

ELAINE CRISTINA DE SOUZA PEREIRA DE RESENDE

**A ECORREABILITAÇÃO E A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DAS
EDIFICAÇÕES.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Área de Concentração: Tecnologia da Construção.

Orientador: Prof. Dr. CARLOS ALBERTO PEREIRA SOARES

Niterói

2011

ELAINE CRISTINA DE SOUZA PEREIRA DE RESENDE

A ECORREABILITAÇÃO E A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Área de Concentração: Tecnologia da Construção.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. CARLOS ALBERTO PEREIRA SOARES – Orientador

Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof. Dr. GILSON BRITO ALVES LIMA

Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof. Dr. GUILHERME ARAUJO DE FIGUEIREDO

Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

Niterói
2011

DEDICATÓRIA

*Ao meu marido, Paulo Resende, e nosso filho,
Paulo Junior, pela imensa felicidade que me
proporcionam todos os dias.*

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de pesquisa que me permitiu desenvolver o presente trabalho.

Ao Professor Dr. Carlos Alberto Pereira Soares, pela orientação assertiva, carinho e atenção na elaboração desta dissertação.

Ao meu marido Paulo Resende, por toda a ajuda e estímulo, pelo olhar atencioso a cada palavra escrita e revisão sempre engrandecedora, por sua confiança, crença e amor.

A minha família, especialmente minha irmã, Sônia Regina de Souza, pelo incentivo constante, e minha mãe, Beatriz de Souza, pelo amor e dedicação. A todos os demais pelo apoio que sempre manifestaram nos momentos de maior decisão e necessidade.

Ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Civil da UFF, especialmente aos professores Orlando Celso Longo, Fernando Mainier, Ana Seroa, Wainer da Silveira, Miguel Luiz Ferreira, José Murilo e Mara Salles, por todo o conhecimento transmitido.

Ao corpo docente da UNIPLI pela base do conhecimento que possibilitou o desenvolvimento desse trabalho, especialmente aos professores Guilherme Figueiredo, Cláudia Thaumaturgo, Elizabeth Londe, Christine Chinelli, Luis Valverde e Vânia Veiga.

Aos colegas Luiz André Vergara, Tatiane Cruz e Louise Vieira, pelo suporte e disposição em ensinar.

As secretárias do curso de pós-graduação em Engenharia Civil da UFF, pela solicitude e rapidez no atendimento.

Aos colegas do mestrado, pelo companheirismo, apoio e amizade.

A Mauritz Glaumann e toda a equipe do projeto ENSLIC, por compartilharem as informações que deram origem ao estudo proposto.

A todos que, de alguma forma, contribuíram na elaboração desta dissertação.

RESUMO

A reabilitação de edifícios existentes se apresenta como uma solução viável para transpor problemas como o abandono e desvalorização dos centros das grandes cidades e a pouca disponibilidade de sítios para a construção. A ecorreabilitação, por sua vez, vem acrescentar a dimensão da sustentabilidade ambiental às técnicas de reabilitação já consagradas pelo uso. Com a finalidade de identificar se uma construção atende aos requisitos de sustentabilidade ambiental, muitos selos, rótulos verdes e técnicas de avaliação foram desenvolvidos. Destaca-se neste universo uma técnica amplamente utilizada na Europa, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e a Avaliação do Custo do Ciclo de Vida das Edificações (ACCV). A ACV tem por objetivo medir os impactos ambientais, enquanto a ACCV mede os custos, ambos causados por uma determinada construção durante todo o seu ciclo de vida. Neste trabalho optou-se por analisar criticamente a ferramenta de ACV elaborada pelo projeto ENSLIC (*Energy Saving Through Promotion of Life Cycle Assessment in Buildings*), da qual fazem parte diversas instituições de pesquisa europeias e com o apoio da Comissão Europeia no âmbito do Programa Energia Inteligente para a Europa. A análise visou averiguar se a ferramenta, composta por planilhas em Excel, poderia ser utilizada imediatamente no mercado nacional brasileiro sem a necessidade de adaptações. Como resultado verificou-se que, dentre as 15 planilhas de cálculo disponibilizadas pelo projeto, 2 planilhas não precisam ser adaptadas; 2 estarão automaticamente adequadas após a adaptação de outras; 1 pode ser adaptada para apresentar cálculos, mas não é essa a sua função atualmente no modelo desenvolvido pelo ENSLIC; e finalmente, 10 precisam ser revisadas e ter seu conteúdo adaptado para correta aplicação. Os maiores problemas constatados para aplicação dessas planilhas estão nas diferentes bases de dados utilizadas para mensurar os impactos ambientais, que necessitam de dados nacionais para realizar os cálculos com mais precisão. A ferramenta, após adaptada, pode beneficiar a uma gama de atores envolvidos na construção civil, devido a facilidade na sua aplicação, e a sociedade como um todo, que pode cobrar resultados mais acurados em relação a ecorreabilitação das edificações existentes e menores impactos ambientais relacionados.

Palavras-chave: ecorreabilitação. Sustentabilidade ambiental. Ciclo de Vida das edificações. Custos na construção civil.

ABSTRACT

The refurbishment of existing buildings is presented as a viable solution to bridge problems like neglect and devaluation of the big cities downtown and the limited availability of sites for construction. Eco-refurbishment, in turn, adds the dimension of environmental sustainability to rehabilitation techniques already established by usage. In order to identify whether a building meets the requirements of environmental sustainability, many stamps, green labels, and evaluation techniques were developed. Highlights in this universe a technique widely used in Europe, Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Costing of Buildings (LCC). The LCA is designed to measure environmental impacts, while the LCC measures the costs, both caused by a particular building throughout its entire life cycle. In this work we chose to critically analyze the LCA tool developed by the project ENSLIC (Energy Saving Through Promotion of Life Cycle Assessment in Buildings) that consists of several research institutions in Europe and with the support of the European Commission by the Intelligent Energy for Europe Programme. The analysis sought to determine whether the tool, consisting of Excel worksheets could be used immediately in the Brazilian market without the need for adjustments. As a result it was found that among the 15 spreadsheets available for the project, two sheets need not be adapted; 2 will automatically be adequate after fitting the other; one can be adapted to present calculations, but this is not its current function in the model developed by ENSLIC; and finally, 10 must be reviewed and adapted to have its content correct application. The major problems encountered in applying to these worksheets are in different databases used to measure the environmental impacts that need national data to calculate with more accuracy. The tool, after adapted, can benefit a range of actors involved in construction, due its ease implementation, and society as a whole, which may collect more accurate results for eco-refurbishment of existing buildings and minor environmental impacts related .

Keywords: Eco-refurbishment. Environmental sustainability. Life Cycle of the buildings. Costs in construction.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.2 OBJETIVOS	25
1.2.1 Objetivo Geral	25
1.2.2 Objetivos Específicos	25
1.3 RELEVÂNCIA E RESULTADOS	26
1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA	27
1.4.1 Classificação da Pesquisa	27
1.4.2 Método Científico	28
1.4.3 Metodologia	29
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	30
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	30
2 A ECORREABILITAÇÃO E A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	32
2.1 O CONCEITO DE <i>REFURBISHMENT</i>	32
2.2 O CONCEITO DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS	34
2.3 O CONCEITO DE RETROFIT DE EDIFÍCIOS	37
2.4 O CONCEITO DE ECORREABILITAÇÃO	39
2.5 A REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS NO CONTEXTO MUNDIAL E NACIONAL.....	40
2.6 CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	42
2.7 CUSTOS PARA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS	45
2.8 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	49
2.9 CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES	54
2.9.1 A Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida.....	57
2.9.2 Interpretação e análise dos resultados.....	60
2.10 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES	61
3 A METODOLOGIA ENSLIC SOBRE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) E AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV) DAS EDIFICAÇÕES.....	64
3.1 A AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO VIDA (ACCV)	68
3.2 A APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	70
3.3 PROCEDIMENTO PARA OS CÁLCULOS ACV / ACCV NO PROJETO DE CONSTRUÇÃO	72
3.4 ANÁLISE DESCRITIVA E CRÍTICA DAS PLANILHAS ELABORADAS PELO ENSLIC	73
3.4.1 Análise Descritiva da pasta de trabalho MODELO ENSLIC	73
3.4.2 Análise Crítica da pasta de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.....	89
3.5 EXEMPLO DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS EM ACCV	110

3.6 CONSOLIDAÇÃO DA ANÁLISE CRÍTICA DAS PLANILHAS ENSLIC	112
3.7 RECOMENDAÇÕES PARA ADEQUAÇÃO DAS PLANILHAS DE ACV DO ENSLIC PARA A REALIDADE NACIONAL.....	116
4 CONCLUSÃO.....	120
4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
ANEXOS	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACCV	Avaliação dos Custos do Ciclo de Vida
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida
AP	Área Privativa
ATC	Área Total Construída
AU	Área Útil
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BEN	Balanco Energético Nacional
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEF	Caixa Econômica Federal
CEN	Comité Européen de Normalisation
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAP	Declaração ambiental de produto
EEE	Eficiência Energética das Edificações
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
ENSLIC	Energy Saving Through Promotion of Life Cycle Assessment in Buildings
EPA	Environmental Protection Agency

FIESP	Federação das Indústrias de São Paulo
GFA	Gross Floor Area
GWP	Global Warming Potential
HFA	Heated Floor Area
HIS	Habitação de Interesse Social
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
LDI	Lucro e Despesas Indiretas
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
NFA	Net Floor Area
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PUC	Pavimento de Uso Comum
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TRACI	Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts
UFA	Usable Floor Area
UH	Unidade Habitacional
US GBC	United States Green Building Council
VPL	Valor Presente Líquido

WBCSD World Business Council For Sustainable Development

WWI Worldwatch Institute

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Dez atributos verdes para as edificações.	18
Figura 2: Etapas da Avaliação do Ciclo de Vida das edificações do projeto ENSLIC Building. 23	23
Figura 3: A reabilitação de edifícios no contexto do setor da construção civil e as atividades que pode compreender.	36
Figura 4: Distribuição do mercado da construção civil em alguns países europeus.	41
Figura 5: Ciclo de vida da utilização da energia.	52
Figura 6: Fontes de energia locais.	53
Figura 7: Categorias de Impacto estudadas pelo TRACI e utilizadas pelo GBC, no sistema LEED.	58
Figura 8: Elementos da fase de AICV.	60
Figura 9: Ilustração das etapas do ciclo de vida de um edifício e entrada de dados para ACV.	67
Figura 10: Ilustração das ações realizadas em uma avaliação do ciclo de vida (ISO 14042).	68
Figura 11: Ilustração geral da relação entre opções de escolha e disponibilidade de dados de produtos durante o processo de projeto.	71
Figura 12: Planilha 1 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.	74
Figura 13: Planilha 2 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.	76
Figura 14: Planilha 3 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.	78
Figura 15: Planilha 4 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.	83
Figura 16: Planilha 5 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.	86
Figura 17: Planilha 6 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.	87
Figura 18: Planilha 7 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.	88
Figura 19: Planilha 8 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.	89
Figura 20: Planilha 1 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.	90
Figura 21: Planilha 2 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.	91
Figura 22: Planilha 3 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.	93
Figura 23: Trecho da planilha 4 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no ANEXO 1).....	94
Figura 24: Consumo Final dos eletrodomésticos na Carga residencial.	95
Figura 25: Trecho da Planilha 5 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)	98
Figura 26: Trecho da Planilha 6 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)	99
Figura 27: Trecho da Planilha 7 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)	100
Figura 28: Planilha 8 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.	101

Figura 29: Trecho da Planilha 9 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)	102
Figura 30: Trecho da Planilha 10 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)	103
Figura 31: SWEDEN – Energy Mix Fact Sheet. Fonte: European Commission (2007).	104
Figura 32: Gráfico Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte. Fonte: Relatório Final BEN 2010.	104
Figura 33: Trecho da Planilha 11 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (planilha completa no Anexo 1)	106
Figura 34: Trecho da planilha 13 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)	108
Figura 35: Trecho da Planilha 14 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)	109
Figura 36: Trecho da Planilha 15 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA <i>Construction Input Worksheet</i> - WOOD. (Planilha completa no Anexo 1)	109
Figura 37: Distribuição dos custos das diferentes categorias para as alternativas consideradas.	111
Figura 38: Avaliação do Custo do Ciclo de Vida de quatro alternativas de obras.....	111
Figura 39: Modelo de equivalências para avaliação da adaptação transcultural de um instrumento.	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Aplicação das avaliações de edifícios e as vantagens oferecidas pela sua utilização.....	22
Quadro 2: Custos de uma nova construção comercial.	45
Quadro 3: Adaptações realizadas em edifícios reabilitados.....	46
Quadro 4: Custo total das obras de reabilitação de edifícios na cidade de São Paulo.	47
Quadro 5: Análise comparativa entre os custos de uma nova construção e os custos de uma edificação reabilitada na cidade de São Paulo no ano de 2006.	48
Quadro 6: Processos de construção civil e tempos de vida útil.	57
Quadro 7: Tipos de ferramentas de avaliação do ciclo de vida.	62
Quadro 8: Cálculo dos impactos ambientais.....	66
Quadro 9: Exemplo de cálculo dos impactos ambientais.	66
Quadro 10: Indicadores ambientais sugeridos atualmente na norma CEN 350.....	79
Quadro 11: Categorias de Impacto estudadas pelo TRACI e utilizadas pelo GBC, no sistema LEED	79
Quadro 12: Regulamentação nacional sobre meio ambiente e impacto ambiental.....	81
Quadro 13: Diferenças de transmitância térmica de materiais entre Suécia e Brasil.	97
Quadro 14: Planilha 12 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.	107
Quadro 15: Síntese das planilhas analisadas e razões que inviabilizam sua utilização no Brasil.....	115

INTRODUÇÃO

De um lado, o empobrecimento da população e, de outro, o fortalecimento de legislações de caráter urbanístico e ambiental que diminuem a oferta de terras para serem urbanizadas mostram ser uma atitude irracional mantermos áreas desocupadas nos centros urbanos já estruturados e com boa oferta de serviços públicos. (DUARTE, 2007)

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

As grandes cidades vêm apresentando, com o decorrer dos anos, um esvaziamento de suas áreas centrais com o crescimento de áreas construídas desocupadas e degradadas, devido a fatores como descuido ou abandono. É sabido que uma construção, para se manter em boa situação, carece de uso, e este implica na realização de intervenções, desde os pequenos reparos periódicos até uma renovação total. Do mesmo modo se comporta a cidade: sem uso e manutenção, tende a se degradar pelo tempo. O fato mais estarrecedor no esvaziamento dos centros urbanos é a característica desses lugares, que possuem infraestrutura e rede de serviços instalados e disponíveis.

A deterioração dos centros urbanos deve ser entendida como um processo com causas e efeitos que podem ter origem interna ou externa. Dentre as causas de origem interna se encontra o congestionamento das atividades: alto tráfego; poluições visual, sonora e do ar; encarecimento do custo da terra; escassez de áreas para construção; falta de áreas para estacionamento; entre outras. Com o passar dos anos os grandes centros têm se tornado anacrônicos: tanto as edificações quanto a infraestrutura de serviços ficaram obsoletas, e a estrutura fundiária vem se transformando num problema para a administração local. (VARGAS, 2006)

Ainda segundo a autora, dentre as causas de origem externa tem-se outras áreas da cidade concorrendo com a região central. Isso ocorre em função da expansão urbana, de uma

oferta imobiliária mais atrativa que insinue maior qualidade de vida fora da região central, ou ainda pela oferta de construções mais modernas, diferentes daquelas presentes nos velhos centros. Duarte (2007) acrescenta a isso o fato da centralidade urbana ter sido pulverizada em vários outros centros periféricos, dotados de comércio e serviço especializados.

E por fim, dentro do conceito de deterioração dos centros urbanos, há ainda um efeito a ser estudado: o êxodo de atividades, caracterizado pelo abandono e desocupação das edificações residenciais, das instituições públicas, do comércio e serviços mais qualificados. Ocorre ainda uma apropriação indevida dos espaços públicos e a ocupação não muito nobre das edificações, tais como atividades ilegais ou a criação de cortiços.

Um conceito chave para as alternativas a esse quadro é o da reabilitação urbana. Sendo assim, considerações sobre o uso mais adequado de acordo com o que se espera da dinâmica urbana, bem como a resposta do edifício ao uso proposto a partir de sua arquitetura e preservação patrimonial, devem ser analisadas dentro dessa conjuntura específica.

A possibilidade do aproveitamento de edificações existentes, ao invés da simples demolição das estruturas anteriores para a construção de novas, aproxima a construção civil da discussão da sustentabilidade ambiental. Esta tomou notoriedade na sociedade em geral por campanhas tal como a dos 3 R's – reduzir, reutilizar, reciclar.

Sustentabilidade ambiental por sua vez, segundo o WWI – *Worldwatch Institute* (2010) significa utilizar-se dos recursos naturais de forma a se satisfazer plenamente, no entanto preservando-os e não interferindo prejudicialmente nos ciclos de renovação da natureza, para que as gerações futuras também possam usufruir destes mesmos recursos.

Dentro desse conceito, Buchanan (2005) elenca os dez atributos “verdes” que a edificação deve ter para ser ambientalmente sustentável, conforme a figura abaixo:



Figura 1: Dez atributos verdes para as edificações.

Fonte: Adaptado de BUCHANAN (2005).

Destaca o autor no item *conservação das construções* que deve-se considerar a energia investida e a preservação da memória, por isso é importante fazer a preservação e o aproveitamento de construções já existentes. Enfim, caso haja edificações na área, é aconselhável considerar a possibilidade de aproveitá-las no projeto.

Ferreira (2009) acredita que “a reabilitação do parque edificado já existente constitui uma via privilegiada para atingir os objetivos de sustentabilidade, baseados na definição de um limite de exploração de recursos.” Prossegue a autora dissertando sobre os benefícios da reabilitação, entre eles a utilização de um território já ocupado, redução do consumo de recursos e da produção de resíduos e efluentes, bem como a manutenção dos ecossistemas. Acrescente-se a isso o aumento na vida útil das edificações, e a oportunidade de implementação de estratégias de eficiência energética.

O pensamento da autora sintetiza o que diversos pesquisadores ao redor do mundo vêm evidenciando em seus trabalhos: a reabilitação não somente renova o centro urbano, também se mostra como uma excelente oportunidade de aplicar os conceitos de sustentabilidade ambiental, com a recuperação de estruturas, redução do desperdício e dos resíduos gerados, e o investimento em eficiência energética, um dos maiores desafios dos tempos atuais. (WBSCD, 2007)

No entanto, o que se apresenta ainda é um cenário no qual a reabilitação não tem muito destaque. As construções novas realizadas nos bairros periféricos continuam em expansão, suprimindo a crescente necessidade de habitação e edificações comerciais. Como destaca a autora, essa é uma realidade que não se sustenta por muito tempo, pois não há estrutura física que suporte um crescimento ilimitado. A partir desse ponto, a reabilitação se torna uma atividade de futuro promissor. (FERREIRA, 2009)

Adicione-se a isso o fato que demolir e construir novos edifícios descaracteriza a cidade e desvaloriza o patrimônio histórico e cultural daquela localidade. A imagem da cidade está intimamente ligada ao seu parque construído, que é constituído por marcos que as distingue de outros lugares. (LYNCH, 2010)

A preservação das edificações é também a preservação da memória coletiva e da identidade de seus habitantes com o lugar onde vivem, crescem, trabalham, morrem. Não significa entretanto que novos edifícios não devam ser construídos, ou que os existentes não possam sofrer intervenções. Sempre que necessário, essas decisões devem ser tomadas para benefício da cidade e de seus habitantes.

A questão histórica remete à preservação do patrimônio baseada em legislação recente do IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (2004, p.2), que diz respeito aos sítios históricos urbanos, cuja finalidade é “preservar o patrimônio cultural da cidade para a sua população e para a coletividade”, impedindo assim a destruição e descaracterização total dos bens construídos nas áreas tombadas.

Para Jacobs (2009, p. 216) as cidades precisam da variedade proporcionada pelos prédios novos e antigos, mas especialmente os antigos, pois estes se prestam a “incubar uma nova diversidade principal”. Essa é uma das condições para a diversidade urbana, responsável por manter a cidade viva, sendo sempre utilizada em diferentes horários, por pessoas variadas.

Appleton (2009) apresenta uma lista de vantagens econômicas em se reabilitar edifícios em comparação a demolição e reconstrução:

- i. Custo de demolição menor;
- ii. Custo de licenças e taxas menor;
- iii. Aprovação do projeto mais fácil;

- iv. Custo do canteiro de obras menor;
- v. Consumo de novos materiais menor.

Ressalta ainda que o custo final de uma reabilitação será “sempre menor que o custo de uma nova construção”, mesmo que o custo unitário dos serviços de reabilitação sejam maiores que os desta, garantindo ainda a sustentabilidade da edificação. (APPLETON, 2009) Entretanto, como muito noticiado, os custos de reabilitação se apresentam por vezes maiores que os de uma nova construção. Marques de Jesus (2008) atribui isso a uma falta de clareza no momento do levantamento das intervenções necessárias. Outras razões que justificam um custo elevado são aquelas de características mais subjetivas, tais como obras emergenciais, inflação, ou mesmo casos de corrupção.

O mercado de reabilitação no Brasil tem como fatores preponderantes a utilização de edifícios abandonados em áreas centrais para instalação de Habitação de Interesse Social (HIS) ou se restringe a aplicação de técnicas de retrofit em edifícios comerciais. Essa segunda, conforme afirma Cianciardi (2004) vem crescendo especialmente nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, no entanto muito restrita aos edifícios corporativos e, atualmente, em relevo na área hospitalar.

Em relação aos imóveis comerciais, segundo Maia Neto (2009), “na cidade de São Paulo, que conta com uma população de aproximadamente 11 milhões de habitantes, no ano de 2009 havia disponibilidade de um metro quadrado per capita desse tipo de imóvel corporativo, enquanto no Rio de Janeiro, os 6 milhões de habitantes dispunham de 5 milhões de metros quadrados, ou seja, uma relação ainda menor.” A reabilitação de antigos edifícios nessas cidades proporcionaria suprir essa demanda reprimida. Salienta ainda o autor que a aproximação dos megaeventos esportivos despertará no setor hoteleiro o uso do retrofit para recuperar fachadas e curar patologias.

Ferreira (2009) frisa que ao considerar o tempo de vida útil da edificação, o retorno do investimento em reabilitação é relativamente rápido, e isso serve como fundamento para sua realização. Infelizmente, outros aspectos relevantes não são considerados por não serem facilmente traduzidos em valores financeiros para o investidor ou usuário. Entre eles pode-se citar a melhoria do conforto ambiental e consequentemente da saúde de seus ocupantes, e a redução do impacto do consumo energético do edifício.

O projeto ENSLIC Building, conduzido por Glaumann (2010) e criado na Europa, estudou diversos edifícios reabilitados, nos quais as técnicas de sustentabilidade ambiental foram aplicadas e verificou que o investimento se paga, em média, no prazo de 10 (dez) anos. O WBCSD - World Business Council For Sustainable Development (2008) destaca ainda que o investimento em sustentabilidade para países desenvolvidos é da ordem de 5% do custo total da construção.

Para Silva (2003) a viabilidade econômica da construção, especialmente em países em desenvolvimento – caso do Brasil, assume um papel de maior importância, ficando a questão ambiental sem nenhum destaque. Porém, segundo a autora, “construção sustentável não implica em priorizar uma dimensão em detrimento das demais, nem demanda uma solução perfeita, e sim a busca do equilíbrio entre a viabilidade econômica que mantém as atividades e negócios; as limitações do ambiente; e as necessidades da sociedade.” E ressalta que os projetos ambientalmente responsáveis são mais duráveis, econômicos e eficientes para operar, além de oferecer ambientes mais saudáveis e confortáveis para ocupantes e usuários.

Há de se recordar que o setor de construção é um dos responsáveis pelo atendimento das metas de desenvolvimento sustentável estabelecidas para qualquer país. É também a atividade com maior impacto sobre o meio ambiente, pois altera a natureza, função e aparência de áreas urbanas e rurais. O consumo de recursos e a geração de resíduos superam a maioria das outras atividades econômicas. Sendo assim, a implementação de políticas de redução de impactos ambientais é fundamental, sendo a avaliação e classificação ambientais umas das políticas que pode ser adotada com papel fundamental na sustentabilidade ambiental. (SILVA, 2003)

O sistema de avaliação ambiental, para Silva (2003), especialmente se ele emite um certificado ambiental, é um método eficiente para melhorar o desempenho ambiental tanto dos edifícios construídos quanto das novas construções. Por isso é importante que o método seja simples e permita ao empreendedor ou ao usuário identificar rapidamente aquele edifício com melhor desempenho. Apresenta ainda um quadro que destaca a aplicação dessas avaliações e as vantagens oferecidas pela sua utilização:

Aplicações da Avaliação de Edifícios	Vantagens Oferecidas
<ul style="list-style-type: none"> • Instrumento para avaliação mercadológica; • Suporte à introdução de sistemas de gestão ambiental; • Especificação do desempenho ambiental de edifícios; • Auxílio a projetos; • Estabelecimento de normas de desempenho ambiental; • Auditorias ambientais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria da imagem pelo mercado de quem adota práticas sustentáveis; • Aquecimento do mercado para produtos da construção civil com maior desempenho ambiental; • Entendimento do que é um edifício sustentável; • Acesso a financiamentos, novos mercados e perspectivas de negócios no longo prazo; • Redução de custos no longo prazo; • Maior lucratividade, qualidade do ambiente interno e satisfação dos clientes; • Estímulo para elevação do nível de desempenho de edifícios novos e existentes; • Conhecimento do estado atual e definição de metas para melhoria dos edifícios existentes.

Quadro 1: Aplicação das avaliações de edifícios e as vantagens oferecidas pela sua utilização.

Fonte: Adaptado de SILVA (2003).

Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) das edificações é uma prática de avaliação de impactos ambientais estimulada e aplicada em diversos países, especialmente quando se dá de forma integrada com a chamada Avaliação dos Custos do Ciclo de Vida (ACCV), que consiste em uma ferramenta para a avaliação do custo total de um ativo ao longo do tempo.

A realização de tais análises é complexa, sendo objeto da pesquisa de diferentes comitês técnicos por todo o mundo. Atualmente, há diversas normas que abordam questões pertinentes, destacando-se a NBR ISO 14040:2009 – Gestão Ambiental do Ciclo de Vida, a ISO 21930:2007 - Sustentabilidade na Construção de Edifícios e a CEN/TC 350 do Comitê Europeu de Normalização – *Sustainability of construction works - Assessment of buildings*, havendo também, à disposição dos interessados, manuais técnicos – (US GBC, 1996)– e documentos científicos diversos.

Com o objetivo de tornar simples e acessível os cálculos de impacto ambiental resultantes da construção e operação das edificações, o projeto ENSLIC Building, desenvolveu uma metodologia para avaliação do ciclo de vida das edificações baseada em duas normatizações internacionais, a ISO 14040:2009 e a CEN TC 350.

A metodologia ENSLIC se baseia na execução de dez etapas, a saber:

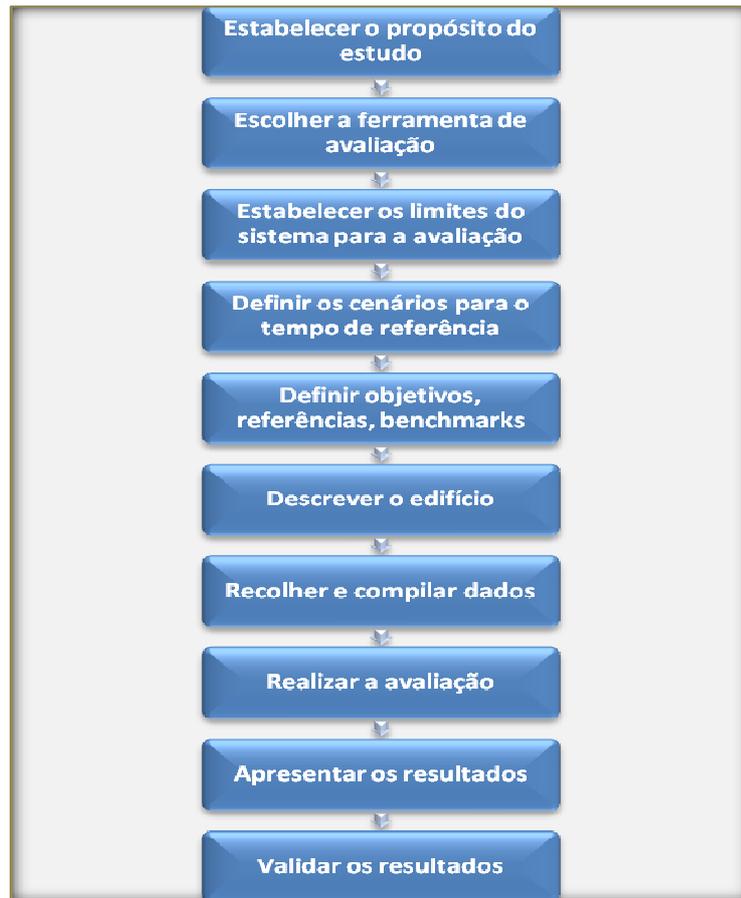


Figura 2: Etapas da Avaliação do Ciclo de Vida das edificações do projeto ENSLIC Building.

Fonte: Adaptado de GLAUMANN (2010).

O destaque dessa metodologia se encontra na aproximação que realiza entre a teoria e a prática a partir de adaptações e de uma necessária validação para os resultados.

A despeito da existência de diversos estudos internacionais, o setor de construção civil brasileiro carece de literatura técnica específica sobre o assunto. Segundo o WBCSD (2008), os edifícios foram identificados como um dos cinco maiores utilizadores de energia e é nesse setor onde são necessários os maiores investimentos e pesquisa para transformar a eficiência energética.

O WBCSD (2008) avaliou por meio de pesquisa 6 países ou regiões que são, em conjunto, responsáveis por dois terços da procura de energia a nível mundial, incluindo países desenvolvidos e em desenvolvimento e uma variedade de climas: Brasil, China, Europa, Índia, Japão e Estados Unidos. Os edifícios destes países contribuem com 40% do consumo da energia primária em sua maioria, e o crescimento é contínuo. Energia primária inclui a energia necessária para produzir, transmitir e distribuir a eletricidade, bem como a energia consumida diretamente no local.

Na mesma pesquisa, quando avaliado o conhecimento dos profissionais sobre a questão “sustentabilidade ambiental”, as pessoas reconheceram que os edifícios sustentáveis são importantes para o ambiente, mas subestimaram a contribuição dos edifícios para os níveis de emissão de gases com efeito estufa, que é atualmente cerca de 40%. Também superestimaram o custo, que é normalmente abaixo dos 5% nos países desenvolvidos, apesar de possivelmente ser mais alto na China, Brasil e Índia. O relatório constatou a ausência de dados comparáveis nesses países.

As técnicas do retrofit que reabilitam edificações vêm sendo aplicadas desde a década de 1990, mas sua utilização como instrumento de preservação ambiental, de melhoria da qualidade de vida, da conscientização da população para a redução do consumo desenfreado dos recursos naturais, ainda não foi abordada pela maioria das construtoras que se utilizam da técnica.

Em diversos trabalhos realizados, consultados no curso dessa pesquisa, os edifícios só foram reabilitados pelo retrofit porque esta era a melhor opção naquele momento, ou pela falta de tempo de se construir um novo, ou pela ausência de bons sítios disponíveis para tal finalidade.

Assumir que a decisão pela reabilitação possa se dar exclusivamente pelo critério da conveniência, como poderia se configurar na constatação de que o mesmo só é a alternativa quando não há alternativas, é menosprezar o seu potencial como uma abordagem sustentável para a indústria da construção civil. A reabilitação *per si* traz comprovadamente economia, no entanto o seu custo com foco na sustentabilidade ambiental é pouco estudado, exatamente por não ser esse o cerne de sua aplicação.

Este trabalho apresentará a metodologia adotada pelo projeto ENSLIC Building para avaliação dos impactos ambientais causados pela indústria da construção civil, por meio da

análise crítica das planilhas eletrônicas elaboradas pelo grupo de projeto, que visam realizar a Avaliação do Ciclo de Vida e Avaliação do Custo do Ciclo de Vida das Edificações.

1.2 OBJETIVOS

Serão apresentados a seguir os objetivos geral e específico do trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é analisar um modelo de ferramenta voltada para a Avaliação do Ciclo de Vida das edificações, evidenciando as necessidades de adaptação para a sua adoção no Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Contribuir para o desenvolvimento do conhecimento científico acerca do tema central da pesquisa;
- Sensibilizar as organizações do setor de construção civil quanto à possibilidade de adoção de modelos para a Avaliação do Ciclo de vida (ACV) e Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) das edificações;
- Contribuir para que arquitetos e engenheiros possam inserir nos novos empreendimentos aspectos relacionados a sustentabilidade ambiental;
- Contribuir para a disponibilização de literatura relevante, produzida sob a perspectiva da realidade nacional;
- Possibilitar ao empreendedor o conhecimento de uma ferramenta que, quando aplicada, apresentará o impacto ambiental de suas escolhas;
- Contribuir para a sociedade, que a partir da disseminação do conhecimento estará apta a exigir pela melhor aplicação dos recursos públicos, que visem não apenas o momento presente, mas as futuras gerações.
- Contribuir para o aprendizado contínuo.

1.3 RELEVÂNCIA E RESULTADOS

O estudo contribuirá para o desenvolvimento do conhecimento científico e técnico acerca do tema central da pesquisa, que é a análise crítica de uma ferramenta de Avaliação de Ciclo de Vida das Edificações, cujo propósito é demonstrar que edifícios reabilitados além de contribuírem para a sustentabilidade ambiental, apresentam menor custo quando comparados a demolição e reconstrução de outro edifício no mesmo sítio.

Demonstrará a eficácia da ferramenta, especialmente quando adaptada à realidade brasileira, evidenciando elementos relevantes para a tomada de decisão do contratante de um projeto de edificação, do empreiteiro e de todos os atores envolvidos, com possibilidade de benefícios para os usuários finais e para a sociedade, traduzindo-se em maior eficiência no uso dos recursos necessários para as atividades humanas, notadamente a energia.

Especificamente para os arquitetos e urbanistas, a dissertação fornecerá um subsídio relevante para a orientação do projeto de arquitetura quando os clientes buscarem soluções sustentáveis para seus empreendimentos. Ainda hoje, persiste no meio a ausência de literatura específica e de manuais ou ferramentas que possibilitem uma análise dos custos, do tempo de retorno sobre o investimento e dos benefícios trazidos ao se adotar uma solução sustentável.

O resultado esperado para o trabalho proposto é uma publicação que apresente uma metodologia de orientação à tomada da decisão sobre projetos de reabilitação de edificações existentes.

Espera-se ainda que o estudo contribua para a formação de uma visão na construção civil que concilie a viabilidade econômica e a sustentabilidade ambiental, pois o trabalho aprofunda o conhecimento científico nacional no uso e nas vantagens da reabilitação de edifícios.

Pode ainda ser considerado como um resultado a promoção de discussões sobre projetos de remodelagem de áreas que serão parte dos investimentos para eventos grandiosos como a Copa em 2014 e as Olimpíadas em 2016. Esses eventos têm o potencial de alavancar o investimento na melhoria e reabilitação das cidades, por conseguinte, promovendo a requalificação dos espaços construídos. O mesmo pensamento pode ser aplicado a áreas que tenham o potencial de sofrer grandes intervenções com vistas à racionalização da ocupação do

espaço no âmbito de projetos de reabilitação, como por exemplo cortiços e outras áreas degradadas.

