



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

LÍCIA TRAJANO

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS DERIVADOS DO
CIMENTO PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

Recife, PE
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

LÍCIA TRAJANO

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS DERIVADOS DO
CIMENTO PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Cardim de Carvalho Filho

Recife, PE
2010

LÍCIA TRAJANO

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS PRODUTOS DERIVADOS DO
CIMENTO PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

BANCA EXAMINADORA:

Orientador:

Prof. Dr. Arnaldo Cardim de Carvalho Filho
Universidade de Pernambuco

Examinadores:

Prof^a. Dr^a. Maria da Graça de V. Xavier Ferreira
Examinadora Externa
Universidade Católica de Pernambuco

Prof^a. Dr^a Eliana Cristina Barreto Monteiro
Examinadora Interna
Universidade de Pernambuco

Recife, PE
2010

DEDICATÓRIA

A todos que fizeram por esse sonho acontecer, e em especial à minha prima Maria Amália, que sem o seu incentivo e apoio, seria impossível o meu êxito.

AGRADECIMENTOS

A meu professor, orientador e amigo Arnaldo Cardim, que, com sua experiência e paciência me indicou como chegar ao final de minha pesquisa, e, embora muitas vezes, com obstáculos a serem vencidos, me mostrou como ser uma verdadeira pesquisadora. Também agradeço as minhas idas em Congressos, aos quais sem a sua ajuda não poderia ter participado.

A todos os professores do mestrado, que várias vezes me ajudaram e me ensinaram um novo mundo de conhecimento e pesquisa antes não explorado por mim, mas que hoje, certamente faz parte do meu cotidiano em todos os aspectos de minha vida.

A meus irmãos, meu marido Edvanilson, sobrinhos e demais familiares, em especial às minhas irmãs Márcia e Mércia, que inúmeras vezes, me ajudaram e me apoiaram nas horas difíceis.

A meus pais, Lourival e Carmen que são eternos professores, por sua herança de cultura e sabedoria, que estarão em meu corpo e mente para sempre.

À minha madrinha Myriam, que tenho certeza, está cheia de orgulho com essa dissertação.

À secretária do PEC, Lúcia Rosani, que diversas vezes foi solicitada para ajudar os alunos e sempre com sua calma e dedicação fez seu trabalho com louvor.

Aos demais funcionários da Poli, que foram bastante cordiais, amigos e servidores em diversas ocasiões.

Enfim, aos meus novos e queridos amigos do mestrado, que são especiais, e, embora alguns um pouco distantes, outros, por sua vez, foram maravilhosos e presentes quando precisei especialmente Rúbia, Cláudia, Sérgio, Renato, Rômulo, Ana Rosa e Geovani.

“A instrução ensina o homem a descobrir a Ciência; a educação leva-o a criar valores dentro de si mesmo. A educação é mais importante, pois torna bom o homem, embora ambas sejam necessárias.”

Humberto Rhoden

RESUMO

No campo da construção de habitações de interesse social, vem sendo discutidos mecanismos que dêem suporte ao atendimento das questões ambientais. De forma indissociável os temas de tecnologias construtivas economicamente viáveis e proteção ao meio ambiente tomam vulto nas discussões, principalmente no cumprimento dos princípios do desenvolvimento sustentável. A carência por um grande número de unidades habitacionais, infra-estrutura de transporte e saneamento, coloca o ambiente construído como uma fonte que demanda grande quantidade de recursos finitos (matéria e energia, dentre outros).

Esta dissertação tem como objetivo principal avaliar o ciclo de vida dos produtos derivados do cimento para habitações de interesse social definindo e construindo o perfil ambiental dos mesmos. O produto escolhido são os blocos de concreto utilizados na alvenaria de vedação em habitações de interesse social. O trabalho busca avaliar este produto quantitativa e qualitativamente, e comparando os seus aspectos ambientais. A metodologia utilizada para a avaliação do ciclo de vida dos blocos de concreto apresenta-se em 3 fases: 1) a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), com base em um estudo de caso com a coleta de dados locais; 2) a ACV utilizando a ferramenta computacional SimaPro; e 3) a comparação dos resultados obtidos nas duas fases anteriores. A ACV, por sua vez, contempla cinco etapas, conforme orientações das normas da série ISO 14.040, as quais especificam diretrizes para definir os princípios e a estruturação do trabalho, os objetivos, escopo e análise dos inventários; que no caso em estudo verificou-se para as emissões de CO₂, NO_x, SO₂ e Particulados. Este estudo proporciona resultados que buscam contribuir para a sustentabilidade ambiental, visando diminuir o consumo da matéria prima e energia e também emissões, auxiliando na escolha de materiais de construção mais adequados ao meio ambiente.

Palavras Chave: Avaliação do ciclo de vida. Desenvolvimento sustentável. Habitações de interesse social.

ABSTRACT

In the field of social housing construction, arguments have been raised regarding mechanisms that support environmental issues. Intrinsically related, discussions regarding economically sustainable building technology and environmental protection take shape specially focusing on the implementation of principles for sustainable development.

The need for a large number of social housing units as well as transportation infrastructure and sanitation systems identify the built environment as a source of great demand of finite resources (i.e., material and energy among others).

The main objective of the present study is the evaluation of the Life Cycle Assessment (LCA) of products derived from cement used in social housing and to define and build their environmental profile. The selected product is concrete blocks used for masonry in social housing. The study aims to evaluate the product quantitatively and qualitatively and to compare its environmental aspects. The methodology utilized in concrete block LCA is presented in three (3) phases: 1) evaluation of the life cycle (LCA), based on a case study with local data collection; 2) LCA using SimaPro, a computational tool; and 3) the comparison of results obtained in the two previous phases. LCA requires five (5) phases according to norms set by ISO 14,040 series which provide guidelines to define the principles and structure of the study, as well as its objectives, scope and analysis of inventories; that in the case in study it was verified to CO₂ emissions, NO_x, SO₂ and Particulates. This study provides results that seek to contribute to environmental sustainability, aiming to reduce the consumption of raw materials and energy as well as emissions; therefore, helping in the choice of construction materials that are more suitable to the environment.

Key-words: Life cycle assessment. Sustainable development. Social housing.

LISTAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diferentes setores responsáveis pelo aquecimento global.....	15
Figura 1.2 - Anos para o esgotamento de alguns recursos minerais.....	16
Figura 2.1 – Emissões mundiais de CO ₂	22
Figura 2.2 – Influência média de decisões em etapas do empreendimento no impacto ambiental.....	31
Figura 2.3 – Etapas da metodologia da ACV.....	33
Figura 2.4 – Avaliação do ciclo de vida.....	35
Figura 2.5 – Estocagem da matéria prima areia natural.....	41
Figura 2.6 – Estocagem de matéria prima cimento.....	41
Figura 2.7 – Transporte interno da areia artificial.....	42
Figura 2.8 – Mistura dos materiais.....	42
Figura 2.9 – Prensagem dos blocos.....	43
Figura 2.10 – Secagem e cura dos blocos.....	43
Figura 2.11 – Estocagem dos blocos.....	44
Figura 2.12 – Paletização dos blocos.....	44
Figura 2.13 – Consumo final, na fase de uso, de energia elétrica no Brasil.....	47
Figura 2.14 – Diagrama do sistema energético de uma edificação nas fases de produção, manutenção e uso.....	49
Figura 3.1 – Projeto da fachada de uma casa padrão popular.....	52
Figura 3.2 – Projeto de uma casa padrão popular.....	53
Figura 3.3 – Fluxograma do limite do sistema.....	57
Figura 3.4 - Dimensões do bloco de concreto.....	58
Figura 3.5- Armazenamento da matéria prima areia na fábrica de pré-moldados.	62
Figura 3.6 - Armazenamento da matéria prima cimento.....	63

Figura 3.7- Paletes para armazenamento dos blocos.....	64
Figura 3.8 – Frequência anual de desastres naturais para todo o globo (1900-2006).....	72
Figura 3.9 – Impactos relacionados com as fases do ciclo de vida do bloco de concreto.....	77
Figura 3.10 – Perfil dos impactos ambientais da produção de 1000 blocos de concreto.....	77
Figura 3.11 – Dados de entrada do SimaPro.....	81
Figura 3.12 – Avaliação dos impactos ambientais – caracterização.....	82
Figura 3.13 – Avaliação dos impactos ambientais – Pontuação única.....	83
Figura 3.14 – Gráfico comparativo da análise de contribuição.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Exemplo de inventário dos materiais.....	17
Tabela 2.1 – Critérios aplicáveis para definir o material ambientalmente correto.....	32
Tabela 2.2 - Dimensões reais dos blocos de concreto.....	39
Tabela 2.3 – Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos.....	40
Tabela 3.1 – Caracterização dos dados estudados.....	54
Tabela 3.2 – Quadro resumo do cálculo da quantidade de óleo diesel no transporte de materiais.....	60
Tabela 3.3 - Quantidade de insumos para produção de blocos de concreto.....	62
Tabela 3.4 - Resumo de entrada de matéria e energia para produção de 1000 blocos de concreto.....	65
Tabela 3.5 - Fatores médios de emissão (g/km rodado) dos veículos em uso na Região Metropolitana de São Paulo em 1998.....	67
Tabela 3.6 – Cálculo dos fatores de emissão de NO _x e SO ₂ em kg/km rodado....	68
Tabela 3.7 - Especificação do Óleo Diesel.....	68
Tabela 3.8 - Resumo das saídas da produção de blocos de concreto.....	70
Tabela 3.9 – Fatores de equivalência ambiental.....	74
Tabela 3.10 – Apresentação dos valores equivalentes e quantidades de saídas do sistema.....	74
Tabela 3.11 – Cálculo dos impactos totais.....	75
Tabela 3.12 – Normalização dos impactos.....	76
Tabela 3.13 – Cálculo dos impactos totais para 100 casas de interesse social.....	76
Tabela 3.14 – Valor total por categoria dos impactos na fase de transporte.....	78
Tabela 3.15 - Análise da contribuição por etapa de transporte, produção, paletização e embalagem.....	79
Tabela 3.16 – Análise da contribuição por substâncias emitidas no transporte.....	79
Tabela 3.17 – Análise do predomínio por etapa de transporte, produção,	

paletização e embalagem.....	80
Tabela 3.18 – Análise do predomínio por substâncias emitidas no transporte.....	80
Tabela 3.19 – Quantidade de substâncias por material e processos utilizados para confecção dos blocos de concreto – SimaPro.....	84
Tabela 3.20 – Análise da contribuição por substâncias emitidas – SimaPro.....	84
Tabela 3.21 – Análise do predomínio por etapa de transporte, produção, paletização e embalagem.....	85
Tabela 3.22 – Análise do predomínio das duas metodologias aplicadas nas etapas de transporte, produção, paletização e embalagem do estudo de ACV.....	86

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	19
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 Objetivo geral.....	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	20
2.0 ESTADO DO CONHECIMENTO.....	21
2.1 INTRODUÇÃO.....	21
2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	24
2.3 A SUSTENTABILIDADE E A CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
2.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	28
2.4.1 HISTÓRICO.....	28
2.4.2 ACV E AS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL.....	35
2.5 EFEITOS DOS AGENTES EMITIDOS NO MEIO AMBIENTE.....	36
2.5.1 Dióxido de Carbono (CO ₂).....	36
2.5.2 Óxidos de Nitrogênio (NO _x).....	36
2.5.3 Dióxido de Enxofre (SO ₂).....	36
2.5.4 Particulados.....	37
2.6 BLOCOS DE CONCRETO.....	38
2.7 ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCOS DE CONCRETO.....	45
2.8 EMERGIA.....	46
3.0 METODOLOGIA.....	51
3.1 INTRODUÇÃO.....	51
3.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ESTUDO DE CASO).....	51
3.2.1 Princípios e estruturação.....	51
3.2.2 Definição dos objetivos e alcance.....	54
3.2.3 Inventário.....	56
3.2.4 Avaliação dos impactos ambientais do ciclo de vida.....	70
3.2.4.1 Classificação.....	71
3.2.4.2 Caracterização.....	73

3.2.4.3 Normalização.....	75
3.2.5 Análise dos resultados.....	76
3.2.6 Interpretação.....	78
3.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA UTILIZANDO O SIMAPRO.....	80
3.3.1 Princípios e estruturação e Definição dos objetivos e alcance.....	80
3.3.2 Inventário.....	81
3.3.3 Avaliação dos impactos ambientais do ciclo de vida.....	81
3.3.3.1 Classificação/Caracterização.....	81
3.3.4 Análise dos resultados.....	83
3.3.5 Interpretação.....	85
3.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS DUAS AVALIAÇÕES DO CICLO DE VIDA.....	85
4.0 CONCLUSÕES.....	88
5.0 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	91
REFERÊNCIAS	92

1.0 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é considerada uma grande consumidora de recursos naturais, absorvendo de 20 a 50% dos recursos explorados no mundo. (JOHN, V.M., 2001).

Como grande consumidora de recursos materiais e energia, de acordo com o International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), conseqüentemente a construção civil libera grandes quantidades de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) que quando depositados no ar, água ou solo, causam grandes impactos ambientais, e contribuem para as chuvas ácidas (acidificação), bem como para o aquecimento global (DRUSZCZ, 2002).

Constitui um grande desafio para o setor da construção civil trabalhar enfocando o desenvolvimento sustentável, inclusive no que diz respeito aos materiais de construção, pois cada vez se torna mais difícil obter as matérias primas necessárias aos materiais de construção. (TRAJANO, L. et al., 2008). Um exemplo da dificuldade de obtenção de alguns desses materiais, tais como areia, brita, cimento, madeira, etc., se dá pela influência da distância de transporte dos mesmos.

A figura 1.1 apresenta um gráfico que representa parte proporcional dos diferentes setores causadores das emissões totais de CO₂, responsáveis pelo aquecimento global, com o setor energético o maior participante. Cerca de 7,90% corresponde ao setor da construção, uso e manutenção dos edifícios residenciais e comerciais.

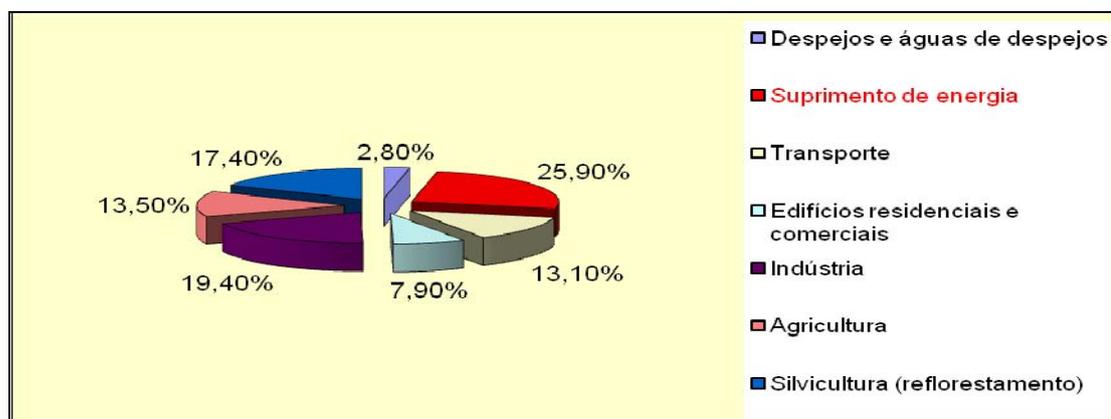


Figura 1.1 –Diferentes setores responsáveis pelo aquecimento global

Fonte: IPCC, 2007.

A figura 1.2 a seguir demonstra as reservas restantes de alguns tipos de recursos não renováveis, onde enfoca os anos restantes de extração, que poderá ser até mesmo menor que

as estimativas. A estimativa de extração dos minérios de ferro, material bastante empregado na construção civil, é de 218 anos, e a bauxita, minério onde se extrai o alumínio, a expectativa de tempo de duração é de cerca de 195 anos apenas.

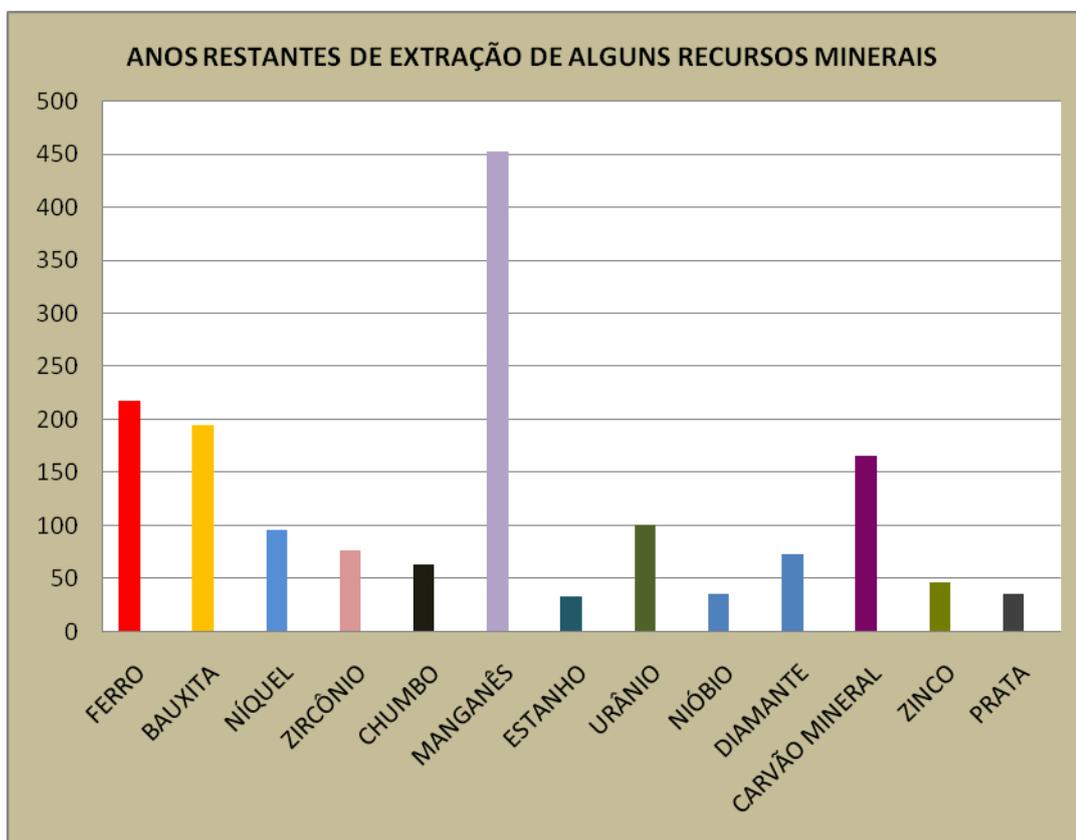


Figura 1.2 – Anos para o esgotamento de alguns recursos minerais.

Fonte: DEP. DE PRODUÇÃO MINERAL, 2006.

A construção de edificações consome cerca de 75% dos recursos extraídos da natureza e esses recursos são em maior parte não renováveis. A produção, transporte e uso de materiais contribuem, sem sombra de dúvidas, para a poluição global. (JOHN, V.M.; OLIVEIRA, D.P.; AGOPYAN, V.2005).

Cada material, a sua respectiva quantidade e a forma como este será utilizado na construção resultará numa contribuição ao encargo ambiental. (NASCIMENTO, M.A.; TORRES, E.A.; MACHADO, S.L., 2007).

A tabela 1.1 a seguir é um exemplo de inventário de uso de alguns materiais empregados na construção de uma edificação de um edifício com 7.300 m², mostrando o consumo de energia,

a partir do qual se verifica que o cimento, embora sendo o material com grande consumo em peso, não utiliza grandes quantidades de energia, em comparação a outros materiais, contribua em grande representatividade aos impactos ao meio ambiente, devido à grande emissão de CO₂, através do uso dos combustíveis fósseis nas fases de extração de matérias primas, produção e transporte do mesmo aos canteiros de obras.

Tabela 1.1 - Exemplo de inventário dos materiais

INVENTÁRIO DOS MATERIAIS X ENERGIA EMBUTIDA		
MATERIAIS	QUANT.(Ton/7.300m²)	QUANT.(MJ/KG)
Alumínio	16	207
Tinta látex	0,5	70
PVC (Inst. Elétrica e hidráulica)	2	60,7
Aço	471	12,3
Madeira	3	10,8
Vidro	20	6,8
Cerâmicas	6	5,5
Cimento (nas argamassas)	2.300	1,4
Areia	8.000	0,6
Brita	1860	0,2
Água	622	0,2

Fonte: Adaptado de **NASCIMENTO, M.A.; TORRES, E.A.; MACHADO, S.L.**, 2007.

Atualmente há tendências distintas para avaliar ambientalmente os materiais da construção civil (CARVALHO FILHO, 2001). Já existem ferramentas ambientais com a finalidade de elaborar estudos que permitam executar essa avaliação. Uma das várias ferramentas ambientais é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que é utilizada para a análise das relações entre os sistemas e o meio ambiente (XAVIER; PIRES, 2004).

A ACV é um método que possibilita a análise ambiental desde a extração dos recursos naturais ao descarte final de um produto, processo ou atividade. É observado que diversas instituições têm buscado uma base conceitual mais sólida e uniforme, sendo destacado o da Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), que está trabalhando com a ACV desde 1990, entretanto, ainda não existem procedimentos universalmente aceitos dentro do setor da construção para a ACV, como no caso de alguns produtos das indústrias de produção em série.

A realização da ACV engloba quatro etapas de execução, segundo orientações das normas ISO 14.040 (1997), ISO 14.041 (1998), ISO 14.042 (2000) e ISO 14.043 (2000), e a partir de 2006, as normas de ISO 14.040, ISO 14.041, ISO 14.042 e 14.043, foram compiladas para as normas ISO 14.040 e ISO 14.044 (2006). No Brasil foi editada a norma NBR 14.040 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no ano de 2001.

Abaixo estão descritas cada norma e os aspectos de cada uma delas:

- ✓ ISO 14.040 – Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework - etapa que trata dos princípios e estruturação da ACV, com sua versão nacional a NBR 14.040. Esta norma especifica a estrutura geral, seus princípios e requisitos para conduzir e relatar um estudo de ACV, não incluindo as técnicas de avaliação de vida em detalhes;
- ✓ ISO 14.041 – Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis - etapa que define os objetivos e escopos e as análises dos inventários. Esta norma orienta como o escopo deve ser suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o grau de detalhes do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender ao objetivo estabelecido. Da mesma forma, esta norma orienta como realizar a análise do inventário, que envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculos para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto;
- ✓ ISO 14.042 – Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment - etapa onde analisa os impactos causados. Esta norma especifica os elementos essenciais para a estruturação dos dados, sua caracterização, a avaliação quantitativa e qualitativa dos impactos potenciais na etapa da análise do inventário;
- ✓ ISO 14.043 – Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation, etapa que identifica, quantifica, qualifica, checa e avalia os resultados. Esta norma define um procedimento sistemático para identificar, qualificar, conferir e avaliar as informações dos resultados do inventário do ciclo de vida, facilitando a interpretação para criar uma base onde as conclusões e recomendações serão materializadas em um relatório final;

- ✓ ISO 14.044 - Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and Guidelines, etapa que define diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho de dissertação busca na ACV dos produtos derivados do cimento o intuito de analisar e quantificar os impactos ambientais causados na fase de fabricação, e na fase de utilização destes materiais de construção empregados nas obras de interesse social, desde o consumo de suas matérias primas e energia, até o fim da vida útil dos mesmos, ou até o fim da vida descrito nos limites do sistema em estudo, ao qual deverá ser devolvido à natureza, incluindo também a fase de transporte dos mesmos.

