

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Anna Freitas Portela de Souza

**A SUSTENTABILIDADE NO USO DA MADEIRA DE  
FLORESTA PLANTADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Florianópolis

2010



Anna Freitas Portela de Souza

**A SUSTENTABILIDADE NO USO DA MADEIRA DE  
FLORESTA PLANTADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau de  
mestre em Engenharia Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Ing. Carlos  
Alberto Szücs

Florianópolis

2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da  
Universidade Federal de Santa Catarina

S729s Souza, Anna Freitas Portela de  
A sustentabilidade no uso da madeira de floresta  
Plantada na construção civil [dissertação] / Anna Freitas  
Portela de Souza ; orientador, Carlos Alberto Szücs. -  
Florianópolis, SC, 2010.  
95 p.: il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia civil. 2. Madeira. 3. Sustentabilidade.  
4. Análise de ciclo de vida. I. Szücs, Carlos Alberto. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 624

Anna Freitas Portela de Souza

**A SUSTENTABILIDADE NO USO DA MADEIRA DE  
FLORESTA PLANTADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 04 de fevereiro de 2010.

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ing. Janaíde Cavalcante Rocha  
Coordenadora do Programa

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Ing. Carlos Alberto Szücs  
Orientador – PPGEC/UFSC

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Akemi Ino  
Avaliadora Externa - EESC/USP

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Janaíde Cavalcante Rocha  
Avaliadora Interna – PPGEC/UFSC

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ângela do Valle  
Avaliadora Interna – PPGEC/UFSC



A minha avó amada, Inalda Portela (*in  
memorian*)





## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas bênçãos recebidas e por me dar forças para não desistir deste trabalho.

Aos meus pais, por me amarem incondicionalmente, me apoiarem e estarem sempre ao meu lado por todo caminho.

Ao meu marido amado, Francisco Pimenta, que me acompanha pronto a me ajudar em todos os momentos.

Aos meus amigos, que me ajudaram a relaxar em torno de tantos momentos de estresse. Em especial à Lisiane Nito, que me acompanhou na defesa, me dando todo apoio e à Letícia Castro e Vanessa Maria Pereira, que hoje formam a equipe de trabalho a qual faço parte e são para mim grandes amigas sempre prontas a me incentivar.

Ao professor Carlos Alberto Szücs por ser sempre paciente na sua orientação, meu sincero agradecimento.

Ao GIEM (Grupo Interdisciplinar de Estudos da Madeira) pelo espaço cedido, fornecimento de material de pesquisa e constante apoio dos colegas.

A empresa REFLORESTE e a Madeireira Pai e Filhos, por ceder tempo e material para esta pesquisa.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelos recursos concedidos sob a forma de bolsa de estudos.

Aos professores que se disponibilizaram a participar da banca avaliadora e que me ajudaram a aprimorar este trabalho.



## RESUMO

A análise da madeira de floresta plantada como material sustentável, destinado à construção civil, é o objetivo do presente trabalho.

As atividades humanas dos últimos tempos vêm proporcionando a emissão de níveis críticos de poluentes atmosféricos. O gás carbônico, presente na maioria das emissões, contribui consideravelmente para o efeito estufa, alterações climáticas e fenômenos meteorológicos cada vez mais danosos e freqüentes.

Os ecossistemas florestais, importantes sumidouros das partículas poluentes, apresentam no tecido lenhoso de seus vegetais, grandes depósitos do carbono capturado. Nesse particular, é importante ressaltar que as árvores em crescimento, apresentam um potencial bem maior de captura do carbono do que as árvores adultas. Desta forma, é importante que os ecossistemas florestais possuam ciclos contínuos, onde após cumprirem a sua função de captura, podem ser transformadas em bens duráveis mantendo então a função de sumidouro, por longo tempo. Além disso, ao ser utilizada, a árvore dá lugar a uma nova, fechando o ciclo do carbono e evidenciando a característica de fonte renovável.

Ao longo da presente dissertação, a madeira é proposta como forte alternativa sustentável para a construção civil. Sendo empregada de maneira adequada, oriunda de floresta plantada e em sistemas racionais, como o conhecido sistema Plataforma, observa-se a necessidade de ciclos curtos de plantio e uso do material, uma vez que são empregadas peças de pequenas dimensões.

A ferramenta utilizada para a análise de sustentabilidade, é conhecida por Análise de Ciclo de Vida (ACV), que é considerada hoje a metodologia mais completa, pois analisa todos os estágios de um produto, indo da matéria prima ao descarte final.

Pela diversidade de materiais empregados na construção civil, essa análise torna-se bastante complexa, pois vários sistemas distintos são encontrados na produção dos edifícios. Encontra-se na literatura, análises de diversos autores, que comparam a madeira usada na construção civil com outros materiais empregados, mas com funções equivalentes.

No presente trabalho, a construção sustentável, é abordada como definição e como diretriz para projetos com este objetivo. A ferramenta ACV é explicada com detalhe, para que se entenda a forma

de ser utilizada e porque é considerada uma metodologia completa e reconhecida na comunidade científica.

Por fim, é apresentado um estudo de caso na fábrica REFLORESTE, localizada em Florianópolis/SC, demonstrando a fase inicial do ciclo da madeira de floresta plantada e tratada em autoclave, para ser empregada na construção civil. Através desta análise é possível entender como essa madeira vem sendo empregada e como o processo de tratamento pode ser entendido com relação ao impacto ambiental.

**Palavras-chave:** madeira – sustentabilidade - Análise de Ciclo de vida.

## ABSTRACT

The analysis of forest wood planted as sustainable material, destined to civil construction, is the objective of this work.

During last few years, human activities have resulted in critical emission levels of atmospheric pollutants. Carbon dioxide, included on most emissions, substantially contributes to global warming, climate changes and increasingly damaging and frequent meteorological phenomena.

Forest ecosystems, as important sinks for pollutants, show large sediments of captured carbon on organisms' ligneous tissue. In respect of this, we must highlight that young trees have higher potential of carbon capture than adult trees. Therefore, they must complete continuous cycles, so, after fulfilling their capture function, they could turn into durable goods, keeping their sink function for a long time. Moreover, using a tree, it can be replaced by a new one, completing the carbon cycle and showing its quality of renewable source.

Throughout this dissertation, wood is suggested as a strong sustainable option for civil construction. Using it properly, it must be native of planted forests and from rational systems, such as well-known Platform system, highlighting the need for short cycles of plantation and material use, because small size specimens are used.

The tool used for sustainability analysis is known as Life Cycle Analysis (LCA), which is currently considered as the most perfect methodology, because it analyzes all phases of a product, from raw material to final discarding.

Because of the diversity of materials employed on civil construction, this analysis is very complex, since several different systems are found on buildings construction. Analyses from several authors are found on literature, comparing wood with other materials used on civil construction, with equivalent functions.

In this work, sustainable construction is considered as definition and as a guideline for projects with this objective. LCA tool is explained in detail, in order to understand its way of use and why it is considered as a complete methodology and approved within scientific community.

Finally, we show a case study in REFLORESTE factory, situated in Florianópolis/SC, demonstrating the initial phase of the cycle on wood from planted forests, with autoclave treatment, to be employed on civil construction. In this analysis we can understand how this wood

is being employed and how treatment process could be considered, regarding environmental impacts.

**Keywords:** Wood – sustainability – Life Cycle Analysis

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases da ACV.....	52
Figura 2 - Ambiente do sistema .....	54
Figura 3 – Procedimentos simplificados para análise do inventário. ....	60
Figura 4 – Elementos da Avaliação do impacto do ciclo de vida.....	64
Figure 5 – Conceito de indicadores de categoria. ....	65
Figura 6 – ambiente do sistema.....	81
Figuras 7: troncos de Pinus na Madeira “Pai e Filhos”.....	82
Figura 8: Plano de corte de um tronco de 20cm de diâmetro.....	82
Figuras 9: carro fita e serra fita. ....	83
Figuras 10: serra circular e destopadeira.....	84
Figura 11 – Fluxograma do sistema da REFLORESTE.....	86





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Consumo energético dos materiais.....	25
Tabela 2 - Proposição de princípios e estratégias gerais de sustentabilidade.....	32
Tabela 3 - Objetivos-chave para a proposição de projetos de edificações sustentáveis.....	35
Tabela 4 - Classes de variáveis para avaliação florestal, ecológica, econômica e tecnológica para produção de.....	40
Tabela 5– Folha para coleta de dados .....	61
Tabela 6: Avaliação de impacto de janelas em madeira comparado com outros materiais.....	70
Tabela 7: Avaliação de impacto de material de isolamento.....	72
Tabela 8: Avaliação de impacto de pisos.....	73
Tabela 9: Avaliação de impacto de paredes e portas em madeira comparado com outros materiais de funções equivalentes.....	75
Tabela 10 – Folha de dados .....	87



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>21</b>
<b>1.1 PROBLEMÁTICA</b>	<b>22</b>
<b>1.2 JUSTIFICATIVA</b>	<b>24</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>28</b>
1.3.1 Objetivo Geral	28
1.3.2 Objetivos Específicos	28
<b>1.4 PREMISSAS</b>	<b>29</b>
<b>1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	<b>29</b>
<b>2 GENERALIDADES E CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO</b>	<b>31</b>
<b>2.1 CONCEITO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL</b>	<b>31</b>
<b>2.2 DIRETRIZES PARA UM PROJETO SUSTENTÁVEL</b>	<b>35</b>
<b>2.3 A MADEIRA DE FLORESTA PLANTADA COMO ALTERNATIVA DE MATERIAL SUSTENTÁVEL</b>	<b>39</b>
<b>2.4 SOLUÇÃO PARA USO RACIONAL DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL –SISTEMA PLATAFORMA.</b>	<b>42</b>
<b>3 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA</b>	<b>45</b>
<b>3.1 HISTÓRICO DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV).</b>	<b>45</b>
<b>3.2 MÉTODO DE ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV)</b>	<b>51</b>
3.2.1 Fase de definição do objetivo e escopo	52
3.2.1.1 Definição do sistema de produto:	54
3.2.1.2 Definição dos limites do sistema:	55
3.2.1.3 Definição de função e unidade funcional:	57
3.2.1.4 Requisitos de qualidade dos dados:	58
3.2.2 Fase de análise do Inventário:	59
3.2.3 Fase de avaliação do impacto:	64
3.2.4 Fase de interpretação da ACV:	68
<b>3.3 AVALIAÇÃO DA MADEIRA EM COMPARAÇÃO COM OUTROS MATERIAS DE CONSTRUÇÃO</b>	<b>68</b>

<b>3.4 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA MADEIRA</b>	
<b>AUTOCLAVADA - REFLORESTE</b>	<b>79</b>
3.4.1 Definição do objetivo e escopo	79
3.4.2 Definição do sistema de produto e limites do sistema	80
3.4.3 Descrição do processo produtivo:	81
3.4.4 Fase de análise do Inventário:	87
3.4.5 Fase de avaliação de impacto:	88
<b>4 CONCLUSÃO</b>	<b>89</b>
<b>5 REFERÊNCIAS</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como foco a discussão sobre construções sustentáveis. Ênfase maior é dada aos materiais aplicados e em particular, à madeira, pois sabe-se tratar-se de matéria prima bastante apropriada para uma construção de baixo impacto ambiental. A madeira, dentre os materiais empregados na construção civil, além de ser de fonte renovável e de produção natural, é o que menos energia gasta em todo seu ciclo de vida.

Para que haja uma exploração deste recurso natural, sem prejuízo de esgotamento desta fonte, é importante considerar-se o uso das madeiras provenientes de florestas plantadas. Com isto, contribui-se, não apenas para que tenhamos uma fonte inesgotável, mas também para atenuar a questão do aquecimento global, uma vez que o carbono passa a condição de retido no tecido lenhoso das árvores no seu crescimento.

Ao analisar os sistemas construtivos em madeira, constata-se que para a maior sustentabilidade no seu uso para a construção civil o Sistema Plataforma é fortemente indicado, pois demanda peças curtas, em um sistema racional e com pouco desperdício de material. É importante que se trabalhe com peças curtas visando um sistema sustentável, pois as florestas plantadas são cortadas ainda jovens.

A flexibilidade dos projetos feitos nesse sistema também é um fator positivo do ponto de vista ambiental, pois possibilita maior vida útil à edificação. A explicação da sua maior longevidade é a facilidade com que este tipo de edificação pode ser reformado e ter suas peças reaproveitadas, ao invés de demolir e gerar resíduos. “Aumentar a vida útil do ambiente construído é certamente um dos principais desafios para aumentar a sustentabilidade da indústria da construção” (SJÖSTRÖM, 2000, apud John, Silva e Agopyan, 2001, p.5). O conceito de *vida útil* compreende não apenas aumentar a durabilidade da construção em termos físicos, mas também a sua durabilidade funcional, que requer flexibilidade e capacidade de acompanhar a evolução das necessidades dos usuários. Com esta madeira reaproveitada a peça continua por mais tempo com o carbono retido em seu tecido lenhoso.

Com este trabalho analisa-se a sustentabilidade da madeira na construção civil através de análises de diversos autores que comparam a madeira com outros materiais de funções equivalentes. A ferramenta de análise usada para tal conclusão, é a análise de ciclo de vida (ACV).

De acordo com o *Canadian Wood Council*, a ACV é o melhor método para determinar a sustentabilidade de um produto, pois permite

uma abordagem rigorosa e sistemática para quantificar de forma fiel os impactos ambientais<sup>1</sup>.

Para que se entenda de forma clara como funciona o processo da madeira de floresta plantada usada na construção civil, foi feita uma análise ambiental da empresa “Refloreste” que trabalha com Pinus e eucalipto autoclavados. Nesta análise, podemos avaliar o que é feito com os resíduos gerados e quanto da madeira é desperdiçada no seu beneficiamento.

## 1.1 PROBLEMÁTICA

Nos últimos anos, desequilíbrios como as alterações climáticas e outros fenômenos relacionados à degradação do meio ambiente chamaram a atenção para a responsabilidade de todos com relação à preservação ambiental. Têm merecido destaque as constantes enchentes, epidemias, furacões, degelo, invasões marinhas e ciclones. De acordo com dados divulgados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, o custo econômico dos desastres climáticos está praticamente dobrando a cada 12 anos e poderá custar US\$ 1 trilhão em 2040. Essa previsão foi divulgada durante a Conferência da Convenção Quadro da ONU sobre Alterações Climáticas<sup>2</sup>.

