,62		
	Joelho 90° PVC p/ esgoto - 40 mm	Un	288	14,40			14,40	80,00	1152,00	0,13	1,87	0,40	460,80	0,26	1,50	1616,17			1,00	1616,17		
	Joelho 90° PVC p/ esgoto - 50 mm	Un	96	4,80			4,80	80,00	384,00	0,13	0,62	0,40	153,60	0,26	0,50	538,72			1,00	538,72		
	Joelho 90° PVC p/ esgoto - 75 mm	Un	96	4,80			4,80	80,00	384,00	0,13	0,62	0,40	153,60	0,26	0,50	538,72			1,00	538,72		
	Joelho 90° PVC p/ esgoto - 100 mm	Un	96	5,76			5,76	80,00	460,80	0,13	0,75	0,40	184,32	0,26	0,60	646,47			1,00	646,47		
	Te sanitário - 100x50 mm	Un	96	5,76			5,76	80,00	460,80	0,13	0,75	0,40	184,32	0,26	0,60	646,47			1,00	646,47		
	Junção simples p/ esgoto Ø 75x75mm	Un	96	4,80			4,80	80,00	384,00	0,13	0,62	0,40	153,60	0,26	0,50	538,72			1,00	538,72		
	Bucha de redução longa 50x40 mm	Un	96	4,80			4,80	80,00	384,00	0,13	0,62	0,40	153,60	0,26	0,50	538,72			1,00	538,72		
	Sifão de borracha - 50 mm	Un	96	19,20			19,20	80,00	1536,00	0,13	2,50	0,40	614,40	0,26	2,00	2154,89			1,00	2154,89		
	Caixa de inspeção de alvenaria 30x60x60cm	Un	4	216,00			216,00	5,00	1080,00	0,13	28,08	0,15	162,00	0,26	8,42	1278,50			1,00	1278,50		
	Caixa de gordura de alvenaria 30x60x60cm	Un	4	216,00			216,00	5,00	1080,00	0,13	28,08	0,15	162,00	0,26	8,42	1278,50			1,00	1278,50		
	Fossa pré-moldada - 10000 litros	Un	1	270,00			270,00	1,20	324,00	0,13	35,10	0,10	32,40	0,26	7,02	398,52			1,00	398,52		
	Sumidouro pré-moldado - 10000 litros	Un	1	270,00			270,00	1,20	324,00	0,13	35,10	0,10	32,40	0,26	7,02	398,52			1,00	398,52		
Instalações elétricas																						
	Kit entrada c/ poste 7m - padrão CELESC	cj	1	300,00			300,00	3,10	930,00	0,13	39,00	0,15	139,50	0,26	11,70	1120,20			1,00	1120,20		
	Quadro de entrada de energia com contador - padrão CELESC	cj	33	462,00			462,00	50,00	23100,00	0,13	60,06	0,00	0,00	0,26	0,00	23160,06			1,00	23160,06		
	Quadro de distribuição até 6 disjuntores	Un	32	224,00			224,00	50,00	11200,00	0,13	29,12	0,00	0,00	0,26	0,00	11229,12			1,00	11229,12		
	Disjuntor monofásico de 25 A	Un	33	4,95			4,95	85,00	420,75	0,13	0,64	0,00	0,00	0,26	0,00	421,39			1,00	421,39		
	Disjuntor monofásico de 20 A	Un	64	9,60			9,60	85,00	816,00	0,13	1,25	0,00	0,00	0,26	0,00	817,25			1,00	817,25		
	Disjuntor monofásico de 15 A	Un	96	14,40			14,40	85,00	1224,00	0,13	16,27	0,00	0,00	0,26	0,00	1240,27			1,00	1240,27		
	Fio de cobre isolado 750V de 1,5 mm²	m	6000	6000,00	0		1200,00	72,00	86400,00	0,13	156,00	0,25	21600,00	0,26	78,00	108234,00			1,00	108234,00		
	Fio de cobre isolado 750V de 2,5 mm²	m	1680	1680,00	0		336,00	72,00	24192,00	0,13	43,68	0,25	6048,00	0,26	21,84	30305,52			1,00	30305,52		
	Fio de cobre isolado 750V de 4 mm²	m	700	700,00	0		140,00	72,00	10080,00	0,13	18,20	0,25	2520,00	0,26	9,10	12627,30			1,00	12627,30		
	Roldana plástica média c/ prego	Un	2400	24,00			24,00	80,00	1920,00	0,13	3,12	0,40	768,00	0,26	2,50	2693,62			1,00	2693,62		
	Conj. 1 inter.simp. + 1 tom. 2p univ. emb.	Un	33	0,17			0,17	80,00	13,20	0,13	0,02	0,40	5,28	0,26	0,02	18,52			1,00	18,52		
	Interruptor simples de embutir	Un	128	0,64			0,64	80,00	51,20	0,13	0,08	0,40	20,48	0,26	0,07	71,83			1,00	71,83		
	Conj. 2 interruptores simples de emb.	Un	64	0,32			0,32	80,00	25,60	0,13	0,04	0,40	10,24	0,26	0,03	35,91			1,00	35,91		
	Caixa em PVC 2"x4"	Un	600	3,00			3,00	80,00	240,00	0,13	0,39	0,40	96,00	0,26	0,31	336,70			1,00	336,70		