Neste trabalho, os produtos derivados do cimento foram escolhidos com a finalidade de que possa traçar o perfil ambiental desses produtos. Estes materiais são de grande relevância na construção civil, havendo uma importância significativa para a realização deste estudo. Como os materiais a base de cimento são recicláveis; seus resíduos são razoavelmente inertes e não tóxicos; possuem alta durabilidade; versáteis nas aplicações quanto à resistência mecânica; suas matérias primas são abundantes. O cimento é um material de fácil obtenção e bastante utilizado nas construções, embora para a sua fabricação seja necessário um elevado consumo de energia e emitidas grandes quantidades de CO₂, NO_x e SO₂, e particulados, assim como a utilização de recursos não renováveis, fazendo-se necessário um estudo deste perfil sobre o seu comportamento ambiental satisfatório ou não. (CARDIM, et al, 1997).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Esta dissertação tem por objetivo avaliar o ciclo de vida da produção dos blocos de concreto para aplicação em habitações de interesse social. São utilizados os conceitos de avaliação do ciclo de vida, orientados pelas normas da série ISO 14.040 a 14.044, com a finalidade de identificar e quantificar os tipos de emissões poluentes mais impactantes ao meio ambiente, buscando contribuir com a melhoria construtiva deste tipo de habitação, dando suporte para a utilização de um material que cause menos degradação ao planeta.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Aplicar a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para definir o perfil ambiental dos blocos de concreto;
- ✓ Construir o perfil ambiental dos blocos de concreto a partir de inventários próprios;
- ✓ Comparar resultados obtidos utilizando os dados locais com os da ferramenta computacional SimaPro, que através destes resultados, poderão ser feitas formulações potenciais capazes de contribuir para a sustentabilidade ambiental.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O Presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, incluindo este primeiro capítulo de introdução, onde são apresentadas as justificativas. Descreve também os objetivos gerais e os específicos desta dissertação e a estruturação do trabalho.

No 2º capítulo, serão abordados os conceitos necessários para a contextualização do tema principal da Avaliação do Ciclo de Vida dos produtos derivados do cimento para habitações de interesse social.

O 3º capítulo contém o método usado para a consecução dos objetivos desta dissertação, descrevendo etapas e trazendo resultados desta pesquisa.

O 4º capítulo apresenta as conclusões deste trabalho.

O 5º quinto e último capítulo expõe algumas recomendações para trabalhos futuros.

2.0 ESTADO DO CONHECIMENTO

2.1 INTRODUÇÃO

O consumo cada vez maior de matéria prima e energia, onde quase sempre há uma vasta gama de desperdício de materiais e de resíduos empregados, leva a uma perda considerável destas matérias primas e insumos. (CIB, 2000, apud DRUSZCZ, 2002)

Um comprometimento maior por parte das indústrias, através dos conceitos de Qualidade Total, proveniente de usos mais eficientes de interesses técnicos, econômicos e comerciais, levará a diminuição de contaminantes. (VALLE, 1996, apud MASTELLA, 2002). Embora durante muitos anos, o sinônimo de progresso tenha sido relacionado com chaminés emanando nuvens de fumaça ao meio ambiente e poluindo toda a área, atualmente sabe-se que com os impactos causados pela emissão de gases e particulados, aumenta o aquecimento global e, portanto, esta imagem é hoje incorreta do ponto de vista ambiental.

Uma maior quantidade de emissões líquidas, sólidas e/ou gasosas está cada vez mais em evidência, demandando uma investigação com maior nível de detalhamento e mais eficaz sobre os efeitos dos impactos ambientais envolvendo produtos e sistemas. Surgem a cada dia novos estudos dos danos causados por estes impactos, embora ainda de forma bastante tímida. Com intuito de reduzir o impacto ambiental, a troca de um determinado processo industrial, poderá aumentar impactos referentes aos dos processos anteriores e posteriores na cadeia produtiva, pois a matéria prima que é necessária poderá ser diferente, levando a uma troca nas especificações dos produtos a serem obtidos após essa troca. (FULLANA, PUIG, 1997).

Em 2000, 61,3% das emissões do mundo foram geradas por queima de combustível fóssil, 3,4% de processos industriais; 18,2% por mudança no uso da terra; 13,5% da agricultura; 3,6% de resíduos. No Brasil, 75% das emissões de 2004 foram originadas de mudança no uso da terra e florestas. Projetos de reflorestamento deveriam ser os mais incentivados. Porém, os métodos de reflorestamento são muito propícios a detalhes. (KOMATSU, 2008). A figura 2.1 mostra como estão distribuídas as emissões no mundo, observando como a queima de combustível fóssil é o maior responsável por essas emissões com mais da metade do percentual cabendo a esta parcela.

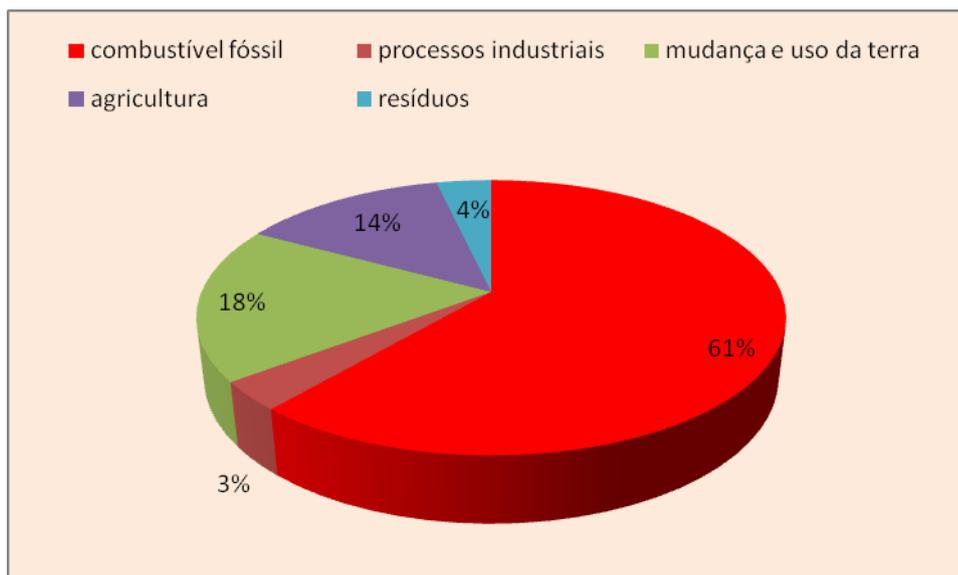


Figura 2.1 –Emissões mundiais de CO₂

Fonte: Adaptado de KOMATSU, 2008.

Também no ano de 2000, foi aprovado a versão final de um documento intitulado Carta da Terra, que teve seu primeiro esboço redigido em 1997, sob a coordenação de Maurice Strong (Secretário Geral da conferência da Organização das Nações Unidas – ONU sobre meio ambiente e desenvolvimento, a ECO-92 no Rio de Janeiro) e Mikhail Gorbachev (fundador da organização não governamental Cruz Verde Internacional em 1993). Em 1998 a 1999, houve um amplo debate e discussão em todos os continentes e em todos os níveis, incluindo de escolas primárias até ministérios, com 46 países e mais de 100.000 pessoas envolvidas. (MMA, 2009).

Carta da Terra, servindo como um Código ético planetário. É o equivalente à Declaração Universal dos Direitos Humanos para a área de meio ambiente. Este documento retrata exatamente o que está acontecendo com o planeta Terra, onde estão sendo consumidas todas as matérias primas existentes e desrespeitando o desenvolvimento sustentável. Caso nada seja feito, através de uma aliança global no intuito de cuidar da Terra e uns dos outros, estará sendo posta em perigo toda forma de vida do planeta, inclusive a humana. A situação requer, por parte dos governantes, medidas urgentes no sentido de tentar parar o avanço cada vez maior da destruição do planeta, bem como atitudes que façam diminuir, ou até mesmo parar, a demanda por estes recursos finitos e o uso de energias.

A Carta da Terra expõe 16 princípios, os quais estão relacionados a seguir:

- ✓ respeitar a Terra e a vida em toda sua diversidade;
- ✓ cuidar da comunidade da vida com compreensão, compaixão e amor;
- ✓ construir sociedades democráticas que sejam justas, participativas, sustentáveis e pacíficas;
- ✓ garantir as dádivas e a beleza da Terra para atuais e às futuras gerações;
- ✓ proteger e restaurar a integridade dos sistemas ecológicos da Terra, com especial preocupação pela diversidade biológica e pelos processos naturais que sustentam a vida;
- ✓ prevenir o dano ao ambiente como o melhor método de proteção ambiental e, quando o conhecimento for limitado, assumir uma postura de preocupação;
- ✓ adotar padrões de produção, consumo e reprodução que protejam as capacidades regenerativas da Terra, os direitos humanos e o bem-estar comunitário;
- ✓ avaliar o estudo da sustentabilidade ecológica e promover a troca aberta e a ampla aplicação do conhecimento adquirido;
- ✓ erradicar a pobreza como um imperativo ético, social e ambiental;
- ✓ garantir que as atividades e instituições econômicas em todos os níveis promovam o desenvolvimento humano de forma equitativa e sustentável;
- ✓ afirmar a igualdade e a equidade de gênero como pré-requisitos para o desenvolvimento sustentável e assegurar o acesso universal à educação, assistência de saúde e às oportunidades econômicas;
- ✓ defender, sem discriminação, os direitos de todas as pessoas a um ambiente natural e social, capaz de assegurar a dignidade humana, a saúde corporal e o bem-estar espiritual, concedendo especial atenção aos direitos dos povos indígenas e minorias;
- ✓ fortalecer as instituições democráticas em todos os níveis, proporcionar-lhes transparência e prestação de contas no exercício do governo, participação inclusive na tomada de decisões e acesso à justiça;
- ✓ integrar, na educação formal e na aprendizagem ao longo da vida, os conhecimentos, valores e habilidades necessárias para um modo de vida sustentável;
- ✓ tratar todos os seres vivos com respeito e consideração; e
- ✓ promover uma cultura de tolerância, não violência e paz.

2.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu no Informe Brundtland. (ONU, 1987 apud Cardim Filho et al., 1997), que lhe definiu como sendo aquele “que satisfaça as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”.

O desenvolvimento sustentável está fundamentado em três princípios básicos estabelecidos por Daly (Xercanvis, 1996, apud Cardim et al., 1997), conforme a seguir:

- ✓ o ritmo de utilização dos recursos renováveis deve ser menor ou igual a sua capacidade de regeneração;
- ✓ o ritmo de utilização dos recursos renováveis deve ser menor ou igual que a geração de recursos renováveis substitutivos;
- ✓ o ritmo de geração de elementos contaminantes deve ser menor ou igual ao necessário para sua absorção, esterilização ou reciclagem.

Conforme Valle (1996), apud Mastella (2002), a definição de desenvolvimento sustentável compreende em atender às necessidades da geração atual, sem comprometer o direito das gerações futuras.

Engloba dois conceitos: o primeiro é o das necessidades, que podem variar de sociedade para sociedade, mas que devem ser satisfeitas para assegurar as condições essenciais de vida a todos; e o segundo conceito é o de limitação, que reconhece a necessidade da tecnologia desenvolver soluções que conservem os recursos limitados atualmente disponíveis e que permita renová-los na medida em que eles sejam necessários às futuras gerações.

Culminando com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992, no Rio de Janeiro, também conhecida por ECO-92, foi criado um documento com um programa de ação com quarenta capítulos, intitulado Agenda 21, constituindo a mais abrangente e realizada tentativa de promover, em escala mundial, um novo padrão de desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica, reuniu governos e instituições sociais civis de 179 países, que durou cerca de dois anos para ser elaborado por governos e entidades de diversos

países que contribuíram com propostas para a criação deste plano de ações para concretizar o ideal de desenvolver sem agredir ao meio ambiente

Como resultado da ECO-92, além da Agenda 21, também resultaram deste processo cinco acordos, que são a Declaração do Rio, a Declaração de Princípios sobre o Uso das Florestas, o Convênio sobre a Diversidade Biológica e a Convenção sobre Mudanças Climáticas, visando as peculiaridades da indústria brasileira, também conhecida como a Agenda 21 da construção brasileira, quanto às necessidades sociais, econômicas e ambientais (JOHN et al., 2000 apud DRUSZCZ, 2002), os seguintes pontos abaixo relacionados:

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

2.3 A SUSTENTABILIDADE E A CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil, é responsável pelo consumo de cerca de 40% da energia produzida em todo o mundo assim como os recursos naturais. No Brasil, este consumo chega a ser de 55% de toda a madeira não certificada e há uma grande utilização de água que chega a ser de 34%, usada na construção. (ANAB, 2009)

A indústria da construção e seus produtos consome aproximadamente 40% da energia e dos recursos naturais e gera 40% dos resíduos produzidos por todo o conjunto de atividades humanas (SJOSTROM, 2000 apud JONH et al, 2001) e libera grandes quantidades de resíduos sólidos e líquidos que vão ser depositados no ar, água ou solo, causando grandes impactos ao meio ambiente, como por exemplo a chuva ácida, que ocorre a partir da queima de carvão e de combustíveis fósseis e os poluentes industriais lançam dióxido de enxofre e de

nitrogênio na atmosfera. Esses gases combinam-se com o hidrogênio presente na atmosfera sob a forma de vapor de água. O resultado são as chuvas ácidas. As águas da chuva, assim como a geada, neve e neblina, ficam carregadas de ácido sulfúrico ou ácido nítrico. Ao caírem na superfície, alteram a composição química do solo e das águas, atingem as cadeias alimentares, destroem florestas e lavouras, atacam estruturas metálicas, monumentos e edificações. (acidificação) e o aquecimento global (DRUSZCZ, 2002). Por estes motivos constitui fonte de grandes cargas ambientais e impactos ao entorno ambiental.

O contexto atual é bastante preocupante com a degradação ambiental e com o esgotamento de reservas naturais, o que tem feito com que muitas ações, no âmbito nacional e internacional, estejam sendo implementadas, no sentido de conscientizar não somente os setores produtivos da economia e os órgãos governamentais dos países, mas toda a população. (KRONKA, 1998, apud DRUSZCZ, 2002).

Os principais elementos de uma construção sustentável são (CIB, 2000):

- ✓ redução do uso das fontes de energia e do esgotamento dos recursos minerais;
- ✓ conservação das áreas naturais e da biodiversidade; e
- ✓ manutenção da qualidade do ambiente construído e gerencialmente saudável de ambientes internos.

Com respeito ao uso de materiais de construção, deverão ser escolhidos àqueles menos agressivos ao meio ambiente e que causem o menor impacto possível sobre a natureza. (LIPPIATT, 1998, apud DRUSZCZ, 2002).

Há necessidade de ações combinadas e simultâneas para a redução destes impactos ambientais (KILBERY, 1994, apud JOHN, V.M., 2001), tais como as abaixo listadas:

- ✓ minimizar o consumo de recursos (conservar);
- ✓ maximizar a reutilização de recursos (reutilizar materiais e componentes);
- ✓ usar recursos renováveis ou recicláveis (renovar/reciclar);
- ✓ criar um ambiente saudável e não tóxico (utilizar não tóxico);
- ✓ proteger o meio ambiente (proteção da natureza); e
- ✓ buscar a qualidade na criação do ambiente construído (aumentar a qualidade).

Além de utilizar materiais mais duráveis nas construções, que não exigem tanta manutenção, o uso de uma tecnologia limpa na fabricação de materiais, ou seja, todas as fontes de matérias primas e energias empregadas na produção do material devem assumir um caráter não contaminante, inclusive no emprego de materiais similares que possuam as mesmas especificações e não agridam tanto o meio ambiente. Um exemplo disso é a utilização de seixos em concretos, que são abundantes na região e atendem as exigências das normas técnicas, em algumas regiões no norte do país, que com a realização desta substituição da areia artificial no traço do concreto, deixa de trazer as areias de localizações distantes, não sendo necessário o uso de transporte desses materiais em longas distâncias, ajudando a diminuir as emissões de gases poluentes ao meio ambiente. (AUTORIA PRÓPRIA).

Como já mencionado anteriormente, ainda é um desafio para o setor da construção civil, trabalhar enfocando o desenvolvimento sustentável, inclusive no que se diz respeito aos materiais de construção, uma vez que se torna cada vez mais difícil obter as matérias primas necessárias para produção destes materiais.

Um estudo de sustentabilidade ambiental na construção civil poderá ser feito através de ações específicas visando a obtenção dos parâmetros e indicadores necessários, utilizando-se ferramentas e processos de interesses deste estudo, tais como: (TRAJANO, L.; CARDIM, A., 2007).

- ✓ desenvolver métodos adequados aos interesses que avaliem o impacto ambiental do empreendimento de construção ao longo do seu ciclo de vida;
- ✓ desenvolver métodos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de componentes, subsistemas ou sistemas construtivos;
- ✓ desenvolver bases de dados que auxiliem o desenvolvimento de tecnologias, com aumento da eco-eficiência dos materiais e componentes utilizados na construção civil, incluindo processo de reciclagem de resíduos, co-processamento de resíduos como insumo energético;
- ✓ desenvolver componentes e subsistemas construtivos voltados à conservação de energia e águas nas edificações;
- ✓ compreender os processos de degradação de materiais e componentes, de forma a prever a sua vida útil em diferentes tipos de uso;
- ✓ desenvolver e implementar programas de educação ambiental.

A partir dessas premissas, torna-se interessante desenvolver um estudo que permita avaliar, dentro de certos limites, as variáveis envolvidas no projeto a ser executado, e que permitam estabelecer critérios de sustentabilidade para as intervenções de igual natureza.

A busca de um desenvolvimento sustentável impõe melhorias no desempenho ambiental no setor da construção civil. Aprimoramentos nos padrões ambientais neste setor são mais difíceis do que em outros setores econômicos, devido ao fato de, em quase todos os países, existir uma alta variação do nível técnico e do porte das empresas envolvidas neste setor. (MASTELLA, 2002).

Utilizando-se da melhor alternativa empregada para elaboração de um estudo detalhado e levando-se em conta todos os aspectos ambientais que interferem diretamente na habitabilidade e satisfação da população local, dando-se ênfase aos recursos finitos, pode-se obter uma construção ambientalmente correta, diminuindo os impactos ambientais e atendendo aos fatores sociais, econômicos e políticos da região. (TRAJANO, et al., 2008).

2.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

2.4.1 HISTÓRICO

Os primeiros estudos de avaliação ambiental de produtos situam-se no início da década de 60 (VIGON, et al, 1993). Foi, no entanto, no final da década de 60, e mais ainda após o relatório do Clube de Roma, (MEADOWS, 1972, apud FUKUROZAKI, S; SEO, E.S.M, 2007). O Clube de Roma, fundado em abril de 1968, composto por um grupo de pessoas, tais como diplomatas, industriais, sociedade civil e acadêmicos, que se reúnem para debater um vasto conjunto de assuntos relacionados à política, economia internacional e, sobretudo, ao meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Tornou-se um grupo muito conhecido em 1972 devido à publicação do relatório intitulado de “Limites do Crescimento”, elaborado por uma equipe do MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), contratada pelo Clube de Roma, que vendeu mais de 12 milhões de cópias em 30 idiomas, tornando-se o livro sobre ambiente mais vendido da história. (THE CLUB OF ROME, 2008).

Este relatório tratava de problemas cruciais para o futuro desenvolvimento da humanidade, relacionados a seguir:

- ✓ energia;
- ✓ poluição;
- ✓ saneamento;
- ✓ saúde;
- ✓ ambiente;
- ✓ tecnologia; e
- ✓ crescimento populacional, dentre outros;

Os modelos matemáticos utilizados pelo MIT, permitiram chegar à conclusão de que o Planeta Terra não suportaria o crescimento populacional, devido ao uso indiscriminável dos recursos naturais e energéticos, bem como o aumento da poluição ambiental, mesmo em se considerando os avanços tecnológicos em curso.

Os primeiros estudos de avaliação ambiental de produtos foram realizados na década de 60, sendo inicialmente inventários de consumos energéticos. A ACV (Life Cycle Assessment – LCA) é uma técnica utilizada para avaliar os aspectos ambientais e impactos potenciais associados com um produto, ou processo, através da compilação de um inventário das entradas e saídas do sistema produtor; avaliação dos potenciais impactos ao meio ambiente associados com essas entradas e saídas e posteriormente a interpretação dos resultados da avaliação dos impactos obtidos dos dados dos inventários das fases relacionadas aos limites e escopo do estudo. (ISO 14040, 1997). Um dos mais conhecidos estudos na fase inicial da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), foi feito por uma empresa de refrigerantes, visando a comparação de vários tipos de embalagens, no que diz respeito a emissões ao ambiente e consumo de recursos naturais. (FUKUROZAKI, S.H.; SEO, E.S.M., 2007).

Os principais objetivos de uma ACV estão relacionados a seguir: (GOMES, 2003)

- ✓ retratar, da forma mais completa possível, as interações entre o processo considerado e o ambiente;
- ✓ contribuir para o entendimento da natureza global e independente das conseqüências das atividades humanas sobre o ambiente; e
- ✓ produzir informações objetivas que permitam identificar oportunidades para melhorias ambientais (SETAC, 1991).

A ACV pode ser aplicada para os seguintes fins: (ACVPCC, 2007).

- ✓ avaliação da adequação ambiental de uma determinada tecnologia, processo ou produto;
- ✓ comparação de alternativas tecnológicas, de processo ou produtos diferentes, porém destinados a uma mesma função;
- ✓ geração de informações para os consumidores e o meio técnico, as quais poderão servir de base para rotulagem ambiental, facilitar a introdução de um determinado produto no mercado ou, do contrário, contribuir para o seu banimento;

A ACV é uma das ferramentas utilizadas com destaque na prevenção da poluição. Para sua utilização, deve-se observar uma seqüência de etapas pré-definidas. A primeira etapa é a abrangência do trabalho, ou o limite do sistema (CYBIS, L.F.; SANTOS, C.V.J, 2005).

Esta análise é composta basicamente por três etapas, (HEIJUNGS et al.,1996), que serão demonstradas posteriormente:

- ✓ análise de inventários;
- ✓ análise de impactos; e
- ✓ análise de melhorias.

A ACV é um instrumento, que poderá retratar da forma mais completa possível, as interações entre o processo considerado e o meio ambiente (SETAC, 2003, apud PCC 2540-O EDIFÍCIO E O AMBIENTE-USP, 2004).

A ACV poderá desempenhar um papel crítico dentro das empresas e organizações, ao fornecer um inventário das entradas e saídas de cada produto (CHEHEBE, 1997).