O uso intensivo de combustíveis fósseis e seus efeitos nocivos à Terra é uma das principais problemáticas da sociedade contemporânea, gerando hoje uma busca constante por uma releitura no estilo de vida moderno. Além das emissões decorrentes da poluição industrial e urbana, contribui negativamente nesse processo a devastadora ação do homem sobre as florestas, que além de provocar o aumento da concentração de gases poluentes pelas queimadas, também reverte em menor assimilação do carbono pela redução da massa fotossinteticamente viva. De acordo com HOUGHTON (1998), de 1850 até o presente, o desflorestamento vem contribuindo com aproximadamente um terço do aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

A devastação das florestas no Brasil é um fator cultural, de um país colonizado e explorado desde o início do processo, quando as florestas da região costeira começaram a ser massivamente derrubadas.

---

<sup>1</sup> Ver: [http://www.cwc.ca/NR/rdonlyres/4749BE13-2089-4A49-87C8-55E40257EDD7/0/Canadian\\_Wood.pdf](http://www.cwc.ca/NR/rdonlyres/4749BE13-2089-4A49-87C8-55E40257EDD7/0/Canadian_Wood.pdf), acessado em 14/09/2009.

<sup>2</sup> Ver: <http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/detail/156564.html>, acessado em 14/09/2009

De acordo com dados do IBAMA, de um total de, aproximadamente, 1,3 milhões de quilômetros quadrados da Mata Atlântica primitiva, restam, apenas, cerca de 50 mil km<sup>2</sup> - menos de 5% da área original.<sup>3</sup>

Ainda não é possível mensurar as conseqüências exatas do constante desmatamento e queimadas com a finalidade de extração, constantemente ilegal, da madeira para o uso alternativo do solo, sobretudo para a formação de extensas pastagens e plantios agrícolas. O desmatamento resulta em um impacto ambiental dos mais acentuados, devido à descaracterização total do habitat natural. A Amazônia é considerada uma das maiores florestas primárias remanescentes no mundo e nos últimos quatro anos mais de 77 mil km<sup>2</sup> - uma área um pouco maior do que os Estados do Rio Grande do Norte e Sergipe juntos - foram devastados (dados IBAMA)<sup>3</sup>. Se forem contabilizadas as queimadas no local, o Brasil torna-se um dos maiores emissores de CO<sub>2</sub> do mundo.

Fica evidente, portanto, que a utilização da madeira pode ser tão benéfica quanto maléfica dependendo de como esse recurso é explorado. Nas últimas duas décadas, a contribuição da Amazônia na produção de toda a madeira utilizada no Brasil aumentou de 14% para 85% (IBAMA). A região forneceu quase 29 milhões de metros cúbicos de toras em 1997, sendo 80% dessa exploração feita de forma ilegal (IBAMA 2007)<sup>3</sup>. De acordo com o Greenpeace, 80% da madeira extraída na Amazônia é de origem ilegal e mesmo a extração considerada legal é altamente destrutiva, já que o uso de tecnologia ultrapassada resulta em grande perda de matéria-prima durante o processo produtivo, sendo que apenas um terço da madeira extraída é transformada em produto final<sup>4</sup>. A Floresta Plantada poderia tornar-se uma grande aliada na busca de um maior equilíbrio ambiental, pois esta seria uma forma sustentável de utilizar este recurso. Não adianta nada a madeira ser um bem renovável, se esse bem não for efetivamente renovado pelo homem.

De acordo com pesquisas realizadas no ano de 2008, pelo Worldwatch Institute e pela American Society of Civil Engineers (ASCE), o setor da construção civil responde por 40% do consumo mundial de energia e por 16% da água utilizada no mundo, além de ser responsável por entre 15% a 50% dos recursos naturais extraídos do planeta. A construção de edifícios, por exemplo, consome 40% das

---

<sup>3</sup> Ver: <http://www.ibama.gov.br/recursos-florestais/areas-tematicas/desmatamento/>, acessado em 20/11/2007.

<sup>4</sup> Ver: [http://www.greenpeace.org.br/amazonia/face\\_destruicao.pdf](http://www.greenpeace.org.br/amazonia/face_destruicao.pdf), acessado em: 12/10/2009.

pedras e areia utilizados no mundo por ano, além de ser responsável por 25% da extração de madeira no mesmo período. No Brasil, consome-se cerca de dois terços da madeira natural do país. Em 2006, pesquisa realizada por esta última Associação constatou que a questão ambiental é uma das maiores preocupações dos empresários do setor de construção no mundo, ocupando o segundo lugar no ranking geral.<sup>5</sup>

Fica claro, portanto, que o problema existe, na forma de contribuição negativa que tanto o uso da madeira, como a construção civil em geral podem gerar.

A madeira de floresta plantada, empregada em construções sustentáveis, é apresentada no trabalho como sugestão e resposta às problemáticas apresentadas.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A validade da pesquisa quanto à sustentabilidade tem a sua relevância nos dias de hoje e tende a ser cada vez mais relevante, ao longo do tempo. A definição de sustentabilidade é apresentada por MONTEIRO (2002) como a utilização racional do meio ambiente, de maneira a utilizar deste todo o necessário para a manutenção e desenvolvimento das gerações atuais, preservando-o para que as gerações futuras possam ter os mesmos recursos existentes hoje. Aplicando o mesmo conceito, a construção sustentável deve ser entendida como aquela a ser implantada de forma a haver um aproveitamento passivo dos recursos bioclimáticos, com materiais e processos construtivos de baixo impacto ambiental.

De acordo com FERRIER (professor da escola de arquitetura da Bretanha, na França / autor de livros sobre sustentabilidade) em sua entrevista à revista AU (Arquitetura e Urbanismo, edição n143, ano 21, pág.62) as exigências de sustentabilidade ambiental que um projeto arquitetônico deve atender serão, em um futuro próximo, requisitos obrigatórios para qualquer construção.

Sendo a grande maioria dos materiais construtivos, provenientes de fontes não renováveis, a madeira se mostra como uma opção diferenciada por apresentar possibilidade de reposição da mesma na natureza e por ser de fonte renovável.

O Brasil alcançou o maior rendimento na produção de *Eucalyptus* e *Pinus* no mundo e segundo dados da Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS, as áreas florestais no Brasil somam 544 milhões

---

<sup>5</sup> Ver: <http://www.advrios.com.br/artigo.php?id=4446>, acessado em 14/09/2009



de hectares, ocupando 64,3% do território e com a maior biodiversidade de espécies do planeta<sup>6</sup>. Não é a intenção, utilizar na construção civil toda essa biodiversidade, mas sim, incentivar o mercado ao plantio de florestas com fim comercial da madeira, pois o Brasil fica à frente do mercado externo, pelo clima propício, rápido crescimento das florestas plantadas, domínio de tecnologia florestal e extensas áreas disponíveis. Os estados do Paraná e Santa Catarina estão entre os que têm maior concentração de áreas plantadas, o que justifica portanto o uso desta madeira, principalmente na região sul.

Com a escassez dos recursos energéticos, ganham também importância os materiais que requeiram menor quantidade de energia para a sua produção e manufatura. A madeira destaca-se como um elemento pronto, que associado a alguns outros materiais, já possui potencial para a produção de uma edificação. OLIVEIRA, WAGNER e GROHMANN (1997) fazem um comparativo do consumo energético na aplicação e fabricação de alguns materiais comuns no mercado, através da tabela abaixo:

**Tabela 1**– Consumo energético dos materiais

Material	kWh/kg*	kWh/m <sup>3</sup> *	Consumo (kg.carvão)**
Madeira serrada	0,7	350	0,8
Madeira laminada-colada	2,4	1200	-
Cimento	1,4	1750	260
Concreto	0,3	700	25
Tijolo	0,8	1360	140
Aço	5,9	46000	1000
Plástico PVC	18,0	24700	1800
Alumínio	52,0	141500	4200

Fontes:\* Sedibois, 1996.

\*\*Marcaró (1978), com base em quilograma equivalente de carvão (3000 quilocalorias com todos os rendimentos incluídos)

In OLIVEIRA, WAGNER, GROHMANN(1997, p.2)

(...) a madeira é um material bastante adequado para a utilização na construção civil. Seu desenvolvimento inicial baseia-se no princípio da fotossíntese, onde as substâncias minerais são transformadas em orgânicas com a utilização da energia solar, gratuita e sem gerar poluição. A

<sup>6</sup> Ver: [http://www.sbs.org.br/destaques\\_discursomarina.htm](http://www.sbs.org.br/destaques_discursomarina.htm), acessado: 14/09/2009

energia gasta para produzi-la é muitas vezes menor que a para produzir qualquer outro tipo de material de construção de qualidade. OLIVEIRA, WAGNER, GROHMANN(1997, p.2)

Os mesmos autores citados acima reforçam ainda que a madeira é favorável, não só no que se refere ao consumo energético para sua produção e emprego, mas também com relação ao desenvolvimento regional que a sua produção proporciona. Como exemplo os autores mostram que se a produção for de 100.000 m<sup>3</sup> estaria gerando até 2.500 novos empregos diretos no campo.

Para que a madeira possa ser ainda mais benéfica em termos de sustentabilidade, considerando também uma sustentabilidade econômica, esta precisa utilizar métodos de produção industrializados, evitando desperdícios e o alto custo de uma mão de obra artesanal.

As tecnologias empregadas no Brasil possuem diversas falhas, principalmente quando se trata de atendimento à população de baixa renda. A má qualidade técnica e do controle com relação a defeitos de peças, contribuem para um preconceito desta matéria-prima no país. O sistema construtivo proposto no presente trabalho é bastante difundido em países desenvolvidos do hemisfério norte, focando em um mecanismo pré-fabricado de utilização rápida e bom desempenho da madeira.

A técnica trabalhada é o Sistema Plataforma, o qual já está bem desenvolvido e requer pouco investimento em equipamentos e ferramentas, fazendo dele uma alternativa que condiz com as condicionantes locais. Além disso, é um bom sistema que favorece a pré-fabricação e a rapidez, evitando desperdícios no canteiro de obras.

Prevendo que em um futuro próximo o uso da madeira deve restringir-se àquela proveniente de florestas plantadas para fins de produção de madeira, cada vez mais estas florestas vão demandar ciclos curtos de plantio e corte, fazendo com que as peças produzidas tenham limitações de tamanho por conta da baixa idade das árvores comercializadas. Sendo assim, novamente, justifica-se o uso do Sistema Plataforma proposto, pois é um sistema que demanda peças de seção reduzida.

Segundo Espíndola e Moraes (2008) esse sistema tem a ossatura enrijecida por chapas estruturais em madeira compensada ou OSB, “Oriented Strand Board”, que dão estabilidade ao painel. A aplicação das chapas de madeira compensada ou OSB pode ser tanto em posição horizontal, quanto vertical. As autoras colocam ainda que estas chapas

não devem ficar expostas ao tempo, portanto precisam ser revestidas externamente por materiais protetores (“siding”) para assegurar proteção contra as intempéries. As chapas posicionadas na face interna da edificação podem receber revestimento de chapas de gesso acartonado, as quais garantem acabamento estético, além de proteger contra incêndio.

Segundo reportagem da Revista da Madeira o OSB é um produto com bom desempenho ambiental. Durante o processo de produção das placas, é possível o melhor aproveitamento das toras de madeira. O OSB utiliza 96% contra 56% do compensado, o que permite otimizar o custo do produto, tornando-o ecologicamente mais eficiente. Produzido a partir de tiras orientadas de *Pinus*, madeira de reflorestamento, é um dos poucos materiais que consideram o ciclo de uso completo, da concepção - eliminando sobras de forma industrialmente racionalizada. Produzido a partir de quatro camadas - duas externas orientadas no sentido longitudinal e duas internas, cruzadas no sentido perpendicular, coladas com resina para garantir que as placas não se descolem com a ação da água.<sup>7</sup>

Para este fim, novamente o uso do Sistema Plataforma se apresenta como boa alternativa, já que se utiliza de chapas como elemento de fechamento (piso e parede), mas também com função estrutural auto-portante, resistindo a ação de forças verticais e horizontais.

O país e o mundo, já enfrentam a tão temida escassez de recursos naturais e a proposta de não comprometer as necessidades das gerações futuras, já passa a ser um desafio no presente, pois há a necessidade de reposição de uma variedade de recursos que já se apresentam escassos hoje, como é o caso da madeira. Isto funciona como forte incentivo para o emprego da madeira de floresta plantada, sem esquecer que deve haver um programa de manejo, a preocupação com a diversidade biológica e o controle de qualidade e distribuição.

Para análise da sustentabilidade de uma edificação, o critério escolhido para o presente trabalho, foi o da Análise de Ciclo de vida – ACV, pois este método tem sido o mais aceito por toda a comunidade internacional como base legítima para a comparação de materiais, tecnologias, componentes e serviços utilizados ou prestados. Com o mesmo, consideram-se os aspectos ambientais, do “berço ao túmulo”,

---

<sup>7</sup> Ver:

[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=916&subject=Pain%C3%A9is&title=OSB%20oferece%20resist%C3%Aancia%20para%20m%C3%BAltiplos%20usos](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=916&subject=Pain%C3%A9is&title=OSB%20oferece%20resist%C3%Aancia%20para%20m%C3%BAltiplos%20usos), acessado em 14/09/2009

estabelecendo vínculos entre os aspectos e categorias de impacto potencial ligadas a consumo de recursos naturais, saúde humana e ambiental. Falar do ciclo é referir-se a todas as etapas e processos de um sistema de produção, de produtos ou serviços, englobando toda a cadeia produtiva e de consumo. Deve-se considerar então, a aquisição de energia, matérias-primas e produtos auxiliares, aspectos dos sistemas de transportes e logística, características da utilização, manuseio, embalagem, marketing e consumo, além das sobras e resíduos e sua respectiva reciclagem ou destino final.