1.4 METODOLOGIA DA PESQUISA

O objetivo principal de uma pesquisa é encontrar respostas para questões levantadas, por meio do uso de procedimentos científicos, devidamente fundamentados e com metodologias construídas para tal.

Neste trabalho, é apresentada a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) das edificações desenvolvida pelo projeto de trabalho ENSLIC *Building*. O problema central objeto do trabalho consiste na análise crítica de uma ferramenta modelo para ACV das edificações, desenvolvida para o mercado europeu, e as adaptações necessárias para atender as exigências do mercado brasileiro de construção civil, especialmente no que tange a reabilitação das construções.

A hipótese básica é que, dada a origem dos dados, sua utilização imediata no mercado nacional fica prejudicada, carecendo de adaptações que a torne eficiente e realista frente aos aspectos intrínsecos da indústria da construção civil do país.

1.4.1 Classificação da Pesquisa

De acordo com Silva (2000), podem existir várias formas de classificação da pesquisa, conforme a lista abaixo:

a) Quanto a sua natureza:

- Básica: esta pesquisa tem como objetivo a geração de novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência, sem, no entanto, se preocupar com as aplicações práticas.
- Aplicada: esta pesquisa tem como objetivo obter conhecimentos para a solução de problemas específicos, com aplicação prática.

b) Quanto à forma de abordagem do problema:

- Quantitativa: considera questões mensuráveis, convertendo em números opiniões e informações para classificá-los e analisá-los, e necessitando utilizar recursos e técnicas estatísticas.

- Qualitativa: são exploratórias, fazendo emergir aspectos subjetivos e motivações não explícitas, não necessitando de métodos e técnicas estatísticas.

c) Conforme seus objetivos:

- Exploratória: é um estudo preliminar em que o maior objetivo é se tornar familiar com o fenômeno a ser investigado, de maneira que o estudo principal a seguir será planejado com grande entendimento e precisão. Pode envolver levantamento bibliográfico e entrevistas com agentes envolvidos com o problema pesquisado, levando às formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.
- Descritiva: tem como objetivo descrever as características de um fenômeno ou mesmo descrever as relações existentes entre variáveis pesquisadas, envolvendo a coleta padronizada de dados.
- Explicativa: tem como objetivo a identificação dos fatores que contribuem para a ocorrência de fenômenos, apresentando-se em geral sob a forma de pesquisa experimental.

d) Conforme os procedimentos técnicos:

- Bibliográfica: elaborada com base em materiais previamente publicados, tais como livros e periódicos.
- Documental: realizada a partir de material sem tratamento analítico.
- Experimental: a partir de um objeto de estudo, são estudadas as variáveis que podem influenciá-lo, determinando as formas de controle e os seus efeitos.

É importante ressaltar que diversas formas de classificação podem ser simultaneamente aplicadas a uma pesquisa, desde que atenda aos seus requisitos. Desta forma, classifica-se a pesquisa realizada como aplicada, qualitativa, exploratória e bibliográfica.

1.4.2 Método Científico

Para alcançar os objetivos desejados, torna-se necessário utilizar um método científico, ou seja, um conjunto de procedimentos técnicos e intelectuais.

Segundo GIL (1999), os métodos científicos normalmente empregados são: dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo, dialético e fenomenológico.

Será utilizado o método dedutivo para o desenvolvimento da metodologia descrita neste capítulo, já que esta objetiva explicar o conteúdo das premissas, conforme Silva e Menezes (2001, p.26).

1.4.3 Metodologia

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos anteriormente, foram identificadas inicialmente as características e peculiaridades do setor da construção civil no Brasil, do subsetor de edificações e dos seus produtos, por meio de uma pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo e exploratório, no que tange à reabilitação das edificações.

Para a realização desta pesquisa foram consultadas publicações pertencentes às Bibliotecas da Universidade Federal Fluminense, Universidade de São Paulo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, entre outras constantes nas diversas bases de dados encontradas no site de periódicos da CAPES e demais sites da Internet.

A revisão bibliográfica abordou os principais campos do conhecimento envolvidos na discussão e aplicação da análise proposta: a discussão da ecorreabilitação que parte de Qualharini (2002, 2006), Smith (2004), Zmitrowicz e Bomfim (2007), Marques de Jesus (2008), Croitor (2008), Ferreira (2009), Sodagar (2009), Minguet (2010) e Glaumann (2010).

Os custos na construção civil, inclusive aqueles necessários para a ecorreabilitação, foram analisados segundo os conceitos de Martins (1998), Koliver (2001), Tisaka (2004) e Marques de Jesus (2008).

Os conceitos de sustentabilidade ambiental foram revisados por meio dos relatórios do US Green Building Council (1996), com contribuições de Cianciardi e Bruna (2004), do WBCSD (2007), Glaumann (2010), Araújo (2009) e as normas ISO (2007);

Por fim, a convergência entre a sustentabilidade e a construção civil, que abrange a discussão do ciclo de vida das edificações e chega a uma abordagem instrumental do tema, se dá com base nos relatórios do ENSLIC Building de Glaumann (2010), de Silva (2003), Soares (2006), Kuhn (2006) e Araújo (2009).

A partir da análise crítica do modelo desenvolvido pelo ENSLIC BUILDING, que consiste em uma metodologia de simplificação da Avaliação do Ciclo de Vida para a tomada de decisão, o levantamento de dados consistiu na pesquisa documental realizada com dois objetivos específicos, sendo:

- 1) levantamento dos dados relacionados ao modelo europeu de ACV e ACCV, especialmente com foco em ecorreabilitação;
- 2) levantamento dos dados relacionados à realidade da construção civil brasileira, a fim de apurar a necessidade de adaptações ao modelo.

O trabalho identificou ainda qual o tratamento que os dados devem receber para a confecção de um modelo de avaliação compatível com a realidade brasileira e que seja aplicável a edificações em geral.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação apresenta um corpo principal contendo 4 (quatro) capítulos. No corrente capítulo faz-se a apresentação do trabalho, são relacionados seus objetivos, comenta-se a relevância da abordagem do tema para a construção civil, a metodologia da pesquisa, bem como os resultados e impactos da pesquisa e sua delimitação, para então finalizar apresentando a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é desenvolvida a fundamentação teórica, base para a discussão de projetos de reabilitação sustentável, com baixos custos, e sobre a comprovação desses dados por meio da Avaliação do Ciclo de Vida e Avaliação do Custo do Ciclo de Vida das edificações.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia de trabalho do projeto ENSLIC *Building*, desenvolvida por um grupo de pesquisa europeu patrocinado pela Comissão Européia, cujo produto é um conjunto de planilhas eletrônicas em formato Excel para Avaliação do Ciclo de Vida das edificações. Neste capítulo é realizada a análise crítica das referidas planilhas, com o objetivo de comprovar a necessidade de adaptação dos dados constantes nelas para aplicação no mercado nacional.

No quarto capítulo apresenta-se a conclusão do trabalho e as recomendações de trabalhos futuros.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho se limitou ao âmbito da sustentabilidade ambiental, por entender que tal questão já apresenta referencial suficientemente sólido para a realização de uma análise

fundamentada. As características intrínsecas do setor de construção civil nacional, distintas daquelas constatadas nos trabalhos internacionais, evidencia a carência de bases de dados disponíveis para a avaliação dos aspectos técnicos e econômicos relevantes, como será demonstrado no decorrer do estudo.

As planilhas analisadas sofreram testes para simples verificação do funcionamento dos cálculos, sem o propósito de configurar um estudo de caso.

Por fim, a pesquisa não pretendeu transformar as planilhas de cálculo, apenas analisar criticamente sua funcionalidade e adaptabilidade às normas e padrões nacionais.

2 A ECORREABILITAÇÃO E A AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

It is a huge challenge for housing renovation to help meet a target of reducing global emissions by 80 per cent by 2050 (...). Meanwhile a huge amount of research is required and, inevitably, some behavior change. (THORPE, 2010)

O termo ecorreabilitação tem sua origem no termo inglês *eco-refurbishment*, cunhado por Smith (2004) no livro *Eco-refurbishment: a guide to saving and producing energy in the home*. O termo também pode ser encontrado no relatório emitido por Rohrer et al, no mesmo ano de 2004, que trata da melhoria da percepção pública sobre bioenergia na União Europeia. Sua tradução para o português, de acordo com o dicionário Michaelis (2010) pode ser entendida como: reforma, remodelação, renovação, restauração ou reabilitação ecológica de construções.

2.1 O CONCEITO DE *REFURBISHMENT*

Ashworth (1996) conceitua *refurbishment* como uma operação de construção que ocorre quando uma série de atividades construtivas precisam ser realizadas devido a uma combinação de obsolescência e deterioração. Inclui a renovação de diversos itens, entre eles a marcenaria, substituição de serviços de engenharia, adaptação do espaço por meio de demolição e realinhamento de paredes internas, e redecoração interna e externamente. Neste processo diversos elementos prediais são renovados, mas raramente o *refurbishment* é realizado na parte estrutural do edifício. Também serve para corrigir falhas e defeitos existentes.

Para Sodagar et al (2009) o *refurbishment* também pode ser considerado como a reutilização de um prédio inteiro num processo de modificações e alternâncias. Para o autor, edifícios renovados apresentam uma oportunidade de se produzir um projeto visando eficiência energética, onde se agrega valor ao bem e são reduzidas as emissões de carbono.

Segundo Mansfield¹ (2001, apud MARQUES DE JESUS 2008), o termo *refurbishment* pode ser definido como reparo, renovação ou modificação extensas do edifício, para adaptá-lo aos critérios econômicos ou funcionais equivalentes a aqueles requisitados de uma nova edificação com a mesma finalidade. Pode ainda envolver a execução de sistemas prediais e de serviços, acessos, iluminação natural, equipamentos e acabamentos, aproveitando apenas componentes estruturais do edifício.

Para Egbu, Young e Torrance (1997), *refurbishment* pode ser entendido como “todo o trabalho de melhoramento, adaptação, atualização, restauro, modernização, conservação, retrofit e reparo executado em edifícios, ou partes destes, por uma variedade de razões. Esta definição, entretanto, exclui qualquer trabalho de limpeza, decoração e manutenção.”

Os países de língua portuguesa e espanhola com frequência se referem ao *refurbishment* como reabilitação, algumas vezes como renovação. No dicionário Michaelis (2010), a palavra renovar tem o significado de tornar novo, de fazer voltar ao primeiro estado, ou a um estado mais perfeito; modificar ou mudar para melhor. E quando se trata da casa, pode-se entender por dar nova forma, consertar. Reabilitar é, segundo o mesmo dicionário, restabelecer no estado anterior, ou seja, restaurar ao antigo estado ou condição.

Estes termos, tais como reabilitação, renovação e revitalização, são também utilizados no urbanismo. Visto que a melhoria da condição do edifício está intimamente ligada ao contexto da cidade, o conceito dessas expressões no urbanismo normalmente é aplicado com o mesmo significado para as edificações.

O conceito de revitalização estaria associado, segundo Jacobs (2009), aos processos de recuperação dos centros urbanos que removeram as famílias de baixa renda residentes, muitas vezes modificando a dinâmica local, como ocorrido em algumas cidades americanas.

Para Vargas (2006), a renovação teria como propósito demolir e construir, apoiada na ideologia do movimento moderno e na valorização do espaço público. Foi amplamente utilizada nas décadas de 1950 a 1970, e teve como resultados o excesso de oferta de imóveis,

¹ MANSFIELD, J.R. Refurbishment: some difficulties with a full definition. In: INTERNATIONAL CONFERENCE. INPS. APPR. REPAIRS AND MAINTENANCE, 7., 2001, Nottingham. Anais... Nottingham, 2001. P. 750-756.

grandes áreas vazias e *gentrification*². Neste processo, muitas vezes, os ocupantes das áreas renovadas se veem forçados a abandonar o local por conta da forte valorização e dos altos custos de conservação dos imóveis.

Zmitrowicz e Bomfim (2007) esclarecem que a reabilitação urbana está relacionada com uma estratégia de gestão urbana, na qual se melhoraria a dinâmica de dado lugar por meio de diversos projetos com a participação da comunidade e preservação do patrimônio social, sem descaracterizá-lo.

Marques de Jesus (2008) destaca que o termo reabilitação deve estar sempre associado ao contexto em que está sendo empregado, diferenciando-se a reabilitação urbana e a reabilitação do edifício.

A partir destes esclarecimentos, apesar da origem etimológica da palavra e seu significado não serem os mais adequados, por sua ligação direta com as intervenções urbanísticas, o termo **reabilitação** é o mais adequado para a apropriação de “*refurbishment*” para o português nos tempos atuais e é o que será utilizado neste trabalho.

2.2 O CONCEITO DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Marques de Jesus (2008) analisa o conceito de reabilitação do edifício a partir de duas vertentes: da conservação do patrimônio histórico e dos edifícios de uso comum. Enquanto para a primeira tem-se o restauro como intervenção conservativa dessas edificações, para os demais encontram-se serviços tais como reforma, retrofit e manutenção.

Sobre o restauro, este é entendido como uma operação de caráter excepcional aplicada somente em edifícios ou conjuntos particularmente prestigiados. Obedecem rigorosos preceitos que visam “colocar a obra em eficiência, facilitar sua leitura e transmiti-la integralmente ao futuro.” (CARTA DE BURRA, 1980)

Com relação às terminologias utilizadas para designar os bens pertencentes ao conjunto do patrimônio histórico, destacam-se as seguintes:

² Gentrification diz respeito à uma intervenção em espaços urbanos (com ou sem auxílio governamental), que provocam sua melhoria e consequente valorização imobiliária, com retirada de moradores tradicionais, que geralmente pertencem a classes sociais menos favorecidas, dos espaços urbanos. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Gentrificação>

- Preservação – é uma ação global voltada à proteção de um bem cultural na sua totalidade, contra qualquer dano ou degradação, por meio de instrumentos legais.
- Conservação – no que se refere ao patrimônio, é um termo abrangente para definir tipos de medidas destinadas a manter ou restabelecer a “saúde” física de organismos e edifícios. Existem vários graus de intervenção conservativa, sendo o mais leve a manutenção preventiva e o mais sofisticado a restauração.
- Adaptação – será o agenciamento de um bem a uma nova destinação de uso, sem a destruição de sua significação cultural.

Para Zmitrowicz e Bomfim (2007) o termo reabilitação significa "o processo pelo qual o imóvel ou o bem urbanístico pode ser recuperado de maneira a contribuir não só para os moradores e proprietários do imóvel, como também em uma escala mais ampla, como um processo a interferir em toda uma área urbana".

Segundo a definição de Barrientos e Qualharini (2002), a reabilitação pode ser entendida como uma reforma gerenciada de uma edificação com o objetivo de adaptá-la às novas necessidades dos usuários ou a otimização das atividades por ela desempenhadas. Busca ainda prolongar sua vida útil, proporcionando a modernização de suas funcionalidades, com vistas à redução do custo de utilização por meio da implantação das tecnologias disponíveis.

Segundo Croitor (2008) o termo reabilitação pode ser entendido como uma intervenção em uma edificação para reaver seu estado original, com a modernização de sua infraestrutura.

Em seu trabalho, Marques de Jesus (2008) sintetiza o conceito de reabilitação de edifícios como sendo “uma ação que pode envolver atividades de restauro, manutenção, alteração, retrofit, reparo ou reforma visando dotar o edifício de atributos econômicos ou funcionais equivalentes aos exigidos a um edifício novo para o mesmo fim”.

E prossegue, dividindo a reabilitação em classes de acordo com o grau de intervenção efetuada na edificação, nos seguintes níveis:

- Alteração Nível 1 – remoção, reutilização ou aplicação de novos materiais aos elementos ou equipamentos do edifício;

- Alteração Nível 2 – reconfiguração do espaço ou de qualquer subsistema do edifício;
- Alteração Nível 3 – afetam mais de 50% da área total do edifício;

Para demonstrar o conceito, utilizou-se da seguinte figura:



Figura 3: A reabilitação de edifícios no contexto do setor da construção civil e as atividades que pode compreender.

Fonte: Adaptado de MARQUES DE JESUS (2008).

Há de se destacar, ainda, que os edifícios pertencentes ao conjunto de bens tombados possuem outros atributos de natureza simbólica, que justificam sua permanência nas cidades, ou seja, seu valor para a sociedade. Esse valor, que determina o tipo de tratamento preservacionista a ser dado a obra, está dividido em valores de rememoração e de contemporaneidade. Os valores de rememoração são: valor de antigüidade, valor histórico e valor de rememoração intencional; e os de contemporaneidade são: valor de uso e o valor de arte, por sua vez dividido em valor de novidade e valor de arte relativo. (RIEGL, 1984, apud PARAIZO, 2003). Esses valores são atribuídos pelas pessoas que desses objetos usufruem e exercem na atualidade forte influência nas políticas patrimoniais.

Reabilitar, dentro da perspectiva do restauro do patrimônio, significa efetuar um conjunto de operações destinadas a aumentar os níveis de qualidade de um edifício de modo a

responder a exigências mais funcionais que as originais. Pode atuar sobre o patrimônio existente com a introdução de pequenos elementos novos, até mesmo a substituição da estrutura pré-existente, desde que seja estabelecido um diálogo entre os elementos. (ULBRA, 2009)

Segundo Appleton (2009), a reabilitação deve se propor a melhorar o desempenho local ou geral da edificação, sendo "portanto o conjunto de operações destinadas a aumentar os níveis de qualidade do edifício, de maneira a atingir a conformidade com níveis funcionais de exigência mais severos do que aqueles para os quais o edifício foi concebido."

Conforme Salgueiro (1994) a "reabilitação de edifícios ou bairros visa muitas vezes manter a população local, aumentando as condições de habitabilidade dos imóveis e a qualidade do espaço urbano, promovendo a dinamização de algumas atividades econômicas, contribuindo, portanto para a melhoria da qualidade de vida dos residentes e, indiretamente, para uma melhor imagem e funcionamento da cidade." Quando efetuada em edifícios de luxo, pode ser tão profunda, que só reste de original as fachadas.

Cabrita³ et al. (1997, apud FERREIRA, 2009) destaca que o objetivo de uma reabilitação consiste em resolver os problemas físicos e construtivos, ambientais e funcionais, gerados e acumulados ao longo dos anos, na busca pela modernização e melhoria geral do imóvel, tornando-o apto a sua completa e atualizada reutilização.

2.3 O CONCEITO DE RETROFIT DE EDIFÍCIOS

Segundo a análise efetuada anteriormente, pelos estudos desenvolvidos por MARQUES DE JESUS (2008), o retrofit seria um subsistema da reabilitação dos edifícios, e tem seu conceito discutido por diversos pesquisadores.

Dunham-Jones e Williamson (2009) destacam que o significado convencional de *retrofit* é instalar partes ou equipamentos que não estavam disponíveis durante a construção original ou processo de produção.

Para Cianciardi, Monteiro e Bruna (2004) o retrofit se refere à recuperação, manutenção e restauração dos edifícios, visando sua readequação e reinserção à estrutura da cidade, para a maximização e otimização do espaço construído, como também a preservação dos valores arquitetônicos e paisagísticos das cidades.

³ CABRITA, A. R.; Aguiar, J.; Appleton, J. (1997). *Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais* (Vol. I). Lisboa: LNEC.

Marques de Jesus (2008) sintetiza o conceito de retrofit como “a troca ou substituição de componentes ou subsistemas específicos de um edifício que se tornaram inadequados ou obsoletos, seja pelo passar do tempo, ou em função da evolução tecnológica ou de novas necessidades dos usuários.”

Conforme Flemming e Qualharini (2006), de modo geral significa equipar ou "mobilier" edificações com equipamentos ou parte deles novos ou modificados que os atualize. Possui a finalidade de valorizar edifícios antigos prolongando sua vida útil, seu conforto e funcionalidade.

O conceito de *retrofit* da edificação nos Estados Unidos e na Europa está fortemente ligado ao *upgrade* que as construções necessitam após passar por problemas tais como abalos sísmicos ou ataques terroristas, como também por conta das políticas de salvaguarda do patrimônio. (FLEMMING e QUALHARINI, 2006)

No Brasil, por sua vez, o *retrofit* é utilizado para descrever um processo de modernização e atualização de edificações, visando torná-las contemporâneas, normalmente sem modificação de uso, como uma atualização tecnológica.

Quando analisados lado a lado, os conceitos de *refurbishment* e *retrofit* apresentam clara distinção para os países Europeus e Estados Unidos: enquanto o primeiro renova toda a parte interna e externa que sofre com a obsolescência e a deterioração, o segundo, quando aplicado à construção civil, pode se concentrar em apenas um aspecto da edificação, que pode incluir sua estrutura.

No Brasil, no entanto, os dois conceitos se fundem, especialmente pela sua aplicação prática. O *retrofit* que atualiza e moderniza as instalações também faz adaptação do espaço interno por realinhamento de paredes e redecoração do espaço interno e externo.

Apesar desse entendimento e da explanação realizada acerca dos dois conceitos, neste trabalho optou-se por aquele que demonstra maior consenso entre os pesquisadores, ou seja, *refurbishment* como reabilitação, e este como uma intervenção modificativa de grandes proporções em uma determinada edificação obsoleta ou degradada, cujo objetivo é torná-la apta novamente para uso, por meio de técnicas de retrofit para modernização de suas instalações, podendo também se valer de técnicas de restauro para manutenção de itens construtivos de valor arquitetônico.

Em relação aos edifícios históricos, destaca-se ainda o conceito de refazimento de Cesare Brandi (2005), no qual as construções são realizadas umas sobre as outras, de forma a se fundirem muitas vezes resultando em uma terceira, num processo simbiótico. Nesse caso, as intervenções já realizadas, que podem ser legítimas do ponto de vista histórico, devem ser respeitadas. Outras intervenções novas, no entanto, devem levar em conta a edificação existente e propor adições que se destaquem da obra original sem copiá-la, gerando um diálogo entre o novo e o antigo.

2.4 O CONCEITO DE ECORREABILITAÇÃO

A partir do conceito de reabilitação discutido anteriormente, depreende-se o entendimento acerca do movimento chamado internacionalmente de *eco-refurbishment*, definido neste trabalho como ecorreabilitação.

Ecorreabilitação segundo Minguet (2010) significa:

Innovate and reinvent the existing architecture to adapt it to the climate change that is suffering our environment, and solving the problems of living space that generates the movement of people (...). The land for construction of new buildings is increasingly scarce and therefore seeks the rehabilitation, renovation or conversion of existing buildings into new and more sustainable, greener, ultimately more environmentally friendly.

Smith (2004) destaca que a “*eco-renovation of a home is most cost effective when it is linked to necessary refurbishment such as the renewal of tiles on a roof or external rendering*”.

Rohracher et al (2004) sugere que “*empowering national actors to help improve the legal framework for market development in this segment (especially allocation of costs for eco-refurbishment in rental buildings)*” seria uma estratégia viável para melhorar a percepção pública da bionergia na União Europeia.

A ecorreabilitação seria então vislumbrada no cenário nacional como um movimento de reabilitação de edificações, cujos fundamentos se baseiam nos princípios da sustentabilidade ambiental.

Promove ainda a reinserção de edifícios antes abandonados ou invadidos no cenário citadino, com a vantagem de oferecer a recuperação da antiga estrutura ou, no caso de

construções históricas, possibilitando seu uso, com vistas a uma redução de custos na sua fase de uso e operação (GLAUMANN, 2010).

O relatório do *Chartered Institution of Building Services Engineers - CIBSE*⁴ (2004, apud SODAGAR et al, 2009), informa que em geral o *refurbishment* oferece excelentes oportunidades de melhorar a eficiência energética, embora algumas vezes possa incrementar o consumo de energia onde serviços que não existiam antes são implementados, tal como ar condicionado.

Ainda que alguns estudiosos acreditem que esta técnica nem sempre se apresentará como a solução mais econômica, o benefício que se apura pode ser representado pelo binômio: redução de custo – sustentabilidade ambiental. Sem a análise desse conjunto, a dimensão econômico-financeira unicamente seria por demais restrita para apresentar todas as vantagens que podem ser obtidas com o processo de ecorreabilitação.

2.5 A REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS NO CONTEXTO MUNDIAL E NACIONAL

A reabilitação de edifícios em áreas centrais é um processo recente no Brasil e apresenta dificuldades em sua implementação. Em outras localidades percebe-se um setor da construção civil mais participativo nas atividades relacionadas à reabilitação e recuperação de edificações, em detrimento das novas construções. (ZMITROWICZ e BOMFIM, 2007)

Segundo Barrientos e Qualharini (2002), na Europa o interesse por essa atividade pelas construtoras começou ao final da década de 1980, e até idos de 2002, era um mercado que representava em alguns países europeus 50% das obras, conforme a figura a seguir:

⁴ CIBSE Guide F, 2004, *Energy Efficiency in Buildings*.

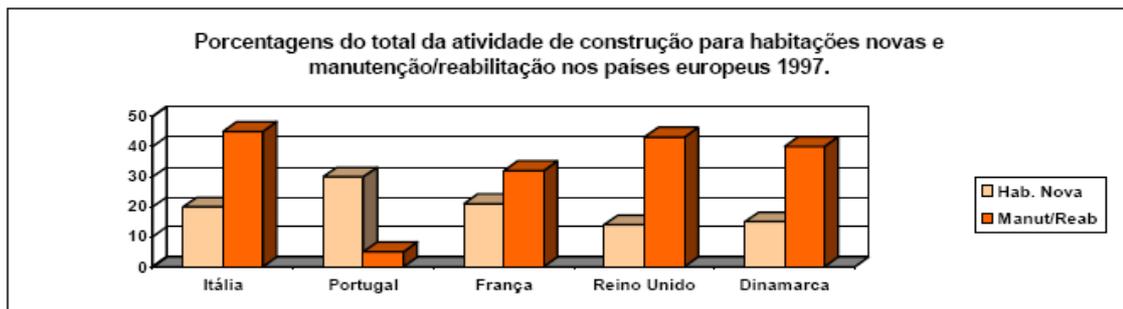


Figura 4: Distribuição do mercado da construção civil em alguns países europeus.

Fonte: BARRIENTOS e QUALHARINI (2002).

Segundo Cianciardi (2004), os índices franceses da construção civil demonstram que a reabilitação de edifícios utilizando-se o *retrofit* corresponde a 53% do mercado de construção deste país. No Brasil, a reabilitação de edifícios utilizando-se o *retrofit* vem crescendo especialmente nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, no entanto este se restringe aos edifícios corporativos e, atualmente, nota-se também em relevo na área hospitalar.

Marques de Jesus (2008) relata que, antes da implementação em algumas cidades nos Estados Unidos de um código de obras específico para a reabilitação de edificações, o seu custo a tornava desinteressante para o mercado, pois todo o processo era baseado nos custos de uma nova construção.

Um relatório da Euroconstruct (2010)⁵ reporta uma importante mudança estrutural no setor de construção civil nos últimos 10 anos: a consolidação da área de reabilitação das edificações, para onde foram destinados 49,7% de todo o investimento na produção de construção civil (novos mais reabilitados) no período.

Tanto na França quanto na Inglaterra ações de reabilitação são obrigatórias em determinadas regiões, podendo levar até mesmo ao despejo e a desapropriação do imóvel. Nesses casos, o governo incentiva as práticas de reabilitação com códigos de obras próprios e programas específicos, visando a redução de emissão de carbono e eficiência energética das unidades reabilitadas. (ZMITROWICZ e BOMFIM, 2007; MARQUES DE JESUS, 2008)

⁵ Press Info Euroconstruct: **2011: END OF DOWNTURN IN THE WEST, UPTURN IN THE EAST - CAUTIOUS RECOVERY EXPECTED FROM 2012-2013.**

Disponível em: <http://www.euroconstruct.org/pressinfo/pressinfo.php> Acessado em: 03/06/11

No Brasil, as ações de reabilitação de edificações ainda estão bastante atreladas à reabilitação urbana em áreas centrais, tendo como precursoras dessa experiência as cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador, que realizaram investimentos nessa área com recursos da Caixa Econômica Federal, BID e dos governos locais, para criação de unidades de Habitação de Interesse Social (HIS). Não existe legislação própria que regulamente a reabilitação de edificações, e os parâmetros de construção utilizados para esse tipo de obra são normalmente os mesmos que se usam para novas construções, o que por vezes a torna mais complexa e onerosa.

Segundo Marques de Jesus (2008) somente com o conhecimento dos custos reais de obras de reabilitação será possível estimular o setor imobiliário a investir nessa área. Há potencial para o seu desenvolvimento estruturado no Brasil, mas a falta de informações consistentes ainda é um grande empecilho.

2.6 CUSTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Martins (1998), custo é um gasto relativo ao bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços. São insumos de bens de capitais ou serviços efetuados para execução de determinados objetos;

Para Koliver (2001), custo de um bem ou serviço é a expressão monetária dos insumos físicos realizados na obtenção daquele bem ou serviço, considerando-se o total retorno dos capitais empregados, em termos de reposição.

Segundo Kroetz (2008), custo é o consumo de um fator de produção, medido em termos monetários para a obtenção de um produto, de um serviço ou de uma atividade que poderá ou não gerar renda. O custo é também um gasto, só que reconhecido como tal, isto é, como custo, no momento da utilização dos fatores de produção (bens e serviços), para a fabricação de um produto ou execução de um serviço.

O custo na contabilidade tem como conceito, conforme Martins (1998), os gastos que a entidade realiza com o objetivo de pôr o seu produto pronto para ser comercializado, fabricando-o ou apenas revendendo-o, ou o de cumprir com o seu serviço contratado. Uma diferença básica para a despesa é que "custo" traz um retorno financeiro e pertence à atividade-fim, pela qual a entidade foi criada (determinada no seu Contrato Social, na cláusula

Do Objeto). Já despesa é um gasto com a atividade-meio e não gera retorno financeiro, apenas propicia um certo "conforto" ou funcionalidade ao ambiente empresarial.

Ainda segundo o autor, os custos podem ser divididos em custos fixos ou variáveis e seu somatório resulta no custo total. Os custos fixos são aqueles que, embora tenham um valor total que não se altera com a variação da quantidade de bens ou serviços produzidos, seu valor unitário se altera de forma inversamente proporcional à alteração da quantidade produzida, como, por exemplo, o pagamento de aluguel.

Já os custos variáveis são aqueles que, em bases unitárias, possuem um valor que não se altera com alterações nas quantidades produzidas, porém, cujos valores totais variam em relação direta com a variação das quantidades produzidas, como por exemplo a matéria prima necessária para fabricação de um produto.

Os custos fixos e variáveis recebem ainda uma classificação, e podem ser divididos em custos diretos ou indiretos.

Para Martins (1998), os custos diretos são aqueles suscetíveis de serem identificados com os bens ou serviços resultantes, ou seja, têm parcelas definidas apropriadas a cada unidade ou lote produzidos. Geralmente são representados por mão-de-obra direta e pelas matérias primas. Por sua vez, todos os outros custos que dependem da adoção de algum critério de rateio para sua atribuição à produção, são classificados como custos indiretos.

O conceito de custo na construção civil não difere muito dos conceitos abordados na contabilidade. Para Andrade e Souza (2003) é mister o conhecimento dos custos para um empreendimento, pois ele é fator que limita sua concepção e implementação. Acrescentam ainda o tempo como fator limitante, pois o empreendimento deve ser executado de acordo com o montante financeiro necessário para cobrir os gastos com bens, serviços e transações financeiras, desde a etapa de estudo de viabilização até sua utilização, por um prazo pré-determinado.

Os custos na construção civil podem ainda ser classificados quanto a sua apropriação ao produto em custos diretos e – o equivalente aos custos indiretos na contabilidade – BDI / LDI (Benefícios e Despesas Indiretas / Lucro e Despesas Indiretas).

Segundo o Regulamento do Instituto de Engenharia o “custo direto é resultado da soma de todos os custos unitários dos serviços necessários para a construção da edificação,

obtidos pela aplicação dos consumos dos insumos sobre os preços de mercado, multiplicados pelas respectivas quantidades, mais os custos da infraestrutura necessária para a realização da obra”.

Conforme Tisaka (2004), BDI significa Benefícios e Despesas Indiretas, mas alguns autores também chamam de Bonificação e Despesas Indiretas. Os precursores desse conceito contam que o termo lucro era visto com desconfiança, como se lucrar fosse um ato indecoroso e inventaram esse termo – BDI – para substituir lucro bruto, no qual estariam contidos não só o lucro líquido esperado como também todos os demais custos que não poderiam fazer parte dos custos diretos ou indiretos pela natureza dos gastos, como custos de representação, viagens de caráter comercial, propaganda, despesas com a participação em licitações e reservas de contingência para ocorrências imprevisíveis não seguradas.

Para o regulamento do Instituto dos Engenheiros, O BDI / LDI é o resultado de uma operação matemática para indicar a “margem” que é cobrada do cliente incluindo todos os custos indiretos, tributos, entre outros, e a sua remuneração pela realização de um determinado empreendimento.

Portanto, na construção civil, os custos indiretos são aquelas despesas que não estão diretamente envolvidas com a produção da obra, como as despesas da administração central, custos financeiros, tributos, etc.

Segundo a revista Construção e Mercado, em orçamento realizado em agosto de 2009 para a região metropolitana de São Paulo, o custo da construção de um edifício comercial com 15 pavimentos, sendo 11 tipos, com salas comerciais de 40m² e fechamento em vidro temperado, sem contar com o BDI e o custo de aquisição do terreno, ficaria em R\$11.091.382,69. Equivalendo esse valor a 100%, podemos representar os custos em percentuais que ficariam assim divididos:

Descrição	Valor	% de Apropriação
Serviços preliminares	337.953,15	3,05%
Infraestrutura	972.554,13	8,77%
Superestrutura	2.980.894,05	26,88%
Paredes e Painéis	264.893,68	2,39%
Porta, janelas e vidros	2.028.373,88	18,29%
Impermeabilização	362.511,69	3,27%
Revestimentos de paredes internas	185.648,07	1,67%
Revestimentos de paredes externas	79.925,60	0,72%
Revestimentos de teto	66.390,90	0,60%
Pisos	1.266.853,92	11,42%
Pintura	185.955,49	1,68%
Instalações Hidráulicas	621.937,23	5,61%
Instalações elétricas	288.439,78	2,60%
Instalações de ar condicionado	735.685,24	6,63%
Elevadores	630.000,00	5,68%
Serviços complementares	83.365,88	0,75%
Total	11.091.382,69	100,00%

Quadro 2: Custos de uma nova construção comercial.

Fonte: Adaptado da Revista Construção e Mercado (2009).

Nesta planilha, todos os custos relacionados estão diretamente ligados à construção, ou seja, são custos diretos. Dentre eles, destacam-se os de infraestrutura e superestrutura, que totalizam 35,65% do custo direto da construção. Empreendimentos que partem de edificações antigas promovendo sua atualização ou conversão para novos usos podem resultar na redução, parcial ou total, dos custos anteriormente relacionados.

2.7 CUSTOS PARA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

Segundo Marques de Jesus (2008) as obras de reabilitação são bem distintas das obras novas, especialmente em seus serviços preliminares, que podem gerar muito material de demolição e entulho pela remoção das partes inservíveis da edificação. As atividades também diferem da logística do canteiro de obras à sistematização das etapas da construção.

Destaca ainda que uma análise pormenorizada do empreendimento é fundamental nesse tipo de obra, especialmente na fase de elaboração de projeto. Para melhor desenvolver seus estudos, avaliou os custos envolvidos em cinco edifícios habitacionais reabilitados na área central da cidade de São Paulo.