As fases da ACV dos produtos, segundo a ISO 14.040, devem incluir a definição do objetivo e do escopo do trabalho, uma análise do inventário, uma avaliação do impacto e interpretação dos resultados.

Estudos podem ser feitos preliminarmente, com gasto inicial alto na fase de planejamento de uma construção, mas que evidencia uma importância fundamental em se tratando de vários aspectos, não somente os financeiros, mas também os aspectos ambientais de uma edificação. Os impactos associados a falta de um estudo prévio a médio e longo prazo, podem trazer

conseqüências graves ao ambiente, caso a empresa ou órgão governamental, ou qualquer tipo de indústria, não venha a dar a importância a essa fase inicial. Embora estes aspectos sejam impactantes economicamente, é de grande importância nas decisões que serão tomadas a partir deste estudo prévio, diminuindo, ou até mesmo evitando danos e prejuízos futuros ao ambiente. A figura 2.2 abaixo mostra um exemplo da influência média de decisões em etapas do empreendimento no impacto ambiental.

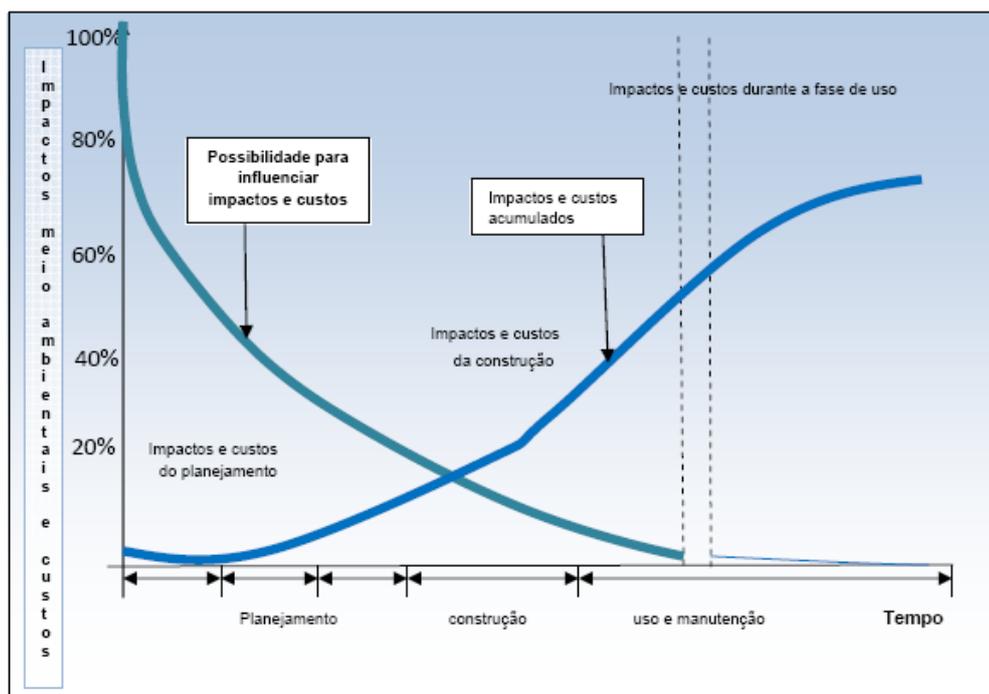


Figura 2.2 – Influência média de decisões em etapas do empreendimento no impacto ambiental.

Fonte: Adaptado de PCC 2540-O EDIFÍCIO E O AMBIENTE-USP, (2004).

A ACV dos materiais de construção ainda não é feita com a mesma velocidade em que se estudam os materiais das indústrias, como por exemplo, os materiais eletrônicos e automobilísticos. (CARVALHO FILHO, 2001).

A tabela 2.1 abaixo traduz alguns critérios ambientais necessários que possam mostrar uma seleção de materiais de construção ambientalmente corretos, atendendo as exigências relacionadas nos critérios listados abaixo, e também as justificativas para que possa empregar os mesmos nas construções. (FÁBREGAS, et al., 1998 apud CARVALHO FILHO, 2001).

Tabela 2.1 – Critérios aplicáveis para definir o material ambientalmente correto.

CRITÉRIOS	JUSTIFICATIVA
1. Recursos renováveis	Os materiais elaborados com matérias primas e energias renováveis ou muito abundantes são preferíveis antes de tudo, que outros que utilizam fontes convencionais ou escassas (p.ex. combustíveis fósseis, minerais escassos, etc.) devido ao caráter preservante e efeito biodegradável de suas fontes materiais;
2. A economia energética	O balanço energético do material deverá demonstrar ser o produto com menor custo energético ao longo de todo seu ciclo de vida, principalmente quando se compara com outro abaixo dos mesmos critérios;
3. Valorização de resíduos	O uso dos materiais elaborados com resíduos, reutilização ou reciclagem de subprodutos da construção, frente a outros materiais com fontes de matérias primas convencionais devem ser potencializados;
4. Industrialização	Os produtos padrão montados industrialmente que dispõem de um balanço em seu ciclo de vida racional, e principalmente, desde o ponto de vista econômico, são mais favoráveis;
5. Tecnologia limpa	Todas as fontes de matérias primas e energias empregadas na produção do material, tal como, a eficiência do processo produtivo (extração, transformação e finalizados) devem assumir o caráter não contaminante;
6. Toxicidade	A ausência de efeitos alérgicos, emissões tóxicas, anormalidades eletromagnéticas e minimização da radioatividade natural constituem um critério básico para a seleção do material;
7. Durabilidade	Todas as informações acerca do valor funcional, durabilidade e bases de manutenção para que este produto resista adequadamente abaixo das condições de uso, durante toda a sua vida útil, são valores fundamentais como critério seletivo.

Fonte: Fábregas, et al. (1998)

A principal função da ACV é prestar suporte nas decisões relacionadas com produtos ou serviços, e mais especificamente de conhecer as conseqüências ambientais do uso de um produto, a configuração e a utilização de um serviço (FULLANA; PUIG, 1997).

Em uma ACV todas as entradas, tais como matéria prima, energia e água, e fluxos de saídas, tais como ar, água, emissões gasosas e sólidos residuais, são contabilizados (BLANCHARD; REPPE, 1998).

Segundo Azapagic e Clift (1995) apud, Xavier e Pires (2004), eles consideram a ACV como um processo para avaliar o consumo de recursos (naturais) e os impactos ambientais associados a um produto.

Os passos da ACV estão internacionalmente padronizados pela ISO 14.040, onde são divididos em quatro fases principais que são:

- ✓ a) definição do objetivo e do escopo do estudo;
 - ✓ b) inventário dos processos envolvidos, com enumeração das entradas e saídas do sistema;
 - ✓ c) determinação dos impactos ambientais associados às entradas e saídas; e
 - ✓ d) interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação.
- (AZAPAGIC E CLIFT, 1995, apud XAVIER; PIRES, 2004; WEIDEMA, 1997; BERLIM, 2002).

A figura 2.3 retrata as etapas da metodologia de ACV.

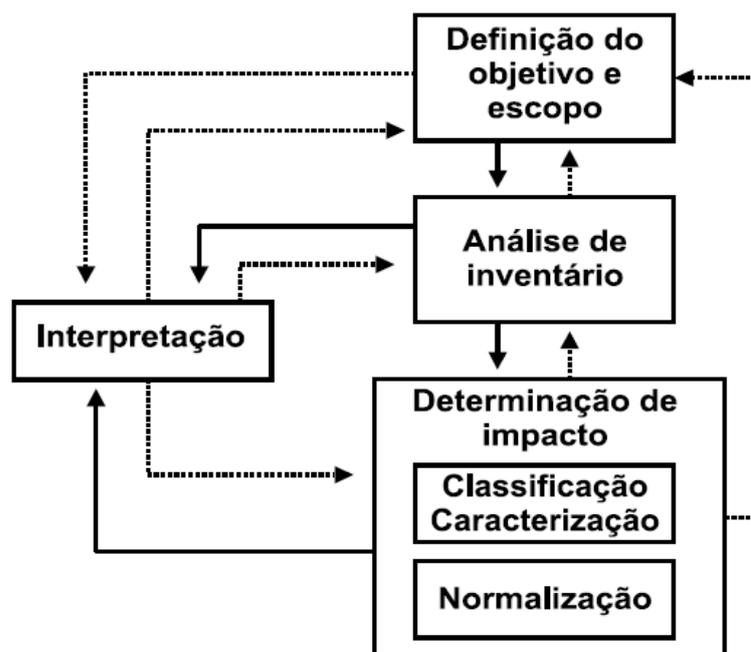


Figura 2.3 – Etapas da metodologia da ACV

Fonte: Berlim, J. (2002)

Segundo a ISO 14.040, o escopo do estudo de uma ACV deverá ser considerado e claramente descrito, conforme listado abaixo:

As funções do sistema produto ou em caso de estudos comparativos, os sistemas;

- ✓ a unidade funcional;
- ✓ o sistema produtor a ser estudado;

- ✓ as fronteiras (limites) do sistema produtor;
- ✓ procedimentos de alocação;
- ✓ tipos de impactos e metodologia da análise do impacto e subsequente interpretação a ser usada;
- ✓ requerimentos informativos;
- ✓ suposições;
- ✓ limitações;
- ✓ requerimentos qualitativos das informações iniciais;
- ✓ fazer revisão crítica se houver; e
- ✓ Descrever e formatar o relato requerido do estudo.

Existem ferramentas computacionais de suporte, para medir e comparar o desempenho ambiental de materiais e componentes de construção civil, como por exemplo, o ECO QUANTUM (Holanda), ECO-PRO (Alemanha), EQUER e TEAMTM for Building (França), BEES (EUA), ATHENATM (Canadá), GABI 4.0 (Alemanha), SimaPro (Holanda) e outros programas existentes, como o do Reino Unido, Suécia e Finlândia. (DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL AND HERITAGE, 2003).

O uso da ferramenta computacional mais adequada ao âmbito do estudo depende da escolha do programa que traga maior suporte em seu banco de dados para chegar aos objetivos e resultados desejados. (FORSBERG; MALMBORG, 2003).

As normas ISO 14.040, ISO 14.041, ISO 14.042, ISO 14.043 e ISO 14.044 dão orientações e diretrizes para se efetuar um estudo de ACV, não havendo ainda valores de referência na normatização, pois ainda não existem dados suficientes para que possa utilizar estas normas como base dos estudos realizados.

Especificamente na construção civil, utiliza-se a ACV na avaliação de materiais de construção, com a finalidade de melhorias de processo e do produto ou com informações aos projetistas, a fim de diminuir as emissões sólida, líquidas, gasosas e de particulados. Contribuindo com a diminuição do uso dos recursos naturais e energéticos, através da utilização dos materiais mais adequados e ambientalmente corretos, e da rotulagem ambiental dos produtos, que está cada vez mais sendo divulgados, com investimentos crescentes.

A ACV é um estudo em que estas 4 etapas estão interligadas ao longo de todo o estudo, como é mostrado na figura 2.4 a seguir.

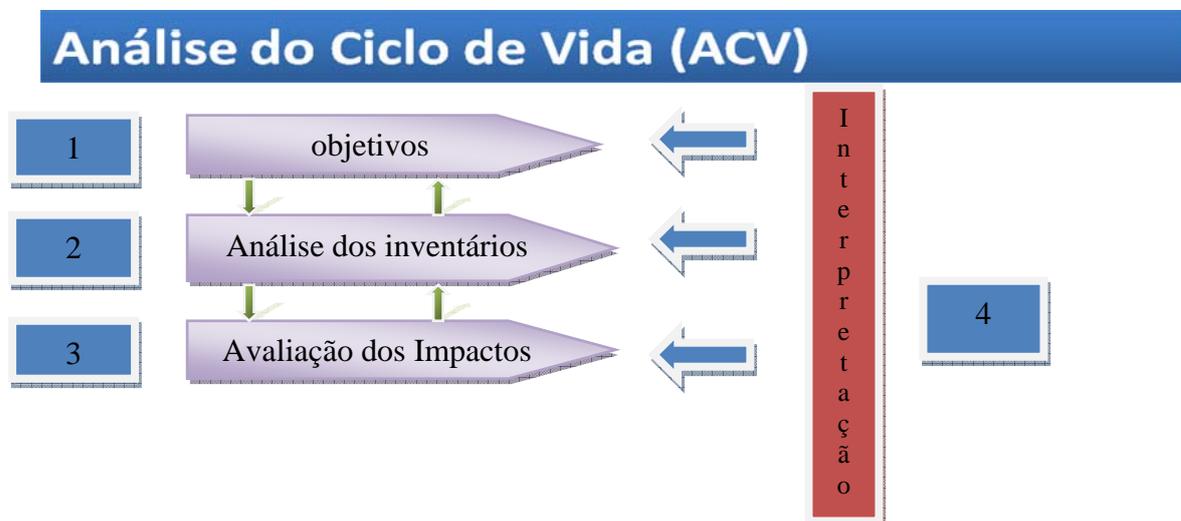


Figura 2.4 – Avaliação do ciclo de vida

Fonte: Adaptado de Cardim (2007)

2.4.2 ACV E AS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Através da busca de melhores compromissos de responsabilidade sociais com o meio ambiente, o conceito de ecodesign, ou projetos ecologicamente corretos, assegura o uso da variável sócio-ambiental no desenvolvimento de tecnologias que avaliem os possíveis impactos ao ambiente, na concepção e projeção de produtos e serviços.

É ainda um desafio ao ecodesign a reorganização dos processos empresariais e dos sistemas de informação para facilitar o desenvolvimento da empresa como um todo, através da interligação de diversos setores da mesma. A ACV torna-se um dos mecanismos ou ferramenta de estudo, para que se possa proporcionar esse compromisso com as habitações de interesse social, atendendo aos aspectos ambientais.

Entretanto, considerando um conjunto de fatores sócio-ambientais, podem ser feitas atividades projetando uma combinação de soluções sobre a visão global do ciclo de vida dos produtos ou serviços, buscando cada vez mais maximizar o aproveitamento e reaproveitamento de todos os seus componentes, tais como, ferramentas, materiais, acessórios, embalagens, etc., assim podendo, a partir de pré-requisitos fundamentais, a

escolha de um material ecologicamente mais correto. (Manual Empreendimento Integrado de Interesse Social – EHIS, 2003).

2.5 EFEITOS DOS AGENTES EMITIDOS NO MEIO AMBIENTE

2.5.1 Dióxido de Carbono (CO₂)

É um gás emitido à atmosfera em grandes quantidades devido à combustão de petróleo e de carvão, de incêndios florestais, fabricação de cimento e cal, entre outros. Os animais, ao respirarem, tomam oxigênio da atmosfera e o devolvem na forma de dióxido de carbono. Por outro lado, as plantas retiram este gás do ar e o utilizam na fotossíntese. Este processo é denominado ciclo do carbono e é vital para a manutenção dos seres vivos. O CO₂, mantido em determinadas quantidades no ar atmosférico, é um dos gases responsáveis pela manutenção da temperatura terrestre. Sem este gás a Terra seria um bloco de gelo. Por outro lado, um excesso de CO₂ impede a saída de calor da atmosfera, provocando um aquecimento do planeta denominado efeito estufa. Nas últimas décadas, devido à intensa queima desses combustíveis, a quantidade de gás carbônico na atmosfera tem aumentado muito, contribuindo para o aquecimento do planeta. Neste aspecto, a manufatura de materiais de construção também contribui para uma produção de gases efeito estufa, sendo o CO₂ considerado o principal deles. (NASCIMENTO, M.A.; TORRES, E.A.; MACHADO, S.L., 2007)

2.5.2 Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

Sua origem ocorre principalmente da combustão do petróleo. Uma vez emitidos, os Óxidos de Nitrogênio se transformam em dióxido de nitrogênio (NO₂) e, em consequência, levam às reações que ocorrem na atmosfera. Essas reações podem levar horas, ou até mesmo dias. No entanto, em condições climáticas específicas, pode ocorrer rapidamente a formação de excesso de ozônio por oxidação fotoquímica, devido à presença dos óxidos de nitrogênio na atmosfera.

2.5.3 Dióxido de Enxofre (SO₂)

É um gás denso, incolor e tóxico e a sua inalação pode ser fortemente irritante. É produzido naturalmente pelos vulcões e em certos processos industriais. Também se forma quando compostos voláteis de enxofre produzidos pela decomposição de matéria animal e vegetal, são

oxidados no ar.

Na indústria, o dióxido de enxofre serve sobretudo para a produção de ácido sulfúrico que possui numerosas aplicações como produto químico. É obtido a partir da combustão de enxofre. A principal fonte de emissão desse gás para a atmosfera é a combustão de materiais que contenham enxofre na sua composição, dentre os quais os combustíveis fósseis. É produzido na queima de combustíveis em veículos e indústrias juntamente com óxidos de carbono e dióxido de carbono (CO e CO_2), e de dióxido de nitrogênio (NO_2). É um dos principais causadores da chuva ácida, pois, associado à água presente na atmosfera, forma ácido sulfuroso. Também pode afetar a saúde dos seres vivos, dependendo da quantidade. (CARDOSO A.A; FRANCO, A., 2002).

2.5.4 Particulados

Materiais Particulados (MP) são poluentes em suspensões existentes no ar constituídos de poeiras, fuligem, partículas do solo, gotas oleaginosas, poeiras, névoas ácidas, fumaça, fumos, neblina e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho.

As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, suspensão de poeira do solo, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado das reações químicas no ar.(CETESB,2009).

Na atmosfera, os particulados ocorrem com vários tamanhos e formas. Usualmente eles são classificados em particulados finos, aqueles com diâmetros menores que 2,5 micrômetros (NR 15). Os particulados finos são mais importantes porque podem ser inalados pelo homem e animais entrando nos pulmões. O particulado fino é aquele abaixo de 10 micrômetros.

A incidência de particulados aumenta na estação do ano sem chuvas, as queimadas e incêndios, associados à movimentação de massas de ar que provocam ventos fortes e neste período acabam por contribuir para manter em suspensão grande quantidade de material

particulado, alteram a qualidade de vida da população e derivam conseqüências alérgicas e respiratórias ao organismo humano.

Esses materiais reduzem a visibilidade, a absorção e dispersão da luz. Também a dispersão de luz, devido aos particulados, pode produzir um céu avermelhado que algumas vezes é visto no nascer ou pôr do sol.

2.6 BLOCOS DE CONCRETO

Os blocos de concreto para alvenaria foram inventados pelos ingleses em 1932, inicialmente maciços, mas posteriormente foram vazados para diminuir seu peso. Foram patenteado em 1850 e atualmente são conhecidos e utilizados por mais de 50 países, sendo os Estados Unidos, Alemanha, Itália e Japão os que mais produzem estes tipos de blocos. No Brasil foram primeiramente utilizados no final da década de 1960 como alvenaria estrutural e só a partir deste período é que começou a ser utilizado como elemento de vedação. (FERNANDES, I., 1994).

São produzidos em indústrias de pré-moldados, através da mistura de agregados miúdos (areia média), areia artificial, cimento e água, utilizando um traço adequado ao tipo de uso, como por exemplo, os destinados a vedação das edificações que possuem resistência de 7Mpa. Posteriormente são prensados através de prensas mecânicas ou hidráulicas no formato desejado e por último colocados para secar por alguns dias em local coberto ou cobri-los quando colocados em locais abertos. Pode-se ainda colocar adições, para se obter melhoras técnicas, questões econômicas ou por razões estratégicas nos blocos. (FERNANDES, I., 1994).

Um Estudo foi realizado entre outubro de 2008 a abril de 2009, em um edifício residencial na cidade de Recife, onde houve acompanhamento semanal nas vedações em blocos de concreto. Para conferir qual melhor opção de uso em se tratando de paredes construídas com blocos cerâmicos e aquelas que utilizam de blocos de concreto, foi feito o monitoramento de duas obras em Recife e finalmente chegou-se a conclusão que uma obra que utiliza cerâmica para a vedação custa 8% ou 10% menos que uma obra com blocos de concreto. No entanto, no edifício estudado, conseguiu-se uma economia de 5% a 8% em relação aos projetos em que utilizava vedação em blocos cerâmicos, devido ao monitoramento de uso dos blocos em canteiro, transporte e cuidados para que não houvessem desperdícios, assim como todo um

acompanhamento in loco da execução em si, evitando qualquer tipo de problemas que poderiam a vir existir e compatibilizando com os demais projetos existentes na obra. A esse resultado econômico soma-se o benefício da construção sustentável pois há um descarte residual muito maior com a cerâmica, tornando os blocos de concreto mais competitivos. (MASSIMINO,R., 2009).

Conforme a NBR 6163/2006, as dimensões padronizadas estão relacionadas na tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Dimensões reais dos blocos de concreto

Família dos blocos											
Designação	Nominal	20	15		12,5			10			7,5
	Módulo	M-20	M-15		M-12,5			M-10			M-7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20X40	15X40	15X30	12,5X40	12,5X25	12,5X37,5	10X40	10X30	10X30	7,5X40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

Fonte: NBR 6123, 2006.

No estudo de caso realizado neste trabalho, os blocos são com a designação nominal 10, módulo M-10, com amarração de ½ bloco e com dimensão de 9 centímetros de largura por 19 centímetros de altura e 39 centímetros de comprimento inteiro, possuindo blocos de meio com 19 centímetros de comprimento.

E para saber que tipo de designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos, a NBR 6123, 2006, apresenta na tabela 2.3, que os blocos de concreto encontram-se na classe D.

Tabela 2.3 – Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos

Classe	Designação	Paredes longitudinais (mm)	Paredes Transversais	
			Paredes (mm)	Espessura equivalente (mm/m)
A	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
B	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
C	M-10	18	18	135
	M-12,5	18	18	135
	M-15	18	18	135
	M-20	18	18	135
D	M-7,5	15	15	113
	M-10	15	15	113
	M-12,5	15	15	113
	M-15	15	15	113
	M12,5	15	15	113

Fonte: NBR 6123, 2006.

O bloco estudado é o de dimensão 9x19x39cm, e também conforme a norma NBR 6323, 2006, a classe D, ao qual não tem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

As figuras 2.5 até a 2.12 exibem a seqüência de como é feita a produção dos blocos de concreto, em uma indústria de pré-moldados na cidade de Recife-PE. Esta indústria foi escolhida em meio de mais de dez outras empresas procuradas e algumas delas visitadas, mas que no final os proprietários não disponibilizavam de tempo ou de informações que eram importantes para este trabalho. Algum tempo foi necessário para que fossem compiladas as informações em meio de várias outras informações muitas vezes desnecessárias ou desconstruídas. Para serem observadas as etapas de produção e majorar as coletas de dados que seriam incluídas na etapa do inventário desse estudo, houve um grande consumo de tempo e recursos. A sequência de produção resume-se basicamente as seguintes etapas:

- ✓ transporte de matérias primas;
- ✓ estocagem de matéria prima;
- ✓ transporte manual das matérias primas para o misturador;
- ✓ mistura dos materiais;
- ✓ prensagem da argamassa;
- ✓ secagem ou cura dos blocos;

- ✓ armazenagem; e
- ✓ embalagem ou paletização.

Ainda pode-se incluir a etapa de transporte dos blocos até o destino final.