Com a metodologia de ACV é possível comparar dois ou mais processos construtivos e provar numericamente qual seria o mais ecológico. Para que não restem dúvidas a respeito do sistema construtivo proposto como uma alternativa genuinamente sustentável, serão apresentados no trabalho pesquisas que aplicam a ACV em diversos sistemas e materiais construtivos de funções equivalentes. Os resultados reforçam a sustentabilidade da madeira como material construtivo ambientalmente favorável.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Identificar os diferentes aspectos da sustentabilidade da construção em madeira de floresta plantada e através de uma revisão bibliográfica de Análises de Ciclo de Vida – ACVs, comparar materiais de funções equivalentes com a madeira.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Apresentar diretrizes de sustentabilidade para uma construção de baixo impacto ambiental.
- Avaliar os aspectos ambientais consequentes do uso da madeira de floresta plantada na construção civil.
- Identificar a importância da madeira de floresta plantada na construção sustentável.
- Estabelecer indicadores de sustentabilidade na cadeia produtiva da habitação unifamiliar em madeira de floresta plantada.

- Demonstrar através de análises que utilizam como metodologia a ACV, o comparativo da madeira com outros materiais de funções equivalentes, utilizados na construção civil.
- Analisar o ciclo de vida de 1m<sup>3</sup> de Pinus, com o objetivo de apresentar informativo a respeito do sistema produtivo da madeira de floresta plantada de Pinus tratada em auto clave em Florianópolis, usando como exemplo o caso da empresa REFLORESTE.

#### 1.4 PREMISSAS

- Os indicadores de sustentabilidade tendem a tornarem-se obrigatórios nas construções tendo em vista a crescente preocupação com o meio ambiente, que vem se acentuando pelos desequilíbrios ecológicos e alterações climáticas dos últimos tempos;
- O preconceito cultural perante as construções em madeira somente irá mudar se valorizarmos o material em um projeto bem elaborado e de rápida execução, que gere vantagens ao cliente com relação à escolha dessa matéria-prima associada a um método construtivo eficaz;
- A madeira, mesmo sendo um material prontamente renovável, pode gerar problemas ambientais quando mal empregada. Exemplos: uso de madeira de origem ilegal, uso de espécies ameaçadas de extinção e uso de biocidas tóxicos.
- A importância da construção em madeira proveniente de florestas plantadas, está também em transformar em bem durável, esse material de característica de sumidouro de carbono, fazendo com que o seu uso prolongado permita que quando esta madeira vir a se decompor, devolvendo o carbono para a atmosfera, uma nova árvore já esteja absorvendo-o, fechando um ciclo equilibrado.
- Bens duráveis em madeira de florestas plantadas deveriam ser encorajados pelo governo através de incentivos fiscais.

#### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

De acordo com os objetivos estabelecidos, adotou-se uma estruturação de capítulos para o desenvolvimento do trabalho.

- Capítulo 1: Introdução geral que engloba considerações iniciais, problemática, justificativa, objetivos, premissas e estruturação do trabalho.
- Capítulo 2: Generalidades e contexto do estudo do qual fazem parte: conceito de construção sustentável, diretrizes para um projeto

sustentável, a madeira de floresta plantada como alternativa de material sustentável e solução para uso racional da madeira na construção civil pelo sistema plataforma.

- Capítulo 3: Avaliação do ciclo de vida, tratando do histórico e metodologia da ACV, avaliação da madeira em comparação com outros materiais de construção de funções equivalentes e Análise do ciclo de vida da madeira autoclavada – Refloreste.

- Capítulo 4: Conclusão.

## 2 GENERALIDADES E CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

### 2.1 CONCEITO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Se pudéssemos resumir o novo e crescente campo da arquitetura sustentável, em poucas palavras, estas poderiam ser “junto com, não contrária a”. Ou seja, em vez de lutar contra os elementos e contra nosso meio ambiente natural, através de sistemas de calefação ou refrigeração volumosos e ineficientes, muitos arquitetos procuram a maneira de aproveitar a energia contida nos próprios elementos naturais, como o sol, o vento ou a terra, criando sistemas energéticos auto-suficientes. Além disso, estão desenhando casas flexíveis, por parte de seus ocupantes (abrir ou fechar, ventilar ou isolar) conforme a época do ano ou as condições atmosféricas. Certas práticas, como o emprego de materiais ecológicos ou reciclados, ou simplesmente o uso mais inteligente e eficiente dos materiais tradicionais estão ganhando terreno. MOSTAEDI (2003, p.7).

A sustentabilidade faz parte de um conceito sistêmico, que relaciona-se com a continuidade dos aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana, abrangendo vários níveis de organizações, local e global. Sugere configurar a sociedade de forma que seus membros e suas economias venham a funcionar e preencher as suas necessidades preservando a biodiversidade e os ecossistemas naturais.

O Conceito sistêmico é muito bem explicado por Capra (1996) que o define como pensamento contextual, uma vez que explicar coisas considerando o seu contexto significa explicá-las considerando o seu meio ambiente. O autor afirma que os sistemas vivos são totalidades integradas cujas propriedades não podem ser reduzidas às partes menores. Aquilo que é denominado parte é apenas um padrão numa teia inseparável de relações, o que significa que tudo que fazemos ou construímos afeta de alguma forma o meio ambiente em que se encontra.

Silva e Shimbo (2001, pg. 6) resumem a proposição de princípios e estratégias gerais da sustentabilidade no quadro apresentado abaixo:

**Tabela 2** - Proposição de princípios e estratégias gerais de sustentabilidade.

<b>ASPECTOS</b>	<b>PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIAS GERAIS</b>
<b>AMBIENTAL</b>	Manutenção da integridade ecológica por meio da prevenção das várias formas de poluição, da prudência na utilização dos recursos naturais, da preservação da diversidade da vida e do respeito à capacidade de carga dos ecossistemas.
<b>SOCIAL</b>	Viabilização de uma maior equidade de riquezas e de oportunidades, combatendo-se as práticas de exclusão, discriminação e reprodução da pobreza e respeitando-se a diversidade em todas as suas formas de expressão.
<b>ECONÔMICO</b>	Realização do potencial econômico que contemple prioritariamente a distribuição de riqueza e renda associada a uma redução das externalidades socioambientais, buscando-se resultados macrossociais positivos.
<b>POLÍTICO</b>	Criação de mecanismos que incrementem a participação da sociedade nas tomadas de decisões, reconhecendo e respeitando os direitos de todos, superando as práticas e políticas de exclusão e que promovam o desenvolvimento da cidadania ativa.
<b>CULTURAL</b>	Promoção da diversidade e identidade cultural em todas as suas formas de expressão e representação,



	<p>especialmente daquelas que identifiquem as raízes endógenas, propiciando também a conservação do patrimônio urbanístico, paisagístico e ambiental, que referenciem a história e a memória das comunidades.</p>
--	---

Fonte: Adaptação de SILVA, 2000, p. 100, apud Silva e Shimbo (2001, pg. 6).

Silva e Shimbo mostram com isso que a sustentabilidade está atrelada a vários aspectos além do ambiental, já que uma edificação sustentável deve ser além de ecologicamente correta, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente aceita.

De acordo com Araújo<sup>8</sup> a construção civil ganhou normas próprias, também por meio do sistema ISO. São elas as normas ISO 21930 (2007) - *Sustentabilidade na construção civil – Declaração ambiental de produtos para construção* e ISO 15392 (2008) – *Sustentabilidade na construção civil – Princípios gerais*. É da ISO, também, o seguinte conceito de obra sustentável:

Edificação sustentável é aquela que pode manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se com o clima, a tradição, a cultura e o ambiente na região, ao mesmo tempo em que conserva a energia e os recursos, recicla materiais e reduz as substâncias perigosas dentro da capacidade dos ecossistemas locais e globais, ao longo do ciclo de vida do edifício. (ISO/TC 59/SC3 N 459, apud Araújo,2009).

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

De acordo com o Guia de Sustentabilidade na Construção publicado pela Câmara da Indústria da Construção em 2008 a definição

<sup>8</sup> Ver: <http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>, acessado em: 10/09/2009

mais utilizada foi apresentada em 1987 pela Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Comissão Brundtland: “Desenvolvimento sustentável é o tipo de desenvolvimento que atende às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades.”

O Guia fala ainda que:

Sustentabilidade é a situação desejável que permite a continuidade da existência do ser humano e de nossa sociedade, é o objetivo máximo do processo de desenvolvimento sustentável. Ela busca integrar aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana com a preocupação principal de preservá-los, para que os limites do planeta e a habilidade e a capacidade das gerações futuras não sejam comprometidos. (Guia da sustentabilidade da construção, 2008, p. 14)

A construção civil tem uma clara característica funcional, mas a ordem ética não é menos essencial para uma boa aceitação da população. Os edifícios não podem ser tratados como simples mercadorias ou pano de fundo da vida nas cidades, é preciso empregar tecnologias mais sustentáveis em lugar das poluentes. O conceito ultrapassado de ambientes artificiais resulta em poluição para o meio ambiente, alto consumo de energia, além de isolar as pessoas da natureza com ambientes internos fechados que funcionam, apesar do ambiente natural e contrastando com o conceito de sustentabilidade para a construção, onde o ambiente interno deve trabalhar em conjunto com o natural.

De acordo com ROGERS (2001) em seu livro “Cidades para um pequeno planeta”, reduzindo-se pela metade a energia gasta pelos edifícios, reduz-se ¼ do consumo global de energia. Ele diz ainda que os arquitetos agora dependem menos de soluções tecnológicas ativas de alto consumo de energia e começam a explorar tecnologias passivas que utilizam energia renovável, oriunda de recursos naturais como plantas, vento, sol, terra e água, voltando-se às suas próprias raízes, desenvolvendo projetos de acordo com o ciclo da natureza.

Uma construção sustentável, deve em primeiro lugar trabalhar com as várias áreas de planejamento de forma conjunta e integrada, sabendo-se que esta é multidisciplinar e por isso mais complexa que

uma construção convencional. Deve respeitar o local de implantação da obra, fazendo com que as suas escolhas estejam condicionadas a ele, escolhendo dentro do possível, materiais locais, evitando-se inclusive a poluição provocada também pelo transporte de materiais proveniente de locais distantes.

Através da implantação deve-se também respeitar a posição solar e de ventos para que haja um aproveitamento passivo destes recursos em favor de um ambiente climatizado e iluminado naturalmente, resultando em um menor impacto ambiental do mesmo. É preciso também aproveitar tudo que a natureza pode nos proporcionar, sem que esta seja prejudicada, como o reaproveitamento da água da chuva e o emprego de materiais naturais como a madeira.

O planejamento de uma obra sustentável é de extrema importância, pois com ele evitam-se os desperdícios em obra e definem-se técnicas construtivas que consomem menos energia e que sejam preferencialmente oriundas de fontes renováveis. Uma obra assim concebida deve atender às necessidades do usuário sem que para isso se negue os principais problemas ambientais de nossa época.

## 2.2 DIRETRIZES PARA UM PROJETO SUSTENTÁVEL

As diretrizes de um projeto sustentável devem permanecer no foco dos seguintes objetivos apontados por SATTLER (2007,p.52):

**Tabela 3** - Objetivos-chave para a proposição de projetos de edificações sustentáveis.

OBJETIVOS
Minimizar o consumo de energia e materiais e maximizar os elementos contribuintes para uma construção mais saudável.
Promover comprometimento e responsabilidade social, de modo a proporcionar emprego e renda para o maior número de pessoas possível, dentro do contexto das possibilidades econômicas.
Estimular o desenvolvimento e a pesquisa sobre opções de produção que estejam em harmonia com a cultura local e que maximizem a geração de emprego e renda.
Utilizar processos participativos, incluindo clientes e usuários finais, sempre que possível.
Considerar o impacto de todos os produtos utilizados em todo o período de produção e uso. Os conceitos de análise do ciclo de vida e pegada ecológica devem ser familiares aos planejadores.

Ter claro que tanto mais sustentável é a construção, quanto mais for precedida por projetos de arquitetura sustentável, bem como de adequada orientação para todos os que venham a se envolver com o trabalho.

Na seqüência dos objetivos acima, o projeto finalizado deve ser gerenciado por pessoas que compartilhem e entendam os conceitos de sustentabilidade.

Fonte: Sattler, 2007, p.52.

MONTES (2005) demonstra na sua dissertação que para um projeto sustentável deve-se, em primeiro lugar, adotar conceitos bioclimáticos e estratégicos de acordo com as zonas bioclimáticas do local onde a edificação será implantada. Para tanto, é preciso estudar o sítio em termos de clima, insolação e ventos. Em segundo lugar, os aspectos sociais e econômicos e um processo de desenho integrado e multidisciplinar.

Ao estudar o sítio nos deparamos com vários aspectos dos quais não podemos controlar. Já uma edificação, é passível de controle e esta pode colocar o tempo e o clima a seu favor transformando a edificação em um ambiente confortável. ROAF, FUENTES e THOMAS (2007) apontam três princípios nos quais todas as edificações deveriam se basear:

- a) projetar para um clima específico;
- b) projetar para o meio ambiente social e físico;
- c) projetar para o tempo, seja o dia ou a noite, uma estação ou a vida útil de um edifício, e para uma edificação flexível, que se adaptará ao longo dos anos.

O aspecto do tempo vem a ser explicado pelos autores como fator de influencia no impacto gerado por uma edificação, já que a sua expectativa de vida é inversamente proporcional ao impacto. Ou seja, quanto mais durar a moradia com baixa energia incorporada, mais baixo será o impacto ambiental dos materiais que foram utilizados em sua construção.

O planejamento da edificação sustentável vem a ser muito mais complexo do que aquele que não possui essa pretensão. Portanto o projeto é peculiar já na definição do seu partido, onde ROAF, FUENTES e THOMAS (2007) aconselham que as seguintes perguntas sejam feitas:

- Esta será uma edificação com grande massa energética que poderá armazenar energia gratuita e não irá acompanhar os picos de temperatura do meio, de modo a reduzir os custos com calefação e refrigeração?

- Será uma edificação com baixa energia incorporada, na qual pequenas quantidades de massa estarão estrategicamente localizadas, armazenando o máximo de energia em seus pisos e paredes?
- Quanto tempo o prédio deverá durar? Podemos projetá-lo de modo que os materiais possam ser reciclados após a demolição?
- Como podemos nos certificar de que haja um mínimo possível de perdas de materiais durante a construção e, assim, os custos com materiais sejam reduzidos com um projeto eficiente?

De acordo com Márcio Augusto Araújo do Instituto de Desenvolvimento de Habitação Ecológica – IDHEA, existem nove passos para se constituir uma edificação sustentável<sup>9</sup>:

Passo 1. Planejamento sustentável da obra: parte fundamental de um projeto sustentável, pois a partir dele serão decidido todas as intervenções que poderão integrar a obra ao meio ambiente ou resultar em danos em curto, médio e longo prazos. Envolverá a tomada de decisões pelo cliente, a escolha de profissionais diversos, análise de ciclo de vida da obra, projetos, escolha de materiais, tecnologias (soluções sustentáveis), escolha e avaliação do local de implantação da obra e conscientização dos envolvidos.