	Ponto de luz incandescente	Un	450	2,25			2,25	80,00	180,00	0,13	0,29	0,40	72,00	0,26	0,23	252,53			1,00	252,53		
	Tomada simples de embutir	Un	640	3,20			3,20	80,00	256,00	0,13	0,40	0,40	102,40	0,26	0,33	359,15			1,00	359,15		
	Tomada tripolar universal de embutir - 20A	Un	192	0,96			0,96	80,00	76,80	0,13	0,12	0,40	30,72	0,26	0,10	107,74			1,00	107,74		
	Espelho c/ furo p/saída de fio de embutir	Un	32	0,16			0,16	80,00	12,80	0,13	0,02	0,40	5,12	0,26	0,02	17,96			1,00	17,96		
	Espelho cego de embutir	Un	32	0,16			0,16	80,00	12,80	0,13	0,02	0,40	5,12	0,26	0,02	17,96			1,00	17,96		
	Eletroduto de PVC flexível de ½"	m	1800	360,00	1,6285	1300	2117,00	80,00	169359,84	0,13	275,21	0,40	67743,94	0,26	220,17	237599,15			1,00	237599,15		
	Bomba hidráulica de recalque, vazão ... l/s, motor 1 HP	Un	2	14,00			14,00	31,00	434,00	0,13	1,82	0,00	0,00	0,26	0,00	435,82			1,00	435,82		
Total									625738,31		4631,56		174157,09		2869,74	807456,69	807456,69	3,80		767964,76	767964,76	55,17
PINTURA																						
Pintura de forros e paredes internas																						
	Látex duas demãos em paredes internas	m²	53100	9027,00	1		12457,26	65,00	809721,90	0,13	1619,44	0,15	121458,29	0,26	485,83	933285,46			4,00	3733141,85		
	Emassamento de paredes internas, 1 demão c/massa de PVA	m²	26550	9292,50			9292,50	65,00	604012,50	0,13	1208,03	0,15	90601,88	0,26	362,41	696184,81			4,00	2784739,23		
Pintura em esquadrias de madeira																						
	Esmalte duas demãos em esquadrias de madeira	m²	2068,5	351,65	1		485,27	98,00	47556,47	0,13	63,09	0,15	7133,47	0,26	18,93	54771,95			4,00	219087,80		
Pintura em esquadrias de ferro																						
	Grafite duas demãos em esquadrias de ferro	m²	80	13,60	1		18,77	98,00	1839,26	0,13	2,44	0,15	275,89	0,26	0,73	2118,33			4,00	8473,30		
Total									1463130,13		2892,99		219469,52		867,90	1686360,55	1686360,55	7,93		#####	6745442,18	0,00
SERVÇOS COMPLEMENTARES																						
Muro c/blocos de concreto altura 1,80m																						
	Areia lavada tipo média	m³	0,18	11,70		1515	17725,50	0,05	886,28	0,13	2304,32	0,15	132,94	0,26	691,29	4014,83						
	Pedra britada 1	m³	0,03	1,95		1650	3217,50	0,15	482,63	0,13	418,28	0,50	241,31	0,26	418,28	1560,49						
	Pedra britada 2	m³	0,06	3,90		1650	6435,00	0,15	965,25	0,13	836,55	0,50	482,63	0,26	836,55	3120,98						
	Pedrisco	m³	0,02	1,30		1651	2148,30	1,15	2468,25	0,13	279,02	0,50	1234,12	0,26	279,02	4250,41						
	Cal hidratada CH III	kg	1,64	106,60			106,60	3,00	319,80	0,13	13,86	0,15	47,97	0,26	4,16	385,79						
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	57,44	3733,60			3733,60	4,20	15681,12	0,13	485,37	0,40	6272,45	0,26	388,29	22827,23						
	Barra de aço CA-25 1/4" (bitola: 6,30 mm / massa linear: 0,245 kg/m)	kg	2,77	180,05			180,05	31,00	5581,55	0,13	23,41	0,10	558,16	0,26	4,68	6167,79						
	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	6,82	443,30			443,30	31,00	13742,30	0,13	57,63	0,10	1374,23	0,26	11,53	15185,68						
	Bloco de concreto de vedação - bloco inteiro 14 x 19 x 39 (comprimento: 390 mm / largura: 140 mm / altura: 190 mm)	un	27,97	1818,05	6,4177	2300	14760,75	1,00	14760,75	0,13	1918,90	0,15	2214,11	0,26	575,67	19469,43						
	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	kg	0,17																			