Figura 2.5 – Estocagem da matéria prima areia natural



Figura 2.6 – Estocagem de matéria prima cimento



Figura 2.7 – Transporte interno da areia artificial



Figura 2.8 – Mistura dos materiais



Figura 2.9 – Prensagem dos blocos



Figura 2.10 – Secagem e cura dos blocos



Figura 2.11 – Estocagem dos blocos



Figura 2.12 – Paletização dos blocos

Em uma obra, a etapa de transporte interno se dará através de guias, transporte manual e também existem carros porta paletes utilizados para transporte de paletes até as guias ou elevadores até o local a ser utilizado.

2.7 ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCOS DE CONCRETO

As habitações de interesse social, ou mais conhecidas como habitações populares, são construídas com a finalidade de trazer conforto e segurança aos moradores, e são divididas as camadas mais baixas da população, fazendo com que as famílias de baixa renda consigam local digno de moradia com de qualidade de vida.

Apesar de esforços, as contínuas ações para a oferta de habitação que associado aos problemas relacionados à falta de infra-estrutura, força a uma exclusão social considerável, o que impede muitas famílias de incorporarem-se aos avanços de desenvolvimento econômico, social e cultural de seu país. (TRAJANO, L. et al., 2007).

Um dos processos construtivos utilizados, o de alvenaria de blocos de concreto, apresenta-se com uma solução que ainda atende, com sucesso, ao desafio de construir-se no prazo, com qualidade e com baixo custo, as casas e os edifícios habitacionais. (MAMEDE, 2001).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sinaliza que para o déficit habitacional de cerca de 5,4 milhões de moradias, são necessários o atendimento listados dos seguintes itens abaixo. (CRUZ, et al., 2007).

- ✓ auxiliar aos municípios mais carentes de recursos materiais e humanos, os quais têm muitas vezes, grandes dificuldades para contratar projetos arquitetônicos e complementares;
- ✓ aumentar a eficácia dos programas habitacionais, uma vez que, dadas às dificuldades dos agentes, muitos contratos assinados aguardam um ou mais anos até que ocorra o primeiro desembolso de recursos e mais ainda até que o beneficiário final possa se instalar na nova casa; e
- ✓ sinalizar para os novos agentes envolvidos o nível de qualidade e detalhamento que julga-se necessário para a análise do empreendimento, execução da obra, e conseqüentemente, boa aplicação do recurso público.

Como este tipo de moradia é feita em grande quantidade e com baixos custos de investimento, através de estudos preliminares, verificou-se a necessidade de adequação de materiais de construção mais acessíveis a fim de viabilizar a construção destas habitações. As alvenarias de vedação em blocos de concreto tornaram-se indispensáveis, já que a confecção dos blocos

de concreto poderá ser feita até no próprio canteiro de obras, inclusive, utilizando a mão-de-obra da própria população local.

2.8 EMERGIA

Embora não sendo o escopo deste trabalho, uma vez que não houve tempo suficiente para incorporar na metodologia utilizada nesta ACV, não se pode deixar de introduzir o conceito de energia, (escrita com **m**) consumida nos processos ou serviços, pois abrange uma outra linha de estudo ambiental, e que é bastante importante atualmente.

O propósito de esta definição estar neste contexto é que é um tema atual e já explorado por vários autores em diversos trabalhos acadêmicos, trazendo um pouco mais de conhecimento aos leitores desta dissertação.

O uso e produção de energia estudado nos subsistemas de um trabalho e ACV é bastante difícil quantificar os diversos tipos de unidades de energias contidas em cada subsistema estudado, como por exemplo as unidades de energia medidas em calorias, quilowatts, joule, etc., podendo ser simplificadas em uma só unidade que possa trazer as informações necessárias ao estudo e compatibilizando todas as informações necessárias ao estudo em questão.

O ambiente construído é uma fonte que demanda grandes quantidades de recursos finitos (matéria e energia, entre outros). Há importância em uma ferramenta de estudo dos impactos ambientais causados pela extração de matéria prima, transporte, produção, uso/manutenção e reintegração, ou seja, todo o ciclo de vida.

Há uma grande quantidade de energia consumida para a produção de um produto, incluindo a fase de extração de matérias primas, assim como o transporte dos mesmos.

Em fase de incertezas, custos e riscos associados à energia obtida dos combustíveis fósseis, assim como petróleo, gás, carvão e também de matérias nucleares, fica indispensável o aumento da eficiência energética, da conservação e do desenvolvimento de uma variedade de fontes renováveis. (MASTELLA, 2002).

Na construção de uma edificação, são utilizadas grandes quantidades de energia, que se torna ainda maior na fase de uso desta edificação, por este motivo é que a construção civil é a

grande responsável pelo impacto causado pelo uso de energia, principal causador do efeito estufa, já mencionado anteriormente.

A produção mundial de cimento duplicou em menos de 20 anos, e os maiores produtores mundiais são a China e Índia, o primeiro com 44% e o segundo com 6%, totalizando 50% da produção mundial. (PULSELLI, et al., 2008).

A figura 2.13 apresenta, através de um gráfico de pizza, o consumo final de energia elétrica em edificações em fase de uso, sendo o consumo industrial responsável por 47% de toda a energia elétrica.

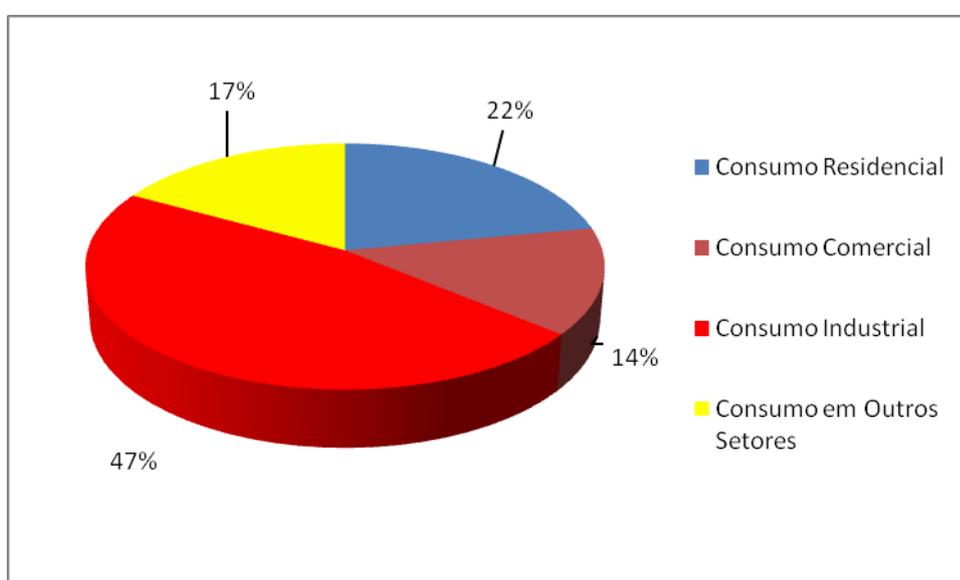


Figura 2.13 – Consumo final, na fase de uso, de energia elétrica no Brasil

Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME), 2006.

As quantidades totais de energia dos materiais, trabalho humano, transporte, etc., utilizadas em um processo ou serviço, dentro de um limite utilizado para esta análise, assim como o estudo da ACV, que necessita da definição de seu objetivo e escopo, a análise da energia também. Este estudo, assim como na ACV, necessita de um limite de sistema para calcular todas as energias de entrada e de saída dentro do limite ou fronteira, com a finalidade de quantificar toda energia utilizada em um processo ou serviço.

O termo energia foi introduzido primeiramente em 1987 como sendo a memória energética ou memória de energia (SCIENCEMAN, 1987; apud MEILLAUD, F.; GAY, J.B.; BROWN, M.T, 2005).

A análise da energia permite quantificar diferentes tipos de energias utilizadas nas entradas dos processos produtivos, ou serviços, em um único tipo de energia. Seu uso consiste nas bases termodinâmicas das diversas formas de energia e materiais, mas convertendo-as dentro de quantidades equivalentes de uma única forma de energia. A energia solar é usada como denominador comum dentro dos diferentes tipos de pesquisas que podem ser quantificadas e comparadas. Baseado nesta unidade, energia está definida como a quantidade de energia solar que foi utilizada, direta ou indiretamente para obter um produto final ou serviço. (Odum, 1971, 1983, 1988, 1996; Brown et al., 2004; apud Pulselli et al., 2008).

A avaliação da energia é realizada em três etapas:

- ✓ medida dos fluxos energéticos de entrada e das energias produzida pelo sistema;
- ✓ obtenção dos índices energéticos; e
- ✓ interpretação dos índices energéticos.

É utilizado um índice de transformidade, ou índices energéticos, que equivalerá todas energias em um único tipo de energia, chamada, conforme já visto acima, de energia. Através destes índices de transformidades, a quantidade total de energia utilizada de cada processo é transformada para um único tipo de energia. Com a chamada **energia**, cuja unidade é o sej/unid (solar emery joule por unidade) ou traduzindo para o português, energia solar joule por unidade, que poderemos exemplificar esta unidade qualquer de uma unidade de tempo ou sej/ano, ou uma unidade financeira, assim como sej/euros, etc., dependendo de que tipo de estudo esteja sendo realizado e a finalidade deste, ou seja, seus objetivos e escopo.

Pode-se utilizar a fórmula abaixo para a obtenção do cálculo da energia do processo ou sistema (MEILLAUD,F.; GAY, J.B.; BROWN, M.T, 2005).

$$\text{Sej}=\text{Jem} = \Sigma(j_1.T_{r1}+ j_2.T_{r2}+...+ j_i.T_{ri})$$

onde Sej ou Jem é a energia por unidade de tempo, j_i é o fluxo de energia em j/ano (joule por ano) T_{ri} é a transformidade correspondente em sej/j (solar emery joule por joule).

Está visto que como em uma ACV, a energia total de um sistema produtor pode ser expressa em uma única unidade, facilitando o trabalho tanto do pesquisador, como do leitor, embora

inicialmente seja mais um trabalho a ser executado, mas que representará ao longo da pesquisa informações mais claras e simplistas para quem posteriormente possa disponibilizar destas informações.

A figura 2.14 é um exemplo de diagrama de um sistema energético de uma edificação, em que foram consideradas as fases de construção, manutenção e uso desta edificação e que representa os processos e o fluxo de entradas de energia, materiais envolvendo o ciclo de vida da edificação, trazendo as energias inseridas neste sistema em uma só unidade de energia (PULSELLI, R.M. et al., 2007).

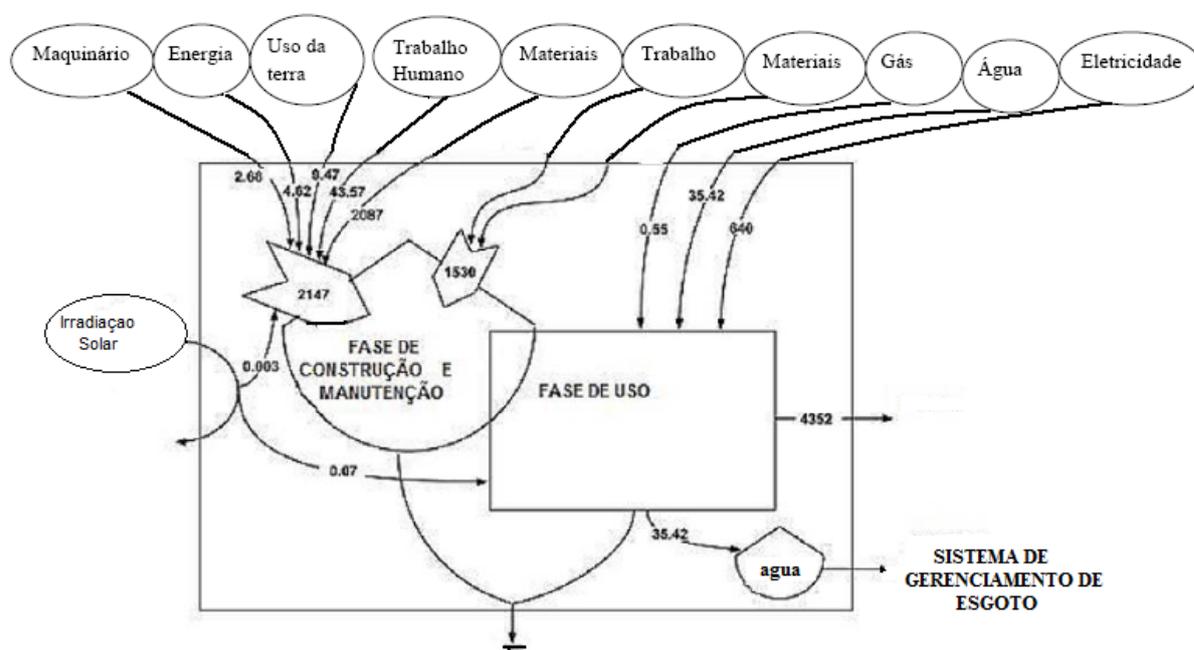


Figura 2.14 – Diagrama do sistema energético de uma edificação, nas fases de produção, manutenção e uso.

Fonte: Adaptado de PULSELLI, R.M. et al., 2007.

Um exemplo de como se calcular a energia utilizada no trabalho humano, em um estudo de caso realizado por Pulselli, R.M. et al., 2007, utilizando os índices de transformidade está exposto a seguir:

125kcal/h = metabolismo humano (quantidade de energia em kilo-calorias gastas pelo homem realizando uma hora de trabalho físico);

4.186j/cal = joules por caloria (conversão de 1 caloria que corresponde a 4.186 joules);

33.584h = número de horas trabalhadas pelo homem neste estudo de caso.

$$= 125\text{kcal/h} \times 4.186\text{j/cal} \times 33.584\text{h} = 5,23 \times 10^8 \text{j}$$

Se utilizarmos o índice de transformidade para trabalho humano, que é $1,13 \times 10^5$ ou energia específica (sej), multiplicamos um valor pelo outro e achamos o quanto representa em energia.

$$\text{Exemplo: } 5,23 \times 10^8 \times 1,13 \times 10^5 = 5,91 \times 10^{13} \text{ sej.}$$

Que corresponde à energia total realizada pelo trabalho humano utilizada neste estudo de caso.

3.0 METODOLOGIA

3.1 INTRODUÇÃO

A metodologia utilizada para a avaliação do ciclo de vida dos blocos de concreto foi obtida através das 3 fases abaixo:

- ✓ Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), com base em um estudo de caso com a coleta de dados locais;
- ✓ ACV utilizando a ferramenta computacional SimaPro; e
- ✓ Comparação dos resultados obtidos nas duas fases anteriores.

3.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ESTUDO DE CASO)

3.2.1 *Princípios e estruturação*

- ✓ Aplicar a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para definir o perfil ambiental dos blocos de concreto;
- ✓ Construir o perfil ambiental dos blocos de concreto a partir de inventários próprios;
- ✓ Comparar os resultados obtidos utilizando os dados locais com os da ferramenta computacional SimaPro.

Esta primeira fase do trabalho buscou aplicar a metodologia de ACV para definir e construir o perfil ambiental na fabricação de blocos de concreto utilizados em alvenarias de vedação de habitações de interesse social. Através deste estudo, foram obtidos quantitativa e qualitativamente os tipos de emissões mais impactantes ao meio ambiente, sendo desprezadas as demais emissões mais insignificantes, que abrangeu vários materiais poluentes em estado líquido, sólido, gasoso e particulado com quantidades tão pequenas, que causariam impactos irrelevantes a este estudo.

Foram escolhidas 100 unidades habitacionais como unidade funcional, que por esse número de habitações, tem-se uma amostra de peso a ser considerada na obtenção dos resultados finais.

Não foram consideradas as fases de extração ou fabricação de matéria prima, como poderá ser visto no próximo item, já que teriam que serem realizados maiores estudos para obtenção de

dados que complementassem essas etapas, e que seria quase impossível ao longo de um trabalho de dissertação devido à necessidade de um tempo maior de realização deste estudo, sendo considerado o do portão de entrada ao portão de saída, ou seja, gate to gate, da indústria, apenas considerando no estudo efetivado a distância de transporte das matérias primas até os portões da indústria.

Estão inclusos neste estudo o tipo de transporte destas matérias primas até a indústria de pré-moldados, onde serão computados os combustíveis utilizados para o trajeto destes materiais, conforme a distância de proveniência de cada matéria e o tipo de transporte utilizado. Não está incluso neste estudo a ACV a obtenção dos combustíveis fósseis, apenas a utilização destes nestes transportes, apresentando as emissões ao meio ambiente que estes veículos provocam.

A energia necessária para a fabricação desses blocos é proveniente de usinas hidroelétricas, onde cerca de 85,6% da energia utilizadas no Brasil são obtidas em hidroelétricas e com demais oriundas de outras fontes, tais como 1,6% provem de termoelétricas. (BEN, 2008). A água utilizada para esta fabricação, veio da concessionária local ou de poços artesianos existentes na própria indústria.

As figuras 3.1 e 3.2 demonstram a tipologia construtiva do tipo de casa que é o escopo deste trabalho, que foram escolhidas casas utilizadas como padrão de habitações mais comuns no Brasil, que estão sendo utilizadas há anos como padrão popular através dos órgãos governamentais e do sistema habitacional da Caixa Econômica Federal, como provedor financeiro destas construções.



Figura 3.1 – Projeto da fachada de uma casa padrão popular

Fonte: [Downloads.caixa.gov.br/_arquivo/banco_projetos_his/casa_42m2.pdf](https://downloads.caixa.gov.br/_arquivo/banco_projetos_his/casa_42m2.pdf)

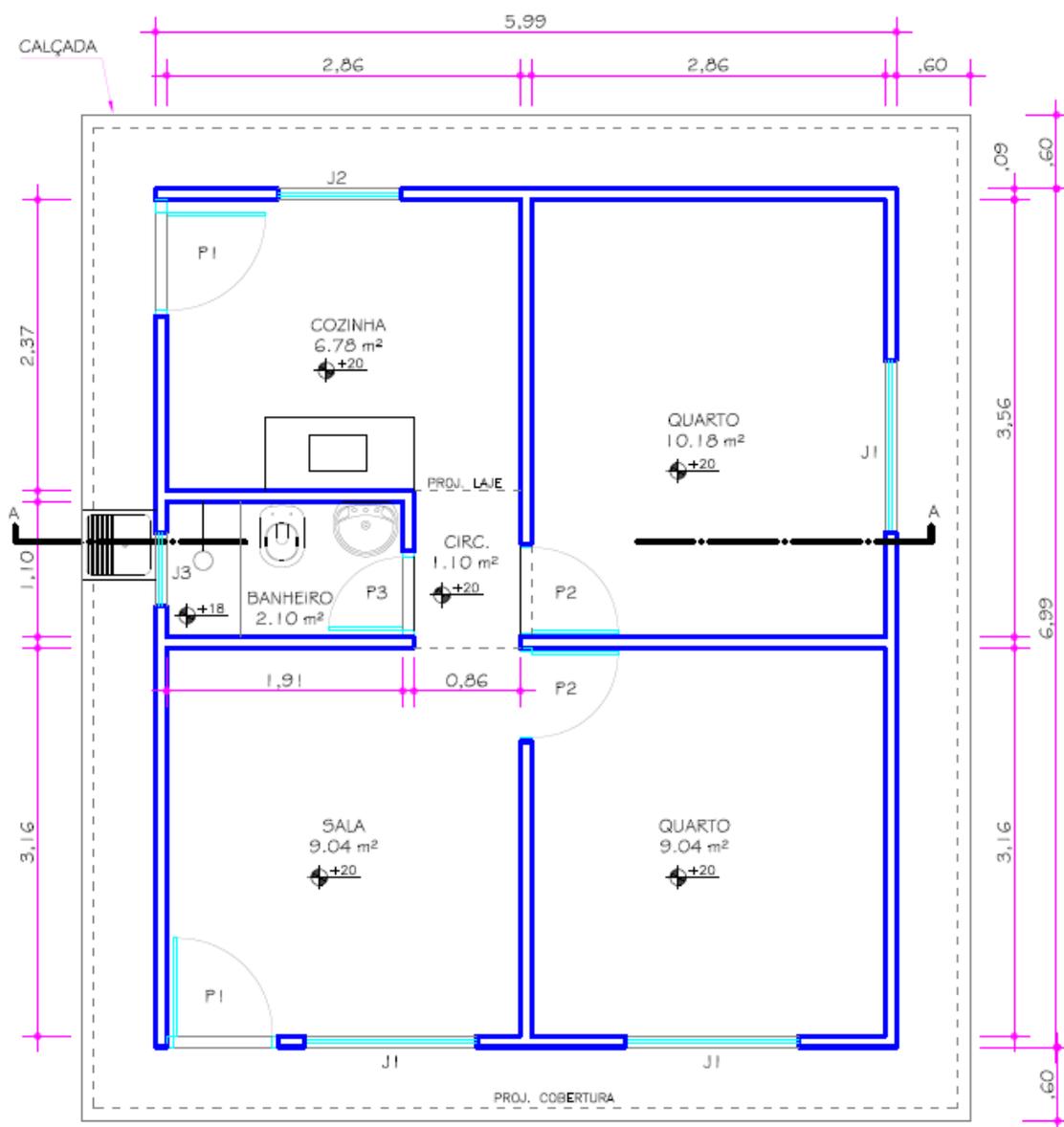


Figura 3.2 – Projeto de uma casa padrão popular

Fonte: Downloads.caixa.gov.br/_arquivo/banco_projetos_his/casa_42m2.pdf

Esta planta representa o uma casa simples com vedação das paredes em alvenaria de blocos de concreto, com 2 quartos sociais e 1 banheiro com 42,00m² de área construída.

A caracterização do estudo que está sendo realizado está demonstrada a seguir na tabela 3.1, onde são mostrados dados de interesse e necessários que servirão como base de cálculos futuros na obtenção dos resultados analisados, aos quais serão relatados em relatórios, descrevendo os impactos causados para 100 casas populares.

Tabela 3.1 – Caracterização dos dados estudados.

CARACTERIZAÇÃO	UNID.	QUANT.
Área de construção de 1 casa	m ²	42,00
Área de alvenaria em blocos de concreto 9x19x39cm - 1 casa	m ²	96,46
Área de alvenaria em blocos de concreto 9x19x39cm -100 casas	m ²	9.646,00
Quantidade de blocos por m ²	und	15,50
Quantidade de blocos para 1 casa (ou 96,46m ²)	und	1.205,75
Quantidade de blocos para 100 casas (ou 9646,00m ²)	und	120.575,00
Unidade funcional	casas	100,00
Quantidade estudada (blocos)	und	1000

Esta caracterização foi calculada levando-se em conta a dimensão do bloco de concreto, que para este estudo é o de 9x19x39cm, e as quantidades necessárias de blocos para o assentamento da alvenaria de vedação desta habitação de interesse social, conforme planta baixa, e através de regra de três básicas, chegou-se as quantidades necessárias para execução de 100 casas que é a unidade funcional aqui estudada. Após o estudo feito para a quantidade de 1 m², pode-se ser feita a conversão através de multiplicação dos dados obtidos para essa quantidade, e obteve-se os impactos causados ao meio ambiente na elevação das alvenarias dessas 100 casas. Um número maior número de habitações de interesse social poderá ser calculado em algum outro estudo de pesquisa, mas aqui ficamos limitados a estas 100 casas apenas.