No quadro a seguir, extraído dos estudos realizados por Marques de Jesus (2008) nesses edifícios, verifica-se uma síntese do que foi necessário alterar para transformar seu uso em habitacional.

EMPREENDIMENTOS REABILITADOS PARA HIS						
	USO ORIGINAL	1 ESCRIT.	2 RESID.	3 ESCRIT.	4 HOTEL	5 RESID.
SUBSISTEMA	SERVIÇO	TECNOLOGIA EMPREGADA				
FUNDAÇÕES E ESTRUTURA	RECUPERAÇÃO ESTRUTURA	NÃO	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	NÃO
VEDAÇÕES VERTICAIS	VEDAÇÃO NOVA	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	REVESTIMENTO NOVO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	SUBSTITUIÇÃO ESQUADRIAS	PARCIAL	PARCIAL	PARCIAL	SIM	PARCIAL
	RECUPERAÇÃO FACHADA	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
VEDAÇÕES HORIZONTAIS	SUBSTITUIÇÃO CONTRAPISO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
	IMPERMEABILIZAÇÃO NOVA	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	SUBSTITUIÇÃO COBERTURA	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	RECUPERAÇÃO PISO	SIM	PARCIAL	SIM	PARCIAL	PARCIAL
	RECUPERAÇÃO TETO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
SISTEMAS ESPECIAIS	SUBST. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	SUBST. INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	NOVA INSTALAÇÃO GÁS	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
	SUBSTITUIÇÃO ELEVADORES	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO

Quadro 3: Adaptações realizadas em edifícios reabilitados.

Fonte: Adaptado de MARQUES DE JESUS (2008).

Alguns itens foram substituídos por estarem em grau avançado de deterioração, outros apenas recuperados, pois apresentavam danos reparáveis, possibilitando seu uso. A partir dessa análise, o autor verificou quais os custos necessários para se proceder as alterações realizadas, conforme **Quadro 4:**

CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS REABILITADOS PARA HIS					
ÁREA (m²)	1	2	3	4	5
	7.472,90	3.909,14	4.522,93	8.102,14	5.379,60
Nº UNIDADES HABITACIONAIS PRODUZIDAS (UH)	167	75	84	152	93
CUSTO DIRETO TOTAL	2.792.000	1.506.000	1.523.000	3.954.000	1.443.000
CUSTO TOTAL	3.952.000	2.190.000	2.215.000	5.590.000	2.081.000
CUSTO DIRETO/m ²	373	385	336	488	268
CUSTO DIRETO/UH	16.716	20.078	18.128	26.014	15.512
CUSTO TOTAL/m ²	528	560	489	689	386
CUSTO TOTAL/UH	23.662	29.201	26.368	36.773	22.376

Quadro 4: Custo total das obras de reabilitação de edifícios na cidade de São Paulo.

Fonte: Adaptado de MARQUES DE JESUS (2008).

O autor depreendeu da análise realizada que os edifícios que sofreram mudança de uso apresentaram custos mais altos. Aqueles cuja estrutura foi parcialmente recuperada – seja por dano ou por adição de cargas imposta pelo projeto – também tiveram seus custos elevados.

Nos edifícios em que o uso permaneceu o mesmo, a economia gerada advém da compartimentação original que foi mantida e dos elementos de vedação como esquadrias e pisos, face ao seu grau de preservação.

Outro ponto observado diz respeito às adaptações realizadas por conta de condições exigidas por legislação própria, que pode encarecer o projeto. A complexidade logística da obra também pode acarretar em custos adicionais.

O autor buscou ainda a verificação dos valores originalmente contratados com a CEF para realização das obras e constatou que todas as construtoras tiveram de recorrer a recursos próprios para finalização das obras. As diferenças entre os valores contratados e os realizados variaram entre 13% a 38%, fator esse que gerou desestímulo para novas empreitadas, visto que nesta modalidade de contrato as construtoras assumiam completamente os riscos e imprevistos dos empreendimentos.

Destaque-se, entretanto, o custo de obras de restauro, que geralmente são mais altos que os previstos. Para Coelho (2009), nem mesmo quando o cadastramento – o equivalente ao levantamento nas construções novas – é minucioso, se está livre de surpresas durante a obra. Isso ocorre muitas vezes porque, quando se trata de bem patrimonial, nada que seja relativo ao seu passado ou a sua história pode passar despercebido. E o momento em que a obra está ocorrendo é único, devendo portanto ser aproveitada qualquer oportunidade que possibilite o

resgate de fato ou objeto que sirva para consolidar a memória cultural. Ressalta a autora que, por serem em maioria obras públicas licitadas, os riscos de altos custos ficam minimizados por conta dos aditivos que este tipo de contrato pode sofrer, de até 50% do valor inicialmente firmado.

Para finalizar a análise, com o objetivo de demonstrar a viabilidade econômica do empreendimento de reabilitação, Marques de Jesus (2008) apresenta uma planilha comparativa entre o custo direto das obras de reabilitação estudadas em relação ao custo direto de uma obra nova, classificado no sistema SINAPI da CEF (2006), de mesma data-base, com as seguintes características: projeto habitacional novo, com 12 pavimentos, UH de 04 quartos e área total construída de 4.050m², custo direto de R\$553,58/m². Aplicando-se este valor as áreas totais dos mesmos edifícios tem-se o resultado apresentado a seguir:

QUADRO COMPARATIVO DE CUSTOS					
Em R\$1.000					
ÁREA (m²)	1	2	3	4	5
	7.472,90	3.909,14	4.522,93	8.102,14	5.379,60
CUSTO DIRETO OBRA NOVA	4.137	2.164	2.504	4.485	2.978
CUSTO DIRETO OBRA REABILITAÇÃO	2.792	1.506	1.523	3.954	1.443
REDUÇÃO DE CUSTO COM REABILITAÇÃO (EM %)	32,5	30,4	39,2	11,8	51,5

Quadro 5: Análise comparativa entre os custos de uma nova construção e os custos de uma edificação reabilitada na cidade de São Paulo no ano de 2006.

Fonte: Adaptado de MARQUES DE JESUS (2008).

A economia gerada é, em média, de 33% em relação a uma obra nova. Seria ainda maior se acrescentados os custos de demolição da estrutura existente e remoção do entulho gerado. A redução da energia necessária para se realizar um projeto dessa natureza e a economia no uso de insumos harmonizam o processo de reabilitação com o universo da sustentabilidade ambiental.

2.8 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Sustentabilidade ambiental, segundo o *Worldwatch Institute*⁶, significa utilizar-se dos recursos naturais de forma a se satisfazer plenamente, no entanto preservando-os e não interferindo prejudicialmente nos ciclos de renovação da natureza, para que as gerações futuras também possam usufruir destes mesmos recursos.

Para Manzini e Velozzi (2005), o conceito de “sustentabilidade ambiental refere-se às condições sistêmicas segundo as quais, em nível regional e planetário, as atividades humanas não devem interferir nos ciclos naturais em que se baseia tudo o que a resiliência do planeta permite e, ao mesmo tempo, não devem empobrecer seu capital natural, que será transmitido às gerações futuras”.

Classificar um empreendimento como sustentável implica dizer que este empreendimento é ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito, o que é um conceito muito abrangente. Para Silva (2006), no Brasil não há como se falar em edifícios sustentáveis na esfera ambiental sem considerar as demais vertentes, pois o país está em desenvolvimento e ainda apresenta muitas carências. No entanto, com a finalidade de manter a aderência ao tema proposto, neste trabalho, a construção civil será observada apenas pela ótica da sustentabilidade ambiental.

Segundo Araújo (2009),

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

Conforme as Normas ISO – International Organization for Standardization – específicas para a construção civil, ISO 21930:2007 - Sustentabilidade na construção civil – Declaração ambiental de produtos para construção e ISO 15392:2008 – Sustentabilidade na construção civil – Princípios gerais, o conceito de construção sustentável é:

Edificação sustentável é aquela que pode manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se com o clima, a tradição, a cultura e o ambiente na região, ao mesmo tempo em que conserva a energia

⁶ Instituto sediado em Washington, EUA, que se dedica à promoção de uma sociedade ambientalmente sustentável, por meio de pesquisas interdisciplinares e difundindo o resultado por meio de publicações em diversos idiomas. No Brasil está associado a UMA – Universidade Livre da Mata Atlântica. Disponível em <http://www.worldwatch.org.br/>. Acessado em 28/02/2010.

e os recursos, recicla materiais e reduz as substâncias perigosas dentro da capacidade dos ecossistemas locais e globais, ao longo do ciclo de vida do edifício.

A indústria da construção civil é, segundo Silva (2006), a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Isto ocorre por ser a construção uma atividade modificativa do ambiente natural, utilizada para criar para o homem seu habitat. Neste processo, a edificação consome recursos naturais não-renováveis, polui o ambiente e deixa um rastro de resíduos sólidos, efluentes e outras descargas tóxicas sem tratamento, conforme explica Cianciardi (2004).

Um empreendimento ambientalmente sustentável é aquele que faz uso racional dos recursos ambientais e trata corretamente os resíduos decorrentes de sua implantação. Nesse contexto, pode-se entender a reabilitação de edificações como processo ambientalmente sustentável, pois propicia a maximização do ciclo de vida dos edifícios existentes. O processo de reabilitação readequa o edifício aos novos usuários e as necessidades atuais, consequentemente reduzindo a utilização dos recursos naturais no curso da construção, como também durante a utilização do edifício, ao modernizar as instalações valendo-se de equipamentos mais eficientes e com menor taxa de consumo.

Os itens anteriormente descritos, a priori, seriam suficientes para demonstrar a eficácia dessa ferramenta, mas a aplicação do processo de reabilitação pode ir muito além, com a introdução dos conceitos de construção ambientalmente sustentável e com a redução dos resíduos gerados. Para isso, antes de tudo, certas posturas técnicas devem ser observadas pelos arquitetos e projetistas, conforme relaciona Cianciardi (2004), tais como:

- a) Objetivar a otimização do uso do edifício, flexibilidade e adaptabilidade arquitetônica dos espaços para reduzir consumo de recursos e racionalizar materiais e energias no processo;
- b) Antever os impactos ambientais resultantes do processo, bem como dar o melhor destino aos resíduos das demolições, seja reciclando ou utilizando na própria obra;
- c) Possibilitar a integração dos sistemas artificiais e naturais de conforto ambiental, utilizando prioritariamente tecnologias limpas;
- d) Separação seletiva dos entulhos ou melhor destino, como reciclagem ou reuso;
- e) Utilizar materiais ambientalmente corretos.

Os parâmetros de sustentabilidade para a construção civil, segundo Cianciardi (2004), buscam “objetivamente a construção de um edifício saudável, que propicie proteção, conforto e salubridade ao ser humano”, e não apenas resguardar os direitos biocêntricos do ecossistema como um todo.

Para o WBCSD – World Business Council for Sustainable Development (2007), o grande desafio para a sustentabilidade ambiental na construção civil está na eficiência energética. Os edifícios são responsáveis por pelo menos 40% da energia utilizada na maioria dos países. Eficiência energética envolve a redução do consumo de energia para níveis aceitáveis de conforto, qualidade do ar e outros requisitos ocupacionais, incluindo a energia utilizada de materiais para e na construção.

Segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), as edificações brasileiras são responsáveis pelo consumo de quase 50% da energia elétrica produzida no país, não só na operação e manutenção, como também nos sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água.

O potencial de conservação de energia do setor de construção civil, segundo o PROCEL é expressivo. A economia pode chegar a 30% para edificações já existentes, se estas passarem por uma intervenção tipo retrofit (reforma e/ou atualização). Nas novas edificações, ao se utilizar tecnologias energeticamente eficientes desde a concepção inicial do projeto, a economia pode superar 50% do consumo, comparada com uma edificação concebida sem uso dessas tecnologias. A possibilidade de aproveitar este potencial balizou a reavaliação dos principais focos de atuação do PROCEL, o que resultou na criação do subprograma, Procel Edifica, especialmente voltado à Eficiência Energética das Edificações – EEE, aliada ao Conforto Ambiental - CA.

Segundo o relatório de eficiência energética do WBCSD, mais de quatro quintos da utilização energética local ocorre na fase operacional do tempo de vida de um edifício, como demonstra a **Figura 5**. A proporção de energia incorporada nos materiais e na construção aumenta se a eficiência energética operacional aumentar e se o tempo de vida de um edifício diminuir.

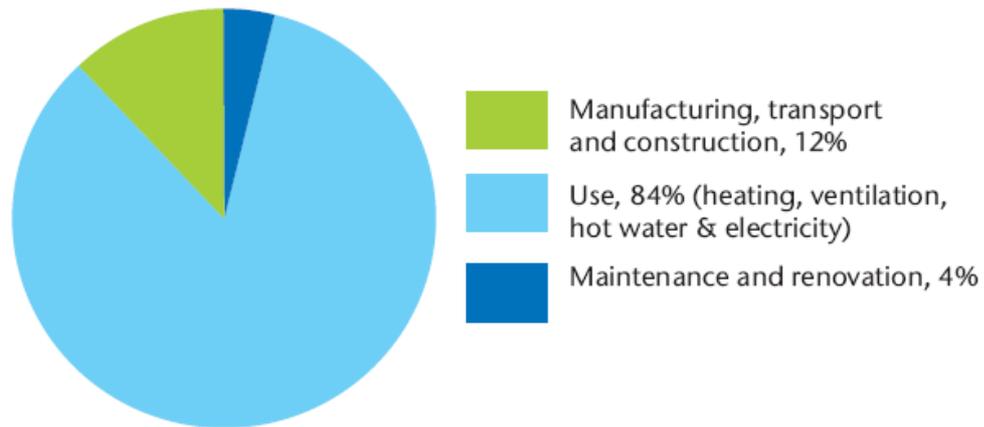


Figura 5: Ciclo de vida da utilização da energia.

Fonte: EEB Facts and Trends. WBCSD: 2007.

Dentre os resultados apontados pelo relatório, existem outros ainda melhores: as pesquisas demonstram que o acréscimo no custo de construção ou renovação de um edifício utilizando os critérios da sustentabilidade ambiental é inferior a 5% em países desenvolvidos.

No Brasil, infelizmente, esse custo ainda não está mensurado, mas acredita-se ser maior, pois a demanda por materiais e construções sustentáveis não é grande, visto que a maior fonte de energia utilizada é chamada “energia limpa” (hidrelétricas), reduzindo assim os custos de consumo em todo o ciclo de vida do edifício. Com a baixa demanda, os produtos ofertados no mercado são importados em sua maioria e seu custo fica acima do esperado. (WBCSD, 2007)

A ilustração a seguir demonstra as principais fontes de energia dos países participantes do grupo de trabalho do WBCSD:

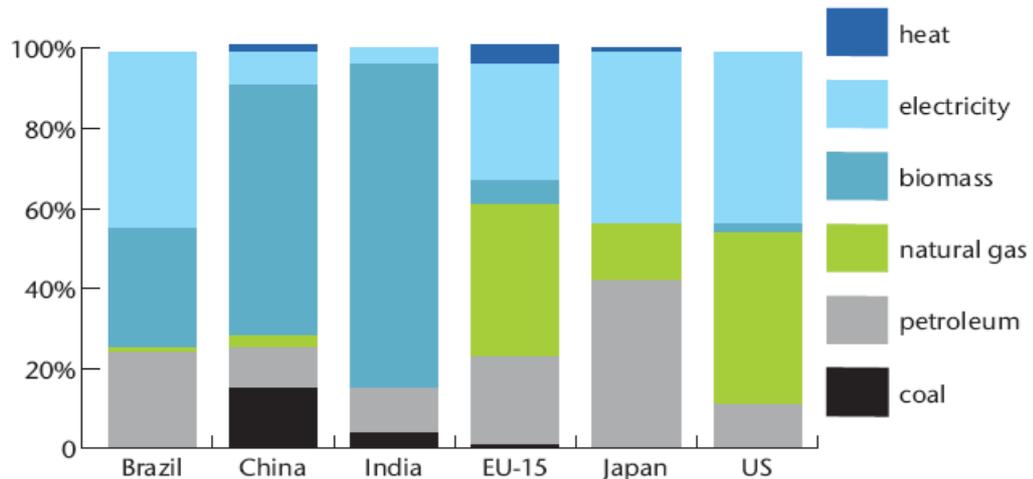


Figura 6: Fontes de energia locais.

Fonte: EEB Facts and Trends. WBCSD: 2007.

Um estudo de caso realizado pelo projeto ENSLIC⁷ (2010) com o edifício Casa do Conselho 2 (Council House 2 – CH2), que fica na cidade de Melbourne, demonstrou o investimento inicial em sustentabilidade e o tempo de retorno. O edifício em questão é do tipo comercial de escritórios, com dez pavimentos, sendo o térreo reservado para lojas, e estacionamento subterrâneo. Foi oficialmente inaugurado em agosto de 2006, e foi concebido para copiar a ecologia do planeta, utilizando o ciclo natural de energia solar de 24 horas, luz natural, ar e água da chuva para energia, calor, arrefecimento e abastecimento de água para o edifício.

Ele consome aproximadamente 35 kWh/m²/ano e quando comparado com o edifício do Conselho anterior construído em 1970, as economias podem ser expressas nos seguintes índices:

- 82% de economia no consumo de eletricidade
- 87% de economia no consumo de gás
- 72% de economia no abastecimento de água

Segundo o estudo de caso, o novo prédio gerou uma economia financeira de 1,196 milhões de dólares por ano, incluindo 272,366 dólares em eletricidade, gás e água. Com isso,

⁷ (ENSLIC BUILDING - ENERGY SAVING THROUGH PROMOTION OF LIFE CYCLE ASSESSMENT IN BUILDINGS, 2010)

o CH2 vai cobrir o investimento sustentável de 9,330 milhões de dólares em aproximadamente 10 anos.

O que ainda muito se discute em termos de sustentabilidade é exatamente o tempo de retorno do investimento, que é alto inicialmente e só é recuperado durante a operacionalização do edifício (GLAUMANN, 2010). Para especuladores do mercado imobiliário de maneira geral, o investimento em sustentabilidade só é rentável se aumentar o ganho financeiro efetivo no curto prazo, o que ainda não ocorre. No entanto, quem mais se beneficia da economia gerada pela sustentabilidade ambiental nos edifícios é o usuário final, conceito este que está intimamente ligado as economias energéticas da fase de utilização do edifício.

Para Shieh e Spangenberg (2009), “a distância entre o discurso e a prática da sustentabilidade se estreitará naturalmente, com a familiaridade dos profissionais com os recursos computacionais e montagem de sistemas low e high-tech.” Para os autores, isso ocorrerá quando restar provado que as tecnologias sustentáveis funcionam perfeitamente e que, apesar de parecerem onerosas em relação as técnicas comumente adotadas, o retorno sobre o investimento é garantido e pode ser provado por meio de planilhas contendo a relação custo x benefício e pela Análise do Custo do Ciclo de Vida da edificação.

2.9 CICLO DE VIDA DAS EDIFICAÇÕES

Segundo Soares (2006), a indústria da construção civil exerce impacto significativo sobre a economia de uma nação e, portanto, pequenas alterações nas diversas fases do processo construtivo podem promover, além de mudanças importantes na eficiência ambiental e redução dos gastos operacionais de uma obra, maior incentivo a investimentos no setor.

A escolha de materiais de construção representa um importante campo da engenharia ambientalmente responsável. Soares explica isso com o exemplo no qual se tem duas escolhas: optar por um sistema de aquecimento de água solar ou elétrico.

Com o objetivo de escolher o material a ser utilizado na construção, parte-se do princípio de que todos cumpram a mesma função quando comparados entre si, para então avaliá-los sob a ótica ambiental. Some-se a isso os resultados de avaliação econômica e as preferências dos interessados para a tomada de decisão.

Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) se destaca, atualmente, como ferramenta de excelência para análise e escolha de alternativas, sob uma perspectiva

puramente ambiental. O seu princípio consiste em analisar as repercussões ambientais de um produto ou atividade, a partir de um inventário de entradas e saídas (matérias-primas e energia, produto, subprodutos e resíduos) do sistema considerado.

A aplicação da ACV, freqüentemente integrada aos processos de tomada de decisões nos setores empresarial e industrial, é reconhecidamente de grande valia para o setor da construção civil. Tal situação decorre dos expressivos impactos ambientais produzidos nas diversas fases do processo construtivo – desde a fase de extração e fabricação de matérias-primas até a renovação ou demolição da estrutura –, avaliados por meio das repercussões de emissões atmosféricas, consumo de recursos naturais, demandas energéticas e geração de resíduos sólidos e líquidos.

Segundo Araújo (2009), “a ferramenta básica para a identificação do estado e das necessidades gerais de uma obra que se pretende sustentável é a Análise de Ciclo de Vida”, que é utilizada para mensurar o impacto ambiental causado por um produto, processo ou sistema. Para a construção civil, essa ferramenta se chama “Análise do ciclo de vida de infraestrutura e construções (Infrastructure LCA)” e está regulada pelas normas ISO que tratam de gestão ambiental.

Para Mülfarth (2007), as edificações exercem diversos impactos no meio ambiente durante todas as fases do seu ciclo de vida. Apesar destes impactos aparecerem nas etapas da construção, utilização e demolição do edifício, é na de projeto que se consegue um maior êxito na redução dos impactos ambiental e humano, ocorrendo o mesmo processo na escolha dos materiais construtivos. Esta divisão em diferentes etapas do ciclo de vida de uma edificação (projeto, construção, utilização, demolição e retrofit ou desmontagem, quando possível) faz com que fique mais clara a visualização dos problemas, bem como as ações para revertê-los.

Glaumann (2010) define a Análise do Ciclo de Vida (ACV) como uma técnica para avaliação dos aspectos e impactos ambientais associados a um produto por:

- Desenvolvimento de um inventário de entradas e saídas de um sistema;
- Avaliação dos impactos associados; e
- Interpretação e análise dos resultados.

A ACV estuda os aspectos e impactos ambientais potenciais ao longo do ciclo de vida do produto (do berço ao túmulo), considerando a aquisição de materiais, a produção destes, utilização e eliminação. As grandes categorias de impactos ambientais que precisam ser tomados em consideração são os recursos materiais, a saúde humana e as consequências ambientais (ISO 14040).

A partir de um estudo ACV obtêm-se informações sobre a contribuição dos edifícios para as alterações climáticas e o esgotamento dos recursos. Esta informação pode ser comparada com a contribuição de outros edifícios aos mesmos fatores.

Para Soares (2006) as fronteiras de análise devem considerar as etapas de extração de matérias-primas, transporte, fabricação, uso e descarte (o ciclo de vida). Esse procedimento permite uma avaliação científica da situação, além de facilitar a localização de eventuais mudanças associadas às diferentes etapas do ciclo que resultem em melhorias no seu perfil ambiental.

O princípio do cálculo da ACV é simples: para cada fase do ciclo de vida, investiga-se as quantidades de materiais e energia utilizados e as emissões associadas a estes processos. Finalmente são multiplicados por fatores que caracterizam o seu impacto ambiental. (GLAUMANN, 2010)

Segundo Soares (op. cit), para a realização de análises comparativas entre diferentes edificações por meio da ACV, é necessário definir e quantificar as características de desempenho e promover a equivalência entre os sistemas analisados. Tais comparações são estabelecidas tendo-se como base uma mesma função, relacionada a determinada unidade funcional e exercida durante determinado período. O **Quadro 6** apresenta alguns dos tempos de vida útil para diferentes processos e sistemas estruturais relacionados a sistemas construtivos.

Vida Útil Média (em anos)	Processos Construtivos
1 – 3	Projeto e construção do edifício / construção civil
3 – 5	Uso e manutenção
10 – 15	Uso e renovação parcial
30 – 50	Uso e renovação total
80 – 120	Vida útil de sistemas estruturais
Acima de 150	Vida útil de monumentos

Quadro 6: Processos de construção civil e tempos de vida útil.

Fonte: Adaptado de European Commission (1997) apud Soares (2006).

É necessário ressaltar que o desenvolvimento de estudos de ACV em edificações requer algumas alterações devido, entre outros aspectos, às diferenças apresentadas com relação ao ciclo de vida de produtos industriais que envolvem, normalmente, um curto espaço de tempo. Obras de engenharia, ao contrário de produtos com vida útil de semanas ou meses, são, em geral, caracterizadas por uma vida útil que se estende por alguns anos, décadas ou mesmo séculos.

Segundo relatório do Diretório Geral para Ciência, Pesquisa e Desenvolvimento da Comissão Europeia (1997, apud SOARES, 2006), a complexidade da análise de edificações consiste não somente na adaptação da análise para esse novo contexto temporal e estrutural, mas também na estruturação das informações coletadas em partes, de forma que possam ser utilizadas para várias ou somente uma única fase do ciclo de vida da edificação em questão.

2.9.1 A Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

O impacto ambiental da construção civil, e de seus respectivos processos construtivos, pode ser inicialmente avaliado com base em análise de inventários. Esses apresentam uma visão detalhada dos fluxos de entrada e saída de materiais, energia e outras substâncias geradas ou utilizadas durante os processos (sempre que possível) de concepção, utilização e demolição da obra. As informações contidas no inventário são associadas a diferentes categorias de impacto, buscando-se o entendimento das conseqüências ambientais e econômicas envolvidas no processo.

Segundo a Norma ISO ABNT 14040:2009 “a fase de avaliação de impacto da ACV tem como objetivo estudar a significância dos impactos ambientais potenciais, utilizando os resultados do ICV (Inventário do Ciclo de Vida).” Nesse processo são escolhidos os indicadores de impacto de categoria, que fazem parte de categorias de impacto específicas, associando os dados dos inventários a essas categorias e seus indicadores.

Ao se desenvolver um estudo de ACV para edificações, indicadores devem ser utilizados para a obtenção de um cenário contendo diversos aspectos ambientais. Segundo Citherlet e Hand (2002, apud SOARES), a Análise de Impactos do Ciclo de Vida de uma edificação resulta de uma gama de indicadores ambientais, por meio dos quais é possível obter um perfil ambiental para a compreensão do ciclo de vida do edifício e seus impactos.

A figura a seguir, desenvolvida pelo *Environmental Protection Agency* (EPA) dos Estados Unidos, mostra um esquema onde aparecem as categorias de impacto associadas a um inventário de entradas e a caracterização desses impactos no meio ambiente.

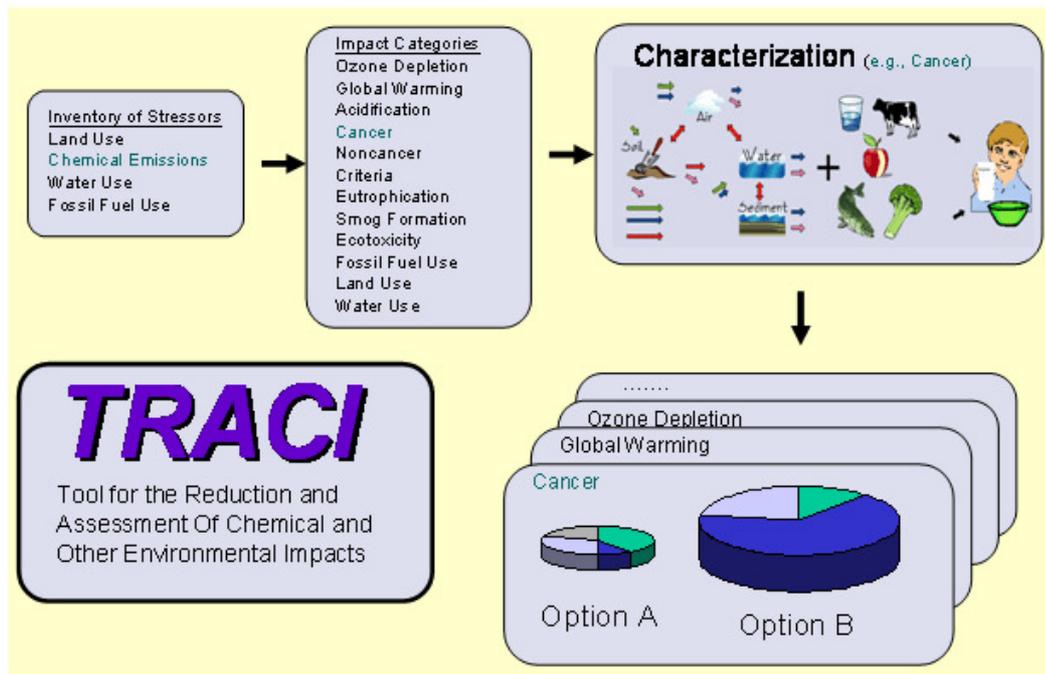


Figura 7: Categorias de Impacto estudadas pelo TRACI e utilizadas pelo GBC, no sistema LEED.

Fonte: <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/traci/index.html>

Kuhn (2006) explicita que são três os elementos obrigatórios de uma AICV:

- I. *Seleção e definição das categorias de impacto* – podem basear-se em categorias tradicionais ou definidas de acordo com categorias que representem questões específicas para a tomada de decisão em determinado estudo.
- II. *Classificação* – os diferentes tipos de cargas ambientais são agrupados nas categorias de impacto, de acordo com a classe de dano potencial ao meio ambiente.
- III. *Caracterização* – momento em que os resultados do inventário, dentro de cada categoria, são convertidos em indicadores. Requer ferramentas analíticas adicionais, como normas ambientais e fatores que convertam uma carga ambiental em impacto equivalente.

Para os elementos opcionais, Kuhn (2006) traz a seguinte organização:

- a) **Normalização** – conversão dos dados de todas as categorias de impactos a uma única base referencial, sem determinar importância relativa entre elas.
- b) **Agrupamento** – estabelece a hierarquização qualitativa das categorias de impacto, de acordo com a preferência ambiental.
- c) **Ponderação** – processo de conversão dos indicadores, utilizando-se fatores numéricos, que podem ser sintetizados em um único valor.

Em síntese, para exemplificar melhor a avaliação de impacto do ciclo de vida, a norma ISO disponibiliza o seguinte esquema:

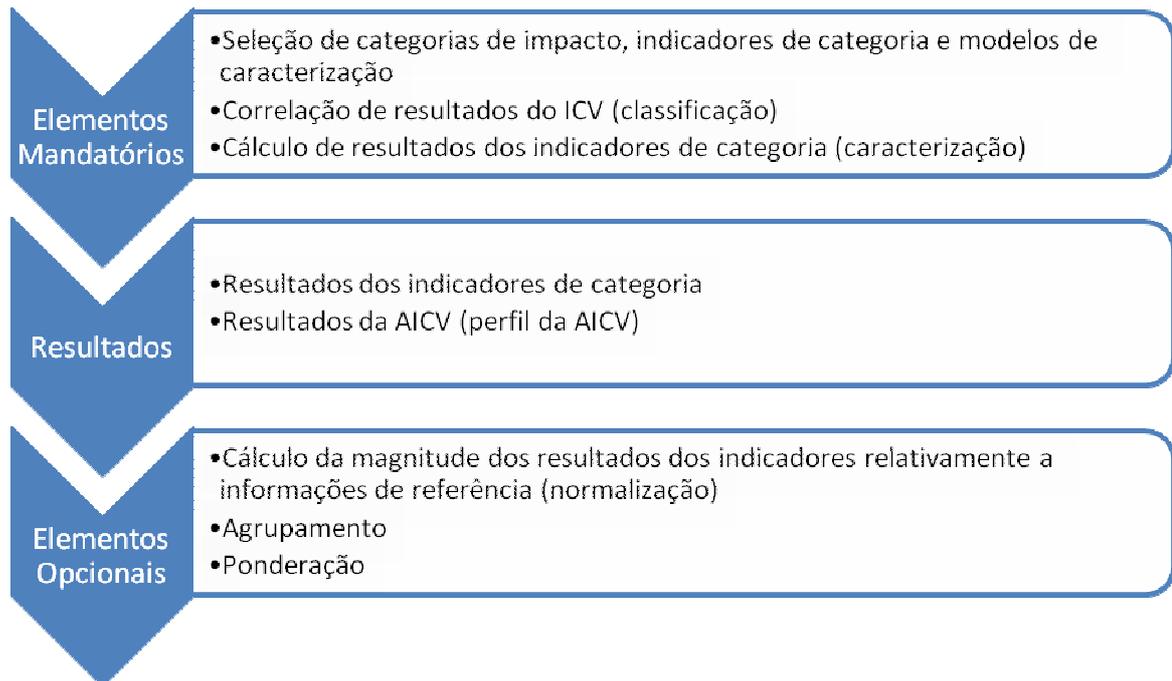


Figura 8: Elementos da fase de AICV.

Fonte: Adaptado de norma ABNT ISO 14040:2009.

Dentre as limitações práticas da AICV estão o enfoque restrito às questões ambientais definidas previamente no escopo e objetivo da avaliação, e ausência de diferenças significativas nas categorias de impacto. Estas últimas devido a alguns itens, tais como: desenvolvimento limitado nas etapas de caracterização, análise de sensibilidade e análise de incerteza; limitações na fase de inventário; baixa qualidade dos dados, etc.

2.9.2 Interpretação e análise dos resultados

Nesta fase são considerados conjuntamente os resultados obtidos na análise de inventário e na avaliação de impacto. É conveniente que sejam fornecidos resultados consistentes com o objetivo e escopo definidos, levando a conclusões, explicitando as limitações e provendo recomendações. (ABNT ISO 14040:2009)

Segundo Kuhn (2006) é nesta etapa em que os resultados do inventário e os da avaliação dos impactos são confrontados com os objetivos e escopo definidos. Se as relações forem consistentes, elabora-se as conclusões e recomendações, em seguida o relatório final. Caso contrário, ou seja, não atingidas as exigências determinadas no primeiro estágio do estudo, deve-se aperfeiçoar a análise do inventário e a avaliação dos impactos.

2.10 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES

Segundo Kuhn (2006), há uma série de métodos para realizar avaliações ambientais de edificações, sendo a ABNT NBR ISO sobre Avaliação do Ciclo de Vida um exemplo no qual muitas ferramentas ambientais se baseiam.

As ferramentas de avaliação ambiental estabelecem a conexão entre a entrada de dados do projeto e a saída dos resultados de avaliação. São elas que realizam os cálculos previamente estabelecidos segundo uma determinada metodologia. Seu objetivo principal é facilitar o processo de identificação das cadeias de causa e efeito, gerando uma compreensão maior acerca das relações do edifício com o ambiente. (KUHNS, op. cit.)

Ainda segundo esta autora, como essas cadeias são muito complexas, visto que são muitos os agentes envolvidos na indústria da construção, normalmente os estudos focalizam apenas os fenômenos mais significativos no processo de produção da edificação. Por isso, mesmo que os dados de entrada sejam iguais, cada ferramenta irá produzir um resultado diferente e dificilmente comparável.

Trusty (2000, apud KUHNS, 2006), propôs um sistema de classificação das diversas ferramentas existentes, a fim de compará-las e avaliá-las de acordo com suas características. Nesse sistema, três níveis foram criados para organizar as ferramentas de acordo com seu objetivo, o momento no processo de projeto ou avaliação em que são empregadas (Quadro 7).

Cada ferramenta é dirigida a uma etapa diferente do ciclo de vida da edificação. Por exemplo, as de nível 2, orientadas a etapa de projeto, servem para dar suporte a tomada de decisão. Com isso possibilita proposta de melhorias no desempenho potencial do edifício. Porém, como a etapa é preliminar, esta ferramenta possibilita apenas uma estimativa do desempenho do edifício nas etapas seguintes.