Para esta fase de projetos, é feito um estudo de todo o ecossistema onde a obra está sendo inserida, além de ser considerada a história local para a caracterização e utilização de recursos regionais. Os elementos de projeto a serem considerados são: clima, fatores bioclimáticos, luz natural, orientação, ventilação, índice pluviométrico, topografia, geografia, solo, materiais, tecnologias e estudo de formas (como aproveitadora dos recursos passivos e integrada à paisagem).

Passo 2. Aproveitamento passivo dos recursos naturais: tem por objetivo fazer a construção trabalhar em conjunto com os recursos que atuam diretamente sobre a obra, como o sol, vento e a vegetação. A intenção é obter um bom desempenho de luz natural através da boa orientação solar na implantação, uma ventilação favorável ao clima regional levando-se em consideração a direção das correntes de ar para a posição e dimensionamento das aberturas, o que por exemplo, resulta em melhoria com a ventilação cruzada e circulação de ar para climas quentes. Além disso, deve tirar proveito da cobertura vegetal existente no local da obra para proporcionar uma boa drenagem do solo, constituir um microclima favorável ao redor da construção que permita melhor

---

<sup>9</sup> Ver: <http://www.casaecologica.com.br/pdf/entrevista.pdf>, acessado em: 10/09/2009

controle das cargas térmicas e um projeto paisagístico que tire partido da vegetação já existente.

Passo 3. Eficiência energética: está ligada à conservação e economia de energia com possibilidade de geração própria (por fontes renováveis) de energia consumida e controle do calor gerado no ambiente construído e no entorno imediato a ele. O projeto elétrico deve considerar os níveis de intensidade luminosa necessário a cada ambiente e utilizar sistemas e dispositivos que permitam controle e redução do consumo de energia. Deve-se também especificar lâmpadas econômicas e quando não houver a possibilidade de climatização natural, indicar aparelhos de ar condicionado certificados sem uso de gases clorofluorcarbonos - CFC ou clorofluorcarbonos hidrogenados – HCFC e que atendam as normas ABNT 6401 (instalações centrais de ar condicionado para conforto – parâmetros básicos de projeto).

Passo 4. Gestão e economia de água: o projeto hidráulico deve prever aproveitamento de águas pluviais, instalação de sistemas de detecção de fugas de água e que permitam redução no consumo, tratamento e reuso de águas servidas, evitar tubulação de Poli (Cloro de Vinila) - PVC ou cobre.

Passo 5. Gestão de resíduos na edificação: determinar, já na fase de projeto, o local onde serão armazenados, o lixo reciclado, sistema para compostagem de lixo orgânico e estabelecer vias de acesso aos locais para a gestão de resíduos. É importante sempre incentivar a reciclagem e procurar reduzir ao máximo a geração de resíduos, não só frente aos usuários da edificação, como frente à obra em si, que deve evitar desperdício adotando-se o emprego de sistemas construtivos limpos.

Passo 6. Qualidade do ar e do ambiente interior: identificar poluentes internos através de uma análise dos materiais utilizados na edificação para evitar a atuação nociva dos mesmos sobre a saúde e bem estar dos indivíduos. Os materiais, acabamentos, pintura e revestimentos devem estar isentos de compostos orgânicos voláteis – COVs, substâncias derivadas de petróleo e organoclorados. É importante também, para manter o ambiente saudável, promover espaços com troca constante de ar e orientação favorável para a iluminação natural.

Passo 7. Conforto termo-acústico: promover o bem estar com relação à sonoridade e temperatura do ambiente interno através de recursos passivos como coberturas que permitam melhor distribuição da carga térmica da edificação (exemplo: telhado verde), materiais e sistemas construtivos favoráveis ao conforto, análise do pé direito dos

ambientes, além do aproveitamento das massas de vento, vegetação e sol.

Passo 8. Uso racional de materiais: os materiais a serem aplicados na obra devem ser justificados sob o ponto de vista de um menor consumo energético na sua produção, vida útil prolongada e que permita reciclagem ou reuso no descarte. Deve também contribuir para a economia energética e conforto termo-acústico da edificação, além de permitir tecnologia de uso com menor teor de desperdícios, racional e prática. Os materiais devem provir de locais próximos evitando a geração de poluentes no seu transporte.

Passo 9. Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis: a obra deverá obter o maior número possível de produtos e tecnologias que não agridam o meio ambiente atendendo aos seguintes pontos:

- Ecologia: aplicação de materiais cuja produção e uso permitam a preservação dos recursos naturais de forma sustentável.
- Saúde e bem-estar: uso de materiais que não permitam a instalação e proliferação de fungos, bactérias e microrganismos, e contribuam para o conforto termo-acústico da edificação.
- Economia: redução de despesas, racionalização de processos construtivos, menos desperdícios e perdas na obra, contribuindo assim para um desenvolvimento sustentável da indústria da construção civil.

### 2.3 A MADEIRA DE FLORESTA PLANTADA COMO ALTERNATIVA DE MATERIAL SUSTENTÁVEL

A sustentabilidade de um material engloba fatores não somente ecológicos, como sócio- econômicos, tecnológicos e culturais. Deverá além de tudo obter uma aceitabilidade moral, que diz respeito ao fator de qualidade estética, valorizando o material como produto competitivo.

ROAF, FUENTES e THOMAS (2007) apontam que quanto maior o número de processos pelos quais um material ou conjunto de componentes passa, maior será a energia incorporada e o número de resíduos associados. Materiais como metal exigem um grande dispêndio de energia para sua produção e, da mesma forma, qualquer equipamento que requeira complexos processos de fabricação. Dentro de limites razoáveis, deve-se buscar a seleção de materiais e componentes que estejam o mais perto possível de seus estados naturais. Assim, uma janela de madeira de alto desempenho será preferível a uma de alumínio.

A madeira, um material de fonte renovável, tem como desafio ainda transpor a sua baixa aceitação, devido à tradição cultural que

valoriza a alvenaria (tijolo, pedra e cimento). Para isso é preciso que haja uma conscientização das vantagens deste material e também um bom uso com o emprego de tecnologias de ponta, indicando uma modernização do conceito de casa de madeira.

Todo esse esforço justifica-se pelo fato de que a madeira de floresta plantada beneficia o desenvolvimento sustentável da construção civil, pois reduz a carga ecológica negativa de uma edificação. O uso deste material proveniente de florestas plantadas ou de programas de reposição e manejo florestal de espécies apropriadas à construção civil, pode vir a garantir os estoques de madeira para as gerações futuras.

Em uma perspectiva de desenvolvimento sustentado SHIMBO e INO (1997) apresentam no quadro abaixo pontos para avaliar a produção de componentes de madeira de floresta plantada para a habitação, no âmbito florestal, ecológico, econômico e tecnológico.

**Tabela 4** - Classes de variáveis para avaliação florestal, ecológica, econômica e tecnológica para produção de

**componentes de madeira de reflorestamento para habitação, em uma perspectiva de desenvolvimento sustentado**

Avaliação Florestal	Aval. ecológica	Aval. Econômica	Aval. Tecnológica
<ul style="list-style-type: none"> <li>●distribuição espacial dos recursos florestais (áreas florestais naturais e plantadas, áreas em uso pela agricultura e pecuária, área em degradação);</li> <li>●tipos de propriedade, condições de manejo e efeitos do manejo ao meio ambiente;</li> <li>●características biométricas dos recursos florestais (delimitação tipológica, identificação de espécies, avaliação volumétrica do</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●área de conservação ambiental e de áreas para fins de lazer, turismo e educação ambiental;</li> <li>●possibilidades de formação de sub-bosque, através da regeneração da vegetação natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●volume produzido de toras por área/tempo (produtividade florestal);</li> <li>●relação”produção volumétrica- qualidade de madeira- tempo de rotação– sistemas de manejo- rentabilidade – uso da madeira;</li> <li>●condições de acessibilidade e de transporte;</li> <li>●volume de madeira serrada e rendimento (produtividade do desdobro);</li> <li>●disponibilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●compatibilização do projeto do produto com o projeto da produção, adequado às características da madeira;</li> <li>●atendimento aos requisitos de desempenho de segurança e conforto;</li> <li>●atendimento ao requisito de durabilidade do produto e as medidas preventivas;</li> <li>●tratamento químico e riscos de contaminação do ambiente e toxidez ao ser humano;</li> </ul>



<p>crescimento e das perdas destes recursos);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●proteção florestal (ataque de insetos, ocorrência de doenças, controle de incêndios);</li> <li>●perdas de nutrientes do solo;</li> <li>●utilização de cascas para recompor a capacidade de nutrientes do solo;</li> <li>●possibilidade de produção contínua de madeira de florestas plantadas, atendendo as necessidades do presente sem comprometer o futuro.</li> </ul>		<p>dos recursos financeiros dos vários agentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●atendimento ao requisito de estanqueidade;</li> <li>●atendimento ao requisito das etapas do processo de produção.</li> </ul>
---	--	---	--

Fonte: SHIMBO, Ioshiaqui e INO, Akemi (1997, p. 3)

O uso da madeira proveniente de florestas plantadas busca reduzir a pressão pela eliminação dos ecossistemas. As madeiras extraídas no norte do país são consumidas de forma intensa e faz-se necessário propiciar sistemas alternativos para abastecer o mercado da construção civil com o material madeira de forma sustentável. Para tanto é preciso pensar na madeira como um produto a ser fabricado, através do plantio, comercializado e bem empregado. Ainda segundo SHIMBO e INO (1997), existem oportunidades e desafios para aumentar a possibilidade de utilização de madeira de floresta plantada para habitação:

- 1) produção de madeira oriunda de um manejo florestal ambiental, social e economicamente adequados;
- 2) compreender o que ocorre com a madeira nas várias etapas de produção de componentes para habitação e as possíveis causas mais comuns, ajustando o processo e os equipamentos de acordo com as características do material que vai ser processado;
- 3) intervir no processo global da produção, qualificando o

pessoal, otimizando processos, modernizando equipamentos, reduzindo perdas e custos de produção, de forma atingir níveis de qualidade e preços que permitam ampliar o acesso a componentes e habitação em madeira.(SHIMBO e INO, 1997,p.2)

#### 2.4 SOLUÇÃO PARA USO RACIONAL DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL –SISTEMA PLATAFORMA.

O Sistema Plataforma, segundo DIAS (2005), é responsável por mais de noventa por cento de todas as novas moradias e pequenas edificações nos Estados Unidos e Canadá, além de constituir o padrão para a maioria das construções pré-fabricadas em madeira. O Sistema, portanto, compõe edificações que satisfazem a um público exigente de países desenvolvidos, propiciando edificações com qualidade e bom desempenho em uso e conforto.

A construção é considerada seca e industrializada de rápida execução e boa adaptabilidade a estilos arquitetônicos diversos. A técnica demanda treinamento dos carpinteiros com cursos específicos, entretanto os materiais usados são simples e de fácil trabalhabilidade.

SÁNCHEZ (1995), aponta os seguintes itens para definir as principais características do Sistema Plataforma:

- Emprego de um grande número de elementos de pequena seção transversal;
- Facilidade de modulação e pré-fabricação de componentes, principalmente quando se dispõe de peças padronizadas e certificadas;
- As peças têm seção retangular simples, o que gera economia na sua fabricação;
- A união entre peças também é bastante simples, sem juntas ou encaixes especiais, bastando o emprego de pregos ou parafusos, melhorando a produtividade;
- O tempo de construção é menor que o da construção tradicional devido à industrialização e pré-fabricação de componentes e à construção seca;
- Facilidade de impermeabilização e isolamento térmico e acústico da edificação, pois as cavidades existentes na ossadura permitem a passagem de instalações elétricas e hidráulicas e o preenchimento com materiais isolantes;

- A maioria dos trabalhos se executa a seco, tornando a construção independente das estações climáticas e permitindo um processo mais limpo e rápido;
- Apresenta um alto grau de flexibilidade, tanto em relação ao projeto inicial, como também em modificações futuras, quando necessárias;
- Exige uma grande quantidade de detalhes construtivos, devido ao elevado número de peças empregadas.

DIAS (2005) explica que o sistema constitui sua estrutura com peças simples e delgadas de madeira, sendo o montante interrompido pela plataforma do pavimento seguinte, permitindo peças menores. As partes de piso, parede e cobertura são geralmente compostas de chapas de madeira reconstituída e materiais isolantes, sendo assim, uma desvantagem deste sistema é a sua fácil combustão tendo em vista os materiais empregados.

Tratando da sustentabilidade da madeira de floresta plantada na construção civil, o Sistema Plataforma apresenta-se como boa alternativa, pois permite ciclos curtos de ecossistemas florestais. Na pesquisa de DIAS (2005) foi reproduzida paredes em tamanho real usando-se peças em madeira serrada de Pinus, por ser uma espécie facilmente encontrada no mercado nacional. Ao propor um material de fácil aquisição no Brasil, o autor demonstra a possibilidade de se difundir o Sistema Plataforma no país, fazendo com que construções em madeira sejam desenvolvidas com qualidade, modificando a cultura nacional que desvaloriza esta matéria.



### 3 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

#### 3.1 HISTÓRICO DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV).

Segundo Ferreira (2004,p.7) em 1990, os Estados Unidos da América (EUA) utilizaram pela primeira vez o termo que é usado atualmente: ACV, ou em inglês '*Life Cycle Assessment*'. Sua definição de ciclo de vida é em função de ser um estudo que trata o produto desde a extração de sua matéria prima até o descarte final (*cradle to the grave*).

O surgimento do embrião da ferramenta da ACV se dá na época da primeira crise do petróleo. Com o aumento súbito do preço do barril de petróleo, que segundo Chehebe (1997,p.1) saltou de U\$2,23 para U\$34,00, em função do boicote internacional realizado pelos países da OPEP (Organização dos países exportadores de petróleo), o mundo presenciou uma grande crise econômica. Esta fez com que se buscassem alternativas de energia que levassem a uma melhor utilização dos recursos naturais.

Deu-se início a uma era de busca por uma maior racionalização no consumo energético. Para isso, era preciso avaliar os processos produtivos, que mesmo tendo como principal enfoque a questão energética, já apresentavam tímidas estimativas de emissões sólidas, gasosas ou líquidas (CHEHEBE, 1997,p.2).