APÊNDICE Q - Cálculo da Energia de Transporte de funcionários

DESCRIÇÃO Partes	DESCRIÇÃO Materiais	Un	Quant.	Sub total	Volume	Densidade	Total kg	EE MJ/kg	EE Mat. Constr.	Transporte	EE Trans.	Perdido	EE Desp.	Trans. Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE setor	% da EE inicial	Fator de reposição	EE manut.	EE manut setor	Equipm.	
MÃO DE OBRA				(dias)	(Hom.)		Total hom																
	Pedreiros	h / m²	17,30	75077,66	9384,7075	36	2488,37			0,13	3035840,48					3035840,48							
	Serventes	h / m²	7,89	34233,92	4279,2400	16	1134,65			0,13	631205,47					631205,47							
	Engenheiros	h / m²	0,41	1788,08	223,5100	1	59,26			0,13	1721,99					1721,99							
Total											3668767,95					3668767,95		14,71				0,00	
	TOTAL M.						8695684,33		16706554,89		4798395,747		2946726,909		494025,1269		24936462,32		100			10501435,99	18799,25
	TOTAL G.								3,849436611		1,10562114		0,678969334		0,113830674		5,745728645					2,419685711	0,00

APÊNDICE R - PLANILHA 2 – Cálculo do Consumo na Fase Operacional

Área Total construída	Área (m²)	Fator A	Consumo parcial A	Habitantes (un)	Fator h	Consumo parcial h	Renda (\$/m)	Fator r	Consumo parcial r	EEEquip. (kW/mês) (a+b+c)/3	Fator de consumo comum multif.	Fator (EEEquip. X Eocção)	Eocção (kW/mês)	EEEquip. + Eocção (GJ/ano)	EEEquip. + Eocção (GJ/m²ano)	EEEquip. + Eocção corrigida (GJ/m²ano)	EEmanut. (GJ/m²)	EEmanut. (GJ/m²ano)	Eoperac. (GJ/m²ano)	Eoperac. (GJ)	Eoperac. Multif (GJ)
4340	100	2,836	283,6	3	52,49	157,47	10	29,207	292,07	244,38	254,560871	1	244,38	21,11	0,21	0,21	2,42	0,05	0,263127488	1315,637438	42100,398

APÊNDICE S - PLANILHA 3 - Cálculo do consumo na Fase pós-operacional

Modelo	Total kg (Planilha 1)	Fator de reposição	Fator de demolição	E demolição (MJ)	Fator de transp. demol.	E transp. demol. (MJ)	E pós-op. (GJ)	E pós-op. (GJ/m²)	CVE (GJ)	CVE (GJ/m²)
2	8692002,05	11299603	0,0284	320908,72	0,13	1468948,3	1789,8571	7,1026074		