Nível	Objetivo	Características	Exemplos de ferramentas
1	Fornecer informações e comparações sobre materiais e produtos.	Dados ambientais e/ou dados econômicos; Apresenta ACV na estrutura ou realiza ACV.	BEEES LCExplorer SimaPro TEAM
2	Suporte a tomada de decisão na fase de projeto.	Tratam de especificidades, tais como: CCV, efeitos ambientais do ciclo de vida, consumo de energia fase de uso, etc; Objetividade e geração de dados.	ATHENA EcoQuantum Invest DOE2 E10 Radiance
3	Avaliação da edificação como um todo.	Abordam aspectos ambientais e econômicos; Utilizam dados objetivos e subjetivos; Sistemas de pontuação para desempenho; Fornecem certificados de performance.	BREEAM GBTool LEED EcoEffect ECOPROFILE

Quadro 7: Tipos de ferramentas de avaliação do ciclo de vida.

Fonte: Adaptado de Kuhn (2006).

Todos os países europeus, mais Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong, possuem ferramentas próprias de avaliação. Isso ocorre, primeiramente, porque existe um esforço desses países e muitas vezes de seus governos em reduzirem suas emissões de CO₂, e a ferramenta auxilia na medição e avaliação do impacto causado por essas emissões. Em segundo, porque os impactos críticos variam de um país para o outro, assim como as práticas construtivas e de projeto, que são influenciadas pelas características climáticas e culturais de cada região. (SILVA, SILVA e AGOPYAN, 2003)

No Brasil foram desenvolvidas poucas pesquisas no campo da avaliação do ciclo de vida, a maior parte baseada em estudos internacionais e com pouca aderência ao mercado da construção civil, sendo necessárias simplificações aos modelos testados para aplicação e implementação. (KUHN, 2006)

Tendo em vista a questão acima apresentada, este trabalho apresenta e analisa uma ferramenta simplificada de ACV das edificações. A ferramenta, desenvolvida pelo grupo de projeto ENSLIC *Building* se valeu de uma metodologia própria, que utiliza dados de outras metodologias já conhecidas: ISO 14040:2009 e CEN TC 350, sendo esta última a norma europeia para ACV de edificações. Foi disponibilizada no formato de planilhas de Excel e estão enquadradas no nível 2 do **Quadro 7**.

No capítulo seguinte, será apresentada a análise dessa metodologia e a crítica a aplicação imediata dessa ferramenta no Brasil.

3 A METODOLOGIA ENSLIC SOBRE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) E AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV) DAS EDIFICAÇÕES

A missão do projeto ENSLIC (*Energy Saving Through Promotion of Life Cycle Assessment in Buildings*), desenvolvido por um conjunto de centros de pesquisa científica na Europa⁸ e apoiado pela Comissão Europeia, é promover o uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em projetos de novas edificações ou para aquelas que necessitam de renovação, a fim de alcançar uma economia energética na construção e operação dos edifícios.

Segundo Glaumann et al (2010), o projeto tomou por base as informações existentes geradas por outros projetos de pesquisa desenvolvidos anteriormente, tais como: projeto de baixo consumo de energia, planejamento integrado, avaliação de desempenho ambiental dos edifícios, projeto para as técnicas de sustentabilidade e ACV para aplicação em edifícios.

As razões que justificam a realização de um estudo de ACV de uma edificação estão relacionadas basicamente a um projeto que seja mais harmonioso com o meio ambiente e ao controle do impacto ambiental gerado ao longo de sua vida útil, com isso melhorando a qualidade dessas mesmas edificações no longo prazo. Vale ressaltar que um menor custo de produção não garante um custo menor em todo o ciclo de vida de um edifício.

Muitas vezes, um edifício de alto custo de produção se mostra mais econômico que outro de custo normal ao longo de seu ciclo de vida. Sendo assim, para viabilizar a tomada de decisão do investidor ou proprietário do edifício, do ponto de vista econômico, é melhor conhecer a rentabilidade das diversas opções de investimento e seu impacto econômico desde a fase de projeto. De posse desse conhecimento, escolher a melhor opção se torna uma tarefa

⁸ São eles: CIRCE (Espanha), ARMINES (França), CALCON (Alemanha), ECOFYS BV (Holanda), EMI (Hungria), IFZ (Austria), KTH (Suécia), SEC (Bulgária) e SINTEF (Noruega).

mais fácil de ser realizada, além de implicar numa redução de custos de propriedade e minimizar os riscos de uma depreciação inesperada.

A metodologia criada pelo ENSLIC pode ser aplicada em três diferentes níveis de análise do custo do ciclo de vida da edificação: básico, médio e avançado. O nível básico, cuja análise será objeto do presente trabalho, consiste em realizar a análise por meio de planilhas eletrônicas em formato Excel simplificadas. Por serem mais simples, essas planilhas têm sua melhor aplicação nas fases iniciais do projeto e geram resultado com um número limitado de impactos ambientais. Em contrapartida, exigem pouca experiência para sua utilização. Os níveis médio e avançado exigem softwares específicos de simulação, experiência em gestão de projetos e não são recomendados para as fases iniciais do projeto.

For the beginner, a basic tool (e.g. an excel sheet) might be better to start with since no or very little experience is needed for its use. Basic tools have simple input and output, covering one or a few impact categories. One such tool has been developed for Enslic. This tool enables estimations of contributions to climate change of both the energy use and material use during the life time of a building.(GLAUMANN et al, 2010)

Conforme o relatório, a ACV é uma técnica para avaliar os aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto, por

- elaboração de um inventário de entradas e saídas relevantes de um sistema de produto;
- avaliar os potenciais impactos ambientais associados a essas entradas e saídas;
- interpretar os resultados em relação aos objetivos do estudo.

O princípio dos cálculos da ACV é simples: para cada fase do ciclo de vida investigam-se as quantidades de materiais e energia utilizados e as emissões associadas aos processos. Os últimos são multiplicados por fatores de caracterização proporcionais ao impacto ambiental por eles causado. Uma emissão específica é escolhida como referência e o resultado é apresentado em equivalentes no que diz respeito ao impacto da substância de referência.

Input data				Output result		
Amount	x	Emissions	x	Characterisation factor	=	Equivalents
MJ alt kg	x	g/MJ alt g/kg	x	$f_{\text{substance}}$	=	g equivalents
From Building		From database		From database		

Quadro 8: Cálculo dos impactos ambientais.

Fonte: Relatório D3 – Guidelines for LCA Calculations in Early Design Phases – ENSLIC Building (2010, p. 5).

Por exemplo, um MJ⁹ de óleo queimado está associado com as emissões de CO₂ e a seguinte equivalente em grama, que representa a contribuição para o aquecimento global, quando para o CO₂ é dado o fator de caracterização 1,0:

Emissions		mg/MJ		Characterisation factor		
Carbon dioxid	CO ₂	90 000	x	1	=	90 000
Methane	CH ₄	4	x	25	=	108
Laughing gas	N ₂ O	1	x	298	=	179
g equivalents CO₂ per MJ						90,3

Quadro 9: Exemplo de cálculo dos impactos ambientais.

Fonte: Relatório D3 – Guidelines for LCA Calculations in Early Design Phases – ENSLIC Building (2010, p. 6).

O número de equivalentes somadas para cada impacto ambiental (categoria de impacto) pode ainda ser normalizada e ponderada para se chegar a um resultado agregado. A área marcada no **Quadro 8** é o núcleo de cada método de avaliação ou ferramenta de avaliação. Diferentes ferramentas podem usar diferentes fatores de caracterização e diferentes dados de emissão se os processos de produção e técnica de combustão diferirem. Essas ferramentas também utilizam diferentes métodos de normalização e ponderação, que naturalmente podem levar a resultados diferentes.

⁹ 1 kilowatt hora = 3.6×10^6 J (ou 3.6 MJ)

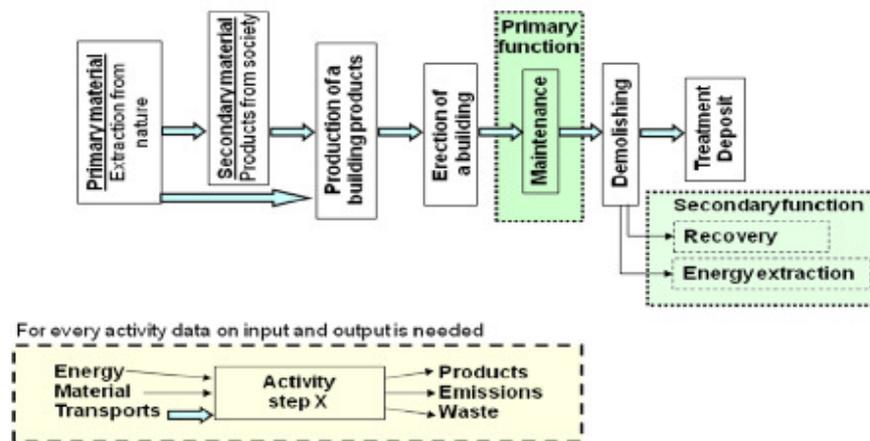


Figura 9: Ilustração das etapas do ciclo de vida de um edifício e entrada de dados para ACV.

Fonte: Relatório D3 – Guidelines for LCA Calculations in Early Design Phases –ENSLIC Building (2010, p. 6).

Apesar do esforço de simplificação, alguns elementos-chave são necessários para realizar uma ACV que são descritos na norma internacional ISO 14040. Embora não exista um método único para a realização de estudos de ACV é esperado que ela inclua os seguintes recursos:

- Objetivo e definição do escopo
- Análise de Inventário
- Avaliação do impacto
- Interpretação dos resultados

Para se iniciar uma ACV, no mínimo dois estágios do ciclo de vida devem ser incluídos, tais como produção de materiais de construção e operação do edifício.

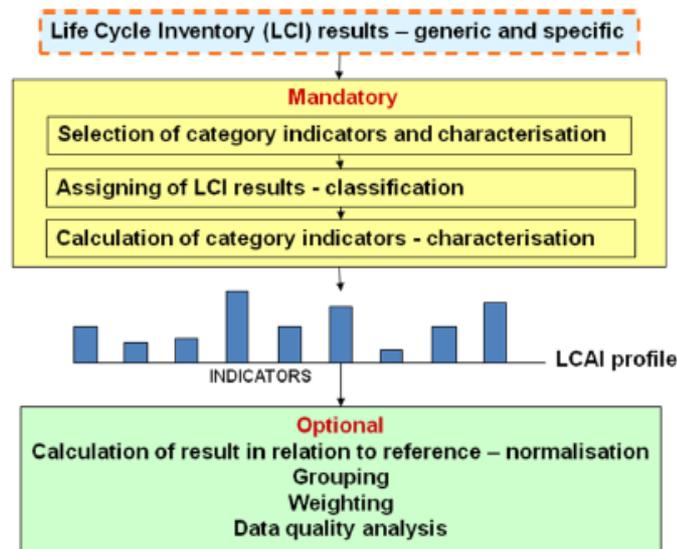


Figura 10: Ilustração das ações realizadas em uma avaliação do ciclo de vida (ISO 14042).

Fonte: Relatório D3 – Guidelines for LCA Calculations in Early Design Phases –ENSLIC Building (2010, p. 7).

3.1 A AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO VIDA (ACCV)

Conforme o relatório D3 – Guidelines for LCA Calculations in Early Design Phases – do ENSLIC Building (2010, p. 4)

Life Cycle Costing (LCC) is an extensively used cost management method in production industry to survey the development of costs of a product during its whole life cycle - from the product idea to the end of life. LCC is currently also increasingly adapted by property owners or investors to evaluate alternatives for projects.¹⁰

Segundo o autor a Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) é uma ferramenta para avaliar o desempenho do custo total de um bem ao longo do tempo, incluindo a aquisição, operação, manutenção e custo da armazenagem. Seu principal uso é na avaliação de diferentes opções para alcançar os objetivos do cliente, onde as alternativas diferem não apenas em seus custos iniciais, mas também nos seus custos operacionais posteriores.

¹⁰ **Custo do Ciclo de Vida (LCC)** é um método de gerenciamento de custo amplamente utilizado na indústria de produção para o levantamento da evolução dos custos de um produto durante seu ciclo de vida - desde a idéia do produto até o fim da vida. LCC está também cada vez mais adaptada pelos proprietários ou investidores para avaliar alternativas para projetos. (Tradução da autora)

O benefício com o ACCV é poder estudar o tempo de payback do ciclo de vida completo de diferentes produtos de construção e soluções de projeto.

Apesar de existirem diferentes abordagens para a análise, todos os regulamentos têm em comum para o grupo de despesas no ciclo de vida de um edifício os seguintes grupos de custos:

- Custo de investimento, de construção
- Custo que ocorre anualmente de utilização de energia, operação, manutenção e reparação
- Custo que ocorre ocasionalmente de reforma e substituição
- Custo para o fim da vida, de demolição e eliminação

O custo da energia é, por vezes, separado de outros custos regulares durante a fase de uso devido à hipótese comumente utilizada de que a taxa de aumento de preços no setor de energia é diferente da taxa de crescimento em outros setores. De acordo com Kato (2010), o preço da energia elétrica para a indústria no Brasil cresceu 150% de 2002 a 2009, dados obtidos em um estudo da Agência Internacional de Energia, coletados e divulgados pela Federação das Indústrias de São Paulo (FIESP). O aumento é 83% maior do que a inflação do período.

Para os cálculos da ACCV o método mais adequado e empregado é o Valor Presente Líquido (VPL), que desconta e totaliza todos os fluxos de caixa futuros em valores de hoje, método padrão para avaliar projetos de longo prazo.

O cálculo do VPL é por vezes simplificado pela ACCV no caso em que todos os fluxos de caixa futuros são de saída (de investimento) e a seguinte fórmula pode ser usada:

$$C_0 = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+i)^t}, \text{ onde}$$

C_0 : o valor presente

C_t : o fluxo de caixa

t : período de tempo do fluxo de caixa

T : o fim de períodos de tempo

i : taxa de desconto

Uma vez que ambas ACV e ACCV estão baseadas no pensamento do ciclo de vida assumindo certo tempo de vida para os materiais e para a construção, elas estão prontas para serem combinadas dando simultaneamente os custos de ciclo de vida em potencial e os impactos ambientais para projetos alternativos. Esta combinação pode, por exemplo, ser usada para:

- Escolha de soluções técnicas alternativas
- Identificar a solução técnica que satisfaça uma meta ambiental ao menor custo
- Detalhar o impacto ambiental em custos
- Avaliar um investimento de construção

3.2 A APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A complexidade e a incerteza dos resultados da ACV são muitas vezes apresentadas como principais barreiras à sua utilização mais freqüente. É natural que se dados não confiáveis são usados, resultados duvidosos serão a saída. No entanto, estimativas aproximadas dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida ainda são melhores do que ignorar esses impactos.

A Avaliação do Ciclo de Vida foi desenvolvida principalmente para a concepção de produtos com baixo impacto ambiental. Como produtos, os edifícios são especiais porque:

- têm uma vida relativamente longa
- sofrem alterações frequentemente (especialmente edifícios comerciais)
- muitas vezes têm múltiplas funções
- contêm muitos componentes diferentes
- são produzidos localmente
- são normalmente únicos (raramente são muitos do mesmo tipo)
- causam impactos locais
- são integrados com a infraestrutura, ou seja, as fronteiras do sistema físico não são óbvias.

Isto implica que fazer uma ACV completa de um edifício não é um processo muito trivial como para tantos outros produtos de consumo.

Um problema geral na aplicação da ACV em um processo de projeto é que, nas fases iniciais do projeto, as opções de escolha de diferentes soluções são muitas e consequentemente os dados sobre os produtos, que são necessários para os cálculos ACV, são escassos. Mais adiante no processo, quando mais decisões tiverem sido tomadas, será possível realizar uma melhor ACV, no entanto as possibilidades de utilizar o resultado para projetos alternativos são menores, conforme a **Figura 11**.

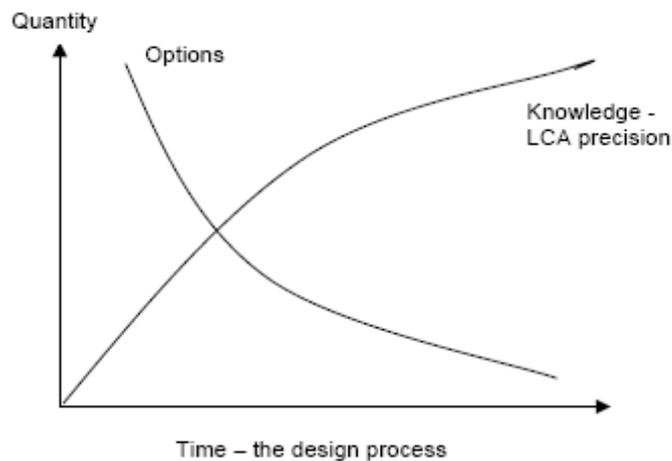


Figura 11: Ilustração geral da relação entre opções de escolha e disponibilidade de dados de produtos durante o processo de projeto.

Fonte: Relatório D3 – Guidelines for LCA Calculations in Early Design Phases –ENSLIC Building (2010, p. 11).

Para Glaumann et al (2010), fazer uma ACV ou ACCV de um edifício, por definição, abrange todo o ciclo de vida de um edifício. Isto significa que os fatos genéricos sobre as atividades de impacto ambiental relacionados a cada fase do ciclo de vida são necessários já no começo. De acordo com a norma CEN 350¹¹ os estágios do ciclo de vida da construção incluem: fase do produto, fase de construção, fase de utilização e fase de fim de vida.

¹¹ CEN / TC 350 (Comité Européen de Normalisation) é responsável pelo desenvolvimento de normas horizontais e métodos padronizados para a avaliação dos aspectos de sustentabilidade das obras de construção novos e existentes e das normas para a declaração de produtos ambientais dos produtos de construção. Disponível em: http://www.cen.eu/cen/Sectors/Sectors/Construction/SustainableConstruction/Pages/CEN_TC350.aspx Acessado em 27 mar. 2011.

3.3 PROCEDIMENTO PARA OS CÁLCULOS ACV / ACCV NO PROJETO DE CONSTRUÇÃO

O projeto ENSLIC recomenda um procedimento passo-a-passo para a utilização ACV / ACCV no projeto do edifício. Para fornecer um apoio suplementar e simplificar as comparações de forma padronizada um dos resultados do projeto foi a disponibilização de arquivos eletrônicos, em formato de planilhas Excel, por meio dos quais os cálculos necessários estão automatizados.

O primeiro arquivo chamado MODELO ENSLIC (*Ensllic Guideline Template Draft*) contém oito planilhas seguindo o procedimento recomendado e se destinam a padronização da coleta de dados e comunicação dos resultados da ACV. Nele também podem ser especificadas metas ambientais.

As informações incluem uma visão geral dos efeitos da avaliação e do tipo de construção que é avaliado, os resultados quantitativos da avaliação, as especificações de utilização de energia, materiais, água, entre outras, necessárias para os cálculos de impacto; e ainda, especificações sobre as características de construção e dados da construção. Tais informações coletadas melhoram a transparência dos cálculos ACV e ajudam a interpretar o resultado. Segundo Glaumann et al (2010), estas planilhas estão sincronizadas com a versão atual dos cálculos ACV desenvolvidos pelo CEN – grupo de trabalho TC350 – e recomendados para edifícios.

O segundo arquivo Excel chamado ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA (*Basic LCA estimations for Buildings - impact on climate change from energy use and material production*) é uma planilha de trabalho com possibilidades de fazer cálculos simplificados ACV em fase de projeto de construção da forma mais básica. Nesta planilha são inseridas as dimensões do edifício e seções transversais, e o programa calcula quantidades de materiais e seus respectivos impactos ambientais, estimativas aproximadas de consumo de energia anual e seu impacto ambiental associado, quando as fontes de energia estão inseridas.

Esse arquivo normalmente tem de ser complementado com dados nacionais. Pode ainda ser usado quando é necessário ou desejado testar diferentes soluções e realizar cálculos muito simplificados de ACV destes como uma fonte de ajuda no projeto inicial. Essa ferramenta representa a forma mais simples possível de aplicar o pensamento ACV e fazer um

cálculo. É concebido para ser aberto para uso e preenchimento e utilizado por qualquer profissional da área.

3.4 ANÁLISE DESCRITIVA E CRÍTICA DAS PLANILHAS ELABORADAS PELO ENSLIC

Como visto, as duas pastas de trabalho são complementares. A primeira é necessária para coleta e organização dos dados, e posterior apresentação dos resultados; a segunda, preenchidos alguns dados já coletados na primeira planilha, realiza os cálculos de forma simplificada e automatizada.

Após a explanação sobre o sistema de avaliação do ciclo de vida, o impacto dos dados ali apresentados e as opções de utilização de diferentes ferramentas, serão apresentados, de forma analítica e crítica, os modelos em Excel criados pelo ENSLIC.

3.4.1 Análise Descritiva da pasta de trabalho MODELO ENSLIC

Esta pasta de trabalho em Excel guia o usuário por meio de diferentes etapas da ACV: objetivo do estudo, instrumento de avaliação, fronteiras do sistema, os cenários para o período de referência, as metas, descrição do edifício, avaliação, resultados e validação.

O arquivo, chamado MODELO ENSLIC (*Enslc Guideline Template Draft*), é composto por oito planilhas, sendo a primeira uma breve síntese sobre o preenchimento das demais. Esse primeiro grupo de planilhas se refere à coleta de dados de forma sistemática e a apresentação dos resultados, previamente calculados em um segundo grupo de trabalho, denominado ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA (*Basic LCA estimations for Buildings - impact on climate change from energy use and material production*). Adiante, o detalhamento dessas planilhas.

3.4.1.1 Planilha 1 – ASSESSMENT PROCEDURE

Esta planilha descreve o que preencher e como fazê-lo em cada uma das planilhas do MODELO para que a avaliação seja realizada. O manual destaca que todos estes passos devem ser documentados.

ASSESSMENT PROCEDURE
Enslc guidelines draft 090423

Assessment procedure and corresponding templat

These templates should be filled in to simplify comparison. Blue squares are mandatory and yellow voluntary. Improvement suggestions to this first template draft are welcome.

Step	Template
1 State the purpose of the study (project development, impact comparison, classification, etc)	Assessment
2 Choose assessment tool	Assessment
3 State the system boundaries for the assessment	Assessment
4 State scenarios for the reference time (steady state, regular retrofit, cost development etc)	Assessment
5 Define targets, references, benchmarks etc (impact, depletion, energy use, ... Country or EU average, target,..)	Targets
6 Describe the building (Name, type, size, location etc)	Building
7 Collect data a) Environmental data that is not in the tool (emissions per Joule, emissions b) Building data depending on assessed stages	Not here Data input
8 Perform assessment (trial and error if targets should be reached)	Assessm. res
9 Present results (graphs, tables, analysis, eventually desired improvements etc)	Assessm. pres
10 Validate (check results relative to purpose, check calculations fulfillment of requirements etc.)	Validation

Figura 12: Planilha 1 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.

O procedimento, tal como recomendado na planilha, está descrito a seguir:

1. Estabelecer o propósito do estudo: o objetivo da avaliação é definido pela meta, o alcance e o uso pretendido da avaliação.
2. Escolher a ferramenta de avaliação: básico, construção, avançado.
3. Estabelecer os limites do sistema de avaliação: referência de tempo, fase de construção, características avaliadas, necessidade de dados, etc.
4. Definir os cenários para o período de referência: estável, renovação normal, evolução dos custos, etc.
5. Definir metas, benchmarks, parâmetros e outros: impacto, exaustão e uso de energia.
6. Descrever o edifício: nome, tipo, tamanho, localização, etc.

7. Coletar e compilar dados:
 - a) Os dados ambientais que não estão na ferramenta: emissões por Joule, emissões por kg, etc.
 - b) dados da construção, como por exemplo: quantidades de materiais, uso de energia, fonte de energia, materiais reciclados, etc.
8. Realizar avaliação: verificar se as metas serão alcançadas.
9. Apresentar os resultados: gráficos, tabelas, análise, melhorias eventualmente desejadas, etc.
10. Validar: verificar os resultados em relação à finalidade, verificar os cálculos, o cumprimento de requisitos, análise de sensibilidade, etc.

Estas orientações e modelos direcionam a realização da ACV de uma edificação. No entanto, é possível utilizar os princípios também para avaliação de outras escalas, como a de componentes no nível da construção ou no nível dos bairros da cidade.

3.4.1.2 Planilha 2 - ASSESSMENT INFORMATION

Nesta planilha descreve-se o propósito da avaliação e dados de contrato e de avaliação.

Inicialmente é solicitado na planilha a finalidade do estudo que, segundo o manual, é definida pela meta, o alcance e o uso pretendido da avaliação. A partir desses dados se dá a escolha da ferramenta de avaliação. Diferentes ferramentas apresentam resultados diferentes, com cálculos mais precisos ou valores aproximados. Glaumann et al (2010) estabelece que a ferramenta seja de fácil acesso. Nesse sentido é natural escolher uma ferramenta desenvolvida no contexto nacional, onde é mais simples obter suporte.

ASSESSMENT INFORMATION
Enslc guideline templete draft 090423

CEN 350 1	1. Purpose of assessment	Test
CEN 350 2	Client for assessment	Enslc group
CEN 350 3	Assessor	MG
CEN 350 4	2. Assessment tool used	Enslc basic
Enslc 5	Type of tool (basic, building, advanced etc)	081215
CEN 350 6	Assessed life cycle stages	50
CEN 350 8	Period of assessment	district heating, electricity for building operation
CEN 350	3. System boundaries	Type Design life, yr Maintenance
Enslc 9	Design life or reference time, yr	
CEN 350 10	Assessed energy for operation	
Enslc 11	Assessed building elements	
Enslc 12	Load bearing structure	
Enslc 13	Roof	
Enslc 14	External walls including windows	
Enslc 15	Interior walls	
Enslc 16	Installations	
Enslc 17	Finishing surfaces	
Enslc 18	
CEN 350 19	4. Scenarios	Not assessed
CEN 350 20	The end of life including (demolition, deconstr.,recovery, recycling, disposal)	Normal
CEN 350 21	Building operations that affects energy, water use, waste production & commissioning	Electricity, district heating, water, sewage, waste recycling
CEN 350 22	Available infrastructure	Normal
CEN 350 23	Occupants behaviour in operation stage	Not assesed, but very good location nearby underground station
CEN 350 24	Building's location and its influence on user transportation	
	Other scenarios assumed	
	Data sources	
Enslc 25	Building data	Skanska, Carl Jonsson, tel
Enslc 26	Environmental data	IVL & Swedish Energy Agency
CEN 350	Verification	
Enslc 27	Sensitivity analys	
Enslc 27	Expert control	
CEN 350	Life Cycle Cost	
Enslc 29	Construction	
Enslc 30	Maintenace	

Figura 13: Planilha 2 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.

No caso em estudo, a ferramenta utilizada são planilhas em EXCEL desenvolvidas pelo grupo de trabalho ENSLIC, no contexto da União Europeia. Este arquivo, como será esclarecido em tópico específico adiante, é de utilização simples e fácil, no entanto requer adaptações para a realidade nacional.

Nesta planilha ainda necessitam ser esclarecidos os limites do objeto avaliado. É muito importante que esta informação seja clara e consistente quando se quer fazer comparações com outros estudos. As decisões importantes são:

- Escolha do tempo de referência (o tempo de vida do edifício) – segundo Glaumann et al (2010), 50 anos é o valor padrão, mas segundo o **Quadro 6** do **capítulo 2**, o tempo médio de vida no qual a edificação precisa de renovação total varia de 30 a 50 anos. A relação entre os impactos da fase de utilização e do

estágio de produto está de acordo com esta escolha. Experimentar diferentes tempos de referência na realização da avaliação pode ser bastante útil.

- Definição de quais as fases do ciclo de vida e atividades devem ser incluídos na avaliação - fase de produto (produção de materiais de construção), construção, utilização, manutenção e reforma, demolição, tratamento de resíduos (fase de fim de vida). Decisões tomadas aqui dependem da disponibilidade de dados dos processos que ocorrem nessas fases. A ACV completa deve abranger todas as fases. No entanto, segundo Glaumann et al (2010), uma simplificação cobriria somente a fase do produto e sua utilização.
- Definição da delimitação das características do edifício a ser avaliado – por exemplo, se o usuário da eletricidade está incluído na utilização de energia ou não, ou quais elementos de construção estão sendo avaliados.

Após a determinação do tempo de referência, se faz necessário indicar as suposições sobre os cenários passíveis de ocorrência com a edificação, tais como:

- Pressupostos sobre a manutenção, renovação, etc. Cada elemento do edifício que está incluído no estudo deve ter seu tempo de vida útil declarado, e que tipo de ações acontecerão durante e após esse período.
- Se for incluir o fim da vida útil do edifício, as suposições incluem como os diferentes elementos do edifício serão desmontados, demolidos e, posteriormente, processados.
- O comportamento esperado dos ocupantes, geralmente normalizado com relação ao uso da eletricidade.

Se os cálculos são feitos para a ACCV, devem ser estabelecidas suposições sobre a evolução esperada dos custos futuros.

3.4.1.3 Planilha 3 – ENVIRONMENTAL TARGETS

Para interpretar os resultados obtidos ao término da ACV é necessário definir previamente, para fins de comparação, metas, referências e benchmarks. A partir deste ponto, os indicadores a serem analisados são selecionados. No caso de objetivos ambientais específicos definidos para o projeto, como por exemplo, aqueles estabelecidos por meio de

legislação ou requisitos estabelecidos pelo cliente, esses serão responsáveis por definir quais indicadores devem ser incluídos na avaliação.

ENVIRONMENTAL TARGETS
Enslc guideline template 090423

Enslc	5. Environmental targets	Stage I		Stage II				Stage III				Stage IV		Total	
		Materials		Transports		Construction		Operation		Maint. materials		End-of-life			
		Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref
	Impact category														
Enslc 1	Contribution to global warming, kg/m ²														
Enslc 2	Destruction of the stratospheric ozone layer,														
Enslc 3	Acidification of land and water, kg/m ²														
Enslc 4	Eutrophication, kg/m ²														
Enslc 5	Formation of ground level ozone, kg/m ²														
Enslc 6	Radioactive waste (Swed. mix 2007), MJ/m ²														
Enslc 7	Energy														
Enslc 8	Use of energy (excluding user el.), MJ/m ²														
Enslc 9	Use of energy (including user el.), MJ/m ²														
Enslc 10	Bought energy, MJ/m ²														
CEN350 11	Use of renewable primary energy, MJ/m ²														
CEN350 12	Use of non renewable primary energy,														
CEN350	Water														
CEN350 13	Use of freshwater resource, m ³ /yr														
CEN350	Resources														
CEN350 14	Use of renewable resource (other than primary energy), kg/m ²														
CEN350 15	Use of recycled/reused resource kg/m ²														
CEN350 16	Material for recycling, kg/m ²														
CEN350 17	Use of non renewable resource (other than primary energy), TMR, kg/m ²														
CEN350 18	Material for energy recovery, kg/m ²														
CEN350	Waste														
CEN350 19	Non hazardous waste, kg/m ²														
CEN350 20	Hazardous waste, kg/m ²														
	Other														
21	Other 1														
22	Other 2														
32	Other 3														

Figura 14: Planilha 3 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.

No relatório D3 do ENSLIC Building (2010, p. 21) encontra-se o **Quadro 10**, que apresenta os indicadores incluídos na versão atual das recomendações do Comitê Europeu de Normalização CEN 350. Geralmente os indicadores já estão selecionados nas várias ferramentas de ACV de edifícios existentes.

Indicator	Unit
Contribution to global warming	Kg CO2-eq.
Destr. of the stratosph. ozone layer	Kg CFC-11-eq.
Acidification of land and water sources	Kg SO2-eq.
Eutrophication	Kg PO4-eq.
Formation of ground level ozone	Kg C2H4-eq.
Radioactive waste	Kg, MJ
Use of renewable/non renewable primary energy	MJ
Use of freshwater resources	M3
Use of renewable/non renewable resources (other than primary energy)	Kg
Use of recycled/reused resource	Kg
Material for recycling/energy recovery	Kg/MJ
Components for reuse	Kg
Non hazardous/hazardous waste	Kg

Quadro 10: Indicadores ambientais sugeridos atualmente na norma CEN 350

No Brasil, a norma ABNT ISO 14044:2009 prevê que as categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização sejam baseados em um acordo internacional ou aprovados por uma entidade internacional competente.

O modelo de certificação ambiental atualmente mais empregado no país é o LEED, do *Green Building Council* (GBC), que se utiliza das categorias de impacto estudadas pelo TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts*) desenvolvida pelo U.S. *Environmental Protection Agency*, que apresenta as seguintes categorias:

❖ Ozone Depletion	❖ Eutrophication
❖ Global Warming	❖ Smog Formation
❖ Acidification	❖ Ecotoxicity
❖ Cancer	❖ Fossil Fuel Use
❖ Noncancer	❖ Land Use
❖ Criteria	❖ Water Use

Quadro 11: Categorias de Impacto estudadas pelo TRACI e utilizadas pelo GBC, no sistema LEED

Fonte: <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/traci/index.html>

A realização de uma ACV pressupõe o uso de, no mínimo, dois estágios e um dos indicadores no **Quadro 10**. Glaumann et al (2010) destaca que um estudo deve conter ao menos:

- O consumo de energia durante o funcionamento (fase de utilização) e produção de material de construção (fase de produto);
- Contribuição para o aquecimento global.

Se a finalidade do estudo for comparar soluções alternativas, os objetivos nem sempre serão necessários, mas é interessante para comparar com outros estudos ou benchmarks. O estudo da ACV também pode ser usado para apresentar objetivos razoáveis para um projeto.

Os indicadores selecionados podem ter suas metas formuladas como valores em % de um benchmark escolhido ou como valores absolutos. Estes benchmarks podem vir de estudos similares, de normas nacionais, melhores práticas ou ainda, metas sociais ou setoriais.

Na esfera nacional, destacam-se algumas Leis, Decretos, Resoluções e Portarias que norteiam as atividades que interferem no meio ambiente. Entre elas, as de maior relevância para este estudo estão destacadas no **Quadro 12**:

<i>Regulamentação</i>	<i>Síntese dos poderes</i>
Constituição Federal de 1988 -	Artigo 225 –Meio Ambiente
Lei 6.938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)	Dispõe sobre a PNMA, seus fins e sua aplicação
Lei 9.605/1998 – Lei do Meio Ambiente	Crimes Ambientais – prevê sanções penais e administrativas derivadas de condutas lesivas ao meio ambiente
Lei 10.257/2001 – Estatuto da Cidades	Estabelece diretrizes gerais da política urbana
Lei 11.445/2007 – Saneamento Ambiental	Diretrizes nacionais para o saneamento básico
Lei 9.985/2000 – Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza	Regulamenta os artigos da CF e institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza - SNUC
Decreto 4.340/2002	Regulamenta os artigos da lei 9.985/2000 que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza - SNUC
Decreto 5.790/2006	Funcionamento do Conselho das Cidades - ConCidades
Resolução CONAMA 1/1986	Critérios básicos e diretrizes gerais para o relatório de Impacto ambiental

<i>Regulamentação</i>	<i>Síntese dos poderes</i>
Resolução CONAMA 237/1997	Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente
Resolução CONAMA 267/2000	Proibição de substâncias que destroem a camada de ozônio
Resolução CONAMA 412/2009	Licenciamento ambiental para construção de Habitação de Interesse Social
Portaria Conjunta MMA e IBAMA 259/2009	Inclusão Obrigatória no EIA/RIMA das alternativas de tecnologias mais limpas para reduzir os impactos na saúde do trabalhador e no meio ambiente

Quadro 12: Regulamentação nacional sobre meio ambiente e impacto ambiental.