Com a polêmica gerada pela crise, as empresas que substituíram as embalagens de vidro (reutilizáveis) por embalagens não reutilizáveis de alumínio ou plástico, eram questionadas a respeito do efeito poluidor das mesmas. De acordo com Silva e Kulay (2006,p.317), a primeira empresa a custear um estudo sobre o assunto foi a Coca-Cola na segunda metade da década de 1960, os objetivos do estudo eram:

- Escolha entre garrafas de vidro ou de plástico;
- Escolha entre produção interna ou externa de garrafas;
- Escolha do destino final do produto escolhido, reciclagem ou “one way”.<sup>10</sup>

O estudo foi realizado pela MRI (Midwest Research Institute) e ficou conhecido como REPA (Resource and Environmental Profile Analysis). A sua versão completa nunca foi divulgada devido ao caráter

---

<sup>10</sup> Ver: [https://www.ecobilan.com/uk\\_lca02.php](https://www.ecobilan.com/uk_lca02.php), informação acessada em 20/02/2009 / tradução: Anna Freitas.

confidencial do seu conteúdo. Entretanto, os mesmos foram usados para quebrar a má reputação dos plásticos afirmando que este produto não era pior ambientalmente do que o vidro (HUNT e FRANKLIN, 1996, apud FERREIRA, 2004,p.7). O resultado, que foi contrário a todas as expectativas, deixou evidente a necessidade de uma maior transparência dos dados e uma padronização do processo.

Posteriormente, no final de 1972, quando as garrafas reutilizáveis estavam sendo rapidamente substituídas por embalagens não reutilizáveis, o mesmo instituto (MRI) iniciou um estudo nas embalagens de cervejas e sucos para examinar as implicações ambientais da utilização das mesmas. Encomendado pela “U.S. Environmental Protection Agency”(USEPA), este estudo ambicioso caracterizou mais de 40 materiais, tendo envolvido a indústria de vidro, aço, alumínio, papel e plástico e todos os fornecedores daquelas indústrias. Ao contrário do estudo anterior, este provou claramente que uma garrafa reutilizável seria superior (HUNT e FRANKLIN, 1996 apud FERREIRA, 2004,p.7). A análise marcou o início do desenvolvimento da ACV como se conhece atualmente.

Os resultados diversos, muitas vezes para uma mesma análise, desencadearam em desconfiança com relação à possível manipulação dos mesmos. Era claro que uma abordagem sistêmica seria a melhor forma de avaliar o impacto ambiental de um produto, porém os problemas da excessiva diversidade de padrões e critérios para a aplicação da metodologia, a falta de bancos de dados amplos e confiáveis e os elevados custos envolvidos nos estudos, diminuía a credibilidade do procedimento. Por esse motivo, a metodologia caiu em descrédito junto à comunidade científica, resultando em seu temporário abandono (Silva e Kulay, 2006,p.318).

Após essa baixa no assunto, a metodologia REPA voltou a ser necessária quando em 1985 a Comunidade Econômica Européia passou a exigir das empresas de embalagens, na área de alimentos, um monitoramento do consumo de matérias primas e energia e a geração de resíduos sólidos na fabricação de seus produtos. Tendo essa demanda, a metodologia foi sendo aprimorada incorporando-se conceitos ligados ao gerenciamento de resíduos permitindo uma melhor análise dos impactos ambientais (CHEHEBE, 1997).

O Ministério do Meio Ambiente da Suíça (BUS), chamou a atenção mundial ao contratar um estudo chamado “Balanço Ecológico de Materiais de Embalagens” no ano de 1984, que introduzia um sistema de ponderação, chamado critério de volume crítico, com padrões de referência para a saúde humana. O objetivo desse estudo era estabelecer

uma base de dados para os materiais mais usados de embalagens: alumínio, vidro, plásticos, papel e chapas de lata (FINK, 1997, apud FERREIRA, 2004). A análise iniciada pelo governo foi retomada pelo Laboratório Federal Suíço para Teste e Investigação de Materiais (EMPA) e introduziu um método para normatizar e agregar emissões para o ar e para a água nos chamados “volume crítico de ar” e “volume crítico de água”. O banco de dados resultante deste estudo foi posteriormente atualizado e utilizado em 1991 no primeiro software (Ökobase I e II).

Com a missão de juntar recursos e acelerar o desenvolvimento da metodologia ACV como uma abordagem de gestão aceita para ajudar na tomada de decisão, foi formada a Sociedade para a Promoção do Desenvolvimento de Ciclo de Vida (SPOLD) em 1992. (Hindle e Oude, 1996 apud Ferreira, 2004, p.7).

À medida que os estudos a respeito aumentaram, sem nenhuma padronização, continuava fácil omitir alguns dados e induzir resultados de acordo com o interesse de quem encomendava o estudo. Segundo Chehebe (1997) a discrepância desses resultados deixou clara a fragilidade do método com referência a possíveis manipulações geradas por uma disputa de mercado (denominada pelo autor: “guerra de marketing”), onde cada produto tentava mostrar o seu melhor ocultando os problemas reais.

Para que a ferramenta não fosse de tão fácil manipulação, era preciso que sua análise se tornasse mais transparente e que se minimizasse os erros que vinham ocorrendo. Tais erros foram listados por Chehebe (1997, p.6) como: ausência de dados importantes, séries que abrangem períodos diferentes (idade dos dados) e etapas importantes da ACV não consideradas.

Nesse cenário ficou clara a necessidade de se criar normas internacionais à medida que diversos países já dispunham de normas nacionais, as quais poderiam vir a dificultar o livre comércio entre países. Na Inglaterra, por exemplo, já surgia inicialmente o conceito de Sistema de Gestão Ambiental, formalizado pela British Standards Institution (BSI), instituição britânica de normalização, através da norma BS 7750 (*Specification for Environmental Management Systems*).

Esta foi a norma que serviu como base para estruturação do EMAS (Esquema de Auditoria e Eco-gestão da Comunidade Européia -

*European Community's Eco-Management and Audit Scheme*)<sup>11</sup>, bem como a ISO 14001 (SEIFFERT, 2005, p.11).

No período da Eco 92 (segunda Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento) a ISO (International Organization for Standardization) e a IEC (International Electrotechnical Commission) ficaram diretamente envolvidas na organização do evento, na intenção de garantir que essa conferência refletisse no mercado. Como resultado desses esforços foi estabelecido o Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (BCSD - Business Council for Sustainable Development), que acompanhou de perto e incentivou as duas organizações de normas internacionais para tornarem-se mais ativas na área da gestão ambiental.

Com esse impulso da BCSD, em agosto de 1991, a ISO e a IEC criaram o Grupo Estratégico Consultivo sobre o Ambiente (SAGE - *Strategic Advisory Group on the Environment*) para estudar a situação e fazer recomendações.

SAGE foi convidado para auxiliar na padronização na área de gestão ambiental, a fim de assegurar uma uniformidade que contribuísse tanto para desempenho ambiental quanto para o comércio.<sup>12</sup>

Ao final de 1992, a SAGE apresenta as suas recomendações ao Conselho Técnico administrativo da ISO (ISO Technical Management Board -TMB). A principal recomendação foi para que fosse criado um novo Comitê Técnico da ISO somente para os assuntos de Gestão Ambiental. Houveram algumas discussões sobre se a normas de gestão ambiental deveriam ser desenvolvidas no âmbito do Comitê Técnico de Gestão da Qualidade - TC 176. Determinou-se, porém que as preocupações ambientais não eram subordinadas a assuntos da gestão da qualidade, mas são assuntos distintos e de igual importância. Foi recomendada, portanto, uma integração dos dois assuntos.

Os dois principais produtos finais do SAGE ao longo desse processo foram:

1. Uma série de recomendações da ISO/IEC tratando de gestão ambiental, que foi submetido a discussões na preparação da Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento em janeiro de 1992 (Eco-92); e

---

<sup>11</sup> Ver: [http://ec.europa.eu/environment/emas/about/summary\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/emas/about/summary_en.htm), informação acessada em 20/02/2009 / tradução: Anna Freitas.

<sup>12</sup> Ver: <http://www.tc207.org/About207.asp>, informação acessada em 20/02/2009 / tradução: Anna Freitas.



2. Em outubro de 1992, como consequência de todos esses acontecimentos, houve uma recomendação para que a ISO/IEC criasse o novo Comitê Técnico para desenvolver normas na área de gestão ambiental, o qual foi criado posteriormente em 1993, o chamado ISO/TC 207 – Gestão Ambiental.<sup>13</sup>

De acordo com Valle (1996, p.136) o TC-207 foi estruturado em seis subcomitês técnicos, além de um comitê coordenador, para que fosse capaz de desenvolver este plano de normalização, ambicioso por sua abrangência e pelo curto prazo pelo que se pretendia implantá-lo. Estes eram:

- SC1 – Subcomitê de Gerenciamento Ambiental;
- SC2 – Subcomitê de Auditoria Ambiental;
- SC3 – Subcomitê de Rotulagem ambiental;
- SC4 – Subcomitê de Avaliação de desempenho Ambiental;
- SC5 – Subcomitê de Análise de Ciclo de Vida;
- SC6 – Subcomitê de Termos e Definições.

Segundo Seiffert (2008, p.12) a primeira versão da ISO14001 foi publicada somente em 1996 e rapidamente se consolidou como uma norma de gestão ambiental com ampla aceitação mundial. Valle (2002,p.137) apresenta como uma das vantagens do conjunto de normas ISO 14000 a uniformização das rotinas e dos procedimentos necessários para uma organização certificar-se ambientalmente, cumprindo um mesmo roteiro-padrão de exigências válido internacionalmente.

O conjunto de normas desenvolvido pelo TC 207 vem se aprimorando cada vez mais, passando por constantes revisões. As normas da ISO têm tido importante papel para a divulgação da metodologia em pauta neste trabalho. As normas de gestão ambiental que estão em vigor atualmente, que dizem respeito à Análise de Ciclo de Vida, algumas delas produzidas inclusive por outros comitês técnicos que não o TC 207, são:

- ISO 14040 : 2006 *Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework* – TC 207/SC 5
- ISO 14044 : 2006 *Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines* - TC 207/SC 5
- ISO/IEC TR 15504-6 : 2008 *Information technology -- Process assessment -- Part 6: An exemplar system life cycle process assessment model* – JTC 1/SC 7

---

<sup>13</sup> Ver: <http://www.tc207.org/About207.asp>, informação acessada em 20/02/2009 / tradução: Anna Freitas.

- ISO/TS 14048 : 2002 *Environmental management -- Life cycle assessment -- Data documentation format* – TC 207/SC 5
- ISO/TR 14047 : 2003 *Environmental management -- Life cycle impact assessment -- Examples of application of ISO 14042* - TC 207/SC 5
- ISO/TR 14049 : 2000 *Environmental management -- Life cycle assessment -- Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis* - TC 207/SC 5
- ISO/IEC 90003 : 2004 *Software engineering -- Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software* – JTC 1/SC 7
- ISO 14121-1 : 2007 *Safety of machinery -- Risk assessment -- Part 1: Principles* – TC 199
- ISO/IEC TR 90005 : 2008 *Systems engineering -- Guidelines for the application of ISO 9001 to system life cycle processes* – JTC 1/SC 7
- ISO 15686 – 6 : 2004 *Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 6: Procedures for considering environmental impacts* – TC 59/SC14
- ISO 15392 : 2008 *Sustainability in building construction -- General principles* – TC 59/SC 17<sup>14</sup>

O conceito de ciclo de vida tem se estendido para além de um simples método para comparar produtos, sendo atualmente visto como uma parte essencial para conseguir objetivos mais abrangentes, tais como sustentabilidade (CURRAN, 1999). A interligação dos sistemas de produto que não se limitam por fronteiras geográficas, requer que se continue a desenvolver a metodologia ACV a um nível internacional (FERREIRA, 2004, p.8).

---

<sup>14</sup> Ver:

[http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=%22Life+cycle+assessment%22&published=on&active\\_tab=standards](http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=%22Life+cycle+assessment%22&published=on&active_tab=standards), informação acessada em 01/04/2009

### 3.2 MÉTODO DE ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV)

A metodologia de execução de um estudo ACV pode ser entendida como o conjunto de procedimentos necessários para que o estudo atinja os objetivos propostos. Por ser a ACV uma técnica muito nova, não existe ainda uma metodologia universalmente consolidada para sua execução. De maneira geral, pode-se dizer que os modelos praticados seguem uma estrutura básica comum, divergindo em algumas minúcias, como ordem de execução das diferentes etapas ou forma de apresentação dos resultados. (Silva e Kulay, 2006, p.323)

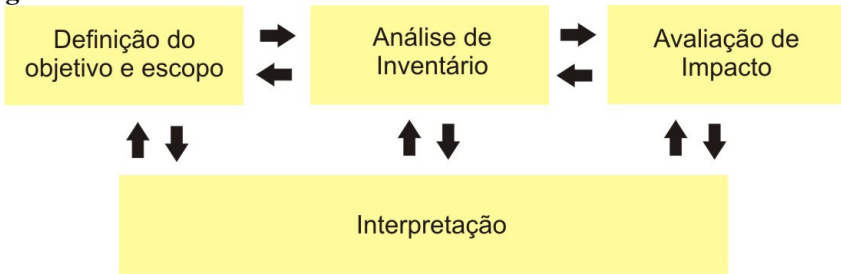
A ISO 14040:2006 descreve a ACV como aquela que estuda os aspectos ambientais e seus impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso, tratamento do final da vida do produto, reciclagem e disposição final (do berço ao túmulo).

De acordo com a mesma norma citada acima a ACV pode auxiliar:

- Na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em vários pontos de seu ciclo de vida;
- Na tomada de decisões na indústria, organizações governamentais ou não-governamentais (por exemplo, planejamento estratégico, definição de prioridades, projeto ou reprojeto de produtos e processos);
- Na seleção de indicadores relevantes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição; e
- No marketing (por exemplo: implementando um sistema de rotulagem ecológica, produzindo créditos ambientais, ou produzindo uma declaração ambiental do produto).

A ISO 14040:2006 apresenta ainda quatro fases para a ACV:

- 3.2.1 Fase de definição de objetivo e escopo;
- 3.2.2 Fase de análise de inventário;
- 3.2.3 Fase de avaliação do impacto; e
- 3.2.4 Fase de interpretação da ACV.