APÊNDICE T – CASA MODELO 3: Tabela da Energia Embutida nos Materiais por etapas

	DESCRIÇÃO Partes / Materiais	Total kg	EE Mat. Constr.	EE Trans.	EE Desp.	EE Transp. Desp.	TOTAL EE	EE manut	Equipto.	%	% Acumul.
1	Ceramica vermelha	2.125.532,65	6.211.685,73	276.319,25	931.831,61	41.325,21	7.461.161,80	468,28		35,56	35,56
2	Cimento	495.753,42	2.082.164,37	64.447,94	832.126,01	25.699,86	3.004.438,19	219.884,45		14,32	49,88
3	Aço	71.253,74	2.219.827,47	9.262,99	216.495,41	912,67	2.446.498,53	97.086,15	0,00	11,66	61,54
4	Tinta	22.253,80	1.463.130,13	2.892,99	219.469,52	432,61	1.685.925,26	6.743.701,05		8,04	69,57
5	Ceramica de revestimento	180.938,93	984.893,30	23.522,06	147.734,00	3.517,45	1.159.666,81	673.165,87		5,53	75,10
6	Aluminio	8.453,95	830.178,28	1.099,01	83.017,83	109,56	914.404,69	914.404,69		4,36	79,46
7	Areia	4.166.610,18	208.330,51	541.659,32	34.500,92	89.466,33	873.957,08	42.508,13		4,17	83,63
8	Cal	176.099,82	528.299,45	22.892,98	78.962,91	3.429,05	633.584,39	37.224,95		3,02	86,65
9	Impermeabilizante	9.318,28	484.005,25	1.260,78	49.337,77	122,63	534.726,42	389.473,19		2,55	89,19
10	Pedra	1.252.901,21	190.081,48	162.877,16	92.168,21	78.706,13	523.832,98	215,00		2,50	91,69
11	Pvc	4.244,52	339.561,44	551,79	132.752,58	215,06	473.080,86	473.080,86		2,25	93,94
12	Madeira	97.910,36	327.011,98	12.728,35	47.140,63	1.904,19	388.785,15	98.560,89		1,85	95,80
13	Vidro	12.169,93	241.992,71	1.582,09	14.535,64	84,12	258.194,55	258.194,55		1,23	97,03
14	Latão	3.146,90	175.784,93	409,10	832,00	1,16	177.027,19	177.027,19		0,84	97,87
15	Fio de cobre	1.676,00	120.672,00	217,88	30.168,00	54,30	151.112,18	151.112,18		0,72	98,59
16	Fibro cimento	10.944,68	65.668,06	1.422,81	6.566,81	141,84	73.799,51	69.625,62		0,35	98,94
17	Argamassa	9.775,00	50.830,00	1.270,75	20.332,00	506,74	72.939,49	0,00		0,35	99,29
18	Ceramica branca	2.660,80	62.680,00	345,90	0,00	0,00	63.025,90	63.025,90		0,30	99,59
19	Material eletrico	760,81	39.743,15	113,30	1.019,36	1,65	40.877,47	40.877,47		0,19	99,79
20	Concreto	15.600,75	16.338,75	2.028,10	2.418,41	299,78	21.085,04	1.114,33		0,10	99,89
21	Energia eletrica	3.158,00	11.368,79	410,54	1.388,02	49,97	13.217,32	0,00	13.179,57	0,06	99,95
22	Graxa e oleo	166,32	5.547,78	21,62	0,00	0,00	5.569,40	0,00	5.569,40	0,03	99,98
23	Fibra de vidro	200,00	4.800,00	26,00	0,00	0,00	4.826,00	0,00		0,02	100,00