Nos municípios, as políticas comumente adotadas e válidas para o caso em estudo são as seguintes, segundo Souza et al. (2003):

- **Operações Urbanas Consorciadas** - conjunto de medidas coordenadas pelo município, com a participação de proprietários e moradores, a fim de se alcançar em uma área melhorias sociais, valorização ambiental e transformações urbanísticas estruturais.
- **Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV)** – documento técnico a ser exigido por lei municipal, que definirá os empreendimentos em área urbana que devem apresentá-lo para obter licença de construção, ampliação ou funcionamento de atividades que possam afetar a qualidade de vida no local ou nas proximidades.
- **Política Municipal de Meio Ambiente (PMMA) e Fundo Municipal de Meio Ambiente (FMMA) e seus instrumentos** – mecanismo do poder público local para definir diretrizes e estabelecer normas, que regulamentam as questões ambientais locais. Sua viabilização se dá por meio da criação do FMMA, que constitui a unidade orçamentária vinculada ao órgão municipal ambiental e cuja finalidade é empregar os recursos captados em programas, projetos e ações ambientais.
 - **Plano Plurianual de Ação (PPA)** – define diretrizes, objetivos e metas da administração pública para as despesas de capital e outras delas decorrentes. É importante que ele reflita prioridades sociais e ambientais;

- **Plano Diretor Municipal** – parte integrante do processo de planejamento municipal e instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana;
- **Código de Posturas** – conjunto das normas municipais concernentes à ordem, à segurança, à preservação estética e ambiental das cidades;
- **Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo** – define as atividades que podem ocorrer em cada compartimento da cidade, dirigindo seu desenvolvimento socioeconômico e embutindo valorizações imobiliárias diferenciadas para cada região. (DUARTE, 2007)
- **Conselhos Municipais de Meio Ambiente (CMMA)** – órgãos consultivos, deliberativos e, algumas vezes, de recursos, que funcionam como órgãos superiores das políticas municipais de meio ambiente. Apresentam participação paritária da administração municipal e da sociedade civil organizada.
- **Agenda 21 Local** – construção de plano de ação e planejamento participativo de futuro com base em um desenvolvimento mais justo socialmente, com equilíbrio ambiental e economicamente eficiente.
- **Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE)** – regime especial de uso, que se destina a identificar a potencialidade local e a orientar os investimentos do governo de acordo com a vocação natural de cada região.
- **Acordos e Tratados Internacionais** – Agenda 21 (1992), Declaração do Rio (1992), Agenda Habitat (1996)

Conforme Souza et al. (2003, p.67),

do ponto de vista puramente legislativo, nosso país encontra-se em uma posição elogiável, sendo certo que, em muitos aspectos, nosso arcabouço legislativo é mais bem estruturado do que o de muitos países do chamado Primeiro Mundo. (...) Contudo, deve-se ressaltar, que as normas não têm sido eficientes, uma vez que há ainda graves deficiências nas suas aplicações concretas.

Prossegue a autora destacando ainda a deficiência da maior parte dos municípios brasileiros para a implementação de políticas de gestão ambiental, embora haja diversos mecanismos para sua formulação e implementação.

3.4.1.4 Planilha 4 – BUILDING INFORMATION

O edifício em estudo precisa ser descrito tão detalhadamente quanto possível, dependendo de quanto o processo de construção já avançou. Uma questão importante é descrever as informações sobre a função do edifício, tais como o tipo de utilização do edifício, número de usuários, as exigências sobre a qualidade do ar, o clima térmico, segurança, e outras mais. Para comparar dois edifícios, esses parâmetros devem ser os mesmos para ambos. As informações inseridas nesta planilha constituem a base para os cálculos e é importante que ela seja atualizada se houver necessidade de se realizar mudanças durante o estudo.

BUILDING INFORMATION Enslc Guideline template draft mg 090423

BUILDING INFORMATION									
CEN 350	6. Building description	Grönskär, Stockholm, Sweden							
Enslc 1	Building owner & manager	Svenska bostäder							
Enslc 2	Architect/contractor	Skanska							
Enslc 3	Location (address)	South Stockholm, Sweden							
Enslc 4	Construction / refurbishment period	Construction start: Spring 2007. Finished: Spring 2008							
CEN 350	Type/Main use	Residential/32 apartments							
Enslc 6	Additional Space (garage, shops etc)	Garage places	14	Parking places	22				
Enslc 7	Site area, m2	-							
Enslc 8	No of floors, floor height etc	8	Storey height	2,83	Room height	2,5			
FUNCTIONAL EQUIVALENT									
CEN 350	9 Floor area , m2	Gross area	2893	Net area	-	Heated area	2607	Lettable area	2249
Enslc 10	Reference area, m2	2607							
CEN 350	11 Volume, m3	-							
CEN 350	12 Design number of building occupants	94							
CEN 350	13 Time period of consideration, yr	80							
CEN 350	14 Occupancy (period and pattern of use)								
CEN 350	15 Regulatory requirements	Conforming to Swedish regulations regarding space need, indoor environmental							
TECHNICAL INFORMATION									
Materials									
Enslc	Bearing structure	External		Internal					
Enslc	Walls	Concrete & EPS		Concrete resp. gypsum					
Enslc	Slabs	Concrete							
CEN 350	Roof	Steel							
Enslc	U-values	Walls	Windows	Roof	Doors				
Enslc	HVAC & hot water service system								
CEN 350	Air change rate								
Enslc	Operating schedule ventilation, heating and cooling								
Enslc	Energy supply	District heating. A heat pump on exhaust air							
CEN 350	Lighting system								
Enslc	Operating schedule ventilation, heating and cooling								
CEN 350	Year of commissioning								
CEN 350	Year(s) of refurbishment								
CEN 350	Power and communication systems								

Figura 15: Planilha 4 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.

3.4.1.5 Planilha 5 – USE OF ENERGY, MATERIALS AND WATER

Existem dois tipos de dados necessários para fazer os cálculos:

- 1) as especificidades da construção, tais como as quantidades de materiais de construção e utilização de energia, e
- 2) as emissões associadas à produção de materiais de construção e energia.

Na fase de projeto, os dados sobre o uso de energia e materiais podem ser estimados ou simulados usando softwares específicos. Na União Européia, para onde a planilha foi desenvolvida, as estimativas dos valores de transmitância térmica (U)¹² e as quantidades de materiais são necessários desde o projeto preliminar.

Para calcular os impactos ambientais do edifício, é necessário especificar os dados relativos às emissões relacionadas com a produção, utilização e fim de vida de diferentes materiais de construção e produção de energia. A maioria das ferramentas de ACV inclui bancos de dados com os dados de produção, no entanto, é importante destacar que os dados constantes nesta planilha refletem a média da União Européia, sendo necessário buscar esta informação de fontes nacionais.

Esta operação é realizada apenas uma vez e armazenada para uso futuro. Pode ainda ser obtida a partir das Declarações Ambientais de Produtos (DAP) ou de Rotulagem Ambiental – previstas na ISO 21.930 – Sustentabilidade na Construção Civil – Declaração Ambiental de Produtos. As DAP são, segundo Nerici (2009), instrumentos de comunicação mercadológica e técnica dos quais as organizações podem fazer uso para divulgar atributos ambientais dos seus produtos ou serviços.

Segundo Coltro (2010) o problema das DAP atualmente consiste num fenômeno chamado *Greenwashing*, que é o ato de enganar os consumidores a respeito das práticas ambientais de uma empresa ou dos benefícios ambientais de um produto ou serviço. Uma pesquisa realizada em diversos países, inclusive o Brasil, constatou que na média os Estados Unidos apresentaram o maior número de declarações ambientais, enquanto o Brasil apresentou o menor número, uma média de 1,8 declarações ambientais por produto

Na área de construção civil, segundo Kuhn (2006, p.43) as pesquisas demonstram que apenas três produtos no Brasil possuem informações quanto às emissões relacionadas com sua

¹² **Transmitância térmica (U)** é uma propriedade dos componentes construtivos relacionada à permissão da passagem de energia, medida em W/m²K. Está relacionada à espessura do componente e à condutividade térmica dos seus materiais constituintes, e representa sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de energia por unidade de área e de diferença de temperatura. (LAMBERTS, 2010)

manufatura: concreto, tijolo e piso cerâmico. A autora critica ainda a aquisição de bancos de dados internacionais, pois mesmo materiais similares podem ser produzidos com diferentes técnicas e utilizando diferentes fontes de energia primária, o que resultaria em uma significativa variação na quantidade de emissões.

Glaumann et al (2010) ressalta que o principal problema para valores de emissões é a qualidade dos dados. A ISO 14040:2009 estabelece os requisitos de qualidade em termos gerais, mas para uma abordagem simples de ciclo de vida estes requisitos são difíceis de cumprir. Para o autor da planilha, quando a procura de dados para um material de construção específico carecer de um DAP (o que ocorre na maioria dos materiais), deve-se apresentar um relatório sobre as deficiências e fazer um controle das bases de dados disponíveis. Esta transparência facilita as discussões sobre a incerteza dos dados e resultados associados, incentivando o uso de uma melhor informação. Bancos de dados com valores de emissão estão sendo desenvolvidos continuamente em todo o mundo.

USE OF ENERGY, MATERIALS AND WATER
 Enslc Guideline template draft mg 090423

Types, quantities, supply chain and logistics, estimated service life (CEN 350)

7. Data collection

ENERGY USE

	kWh/yr	kWh/ m ² .yr	kWh/ user.yr	MJ/yr	Kind	Clear energy use
Electricity use						
Property electricity	18.387	7	196	66.193	Swedish Mix	
Household electricity	84.096	32	895	302.746	Swedish Mix	
Total electricity use	102.483	39	1.090	368.939	Swedish Mix	
Solar cell production	0	0	0	0		
Other renewable electr. production	0	0	0	0		
Bought electricity	102.483	39	1.090	368.939	Swedish Mix	
Heat use						
Electricity for heat pump	45.167	17	481	162.601	Sw. Mix	
Space heating from heat pump	112.918	43	1.201	406.503	Free	
Space heating from district heating	58.166	22	619	209.398	Stockholm district heat	
Space heating from fuel	0	0	0	0		
Hot water from electricity	0	0	0	0		
Hot water from district heating	79.891	31	850	287.608	Stockholm district heat	
Total heat use	296.142	114	3.150	1.066.109		
Solar panels	0	0	0	0		
Bought heat excl. electricity	138.057	53	1.469	497.005	Stockholm district heat	
Bought energy	285.707	110	3.039	1.028.545		
Bought energy excl. house electr.	201.611	77	2.145	725.800		

BUILDING MATERIALS

Building reference time: 50 years

Use, Kg	Concrete	Wood	Straw	Min. wood	Polyester	Steel	Glass	Gypsum	Sum
Foundation	123.687	1.956	10	1.369	124				127.146
Slabs	1.053.656	13.692	68						1.067.416
External walls	667.952	3.960	3.960		867				676.739
Windows							9.316		9.316
External doors				4		64	56		124
Roof		2.461				13.867			16.328
Attic	198.648			2.347					200.995
Internal walls	459.080			821		71.710		60.688	592.299
Fixed carpentry									0
Sum	2.503.023	22.069	4.038	4.541	991	85.641	9.372	60.688	2.690.363
Losses, % transp. & site	9%	13%	8%	4%	4%	12%	0%	12%	
Total	2.728.295	24.938	4.361	4.723	1.031	95.918	9.372	67.971	
Maintenance and repairation									
Est. service life, y	50	50	50	50	50	50	30	25	
During ref time	2.728.295	24.938	4.361	4.723	1.031	95.918	15.620	135.941	
Transport, km									
Carrier	50	100	500	500	500	100	500	500	
	Lorry	Lorry	Lorry	Lorry	Lorry	Lorry	Lorry	Lorry	

WATER USE

	l per day	l/m ² .yr	l/yr
Potable water			

COST

Specification	Yearly					
	Erection	Mainten.	Energy	Waste	Water	Cleaning

Figura 16: Planilha 5 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.

3.4.1.6 Planilha 6 – ASSESSMENT RESULTS

Uma vez feitas as suposições, estabelecidos os limites para o estudo e a coleta de dados, os cálculos são realizados.

Ao usar a ferramenta básica do Excel, a quantidade de CO₂ equivalente, que mede a contribuição para as alterações climáticas, é calculada automaticamente desde que os dados do material e do uso de energia tenham sido incluídos no arquivo. Essa ferramenta também permite a inspeção de diferentes quantidades de consumo de energia e materiais e também faz comparações em relação ao resultado de CO₂ equivalente.

ASSESSMENT RESULTS
Enslc Guideline template draft mg 090423

8. Assessment		Indicator	Unit	Life time	Stage I	Stage II		Stage III		Stage IV	Total	Bench-mark	Relative Target
ISSUES					Production	Transport (Enslc)	Construction	Normal use (Enslc)	Maintenance & repair	End of life			
Impact category													
CEN350	Contribution to global warming	CO ₂ eq	kg/m ²	50	212			164			376	500	
CEN350	Destr. of the stratosph. ozone layer	CFC-11 eq	kg/m ²										
CEN350	Acidification of land and water	SO ₂ eq	kg/m ²										
CEN350	Eutrophication	PO ₄ eq	kg/m ²										
CEN350	Formation of ground level ozone	C ₂ H ₄ eq	kg/m ²										
CEN350	Radioactive waste (Swed. mix 2007)		MJ/m ²					4590			4590		
Energy													
Enslc	Use of energy (excluding user el.)		MJ/m ² _yr					550			550		
Enslc	Use of energy (including user el.)		MJ/m ² _yr					435			435		
Enslc	Bought energy		MJ/m ² _yr					395			395		
CEN350	Use of renewable primary energy		MJ/m ² _yr										
CEN350	Use of non renewable primary energy		MJ/m ² _yr										
Water													
CEN350	Use of fresh water resource		m ³										
Resources													
CEN350	Use of renewable resource (other than primary energy)		kg/m ²										
CEN350	Use of recycled/reused resource		kg/m ²										
CEN350	Material for recycling		kg/m ²										
CEN350	Use of non renewable resource (other than primary energy)	TMR	kg/m ²										
CEN350	Material for energy recovery		MJ/m ² _yr										
Waste													
CEN350	Non hazardous waste		kg/m ²										
CEN350	Hazardous waste		kg/m ²										

Figura 17: Planilha 6 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.

3.4.1.7 Planilha 7 – RESULT PRESENTATION

Os resultados da ACV podem ser apresentados de diferentes maneiras e dependem basicamente da indicação dos objetivos do estudo e os destinatários dos resultados. Em uma ACV completa todos os impactos de interesse devem ser apresentados para todas as alternativas estudadas.

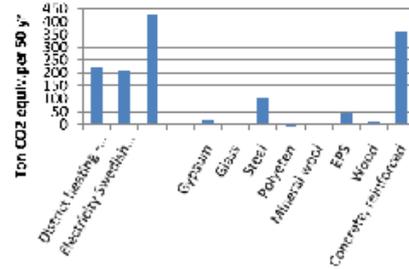
Se o objetivo do relatório for o suporte em uma decisão, um aspecto importante é a transparência total dos resultados e dos cálculos elaborados, que devem estar disponíveis para revisão. As informações sobre o estudo devem estar reunidas em um único lugar e a documentação deve ser transparente.

RESULT PRESENTATION
Enslc Guideline template draft mg 090423

9. Result presentation

BASIC IMPACT CALCULATION

Building: Gronskar
 Building life time, yr 50
 Impact category Climate change
 Reference area 2.607 m2 heated area
 Designed no of users 94
 Impact total 981.344 kg CO2 equiv
 Impact relative 376 kg CO2 equiv per m2
 Impact relative 10.440 kg CO2 equiv per user



SUMMARY OF CALCULATIONS

	Type	Amour		Impact	Unit	Ratio
		MJ	years			
OPERATING ENERGY	District heating - Stockholm	497.005		219.228.906	g eqv CO2	22%
	Electricity Swedish mix	531.540		208.416.834	g eqv CO2	21%
				Sum	427.645.740	g eqv CO2
BUILDING MATERIALS	Gypsum	67.971	50	20.391.300	g eqv CO2	2%
	Glass	9.372	50	5.670.060	g eqv CO2	1%
	Steel	95.918	50	103.783.276	g eqv CO2	11%
	Polyeten	1.031	50	1.993.954	g eqv CO2	0%
	Mineral wool	4.723	50	2.796.016	g eqv CO2	0%
	EPS	24.938	50	44.963.214	g eqv CO2	5%
	Wood	24.938	50	13.965.280	g eqv CO2	1%
	Concrete, reinforced	2.728.295	50	360.134.940	g eqv CO2	37%
			Sum	553.698.040	g eqv CO2	56%
			Both Energy & Materials	981.343.780	g eqv CO2	100%

Figura 18: Planilha 7 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.

No caso da planilha apresentada – que é uma ferramenta simplificada – ao fazer uma ACV comparativa, na maioria dos casos, os resultados serão aproximados. Para Glaumann et al (2010), tais estudos não são adequados para comparar os materiais de construção em separado, uma vez que só fornecem uma visão geral dos impactos de diferentes fontes. Sendo assim, não deverão ser tiradas conclusões se as diferenças entre as alternativas forem inferiores a 20%.

3.4.1.8 Planilha 8 – VALIDATION

Finalmente, os resultados devem ser controlados em função do objetivo da ACV. Em um estudo de ACV completa de acordo com a norma ABNT ISO 14044:2009, os resultados devem ser avaliados por um revisor externo, especialmente se os resultados serão apresentados ao público ou utilizados para a comercialização.

VALIDATION
Enslc guideline templete draft 090423

10. Validation

Sensitivity analysis	Building data		LCI data	
	+-, %	CO2 eq	+-, %	CO2 eq
Electricity	20%			
Heat				
Building material 1				
Building material 2				
Building material 3				

Other assessment tool

Electricity				
Heat				
Building material 1				
Building material 2				
Building material 3				

External expert

Methodology

--	--	--	--

Electricity

Heat

Building material 1

Building material 2

Building material 3

Conclusion

General

Method

Result

Figura 19: Planilha 8 do grupo de trabalho MODELO ENSLIC.

Os cálculos realizados com uma ferramenta simplificada são destinados às considerações internas, por exemplo, para fazer contribuições para o processo de projeto. Dispensa, portanto, a avaliação por um revisor externo. No entanto, com o objetivo de verificar sua eficácia e correção, análises de sensibilidade devem ser realizadas, conforme a norma ABNT ISO 14044:2009. Lá também encontram-se modelos de análise de sensibilidade que podem ser realizados.

3.4.2 Análise Crítica da pasta de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA

O arquivo Excel ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA (*Basic LCA estimations for Buildings - impact on climate change from energy use and material production*) é composto por 15 planilhas, sendo a primeira a capa da pasta de trabalho e a segunda uma introdução que presta esclarecimentos sobre o preenchimento das demais.

Esse segundo grupo de planilhas se refere aos cálculos do consumo de energia, que avalia a eficiência energética do edifício, e as emissões de CO₂ ocorrida desde a produção dos materiais até a construção e operação do edifício pelo prazo estimado pelo usuário. É por meio desses cálculos que se torna possível avaliar os impactos ambientais causados pela construção e, de forma empírica, testar soluções variadas para o projeto, a fim de utilizar aquela que gere o menor impacto ambiental, ou ainda, a que melhor se enquadre em metas pré-estabelecidas por órgãos governamentais e políticas ambientais.

Na sequência serão apresentadas as planilhas, bem como a análise crítica que evidencia as razões pelas quais a sua utilização no Brasil deve ser precedida de necessárias adaptações.

3.4.2.1 Planilha 1 – COVER

A planilha 1 é a capa do relatório que será emitido ao final dos cálculos.

Version 100520

Basic LCA estimations for Buildings

- impact on climate change from energy use and material production

ENSLIC, Cost C25

Building: _____
City, country: _____

Date: _____
Assessor Name: _____

Mauritz Glaumann
University of Gävle/KTH, Sweden
email: mga@hlg.se

© EcoEffect

Figura 20: Planilha 1 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.

3.4.2.2 Planilha 2 – INTRODUCTION

Na introdução constante nesta planilha, Glaumann et al (2010) explica que o objetivo do arquivo é facilitar a fixação de metas e explorar as opções para atingir esses objetivos em fases iniciais do projeto. Para facilitar os cálculos, seus criadores inseriram dados de um edifício projetado. Destaque para a ilustração constante na planilha, que mostra o processo de cálculo.

INTRODUCTION

The aim of this file is to facilitate goal setting and explore options to reach these goals in early design phases.

Data for a sketched building is inserted. A heated area and the number of stores are the only building specific figures that are demanded for starting the work.

However a lot of details about the building envelop and energy use is also possible to insert if you want to test certain features.

The calculations deliver amounts of building materials, U-values, energy use and CO₂ equivalents (impact on climate change) as shown in the figure below.

The results are estimates meant as guidance in early design phases and shall not be expected to agree with simulations of different kinds. In most cases there is an option to insert more accurate values if available.

The file includes 13 sheets and two copied construction sheets with already filled in constructions - one wood and one concrete construction. If suitable, they can be used to speed up the procedure.

The red sheets 3-8 has to be completed for receiving results in sheet 9. In general blue squares are for data input, green squares for improved data input and yellow squares present results.

The static data in the file, represented by green boxes below, are sparse and can be completed with new building materials and energy sources if emission data are available. This is done in sheets 10 and 11.

Sheet 13 is the place where targets are set and different options are tried. The white row is a copy of inputs results and results from the start building. The colored row is the place where you make the trials.

You start to copy the start building row with the button "Restore to original". The you make changes in the colored squares which turn to green to remind you about the change.

The result is red to the right and saved through the button "Save change". This process can be repeated over and over again to reach the target which change the result to green.

If you want to start the trial all over - delete the rows that were created by "Save change".

GOOD LUCK!!

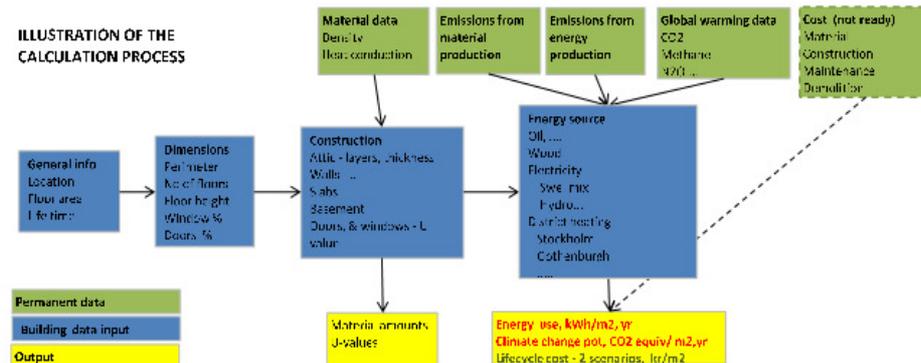


Figura 21: Planilha 2 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.

3.4.2.3 Planilha 3 – Building Input WorkSheet

Similar a planilha 4 apresentada no MODELO ENSLIC, nesta planilha são descritos os dados da edificação objeto da avaliação. São informações gerais que norteiam o usuário sobre os principais aspectos construtivos e de uso, base para uma correta avaliação.

No presente trabalho, com a finalidade de testar os cálculos propostos na planilha, foi realizado o *input* de dados de um edifício residencial multifamiliar, projetado para população de baixa renda, ainda não construído, com as seguintes características:

- Edifício Novo: 15 pavimentos
- Residencial Multifamiliar: 104 unidades;

- ATC (área total construída): 7.601,65m²
- AU total (área útil): 5.810,02m²
- PUC (pavimento de uso comum): 353,95m²
- AP total (Área Privativa): 6.382,26m

Os dados do edifício teste foram lançados na planilha e, a partir deste ponto, os cálculos realizados pela planilha serão apresentados, sempre utilizando a base de dados do ENSLIC. Para atender ao requisitado na planilha, foram utilizados os seguintes parâmetros:

- a) **Heated Floor Area** – Área Útil total das unidades;
- b) **Usable Floor Area** – Pavimento de Uso Comum;
- c) **Gross Floor Area** – Área Total Construída; e,
- d) **Net Floor Area** – Área Privativa total.

Building Input WorkSheet		Clear
New or Refurbished		New
Building Type		Residential
Occupation Date:		01/06/2011
Name of Building:		Teste
Address of Building:		
Postcode:		
City (nearest in scroll list):		Niterói
State:		Rio de Janeiro
Building Owner:		
Architect:		
Building Contact Person:		
Calculations done by:		Elaine Resende
Usable Floor Area (UFA) in m2:		353,95
Gross Floor Area (GFA) in m2:		7601,55
Net Floor Area (NFA) in m2:		6382,26
Heated Floor Area (HFA) in m2:		5.810
No. of Storeys:		
Aticipated life time, years		50
Designed Number of Users		416
Average Daily Use Time in hours per person		16
Est. Building Use in Personhours per year		
Indoor air temperature, winter, oC		22
Air change rate, no per hour		0,5
Building Description: (Orientation, Form, Structure, Façade, etc.)		
Building Services: (Heating, Cooling, Ventilation, Lighting, Lifts, Domestic Hot Water)		
Fill in - compulsory		
Fill in - voluntary		
Calculated automatically		

Figura 22: Planilha 3 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.

3.4.2.4 Planilha 4 – Building Dimensions

As dimensões da edificação são lançadas nessa planilha, que calcula automaticamente a área total em função do número de pavimentos, da área edificável, do percentual ocupado pelas janelas e portas, entre outras variáveis.

4. Dimension

Building Dimensions		Fill in	Autocalculation						
Shortcut	C.F.2r	Number of floors	Atemp m ²	Perimeter m	Height m	Ext. walls towards heated area	Window fraction	Door fraction	Summary fire perimeter/Perimeter
Floors towards ground		1	353,95	88	3,1		15,0%	10%	1,17
Intermediate floors		13	448,42	88	2,7		15,0%	6%	1,04
Top floor		1	449,87	88	2,7		15,0%	6%	1,04
Sum/Average		15	442	88,0	2,7		15%	6,3%	1,05
Roof pitch (if insulation in inclined part: %)									

Figura 23: Trecho da planilha 4 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no ANEXO 1)

Conforme descrito por Glaumann et al (2010), a área a ser aquecida e o número de lojas são as únicas figuras de construção específicas que são exigidas para iniciar o trabalho. No entanto também podem ser inseridos vários detalhes sobre a envoltória do edifício e uso de energia, caso se opte por testar outros recursos.

Aqui surge o primeiro problema na utilização da planilha desenvolvida pelo ENSLIC: a área aquecida como base de cálculo do consumo de energia. Como demonstrado no item anterior, a área aquecida teria como equivalente nacional a Área Útil das unidades. Esta fórmula poderia, num processo de nacionalização dos cálculos, sofrer uma simples inversão de área aquecida para área refrigerada? Os estudos no Brasil revelam a situação descrita a seguir.

Segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), as edificações são responsáveis pelo consumo de quase 50% da energia elétrica produzida no país, não só na operação e manutenção, como também nos sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água.

Lamberts (1997) observou que a maior parte da energia consumida nas residências destinava-se a geladeiras, chuveiros e lâmpadas, e apenas uma pequena parcela era destinada ao uso de ar condicionado. Mas o uso do aparelho naquela época ainda era restrito a poucos. Atualmente, com o desenvolvimento econômico do país e o acesso a facilidades financeiras, essa realidade mudou. Segundo Vasconcellos (2007), a situação em 2005 já se mostrava como no gráfico a seguir:

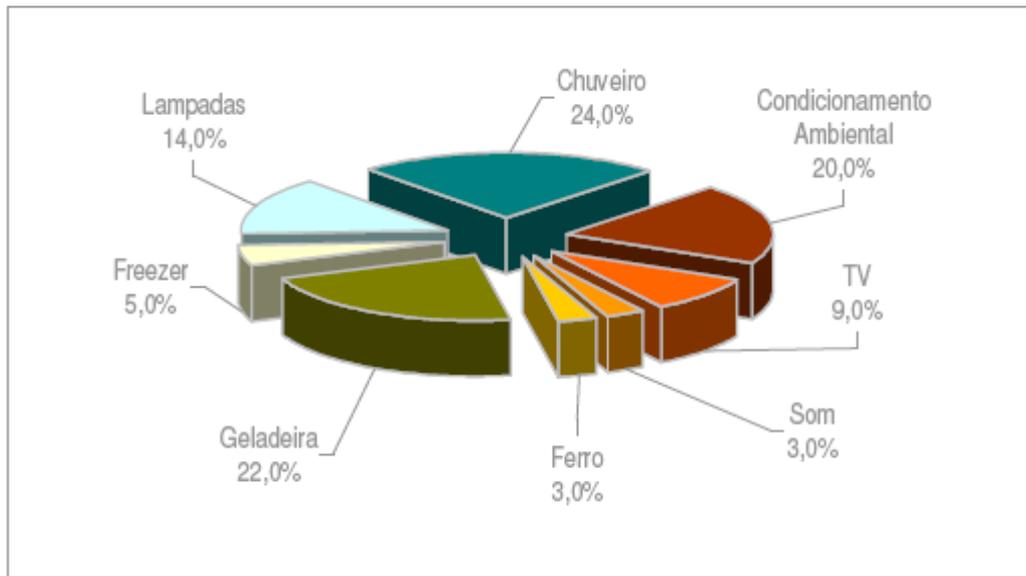


Figura 24: Consumo Final dos eletrodomésticos na Carga residencial.

Fonte: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – ano base 2005 – Eletrobrás – Procel. 2007.

Fica patente que, para as edificações residenciais, o uso dos aparelhos de condicionamento ambiental ainda não é predominante, mas é responsável por 1/5 do consumo total de energia. Realidade diferente quando se trata de edifícios comerciais, onde esses aparelhos são responsáveis por aproximadamente 50% do consumo de energia (VASCONCELLOS, 2007).

Cabe a ressalva de que a área na qual o condicionamento ambiental é implementado difere da área aquecida, que é usualmente toda a área útil da construção. As áreas refrigeradas normalmente se restringem às salas e quartos de uma residência, excluindo as áreas molhadas da edificação.

Destaque-se ainda que o condicionamento ambiental, previsto na ABNT NBR 15220:2005, leva em conta o zoneamento bioclimático¹³ do Brasil na qual a edificação está inserida (LAMBERTS et al, 2010, p. 22). Esta é uma informação de extrema relevância, pois

¹³ **Zoneamento Bioclimático do Brasil:** o território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima. Para cada uma destas zonas, formula-se um conjunto de recomendações tecno-construtivas, objetivando otimizar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática. Fonte: NBR 15220-3.

o primeiro passo pra efetuar os cálculos consiste na mudança da base de dados do arquivo, no que tange ao tratamento das temperaturas médias das cidades em análise.

O grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA foi concebido para ser aplicado nas cidades suecas, cuja temperatura média/ano varia entre 0°C (Kiruna) e 8°C (Göteborg), conforme informações obtidas na própria ferramenta. A partir desta informação e dos materiais empregados para isolamento térmico, objetivando manter uma temperatura dentro do ambiente de aproximadamente 22°C, iniciam-se os cálculos de consumo de energia.

No Brasil, conforme informações do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), a temperatura média/ano das capitais estaduais e do Distrito Federal varia entre 16°C (Curitiba) a 28°C (Teresina). O que se deseja na maior parte das capitais, especialmente no verão, é a climatização dos ambientes, refrigerando-os para manter uma temperatura média agradável que pode variar de 20°C a 25°C, zona de conforto térmico concebida pela ABNT NBR 16401:2008 para ambientes refrigerados.

Visto isso, fica clara a diferença entre o consumo de energia no Brasil e na Suécia, base da discussão proposta por este trabalho: enquanto aqui o consumo de energia se dá pelo uso constante das máquinas de refrigeração do ar, na Suécia é o aquecimento o maior vilão. As construções brasileiras, em sua maioria, não foram projetadas para isolar o calor de fora da edificação, sendo então necessário que se trabalhe com equipamentos mais potentes para manter o ambiente refrigerado, consumindo mais energia.

3.4.2.5 Planilha 5 – construction input worksheet

Esta planilha calcula, com base nos dados dos materiais previamente lançados nas planilhas 14 e 15, quais as emissões de CO₂ para cada pavimento da edificação, bem como para as paredes internas e externas, portas e janelas. Para realizar esse cálculo, se vale do grau de transmitância térmica (U) dos materiais analisados.

Nesta planilha, outros problemas se apresentam, impedindo sua aplicação direta no mercado nacional: transmitância térmica (U), materiais e sistema construtivo.

O valor U, segundo a NBR 15220:2005, “é uma propriedade dos componentes construtivos relacionada à permissão da passagem de energia, medida em W/m²K. Está relacionada à espessura do componente e à condutividade térmica dos seus materiais constituintes, e representa sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de energia

por unidade de área e de diferença de temperatura.” Avaliações do valor U de materiais geralmente ficam entre 0,20 e 1,20. Quanto menor for o seu valor, maior a resistência de um produto ao fluxo de calor e melhor seu valor de isolamento.

Glaumann et al (2010) utilizam na planilha diversos valores U para os materiais de construção listados. Numa breve verificação dos valores lançados na planilha com aqueles listados pela NBR 15220:2005, constatam-se diversas diferenças em materiais semelhantes, como por exemplo, as do **Quadro 13** a seguir:

Material	Valor U	
	Suécia	Brasil
Lã de Vidro	0,055	0,045
Alumínio	200	230
Concreto	2,3	1,75

Quadro 13: Diferenças de transmitância térmica de materiais entre Suécia e Brasil.

Os materiais de construção, suas espessuras e densidades aplicados nessa planilha, por sua vez, são aqueles comumente utilizados para fins de cálculo na União Europeia, mostrando pouca peculiaridade com os materiais empregados nas construções nacionais.

Como as edificações européias são construídas para manter o calor dentro do ambiente, são valorizados em suas obras materiais como a madeira, o gesso acartonado, e vários tipos de isolante térmico, tais como lã de vidro, lã de rocha e poliestireno. Não que estes materiais não sejam empregados no Brasil, mas sua escala de uso não pode ser comparada à aplicação em países europeus.

A adaptação dessa planilha – principal base de cálculo da ACV – à realidade brasileira, demanda que outras sejam reavaliadas, inclusive a construção de uma nova base de dados que comunique os materiais comumente utilizados pela indústria da construção civil brasileira, com suas espessuras, traços e transmissividade de calor.

Finalmente, Glaumann et al (2010) ressalta que os resultados desses cálculos são estimativas e servem como orientação nas fases iniciais do projeto, não se assemelhando ao resultado de outros tipos de simulações. Para resultados mais acurados, em quase todas as planilhas, existe uma opção para inserir valores mais exatos, desde que estes estejam disponíveis.

Construction Input WorkSheet

		Wood construction	Concrete construction				
				Building life time, yr		50	
Basement slab							
A	Fraction of basement slab, type A	100%	Area, m2:	354			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
	Concrete reinforced	200	100%	162.817	0,09	21.492	
	Insulation, Polystyrene, EPS	100	100%	531	1,82	957	
	Gypsum, plaster board	150	50%	23.892	1,25	7.167	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
U-valu	0,29			187.240	Total	29.617	
					CO2 kgequiv/m2HFA	5,1	

Figura 25: Trecho da Planilha 5 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)

3.4.2.6 Planilha 6 – ESTIMATED ENERGY NEED

Esta planilha é responsável pelo cálculo estimado do uso de energia. Os quadrados amarelos apresentam os resultados, fruto do cálculo realizado com base nas planilhas 3 a 5. Apenas os quadrados azuis e verdes podem ser preenchidos, sendo os verdes para entrada de dados mais específicos, se estes estiverem disponíveis, e os azuis para entrada de dados simples, que podem vir de tabelas existentes na própria ferramenta, ou informações que o usuário (arquiteto ou engenheiro) pode fornecer sobre a edificação.