**Figura 1 - Fases da ACV**

FONTE: ISO 1404:2006

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica dinâmica. No decorrer do estudo, em função de uma série de fatores, pode ser necessário retomar e modificar decisões tomadas nas diversas fases, inclusive uma modificação no escopo do estudo.

A fim de melhor expor as fases deste método, apresenta-se abaixo, uma descrição de cada uma delas:

### 3.2.1 Fase de definição do objetivo e escopo

Uma clara e inequívoca definição do “Objetivo” e “Escopo” (NBR ISO 14041) é fundamental para a condução do estudo. Embora pareça simples e óbvia, esta fase é crucial para o sucesso da condução do estudo e para a sua relevância e utilidade. De fato, o processo de estabelecer estas definições pode ser bastante complexo. Deve partir da clara definição do sistema de produto ou serviço. Isto envolve a definição da chamada “unidade funcional”, o que pode não ser trivial, mas que está intimamente ligada ao uso, à finalidade última do sistema de produto (ABCV,2009)<sup>15</sup>.

De acordo com Chehebe (1997, p.22) essa é uma fase de definições de: razão principal para a condução do estudo, sua

<sup>15</sup> Ver: <http://acv.ibict.br/fases?searchterm=fases>, informação acessada em 28/04/2009

abrangência e limites, unidade funcional, metodologia e procedimentos considerados necessários para a garantia da qualidade do estudo e que deverão ser adotados.

No caderno de ACV da UNEP (1996, p.49) primeiramente para definir o propósito do estudo, as seguintes questões deverão ser respondidas:

- O objetivo é comprar produtos ou relacionar seu produto a uma rotulagem ambiental?
- Existe uma intenção de fazer melhorias ambientais para um produto existente ou de criar um produto novo?
- Existe a intenção de responder perguntas estratégicas relacionadas ao posicionamento da empresa no mercado; ou a intenção é apenas informativa a respeito do produto?

É importante que seja informado quem está realizando o estudo e a quem se destina, se é, por exemplo, para uso interno de uma empresa ou para publicação, onde o material precisa ser mais elaborado e com evidências mais claras. Neste último caso, o estudo deve obedecer a diferentes requisitos definidos pela norma ISO 14040 e ISO 14044.

O assunto a ser estudado precisa ser especificado de forma a deixar evidente com qual produto está lidando, qual quantidade, durante que período de tempo, com que função. É preciso especificar se o produto ou o processo produtivo mudaram nos últimos anos, ou até se o seu método de produção varia de país para país. Itens como embalagem e comportamento do consumidor também devem ser descritos.

Quando comparamos diferentes produtos, a descrição da função desses deve ser adicionada ao estudo, para que se garanta uma comparação justa de produtos e quantidades equivalentes. Este processo descrito é conhecido por “unidade funcional”.

Chehebe (1997, p.22) alerta que o conteúdo mínimo do escopo de um estudo de ACV deve referir-se às três dimensões: onde iniciar e parar o estudo do ciclo de vida (a extensão da ACV), quantos e quais subsistemas inclui (a largura da ACV), e o nível de detalhes do estudo (a profundidade da ACV). Estas dimensões devem ser definidas de forma compatível e suficiente para atender o estabelecido nos objetivos.

O autor define como princípio básico a ser aplicado: “menos é melhor”, sem comprometer a confiabilidade do modelo, ou seja, ser preciso sem deixar de ser prático focando o objetivo colocado sem analisar pontos desnecessários. Para isso é preciso saber quais aspectos deverão ser relevantes, sendo esta uma decisão que pode se modificar ao

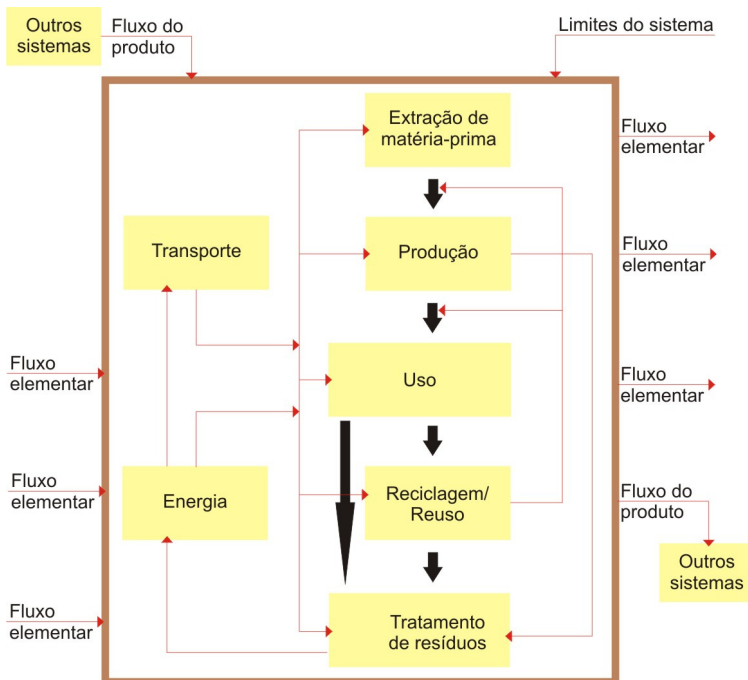
longo do estudo, quando os resultados revelam de fato a relevância de alguns pontos. Sendo assim, podem ocorrer, no processo, reformulações na definição do objetivo.

### 3.2.1.1 Definição do sistema de produto:

Definir o sistema de produto, segundo Silva e Kuley (2006, p.323) se resume a identificação dos subsistemas que irão compor o sistema de produto. Ele deve ser detalhado ao ponto de tornar possível uma futura reprodução das análises por outro profissional.

Chehebe (1997,p.28) descreve como ambiente do sistema o limite que separa o sistema da sua vizinhança, como demonstrado na figura a seguir.

## **Figura 2 - Ambiente do sistema**



Fonte: Chehebe (1997,p.28)

### 3.2.1.2 Definição dos limites do sistema:

Os limites da ACV são geralmente apresentados em fluxograma. Este é um gráfico qualitativo que representa todos os processos relevantes envolvidos no ciclo de vida do sistema estudado. Para isso, de acordo com o caderno de ACV da UNEP (1996, p.52), os seguintes passos devem ser seguidos:

- Começar o fluxograma com o processo de manufatura do produto principal;
- Adicionar os estágios anteriores e posteriores (matéria-prima, componentes, consumo e resíduo);
- Combinar processos ou subdividi-los onde é apropriado; e
- Destaque processos desconhecidos.

O desenvolvimento de modelos que descrevem os elementos-chaves do sistema físico pode não parecer prático, pois envolve o estudo de todos os relacionamentos entre todas as unidades de processo em que habita um sistema, ou todas as relações entre o sistema de produto e o ambiente do sistema. A escolha dos elementos do sistema físico a serem modelados dependem da definição dos objetivos e do escopo do estudo. Todo esse processo deve ser descrito e as hipóteses envolvidas nessa escolha identificadas. (Chehebe, 1997, p. 29)

É importante ressaltar que a elaboração desse fluxograma deve obedecer a um compromisso entre a precisão dos resultados e a viabilidade prática de execução do estudo. Para elaboração do modelo parte-se de uma descrição que inclui todos os subsistemas constituintes do ciclo de vida do produto e, em seguida, procede-se à exclusão de subsistemas seguindo critérios bem definidos, os quais devem ser explicados num relatório final da ACV para garantir a transparência do estudo.

A norma ABNT NBR ISO 14044:2006 sugere alguns critérios de exclusão

para nortear a decisão de quais os insumos devem ser priorizados na avaliação. Os critérios para exclusão de subsistemas, de acordo com a norma, são:

- a) Massa: uma decisão adequada, quando se utiliza massa como um critério, exigiria a inclusão no estudo de todos os fatores que contribuem cumulativamente mais de um percentual definido para a massa de entrada do sistema do produto que está sendo modelado.
- b) Energia: da mesma forma, para se utilizar energia como um critério de exclusão, exigiria a inclusão no estudo dos insumos que contribuem cumulativamente mais do que um percentual definido de energia do sistema do produto que está sendo modelado.
- c) significado ambiental: decisões sobre os critérios de exclusão devem ser feitas de modo a que permaneça no estudo os insumos que contribuam mais que uma quantia definida com base na quantidade estimada de um dado específico do sistema do produto que foi especialmente selecionado pela sua relevância ambiental.

De acordo com Silva e Kuley ( 2006, p.325),de maneira geral pode-se dizer que os critérios de massa e energia sugeridos consistem em excluir os subsistemas cuja contribuição acumulada à massa ou energia total do sistema seja inferior a uma dada porcentagem (em geral 1% ou 5%). O critério de relevância ambiental deve ser aplicado para evitar que seja excluída alguma entrada ou saída que, ainda que em pequena quantidade, possa resultar em alto potencial de impacto.



### 3.2.1.3 Definição de função e unidade funcional:

É recomendado que em um estudo de ACV as funções do sistema a ser estudado sejam claramente definidas. De acordo com Ferreira (2004, p. 13) a unidade funcional é uma medida de desempenho das saídas funcionais do sistema do produto, que constitui a referência para a qual as entradas e as saídas são relacionadas. Esta referência é necessária para assegurar que a comparabilidade dos resultados da ACV seja feita numa base comum.

A função de uma empresa que se dedica, por exemplo, à pintura será executar pinturas. A unidade funcional para um sistema de pintura pode ser “uma unidade de superfície coberta”, se a função é deixar uma cobertura protectiva e decorativa numa superfície de madeira. Se a função é alterada para incluir durabilidade, a unidade funcional pode ser “uma unidade de superfície protegida por um período de tempo definido”(TIBOR, 1996, apud FERREIRA, 2004, p. 14).

No caso de estudos comparativos entre sistemas, a norma ISO/FDIS 14044:2006 estabelece que a equivalência dos sistemas comparados deva ser avaliada antes da interpretação dos resultados. Conseqüentemente, o escopo do estudo deve ser definido de forma que os sistemas possam permitir comparações. Os sistemas deverão ser comparados usando a mesma unidade funcional e decisões metodológicas equivalentes, tais como desempenho, limites do sistema, a qualidade dos dados, procedimentos de alocação, regras de decisão para avaliação das entradas e saídas e avaliação de impacto. Qualquer diferença entre os sistemas relativos a esses parâmetros deve ser identificada e apresentada em relatório. No caso de estudos comparativos destinados a publicações, a norma estabelece que sejam conduzidos de acordo com os critérios de revisão crítica. O tipo de revisão crítica a ser aplicado deve ser definido ainda na primeira fase do estudo (objetivo e escopo) e esta decisão deve ser registrada.

A norma diz que tal revisão deve garantir que:

- Os métodos utilizados para realizar a ACV estão de acordo com a ISO/FDIS 14044:2006;

- Os métodos utilizados para realizar a ACV são válidos cientificamente e tecnicamente;
- Os dados utilizados são adequados e razoáveis em relação ao escopo do estudo;
- As interpretações refletem as limitações identificadas e o objetivo do estudo; e
- O relatório do estudo é transparente e consistente.

#### 3.2.1.4 Requisitos de qualidade dos dados:

Segundo consta na norma ISO/FDIS 14044 (p.10), a qualidade dos dados deverá cumprir os seguintes requisitos:

- Cobertura relacionada ao tempo: idade dos dados e período mínimo de tempo sobre qual os dados devem ser coletados;
- Cobertura geográfica: área geográfica a partir da qual os dados das unidades de processo deverão ser recolhidos para satisfazer o objetivo do estudo;
- Cobertura tecnológica: uma tecnologia específica ou mistura de tecnologias;
- Precisão: medida da variabilidade dos valores para cada dado apresentado (por exemplo, variância);
- Integridade: percentagem de fluxo medido ou estimado;
- Representatividade: avaliação qualitativa do grau em que os dados apresentados refletem a população real de interesse (ou seja, a cobertura geográfica, período de tempo e cobertura tecnológica);
- Consistência: avaliação qualitativa de quão uniforme a metodologia do estudo é aplicada aos vários componentes da análise;
- Reprodutibilidade: avaliação qualitativa da extensão em que as informações sobre os dados e sobre a metodologia permitem que um consultor independente reproduza os resultados apresentados no estudo;
- Fonte dos dados;

Grau de incerteza das informações (por exemplo: dados, modelos e pressupostos).

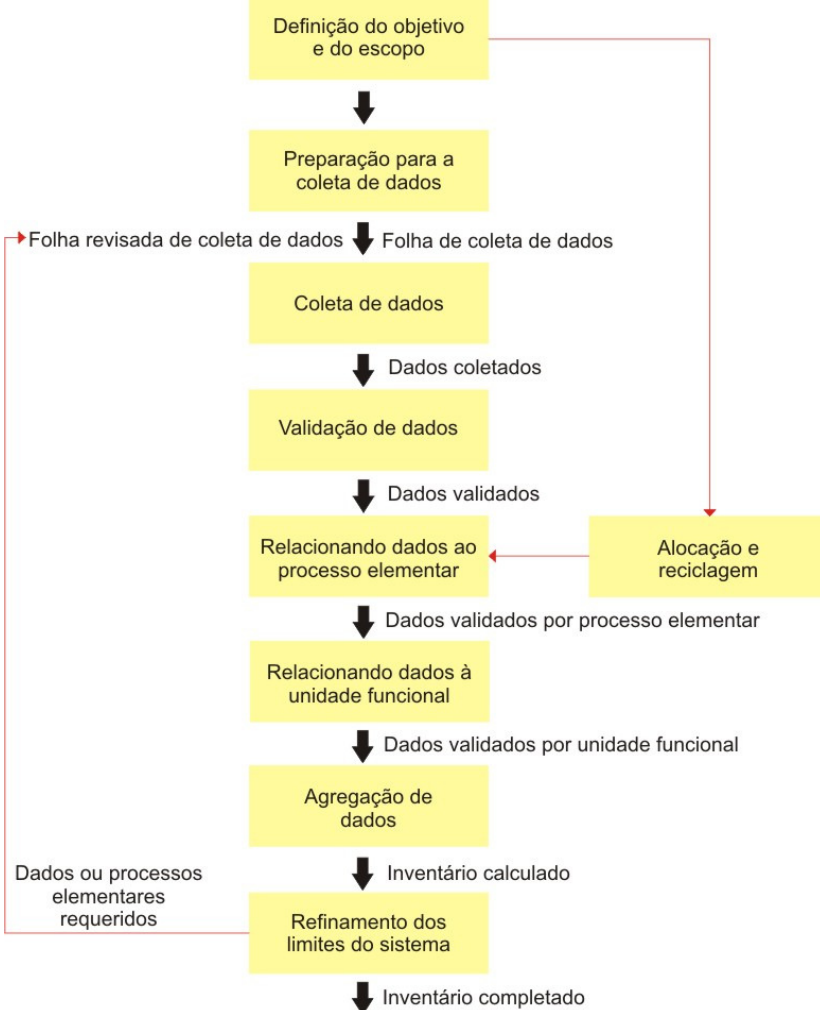
### **3.2.2 Fase de análise do Inventário:**

A Análise de Inventário da ACV na qual se quantificam as necessidades de matéria e de energia e as disposições de rejeitos materiais e energéticos associadas ao ciclo de vida do produto. Essa é a etapa cuja execução demanda maior tempo e maiores recursos (Silva e Kulay, 2006, p.326) .