APÊNDICE U – CASA MODELO 3: Geração de CO₂ na fase Pré operacional

MATERIAIS MODELO 3	Área	Fonte	Energicidade	Óleo combustível	GÁS NATURAL	GLP	Carvão Secundárias do Pórcão	Carvão de Carvão Mineral	Carvão de Pórcão	Carvão Mineral	Carvão Vegetal	Lenha	Carvão Prim. Renováveis	Duras	TOTAL														
															CO2 (kg/GJ)	%													
4340																18,1	79,8	50,6	63,3	92,6	91,5	72,6	91,3	51,0	81,6	0,0	35,7	kgCO2	%
AÇO E FERRO	Perc (%)	2446498,5	10,0	1,0	6,0	0,0	0,0	71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	293579,8	12,0													
	Quant. (MJ)	244649,9	24465,0	146789,9	0,0	0,0	1737014,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10486,7	183199,5													
ALUMÍNIO	Perc (%)	914404,69	54,0	21,0	7,0	4,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	36576,2	4,0													
	Quant. (MJ)	493778,5	192025,0	64008,3	0,0	38576,2	91440,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1306,5	39842,6													
AREIA	Perc (%)	873957,08	1,0	99,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0													
	Quant. (MJ)	8739,6	865217,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69177,6													
ARGAMASSA	Perc (%)		4,0	86,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0													
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0													
CAL	Perc (%)	633584,39	8,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)	50686,8	76030,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50686,5	0,0	0,0	0,0														
CERÂMICA REVEST.	Perc (%)	1159666,8	12,0	15,0	68,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)	139160,0	173950,0	788573,4	57983,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
CERÂMICA VERM.	Perc (%)	7461161,8	2,0	4,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,0	0,0	1,0	0,0														
	Quant. (MJ)	149223,2	298446,5	0,0	596892,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6341987,5	0,0	74611,6	0,0														
CIMENTO	Perc (%)	3004438,2	12,0	3,0	0,0	0,0	0,0	61,0	8,0	9,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0														
	Quant. (MJ)	360532,6	90133,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1832707,3	240355,1	270399,4	0,0	0,0	0,0	210310,7	0,0														
COBRE	Perc (%)		41,0	10,0	44,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
CONCRETO	Perc (%)		9,0	82,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
FIBROCIMENTO	Perc (%)		14,0	84,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
IMPERMEABILIZANTES	Perc (%)	534726,42	26,0	10,0	30,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)	139028,9	53472,6	160417,9	0,0	181807,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
MADEIRA	Perc (%)		17,0	83,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
PEDRA	Perc (%)	523832,98	15,0	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)	78574,9	445258,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
PLÁSTICOS	Perc (%)		26,0	10,0	30,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
TINTAS	Perc (%)	1685925,3	10,0	90,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
	Quant. (MJ)	168592,5	1517332,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0														
OUTROS MAT	Perc (%)	1743540,1	20,0	8,0	11,0	10,0	0,0	7,0	9,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0															
	Quant. (MJ)	348708,0	139483,2	191789,4	0,0	174354,0	0,0	122047,8	156918,6	0,0	610239,0	0,0	0,0	0,0															
SOMATORIO MATERIAL (MJ)	Perc (%)		2181674,9	3875813,8	1351579,0	654876,3	218383,2	2002808,4	1832707,3	362402,9	427318,0	6848855,0	610239,0	615078,3	20981736,2														
	Quant. (MJ)		502,7	893,0	311,4	150,9	50,3	461,5	422,3	83,5	96,5	1578,1	140,6	141,7	4834,8														
CO2 Processo	ICO2A	kg													CO2 Processo	Processo + Energia													
CIMENTO	0,375	495753													185907,4	375988,5													
	0,045	15600													10,6	21,4													
CAL	Perc (%)	1,6	8453													702,0	702,0												
	0,76	176099													0,0	0,0													
TOTAL CO2 (kg)			39575,6	309176,5	68434,4	41447,9	15855,9	183204,1	133065,0	33150,3	21788,9	558729,6	0,0	21970,6	1760368,1														
	% CO2		2,2	17,6	3,9	2,4	0,9	10,4	7,6	1,9	1,2	31,7	0,0	1,2	81,0														
kg CO2/m²			9,1	71,2	15,8	9,6	3,7	42,2	30,7	7,6	5,0	128,7	0,0	5,1	405,6														