A primeira diferença consiste nas fontes de energia listadas na coluna “*Energy Source*”. Esta coluna é alimentada pela Planilha 10, *Energy Emissions*, e calcula automaticamente as emissões de CO₂ de acordo com a fonte de energia primária. As diferenças existentes entre as fontes de energia serão analisadas adiante, no tópico referente à Planilha 10.

Estimated Energy Need

City (from Sheet Gen info)	Niterói
Heated Floor Area (HFA), m ²	5.810
Building volume, m ³	18.051
Air Change Rate, ACR	0,5
Vent. heat ex change efficiency, η%	0%
Indoor temperature, winter	22,0

Clear energy

ENERGY DEMAND & EXTERNAL SUPPLY	Estimation, kWh/yr	Real/ simulated, kWh/yr	Specific kWh/m ² ,yr	Energy source	Fraction
Space heating - transmission losses	186.563		32,1	Electricity	
					100%
Ventilation losses	379.039		65,2	Electricity	
					100%
Hot water energy use	148.093		25,5	Electricity	
				Solar_heat_plate_plate_collector	100%
Cooling					0%

Figura 26: Trecho da Planilha 6 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)

Mais uma vez, as diferenças climáticas entre Suécia e Brasil impedem o uso da planilha nos moldes em que foi concebida. Nota-se na planilha que grande parte da demanda de energia é para o aquecimento, seja ele do ambiente, seja da água utilizada, tanto pelo usuário quanto pelo edifício como um todo. Como demonstrado anteriormente, a demanda maior no Brasil é pela refrigeração do ambiente, não seu aquecimento, sendo necessária sua adaptação.

3.4.2.7 Planilha 7 – ESTIMATED MATERIAL USE

Esta planilha é responsável pelo cálculo estimado do material utilizado na construção. Ela traz dados da planilha 9 - Material Data, que por sua vez é calculada tomando por base as quantidades de material já lançadas na planilha 5 - *Construction Input Worksheet*. Ela permite ainda a entrada de materiais específicos inseridos pelo usuário.

Chosen materials	Ext. Walls	Attix	Besement	Slabs	Int. Walls	Total	Waste at		!
							From Constr sheet	construct ion	
							kg	%	kg
Air						0	0		0
Aluminium						0	6.580		6.580
Brick, massive						0	0		0
Concrete lightweight						0	0	0,5%	0
Concrete reinforced						0	4.394.466	9,0%	4.789.968
Glass						0	15.160	5,0%	15.918
Gravel						0	0		0
Gypsum, plaster board						0	35.108	4,0%	36.512
Insulation, cellulose fibre						0	3.766		3.766
Insulation, Glass wool						0	0		0
Insulation, Polystyrene, EPS						0	531		531
Insulation, Rockwool						0	4.137	12,0%	4.633
Light clinker masonry						0	0	13,0%	0
Plaster						0	0		0
Polyeten						0	18.004		18.004
Steel (EU-mix)						0	711	5,0%	746
Wood						0	16.582		16.582
Wood fiber board						0	0		0
Wood particle board						0	0		0
Wood plywood						0	0		0
Zink						0	0		0
xxxx						0	0		0

Figura 27: Trecho da Planilha 7 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)

O usuário deve lançar as quantidades estimadas de cada um dos materiais específicos para a sua edificação em uma das colunas existentes (paredes externas, ático¹⁴, embasamento, lajes e paredes internas), de acordo com sua finalidade. A planilha está formatada para, de posse desses dados, calcular a quantidade de CO₂-eq. Vale ressaltar que o material deve ser lançado primeiramente na planilha 9, para que então o vínculo seja feito e a planilha atualizada.

Ao final, esta planilha calcula o CO₂-eq por material utilizado e sua fração em relação ao todo. A adaptação a ser realizada nessa planilha diz respeito aos materiais de construção listados.

3.4.2.8 Planilha 8 – RESULT

A planilha 8 – Result é a última folha de cálculo do grupo de trabalho e também a responsável pela apresentação dos resultados. É nela que estão demonstrados de forma sintética o uso de energia e a quantidade emitida de CO₂-eq ao ano pela edificação.

¹⁴ Segundo a NBR 15220-3, o termo ático refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

Summary of specific yearly use and impact

Anticipated building life time	50			
	Per m ²			
ENERGY FOR OPERATION	kWh/m ² ,yr	%	kg equiv CO ₂ /m ² ,yr	%
Building Electricity	14	8%	0,0	0%
User Electricity	27	17%	0,0	0%
Space cooling	0	0%	0,0	0%
Total electricity demand	41	25%	0,0	0%
Local electricity production	0	0%	0,0	0%
External bought electricity	41	25%	0,0	0%
Total electricity without user electricity	14	8%	0,0	0%
Space heating	32	20%	0,0	0%
Ventilation	65	40%	0,0	0%
Hot water	25	16%	0,3	100%
Total heating demand	123	75%	0,3	100%
Heat recovery	0	0%	0,0	0%
Heat pump	0	0%	0	0%
Local heat production	0	0%	0	0%
Total bought energy for heating	123	75%	0,3	100%
Total energy demand	163	100%	0,3	100%
Total bought energy	163	100%	0,3	100%
Total bought energy use without user electricity	136	83%	0,3	100%
MATERIALS (exclusive waste)	kg equiv			
	kg/m ²	%	CO ₂ /m ² ,yr	%
Exterior walls including windows and doors	9	1%	0,3	13%
Attic	51	7%	0,1	6%
Basement	32	4%	0,1	4%
Slabs	682	88%	1,9	77%
Internal walls	0	0%	0,00	0%
Total material use/impact	774	100%	2,5	100%

Figura 28: Planilha 8 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.

Caso fosse analisado o pequeno exemplo lançado para fins de teste da planilha, poderia se inferir que:

- As lajes contribuem com um peso de aproximadamente 88% do total da edificação e sua emissão de CO₂-eq ao ano é da ordem de 77% do total das emissões;
- Excluído o aquecimento, a demanda de eletricidade é de 41kwh/m² ao ano (edifício e usuário), e desse total nada é produzido no local, sendo toda a energia comprada;
- Para aquecer toda a estrutura proposta, seriam necessários 123kwh/m² ao ano, ou seja, 75% de toda a energia necessária para manter a estrutura em funcionamento;

A adaptação dessa planilha consiste em se ajustar os termos para que os resultados comuniquem os cálculos de consumo de energia demandada pela refrigeração dos ambientes e não pelo seu aquecimento.

3.4.2.9 Planilha 9 – MATERIAL DATA

Ao concluir os lançamentos nas planilhas 3 a 6, a planilha 9 – que é responsável por alimentar outras – é preenchida, exibindo o peso da estrutura por material. Nessa planilha se encontram também a densidade e a transmissividade de calor (U) de cada um dos materiais utilizados.

INPUT OF NEW MATERIALS - DENSITY, HEAT CONDUCTION IN PRACTICE - Materials from sheet 7

Tunga mineraliska material	Density, kg/m ³	Heat conduction, W/m,K	Weight sum,kg	Weight
Ground		1,4		Basement A
Air	0	0,08	0	0
Aluminium	2700	200	6.560	0
Brick, massive	1700	0,7	0	0
Concrete lightweight	510	0,15	0	0
Concrete reinforced	2300	2,3	4.394.466	162.817
Glass	2600	2,9	15.160	0
Gravel	2500	1,4	0	0
Gypsum, plaster board	900	0,06	35.108	0
Insulation, cellulose fibre	52	0,055	3.766	0
Insulation, Glass wool	16	0,055	0	0
Insulation, Polystyrene, EPS	15	0,055	531	0
Insulation, Rockwool	28	0,055	4.137	0
Light clinker masonry	650	0,33	0	0
Plaster	1600	1,2	0	0
Polyeten	950	0,22	18.004	0
Steel (EU-mix)	7900	17	711	0
Wood	500	0,14	16.582	0
Wood fiber board	700	0,13	0	0

Figura 29: Trecho da Planilha 9 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)

O peso é efetivamente o único cálculo realizado pela planilha, já que as outras variáveis são preenchidas a partir da planilha 11 – Material Emissions. A adaptação dessa planilha se dá pela correção das demais.

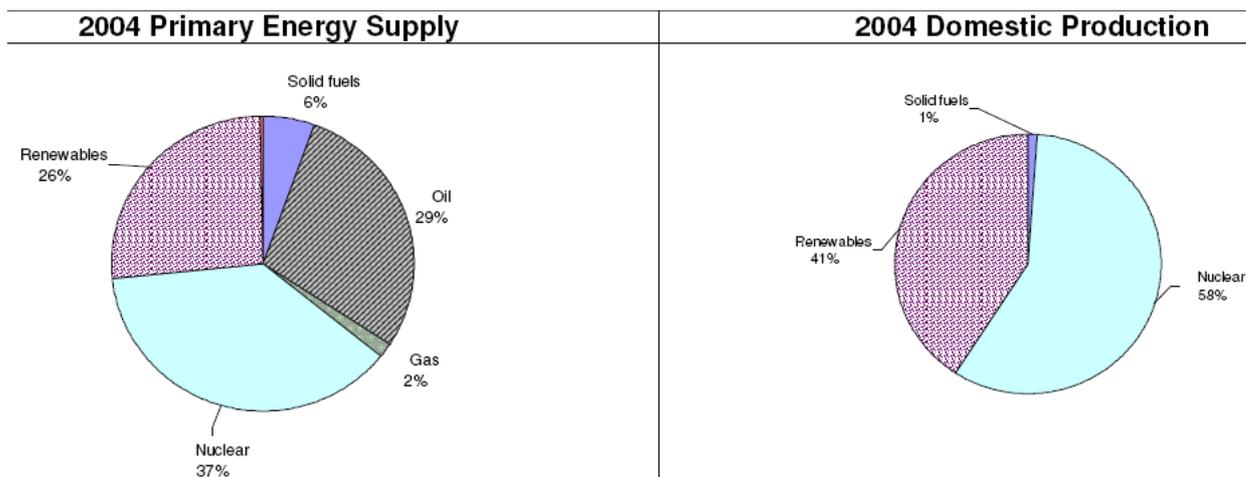
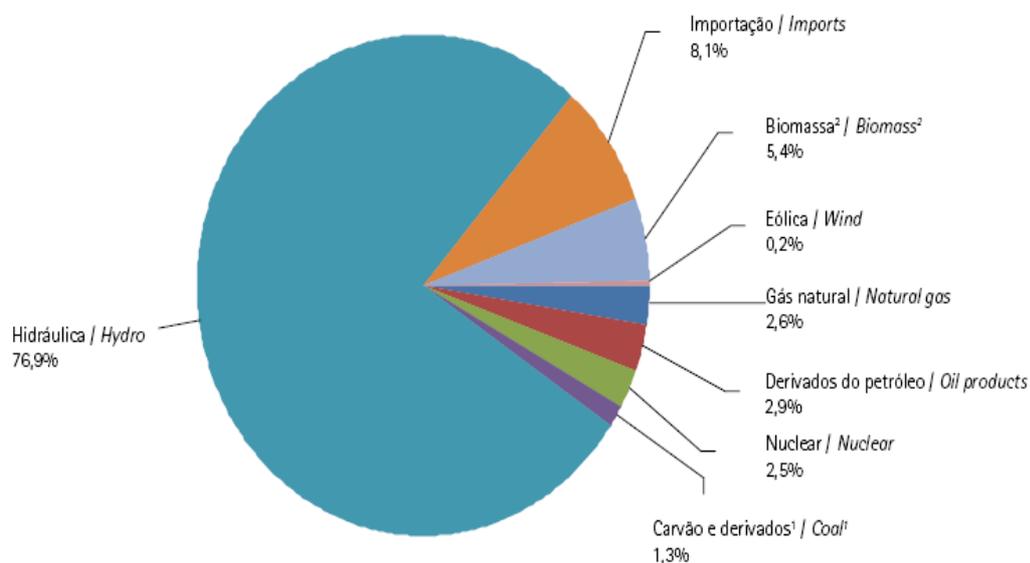


Figura 31: SWEDEN – Energy Mix Fact Sheet. **Fonte:** European Commission (2007).

Swedish primary energy supply depends mainly on nuclear energy, oil and renewable sources. The share of nuclear energy (37%), as well as the share of renewable sources (26%), is much higher than the corresponding EU-27 average percentage (14% and 6% respectively). The consumption of solid fuels (6% share) and gas (2% share) is significantly lower than the EU-27 average (18% and 24% respectively). (EUROPEAN COMMISSION, 2007).

Já no Brasil, o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2010, mostra que a oferta de energia primária no país está assim dividida:



Notas/ Notes:

¹ Inclui gás de coqueria / Includes coke gas.

² Biomassa inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações / Biomass includes firewood, sugar cane bagasse, black liquor e other wastes.

Figura 32: Gráfico Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte. **Fonte:** Relatório Final BEN 2010.

Comparando os dois gráficos, nota-se claramente a diferença entre as fontes de energia primária nos dois países: enquanto a maior fonte nacional vem de reservas hídricas, matriz energética com baixas emissões de gases que provocam o efeito estufa, a Suécia tem como suas maiores fontes de energia primária a energia nuclear e o petróleo, ambas não renováveis e com diferentes emissões poluentes – lixo nuclear e gases de efeito estufa respectivamente. Sendo assim, é de extrema relevância a adaptação de mais esta planilha para a realidade nacional.

3.4.2.11 Planilha 11 – MATERIAL EMISSIONS

Esta é também uma planilha estática, que alimenta outras com informações para cálculo. Como já relatado na planilha 5 – *Construction Input Worksheet*, os dados de materiais devem ser não apenas complementados, como também revisados para aqueles utilizados na indústria civil brasileira.

Para fins práticos, e de modo geral, a norma brasileira ABNT NBR 6120:1980, define a densidade dos seguintes materiais como sendo:

- concreto simples - 24 kN/m³ (2400 kg/m³)
- concreto armado - 25 kN/m³ (2500 kg/m³)
- paredes:
 - - blocos de argamassa - 22 kN/m³ (2200 kg/m³)
 - - cimento amianto - 20 kN/m³ (2000 kg/m³)
 - - tijolos furados - 13 kN/m³ (1300 kg/m³)
 - - tijolos maciços - 18 kN/m³ (1800 kg/m³)
 - - tijolos sílico-calcáreos - 20 kN/m³ (2000 kg/m³)

Emissions related to production of building materials
g/kg

MATERIAL	Density kg/m ³	Heat conduction, W/m.K	Nitrogen oxides (NOx)	Sulphur oxides (SOx)	Carbon oxid (CO)	Volatle coal hydrogenes (NMVOC)	Carbon dioxide (CO ₂) - netto	Laughing gas (N ₂ O)	Methane gas (CH ₄)	Particulates
Air		0.08					0			
Aluminium	2700	200	27	71.6	96		10.634	0.0032	20	
Brick, massive	1700	0.7	4.1	2.4			168			
Concrete lightweight	510	0.15								
Concrete reinforced	2300	2.3	0.3	0.12			132			
Glass	2600	2.9	4	0.81			605			
Gravel	2500	1.4								
Gypsum, plaster board	900	0.06	2	2	0.28		300			
Insulation, cellulose fibre	52	0.055					281			
Insulation, Glass wool	16	0.055					1.500			
Insulation, Polystyrene, EPS	15	0.055	43	140	2.4	22	1.803			
Insulation, Rockwool	28	0.055	2				1.460			1
Light clinker masonry	650	0.33								
Plaster	1600	1.2								
Polyeten	950	0.22	11	12.6	1.6	7.2	1.934		8.1	3.4
Steel (EU-mix)	7900	17	1	3			1.082			
Wood	500	0.14	1.2	1.3			112			
Wood fiber board	700	0.13								1
Wood particle board	675	0.14								
Wood plywood	500	0.13								
Zink	7140	116								

Figura 33: Trecho da Planilha 11 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (planilha completa no Anexo 1)

Em uma breve análise, a diferença entre a densidade do concreto reforçado na Suécia e o concreto reforçado no Brasil pode não apresentar uma discrepância significativa no seu valor de emissão de CO₂-eq quando aplicado para uma unidade de m³, mas quando analisadas globalmente – e então seriam centenas de m³, essas diferenças podem superar qualquer cálculo estimado, especialmente por ser a indústria da construção civil nacional fortemente baseada no uso do concreto. Outro exemplo é o concreto simples sueco, que tem densidade de 510kg/m³, enquanto o brasileiro, segundo a ABNT, tem 2.400kg/m³, peso quase quatro vezes maior.

Sendo assim, devem ser revisados os materiais e suas densidades para a realidade construtiva nacional.

3.4.2.12 Planilha 12 – GLOBAL WARMING POTENTIALS

Essa planilha explica o Potencial de Aquecimento Global – GWP na sigla em inglês – que é, segundo o IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*, uma medida relativa da quantidade de calor aprisionado pelos gases de efeito estufa na atmosfera. Ele compara a

quantidade de calor aprisionado por uma determinada massa de um tipo de gás em relação a quantidade de calor aprisionado por uma massa similar de dióxido de carbono.

Global warming potentials from IPCC

Characterisation factors

GWP values and lifetimes from 2007 IPCC AR4 [3]	Lifetime - years	GWP time horizon		
		20 years	100 years	500 years
Carbon dioxide, CO ₂		1	1	1
Methane, CH ₄	12	72	25	7.6
Nitrous oxide, N ₂ O (laughing gas)	114	310	298	153
HFC-23 (hydrofluorocarbon)	270	12	14,8	12,2
HFC-134a (hydrofluorocarbon)	14	3830	1430	435
Sulfur hexafluoride	3200	16,3	22,8	32,6

More in IPCC AR4WG1_Print_Ch02 Table 2.14

Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming_potential#Values

Quadro 14: Planilha 12 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA.

O GWP é calculado ao longo de um intervalo de tempo específico, geralmente 20, 100 ou 500 anos e é expresso como um fator de dióxido de carbono (cujo GWP é normalizado para 1). Por exemplo, o GWP do metano para 20 anos é 72, o que significa que se o mesmo peso de metano e dióxido de carbono for introduzido na atmosfera, o metano aprisionará 72 vezes mais calor que o dióxido de carbono nos próximos 20 anos.

A planilha desenvolvida pelo ENSLIC é meramente informativa, não trazendo nenhum tipo de cálculo dos gases que foram emitidos para a construção ou reforma da edificação. Neste caso, com a nacionalização dos dados, a planilha pode ser adaptada para dar em resposta uma estimativa do total dos gases emitidos e dos danos causados à camada de ozônio.

3.4.2.13 Planilha 13 – EXPLORE

A Planilha 13 serve, como o próprio nome diz, para explorar as opções. É nela onde novos objetivos são definidos e diferentes opções podem ser testadas. Toda a parte de INPUT

e RESULT da planilha, ou linha branca, advêm dos dados de entrada e cálculos gerados nas planilhas anteriores. A linha colorida “Try Out Changes” é o lugar onde se faz os testes.

INPUT																			
BUILDING FORM		BUILDING ENVELOP								ENERGY SAVING EQUIPMENT									
		Basement		Roof		External walls													
Average floor height, m	Perimeter ratio, %	U, W/m2,k		U, W/m2,k		U, W/m2,k		Win-dows, U-values	Ext. Doors, U-value	Window area/ Facade area, %	Ext. door area /Facade area,%	External heat pump (air, soil, water)	Ventila-tion heat recovery	Waste water heat exch.	Low energy light and whitewares	Buildings automatisation	Solar collec-tor, m2		
Specifications according to earlier sheets	2.7	105%	0,29		0,18		0,05		1,50	2,00	15,0%	6,3%	no	no	no	10,0%	yes	0	
										Restore to original									
		Additional glass wool insulation																	
		With,mm		New U		With,mm		New U		With,mm		New U							
Try out changes	3.1	2830%								1,50	2,00	4,5%	3,0%	no	yes	no	20,0%	yes	0

Figura 34: Trecho da planilha 13 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)

Ao clicar no botão "Restore to Original", aparecem os mesmos dados que foram obtidos utilizando as planilhas de cálculo. Começa-se então o procedimento de teste: ao fazer alterações nos quadrados de cor azul, inserindo os dados desejados para a construção (ou novas metas passíveis de serem realizados), estes mudam para a cor verde, indicando a mudança. O resultado aparece à direita em vermelho e é salvo através do botão "Save Change", que automaticamente cria abaixo da linha mestra uma cópia com os resultados calculados. Este processo pode ser repetido várias vezes, até que se atinja a meta que altere o resultado para a cor verde, ou seja, a opção de menor potencial poluente para o meio ambiente.

Com a adaptação das demais planilhas, essa também seria adaptada para fazer os cálculos baseados na climatização e não no aquecimento dos ambientes. Destaca-se no entanto que esta é uma planilha de fácil entendimento e utilização, que proporciona ao usuário uma visualização rápida do que pequenas mudanças poderiam causar de redução nos impactos ambientais.

3.4.2.14 Planilhas 14 e 15 – construction input worksheet

As planilhas 14 (*Construction Input Worksheet – Concrete*) e 15 (*Construction Input Worksheet – Wood*) são duas planilhas previamente preenchidas com dados de construções nos seus respectivos materiais título – concreto e madeira, e servem para acelerar o processo

de preenchimento da planilha 5 - *Construction Input Worksheet*, desde que os dados estejam adequados.

Construction Input WorkSheet						Building life time, yr	
Basement slab							
A	Fraction of basement slab slabs type	100%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist.	CO ₂ kgequiv	
1	Concrete reinforced	200	100%	0	0,09	0	
2	Insulation, Polystyrene, EPS	100	100%	0	1,82	0	
3	Gypsum, plaster board	150	50%	0	1,25	0	
4				0	0,00	0	
5				0	0,00	0	
6				0	0,00	0	
7				0	0,00	0	
8				0	0,00	0	
9				0	0,00	0	
10				0	0,00	0	
11				0	0,00	0	
U-valu	0,29	450	Tot Weight	0	Total	0	
				CO2 kgequiv/m2HFA		0,0	

Figura 35: Trecho da Planilha 14 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA. (Planilha completa no Anexo 1)

Construction Input WorkSheet I ra						Building life time, yr	
Basement slab							
A	Fraction of basement slab slabs type	100%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist.	CO ₂ kgequiv	
	Wood	12	100%	0	0,09	0	
	Polyeten	0,4	100%	0	0,00	0	
	Insulation, Polystyrene, EPS	2	100%	0	0,04	0	
	Concrete reinforced	65	100%	0	0,03	0	
	Concrete reinforced	100	100%	0	0,04	0	
	Insulation, rockwool	195	100%	0	3,55	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
U-valu	0,25	374	Tot Weight	0	Total	0	
				CO2 kgequiv/m2HFA		0,0	

Figura 36: Trecho da Planilha 15 do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA *Construction Input Worksheet* - WOOD. (Planilha completa no Anexo 1)

Para que estas planilhas sejam guias eficientes para auto-preenchimento da planilha 5, dados como espessura e tipo de material devem ser revisados para a realidade brasileira.

3.5 EXEMPLO DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS EM ACCV

Para demonstrar a utilização da planilha e sua eficiência, o ENSLIC apresenta em seu manual 13 estudos de caso concretos, alguns de edifícios já construídos, outros de projetos para construção, em diferentes países do continente europeu. O estudo de caso a seguir ocorreu na Alemanha e foi escolhido para apresentação neste trabalho por guardar maior correlação com o tema proposto.

A planilha ACCV foi utilizada com o objetivo de demonstrar a melhor maneira de reduzir os custos de utilização aplicáveis a um típico **edifício residencial existente**, dentre quatro alternativas diferentes de obras, pelos próximos 50 anos:

- Demolição e nova construção
- Sem renovação, apenas gasto mínimo para pequenos reparos quando necessário.
- Reforma convencional.
- Renovação sustentável, focada principalmente na melhoria das características térmicas da envoltória do edifício.

Abaixo está uma apresentação dos resultados do estudo.

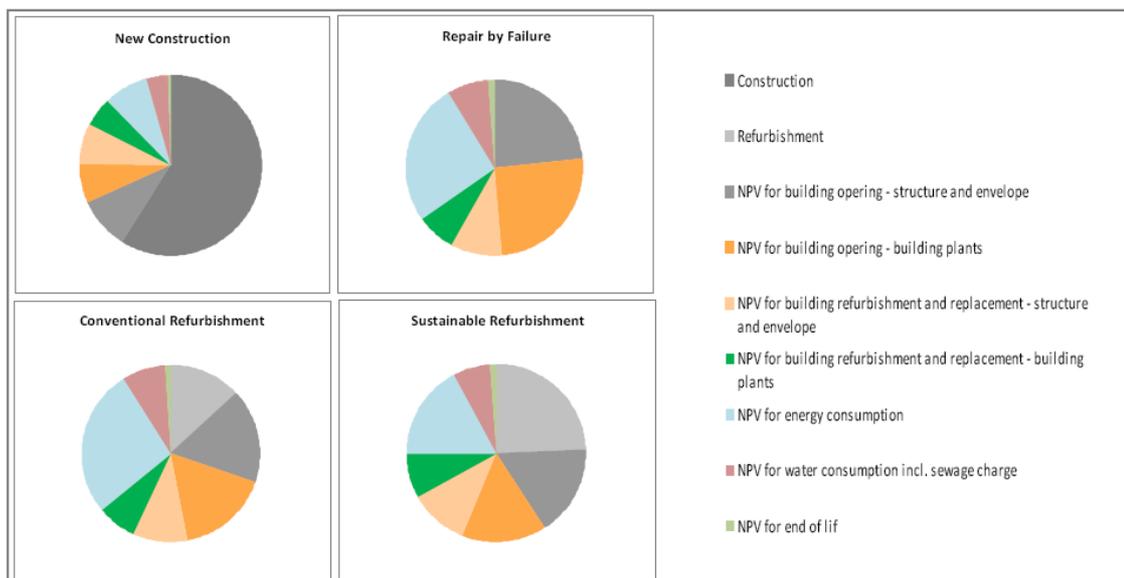


Figura 37: Distribuição dos custos das diferentes categorias para as alternativas consideradas.

Fonte: Relatório D3 – Guidelines for LCA Calculations in Early Design Phases – ENSLIC Building (2010).

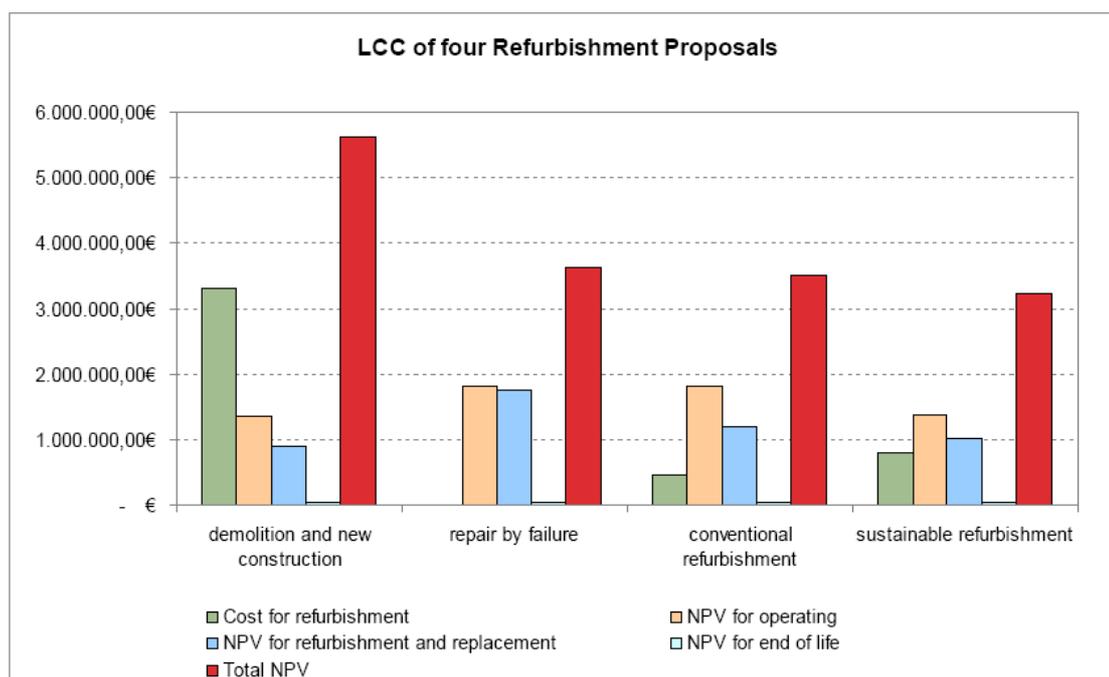


Figura 38: Avaliação do Custo do Ciclo de Vida de quatro alternativas de obras.

Fonte: Relatório D3 – Guidelines for LCA Calculations in Early Design Phases – ENSLIC Building (2010).

Analisando a **Figura 37**, observa-se como a opção de renovação sustentável tem um alto custo quando comparado com a reforma convencional. No entanto, a figura seguinte mostra que, juntamente com menores custos de energia, esta proposta tem o menor VPL total.

Outra conclusão é que para os edifícios já existentes, as despesas de renovação são geralmente inferiores aos custos operacionais e de utilização de energia. Portanto, otimizar o custo de utilização é muito mais importante e eficaz que fazer pequenos reparos.

A opção de construção do novo edifício se mostra como a alternativa mais cara, tanto no custo inicial (neste caso, chamado "*cost for refurbishment*") como em relação ao custo total (ACCV). As opções de pequenos reparos e reforma convencional, apesar de não possuírem um custo tão alto, são consideradas menos eficientes na avaliação da ACCV que a renovação sustentável. Esta última se mostra como a melhor escolha das quatro alternativas propostas, devido principalmente à redução dos custos associados ao consumo de energia no estágio de uso.

3.6 CONSOLIDAÇÃO DA ANÁLISE CRÍTICA DAS PLANILHAS ENSLIC

Com a finalidade de facilitar a visualização, as planilhas de cálculo do grupo de trabalho ENSLIC FERRAMENTA BÁSICA anteriormente analisadas foram reunidas no **Quadro 15**, no qual uma síntese de suas principais atribuições é apresentada. Estão demonstradas também neste quadro as principais razões que inviabilizam sua utilização direta no Brasil, conforme segue:

Item	COMPONENTES ESSENCIAIS PARA ENTENDIMENTO DAS PLANILHAS			ANÁLISE CRÍTICA	
	Nome	Para que serve?	Conteúdo em destaque	O que inviabiliza a aplicação no Brasil?	Recomendações para Adaptação
3.4.2.1	Cover	Capa do relatório que será emitido ao final dos cálculos	Não Há	Não Há	Não Há
3.4.2.2	Introduction	Explicar o objetivo do arquivo	Não Há	Não Há	Não Há
3.4.2.3	Building Input WorkSheet	Dar informações gerais sobre os principais aspectos construtivos e de uso	Equiparação dos termos HFA, UFA, GFA e NFA para AU, PUC, ATC e AP; Banco de dados com as cidades para onde a análise se refere; Temperatura média sugerida de 22°C.	Termos em inglês; HFA se refere a área de piso aquecida; Cidades no banco de dados são suecas.	Modificação dos termos; Transformação da informação de área aquecida para área refrigerada; Alterar banco de dados para as principais cidades brasileiras; Temperatura média variando entre 20° a 25°C.
3.4.2.4	Building Dimensions	Calcular automaticamente a área total construída em função do número de pavimentos, da área edificável, do percentual ocupado pelas janelas e portas, entre outras variáveis	Utiliza a área aquecida como base de cálculo para o consumo de energia; Calefação realizada em toda a área útil.	Dentre as 6 zonas bioclimáticas existentes, apenas em uma se utiliza energia para calefação. A maioria das cidades se localiza em zonas onde a maior demanda de energia é para refrigerar; Refrigeração é realizada apenas em áreas íntima e social.	Rever banco de dados com as cidades e suas zonas bioclimáticas, para lançar consumo para refrigeração; Rever base de lançamento de dados para considerar as áreas individualmente.
3.4.2.5	Construction Input Worksheet	Calcular quais as emissões de CO ₂ para cada pavimento da edificação, bem como para as paredes internas e externas, portas e janelas.	Banco de dados contendo transmitância térmica dos materiais, materiais de construção e sistema construtivo.	Divergências nos valores de transmitância térmica (U); divergência no tipo de material de construção utilizado; divergência no sistema construtivo.	Revisão do banco de dados com as informações.

Item	COMPONENTES ESSENCIAIS PARA ENTENDIMENTO DAS PLANILHAS			ANÁLISE CRÍTICA	
	Nome	Para que serve?	Conteúdo em destaque	O que inviabiliza a aplicação no Brasil?	Recomendações para Adaptação
3.4.2.6	<i>Estimated Energy Need</i>	<i>Realizar cálculo estimado do uso de energia</i>	<i>Verificação da energia demandada para aquecimento da água e do espaço; cálculo da refrigeração desativado; Faz os cálculos de emissão de CO2 de acordo com a fonte da energia.</i>	<i>Demanda de energia para aquecimento; Fontes de energia divergentes.</i>	<i>Rever cálculos e ativar células para refrigeração; Inserir novas fontes de energia.</i>
3.4.2.7	<i>Estimated Material Use</i>	<i>Realizar cálculo estimado do material utilizado na construção</i>	<i>Lista de materiais de construção.</i>	<i>Divergência quanto aos materiais de construção listados</i>	<i>Rever o banco de dados de materiais de construção.</i>
3.4.2.8	<i>Result</i>	<i>Apresentar os resultados</i>	<i>Comunica o consumo de energia estimado para o edifício e o usuário, além da demanda de energia para aquecimento.</i>	<i>Comunicação de demanda de energia para aquecimento.</i>	<i>Correção dos termos para demanda por refrigeração dos espaços.</i>
3.4.2.9	<i>Material Data</i>	<i>Exibir o peso da estrutura por material de construção utilizado</i>	<i>Calcula o peso dos materiais utilizados</i>	<i>Divergências em valor de transmitância térmica (U), materiais de construção e densidade dos materiais</i>	<i>A adaptação das demais planilhas promove a adequação desta.</i>
3.4.2.10	<i>Energy Emissions</i>	<i>Base de dados referente as emissões relacionadas à produção de energia em grande escala.</i>	<i>Forma de distribuição de energia; Fontes de energia primária.</i>	<i>Dados apresentados se referem especificamente a Suécia; as fontes de energia primária são diferentes.</i>	<i>Lançar no banco de dados as fontes de energia primária e suas emissões referentes ao Brasil.</i>

Item	COMPONENTES ESSENCIAIS PARA ENTENDIMENTO DAS PLANILHAS			ANÁLISE CRÍTICA	
	Nome	Para que serve?	Conteúdo em destaque	O que inviabiliza a aplicação no Brasil?	Recomendações para Adaptação
3.4.2.11	Material Emissions	Alimentar outras planilhas com informações sobre emissões de poluentes na produção dos materiais de construção	Tipo de material de construção; Densidade dos materiais.	Divergência nos materiais e em sua densidade	Adaptar materiais e suas densidades às normas brasileiras de construção.
3.4.2.12	Global Warming Potentials	Explicar o Potencial de Aquecimento Global – GWP	Tabela padrão de GWP do IPCC	Não calcula os gases emitidos	Possibilidade de apresentar o total dos gases emitidos e o GWP da construção
3.4.2.13	Explore	Realizar cálculo de simulações de construção, a partir dos dados já avaliados	Valores das planilhas anteriores	Está baseada nos cálculos realizados anteriormente	A adaptação das demais planilhas promove a adequação desta.
3.4.2.14	Construction Input Worksheet – Concrete - Wood	Acelerar o processo de preenchimento da planilha 5 - Construction Input Worksheet	Banco de dados contendo transmitância térmica dos materiais, materiais de construção e sistema construtivo.	Divergências em valor de transmitância térmica (U), materiais de construção e sistema construtivo	Revisão do banco de dados com as informações.