3.2.2 Definição dos objetivos e alcance

O objetivo desta primeira parte da ACV foi avaliar os impactos causados ao meio ambiente pela produção de blocos de concreto de uma indústria de pré-moldado local, tomando-se como base a elaboração de um inventário de entrada de matérias e energia, de acordo com a coleta de dados fornecida pela própria indústria, e na falta de alguns destes dados, complementado com os pesquisados na literatura.

Um dos mais importantes aspectos a ser considerado ao definir o escopo, ou objetivo, de um estudo de ACV, está na definição das características de desempenho do produto a ser estudado, onde o objetivo deste estudo é de suma importância. (CHEHEBE, 1998, apud MASTELLA, 2002).

O fluxograma apresentado no inventário demarca os limites em que este estudo foi realizado, no qual não constam as etapas de obtenção das matérias primas para fabricação dos blocos de

concreto, apenas o transporte das mesmas até a fábrica de pré-moldados, que fica em Camaragibe, na região metropolitana do Recife, e que a areia e o cimento são provenientes da Paraíba, com cerca de 110km de distância respectivamente, até a indústria de pré-moldados e a areia artificial dista cerca de 40km. Estes materiais foram transportados através de caminhões truncados a diesel, para areia e brita, com capacidade de carga de 15 metros cúbicos de material por viagem e o cimento transportado por caminhões graneleiros, também a diesel, que comportam até 26 toneladas de cimento em cada viagem.

Embora a extração de areia, assim como a produção de cimento são etapas importantes na avaliação do ciclo de vida dos blocos de concreto, não há tempo necessário para que fossem feitos os inventários destas fases, já que teria de serem estudados e coletados mais itens para a conclusão do trabalho proposto, mas que sem dúvidas são etapas importantes a serem ao menos comentadas aqui.

As areias utilizadas são compostas de quantidades variadas de tipos de rochas desagregadas, que possuem também variação em sua composição química. A sílica ou o SiO_2 , é o maior constituinte da areia comercial. (KELLENBERGER et al., 2007). A areia aqui considerada é proveniente de rio, e com granulometria média, e a sua extração se dá através de dragas de sucção, que se constituem de plataformas flutuantes sobre as quais são instalados conjuntos de motor-bomba, movidos a óleo diesel, acoplados a tubulações de ferro fundido, e após a extração, é transportada para indústria através dos caminhões truncados. Atualmente 90% da produção nacional de areia são obtidas a partir da extração do leito dos rios, sendo da ordem de 155 milhões de metros cúbicos por ano. (SCHMID, D.; GOMES, L.M.; CURY, N., 2005).

A fabricação do cimento se dá através da britagem do calcário que em seguida será misturado com argila e posteriormente calcinado em fornos com temperatura de cerca de 1500°C , formando o clínquer, principal componente do cimento, e em seguida mistura-se este clínquer com gesso até formar o cimento.

O areia artificial, ou areia artificial, matéria prima com quantidade menor que o cimento, não será descrita o tipo de rocha que foi proveniente, ou como foi produzido o mesmo, apesar de ser também matéria prima de produção dos blocos, mas apenas que a pedreira dista uns 40km da indústria de pré-moldados, e o transporte deste material é relevante nesta avaliação.

O traço do bloco de concreto é de 1:5:7, em peso, conforme descrito posteriormente.

3.2.3 Inventário

Nesta etapa foi feita a avaliação das distintas cargas ambientais das emissões gasosas das diferentes etapas incluídas nos limites do sistema escolhido, o qual resultará na base de dados formada, que incluem todas as informações coletadas. Foram levantadas trecho a trecho, conforme está descrito na figura 3.3 ao qual representa o fluxograma dos limites do estudo feito aqui nesta dissertação, ao qual engloba nas fronteiras em destaque, ou em cada subsistema, as quantidades de energia que entram e as emissões de CO₂, NO_x, SO₂ e MP que saem. (ISO 14.041,1998).

Dentro dos limites já determinados neste fluxograma, foram coletados ainda dados através de inventários prontos de trabalhos realizados anteriormente, ou de informações fornecidas pelo setor produtor de blocos de concreto, para aquisição de dados iniciais.

Esta etapa foi a mais difícil de ser realizada, pois além da dificuldade de se obter a coleta de dados confiáveis das quantidades de matérias e energia proveniente das informações da indústria de pré-moldados, o trabalho de pesquisa da literatura em busca de dados que complementaram essa ACV também foi exaustivo, devido à carência de trabalhos existentes de ACV nessa região.

Foi feito um estudo de caso com a escolha uma empresa fabricante de blocos de concreto, localizada na região metropolitana do Recife, após terem sido visitadas e solicitadas mais de dez empresas com as mesmas características, para que fossem colhidos dados para o inventário, mas apenas 2 delas se disponibilizaram a participar deste trabalho, que, no entanto, apenas uma delas estava fabricando blocos para alvenaria de vedação na dimensão de 9x19x39cm.

Ainda é um paradigma um estudo de ACV realizado na região Nordeste do Brasil, inclusive em se tratando da cidade de Recife, havendo resistência por parte dos fabricantes locais em fornecer informações relevantes ao trabalho de pesquisa aqui realizado, sendo dificultado ainda mais pela falta de informação do tema por muitos profissionais da própria área de engenharia, mas que com o tempo está sendo cada vez mais difundido, através de aulas de mestrado, ministrado na Universidade local e também no Sindicato da Construção Civil, com a criação do Fórum de Sustentabilidade, e que com o tempo se tornará um assunto de suma importância a ser levado em conta por todos e não somente os da área das engenharias e afins.

FLUXOGRAMA DO LIMITE DO SISTEMA

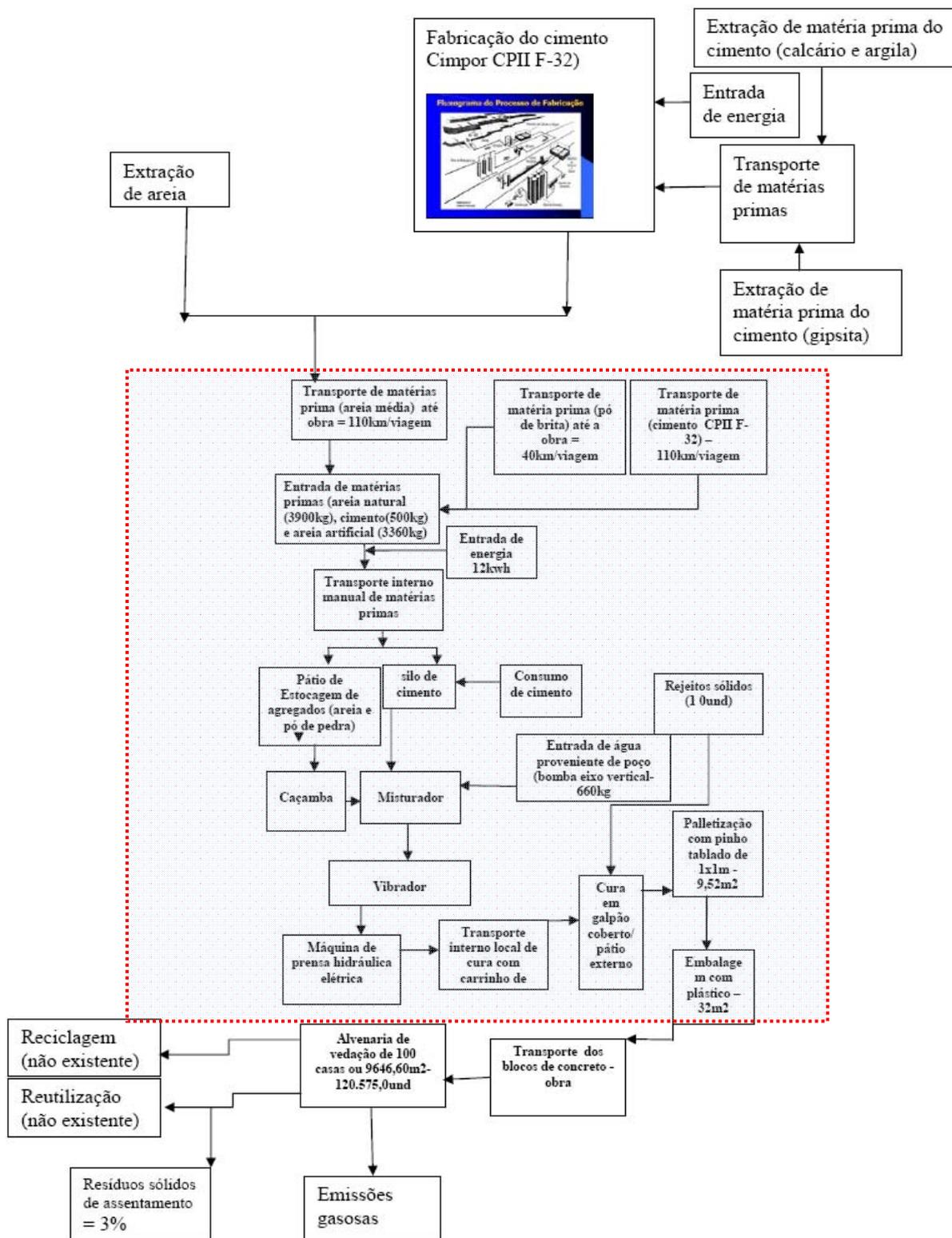


Figura 3.3 – Fluxograma do limite do sistema.

Os dados inventariados foram calculados, a partir dos dados fornecidos pelo fabricante dos blocos de concreto, assim como dados calculados através do projeto da casa. Foi também necessária a utilização de dados oriundos da bibliografia, devido à falta de obtenção de dados confiáveis que está sendo fornecido para a pesquisa, mas que não há culpa por parte dos fabricantes de blocos de concreto, apenas falta de conhecimento da necessidade de possuir um banco de dados em suas indústrias.

A seguir estão as etapas do balanço de massa e energia desta produção de blocos.

Dados inventariados da ACV da produção do bloco de concreto:

Balanço de massa e energia:

O inventário foi feito na coleta de dados para a quantificação das entrada (Inputs) de matéria e energia e saídas (Outputs) das principais substâncias causadoras de impactos de emissões sólidas, líquidas e gasosas ao meio ambiente, na fabricação dos blocos de concreto.

Como “inputs”, foram calculadas as quantidades de óleo diesel consumidas no transporte de materiais até os portões da indústria de pré-moldados, cálculo das quantidades de matéria prima, tais como cimento, areia artificial e areia natural, a quantidade de energia consumida no processo de produção, e demais materiais utilizados nesta produção. Como saída (Outputs), foram calculadas as quantidades de CO₂, NO_x, SO₂ e particulados.

Foram estudadas neste trabalho as quantidades referentes à produção de 1000 blocos de concreto com dimensões de 09x19x39cm, conforme figura 3.4, com finalidade de vedação e não estrutural.

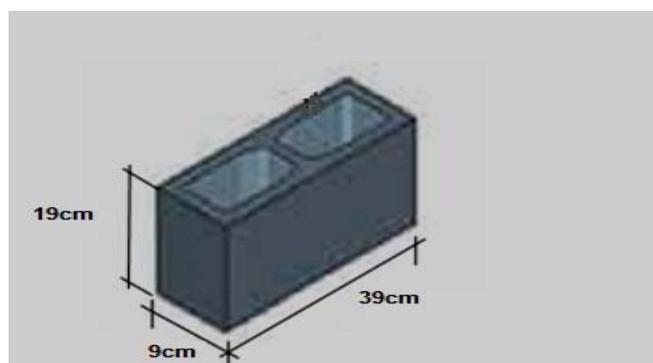


Figura 3.4 - Dimensões do bloco de concreto.

Fonte: ABNT, NBR 6323

Como berço, para o cálculo deste inventário, foi estipulado que o limite do sistema inicia nos portões da indústria de pré-moldados, com o recebimento das matérias primas areia artificial, cimento e areia natural, passando pela etapa de produção do pré-moldado, até a embalagem e acondicionamento do produto em pallets para posterior entrega em obra, onde expressa o limite do sistema estudado. A unidade funcional definida para este estudo é de 100 casas de interesse social, onde a unidade estudada foi à produção de 1000 blocos de concreto. Blocos de dimensões de 9x19x39cm correspondem uma quantidade de 12,5 blocos de concreto para cada metro quadrado de área. Nos tópicos a seguir, estão as quantidades necessárias para os cálculos da análise dos impactos para o montante de alvenaria de vedação de 100 unidades habitacionais. O levantamento de todos os dados inventariados foram calculados para o montante de 1000 blocos produzidos.

No cálculo do balanço de massa e energia, o inventário foi dividido em subsistemas, para facilitar a determinação dos valores encontrados. Contribuindo assim para melhor compreensão de cada subsistema estudado.

Entradas:

Subsistema I – Transportes de matérias-primas até a indústria de pré-moldados:

Como só foram calculados os transportes das matérias primas das fontes de obtenção, até os portões da indústria de pré-moldados, considerando que a distância média de transporte da areia natural e do cimento, 110km, e da areia artificial, de 40km.

Para o alcance dos resultados obtidos, os cálculos foram feitos a partir do consumo total estimado de litros de diesel e nos dados de emissão de poluentes por litro de combustível queimado. Para o transporte de areia natural, foi utilizado um caminhão truncado com capacidade de carga de 15m³. No caso da areia artificial, o volume transportado, por viagem, é o mesmo citado.

No subsistema II, foram encontradas as quantidades de cada matéria prima necessária para produzir 1000 blocos de concreto, mas que para efeito do cálculo do consumo de óleo diesel, essas quantidades já estão previamente quantificadas.

Utilizou-se, segundo especificações técnicas de uma empresa concessionária de venda de veículos, que o consumo médio para um caminhão truncado para transporte de areia natural e artificial, de 4,2km/l e a capacidade total de litros de óleo diesel no tanque do caminhão é de 275 litros.

O transporte do cimento, foi feito em um caminhão graneleiro, com capacidade de carga de 26 toneladas de cimento, por viagem. O consumo médio deste caminhão, com carga completa, é de aproximadamente 2km/l de óleo diesel.

Chegou-se a uma quantidade de óleo diesel utilizado no transporte do cimento até a indústria de pré-moldados de aproximadamente 1,1 litros. Para o transporte da areia natural, levando-se em conta o peso de areia transportado e a distância média de 110km foi de aproximadamente 5,2 litros. Em último lugar, chegou-se a um consumo de 1,52 litros de óleo diesel para transportar a areia artificial, levando-se em conta a mesma distância de 40 km, e a produção de 1000 blocos de concreto, levando-se a um consumo total de 7,82 litros de óleo diesel.

Na tabela 3.2 está o resumo dos dados relatados anteriormente para obtenção dos cálculos do óleo diesel utilizados no transporte de matérias primas, na fabricação dos 1000 blocos de concreto.

Tabela 3.2 – Quadro resumo do cálculo da quantidade de óleo diesel no transporte de matérias primas

Descrição	Areia artificial	Areia natural	cimento	total
Distância de Transporte (km)	40	110	110	260
Densidade média (kg/m ³)	1400	1300	-	-
Capacidade de carga de transporte/viagem (m ³)	15	15	-	-
Peso (kg/viagem)	21.000	19.500	26.000	66.500
Consumo de óleo diesel (l/viagem)	9,52	26,19	55	90.71
Consumo de óleo diesel (l/1000 blocos)	1,52	5,2	1,1	7.82

Segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP), a densidade do óleo diesel tipo “B” (metropolitano), varia entre 0,820 a 0,865 kg/l. A sua composição possui um teor máximo de 0,5% de enxofre. É descrito como metropolitano por apenas ser comercializado nas regiões metropolitanas das capitais Porto Alegre, Curitiba, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife e

Fortaleza. Foi empregado neste trabalho o valor da densidade de 865 kg/m^3 , chegando-se a uma quantidade total de 6,8kg em peso de óleo diesel para os 7,82 litros encontrados.

Subsistema II – Produção dos blocos de concreto:

Cálculo das matérias primas e dos insumos (Balanço de massa)

Como dito anteriormente para obtenção do consumo de óleo diesel no subsistema transporte, as matérias primas necessárias para a produção de bloco de concreto em questão foram, cimento, areia artificial e areia natural, descritas uma a uma a seguir:

Como aglomerante da mistura, foi utilizado o cimento Portland CPII-F, em que a letra F consiste em um cimento composto com filler, correspondendo a um pequeno acréscimo no teor de calcário. Encontra-se na classe de resistência mínima a compressão aos 28 dias, de 32 MPa.

Como agregados da mistura, foi utilizado inicialmente areia artificial, pois para obtê-la necessita de algum tipo de beneficiamento para ser empregada, assim como britagem e peneiramento, ou através de tratamentos industriais. No Brasil, a maioria é proveniente de rochas ígneas, intrusivas, como granitos, gabros, diabásios ou hipoabissais, basaltos, etc. Em relação a sua granulometria, como nas areias naturais, a areia artificial passa na peneira ABNT 4,8mm e fica retida na peneira ABNT 0,075mm.

Para a produção de blocos de concreto com a finalidade de alvenaria de vedação apenas, auxilia na coesão, ou liga da mistura, evitando a quebra do bloco em seu estado de fresco. O seu módulo de finura é da ordem de 2,57%.

O outro agregado desta mistura é a areia natural, assim denominada por se encontrar em depósitos naturais, não necessitando de nenhum processo de beneficiamento. A granulometria especificada ou recomendada é a contida entre as peneiras da ABNT de 4,8mm e 0,075mm. Encontra-se entre o intervalo de peneiras de 1,2 até 2,4mm. Está denominada de areia média. Podem tanto serem provenientes da dragagem de rios, ou dos locais onde foram formadas, denominados de jazidas.

O módulo de finura das areias empregadas na produção dos blocos de concreto, é de 3,24%.

O traço utilizado na produção do bloco de concreto fabricado nesta indústria de pré-moldados é de 1:5:7 em peso, onde 1 corresponde a quantidade de cimento (aglomerante da mistura), 5 corresponde a quantidade de areia artificial e, 7 a quantidade de areia natural com granulometria média (aglomerados da mistura).

A quantidade em peso, para confecção de 1 bloco de concreto, de cimento incorporado na mistura, ou argamassa, foi de 0,50kg. A da areia artificial foi de 3,36kg. E a quantidade de areia média 3,90kg. A água utilizada neste traço para a produção de 1 bloco de concreto foi de 0,66 litros, ou 0,66 kg. O peso médio de 1 bloco de concreto é de 9,10kg.

A tabela 3.3 traz o resumo das quantidades de insumos ou matérias primas necessárias para a produção de 1 bloco de concreto, assim como as necessárias para produzir o montante dos 1000 blocos estudados.

Tabela 3.3 - Quantidade de insumos para produção de blocos de concreto

Insumo	Quant. para 1 bloco (kg)	Quant. para 1000 blocos (kg)
Cimento	0,50	500
Areia artificial	3,36	3360
Areia média	3,90	3900
Água	0,66	660
Total (peso úmido)	8,42	8420

A água usada para a fabricação dos blocos de concreto é de poço artesiano existente na indústria, sendo esta puxada através de uma bomba de eixo vertical, elétrica. Não é utilizada água da concessionária local para esta produção.

As figuras 3.5 e 3.6 mostram como estão armazenadas as matérias primas dentro da indústria de pré-moldados.



Figura 3.5- Armazenamento da matéria prima areia na fábrica de pré-moldados



Figura 3.6 - Armazenamento da matéria prima cimento

Cálculo do consumo de energia (Balanço de Energia):

Abaixo estão a relação dos equipamentos utilizados na produção do bloco de concreto. Como informações complementares, também estão os consumos diários de energia destes equipamentos.

- 01 Bomba de água de 5cv e 2.260kw que trabalha 1,04h/dia
- 01 Misturador de 15cv e 11,34kw que trabalha 1,25h/dia
- 01 Caçamba de 5cv e 3,78kw que trabalha 1,25h/dia
- 01 Bomba hidráulica de 7,5cv e 5,67kw que trabalha 1,5h/dia
- 02 Vibradores de 1cv cada e 1,512kw para 2 und que trabalham 1,53h/dia.

Embora estas quantidades diárias de energia utilizadas por cada equipamento necessários na produção dos blocos estão descritas acima, não foram incorporados aos cálculos do inventário, pelo motivo de ter sido fornecida a quantidade total de energia necessária para a produção de 82.134 blocos/mês, que chega a ser de 1000kwh. Esta quantidade de energia fornecida pelo engenheiro da empresa de pré-moldados, levando-se em conta que a empresa produz outros produtos, assim como existe uma parte no local destinada ao escritório da empresa, mas que este valor está bem próximo ao necessário para esta produção mensal pelo fato do produto mais produzido na indústria serem blocos de concreto.

A quantidade de energia empregada na fabricação de 1000 blocos de concreto é de aproximadamente 12,00 kwh.

A cura dos blocos é feita através de secagem ao ar livre, com os mesmos cobertos, quando encontram-se em áreas desprovidas de coberturas para evitar o aparecimento de fissuras de retração do concreto, ou em área interna de um galpão. Há evaporação da água, mas que neste trabalho não foi inventariada pelo fato de não ter sido feita a pesagem do bloco após os mesmos ficarem secos. Não houve rejeitos líquidos no processo inteiro.

Subsistema III– Embalagem e estocagem de material:

Os blocos, no final do processo, são paletizados em um tablado de pinho com dimensões de 1mx1m, e que comportam 8,40m² de blocos de concreto, chegando-se a 9,52m² para o montante de 1000 blocos.

Depois de prontos, os blocos são armazenados sobre os tablados de pinho, no galpão da indústria de pré-moldados, como mostra a figura 3.7.



Figura 3.7- Paletes para o armazenamento dos blocos.

Cálculo das embalagens plásticas:

Após serem colocados nos paletes, os blocos recebem uma embalagem plástica para que não sofram perdas durante o transporte. Os tamanhos dos plásticos necessários em cada paleta

com 105 blocos de concreto são de 8,40 metros de comprimento por uma largura de 40cm. chegando-se a um total de 3,20m² para embalar 1000 blocos de concreto.

Todo o transporte interno de material é feito através de carros-de-mão, sem necessidade do uso de esteiras ou outro tipo de transporte, economizando-se energia elétrica ou qualquer outro tipo de combustível.