ANEXOS

ANEXO A - Ciclos de reposição para componentes e materiais de construção em anos

Materiais	Mithraratne ; Vale (2004)	Adalberth (1997)	Chen (2001)	Treloar (1999/2000)	Suzuki (1998)	Scheuer (2003)	Fay (1999)
Aquecedor de água		16		20	8		16
Calhas e tubos de queda	20	30					20
Carpete de tecido	12		17	20		12	12
Carpete sintético	17	17	21	20		12	17
Conexões para instalações sanitárias	30						30
Cortinas	8			7			
Esquadrias, portas e janelas	60	30	38			40	60
Estacas de madeira, lajes de concreto	100		50	40		75	100
Estrutura de aço para coberturas	100			30			
Fiação, interruptores e tomadas	50	50		33	20	25	50
Forno de microondas	12	12		18	20	20	12
Fornos e chapas elétricas	15			33		20	13
Freezer e Refrigeradores	17	12		18			17
Instalações de cozinha	30						30
Lâmpadas	5				10		
Luminárias				25			30
Máquina de lavar roupas	14	12		14			14
Mobília	25			7			25
Painéis de madeira	30	30				75	
Papel de parede	10	10	10	10			10
Parquet de madeira e tacos	50	50					50
Panéis, isolamentos, argamassas, seladores	100	50	50	36		75	100
Pintura de telhado	10	10	10		20	5	8
Pinturas	8			10		5	
Piso cerâmico	30	30	38	20	30	30	30
Pisos vivnólicos	17				20	18	
Placas de fibrocimento	50						
Placas de piso e pavimentação	100		50	40		50	100
Reboco de exteriores	60						60
Suportes de toalhas e papel higiênico	20						30
Telhas de concreto		30	38				
Telhas metálicas em aço	40					35	40
Tubos de PVC e Cobre	50	50		33	20	50	50
Tubulação de água quente	16				20		

ANEXO B - Geração de CO₂ por setores no Brasil. MCT (BRASIL, 2005)

	Setor	Geração CO₂ (Gg)	Partic. %
Geração de CO₂ por consumo de Energia	Setor Energético	25602	2,49
	Setor Industrial	74066	7,19
	Cimento	4940	0,48
	Ferro gusa e Aço	37606	3,65
	Ferro ligas	281	0,03
	Mineração e Pelotização	3215	0,31
	Metais Não-ferrosos	3860	0,37
	Química	9038	0,88
	Alimentos e Bebidas	3615	0,35
	Têxtil	1332	0,13
	Papel e Celulose	2936	0,29
	Cerâmica	2501	0,24
	Outras Indústrias	4741	0,46
	Setor de Transportes	94324	9,16
	Aéreo	6204	0,60
	Rodoviário	83302	8,09
	Ferroviário	1260	0,12
	Marítimo	3558	0,35
	Setor Residencial	15176	1,47
	Setor Comercial	1557	0,15
	Setor Público	1962	0,19
	Setor Agrícola	12516	1,22
	Outros Setores	9723	0,94
	Total - Queima de combustíveis fósseis	231408	22,47
	Mineração de carvão	1355	0,13
	Extração e Transporte de Petróleo e Gás Natural	3741	0,36
	Total - Emissões Fugitivas	5096	0,49
	Total – CO₂ por consumo de Energia	236505	22,97
Geração de CO₂ em processos industriais	Produção de Cimento	9340	0,91
	Produção de Cal	4150	0,40
	Produção de Amônia	1301	0,13
	Produção de Alumínio	1892	0,18
	Outras Indústrias	187	0,02
	Total – CO₂ em processos industriais	16870	1,64
	Mudança no Uso da Terra e Florestas	776331	75,39
	TOTAL BRASIL	1029706	100,00

ANEXO C - Emissão de carbono por queima de combustíveis específicos para a geração de energia

Combustível	Fator de conversão
	kgC/tep
Gás natural	691
Carvão mineral	1.166
Lenha	942
Bagaço de cana	0
Outros renováveis	0
Óleo diesel	913
Óleo combustível	954
GLP	777
Nafta	904
Querosene	881
Gás de coqueria	904
Gás canalizado	913
Coque CM	1.333
Eletricidade	0
Carvão Vegetal	313
Outras / Petróleo	904
Outras / Alcatrão	904
Total	-

Fonte: IPCC (1995)

ANEXO D - Características das edificações residenciais brasileiras 1993 /2004. PNAD e Censo Demográfico IBGE