Quadro 15: Síntese das planilhas analisadas e razões que inviabilizam sua utilização no Brasil.

3.7 RECOMENDAÇÕES PARA ADEQUAÇÃO DAS PLANILHAS DE ACV DO ENSLIC PARA A REALIDADE NACIONAL

A adaptação de instrumentos internacionais a uma cultura diferente, conhecida como adaptação transcultural, pode ser realizada de diversas formas, conforme estudos realizados por Herdman et al. (1998), Leininger (1991), Pesce et al. (2005), Moraes, Hasselmann e Reichenheim (2002), Beaton et al. (2000), entre outros. Amplamente utilizada na área da saúde, as técnicas para sua realização se valem de uma abordagem universalista, com vistas a “suscitar os aspectos de um conceito que são genuinamente universais entre as culturas e utilizar somente estes no desenvolvimento de instrumentos que medem o conceito em diferentes culturas”. (HERDMAN et al., 1998) Para isso, é necessário entender se o conceito existe e é interpretado da mesma forma nas diferentes culturas. Herdman et al. (1998) propõe um modelo de equivalências para a adaptação transcultural de questionários que tratam sobre a qualidade de vida, baseado na abordagem universalista, que pode ser aplicado a outras áreas, sendo necessário considerar as diferenças entre os campos do conhecimento.

O modelo apresentado por Herdman et al. (1998) se constitui de uma série de etapas a serem seguidas no curso da adaptação do instrumento, quais sejam: equivalência conceitual, equivalência de itens, equivalência semântica, equivalência operacional, equivalência de mensuração e equivalência funcional. A **equivalência conceitual** refere-se à equivalência do conceito na cultura original em comparação à cultura-alvo. A **equivalência de itens** indica se os itens que compõem a planilha estimam os mesmos domínios e se são relevantes nas duas culturas. **Equivalência semântica** consiste na tradução do instrumento original não só conservando o significado das palavras entre dois idiomas diferentes, como também buscando atingir o mesmo efeito em culturas distintas. **Equivalência operacional** se refere a possibilidade de manter as características operacionais do instrumento original, tais como formato, instruções, entre outros. **Equivalência de mensuração** se trata da garantia que diferentes versões linguísticas do mesmo instrumento atingirão níveis aceitáveis de saída, de acordo com o fim para o qual foram concebidos. **Equivalência funcional** é a capacidade que um instrumento tem de realizar bem aquilo para o qual foi projetado em duas ou mais diferentes culturas.

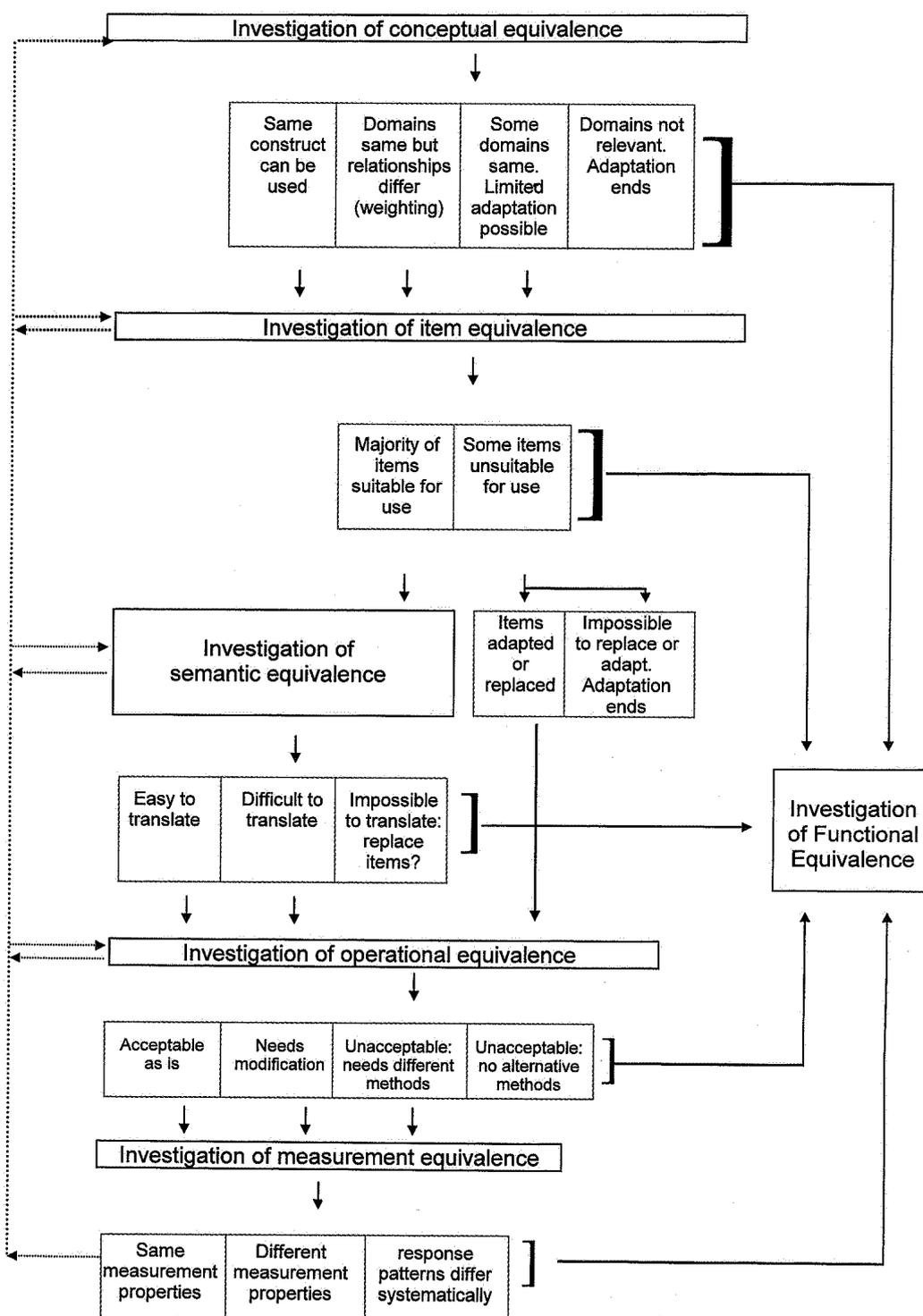


Figura 39: Modelo de equivalências para avaliação da adaptação transcultural de um instrumento.

Fonte: Herdman et al. (1998, p.10)

A adoção do modelo se justifica por sua eficácia na adaptação de conjuntos de conhecimentos estruturados para diferentes contextos culturais. Posto isto, acrescida a análise

minuciosa realizada sobre o relatório elaborado pelo ENSLIC e das planilhas de cálculo, uma breve lista de recomendações para a adaptação transcultural das planilhas ao uso no Brasil foi redigida, com o objetivo de auxiliar trabalhos futuros. Tais recomendações estão listadas a seguir, seguindo o modelo de equivalências proposto por Herdman et al. (1998):

I. Equivalência Conceitual

a. Revisão bibliográfica dos conceitos apresentados na planilha

Pode ser realizada a partir do relatório D-3 elaborado pelo ENSLIC.

b. Examinar a planilha à luz da regulamentação brasileira sobre o tema

A partir desta análise pode-se identificar outras demandas que não são abrangidas no modelo apresentado.

c. Criar uma agenda sobre as categorias de impacto ambiental

Promover a adequada identificação dos impactos ambientais relevantes para o país.

II. Equivalência de Itens

a. Revisão das planilhas de cálculo

Revisão dos termos que são utilizados no Brasil em relação aqueles utilizados na planilha e se os mesmos estimam valores equivalentes.

III. Equivalência Semântica

a. Tradução das planilhas para o português

Tradução do documento por tradutor independente e por engenheiro/arquiteto com conhecimento na área em estudo.

IV. Equivalência Operacional

a. Criação de memória de cálculo

Criação de uma memória de cálculo que demonstre a origem e a aplicação das fórmulas com a finalidade de facilitar futuras revisões nos cálculos, inclusive verificações e auditorias nas planilhas.

b. Criação da planilha de ACCV

O conjunto de planilhas ora analisado não faz com completez os cálculos aos quais se propõe, pois não calcula o custo do ciclo de vida. A criação da planilha que avalia estes custos daria uma resposta melhor ao mercado e a sociedade.

c. Realização de pesquisa exploratória

Realizar pesquisa junto aos atores do segmento da construção civil brasileira para identificar oportunidades de aperfeiçoamento do modelo e estratégias de adoção.

d. Melhoria do layout das planilhas

A apresentação pode ser modificada para gerar uma interface mais amigável para inserção de dados e leitura dos resultados obtidos.

V. Equivalência de Mensuração

a. Input de dados nacionais

A partir da inserção de base de dados confiável de fontes nacionais será possível avaliar se a planilha apresenta os resultados esperados.

VI. Equivalência Funcional

Realização dos testes de validação dos cálculos.

Essa lista não exaure todos os itens que podem ser estudados, mas serve de ponto de partida para o aprimoramento do trabalho realizado frente à realidade nacional.

4 CONCLUSÃO

Atualmente os grandes centros urbanos, além de quase não possuírem sítios livres para a construção, se revelam também abandonados pelas classes de maior poder aquisitivo, que fugiram para as regiões periféricas e se isolaram nos condomínios fechados. Os edifícios esvaziados ou são ocupados ilegalmente, se transformando em cortiços, ou vão se deteriorando pelo tempo e falta de manutenção. A busca de uma solução que melhore as condições dessas edificações e ao mesmo tempo traga de volta o viço das localidades onde se encontram foi a motivação desse trabalho.

A reabilitação de edificações surge em meio a esse cenário, propondo a revisão de conceitos ultrapassados, como por exemplo, aquele que prega ser mais barato demolir e construir novo, porque o custo de uma grande intervenção é sempre uma surpresa, ou ainda, que prédios modernos são melhores. A boa arquitetura, há muito esquecida e substituída por sistemas mecânicos de engenharia, ainda pode ser encontrada em algumas dessas antigas edificações, relegadas por estarem ultrapassadas.

Dentro das técnicas para reabilitação dos edifícios surge o retrofit, já largamente empregado pela área industrial e adaptado à construção civil como uma técnica de modernização e atualização das edificações existentes, prolongando sua vida útil. No entanto, não basta apenas pensar na renovação dos edifícios, há de se pensar também em um aspecto que a cada dia toma mais vulto no cenário mundial: a sustentabilidade ambiental na construção civil.

É constante entre os diversos autores a afirmativa de que a indústria da construção civil é a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, pois esta consome recursos naturais não-renováveis, polui o ambiente e deixa um rastro de resíduos sólidos, efluentes e outras descargas tóxicas sem tratamento.

Os estudos na área visam buscar soluções que reduzam os impactos causados ao meio ambiente por essa indústria. Mas, para que isso seja possível, o empreendimento deve fazer uso racional dos recursos ambientais e tratar corretamente os resíduos decorrentes de sua implantação. Um empreendimento que seja realizado dentro destes parâmetros é classificado como ambientalmente sustentável.

Nesse contexto, pode-se entender a reabilitação dos edifícios como um processo ambientalmente sustentável, pois propicia a maximização do ciclo de vida dos edifícios existentes, readequando-os aos novos usuários e as necessidades atuais. Em consequência, reduz a utilização dos recursos naturais no curso da construção, como também durante a fase de utilização do edifício, ao modernizar as instalações valendo-se de equipamentos mais eficientes e com menor taxa de consumo.

A reabilitação de edifícios é o caminho naturalmente escolhido quando o custo de uma nova construção é maior que o de recuperação da antiga estrutura ou, no caso de construções históricas, quando a intervenção possibilita seu uso. Vai além: promove a redução dos custos diretos de construção e dos custos de operacionalização da edificação.

No custo direto, a reabilitação promove uma economia de aproximadamente 30% do custo da construção, pois aproveita a estrutura existente. Em relação aos custos de operacionalização, a reabilitação, mesmo quando não se vale das técnicas de sustentabilidade e eficiência energética, reduz o consumo por meio da renovação dos equipamentos em pelo menos 1/5 de toda a energia necessária para seu funcionamento.

Quando a reabilitação implementa técnicas de sustentabilidade ambiental, pode se tornar um opção ainda mais econômica, se comparada à demolição e construção de uma edificação nova no mesmo sítio, ou a reformas convencionais. Estudos realizados comprovam que, em média, um edifício reabilitado reduz cerca de 80% no consumo de eletricidade, gás e no abastecimento de água. Para se chegar a esses valores, muitas pesquisas vêm sendo efetuadas em diversos campos do conhecimento, em especial na engenharia de materiais.

Uma das técnicas que recentemente vem sendo aplicada para avaliação das edificações se chama Avaliação do Ciclo de Vida, que foi adaptada da área industrial para a indústria da construção civil. Ela mede as emissões de gases poluentes pelos produtos da construção civil em todo o seu ciclo de vida, ou seja, do berço ao túmulo. Quando aliada a Avaliação do Custo do Ciclo de Vida, mede também a relação entre o custo e o benefício da aplicação das

técnicas ambientalmente corretas, bem como o retorno sobre o investimento em sustentabilidade.

E é exatamente o tempo de retorno sobre o investimento o maior causador de discussões em torno da sustentabilidade ambiental. Quando medido, esse custo se apresenta alto inicialmente e só é recuperado durante a operacionalização do edifício, com a economia gerada pela redução do consumo dos recursos já citados, especialmente a energia elétrica. Para especuladores do mercado imobiliário de maneira geral, o investimento em sustentabilidade só é rentável se aumentar o ganho financeiro efetivo no curto prazo, pois no contexto atual quem mais se beneficia da economia gerada pela sustentabilidade ambiental nos edifícios é o usuário final.

Um outro ponto que merece destaque reside no fato de que países desenvolvidos necessariamente investem em sustentabilidade ambiental para reduzir suas emissões de CO₂, enquanto países em desenvolvimento, mesmo aqueles com altas taxas de poluição, não possuem o mesmo compromisso. O Brasil, por exemplo, participa de uma pesquisa do WBCSD que avalia o impacto ambiental do mercado de construção civil juntamente com outros 4 países e todo o continente Europeu. Quando avaliado por esse prisma, o país está na “lanterninha” dentre as nações em desenvolvimento mais poluentes. Isso não se deve ao fato de existir no mercado nacional uma política adequada para redução das emissões tóxicas, ou por ser o empresariado mais consciente. As pesquisas se baseiam, em sua maioria, nas fontes de energia primária existentes e, nesse quesito, o Brasil está em melhor situação do que qualquer outro, por apresentar como maior oferta de energia fontes renováveis, como as hidrelétricas e biomassa.

A despeito da pouca importância dada atualmente pelo setor de construção civil para o tema, não só os empresários mas também a sociedade como um todo devem conceder a devida importância ao tema Sustentabilidade na Construção Civil, por questões de ordem ambiental e econômica:

- a) Questões de ordem ambiental – não há evidência de que o aumento da emissão de gases poluentes para a atmosfera esteja dissociado do aumento da ocorrência de catástrofes naturais em todo o planeta. Nesse sentido, tragédias como deslizamentos de terra e enchentes podem ser atualmente mais frequentes em decorrência do aumento dos níveis de poluição. Além disso, o aquecimento global, que está

diretamente associado a essas emissões, pode provocar o aumento do nível do mar, o que vem a ser uma calamidade iminente para as cidades litorâneas do Brasil.

- b) Questões de ordem econômica – os inúmeros argumentos já apresentados comprovam a economicidade de projetos que empregam elementos sustentáveis, especialmente aqueles que são reabilitados. O aproveitamento de estruturas existentes traz benefícios ao local, à construção, aos usuários da edificação e à sociedade como um todo, que passam a usufruir de um espaço vivo e economicamente mais valorizado.

Vale sempre lembrar que os recursos naturais são limitados e o desperdício caminha na contramão da sustentabilidade em seu sentido mais amplo, quesito no qual pode-se dizer que o Brasil também está em último lugar. A reabilitação de edifícios pode, nessa vertente, curar duas enfermidades graves e conhecidas: o déficit habitacional crescente e o desconforto ambiental causado por construções mal planejadas.

A ACV e a ACCV, por meio de planilhas de cálculos e demonstrações de resultado, podem substituir a consciência ambiental que ainda não existe na indústria da construção civil. Isto porque, ao se utilizar dessas ferramentas, ficará evidente que um produto que promova o uso dos recursos de forma racional e seja econômico para quem utilizá-lo, terá maior apelo junto aos potenciais consumidores.

Neste trabalho especificamente, analisou-se criticamente um conjunto de planilhas eletrônicas para realização de ACV elaboradas pelo projeto ENSLIC, grupo de pesquisadores de diversas instituições européias, co-financiados pela Comissão Européia no âmbito do programa Energia Inteligente para a Europa.

As planilhas em questão foram desenvolvidas de forma simplificada e são melhores aplicadas nas fases iniciais de projeto, onde ainda há muitas opções de materiais e tecnologias para se escolher. Um outro objetivo que o grupo ENSLIC espera alcançar com as planilhas é a disseminação do conhecimento por meio de um instrumento acessível para ACV, que pode ser utilizado por qualquer pessoa com conhecimento de projeto: engenheiros, arquitetos e empreiteiros.

O objetivo do presente trabalho, visando solucionar o problema central estabelecido nesta dissertação – verificar se as planilhas estavam prontas para uso imediato no mercado brasileiro da construção civil e se havia necessidade de alguma adaptação para sua aplicação –

foi alcançado por meio da análise efetuada no capítulo 3. Em síntese, dentre as 15 planilhas constantes da pasta de trabalho, chegou-se a seguinte conclusão:

- 2 planilhas não precisam ser adaptadas;
- 2 estarão automaticamente adequadas após a adaptação de outras;
- 1 pode ser adaptada para apresentar cálculos, mas não é essa a sua função atualmente no modelo desenvolvido pelo ENSLIC;
- 10 precisam ser revisadas e ter seu conteúdo adaptado para correta aplicação.

As adaptações são diversas, mas destacam-se as seguintes por sua relevância:

I. **Energia para calefação** – toda a planilha foi realizada com o objetivo de mensurar o consumo de energia com calefação. No Brasil, de acordo com a zona bioclimática onde o projeto estiver inserido, a demanda de energia será para refrigeração dos ambientes.

II. **Materiais de construção** – o próprio material de construção difere daquele largamente usado neste país, sendo necessária a revisão de todo o banco de dados, especialmente pelos valores de emissão de poluentes referente a cada material.

III. **Valores de transmitância térmica dos materiais** – os materiais da comunidade europeia apresentam diferentes valores U quando comparados aos mesmos materiais no Brasil;

IV. **Densidade dos materiais** – os materiais apresentaram densidade diferente daquela constante nas normas brasileiras;

V. **Fontes de energia** – os impactos ambientais avaliados na ACV tem por base as emissões de gases poluentes, que por sua vez, tem como base a energia utilizada para a produção dos materiais que são empregados na construção. A energia primária na Suécia está fortemente baseada na indústria nuclear, enquanto no Brasil a energia hidráulica é responsável por cobrir quase toda a demanda do país. Isso afeta toda a estrutura de emissões que está cadastrada na planilha.

Um outro fator importante é a ausência da planilha de ACCV, que complementaria os cálculos realizados na planilha de ACV e possibilitaria uma análise mais completa, com o tempo de retorno do investimento em sustentabilidade.

Apesar da conotação utópica que esta sentença pode repercutir, o certo é que se faz necessária uma mudança de mentalidade, para que o foco dessas ações seja o comprometimento com o meio ambiente e a sociedade como um todo, e não apenas ações de curto prazo, visando lucro imediato.

Além disso, constatou-se que não é possível aplicar imediatamente no mercado nacional um modelo europeu de ACV, devido às peculiaridades próprias do setor de construção civil de cada lugar.

4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa não objetivou esgotar o assunto, sendo passível sua continuidade e desdobramento em outros estudos, tais como:

- a) Adaptação da planilha de ACV ora analisada para a realidade brasileira, segundo as recomendações constantes no presente estudo;
- b) Criação da planilha de ACCV, interligando os resultados e apresentando os benefícios econômicos da sustentabilidade ambiental;
- c) Pesquisa exploratória no mercado nacional que gere um estudo de caso com os valores economizados, tempo de *pay back* e VPL de empreendimentos reabilitados;
- d) Estudo de caso sobre o investimento em sustentabilidade ambiental em empreendimentos reabilitados no estado do Rio de Janeiro, residenciais ou comerciais.

Espera-se que esta pesquisa tenha contribuído para o desenvolvimento científico e que gere frutos para a comunidade acadêmica e para a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:1980. Cargas para o cálculo de estruturas de Edificações**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 5. 1980.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14050:2004. Gestão Ambiental - Vocabulário**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 23. 2004.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220:2005. Desempenho térmico de edificações - Parte 3 - Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. ABNT. Rio de Janeiro, p. 30. 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040:2009. Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 21. 2009.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044:2009. Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 46. 2009.

ABREU, C. Atitudes Sustentáveis. **O conceito de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil**, 2008. Disponível em: <<http://www.atitudessustentaveis.com.br/sustentabilidade/conceito-sustentabilidade-empreendimentos-construcao-civil/>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

APPLETON, J. **Novas Oportunidades para a construção sustentável**. Congresso LIDERA 09. Lisboa: Instituto Superior Técnico. 2009.

ARAÚJO, M. A. IDHEA. **A moderna construção sustentável**, 2009. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

ASHWORTH, A. Estimating the life expectancies of Building Components in Life Cycle Costing Calculations. **Journal of Structural Survey**, v. 14, n. 2, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401:2008. Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 60. 2008.

BARBOSA, L. A. G. **Edificações Inteligentes: conceitos e considerações para o projeto de arquitetura**. UFRJ. Rio de Janeiro, p. 114. 2006. dissertação de mestrado.

BARRIENTOS, M. I. G. G.; QUALHARINI, E. L. **Retrofit de construções**: metodologia de avaliação. Conferencia Latino-americana de construção sustentável: ENTAC'04. São Paulo: EDUSP. 2004.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à Ventilação Natural**. Maceió: Edufal, 2008.

BRITO, M. Vitruvius. **Urbis, uma estratégia de atuação.**, 2002. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.022/803>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

BRITO, M. Vitruvius. **Pressupostos da reabilitação urbana de sítios históricos no contexto brasileiro.**, 2003. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/03.033/705>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

BUCHANAN, P. **Ten shades of green**: architecture and the natural world. 1ª. ed. New York: The Architectural League of New York, 2005.

CAIXETA, M.; FABRICIO, M.; FIGUEIREDO, A. Gestão do Ciclo de Vida em projetos de hospitais. **VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios**, São Paulo, 03-04 nov. 2008.

CARVALHO, L.; SALGADO, M.; BASTOS, L. Projeto de Reabilitação das Edificações: estudo de caso do Solar da Imperatriz. **IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**, São Carlos, 18 nov. 2009.

CIANCIARDI, G.; BRUNA, G. C. Procedimentos de sustentabilidade ecológicas na restauração de edifícios citadinos. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Mackenzie**, São Paulo, 2004. 113-127.

CIANCIARDI, G.; ZAMBOM, R.; BRUNA, G. C. Parâmetros de sustentabilidade ecológicas na recuperação, manutenção e restauração de edifícios. **IV Seminário Internacional da LARES**, São Paulo, 03-05 set. 2004.

CIENTEC. Informações técnicas sobre tipos de solos. **Mata Nativa**, 2010. Disponível em: <http://www.matanativa.com.br/cientec/InformacoesTecnicas_Irriga/Solo_PrincClasses_13.asp>. Acesso em: 28 junho 2010.

COLTRO, L. Greenwashing: o que é e como evitar. **CETEA**, São Paulo, v. 22, p. 5, abril/maio/junho 2010. ISSN 2175 - 5000.

CONSELHO DELIBERATIVO DO INSTITUTO DE ENGENHARIA. **Metodologia de Cálculo do Orçamento de Edificações - Composição do Custo Direto e do BDI / LDI**. São Paulo: Instituto de Engenharia, 2004.

CROITOR, E. P. N. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra**. EPUSP. São Paulo, p. 176p. 2008.

DUARTE, F. **Planejamento Urbano**. 1ª. ed. Curitiba: Ibepex, 2007.

DUNHAM-JONES, E.; WILLIAMSON, J. **Retrofitting suburbia**: urban design solutions for redesigning suburbs. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

EGBU, C. O.; YOUNG, B. A.; TORRANCE, V. B. Planning and control process and techniques for refurbishment management. **Construction Management and Economics**, Londres, v. 16, p. 315-325, julho 1997.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2010 - ano base 2009**. EPE. Rio de Janeiro, p. 54. 2010.

EUROPEAN COMMISSION. Sweden Energy Mix Fact Sheet. **Eurostat**. Disponível em: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>>. Acesso em: 05 maio 2011.

FERREIRA, M. A. M. A. **A eficiência energética na reabilitação de edifícios**. Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2009.

FLEMMING, L.; QUALHARINI, E. Intervenções em Unidades de Tratamento Intensivo (UTI): a terminologia apropriada. **VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios**, Curitiba, 06-07 dez. 2007. Art. 56.

FOSTER, P. et al. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: SOLOMON, S., et al. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2007. Cap. 2.

GLAUMANN, M. et al. **ENSLIC BUILDING - Energy Saving Through Promotion of Life Cycle Assessment in Buildings. Guidelines for LCA calculations**. EACI. Zaragoza, p. 52. 2010.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Sustentabilidade das Edificações**. UNISINOS. Porto Alegre. 2008. Palestra do Programa de Mestrado Acadêmico em Engenharia Civil.

GUIA DE CONSTRUÇÃO. Quanto custa um edifício comercial? **Revista Construção e Mercado**, São Paulo, n. 101, nov. 2009.

GUIA EQUIPE DE OBRAS. Composição de Custos. **Revista Construção e Mercado**, São Paulo, n. 79, fev. 2008.

HALLIDAY, S. **Sustainable Construction**. Oxford: Elsevier, 2008.

HERDMAN, M.; FOX-RUSHBY, J.; BADIA, X. A model of equivalence in the cultural adaptation of HRQol instruments: the universalist approach. **Quality of Life Research**, n. 7, p. 323-335, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. **IBGE**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 04 ABRIL 2011.

INSTITUTO ETHOS. Portal RTS - Rede de Tecnologia Social. **Construir edifícios, derrubar mitos.**, 2008. Disponível em: <<http://www.rts.org.br/noticias/destaque-2/construir-edificios-derrubar-mitos/>>. Acesso em: 25 fev. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA. Ministério da Saúde. INTO. **Novo INTO investe em sustentabilidade.** Disponível em: <<http://www.into.saude.gov.br/conteudo.aspx?id=18>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

JUNQUEIRA, W. B. D. C. **Novos conceitos para o espaço arquitetônico dos hospitais de ensino: um estudo de caso em Juiz de Fora.** FAU/URFJ. Rio de Janeiro, p. 113. 2006. Dissertação de mestrado.

KATO, J. **Boletim Setorial LABEFIN - Setor Energia Elétrica.** Universidade Positivo. Curitiba, p. 7. 2010.

KROETZ, C. E. **Apostila de Contabilidade de Custos I.** Ijuí: UNIJUÍ, 2001.

KUHN, E. A. **Avaliação da Sustentabilidade Ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada.** UFRGS. Porto Alegre. 2006.

LAMBERTS, R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, R. et al. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico.** Florianópolis: UFSC/LabEEE, v. II, 2010.

LOCKITCH, K. Arqbacana. **Sem "pegada", sem vida.**, 2009. Disponível em: <<http://www.arqbacana.com.br/interna.php?id=7100>>. Acesso em: 23 jan. 2010.

MAIA NETO, F. Precisão Consultoria. **Nova norma sobre o CUB.** Disponível em: <<http://precisaoconsultoria.com.br/fmnresp/novocub.htm>>. Acesso em: 03 mar. 2010.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** São Paulo: Edusp, 2005.

MARCOVITCH, J. **Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades.** IBEP Gráfica. São Paulo, p. 82. 2010.

MARQUES DE JESUS, C. R. **Análise de custos para reabilitação de edifícios para habitação.** EPUSP. São Paulo, p. 178p. 2008.

MINGUET, J. M. **Eco Refurbishment.** Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones, 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Novo Complexo do INTO - projeto de estruturação da nova sede.** Normas e Manuais Técnicos. Brasília. 2006.

MÜLFARTH, R. K. Ciclo de Vida: o papel da arquitetura na redução dos impactos ambientais. **Revista Sistemas Prediais**, jul. 2007.

NERICI, B. **Rotulagem Ambiental.** XV COBREAP. São Paulo: [s.n.]. 2009.

OLIVEIRA, A. S. **Análise Ambiental da viabilidade de seleção de produtos da construção civil através da ACV e do software BEES 3.0.** UFRGS. Porto Alegre. 2007.

REVISTA ELO. Hospital e Maternidade São Camilo investe em ampliação e segurança. **ELO**, São Paulo, n. 46, p. 36-37, ago-set 2008.

RIGO, R. Papo de Obra - muito além da obra. **Retrofit de Fachadas: tecnologias européias**, 2008. Disponível em: <<http://papodeobra.blogspot.com/2008/09/retrofit-de-fachadas-tecnologias.html>>. Acesso em: 23 fev. 2010.

ROHRACHER, H. et al. Improving the Public Perception of bioenergy in the EU. **IAPS**, 2004. Disponível em: <http://iaps.scix.net/cgi-bin/works/Show?_id=iaps_18_2004_162>. Acesso em: 05 maio 2011.

SALGUEIRO, T. B. **Novos Produtos Imobiliários e Reestruturação Urbana**. Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia. Lisboa: [s.n.]. 1994. p. 79-101.

SANTOS, P. É velho, mas tá novo. **Vida Simples.**, São Paulo, n. 083, set. 2009.

SENGER, I. **Metodologia da Pesquisa**. UFSM/CESNORS. Frederico Westphalen. 2008.

SHIEH, L.; SPANGENBERG, J. Arqbacana. **Arquitetura sustentável: a distância entre discurso e prática**, 2009. Disponível em: <<http://www.arqbacana.com.br/interna.php?id=7060>>. Acesso em: 23 jan. 2010.

SILVA, CHRISTIAN LUIZ DA (ORG.). **Desenvolvimento Sustentável - um modelo analítico integrado e adaptativo**. Petrópolis: Vozes, 2006.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. EPUSP. São Paulo, p. 210pp. 2003.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Departamento de Engenharia Civil - USP. **Avaliação do Desempenho Ambiental de Edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil**. Disponível em: <http://pcc5100.pcc.usp.br/10_Sistemas_de_avaliacao/Artigo%20Revista%20AC_silva_silva_agopyan.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2010.

SILVEIRA, W. J. D. C.; VASCONCELOS, C. **A reabilitação de edifícios públicos em desuso contribui para a redução do déficit habitacional no Brasil quando adaptado para HIS**. Congresso Internacional de Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre: [s.n.]. 2010.

SINDUSCON. Sinduscon Florianópolis. **O que é Custo Unitário Básico?** Disponível em: <<http://www.sinduscon-fpolis.org.br/index.asp?dep=45>>. Acesso em: 03 mar. 2010.

SINDUSCON-MG. **Custo Unitário Básico (CUB/m²): principais aspectos**. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2007.

SMITH, P. F. **Eco-refurbishment: a guide to saving and producing energy in the home**. Oxford: Elsevier, 2004.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M. D.; PEREIRA, S. W. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In: SATTTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. **Construção e Meio Ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, v. 7, 2006. Cap. 4, p. 96-127.

SODAGAR, B. et al. **The role of eco-refurbishment in sustainable construction and built environment**. 3rd. CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environments. Delft: [s.n.]. 2009.

SOUZA, E. C. B. et al. Desafios da Gestão Ambiental nos Municípios. In: LITTLE, P. E. **Políticas Ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências**. 1ª. ed. São Paulo: Petropolis, 2003. Cap. 3.

THORPE, D. **Sustainable home refurbishment: the Earthscan expert guide to retrofitting homes for efficiency**. Londres: Earthscan, 2010.

TISAKA, M. Entenda a metodologia do BDI. **Revista Construção e Mercado**, São Paulo, n. 40, nov. 2004.

TRIGUEIRO, A. **Meio Ambiente no Século 21**. Campinas: Autores Associados Ltda, 2005.

UFSC. Apresentação LABEEE. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**, 2009. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/apresentacao/apresentacao.html>>. Acesso em: 12 junho 2010.

VALE, M. S. **Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do retrofit**. UFRJ. Rio de Janeiro, p. 207. 2006. Dissertação de mestrado.

VARGAS, H. C. Centros Urbanos: Por quê Intervir? **Seminário Internacional de Reabilitação de Edifícios em áreas centrais**, São Paulo, 2006.

VASCONCELLOS, L. E. M. D. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - Ano base 2005**. Rio de Janeiro: Gráfica da Eletrobrás - DAAP, 2007.

VIDIELLA, À. S. **Atlas de Eco Arquitectura**. Barcelona: FKG, 2010.

WBCSD, WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Energy Efficiency in Buildings: Facts & Trends - Summary Report**. WBCSD. Genebra, p. 42. 2007.

WBCSD, WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Energy Efficiency in Buildings: Business realities and opportunities**. WBCSD. Genebra, p. 42. 2008.

WIAZOWSKI, I. **Renovação e Requalificação de Edifícios de Escritórios na Região Central da Cidade de São Paulo: o caso do edifício São Bartholomeu**. USP. São Paulo. 2007. Monografia para MBA.

ZMITROWICZ, W.; BOMFIM, V. C. **Diretrizes para reabilitação de edifícios para HIS: as experiências em São Paulo, Salvador e Rio de Janeiro**. USP. São Paulo, p. 246 f. 2007.

ZMITROWICZ, WITOLD (COORD.). **Reabilitação de Edifícios em áreas centrais para Habitação de Interesse Social: tecnologia e custos**. Reabilita/FUSP. Salvador. 2006.