A tabela 3.4 mostra o resumo das entradas de matérias primas e energia para produção dos blocos de concreto

Resumo das entradas:

Tabela 3.4 - Resumo de entrada de matéria e energia para produção de 1000 blocos de concreto

Entrada de produção		Produção de 1000 blocos de concreto
entradas	Óleo diesel (kg)	6,8
	Cimento (kg)	500
	areia natural (kg)	3.900
	Areia artificial (kg)	3.360
	Consumo de água (kg)	660
	Consumo de energia (kWh)	12
	Tábua de pinho (paletes) (m ²)	9,52
	Embalagem plástica (m ²)	32

Saídas:

Subsistema I – Transportes de matérias-primas até a indústria de pré-moldados:

Como as matérias-primas necessárias para a produção do bloco de concreto foram definidas dentro do portão da indústria de pré-moldados, não foram incluídas neste inventário as emissões provenientes da etapa de extração da areia, a etapa de produção do cimento e britagem do areia artificial, sendo apenas calculados os impactos provenientes do transporte destes materiais até a indústria de pré-moldados. O combustível utilizado nestes veículos é o

óleo diesel, que por sua vez possui teor de enxofre em sua composição, que é um elemento natural em todos os óleos crus. Este tipo de óleo também é responsável pela emissão de CO₂, NO_x, que é formada pelas altas temperaturas na câmara de combustão dos motores, e materiais particulados através da fumaça preta ou fuligens que causam prejuízos a saúde humana.

Baseado no Intergovernmental Panel on Climate Change,(IPCC, 1996), Painel intergovernamental sobre mudanças climática, composto por delegações de 130 governos para prover avaliações regulares sobre a mudança climática, que foi criado no ano de 1988, com sede na Organização das Nações Unidas (ONU), através da percepção de que a ação humana poderia estar exercendo uma forte influência sobre o clima do planeta e que é necessário acompanhar esse processo. (AZEVEDO R.C., et.al. 2008).

Foi obtido o fator de emissão de carbono (FEC), através da divisão do peso molecular do gás de carbono pelo peso molecular da substância em questão, como por exemplo, o cálculo da emissão de CO₂ pela queima do combustível fóssil, dividindo-se o peso molecular do dióxido de carbono pelo carbono do óleo diesel, ou seja $CO_2/C = 44/12 = 3,6667$.

Cálculo da emissão de CO₂:

$$FEC = 3,6667$$

3,6667 x 6,8kg de óleo diesel para produção de 1000 blocos de concreto, chegando-se a quantia de 25,0 kgCO₂/kg de óleo diesel aproximadamente.

Embora o cálculo das emissões de SO₂ e NO_x poderia ter sido feito através do método descrito no IPCC (Vol.3, 1997), que apresenta a fórmula abaixo, e não poderia ter sido deixado de ser comentado neste trabalho, pois através desta fórmula poderão ser realizados trabalhos futuros de ACV com a sua utilização. Estes fatores foram encontrados na revisão

bibliográfica realizada, com a unidade de grama por quilômetro e transformado em quilograma, como consta a seguir:

Metodologia geral, conforme o IPCC, para estimativa de SO₂ e NO_x pode ser descrita como:

$$\text{Emissões} = \sum (\text{FE}_{ab} \times \text{Atividade}_{ab})$$

Onde:

FE = Fator de emissão (kg/TJ);

Atividade = Entrada de energia (TJ);

a = Tipo de combustível; e

b = Atividade setorial

Neste trabalho foram utilizados como referência, os fatores de emissão de NO_x e SO₂ médios obtidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB,1999), de acordo com a tabela 3.5, sendo posteriormente calculadas, segundo a tabela 3.6, as quantidades que foram emitidas ao ambiente pelos transportes das matérias primas, que corresponderam a uma distância total de 260 km.

Tabela 3.5 - Fatores médios de emissão (g/km rodados), dos veículos em uso na Região Metropolitana de São Paulo em 1998

FONTES DE EMISSÃO	TIPO DE VEÍCULO	FATOR DE EMISSÃO (g/km)				
		CO	HC	NO _x	SO _x	MP
TUBO DE ESCAPAMENTO	GASOOL (gasolina+ 22% de alcool)	15,80	1,60	0,90	0,16	0,08
	ÁLCOOL	16,90	1,90	1,20	-	-
	DIESEL	17,80	2,90	13,00	1,13	0,81
	TÁXI	15,80	1,60	0,90	0,16	0,08
	MOTOCICLETA E SIMILARES	19,70	2,60	0,10	0,09	0,05
EMISSÃO DO CÁRTER E EVAPORATIVA	GASOOL	-	2,00	-	-	-
	ÁLCOOL	-	1,50	-	-	-
	MOTOCICLETA E SIMILARES	-	1,40	-	-	-
PNEUS	TODOS OS TIPOS	-	-	-	-	0,07

Fonte: Adaptado do CETESB, 1999.

Tabela 3.6 – Cálculo dos fatores de emissão de NOx e SO₂ em kg/km rodado

Fontes de emissão	Tipo de veículo	Fator de emissão (g/km)		Quant.total de Km	Fator de emissão (kg/Km)		Fator total de emissão (kg)	
		NOx	SO ₂		NOx	SO ₂	NOx	SO ₂
Tubo de escapamento	diesel	NOx	SO ₂	260	NOx	SO ₂	NOx	SO ₂
		13	1,3		0,013	0,0013	3,38	0,338

Para o cálculo da quantidade de materiais particulados, obtido através da quantidade especificada de porcentagem de cinzas existentes no óleo diesel metropolitano, que foi chamado desta forma, quando a Petrobrás lançou no ano de 1992, na conferência do Rio 92, porque possuía menor teor de enxofre, com 0,5%, em nove regiões metropolitanas, incluindo Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador, Aracaju, Recife e Fortaleza. A partir de outubro de 1996, começou a ser comercializado um óleo diesel com 0,3% em substituição ao óleo diesel anterior, proporcionando uma redução de SO₂ para a atmosfera. A partir de 1998, a Petrobrás reduziu ainda mais este teor de enxofre para 0,2%, abrangendo as regiões metropolitanas de São Paulo, Santos, Cubatão, Rio de Janeiro, Salvador, Aracaju, Recife e Fortaleza. (Petrobrás, 1999, apud Azuaga, 2000)

A quantidade de material particulado está especificada no limite máximo previsto pela Agência Nacional do Petróleo (ANP, resolução nº 15 de 17/06/2006), conforme tabela 3.7, para a presença das cinzas no diesel metropolitano, que é de 0,010% em porcentagem de massa, equivalendo a:

6,8kg de óleo diesel x 0,010% = 0,00068kg de material particulado.

Tabela 3.7 - Especificação do Óleo Diesel

CARACTERÍSTICA (1)	UNIDADE	LIMITE		MÉTODO	
		TIPO		ABNT	ASTM
		Metropolitano	Interior		
Cinzas, máx.	% massa	0,010		NBR 9842	D 482

Fonte: Adaptado da ANP, 2006

Subsistema II – Produção dos blocos de concreto:

Neste subsistema de produção do bloco de concreto, as saídas estão relacionadas com as emissões provenientes da utilização de energia elétrica necessária tanto para a utilização dos equipamentos, como para iluminação do pátio da indústria, que foi de proveniência de hidroelétricas. Não foram consideradas emissões sólidas, líquidas ou gasosas para a utilização da energia hidráulica, considerada aqui como 100%. Embora a construção de hidrelétricas cause danos ao solo, com os impactos de superfície, com o alagamento de áreas para construção de reservatórios, com a relação média de $0,416\text{km}^2/\text{MW}$ (TAMBORIANSKI, 2003), não foi computado neste trabalho o cálculo destas áreas, assim, não sendo inventariados danos alguns pela utilização desta energia elétrica, considerada neste trabalho como fonte limpa de energia.

Não são utilizados fornos no processo de produção dos blocos de concreto e a cura do bloco fresco é feita através de secagem ao ar livre, sendo emitido para o ar apenas água, que não provoca impacto ao entorno ambiental.

Não foram computadas nesta ACV as quantidades de particulados oriundos do material pulverulento do cimento, areia e areia artificial, já que a empresa não informou estes dados por falta de inventário realizado destes materiais.

Cálculo dos resíduos sólidos:

Durante todo o processo, a empresa informou que apenas 1% (um por cento) de material foi tido com rejeito sólido. Este percentual representa o montante de 10 blocos por produção de 1000 blocos. Este resíduo sólido deverá ser destinado a aterro de inertes, com a classificação A, conforme a RESOLUÇÃO 307/02 de 05 de julho de 2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2002). No entanto, poderão ser reutilizados ou reciclados em outras destinações. Embora a empresa não possui nenhum programa interno para reciclar ou reutilizar essa quantidade de perda de material, para evitar esse percentual pequeno de rejeitos sólidos, mas em termos de custos, essa perda já está inclusa no preço de venda dos blocos, embora em se tratando dos impactos associados, foi considerado neste trabalho, como

resíduos sólidos, o percentual total de 1% por falta de informação de reciclagem ou reutilização dos mesmos. A tabela 3.8 mostra o resumo das saídas de matérias ou substâncias ao meio ambiente.

Resumo das saídas:

Tabela 3.8 - Resumo das saídas da produção de blocos de concreto

	Saída de produção	Unidade especificada/bloco de concreto
saídas	CO ₂ (kg)	25
	NO _x (kg)	3,38
	SO ₂ (kg)	0,338
	Material Particulado (kg)	0,00068
	Resíduos sólidos (und)	10
	Produção de bloco (und)	1000
	Quantidade final de blocos sãos (und)	990

3.2.4 Avaliação dos impactos ambientais do ciclo de vida

Nesta etapa foram classificadas, caracterizadas e quantificadas as cargas ambientais provenientes do inventário, chegando ao resultado do estudo com a interpretação e posterior comparação com os resultados obtidos utilizando o SimaPro.

Ainda não está nas normas a aplicação direta deste procedimento, com um valor de referência único para o mesmo tipo de avaliação do ciclo de vida de um produto ou sistema para a mesma categoria de impactos.

Cada estudo de ACV dependerá dos limites do sistema considerado, dados locais e regionais que são incluídos em cada inventário do ciclo de vida. Um estudo de ACV não identifica os impactos locais relacionados à atividade ou processo, além disso, ela não aborda os aspectos sociais e econômicos. Do mesmo modo, não é possível relacionar os impactos a uma escala de tempo. (PIOTTO, 2003). A norma apenas fornece orientações de como obter o perfil ambiental dos produtos ou sistemas, através dos dados de entradas e saídas pré-determinados

pelos valores inventariados, e que serão analisados os tipos de impactos resultantes das emissões ao ambiente. (ISO 14.042, 2000).

Abaixo estão os elementos obrigatórios desta etapa:

- ✓ conceito dos indicadores de categorias;
- ✓ seleção das categorias impactadas, indicadores de categorias e modelos;
- ✓ classificação (Verificar onde os impactos são mais altos; e
- ✓ caracterização (cálculo dos resultados).

Cada substância interage com o meio ambiente produzindo um determinado tipo de impacto ambiental. Neste trabalho são determinados os impactos causados pelas emissões de CO₂, NO_x e SO₂ e particulados.

3.2.4.1 Classificação

Neste elemento, as cargas ambientais do sistema associam-se as distintas categorias de impacto, segundo o tipo de efeito ambiental esperado. São definidas aqui as categorias de impactos mais relevantes, de acordo com o inventário realizado. (FULLANA P.; PUIG, R., 1999). Estes impactos são divididos em impactos de âmbito global, regional e local, trazendo danos ao ambiente, a saúde humana e aos recursos naturais. Abaixo serão descritos cada tipo de danos, conforme o tipo de impacto apresentado, sendo que neste trabalho são apresentados os impactos ambientais referentes às emissões das quatro substâncias aqui consideradas como as mais impactantes, descritas anteriormente como emissões de CO₂, NO_x, SO₂ e de particulados. E, embora não tenha sido parte deste estudo o cálculo dos danos ambientais causados pelo uso das matérias primas areia, brita e cimento, que é o grande problema na construção civil, maior causador da escassez destas matérias primas, assim como os danos causados pelo consumo de energia e recursos hídricos, combustíveis fósseis, etc.

Os tipos de impactos mais relevantes neste estudo, encontram-se descritos a seguir. Eles estão dispostos nas categorias de impactos globais, regionais e locais. Foram definidos também os tipos de impactos ao ambiente e a saúde humana.

Âmbito global

O Efeito Estufa (EE) é a categoria de impacto ambiental mais relevante nos dias atuais, com o aumento das temperaturas, causando um considerável acréscimo de catástrofes ambientais nos últimos anos.

Os desastres naturais são definidos de forma simplificada como o resultado do impacto de um fenômeno natural extremo ou intenso sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excedem a capacidade dos afetados em conviver com o impacto. (TOBIN, MONTZ, 1997; apud ALBUQUERQUE, 2008).

Inúmeros trabalhos estão sendo realizados sobre este tema, que no ano de 1997, foi firmado em Genebra, na Suíça com a preocupação de que do ano de 2008 até o ano de 2012 haja uma redução de cerca 5,2%, o protocolo de Kyoto, que pretende chegar aos níveis de gases de efeito estufa (EE) aos mesmos do ano de 1990. (CHANG, 2002).

A figura 3.8 traduz em um gráfico a relação do aumento de desastres naturais com o aumento de tempestades ocorridas desde o ano de 1900 até o ano de 2006, havendo um aumento de cerca de 500 desastres ocorridos neste período, com a tendência de cada vez mais crescer este número. (MARCELINO, 2007).

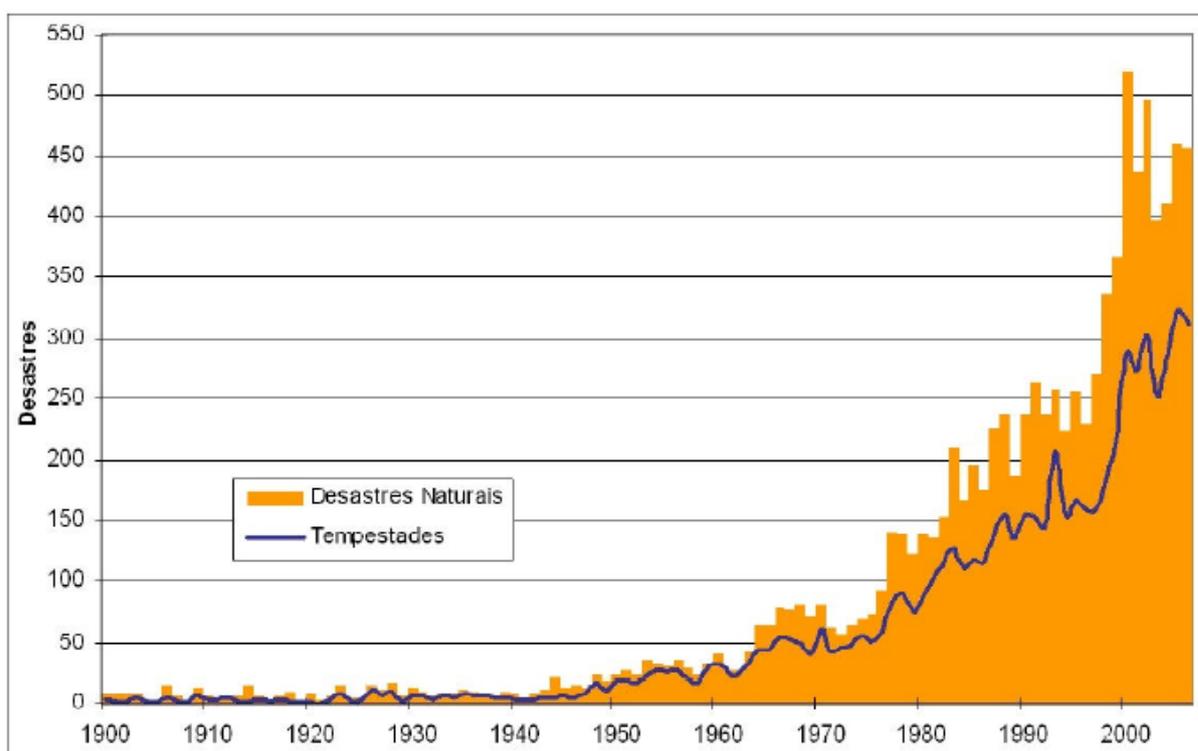


Figura 3.8 – Frequência anual de desastres naturais para todo o globo (1900-2006)

Fonte: MARCELINO, 2007.

Âmbito regional

A acidificação e a eutrofização são categorias de impactos regionais causados pela emissão ao ar do NO_x (óxidos de nitrogênio) e SO₂ (dióxido de enxofre).

Os NO_x e SO₂ causam impactos ambientais tais como as Chuvas Ácidas (CA), Toxicidade ao ser Humano (TH) e o NO_x causam ainda o aumento dos níveis de nutrientes na água (ANN), também conhecido como eutrofização. Demais emissões não foram estudadas nesta produção de blocos de concreto, já que estes são os de maior importância neste estudo.

Âmbito local

As partículas em suspensão existentes no ar podem provocar danos irreversíveis a saúde humana e outros seres vivos. Estes efeitos se incluem na categoria de impactos denominados contaminação de inverno. Entre as partículas são consideradas as provenientes dos particulados e do SO₂.

3.2.4.2 Caracterização

O fator de caracterização do impacto causado pelo gás carbônico (CO₂) que é o poluente tido como padrão do efeito estufa e recebe seu valor de equivalência de 1. Assim todos os demais gases que também causam este tipo de impacto ambiental, são comparados com o CO₂ e será obtido o Potencial de Aquecimento Global (PAG) de cada um desses gases. O resultado obtido será em unidade de massa do CO₂ equivalente. (UGAYA, C.M.L.; HENSCHER, J., 2004).

O fator de toxicidade ao ser humano (TH) é causado pelo NO_x e pelo SO₂, com o fator de equivalência correspondente a 0,78kg/kg de NO_x e 1,2kg/kg de SO₂.

O fator de equivalência da CA é de 0,7kg/kg de NO_x e 1,0kg/kg de SO₂. O ANN ou eutrofização corresponde a um fator de equivalência de 0,13kg/kg de NO_x. (HEIJUNGS, R. et al, 1996).

Na tabela 3.9 estão descritas as categorias de impactos mencionadas anteriormente, resumindo os tipos e fatores de impactos ambientais. A mesma foi adaptada do trabalho de Heijungs, 1999 e de Carvalho filho, 2001, sendo criada esta nova tabela com a apresentação dos fatores

de emissão de cada substância, com o tipo de impacto que esta substância provoca ao ambiente estudado. Posteriormente será obtido a valor correspondente aos dados de saída encontrados no inventário da etapa anterior.

Tabela 3.9 – Fatores de equivalência ambiental

Ambito do impacto		Fator de emissão			
Global	Efeito estufa (EE (kg/kg))	CO ₂	NO _x	SO ₂	Contaminação ao ar
		1,0			
Regional	Chuva Ácida (CA (kg/kg))		0,7	1,0	
	ANN (kg/kg)		0,1		
Local	TH (kg/kg)		0,78	1,2	
	Particulados (kg/kg)				1,0

As quantidades de emissões obtidas na etapa do inventário serão calculadas de acordo com cada fator de emissão acima. Serão multiplicados os valores encontrados do CO₂, NO_x, SO₂ e particulados pelo fator de emissão.

Como foi dito anteriormente, existem diversas outras categorias de impactos de menor relevância, que não foram levados em conta neste estudo, e que serão listados alguns. Tendo como exemplo os de impactos de efeito global, e local, relacionados com as entradas de matérias e energia, os recursos bióticos e abióticos, e relacionados com as saídas, o esgotamento da camada de ozônio, com a sua unidade de equivalência de kg de CFC 11, de âmbito global.

A tabela 3.10 mostra os valores equivalentes de cada substância com as quantidades obtidas na saída ou outputs do sistema analisado.

Tabela 3.10 – Apresentação dos valores equivalentes e quantidades de saídas do sistema

Ambito do impacto		Fatores de emissão e quantidades de substâncias do sistema							
Global	EE (kg/kg)	CO ₂ equiv.	CO ₂	NO _x equiv.	NO _x	SO ₂ equiv.	SO ₂	Contaminação ar equiv.	Cont.ar.
		1,0	25						
Regional	CA (kg/kg)			0,7	3,38	1,0	0,338		
	ANN (kg/kg)			0,1	3,38				
Local	TH (kg/kg)			0,78	3,38	1,2	0,338		
	Particulados (kg/kg)							1,0	0,00068

A tabela 3.11 mostra os valores totais correspondentes a cada impacto correspondente a substância emitida ao sistema.

Tabela 3.11 – Cálculo dos impactos totais

Substância	Valor total por categoria dos impactos				
	EE (kg/kg)	CA (kg/kg)	ANN (kg/kg)	TH (kg/kg)	Particulados (kg/kg)
CO ₂	25	0,0	0,0	0,0	0,0
NO _x	0,0	2,366	0,338	2,6364	0,0
SO ₂	0,0	0,338	0,0	0,4056	0,0
particulados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00068
Total	25	2,704	0,338	3,042	0,00068

3.2.4.3 Normalização

É a operação em que os valores do perfil ambiental são referidos a uma base comum, em geral os correspondentes valores em nível local, regional ou mundial e em um determinado período de tempo, geralmente expresso em anos. (PEREIRA, 2005). A normalização descreve, entretanto, o perfil ambiental de suas unidades funcionais em números normalizados e absolutos podendo então ser comparado com outros perfis ambientais. (CYBIS, L.F.; SANTOS, C.V.J., 2005). Neste trabalho, a unidade usada é ano ($a \cdot 10^{12}$). A normalização é definida através da divisão do valor encontrado na tabela 5.12 pelo valor de referência.

Poderá ser expresso pela fórmula:

$$N_i = \frac{S_i}{R_i}$$

Onde:

N_i = resultado da normalização

S_i = valor a ser normalizado

R_i = valor da referência

A tabela 3.12 mostra os impactos ambientais normalizados decorrentes do processo de produção de blocos de concreto.

Tabela 3.12 – Normalização dos impactos

	EE (kg/kg)	CA (kg/kg)	ANN (kg/kg)	TH (kg/kg)
unidades	Kg.a⁻¹.10¹²	Kg.a⁻¹.10¹²	Kg.a⁻¹.10¹²	Kg.a⁻¹.10¹²
Valor a ser normalizado (S _i)	25	2,704	0,338	3,042
Valor de referência (R _i)	37,7	0,286	0,748	0,576
Resultado da normalização (N_i)	0,6631	9,4545	0,45187	5,2812

A avaliação do ciclo de vida da produção de blocos de concreto de alvenaria de vedação de 100 habitações de interesse social, necessita um total de 120.575,00 blocos de concreto, resultando nos valores totais por categoria dos impactos apresentados na tabela 5.10 acima multiplicados pelo número total de blocos, dividindo por 1000 blocos que foram estudados nesta ACV.

A tabela 3.13 exprime a quantidade total destes impactos causados pela construção das 100 casas de interesse social. Lembrando que este estudo foi realizado apenas levando em conta as alvenarias de vedação em blocos de concreto, existindo vários outros materiais na construção de casas populares, mas que serve de parâmetros para outros estudos posteriores.

Tabela 3.13 – Cálculo dos impactos totais para 100 casas de interesse social

Quantidade	Valor total por categoria dos impactos				
	EE (kg/kg)	CA (kg/kg)	ANN (kg/kg)	TH (kg/kg)	Particulados (kg/kg)
Impacto para 1000 blocos	25	2,704	0,338	3,042	0,00068
Impacto para 100 habitações ou 120.575,00 blocos	3.014,375	326,035	40,754	366,789	0,085391

3.2.5 Análise dos resultados

Nesta etapa, são analisados os resultados obtidos nas etapas anteriores e são tiradas as devidas conclusões e determinação de quais aspectos de maior importância, as melhorias do sistema considerado, sendo traçado o perfil ambiental do bloco de concreto para alvenaria de vedação de habitações de interesse social. Conforme a ISO 14.043, 2000, é aqui apresentada, através da interpretação destes impactos, a análise dos resultados provenientes da ACV das 100 casas de habitação de interesse social.