Nesta etapa estão inclusos à coleta de dados e os procedimentos de cálculos. Chehebe (1997,p.43-44) recomenda que antes de se iniciar a coleta dos dados, deve-se realizar uma investigação preliminar, denominada análise seletiva do ciclo de vida. Trata-se de uma coleta grosseira de dados que cobre os pontos mais importantes constantes da estratégia de coleta de dados, focando somente a integridade dos dados. Esta primeira coleta vai auxiliar possíveis ajustes da escolha do objetivo e escopo e tornar a investigação completa mais objetiva.

A figura 3 a seguir define as etapas operacionais apresentadas pela norma ISO/FDIS 14044:2006:

**Figura 3 – Procedimentos simplificados para análise do inventário.**



Fonte: ISO/FDIS 14044:2006

Na preparação para a coleta de dados é preciso assegurar a compreensão uniforme e consistente dos sistemas de produtos a serem modelados, para isso, de acordo com a norma ISO/FDIS 14044:2006, as seguintes etapas já devem estar plenamente concluídas:

- Desenho de fluxogramas específicos que mostrem todas as unidades de processo, incluindo suas inter-relações;
- Descrição de cada unidade de processo em detalhe no que diz respeito aos fatores que influenciam as entradas e saídas;
- Lista de fluxos e dados relevantes para as condições operacionais associados a cada unidade processo;
- Lista especificando as unidades de medidas utilizadas;
- Descrição das técnicas de coleta de dados e de cálculo para cada categoria de dado;
- Instruções para documentar claramente quaisquer casos especiais, de irregularidades ou de outros elementos associados aos dados fornecidos.

A elaboração de um questionário completo é importante para que não seja deixado nada de fora durante a posterior coleta dos dados. Abaixo o questionário usado como base neste trabalho: Chehebe (1997, p.50)

**Tabela 5**– Folha para coleta de dados

FOLHA DE DADOS		
PROCESSO:	DATA:	
<b>BALANÇO DE MASSA</b>		
ENTRADA DE MATÉRIAS PRIMAS Kg/t		SAÍDAS
t		
principal:		Produto
		Subprodutos:
sólidos:		Resíduos
OUTRAS ENTRADAS		kg/t
Comentários:		
<b>ENTRADA DE ENERGIA</b>		
FONTES ENERGÉTICAS	kg/t	Gj/t
Comentários:		
<b>TRANSPORTES</b>		
ATIVIDADES DE TRANSPORTES		MEIO
DISTÂNCIA CARGA (t)		
(por t de produto principal)	(rodoviário,	Km

	ferroviário, marítimo)
<b>DADOS AMBIENTAL</b>	
EMISSIONES PARA O AR Comentários:	kg/t
EMISSIONES PARA A ÁGUA Comentários:	kg/t
EMISSIONES PARA A TERRA Comentários:	kg/t

Fonte: Chehebe (1997, p.50)

De acordo com Silva e Kulay (2006, p.326) os dados podem ser coletados diretamente nos locais de produção – dados primários (registros de produção, registros de compra e venda, atestados de agência ambiental, medidas e determinações locais, etc.) – ou, ainda, podem ser obtidos da literatura – dados secundários (relatórios setoriais de governo ou de associações, literatura técnica, etc.). Quando os dados não podem ser disponibilizados pelas empresas que operam os processos específicos é que estes são buscados na literatura, até mesmo em estimativas de operações similares.

Para que se evite coletar dados de comportamentos atípicos, é aconselhável basear a análise num período de tempo, que seja suficientemente longo, para atenuar tais comportamentos, como interrupções no funcionamento das máquinas ou perturbações no processo. Ferreira (2004, p.19) recomenda um período de tempo equivalente a um ano, para que seja possível contemplar todos os comportamentos anormais que possam existir no âmbito dos processos.

Existe ainda um outro tratamento de dados que é chamado nos estudos de ACV como “alocação”. O procedimento é adotado em casos nos quais, de uma mesma unidade de processo, saia, além do produto principal, pelo menos mais um co-produto. Sabendo que os sistemas de produtos na grande maioria dos casos incluem múltiplos processos, alguns desses processos podem gerar mais do que um produto, estes são os que estão sendo chamados aqui de co-produtos.

Segundo Chehebe (1997, p. 56) o co-produto que usado na etapa seguinte da investigação em curso é definido como produto principal. O co-produto utilizado para outros propósitos é chamado subproduto. A definição de qual seria o produto principal e o sub

produto está diretamente ligada ao propósito do estudo. Chehebe (1997, p. 56) justifica a alocação explicando:

Não é justo fazer do produto principal o único responsável por todos os efeitos ambientais do processo e das etapas anteriores no ciclo de vida. É necessário decidir como esse efeito ambiental acumulado deverá ser repartido entre o produto principal e o subproduto. Um estudo deve, portanto identificar a rede de operações e processos ligados dentro do sistema e alocar as cargas ambientais relevantes de forma adequada.

Segundo Silva e Kulay (2006, p.328) a escolha do critério a ser usado para fazer a alocação é uma definição subjetiva que deve ser feita quando da definição do escopo do estudo. De acordo com a norma ISO/FDIS 14044:2006 sendo o inventário baseado em balanço de material entre entrada e saída, é recomendável portanto que os procedimentos de alocação aproximem-se tanto quanto possível de tais relações e características fundamentais de entrada-saída. A norma apresenta princípios aplicáveis aos co-produtos, à alocação interna de energia, aos serviços (por exemplo, transporte, tratamento de resíduos) e à reciclagem, seja em ciclo aberto ou fechado:

- o estudo deve identificar os processos compartilhados com outros sistemas e tratá-los de acordo com o procedimento apresentado na norma ISO/FDIS 14044:2006;
- a soma das entradas e saídas alocadas de um processo elementar deve igualar as entradas e saídas não alocadas deste processo;
- sempre que vários procedimentos alternativos de alocação parecerem aplicáveis, deve ser conduzida uma análise de sensibilidade para ilustrar as conseqüências da opção pela abordagem selecionada.

Chehebe (1997, p. 57) relata que o método de alocação não pode ser utilizado se o subproduto não substituir outro produto. Pode também ser um método bastante complexo para determinados propósitos, pois ele envolve a adição de um novo segmento à árvore de processos para cada subproduto.

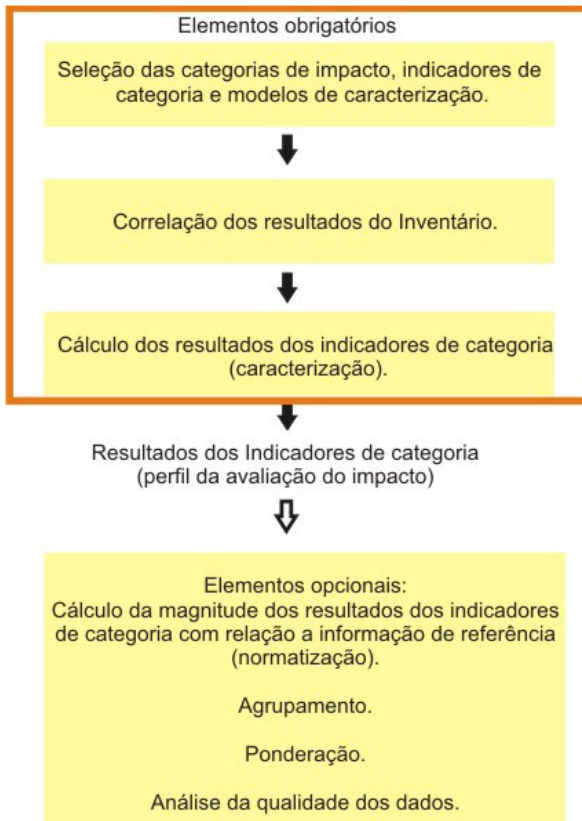
O produto final da etapa de análise do inventário é a relação dos aspectos ambientais quantificados, associados ao ciclo de vida do produto. Esta relação fica representada na tabela gerada nesta fase, onde pode ser realizada uma avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a esse ciclo de vida.

### 3.2.3 Fase de avaliação do impacto:

Nesta fase avalia-se o sistema de produto sob uma perspectiva ambiental, usando categorias de impacto e os indicadores de categoria associados aos resultados da fase anterior de inventário. Nesta etapa também são fornecidas informações para a fase de interpretação dos dados. Os elementos obrigatórios dessa fase são portanto: classificação, caracterização e atribuição de pesos.

A norma ISO/FDIS 14044:2006 apresenta os elementos desta fase ilustrada abaixo:

**Figura 4 – Elementos da Avaliação do impacto do ciclo de vida.**

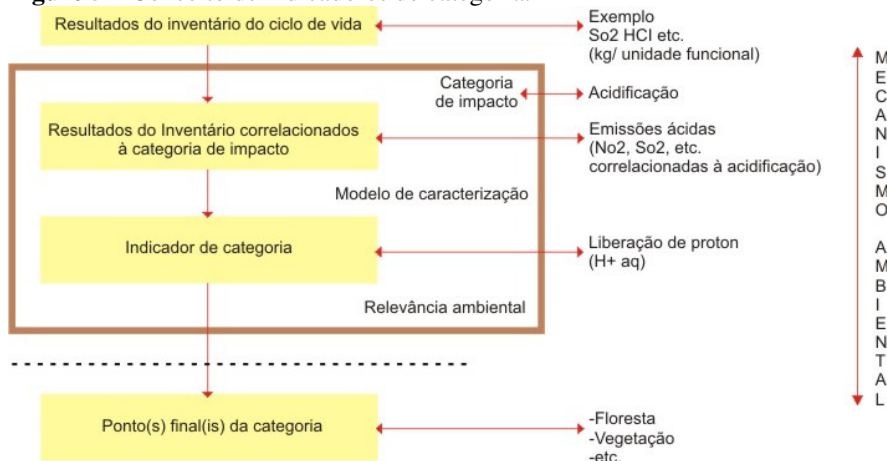


Fonte: ISO/FDIS 14044:2006



O conceito de indicadores de categoria é ilustrado pela norma ISO 14042:2004 com o exemplo da categoria de impacto da “acidificação” representado abaixo:

**Figure 5** – Conceito de indicadores de categoria.



Fonte: ISO 14042:2004

Segundo Chehebe (1997, p.73) os exemplos normalmente utilizados de categorias de problemas ambientais são:

- Exaustão de recursos não renováveis: a extração de combustíveis fósseis ou minerais, minérios, etc.
- Aquecimento global: quantidades crescentes de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, aerossóis e outros gases na atmosfera terrestre estão conduzindo a uma absorção cada vez maior das radiações emitidas pela terra e, conseqüentemente, a um aquecimento global.
- Redução da camada de ozônio: a exaustão da camada de ozônio conduz a um crescimento na quantidade de raios ultravioletas que atingem a superfície da terra, o que pode resultar no crescimento de doenças, danos a diversos tipos de materiais e interferências com o ecossistema.
- Toxicidade humana: a exposição a substâncias tóxicas (através do ar, água ou solo, especialmente através da cadeia alimentar) causa problemas à saúde humana.

- Ecotoxicidade: a flora e a fauna podem sofrer danos, algumas vezes até irreversíveis, causados por substâncias tóxicas. A ecotoxicidade é definida tanto para a água quanto para o solo.
- Acidificação: a deposição ácida, resultante da emissão de óxidos de nitrogênio e enxofre para a atmosfera, para o solo ou para a água pode conduzir a mudanças na acidez da água e do solo, com efeito tanto sobre a fauna quanto sobre a flora.
- Oxidantes fotoquímicos: sob a influência de raios ultravioletas, os óxidos de nitrogênio reagem com as substâncias orgânicas voláteis, produzindo oxidantes fotoquímicos que causam o nevoeiro.
- Nutrição: a adição de nutrientes à água ou ao solo aumenta a produção de biomassa. Na água, isso conduz a uma redução na concentração de oxigênio, o que afeta outros organismos como por exemplo os peixes. Tanto no solo quanto na água a nutrição pode levar a alterações indesejáveis no número de espécies no ecossistema e portanto a problemas relativos à biodiversidade.

Os modelos de caracterização refletem o mecanismo ambiental pela descrição da relação entre os resultados do inventário, indicadores de categoria e, em alguns casos, o(s) ponto(s) final(is) da categoria. O modelo de caracterização é usado para gerar os fatores de caracterização. Para cada categoria de impacto, os componentes necessários incluem:

- Identificação do(s) ponto(s) final(is) da categoria;
- Definição do indicador de categoria para um ou mais dos pontos finais da categoria;
- Identificação dos resultados do inventário apropriados que possam ser correlacionados à categoria de impacto, considerando o indicador de categoria escolhido e o(s) ponto(s) final(is) identificados para a categoria e;
- Identificação do modelo de caracterização e dos fatores de caracterização.

Esse procedimento facilita a coleta, correlação e modelagem da caracterização dos resultados apropriados do Inventário. Isso também ajuda a ressaltar a validade técnica e científica, as suposições, a escolha de valores e o grau de exatidão no modelo de caracterização.

A classificação é iniciada com o objetivo de atribuir para as categorias os dados correspondentes do inventário da fase anterior.