ANEXOS

ANEXO A - PLANILHA 3 – ENVIRONMENTAL TARGETS

Enslic		5. Environmental targets		Stage I		Stage II		Stage III				Stage IV		Total	
				Materials		Transports		Construction		Operation		Maint. materials			
		Impact category		Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref	Target	Ref
Enslic	1	Contribution to global warming, kg/m2													
Enslic	2	Destruction of the stratospheric ozone layer, kg/m2													
Enslic	3	Acidification of land and water, kg/m2													
Enslic	4	Eutrophication, kg/m2													
Enslic	5	Formation of ground level ozone, kg/m2													
Enslic	6	Radioactive waste (Swed. mix 2007), MJ/m2													
Enslic	7	Energy													
Enslic	8	Use of energy (excluding user el.), MJ/m2													
Enslic	9	Use of energy (including user el.), MJ/m2													
Enslic	10	Bought energy, MJ/m2													
CEN350	11	Use of renewable primary energy, MJ/m2													
CEN350	12	Use of non renewable primary energy, MJ/m2													
CEN350		Water													
CEN350	13	Use of freshwater resource, m3/yr													
		Resources													
CEN350	14	Use of renewable resource (other than primary energy), kg/m2													
CEN350	15	Use of recycled/reused resource kg/m2													
CEN350	16	Material for recycling, kg/m2													
CEN350	17	Use of non renewable resource (other than primary energy), TMR, kg/m2													
CEN350	18	Material for energy recovery, kg/m2													
		Waste													
CEN350	19	Non hazardous waste, kg/m2													
CEN350	20	Hazardous waste, kg/m2													
		Other													
	21	Other 1													
	22	Other 2													
	32	Other 3													

ANEXO B PLANILHA 6 – ASSESSMENT

8. Assessment		Indicator	Unit	Life time	Stage I	Stage II		Stage III		Stage IV	Total
ISSUES					Production	Transport (Enslc)	Construction	Normal use (Enslc)	Maintenance & repair	End of life	
Impact category											
CEN350	Contribution to global warming	CO ₂ eq	kg/m2	50	212			164			376
CEN350	Destr. of the stratosph. ozone layer	CFC-11 eq	kg/m2								
CEN350	Acidification of land and water	SO ₂ eq	kg/m2								
CEN350	Eutrophication	PO ₄ eq	kg/m2								
CEN350	Formation of ground level ozone	C ₂ H ₂ eq	kg/m2								
CEN350	Radioactive waste (Swed. mix 2007)		MJ/m2					4590			4.590
Energy											
Enslc	Use of energy (excluding user el.)		MJ/m2,yr					550			550
Enslc	Use of energy (including user el.)		MJ/m2,yr					435			435
Enslc	Bought energy		MJ/m2,yr					395			395
CEN350	Use of renewable primary energy		MJ/m2,yr								
CEN350	Use of non renewable primary energy		MJ/m2,yr								
Water											
CEN350	Use of freshwater resource		m ³								
Resources											
CEN350	Use of renewable resource (other than primary energy)		kg/m2								
CEN350	Use of recycled/reused resource		kg/m2								
CEN350	Material for recycling		kg/m2								
CEN350	Use of non renewable resource (other than primary energy)	TMR	kg/m2								
CEN350	Material for energy recovery		MJ/m2,yr								
Waste											
CEN350	Non hazardous waste		kg/m2								
CEN350	Hazardous waste		kg/m2								

ANEXO C PLANILHA 4 – DIMENSION

Building Dimensions		Fill in			Autocalculation			
Shortcut								
Clear		Number of floors	Atemp m ²	Perimeter m	Height m	Ext. walls towards heated area	Window fraction	Door fraction
Floors towards ground		1	353,95	88	3,1		15,0%	10%
Intermediate floors		13	448,42	88	2,7		15,0%	6%
Top floor		1	449,87	88	2,7		15,0%	6%
Sum/Average		15	442	88,0	2,7		15%	6,3%
Roof pitch (if insulation in inclined part, °)		3%						

Summary from shortcut		m ² /m ³		Ratios		
Perim.act./Perimeter optim.	Heated area, A _{temp}	6.633	Volume/heated area	2,72	Volume	18.051
1,17	Facade area	3.599	Facade/heated area	54,3%	Envelop	4.403
1,04	Window area	540	Windows/heated area	8,1%		
1,04	Door area	227	Doors/heated area	3,4%		
1,05	Roof area	450	Roof area/heated area	6,8%		
	Ground area	354	Ground area/heated area	5,3%		

ANEXO D PLANILHA 5 – CONSTRUCT

Construction Input WorkSheet

Wood construction
 Concrete construction
 Building life time, yr

Basement slab

A	Fraction of basement slab, type A	100%	Area, m2:	354			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
	Concrete reinforced	200	100%	162.817	0,09	21.492	
	Insulation, Polystyrene, EPS	100	100%	531	1,82	957	
	Gypsum, plaster board	150	50%	23.892	1,25	7.167	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
U-value	0,29			187.240	Total	29.617	
					CO ₂ kgequiv/m ² HFA	5,1	

B	Fraction of basement slab, type B	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr

				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
				0	0,00	0
U-value	0,00			0	Total	0
	Clear basement				CO2 equiv/m2HFA	0,0

Attic From inside ceiling to outside roof							
A	Fraction of attic slabs type A	100%	Area, m2:	450			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
	Concrete reinforced	300	91%	282.473	0,12	37.286	
	Air	300	9%	0	0,34	0	
	Wood	180	8%	3.239	0,10	363	
	Insulation, cellulose fibre	350	46%	3.766	2,93	1.058	
	Wood	22	100%	4.949	0,16	554	
	Steel (EU-mix)	0,2	100%	711	0,00	769	
	Insulation, Rockwool	200	46%	1.159	1,67	1.692	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
U-value	0,18	1352	Tot Weight	296.297	Total	41.723	
					CO2 equiv/m2HFA	7,2	

				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
				0	0,00	0	
U-value	0,25	222	Tot Weight	20.687	Total	8.786	
					CO2 equiv/m2HFA	1,5	

B	Fraction of external walls	80%	Area, m2:	2.266			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
				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	
				0	0,0	0	
				0	0,0	0	
				0	0,0	0	
				0	0,0	0	
				0	0,0	0	
U-value	0,00	0	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

Clear ext. walls

Floor structure							
A	Fraction of slabs type A	100%	Area, m2:	6279			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
	Concrete reinforced	300	91%	3.942.791	not relev.	520.448	

	Air	300	9%	0	not relev.	0	
	Polyeten	3	100%	17.896	not relev.	38.235	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
		603	Tot Weight	3.960.687		Total CO2 equiv/m2HFA	558.683 96,2

B	Fraction of slabs	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
		0	Tot Weight	0		Total CO2 equiv/m2HFA	0 0,0

Clear floor structure

Internal walls							
A	Fraction of internal walls type A		Total area				
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
	Gypsum, plaster board	13	100%	0	not relev.	0	
	Steel (EU-mix)	95	2%	0	not relev.	0	
	Gypsum, plaster board	13	100%	0	not relev.	0	
	Insulation, cellulose fibre	95	23%	0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
		216	Tot Weight	0		Total CO2 equiv/m2HFA	0 0,0
		Area, m2:	0				

B	Fraction of internal walls type B	100%		0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
		0	Tot Weight	0		0	
	Clear int. walls	Area, m2:	0		Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

Windows

A	Fraction of windows type A	100%	Area, m2	539,9			
	Material	Thickness, mm	Fraction of aperture	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
	Glass	12	90%	15.160	not relev.	9.172	
	Aluminium	90	5%	6.560	not relev.	73.040	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
U-value	1,5		Tot Weight	21.719		Total	82.212
						CO2 equiv/m2HFA	14,2

B	Fraction of windows type B	0%	Area, m2:	0,0			
	Material	Thickness, mm	Fraction of aperture	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	

				0	not relev.	0
U-value		0	Tot Weight	0	Total CO2	0
					kgequiv/m ² HFA	0,0

Clear windows

External Doors

A	Fraction of type A	100%	Area	226,9			
	Material	Thickness, mm	Fraction of aperture	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
	Wood	70	80%	6.352	not relev.	711	
	Air	0	0%	0	not relev.	0	
	Wood	90	20%	2.042	not relev.	229	
				0	not relev.	0	
U-value	2,0	160	Tot Weight	8.394	Total CO2 kgequiv/m ² HFA	940	0,2

B	Fraction of type B	0%	Area, m2:	0,0			
	Material	Thickness, mm	Fraction of aperture	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Diff. Life time, yr
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
				0	not relev.	0	
U-value		0	Tot Weight	0	Total CO2 kgequiv/m ² HFA	0	0,0

Clear ext. doors

		Total CO2 kgeq/m²HFA	124,3
--	--	--	--------------

ANEXO E - PLANILHA 6 – ESTIMATED ENERGY NEED

Estimated Energy Need

Clear energy

City (from Sheet Gen info)	Niterói
Heated Floor Area (HFA), m ²	5.810
Building volume, m ³	18.051
Air Change Rate, ACR	0,5
Vent. heat exchange efficiency, η%	0%
Indoor temperature, winter	22,0

ENERGY DEMAND & EXTERNAL SUPPLY	Estimation, kWh/yr	Real/simulated, kWh/yr	Specific kWh/m ² ,yr	Energy source	Fraction	kg equiv CO ₂ /yr
Space heating - transmission losses	186.563		32,1	Electricity		0
					100%	0
Ventilation losses	379.039		65,2	Electricity		0
					100%	0
Hot water energy use	148.093		25,5	Electricity		0

				Solar_heat_flate_plate_collector	100%	1.594
Cooling					0%	0
Losses	713.694	0	122,8	0	3	1.594
Building electricity	78.435		13,5	Electricity CO2 free		0
				Electricity CO2 free	100%	0
User electricity	156.871		27,0	Electricity CO2 free		0
					100%	0
Total demand	949.000	0	163			1.594

ENERGY SAVING EQUIPMENT

		kWh/yr		kWh/m2,yr		kgCO2e/yr
Lowest energy demand lighting and whitewares	10%	-15.687		-2,7	Electricity CO2 free	0
Building automatisation	yes	-7.844		-1,4	Electricity CO2 free	0
Ventilation heat recovery	no	0		0,0	Electricity	0
Waste water heat exchange	no	0		0,0	Electricity	0
Total savings		-23.531	0	-4		0
Total energy demand		925.469	0	159		

LOCAL ENERGY RECOVERY & SUPPLY

		kWh/yr	Real/ simulated, kWh/yr	kWh/m2,yr		kgCO2e/yr
Ext.heat pump (air, ground, water)	no	0		0,0	Electricity	0
Solarcollector, m2		0		0,0	Electricity CO2 free	0,0
PV-cell,m2		0		0,0		0,0
Urban wind mill, diameter, m		0		0,0		0,0
					Local electricity prod.	

Sum		0	0	0,0		0	0
Total		925.469	0	159	%		1.594
Whereof heat		713.694	0	122,8	77%		1.594
Whereof electricity		235.306	0	36,5	23%		0
Without user electricity		768.599	0	132			1.594

	Heat loss factor, U*A, W/K	Effect at dim temp winter, W/m2	Envelop area, m2
Ground Floor	26	0,2	354,0
Attic/roof	81	0,7	449,9
External wall	140	1,2	2832,5
Windows	810	6,8	539,9
External Doors	454	3,8	226,9
Total	1.510	12,7	4.403

	Mean U-value, W/m ² ,K
	0,29
	0,18
	0,05
	1,50
	2,00
Average	0,34

ANEXO F PLANILHA 7 – MATERIAL

Chosen materials	Ext. Walls	Attix	Besement	Slabs	Int. Walls	Total	From	Waste	at	Bought	Spec.	kgCO ₂	Voume	Weight	CO ₂
							Constr	construction		amount	matr.	equiva-		fraction	fraction
							sheet				use	lents			
							kg	%		kg	kg/m ²	kg eqv	m ³	%	%
												CO ₂			
Air						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%	
Aluminium						0	6.560		6.560	1	73.040	0,00	0%	9%	
Brick, massive						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%	
Concrete lightweight						0	0	0,5%	0	0	0	0,00	0%	0%	
Concrete reinforced						0	4.394.466	9,0%	4.789.968	824	632.276	0,00	98%	81%	
Glass						0	15.160	5,0%	15.918	3	9.630	0,00	0%	1%	
Gravel						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%	
Gypsum, plaster board						0	35.108	4,0%	36.512	6	10.954	0,00	1%	1%	
Insulation, cellulose fibre						0	3.766		3.766	1	1.058	0,00	0%	0%	
Insulation, Glass wool						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%	
Insulation, Polystyrene, EPS						0	531		531	0	957	0,00	0%	0%	
Insulation, Rockwool						0	4.137	12,0%	4.633	1	6.765	0,00	0%	1%	
Light clinker masonry						0	0	13,0%	0	0	0	0,00	0%	0%	
Plaster						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%	
Polyeten						0	18.004		18.004	3	38.465	0,00	0%	5%	
Steel (EU-mix)						0	711	5,0%	746	0	808	0,00	0%	0%	
Wood						0	16.582		16.582	3	1.857	0,00	0%	0%	
Wood fiber board						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%	
Wood particle board						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%	
Wood plywood						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%	

Zink						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%
xxx						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%
xxx						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%
						0	0		0	0	0	0,00	0%	0%
Total						0	4.495.024	7%	4.893.220	842	775.810	0		
Specific - per m2							774		842		134			

ANEXO G PLANILHA 9 – MATERIAL DATA

INPUT OF NEW MATERIALS - DENSITY, HEAT CONDUCTION IN PRACTICE - Materials from sheet 11. Mtrl em

			7	8	9	23	24	41	42	43	44	45	46	47	58	59	60	77	78	79	80	81	82	83	
Tunga mineraliska material	Density, kg/m ³	Heat W/m,K	Weight sum,kg	Weight																					
				Basement A	Basement B				Attic A				Attic B				External wall A								
Ground		1,4																							
Air	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aluminium	2700	200	6.560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brick, massive	1700	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concrete lightweight	510	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Concrete reinforced	2300	2,3	4.394.466	162.817	0	0	0	0	282.473	0	0	0	0	0	0	0	0	6.384	0	0	0	0	0	0	0
Glass	2600	2,9	15.160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gravel	2500	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gypsum, plaster board	900	0,06	35.108	0	0	23.892	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.589	0	0	6.628	0	0
Insulation, cellulose fibre	52	0,055	3.766	0	0	0	0	0	0	0	3.766	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Insulation, Glass wool	16	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Insulation, Polystyrene, EPS	15	0,055	531	0	531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Insulation, Rockwool	28	0,055	4.137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.159	0	0	0	0	793	0	2.185	0	0	0	0
Light clinker masonry	650	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plaster	1600	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Polyeten	950	0,22	18.004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	0	0	
Steel (EU-mix)	7900	17	711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wood	500	0,14	16.582	0	0	0	0	0	0	0	3.239	0	4.949	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wood board fiber	700	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wood board particle	675	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wood board plywood	500	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zink	7140	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
xxx	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
xxx	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
xxx	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1			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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineritskiva	1200	0,23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lättklinker	650	0,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineral wool	28	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glasull	16	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPS	15	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ekofiber	52	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Termoträ	48	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polyuretan	40	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XPolyeten	950	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trä	500	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Steel	7900	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Koppar	8950	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Galvaniserad takplåt	7800	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Glas	2600	2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klinkerplattor	2000	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Linoleum	1200	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PVC	1390	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XNatursten, kristallin	2800	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sandsten, hård	2200	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betong	2300	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tegel, håltegel	1500	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Puts (cementb)	1200	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Foamglas	120	0,039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cementbruk	2000	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gypsum	900	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plywood	500	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MDF	600	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Träfiberskivor (hårda)	1000	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spånplatta	500	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Summa	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	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANEXO H PLANILHA 10 – ENERGY EMISSIONS

Generic data

Emissions related to production of energy in a large plant

mg/MJ

Heat	Reference No / Comments	Nitrogen oxides (NOx)	Sulphur oxides (SOx)	Carbon oxid (CO)	Volatiles coal hydrogènes (NMVOC)	Carbon dioxide (CO2) - netto	Laughing gas (N2O)	Methane gas (CH4)	Particulates	Ammonia (NH3)	HCl	H2S	Sulfur hexafluoride, SF ₆	HFC-23 (hydrofluorocarbon)	HFC-134a (hydrofluorocarbon)	Ecointent, CO2 equiv (EI huvusakligen vattenkraft, CH), CML baseline 2000	Primary energy, MJ equiv/kg	xxx	mg CO2-equivalents/MJ	g CO2e/kWh	
Coal		78	79	46	2,3	106.000	13	1200	29	1,9						130.000	1,31		139.874	503,5	
Distr. heating - 60% NG & 40% VP						36.400													36.400	131,0	
District heating - Gävle		60,0	18			13.900													6.000	21,6	
District heating - Stockholm		5,7	4,36	11,05	0,91	8.822	0,39	17,82	0,58	0,14									9.384	33,8	
Natural gas, NG		66	3,2	9,6	3,5	58.000	0,58	12	0,32	0									58.473	210,5	
Oil, light fuel		135	210	19	13	90.000	0,6	4,3	1,6	0,66						88.000	1,31		90.286	325,0	
Peat		83	144	94	9,4	98.000	9,3	-170		1,1									96.521	347,5	
Solar heat flat plate collector						2.990										2.990	1,2		2.990	10,8	
Wood (soft) logs, furnace 100 kW						3.500										3.500	1,15		3.500	12,6	
Wood chips, furnace 1000 kW		93	40	300	23	2.800	4,7	4,7	3,7	2,4						4.080	1,24		4.318	15,5	
Electricity																					
Electricity CO2 free						0													0	0,0	

ANEXO I PLANILHA 11 – MATERIAL EMISSIONS

Generic data
Emissions related to production of building materials
 g/kg

Here are new materials
 inserted in alphabetic order

MATERIAL	Density kg/m3	Heat conduction, W/m,K	Nitrogen oxides (NOx)	Sulphur oxides (SOx)	Carbon oxid (CO)	Volatile coal hydrogenes (NMVOC)	Carbon dioxide (CO2) - netto	Laughing gas (N2O)	Methane gas (CH4)	Particulates	Ammonia (NH3)	HCl	H2S	Sulfur hexafluoride, SF ₆	HFC-23 (hydrofluorocarbon)	HFC-134a (hydrofluorocarbon)	Ecoinvent, CO2 equiv (Electr. mainly hydro), CML baseline 2000. Neg. values have been set to zero.	Primary energy, MJ equiv/kg	xxx	CO2-gequiv/kg	CO2-gequiv/m3	Källa
Air		0,08					0													0		
Aluminium	2700	200	27	71,6	96		10.634	0,0032	20		0,023	1,4					11900	194,48		11.135	30.064.375	EcoEffect
Brick, massive	1700	0,7	4,1	2,4			168							0,26			220	2,84		174	295.678	EcoEffect
Concrete lightweight	510	0,15																		450	229.500	SBI
Concrete reinforced	2300	2,3	0,3	0,12			132										112	0,616		132	303.600	EcoEffect
Glass	2600	2,9	4	0,81			605										550	12,92		605	1.573.000	EcoEffect
Gravel	2500	1,4																		4	10.000	SBI
Gypsum, plaster board	900	0,06	2	2	0,28		300										350	6,05		300	270.000	EcoEffect
Insulation, cellulose fibre	52	0,055					281										281	9,72		281	14.612	Eco Invent
Insulation, Glass wool	16	0,055					1.500										1500	49,2		1.500	24.000	Eco Invent
Insulation, Polystyrene, EPS	15	0,055	43	140	2,4	22	1.803					0,04					4400	105,96		1.803	27.045	EcoEffect
Insulation, Rockwool	28	0,055	2				1.460			1	3						1460	22,64		1.460	40.880	Eco Invent
Light masonry clinker	650	0,33																			92.500	SBI
Plaster	1600	1,2																		109	174.400	SBI

Polyeten	950	0,22	11	12,6	1,6	7,2	1.934		8,1	3,4		0,11	0,03			2570	92,61		2.137	2.029.675	EcoEffect
Steel (EU-mix)	7900	17	1	3			1.082									1780	28,58		1.082	8.547.800	EcoEffect
Wood	500	0,14	1,2	1,3			112									0	34,57		112	56.000	EcoEffect
Wood fiber board	700	0,13								1	3					0	60,82		226	158.200	SBI
Wood particle board	675	0,14														0	34,95		135	91.125	SBI
Wood plywood	500	0,13														0	65,92		667	333.500	SBI
Zink	7140	116																	3.300	23.562.000	SBI
xxx																					
xxx																					
xxx																					

To be completed!
 Observe! Materials has to be in
 alphabetic order

1 298 25 14, 143
 22,8 8 0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 23

 Eco Invent
 EcoEffect

INPUT																					
BUILDING FORM		BUILDING ENVELOP							ENERGY SAVING EQUIPMENT					ENERGY SUPPLY				TIME			
Average floor height, m	Perimeter ratio, %	Basement	Roof	External walls	Win-dows, U-values	Ext. Doors, U-value	Window area/Facade area, %	Ext. door area /Facade area, %	External heat pump (air, soil, water)	Ventilation heat recovery	Waste water heat exch.	Low energy light and whitewares	Buildings automatization	Solar collector, m2	PV-cell, m2	Urban wind mill, Ø m	Heating	Electricity, Building	Electricity, User	Building time	
		U, W/m2,k	U, W/m2,k	U, W/m2,k																	
Specifications according to earlier sheets	2,7	105%	0,29	0,18	0,05	1,50	2,00	15,0 %	6,3%	no	no	no	10,0%	yes	0	0	0	Electricity	Electricity CO2 free	Electricity CO2 free	50

	3,1	2830%	Additional glass wool insulation						Restore to original					Save change				50							
			With,mm	New U	With,mm	New U	With,mm	New U	1,50	2,00	4,5%	3,0%	no	yes	no	20,0%	yes		0	0	0	Electricity	Electricity CO2 free	Electricity CO2 free	
Try out changes				-		-		-																	

Energy		CO ₂ Specific			CO ₂ Total		
Total kWh/m ² , yr	Electricity kWh/m ² ,yr	Kg equiv CO ₂ /m ² ,yr	Kg equiv CO ₂ /m ² ,yr	kgCO ₂ e/yr, m2	kgCO ₂ e/yr	kgCO ₂ e/yr	kgCO ₂ e/yr
80				8			

RESULT							
BOUGHT ENERGY		SPECIFIC CO ₂			TOTAL CO ₂		
Total	Electricity	Energy	Materials	Total	Energy	Materials	Total
kWh/m ² , yr	kWh/m ² , yr	Kg equiv CO ₂ /m ² ,yr	Kg equiv CO ₂ /m ² ,yr	Kg equiv CO ₂ /m ² ,yr	kg equiv CO ₂ /yr	kg equiv CO ₂ /yr	kg equiv/yr
163	41	0,3	2,7	2,9	1.594	15.516	17.110

9%

91%

-313	48	0,0	2,8	2,8	0	16.227	16.227
------	----	-----	-----	-----	---	--------	--------

0%

100%

ENERGY	Original building		Changes
Energy use,original	kWh/yr		
External wall losses	17.356	17.355	Ch floor height 2.376
		0	Ch perimeter ratio 514.103
		0	Add insulation Ext walls 0
Basement losses	3.163	3.163	Add insulation 0
Roof losses	9.983	9.982	Add insulation 0
Windows	100.026	100.021	Change window size -2.153.595
		0	Change U-value 0
Doors	56.043	56.040	Change door size -893.343
		0	Cange U-value 0
Sum transmission losses	186.563		-2.530.460
Ventilation losses	379.039	Changes	
Hot water	148.093		0
Sum losses	713.694		7.844
Vent heat recovery	0	-284.279	71.070
Waste water heat exch.	0	0	
Heat pump	0	0	
Solar collector	0	0	
Toltal heat use	713.694	-2.814.739	
Building electricity	78.435		
Electricity ventilation recovery	0	71.070	
Electricity for external heat pump	0	0	
Automatisation	-7.844	0	
User electricity	156.871		
PV-cell	0	0	
Urban wind mill	0	0	
Low energy equipment	-15.687	-3.137	2.376
Total electricity use	211.775	67.932	

Overall sum	925.469	-2.746.807
Overall total	-1.821.337	
Total specific	-313	
Transm. specific	32	

CLIMATE

	kg CO2e	Energy
Transmission	0	
Ventilation	0	
Hot water	0	
Vent heat recovery	0	
Waste water heat exch.	0	
Heat pump	0	
Solar collector	0	
Build el.	0	
Electricity vent. recovery	0	
Electr. for ext. heat pump	0	
Automatisation	0	
User el.	0	
PV-cell	0	
Urban wind mill	0	
Low energy equipment	0	
Total	0	

ANEXO L PLANILHA 14 – CONSTRUCTION INPUT WORKSHEET - CONCRETE

Construction Input WorkSheet

Building life time, yr **50**

Basement slab							
A	Fraction of basement slab slabs type A	100%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Concrete reinforced	200	100%	0	0,09	0	50
2	Insulation, Polystyrene, EPS	100	100%	0	1,82	0	50
3	Gypsum, plaster board	150	50%	0	1,25	0	50
4				0	0,00	0	50
5				0	0,00	0	50
6				0	0,00	0	50
7				0	0,00	0	50
8				0	0,00	0	50
9				0	0,00	0	50
10				0	0,00	0	50
11				0	0,00	0	50
U-value	0,29	450	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 kgequiv/m2HFA	0,0	

B	Fraction of basement slab	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	0,00	0	50
2				0	0,00	0	50
3				0	0,00	0	50
4				0	0,00	0	50
5				0	0,00	0	50
6				0	0,00	0	50
7				0	0,00	0	50

8				0	0,00	0	50
9				0	0,00	0	50
10				0	0,00	0	50
11				0	0,00	0	50
U-value	0,00	0	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

Clear basement

Attic From inside ceiling to outside roof

A	Fraction of attic slabs type A	100%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Concrete reinforced	300	91%	0	0,12	0	50
1	Air	300	9%	0	0,34	0	50
2	Wood	180	8%	0	0,10	0	50
3	Insulation, cellulose fibre	350	46%	0	2,93	0	50
4	Wood	22	100%	0	0,16	0	50
5	Steel (EU-mix)	0,2	100%	0	0,00	0	50
6	Insulation, Rockwool	200	46%	0	1,67	0	50
7				0	0,00	0	50
8				0	0,00	0	50
9				0	0,00	0	50
10				0	0,00	0	50
11				0	0,00	0	50
U-value	0,18	1352	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

B	Fraction of attic	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	0,00	0	50
1				0	0,00	0	50
2				0	0,00	0	50
3				0	0,00	0	50
4				0	0,00	0	50
5				0	0,00	0	50
6				0	0,00	0	50
7				0	0,00	0	50
8				0	0,00	0	50
9				0	0,00	0	50
10				0	0,00	0	50
11				0	0	0	50
U-	Clear attic	0,00	0	Tot Weight 0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

External wall							
A	Fraction of external walls slabs type A	100%	Area, m2:	0,0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Concrete reinforced	5	98%	0	0,00	0	50
2	Insulation, Rockwool	50	100%	0	0,91	0	50
3	Gypsum, plaster board	9	100%	0	0,15	0	50
4	Insulation, Rockwool	145	95%	0	2,50	0	50
5	Polyeten	0,2	100%	0	0,00	0	50
6	Gypsum, plaster board	13	100%	0	0,22	0	50
7				0	0,00	0	50
8				0	0,00	0	50
9				0	0,00	0	50
10				0	0,00	0	50

11				0	0,00	0	50
U-value	0,25	222	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

B	Fraction of external walls	0%	Area, m2:	0,0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	0	0	50
2				0	0	0	50
3				0	0	0	50
4				0	0	0	50
5				0	0	0	50
6				0	0	0	50
7				0	0	0	50
8				0	0	0	50
9				0	0	0	50
10				0	0	0	50
11				0	0	0	50
U-value	0,00	0	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

Clear ext. walls

Slabs							
A	Fraction of slabs type A	100%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Concrete reinforced	300	91%	0	not relev.	0	50
2	Air	300	9%	0	not relev.	0	50
3	Polyeten	3	100%	0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50

5				0	not relev.	0	50
6				0	not relev.	0	50
		603	Tot Weight	0		Total	0
						CO2 equiv/m2HFA	0,0

B	Fraction of slabs	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	not relev.	0	50
2				0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
5				0	not relev.	0	50
6				0	not relev.	0	50
		0	Tot Weight	0		Total	0
						CO2 equiv/m2HFA	0,0

Clear slabs

Internal walls

A	Fraction of internal walls type A	91%	Total area	2720			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Gypsum, plaster board	13	100%	28.960	not relev.	0	50
2	Steel (EU-mix)	95	2%	37.153	not relev.	0	50
3	Gypsum, plaster board	13	100%	28.960	not relev.	0	50
4	Insulation, cellulose fibre	95	23%	2.812	not relev.	0	50
5				0	not relev.	0	50
6				0	not relev.	0	50
		216	Tot Weight	97.885		Total	0
		Area, m2:	2475			CO2 equiv/m2HFA	0,0

B	Fraction of internal walls type B	9%		245			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr

1	Glass	10	50%	3.182	not relev.	0	50
2	Wood	60	50%	3.672	not relev.	0	50
2				0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
5				0	not relev.	0	50
Clear int. walls		70	Tot Weight	6.854	Total	0	
		Area, m2:	245		CO2 equiv/m2HFA	0,0	

Windows

A	Fraction of windows type A	100%	Area, m2	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of aperture	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Glass	12	90%	0	not relev.	0	50
2	Aluminium	90	5%	0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
U-value	1,5	Tot Weight		0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

B	Fraction of windows	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of aperture	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	not relev.	0	50
2				0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
U-value		0	Tot Weight	0	Total	0	
clear windows					CO2 kgequiv/m ² HFA	0,0	

External Doors

A	Fraction of type A	100%	Area	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of aperture	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Wood	70	80%	0	not relev.	0	50
2	Air	0	0%	0	not relev.	0	50
3	Wood	90	20%	0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
U-value	2,0	160	Tot Weight	0	Total	0	
					CO ₂ kgequiv/m ² HFA	0,0	

B	Fraction of type B	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of aperture	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	not relev.	0	50
2				0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
U-value		0	Tot Weight	0	Total	0	
					CO ₂ kgequiv/m ² HFA	0,0	

Clear ext. doors

	Total CO₂ kgeq/m²HFA	0,0
--	---	------------

ANEXO M CONSTRUCTION INPUT WORKSHEET - WOOD

Construction Input WorkSheet Trä

Building life time, yr **50**

Basement slab

A	Fraction of basement slab slabs type A	100%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
	Wood	12	100%	0	0,09	0	50
	Polyeten	0,4	100%	0	0,00	0	50
	Insulation, Polystyrene, EPS	2	100%	0	0,04	0	50
	Concrete reinforced	65	100%	0	0,03	0	50
	Concrete reinforced	100	100%	0	0,04	0	50
	Insulation, rockwool	195	100%	0	3,55	0	50
				0	0,00	0	50
				0	0,00	0	50
				0	0,00	0	50
				0	0,00	0	50
				0	0,00	0	50
U-value	0,25	374	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 kgequiv/m2HFA	0,0	

B	Fraction of basement slab	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	0,00	0	50
2				0	0,00	0	50
3				0	0,00	0	50
4				0	0,00	0	50
5				0	0,00	0	50
6				0	0,00	0	50
7				0	0,00	0	50

8				0	0,00	0	50
9				0	0,00	0	50
10				0	0,00	0	50
11				0	0,00	0	50
U-value	0,00	0	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

Clear basement

Attic From inside ceiling to outside roof

A	Fraction of attic slabs type A	100%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Air	145	100%	0	1,81	0	50
1	Air	100	100%	0	1,25	0	50
2	Wood	28	100%	0	0,20	0	50
3	Polyeten	0,4	100%	0	0,00	0	50
4	Insulation, rockwool	500	100%	0	9,09	0	50
5	Wood	28	100%	0	0,20	0	50
6				0	0,00	0	50
7				0	0,00	0	50
8				0	0,00	0	50
9				0	0,00	0	50
10				0	0,00	0	50
11				0	0,00	0	50
U-value	0,08	801	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

B	Fraction of attic	0%	Area, m2:	0
---	-------------------	----	-----------	---

Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	0,00	0	50
1				0	0,00	0	50
2				0	0,00	0	50
3				0	0,00	0	50
4				0	0,00	0	50
5				0	0,00	0	50
6				0	0,00	0	50
7				0	0,00	0	50
8				0	0,00	0	50
9				0	0,00	0	50
10				0	0,00	0	50
11				0	0	0	50
U-value	0,00	0	Tot Weight	0	Total	0	
	Clear attic				CO2 equiv/m2HFA	0,0	

External wall							
A	Fraction of external walls slabs type A	100%	Area, m2:	0,0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Wood	18	100%	0	0,13	0	50
2	Air	18	100%	0	0,23	0	50
3	Wood	18	100%	0	0,13	0	50
4	Air	18	100%	0	0,23	0	50
5	Wood	18	100%	0	0,13	0	50
6	Insulation, rockwool	200	100%	0	3,64	0	50
7	Air	22	100%	0	0,28	0	50
8	Wood	22	100%	0	0,16	0	50
9				0	0,00	0	50

10				0	0,00	0	50
11				0	0,00	0	50
U-value		0,19	334	Tot Weight	0	Total	0
						CO2 equiv/m2HFA	0,0

B	Fraction of external walls	0%	Area, m2:	0,0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	0	0	50
2				0	0	0	50
3				0	0	0	50
4				0	0	0	50
5				0	0	0	50
6				0	0	0	50
7				0	0	0	50
8				0	0	0	50
9				0	0	0	50
10				0	0	0	50
11				0	0	0	50
U-value		0,00	0	Tot Weight	0	Total	0
						CO2 equiv/m2HFA	0,0
	Clear ext. walls						

Slabs							
A	Fraction of slabs type A	100%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Wood	22	100%	0	not relev.	0	50
2	Wood	145	20%	0	not relev.	0	50

3	Insulation, rockwool	145	80%	0	not relev.	0	50
4	Wood	15	100%	0	not relev.	0	50
5				0	not relev.	0	50
6				0	not relev.	0	50
		327	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

B	Fraction of slabs	0%	Area, m2:	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	not relev.	0	50
2				0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
5				0	not relev.	0	50
6				0	not relev.	0	50
Clear slabs		0	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 equiv/m2HFA	0,0	

Internal walls							
A	Fraction of internal walls type A	91%	Total area	2720			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Wood	18	100%	22.277	not relev.	0	50
2	Air	18	100%	0	not relev.	0	50
3	Wood	18	100%	22.277	not relev.	0	50
4	Air	18	100%	0	not relev.	0	50
5	Wood	18	100%	22.277	not relev.	0	50
6				0	not relev.	0	50
		90	Tot Weight	66.830	Total	0	

Area, m2: 2475

CO2 equiv/m2HFA 0,0

B		Fraction of internal walls type B	9%	Area, m2	245		
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	not relev.	0	50
2				0	not relev.	0	50
2				0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
5				0	not relev.	0	50
		Clear int. walls	0	Tot Weight	0	Total	0
		Area, m2:	245			CO2 equiv/m2HFA	0,0

Windows							
A		Fraction of windows type A	100%	Area, m2	0		
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Glass	12	90%	0	not relev.	0	50
2	Wood	40	10%	0	not relev.	0	50
3	Aluminium	0,5	10%	0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
U-value	1,5		Tot Weight	0	Total	0	
						CO2 equiv/m2HFA	0,0

B		Fraction of windows	0%	Area, m2:	0		
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	not relev.	0	50

2				0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
U-value		0	Tot Weight	0	Total	0	
	Clear windows				CO2 kgequiv/m ² HFA	0,0	

External Doors

A	Fraction of type A	100%	Area	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1	Glass	8	66%	0	not relev.	0	50
2	Steel (EU-mix)	60	2%	0	not relev.	0	50
3	Wood	60	32%	0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
U-value	2,0	128	Tot Weight	0	Total	0	
	Clear ext. doors				CO2 kgequiv/m ² HFA	0,0	

B	Fraction of type B	0%	Area, m ² :	0			
Layer	Material	Thickness, mm	Fraction of Layer	Weight, kg	Heat-resist. m ² K/W	CO ₂ kgequiv	Life time, yr
1				0	not relev.	0	50
2				0	not relev.	0	50
3				0	not relev.	0	50
4				0	not relev.	0	50
U-value		0	Tot Weight	0	Total	0	
					CO2 kgequiv/m ² HFA	0,0	

	Total CO2 kgeq/m²HFA	0,0
--	--	------------