Os impactos causados ao meio ambiente na produção de 1000 blocos de concreto estão relacionados ao transporte das matérias primas cimento, areia e brita até a indústria de pré-moldados, em que as demais fases de produção, embalagem e armazenamento dos blocos não causando danos ao ambiente aqui estudado.

Verifica-se na figura 3.9 que as emissões estão relacionadas à distância de transporte com a combustão do óleo diesel dos caminhões que trouxeram os materiais até a indústria de pré-moldados.

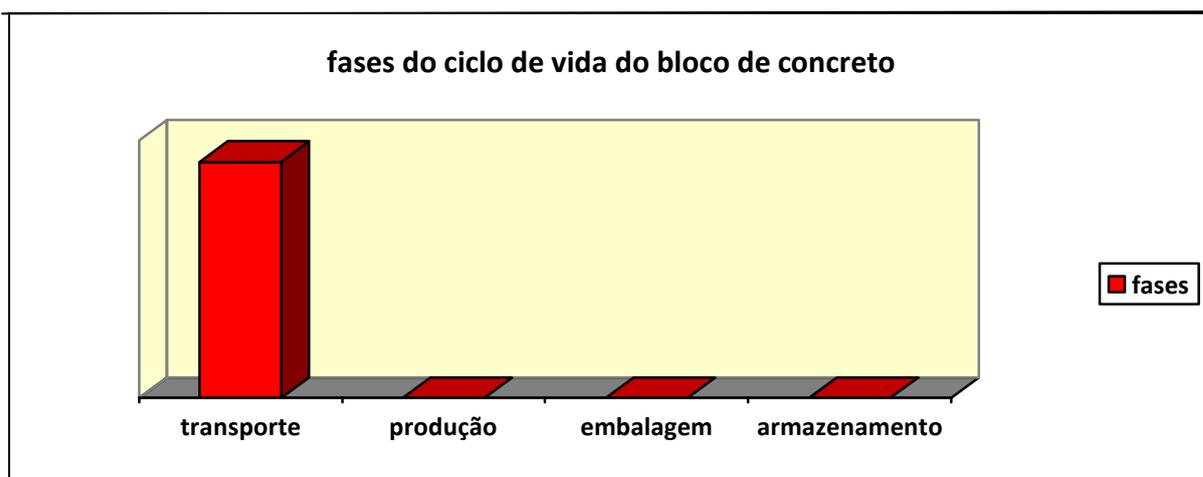


Figura 3.9 – Impactos relacionados com as fases do ciclo de vida do bloco de concreto

A figura 3.10 abaixo mostra o perfil ambiental dos impactos causados pela ACV do bloco de concreto, sendo que o efeito estufa (EE) apresenta o impacto de maior relevância na avaliação do ciclo de vida do concreto.

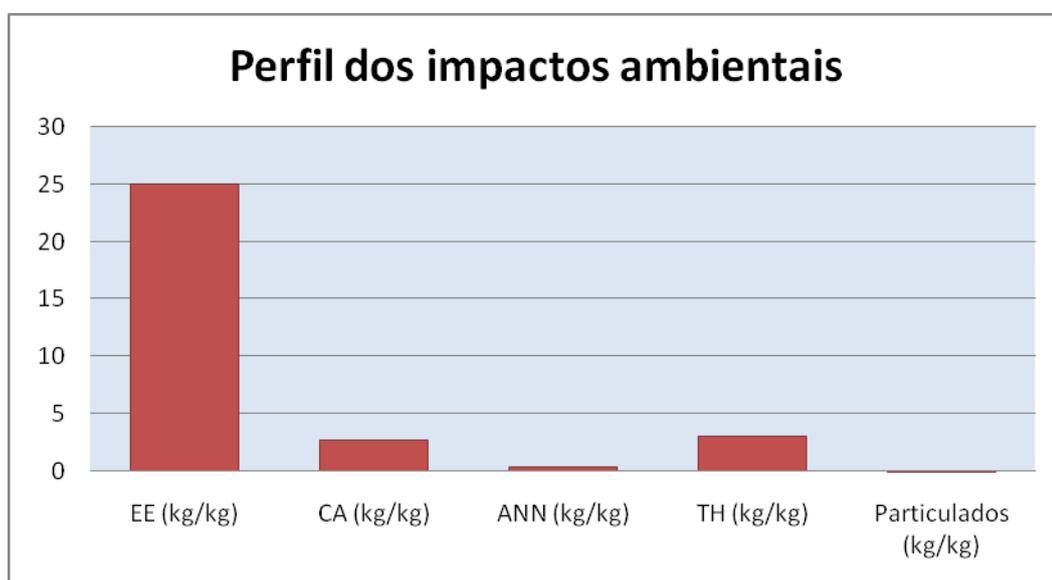


Figura 3.10 – Perfil dos impactos ambientais da produção de 1000 blocos de concreto.

3.2.6 Interpretação

A construção de habitações de interesse social demanda uma gama de matérias, e de acordo com a avaliação do ciclo de vida desses produtos, poderão ser utilizados aqueles que menos causam impactos ao meio ambiente.

O perfil ambiental da produção de blocos de concreto demonstra o maior impacto com a emissão de CO₂ na fase de transporte de matérias primas, elevando o efeito estufa (EE) e que pode ter substituição de quantidades dessas matérias primas através da reutilização de resíduos sólidos, que na construção de 100 casas de interesse social, a quantidade utilizada de 120.575,00 blocos, é necessária a fabricação de 121.781,00, blocos de concreto, já que a perda de blocos corresponde a 1% da produção dos mesmos, e esses materiais serviriam como agregado na fabricação de novos blocos, ajudando assim a diminuição de consumo de matérias primas e dando sua contribuição com a sustentabilidade ambiental.

Interpretação através da análise da contribuição e da análise do predomínio:

Análise da contribuição

De acordo com a norma ISO 14.044, a tabela 3.15 mostra, nesta primeira avaliação do ciclo de vida, a análise da contribuição das etapas de ACV ao resultado total, através do percentual das substâncias mais impactantes nas fases de transporte, produção, paletização e embalagem dos blocos de concreto, os percentuais existentes nesta tabela foram tirados da tabela 3.14 abaixo.

Tabela 3.14 – Valor total por categoria dos impactos na fase de transporte

Substância	Valor total por categoria dos impactos - Fase de transporte						
	EE (kg/kg)	CA (kg/kg)	ANN (kg/kg)	TH (kg/kg)	Particulados (kg/kg)	Total (kg)	Total (%)
CO ₂	25	0	0	0	0	25	80,43%
NO _x	0	2,366	0,338	2,6364	0	5,3404	17,18%
SO ₂	0	0,338	0	0,4056	0	0,7436	2,39%
particulados	0	0	0	0	0,00068	0,00068	0,002%
Total	25	2,704	0,338	3,042	0,00068	31,08468	100,00%

Tabela 3.15 - Análise da contribuição por etapa de transporte, produção, paletização e embalagem

Substâncias	Transporte	Produção	Paletização	Embalagem	Total
CO ₂	100%	0%	0%	0%	100%
SO ₂ (Kg)	100%	0%	0%	0%	100%
NOx (kg)	100%	0%	0%	0%	100%
Particulados (Kg)	100%	0%	0%	0%	100%

A tabela 3.16 traduz as contribuições por substâncias tóxicas estudadas na etapa de transporte do sistema.

Tabela 3.16 – Análise da contribuição por substâncias emitidas no transporte

Substâncias	Transporte
CO ₂ (kg)	80,43%
SO ₂ (Kg)	2,39%
NOx (kg)	17,18%
Particulados (Kg)	0,002%
Total	100%

Análise do predomínio

De acordo com a ISO 14.044, as porcentagens acima apresentadas são agora descritas conforme o grau de influência, para mais ou menos, das entradas e saídas da ACV distribuídas ao longo do processo.

O grau de influência é indicado mediante as letras A, B e C, D e E onde:

A = É o mais importante, influência significativa, com contribuição > 50% ;

B = Muito importante, influência relevante, com contribuição > 25% e < 50%;

C = Bastante importante, alguma influência, com contribuição > 10% e < 25%;

D = Pouca importância, influência menor, com contribuição > 2,5% e < 10%; e

E = Não é importante, influência insignificante, com contribuição < 2,5%.

A tabela 3.17 mostra inicialmente a análise do predomínio por etapa de produção, e em seguida a tabela 3.18 mostra a análise feita por substância apenas na fase de transporte, já que nesta primeira parte da ACV os impactos são apenas referentes à esta etapa.

Tabela 3.17 – Análise do predomínio por etapa de transporte, produção, paletização e embalagem

Substâncias	Transporte	Produção	Paletização	Embalagem	Total
CO ₂	A	E	E	E	100%
SO ₂ (Kg)	A	E	E	E	100%
NOx (kg)	A	E	E	E	100%
Particulados (Kg)	A	E	E	E	100%

Tabela 3.18 – Análise do predomínio por substâncias emitidas no transporte

Substâncias	Transporte
CO ₂ (kg)	A
SO ₂ (Kg)	E
NOx (kg)	C
Particulados (Kg)	E

Como se observa aqui, o CO₂ é o mais importante, com influência significativa.

3.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA UTILIZANDO O SIMAPRO

3.3.1 Princípios e estruturação e definição dos objetivos e alcance

A ACV utilizando a ferramenta computacional SimaPro continua com o mesmo princípio e estruturação, assim como a mesma definição dos objetivos e alcance do estudo de caso descrito anteriormente, não sendo necessário a repetição dessas duas fases.

SimaPro – 7.1.8F Versão Acadêmica, é um programa computacional elaborado pela empresa Pré Consultants B.V, localizada na Holanda como ferramenta na aplicação da metodologia da Análise do Ciclo de Vida.

3.3.2 Inventário

Os dados de entrada foram obtidos da tabela 3.4 do estudo de caso, e foram inseridos no SimaPro, respeitando as quantidades do inventário anterior, mas adequando o material ou processo aos dados pré-existent no programa. A figura 3.11 reproduz a cópia dos dados de entrada inseridos no SimaPro.

Nome	Imagem	Comentário
BLOCOS DE CONCRETO		
Estado	A rever	

Material/Montagens	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD ² ou 2*SC Min	Máx	Comentário
Sand I	3900	kg	Sessão normal	1,5		areia natural
Gravel, crushed, at mine/CH U	3360	kg	Sessão normal	1,5		areia artificial
Portland calcareous cement, at plant/CH U	500	kg	Sessão normal	1,5		
Water, completely softened, at plant/RER U	660	kg	Sessão normal	1,5		
Wood pellets, u=10%, at storehouse/RER U	0,0952	m3	Sessão normal	1,5		
Packaging film, LDPE, at plant/RER S	0,5	kg	Sessão normal	1,5		
(Insira linha aqui)						
Processos	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD ² ou 2*SC Min	Máx	Comentário
Electricity, high voltage, production BR, at grid/BR U	12	kWh	Sessão normal	1,5		
Truck I	7,3	tkm	Sessão normal	1,5		
(Insira linha aqui)						

Figura 3.11 – Dados de entrada do SimaPro.

3.3.3 Avaliação dos impactos ambientais do ciclo de vida

3.3.3.1 Classificação/Caracterização

A figura 3.12 classifica as categorias dos impactos ambientais, através da caracterização desses impactos, ou seja, mostrando os impactos de efeito globais, regionais ou locais, como já foi visto anteriormente, apresentando onde os danos são mais agressivos ao ambiente. Por exemplo, pode-se citar que as substâncias cancerígenas ou os carcinogênicos, são emitidos pelo uso e produção de eletricidade. A matéria prima cimento é aqui o maior causador de quase todas as demais categorias de impacto, sendo o de efeito estufa, a categoria de maior proporção.

AVALIAÇÃO DOS DANOS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DE 1000 BLOCOS DE CONCRETO - CARACTERIZAÇÃO

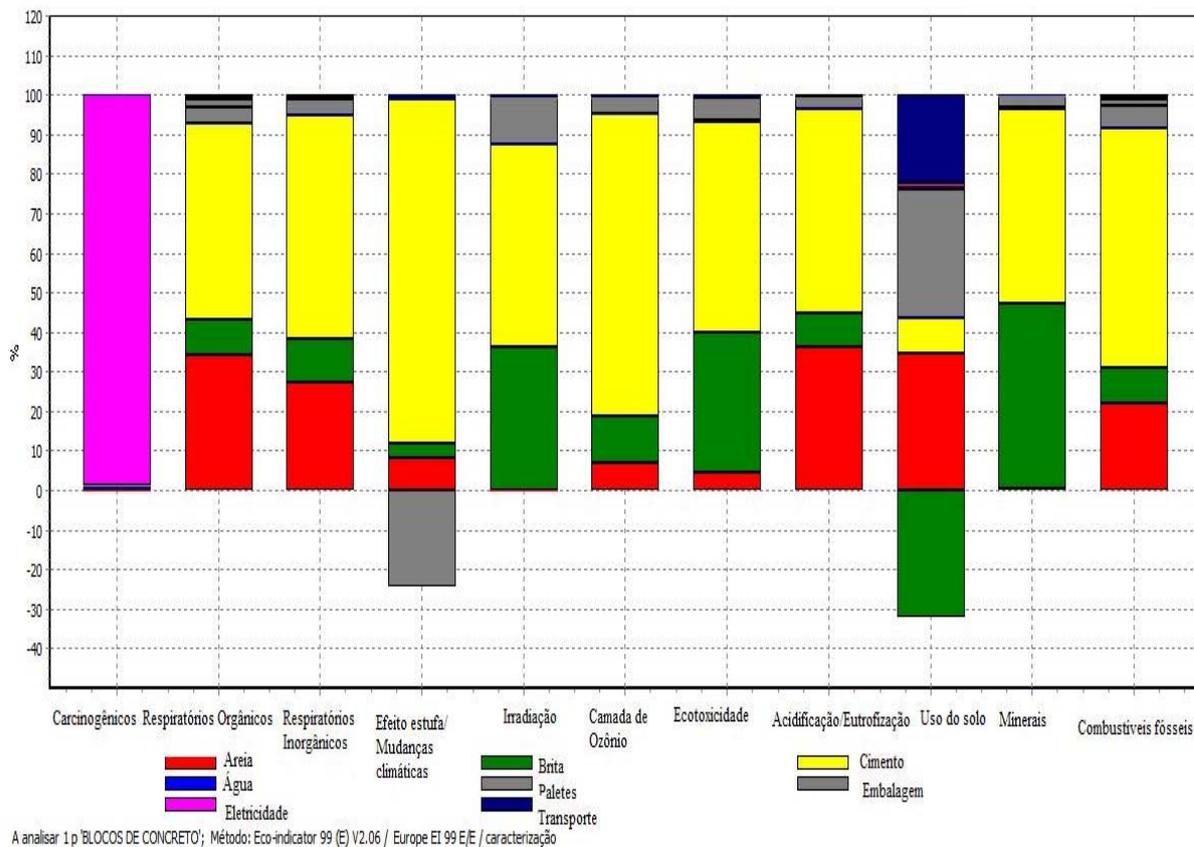


Figura 3.12 – Avaliação dos impactos ambientais – caracterização.

A figura 3.13 mostra por material ou processo utilizado no SimaPro, quais as categorias de impactos são maiores ao meio ambiente. Por exemplo, podemos citar que as substâncias cancerígenas ou os carcinogênicos, são emitidos pelo uso e produção de eletricidade. No material cimento, o impacto maior se deve ao uso de combustíveis fósseis, através da fabricação do clinker, com a utilização de fornos que necessitam destes combustíveis.

O método usado pelo SimaPro da figura 3.13 foi o Eco-Indicator 99 (E) V.2.06 / Europe EI 99 E/E, avaliação dos danos por caracterização e pontuação única.

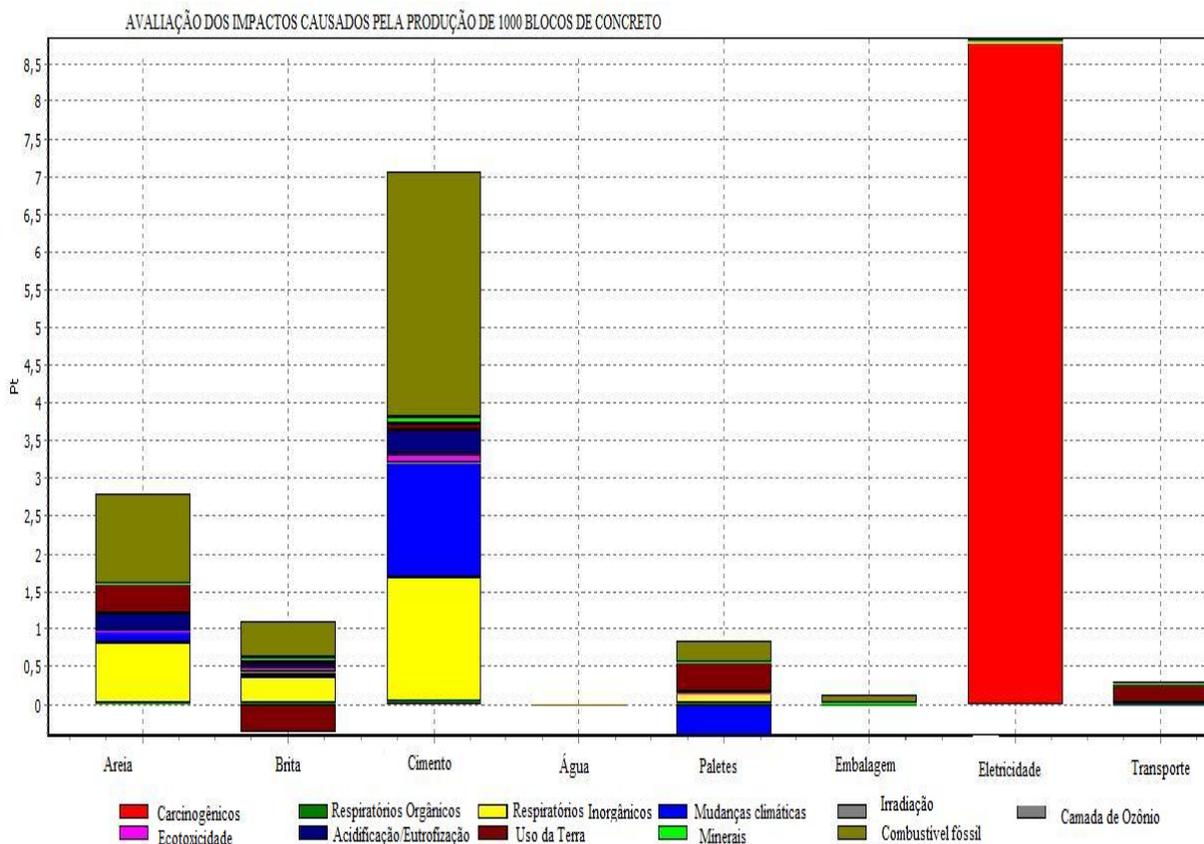


Figura 3.13 – Avaliação dos impactos ambientais – Pontuação única.

O método usado pelo SimaPro foi o Eco-Indicator 99 (E) V.2.06 / Europe EI 99 E/E, avaliação dos danos por caracterização e pontuação única.

3.3.4 Análise dos resultados

Diferentemente da ACV dos blocos de concreto sem o uso da ferramenta computacional SimaPro, observa-se que quando usa-se os dados deste programa, os resultados se alteram, mostrando aqui que a fase de transporte não é o maior causador dos impactos ambientais, e sim a eletricidade e o cimento.

3.3.5 Interpretação

Verifica-se aqui que os resultados obtidos utilizando o SimaPro e seu banco de dados internacionais, que a fase de produção, através do uso da eletricidade e do cimento, são os maiores causadores dos impactos ambientais, logo poderá ser feita uma redução do uso de eletricidade e evitar desperdício da matéria prima cimento.

Interpretação através da análise da contribuição e da análise do predomínio:

Análise da contribuição

Como foi feito no estudo de caso da etapa anterior, faremos agora a análise da contribuição dos dados fornecidos pelo SimaPro, através da quantidade das substâncias CO₂, SO₂, NO_x e MP nas etapas de transporte, produção, ao qual abrange a areia, o cimento, a brita, a energia, a fase de paletização e por último a embalagem. A tabela 3.19 apresenta as quantidades de substâncias por materiais e processos utilizados para confecção dos blocos de concreto.

Tabela 3.19 – Quantidade de substâncias por materiais e processos utilizados para confecção dos blocos de concreto – SimaPro

Substância	Transporte	Produção					Total Produção (kg)	Paletização	Embalagem	Total (kg)	Total (%)
		Areia (kg)	Brita (Kg)	Cimento (Kg)	Água (Kg)	Energia (Kg)					
CO ₂ (Kg)	0,505	33	-	-	-	-	33			33,505	96,06%
NO _x (Kg)	0,00532	0,399	0,0736	0,523	0,000034	0,00157	0,997204	0,0234	0,00242	1,028344	2,95%
SO ₂ (Kg)	0,000143	0,0814	0,0255	0,187	0,0000222	0,00131	0,2952322	0,0297	0,00328	0,3283552	0,94%
Materiais particulados (MP) (Kg)	0,0000504	0,0191					0,0191			0,0191504	0,055%
Total	0,5105134	33,4995000	0,0991000	0,7100000	0,0000562	0,0028800	34,3115362	0,0531000	0,0057000	34,8808496	100,00%

A tabela 3.20 trás a análise de contribuição por substâncias emitidas, apresentando o percentual de cada etapa de produção dos blocos de concreto, sendo estes percentuais extraídos das quantidades da tabela 3.19 acima.

Tabela 3.20 – Análise da contribuição por substâncias emitidas – SimaPro

Substância	Transporte	Total Produção (kg)	Paletização	Embalagem	Total (%)
CO ₂ (Kg)	1,507%	98,493%	0,000%	0,000%	100,000%
NO _x (Kg)	0,517%	96,972%	2,276%	0,235%	100,000%
SO ₂ (Kg)	0,044%	89,912%	9,045%	0,999%	100,000%
Materiais particulados (MP) (Kg)	0,263%	99,737%	0,000%	0,000%	100,000%
Total	1,464%	98,368%	0,152%	0,016%	100,000%

Análise do predomínio

Para finalizar a interpretação dos dados do SimaPro, na tabela 3.21 foi obtida a análise do predomínio por etapa de produção, seguindo os mesmos critérios de avaliação do grau de influência de cada substância, conforme o intervalo de cada percentual.

Tabela 3.21 – Análise do predomínio por etapa de transporte, produção, paletização e embalagem

Substâncias	Transporte	Produção	Paletização	Embalagem	Total
CO₂	E	A	E	E	100%
SO₂ (Kg)	E	A	E	E	100%
NOx (kg)	E	A	D	E	100%
Particulados (Kg)	E	A	E	E	100%

Nesta análise, a fase de produção é a mais importante, ou seja, com influência significativa, podendo ser reavaliada, trazendo melhorias ao ambiente.