Anos	1993	1997	1998	1999	2'000*	2001	2002	2003	2004
Domicílios		40 664 623	41 839 703	43 859 738	44 795 101	46 903 225	48 036 173	49 712 307	50 956 357
Urbana		81,1	81,2	81,4	83,4	85,2	85,6	86,0	
Rural		18,9	18,8	18,6	16,6	14,8	14,4	14,0	
Casa		90,1	90,1	90,0	89,4	89,5	89,2	88,0	
Apartamento		9,1	9,3	9,5	9,5	9,9	10,1	11,5	
Cômodo		0,8	0,7	0,5	1,1	0,6	0,7	0,5	
Iluminação elétrica	90,0	93,3	94,2	94,8	93,0	96,0	96,7	97,0	97,4
Telefone	19,8	27,9	32,0	37,6	39,7	58,9	61,7	62,0	66,1
Somente móvel celular						7,8	8,8	11,2	16,5
Fogão		97,0	97,4	97,4		97,6	97,7	97,6	97,7
Filtro de água		57,2	56,4	55,6		52,7	53,1	52,6	51,6
Geladeira	71,8	80,3	81,9	82,8	83,2	85,1	86,7	87,3	88,1
Freezer	13,0	18,8	19,7	19,6		18,8	18,5	17,7	17,2
Máquina de lavar roupa	24,3	31,7	32,3	32,8	33,1	33,7	34,0	34,5	34,9
Rádio	85,1	90,3	90,4	89,9	87,4	88,0	87,9	87,8	88,1
Televisão	75,8	86,2	87,5	87,7	87,0	89,1	90,0	90,1	90,9
Microcomputador					10,6	12,6	14,2	15,3	16,6
Com acesso à internet						8,6	10,3	11,5	12,4
Número de moradores									
1 morador					9,1	9,5	9,7	10,2	10,5
2 moradores					17,2	18,0	18,4	19,2	19,6
3 moradores					22,0	22,9	23,0	23,4	23,5
4 moradores					23,1	23,6	23,8	23,6	23,4
5 moradores					14,2	13,6	13,1	12,5	12,4
6 moradores					7,0	6,3	6,2	5,7	5,5
7 moradores					3,4	2,9	2,8	2,7	2,5
8 moradores ou mais					3,9	3,1	3,0	2,8	2,6

* Dados do Censo 2000. A partir de SIDRA (2003).

ANEXO E - Energia Embutida em Materiais de construção. Brasil e outros países (MJ/kg)

MATERIAIS	MIC- CETEC MG (BR) (1982)	GONÇALVES (BR) (1985)	BOUSTEAD AND HANCOCK (UK) (1979)	BLANCHARD; REPPE – (USA) (1998)	SCHEUER; REPPE – (USA) (2003)	ALCORN – (NZ) (1996)	LAWSON – (AU) (1996)	ANDERSEN (DN) (1993)	TAVARES (BR) (2005)
Aço - cantoneira laminada	47,27			28,80	26,40				
Aço - chapa dobrada	46,05	15,04	50,00		28,00				
Aço - laminado CA 50A	21,81	25,59	36,00	37,30	30,60	32,00		37,22	30,00
Aço - reciclado						12,50			
Acrílico	53,74			112,20					
Água					0,20				
Alumínio lingote	95,87		251,00	207,80	207,00	191,00	170,00		98,20
Alumínio anodizado						227,00			
Alumínio reciclado - extrudado						17,30			
Alumínio reciclado - anodizado						42,90			
Areia	0,02	0,06	0,60		0,60	0,10			
Argamassa - mistura	0,54	3,47		1,90	0,10	2,10			
Asfalto				51,00	50,20				
Batente - madeira aparelhada	8,37	3,35							
Borracha natural - latex					70,00	67,50			
Borracha sintética				150,40	143,00		110,00		
Brita	0,03	0,08	0,09	0,90	0,20	0,10			
Cal virgem			0,10		0,10				
Cal hidratada	4,03		5,20						
Carpete	4,68				30,80	106,00			
Cera					52,00				
Cerâmica - azulejo	12,56	5,76		4,50				8,37	
Cerâmica - bloco de 8 furos	2,87	3,60	2,60		2,70	2,50	2,50		2,90
Cerâmica - branca	12,98	39,34							
Cerâmica - piso esmaltado	12,98	23,36		20,50					
Cerâmica - revestimento biqueima					5,50				
Cerâmica - revestimento monoqueima									5,10
Cerâmica - refratária			6,30		32,40				