3.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS DUAS AVALIAÇÕES DO CICLO DE VIDA

Através da comparação das tabelas de análise da contribuição e da análise do predomínio da primeira e segunda parte deste trabalho, com esta nova interpretação desses resultados, pode-se ver a diferença do uso de dados internacionais e da realidade local da ACV dos blocos de concreto para alvenaria de vedação de habitações de interesse social. A figura 3.14 demonstra o gráfico do comparativo da análise de contribuição das duas análises feitas anteriormente.

A análise do predomínio das duas metodologias aplicadas do estudo de ACV está colocada lado a lado, como mostra a tabela 3.22, e contempla a influência mais significativa na fase de transporte da ACV do estudo de caso e na fase de produção da ACV do SimaPro.

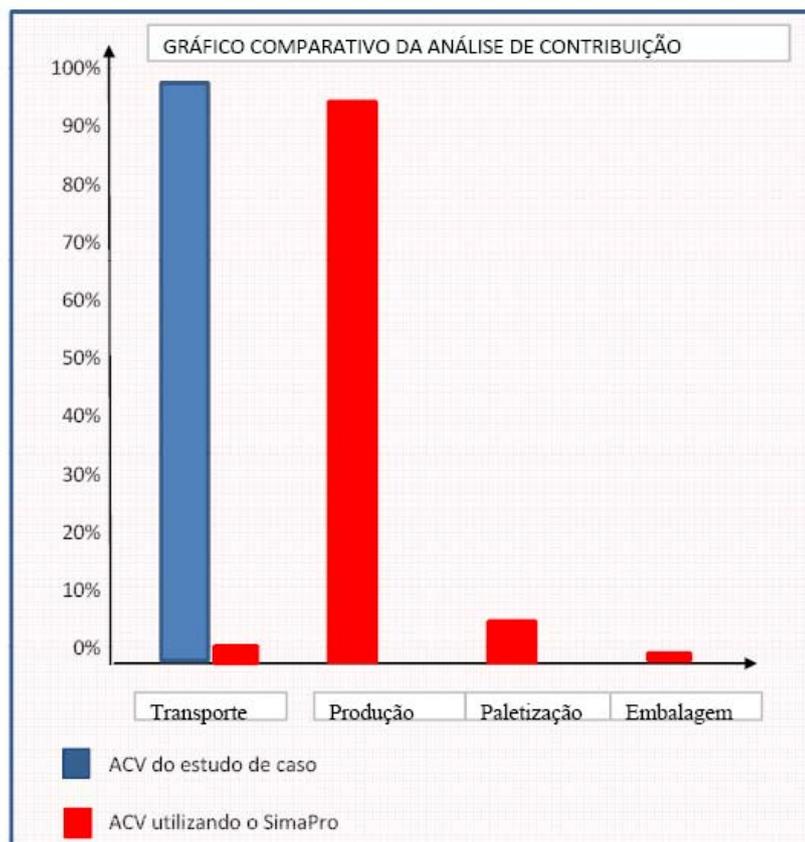


Figura 3.14 – Gráfico comparativo da análise de contribuição.

Tabela 3.22 – Análise do predomínio das duas metodologias aplicadas nas etapas de transporte, produção, paletização e embalagem do estudo de ACV

Substâncias	Transporte		Produção		Paletização		Embalagem		Total
	ACV-ESTUDO DE CASO	ACV SIMAPRO							
CO ₂	A	E	E	A	E	E	E	E	100%
SO ₂ (Kg)	A	E	E	A	E	E	E	E	100%
NOx (kg)	A	E	E	A	E	D	E	E	100%
Particulados (Kg)	A	E	E	A	E	E	E	E	100%

Feitas as comparações para os dois tipos de metodologia empregados neste estudo de avaliação do ciclo de vida dos blocos de concreto, chegando-se a resultados distintos, e concluiu-se como é importante não apenas avaliar um produto ou processo utilizando os dados de programas existentes, mas também levar em conta os dados locais do estudo, pois assim representa o contexto com maior fidelidade ao estudo proposto.

Observou-se neste trabalho, que um fator de suma importância na diferença dos resultados obtidos nas duas avaliações feitas, foi consequência direta da não inclusão do ciclo de vida completo da produção dos blocos de concreto, levando a uma grande variação dos mesmos, onde dados provenientes do programa SimaPro abrange vários subsistemas que não constaram nas fases da primeira etapa da ACV.

A natureza dos dados dos inventários desta avaliação repercutiu na diferença entre os resultados alcançados, já que os mesmos sofrem influências diretas de mudanças nas informações empregadas no desenvolvimento do estudo.

Entretanto, considerando os resultados apresentados nas duas fases analisadas, leva a conclusão da grande importância da análise do ciclo de vida, como instrumento potencial na obtenção dos quantitativos de elementos de efeitos impactantes mais relevantes ao meio ambiente, provenientes dos materiais, processos ou produtos agregados.

Os dados que foram escolhidos neste trabalho, que foram incluídos no estudo da ACV, tanto na primeira fase como na segunda, foram os mais adequados a situação que estava sendo pesquisada. Todas as entradas foram iguais nas duas fases de execução da pesquisa, sendo o programa computacional SimaPro o mais adequado para este tipo de trabalho, onde abrange os materiais de construção.

O SimaPro é uma ferramenta computacional que permite analisar vários subsistemas inclusos no limite de uma ACV, dependendo dos objetivos que se esteja buscando.

4.0 CONCLUSÕES

Concluiu-se neste trabalho que, para dois diferentes tipos de metodologias aplicadas visando a avaliação do ciclo de vida dos blocos de concreto, foram obtidos resultados consideravelmente distintos, sendo fator de suma importância nesta diferença de resultados obtidos, a não inclusão do ciclo de vida completo da produção dos blocos de concreto, num dos processos utilizados para a avaliação.

A origem das materiais primas, tais como exemplo do cimento, areia artificial e natural, dos dados coletados do inventário da ACV da primeira fase e dos dados existentes no SimaPro repercutiu na diferença entre os resultados alcançados. Esses mesmos dados sofrem influências diretas de mudanças nas informações empregadas no desenvolvimento do estudo. Embora os dados de entrada nas duas ACV fossem iguais.

Contudo os resultados apresentados nas duas metodologias estudadas aplicadas, leva à conclusão da grande importância, sobretudo no momento em que o quadro regulatório se expande e se define. Neste contexto, a ACV se apresenta como instrumento potencial na quantificação dos elementos com maior efeito impactante ao meio ambiente, contidos nos materiais, processos ou produtos agregados.

No caso deste estudo, por meio da avaliação do ciclo de vida dos blocos de concreto para habitações de interesse social, obteve-se:

- ✓ o perfil ambiental dos blocos de concreto;
- ✓ a contribuição para a sustentabilidade ambiental diminuindo o consumo da matéria prima e energia, e também as emissões emanadas ao entorno ambiental; e
- ✓ Resultados capazes de contribuir para a sustentabilidade ambiental, visando diminuir o consumo da matéria prima e energia e também emissões, e assim ajudar na escolha de materiais de construção mais adequados ao meio ambiente, através da comparação dos resultados obtidos utilizando os dados locais com os da ferramenta computacional SimaPro.

Do processo de transporte dos materiais, quase sempre realizado, por via terrestre, por meio de caminhões, ou seja, transporte rodoviário, decorrem impactos ao meio ambiente causados sobretudo pelo uso de óleo diesel, proveniente de combustíveis fósseis, levando-se a emissão de particulados, CO₂, o CO, o NO_x e o SO_x.

Há necessidade de ações combinadas e simultâneas para redução destes impactos ambientais, tais como:

- ✓ Minimizar o consumo de recursos (conservar);
- ✓ Maximizar a reutilização de recursos (reutilizar materiais e componentes);
- ✓ Usar recursos renováveis ou recicláveis (renovar/reciclar);
- ✓ Criar um ambiente saudável e não tóxico (utilizar não tóxico);
- ✓ Proteger o meio ambiente (proteção da natureza);
- ✓ Buscar a qualidade na criação do ambiente construído (aumentar a qualidade).

Além das ações acima indicadas, a utilização de materiais mais duráveis nas construções diminuirá custos e riscos, à medida que esta durabilidade permite um número proporcionalmente menor de ações de manutenção em longo prazo.

Dentre as práticas associadas à busca de um padrão tecnológico mais limpo e não impactante ao meio ambiente estão pequenas alterações e mudanças a serem introduzidas nos processos tradicionais.

A busca de uma tecnologia limpa na fabricação de materiais, na qual, todas as fontes de matérias primas e energias empregadas na produção do material, apresentam um caráter não contaminante, implica muitas vezes no emprego de materiais similares que possuam as mesmas especificações e não agredam tanto o ambiente.

A quantidade de blocos quebrados, que embora sendo de apenas 1%, poderia ser evitada tomando-se algumas providências na indústria de pré-moldados, tais como, por exemplo, o cuidado na fabricação e transporte destes blocos dentro da indústria. O consumo de energia pode ser diminuído utilizando-se dispositivos para obtenção de energia solar.

Através da análise do ciclo de vida do bloco de concreto para habitações de interesse social, pode-se desenvolver e/ou aplicar as técnicas já existentes para que se reutilizem os resíduos

de blocos de concreto como produto de reutilização na fabricação de novos blocos de concreto, ou ainda, que reciclem estes resíduos dando-lhe outro tipo de destinação, tal como material de aterro, agregado em argamassas de cimento, e outros, resolvendo parte do problema de se extrair tanta matéria prima de se consumir tanta energia.

Uma expressiva contribuição para o desenvolvimento sustentável pode ser alcançada ao se evitar a poluição decorrente da deposição desses resíduos em lixões públicos, ao se buscar a economia de transporte de material ao se obter a melhoria do ambiente, por meio da desaceleração do ritmo dos processos de extração de matéria prima e produção de cimento, de recursos não renováveis e renováveis (por exemplo, no que concerne à utilização intensa de recursos hídricos).

Este estudo proporciona resultados que buscam contribuir para a sustentabilidade ambiental, visando diminuir o consumo da matéria prima e energia e também emissões, auxiliando na escolha de materiais de construção mais adequados ao meio ambiente.

5.0 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A presente dissertação servirá como base para trabalhos futuros, nos quais poderão ser feitos estudos comparativos de tipologia de material empregado em alvenaria de vedação de habitações de interesse social, que como sugestão poderá ser feito um trabalho de ACV utilizando madeira ou tijolos cerâmicos, ou algum outro tipo de material de vedação existente.

O limite do sistema apenas englobou as fases de transporte de matérias primas e a produção de blocos de concreto como ciclo de vida dos produtos, podendo ser ampliado o limite aqui escolhido, ou até mesmo enfocando etapas posteriores as aqui incluídas, tais como o transporte desses blocos até o canteiro de obras, fase de assentamento dos blocos, incluindo a quantidade de resíduos deste assentamento, etc.

Um estudo de ACV poderá englobar vários parâmetros diferentes aplicados em um mesmo limite de sistema.

Alternativas de utilização de equipamentos e procedimentos de produção de blocos poderão fazer parte de um novo estudo de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. ANP, 2003. **Resolução ANP nº 15 de 17.7.2006. DOU 19/7/06** Disponível em: <http://anp.gov.br/petro/legis_qualidade.asp.html>. Acesso em: 18 jan 2009.

ALBUQUERQUE, P.C.G. **Desastres naturais e geotecnologias: GPS**. INPE/CRS, Santa Maria, 2008, 24p. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/publicacoes/cadernos/Caderno3_gps.pdf.html>. Acesso em: 28 jan 2009.

AGENDA 21, 1992. Disponível em: <<http://econews.com.br/agenda21/index.htm>> . Acesso em: 14 maio 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2001.

_____ **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE ARQUITETURA E BIOECOLOGIA. ANAB, 2009. Disponível em: <<http://www.anabbrasil.org/arquitetura.asp.html>>. Acesso em: 03 ago 2009.

AZEVEDO R.C.; et.al. 2008. **O discurso ambiental abordado no longa de animação a era do gelo II**, In: INTERCOM – Sociedade brasileira de estudos interdisciplinares da comunicação – XXXI Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Natal, RN , 2008, 10p. Disponível em: <<http://intercom.org.br/papers/nacionais/2008/resumos/R-3/0177-1.pdf.html>>. Acesso em: 25 jan 2009.

AZUAGA, DENISE. **Danos ambientais causados por veículos leves**. 2000. 168p. (Dissertação). Mestrado em Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Out. 2000.

BERLIN, J. Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese. **International Dairy Journal**, Oxford, v.12, n,11,p.939-953. Nov.2002.

BLANCHARD, Steven; REPPE, Peter. **Life cycle analysis of a residential home in Michigan**. 1998. Dissertação (Master of Science of Natural Resources). University of Michigan. Michigan, 1998.

CARDIM, A. **Avaliação do Ciclo de Vida dos Produtos da Construção Civil - ACVPCC** – In: Notas de Aula do mestrado. POLI-UPE. Recife, abril de 2007.

CARDIM, A.; et al. **Avaliação do impacto ao meio ambiente causados pelos produtos e materiais da construção civil a base de cimento**, In: COM PAT'97 – IV Congresso Iberoamericano de Patologia das Construções e IV Congresso de Controle de Qualidade. Porto Alegre, 1997, p 499-506.

CARDOSO, A.A.; FRANCO, A. **Enxofre de importância ambiental. Química Nova na Escola**. 2002, p. 15, 39-41.

CARVALHO FILHO, Arnaldo Cardim. **Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento**. 2001. 297p. Tese (Doutorado) Universidad Politécnica de Cataluna. Barcelona, jul.2001.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1999, **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**. 1998, São Paulo.

CHANG, Manyu. **Sequestro de carbono florestal: oportunidades e riscos para o Brasil**. In: Revista Paranaense de Desenvolvimento. Curitiba. jan/jun2002. P.85-101. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/pdf/revista_PR/102/manyu.pdf.html>. Acesso em: 28 jan 2009.

_____, 2009, **Glossário Ecológico Ambiental**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/glossario/glossario_m.asp.html>. Acesso em: 15 jan 2009.

CHEHEBE, J.R. **Análise do ciclo de vida de produtos. Ferramenta gerencial da ISO 14.000**. Rio de janeiro: Editora Qualitmark.CNI. 1997. 120p.

CIB. **Agenda 21 para a Construção Sustentável**. 1. ed. Tradução por: Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC-USP). São Paulo: Editora PCC – USP, 2000.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, 05 de julho de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>> acesso em: 16 abril de 2007.

CRUZ, A.S.; et al. **Cadernos CAIXA – Projeto padrão – casas populares/4m². GIDUR/VT**. Vitória - Espírito Santo, 2007.

CYBIS, Luiz Fernando; SANTOS, Carlos Vicente Jonh. Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada à indústria da construção civil – Estudo de caso. In: **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Porto Alegre, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. 2006. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/AMB2006/I_2006.pdf.html>. Acesso em: 05 jun, 2009.

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND HERITAGE. **Greening the building life cycle. Life cycle assessment tool in buinding and construction**. 2003. Disponível em: <<http://www.buildinglca.rmit.edu.au-downloads-toolsdescription.pdf.html>>. Acesso em: 12 maio 2007.

DRUSZCZ, Mônica Tabor. **Avaliação dos aspectos ambientais dos materiais de construção civil – Uma revisão bibliográfica com estudo de caso do bloco cerâmico**. 2002. 163p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

FERNANDES, I. **Blocos & Pavers – Produção e controle de qualidade**. ABCP. 1994. 75p.

FORSBERG, Anna; MALMBORG, Von Frederik. **Tool for environmental assessment of the buits environment**. In: Building and Environment. Sweden, 2003. p.223-228. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.html>>. Acesso em: 23 set. 2004.

FUKUROZAKI, H.S.; SEO, E.S.M. **Metodologia da análise de ciclo de vida: Importância na inserção da tecnologia de célula a combustível do tipo PEMPC**. São Paulo – SP, 2007.

FULLANA, Pere; PUIG, Rita. **Análisis del ciclo de vida**. Barcelona: 1. ed. Espanã: Rubes Editorial, S.L., 1997.143p.

HEIJUNGS, R.; et al. **Life cycle assessment: What it is and how to do it**. Paris: UNEP, 1996. 91p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDZATION. **ISO 14.040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework**, Geneve – Switzerland, 1997. 12p.

_____. **ISO 14.041: Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis**, Geneve – Switzerland, 1998. 22p.

_____. **ISO 14.042:** Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment, Geneve – Switzerland, 2000. 14p.

_____. **ISO 14.043:** Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation, Geneve – Switzerland, 2000. 20p.

_____. **ISO 14.044:** Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and Guidelines, 2006.

IPCC (1997). **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, Volume 1-3.** Houghton J.T., et al. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

IPCC (2007). **Climate Change 2007: Synthesis Report.** Lenny Bernstein, et al. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

KELLENBERGER Daniel, et al. **Life cycle inventories of building products. Ecoinvent report n° 7.** Dübendorf, Dec. 2007.

KOMATSU, JENNY SAYAKA. **Créditos de Carbono e sua real contribuição sobre a redução das emissões,** Encontro Intercontinental sobre a Natureza – O2 – 2007, Fortaleza – Ceará, 2008.

LIPPIATT, B. Building for environmental and economic sustainability (BEES). **In: CIB World Building Congress – Construction and Environment. Proceeding.** 1998. Gavle.8pp.

JOHN, V.M.; OLIVEIRA, D.P.; AGOPYAN, V., **Critérios de sustentabilidade para a seleção de materiais e componentes – uma perspectiva de países em desenvolvimento.** 2005. Disponível em:<[http://www.pcc2540.pcc.usp.br/material%202006/VM JOHN_AGOPYAN_OLIVEIRA_OS_V4_TRADU_O.pdf.html](http://www.pcc2540.pcc.usp.br/material%202006/VM_JOHN_AGOPYAN_OLIVEIRA_OS_V4_TRADU_O.pdf.html)>. Acesso em: 20 jun 2008.

JOHN, V.M. Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. **In: Reciclagem de Entulho para Produção de Materiais de Construção: Projeto Entulho Bom.** Salvador: EDUFBA (Editora da Universidade Federal da Bahia), 2001. P.27-45.

JOHN, V.M; SILVA, V.G.; AGOPYAN, V., **Agenda 21: Uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro.** In: ANTAC- Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades Sustentáveis. Canela, 24 a 27 abril 2009.

MAMEDE, F.C., **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. 2001. 206p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – USC. São Paulo, 2001.

MANUAL EMPREENDIMENTO HABITACIONAL INTEGRADO DE INTERESSE SOCIAL – EHIIS: **Conceito, ferramentas, diretrizes e procedimentos gerais**. VOL. I – Conceitos e Ferramentas de Gestão, 2003. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Emp%20Hab%20Int%20Social%20Vol%202.pdf.html>>. Acesso em: 02 nov 2009.

MARCELINO, V.E., **Desastres naturais e geotecnológicos: Conceitos Básicos**. INPE, Santa Maria, 2007. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/imagens/publicacoes/conceitosbasicos.pdf.html>>. Acesso em: 24 jan 2009.

MASSIMINO, R., **Racionalidade na prática**. In: Revista Prisma. Ano VII, número 31. Jul 2009.

MASTELLA, D.V., **Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida**. 2002. 107p. Dissertação (Mestrado em construção civil) Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2002.

MEILLAUD, F.; GAY, J.B.; BROWN, M.T. **Evaluation of a building using the emergy method**. 2005. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com.html>>.Acesso em: maio 2008.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME). **Balanco energético 2006: banco de dados**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sem/dadhist/tsinop_p.html>. Acesso em: 03 jul 2008.

_____. **Balanco energético 2008: banco de dados**. Disponível em: <www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2_-_BEN_2008_-_Ano_Base_2007/1_-_BEN_2008_Portugues_-_Completo.pdf.html>. Acesso em: 15 nov 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Carta da terra**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/CartaDaTerraHstória2105.pdf.html> Acesso em: 26 maio 2009.

NASCIMENTO, M.A.; TORRES, E.A.; MACHADO, S.L. Metodologia de análise de ciclo de vida na indústria da construção civil. In: **8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica**. 2007. Peru. 9pp.

PEREIRA, F. Antunes. **Introdução à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**. 2005. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/7404088/Introducao-a-Analise-de-Ciclo-de-Vida.html>>. Acesso em: 28 jan 2009.

PIOTTO, Zeila Chittolina. **Eco-eficiência na indústria de celulose e papel – Estudo de caso**. 2003. 379p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) Escola politécnica da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2003.

PRÉ Consultants, B.V. [2008] – SimaPro 7.1.8 – **The software tool to analyse and develop environmentally sound products** – Academic Version. Holand, 2007.

PULSELLI, R.M, et al. **Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability**. 2007. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com.html>>. Acesso em: mai 2008.

_____. **Specific emergy of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport**. 2008. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com.html>>. Acesso em: maio 2008.

SCHMID, Denise; GOMES, Luísa Miranda; CURY, Natália Aço. **Tecnologia da Edificação I**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006

SILVA, V.G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: Diretrizes e base metodológica**. 2003. 210p. Tese (Doutorado em Construção Civil) Escola politécnica da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2003.

SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY. **SETAC: Evolution and development on the conceptual framework and methodology of life cycle impact assessment**. (North American and Europe) Workgroup on Life Cycle Impact Assessment. jan, 1998. 13p.

TABORIANSLI, Vanessa Montoro. **Avaliação da contribuição das tipologias de aquecimento de águas residenciais para a variação dos balanços de gases de efeito estufa na atmosfera**. São Paulo: EPUST, 2003. 22P. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/333).

THE CLUB OF ROME, 2008. **History.** Disponível em: <<http://www.clubofrome.org/eng/about/4/.html>>. Acesso em: maio 2009.

TRAJANO, L. et al. **Life cycle assessment of products derived from cement for social housing**, In: CILCA 2009 - III International Conference on Life Cycle Assessment. Chile, 2009.

_____. **A Construção Sustentável e Pontos importantes para habitações de Interesse Social**, In: I Congresso Brasileiro em gestão do ciclo de vida. Curitiba, 2008.

TRAJANO, L.; CARDIM, A. **Parâmetros de sustentabilidade ambiental para habitações de interesse social – Uma proposta para discussão**, In: Encontro intercontinental sobre a natureza - O2 Instituto Hidroambiental Águas do Brasil. Fortaleza, 2007.

VIGON, B.W. et al. **Life Cycle Assessment: Inventory guidelines and principles**. Cincinnati: EPA, 1993.

UGAYA, C.M.L; HENSCHER, J., **Metodologia para identificação dos aspectos ambientais significativos nos processos de refino do petróleo**. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, SC, 2004, p 5162 – 5170. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep1002_1457.pdf.html>. Acesso em: jan. 2009.

XAVIER, José Humberto Valadares; PIRES, Armando Caldeira, **Uso potencial da metodologia de Análise do Ciclo de Vida (ACV) para a caracterização de impactos ambientais na agricultura**. Caderno de Ciência e Tecnologia. V.21, n.2, Brasília, maio/ago, 2004. p.311-341.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)