MATERIAIS	MIC- CETEC MG (BR) (1982)	GONÇALVES (BR) (1985)	BOUSTEAD AND HANCOCK (UK) (1979)	BLANCHARD; REPPE - (USA) (1998)	SCHEUER; REPPE - (USA) (2003)	ALCORN - (NZ) (1996)	LAWSON - (AU) (1996)	ANDERSEN (DN) (1993)	TAVARES (BR) (2005)
Cerâmica - telha									
Chapa de compensado	5,44			8,30		9,00	10,40		
Chumbo lingote	10,47					35,10			
Cimento Portland	4,96	4,04	7,80		3,70	7,80	5,60		4,20
Cobre			17,50	48,70	71,60	70,60	100,00	81,64	
Cola			78,40						
Concreto armado			3,80			3,40	3,33	2,34	
Concreto bloco			1,40			1,00			
Concreto simples	0,56		1,30	1,60	0,50	1,40	1,90	0,88	
Disjuntor	0,54								
Dobradiça - ferro	46,05	2,05							
Fechaduras		10,04							
Ferro fundido			34,00		32,80				
Fibra de vidro				24,50	17,60	30,30			
Fibrocimento - telha	4,19	0,31	6,40			13,10	4,80		
Fio termoplástico	71,18	7,70							
Garrafa de vidro			19,00						
Gesso			3,40		0,90				
Gesso acartonado						6,10			
Granito - aparelhada					0,10	0,79	5,90		
Lã mineral						16,10		22,32	
Latão				99,90	239,00	62,00			
Madeira - aparelhada seca forno			5,50	5,80	10,80	2,50	3,40	13,19	
Madeira - aparelhada seca ar livre						0,30	0,50		
Madeira - laminada colada						4,60	11,00		
Madeira - MDF	8,37					11,90			
Mármore	1,38					0,79			
Marmorite	0,00	0,48							
Palha						0,24			
Papel			28,30	16,20		12,60			18,50

MATERIAIS	MIC- CETEC MG (BR) (1982)	GONÇALVES (BR) (1985)	BOUSTEAD AND HANCOCK (UK) (1979)	BLANCHARD; REPPE - (USA) (1998)	SCHEUER; REPPE - (USA) (2003)	ALCORN - (NZ) (1996)	LAWSON - (AU) (1996)	ANDERSEN (DN) (1993)	TAVARES (BR) (2005)
Papel Kraft					37,70				
Papel de parede						36,40			
Placa de gesso	0,00			3,80		4,50	2,90	10,05	
Poliamida - nylon					125,00				
Polietileno de alta densidade			50,60		79,50	103,00			
Polietileno de baixa densidade			92,30						
Poliestireno expandido				100,30	94,40	117,00		124,14	
Polipropileno			129,50	83,80	75,00	64,00			
Poliuretano					70,00	74,00			
Porta - madeira aparelhada	8,37	3,35							
Prata				128,20					
Resíduos			0,22						
Selante - formaldeído						78,20	87,00		
Solo-cimento - bloco						0,42	0,80		
Solvente - tolueno					67,90				
Telha de vidro	23,13								
Tinta acrílica					60,20		61,50		
Tinta óleo						98,10			
Tinta PVA latex	1,25	2,19		77,60		88,50		29,31	
Titânio, dióxido					73,80				
Torneiras e registros (latão cromado)	96,30	790,94							
Tubo - PVC	0,54	3,47	96,30	77,40	60,70	70,00	80,00	103,21	
Tubo de cobre					65,80				
Tubo de ferro galvanizado	26,11			37,30			38,00		
Vermiculita	1,37								
Vidro plano	19,61	27,94	20,50	18,40	6,80	14,90	12,70	30,27	
Vidro - blindex						26,20			
Vinil				11,80	50,80	79,10			
Zinco - Chapa galvanizada			65,00			53,80			