Justificando-se os motivos, é possível deixar algumas categorias de fora, escolhendo algumas categorias mais relevantes para serem estudadas a fundo de forma completa, independente, operacional e prática. Nessa fase todas as entradas e saídas do inventário que contribuem para causar impacto sobre o meio ambiente são classificadas de acordo com o tipo de problema para o qual eles contribuem (exemplo: a atribuição do fosfato à categoria de nutrição).

A caracterização quantifica as contribuições para cada problema ambiental. Chehebe (1997,p. 76) apresenta uma lista de como essas contribuições são medidas:

- Exaustão dos recursos não renováveis (RNR): medida em relação à oferta global do recurso.
- Potencial de aquecimento global (PAG): medida em relação ao efeito de 1kg de CO<sub>2</sub>.
- Formação de Oxidantes Fotoquímicos (FOF): medida em relação ao efeito de 1kg de etileno.
- Potencial de Acidificação (PA): medida em relação ao efeito de 1kg de SO<sub>2</sub>.
- Potencial de Toxicidade Humana (PTH): medida como a massa do corpo humano que estaria exposta ao limite toxicologicamente aceitável por 1kg de substância.
- Ecotoxicidade Aquática (ECA): volume de água que estaria poluída a um nível crítico por 1kg de substâncias.
- Ecotoxicidade Terrestre (ECT): massa de solo que estaria poluída a um nível crítico por 1kg de substância.
- Potencial de Nutrição (PN): medida em relação ao efeito de 1kg de fosfato.
- Potencial de Redução da Camada de Ozônio (PRCO): medida em relação ao efeito de 1kg de CFC-11.

Após ter o perfil ambiental do produto definido pela classificação e caracterização do mesmo, entra-se na etapa de atribuições de pesos. Nesta etapa são atribuídos pesos a cada problema ambiental de acordo com a sua importância, somando-se, após os resultados ponderados. As condições locais e até políticas podem condicionar o fator de ponderação, que diferem, portanto, para cada local. Várias metodologias estão disponíveis, não havendo até o momento um consenso sobre qualquer método.

Ao final desta etapa, tem-se como produto um perfil ambiental completo do sistema.

### **3.2.4 Fase de interpretação da ACV:**

Segundo a norma ISO/FDIS 14044:2006(E) a interpretação da análise do ciclo de vida compreende os seguintes elementos:

- Identificação das questões importantes baseadas nos resultados da fase de inventário e avaliação de impacto;
- Uma avaliação que considera a plenitude, sensibilidade e coerência checadadas;
- Conclusões, limitações e recomendações.

O resultado da fase de inventário e avaliação de impacto deve ser interpretado de acordo com o objetivo e escopo do estudo, e deve incluir uma avaliação e uma verificação de sensibilidade com relação à significância das entradas e saídas e escolhas metodológicas a fim de compreender a incerteza dos resultados.

### **3.3 AVALIAÇÃO DA MADEIRA EM COMPARAÇÃO COM OUTROS MATERIAS DE CONSTRUÇÃO**

Não se pode dizer que existam materiais absolutamente melhores, mas sim processos que apresentem aspectos diferenciados relativos às exigências particulares. O que define a utilização de um ou outro material são as necessidades específicas de cada obra e/ou empresa e a disposição atual e local dos recursos necessários, afim de atender a legislação vigente, aspectos econômicos, e a disponibilidade dos recursos naturais. (MASTELLA, GLEIZE, SOARES, 2001, p. 2)

Tavares e Lamberts (2008) destacam a fabricação de materiais de construção como a principal fonte de emissões de gases poluentes no contexto da construção civil. Os mesmo autores colocam que dentre os materiais mais usados, a indústria do cimento é a maior emissora de CO<sub>2</sub>, pois, além do uso de combustíveis fósseis para geração de energia térmica, ocorrem emissões adicionais pela calcinação de calcário

durante a produção do clínquer. Assim, a fabricação de cimento acaba sendo responsável por 4 a 5 % de todo o CO<sub>2</sub> liberado para a atmosfera por atividades humanas (MARLAND, 2003, apud TAVARES e LAMBERTS, 2008).

Os autores apresentam ainda o alumínio como gerador de alta quantidade de CO<sub>2</sub> em seu processo de fabricação além de demandar grandes quantidades de energia elétrica. As cerâmicas vermelhas utilizam madeira de reservas naturais e os aços e ferros fundidos consumindo carvão mineral como fonte energética gerando assim uma considerável quantidade de CO<sub>2</sub> (THEIS, 1996; BERMAN, 2001; BRASIL, 2005a, apud TAVARES e LAMBERTS, 2008). Todos esses materiais, apontados como geradores significativos de CO<sub>2</sub> na sua produção, são aqueles de uso mais freqüente nas construções residenciais no Brasil.

Werner e Richter (2007,p.470) apresentaram uma lista bastante completa de análises de ciclo de vida que abordam os resultados de 20 anos de pesquisas na Europa, América do norte e Austrália. As análises tratam do impacto ambiental no ciclo de vida dos produtos em madeira usados no setor da construção civil, contrapondo com diversos outros materiais funcionalmente equivalentes.

Os autores deram preferência aqueles estudos que abordaram o ciclo de vida como um todo e estão de acordo com a norma ISO14040. Para a avaliação, foi levada em consideração a contribuição de cada produto com uma categoria de impacto, a qual foi comparada com a média de todos os produtos de funções equivalentes incluídos no estudo.

A revisão contemplou análises de ciclo de vida dos seguintes elementos: janelas, material de isolamento, pisos, paredes, portas, dormentes ferroviários, postes de energia, elementos de paisagismo e edifícios. Entretanto, fogem do escopo do presente estudo abordar dormentes ferroviários, postes de energia e elementos de paisagismo. Os estudos que consideram os edifícios como um todo, em sua maioria, focam apenas o impacto na emissão de gases do efeito estufa.

As tabelas 6, 7, 8 e 9 a seguir apresentam o balanço das avaliações dos impactos de produtos em madeira com relação a outros produtos de mesma função. Para o método de avaliação de impacto, é observado nas tabelas os CML92 e Eco indicator 95, que segundo Barbosa (2001) são softwares que funcionam na segunda etapa da análise do ciclo de vida, a análise de impacto ambiental. As seguintes características do software são apresentadas por Barbosa (2001): proteção de dados, flexibilidade de unidade, análise do impacto, comparação dos resultados, apresentação gráfica dos resultados.

Barbosa (2001) esclarece ainda que o SimaPro, programa utilizado para a fase de inventário da análise, desenvolvido pela Pré-Consultants, inclui essas mesmas, e outras, ferramentas para análise de impacto. Ao analisar o site da Pré-Consultants, é possível observar que hoje essas ferramentas já estão ultrapassadas, sendo o método mais recente o ReCiPe<sup>16</sup>, que trata de uma união dos métodos Ecoindicator 99 e o CML 2000. A análises que constam nas tabelas a seguir referem-se a pesquisas feitas posterior a esse avanço, portanto a metodologia usada condiz com a época da análise.

A avaliação é representada por:

- ++ muito positiva (< 50% de média de impacto);
- + positiva (50% a 90% de média de impacto);
- 0 médio (90% a 110% de média de impacto);
- - negativo (110% a 150% de média de impacto);
- -- muito negativo (> 150% de média de impacto).

**Tabela 6:** Avaliação de impacto de janelas em madeira comparado com outros materiais.

PRODUTOS	Demanda de energia acumulada	CML92/ECOINDICATOR 95 - POTENCIAL						RESÍDUOS			
		de aquecimento global (100anos)	de acidificação	de eutrofização	de formação fotoquímica de ozônio	De esgotamento de ozônio (atmosférico)	De ecotoxicologia da água	Potencial toxicológico humano	Sólidos	Não inertes (reativos)	Perigosos
<b>JANELAS (Richter ET AL.1996./Brunner ET AL. 1996I)</b>											
Madeira	+	+	+	+	+	+	+	-	+	++	-
Madeira/alum	+	+	++	+	+	+	+	-	+	++	--
Alumínio	0	0	0	0	0	0	-	+	0	+	+
Aço	-	0	0	-	-	-	-	0	-	0	--
Aço inoxidável	-	-	--	-	-	-	-	0	--	-	++
Aço não-ferroso	-	--	-	-	-	-	-	0	-	--	+
PVC	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+	+

Fonte: Werner e Richter, 2007

<sup>16</sup> Ver: <http://www.lcia-recipe.net/>, informação acessada em 28/07/2009

Werner detalha melhor essa análise em um estudo comissionado pelo *Centro Tecnológico de La madera*, de Toledo (ES). Neste ele explica cada produto individualmente.

As janelas, apresentadas na tabela 6, tem como unidade funcional uma mesma dimensão (1,60mx1,25m), com o mesmo tipo de vidro e uma vida útil de 30 anos. Cada material é analisado de acordo com suas variações de tamanho de marco para um mesmo vão de parede, conseqüente área de vidro e transferência de calor baseados na situação climática de Zurich. Os materiais reciclados se modelam utilizando o sistema 'cut-off', isto é, o recolhimento de materiais recicláveis, são considerados como um processo de extração de material secundário.

Na revisão de Werner, conclui-se que o potencial de aquecimento global das janelas de metal e plástico é dominado pelas emissões geradas na etapa de produção do material principalmente do marco e do vidro termo-acústico. A compensação para a perda de calor contribui entre 15 kg de CO<sub>2</sub> equivalente (PVC, madeira) a 120 kg de CO<sub>2</sub> equivalente (de aço) nesta categoria de impacto. Janelas com uma moldura de madeira demonstram uma menor contribuição para o efeito estufa, uma vez que a madeira é fonte de energia neutra em termos de CO<sub>2</sub>.

Na interpretação dos dados Werner (2006) destaca que nenhum material e nenhuma construção têm um perfil ambiental favorável ou desfavorável em todas as categorias de impacto, por isso nenhum material deve ter a sua aplicação proibida ou boicotada. No entanto destaca que as janelas de madeira ou de madeira e alumínio mostram um perfil ambiental favorável na maior parte das categorias de impacto (exceto: toxidade e quantidade de resíduos perigosos).

**Tabela 7:** Avaliação de impacto de material de isolamento.

PRODUTOS	ENERGIA		CML92/ECOINDICATOR 95 - POTENCIAL					
	Não renovável	Renovável	de aquecimento global (100anos)	de acidificação	de eutrofização	de formação fotoquímica de ozônio	De ecotoxicologia da água	Potencial toxicológico humano
<b>MATERIAL DE ISOLAMENTO (Mötzl ET AL. 2000)</b>								
Chapa de fibra de madeira	++	--	++	++	++	++	++	++
Lã de vidro	-	+	--	--	--	-	+	-
Fibra de celulose	++	++	++	++	++	++	++	++
Perlita	++	++	+	++	++	++	++	++
EPS	--	++	--	--	--	--	--	--
Espuma de vidro	--	+	--	--	--	+	0	--
Lã mineral	+	++	0	+	+	++	+	+
Vermiculite	++	++	++	+	+	++	+	+

Fonte: Werner e Richter, 2007

Os materiais isolantes analisados, apresentados na tabela 7, são comparados considerando-se uma unidade funcional de  $1\text{m}^2$  de material isolante, com uma largura em função da transmissão para a obtenção de resistência Térmica  $R = 2,84 \text{ W/m}^2\text{K}$  em combinação com uma parede de tijolos (total  $R = 3,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ). O resultado do inventário abrange os fluxos de materiais e fontes de energia da extração de matérias primas, a produção de produtos intermediários e os transportes até a produção final do material isolante. Não são considerados, a montagem, o uso e a reciclagem ou descarte final do material após o uso.

Os resultados do inventário e avaliação de impacto ambiental são muito heterogêneos e demonstram as dificuldades para classificar de maneira sistemática o impacto ambiental de um grupo de produtos muito distinto. A gama de produtos varia consideravelmente dependendo da categoria do inventário (emissões, recursos naturais) ou categoria de impacto ambiental.

Em geral, a fibra de celulose obtida a partir de papel reciclado tem um perfil favorável por absorver resíduos de papel. Para o painel de fibras de madeira, os resultados indicam o impacto ambiental global alto, selecionando a capacidade isolante como uma referência para comparação. Isto se deve tanto ao processo de produção (processo úmido) como às características do consumo elevado de óleo de



aquecimento para o fornecimento de energia térmica e transmitância relativamente alta do painel, combinando alta densidade. Isso significa que mais material é necessário (em peso) para obter um isolamento semelhante aos materiais comparados.

O painel de fibra de madeira apresenta um elevado consumo de fontes de energia renovável, adicionada ao fato da própria madeira por si só ser uma fonte renovável de energia.

Werner (2006) mostra que com relação às energias não-renováveis a manta de lã de vidro tem o maior consumo, seguido pelo painel de fibras de madeira e EPS.

O autor observa que as contribuições potenciais de materiais de isolamento para as alterações climáticas e suas causas são semelhantes para o consumo de energias não-renováveis na maior parte dos materiais. O painel de fibras de madeira armazena CO<sub>2</sub>, tendo seu impacto menor que seu benefício. Sabe-se porém que no final da vida útil do painel o mesmo reemitirá o CO<sub>2</sub> armazenado, por incineração ou de decomposição biológica.

**Tabela 8:** Avaliação de impacto de pisos.

PRODUTOS	ENERGIA			CML92/ECOINDICATOR 95 - POTENCIAL DE:				RESÍDUOS		
	Não renovável	Renovável	Demanda de energia	aquecimento global (100 anos)	acidificação	eutrofização	Formação fotoquímica de ozônio	Sólidos	Não Inertes (reativos)	Perigosos
PISO (Günther ET AL. 1997)										
Parquet em 3 camadas	+	--	-	--	++				++	++
Linóleo	+	-	+	-	+				+	++
PVC extrudado	0	++	+	+	0				+	--
PVC	-	++	0	+	0				0	--
Poliolefinas	0	+	0	+	++				0	++
Borracha	0	+	0	+	--				-	+
Revestimento têxtil	-	++	-	+	++				++	++
PISO (Jönsson 1999/Windsperger 1998)										
Parquet	++			++	+	-	++	++	++	++
Linóleo	-			+	+	0	--	++	-	--
PVC	-			--	--	+	0	--	--	0

Fonte: Werner e Richter, 2007

Com relação aos pisos Werner (2006, p.29) coloca que na sua revisão literária encontrou diversos estudos que não puderam ser considerados, pois os mesmos não permitiam uma comparação direta entre os produtos por razões metodológicas. Diferiam desde a unidade funcional, até processos incluídos e excluídos na análise. Portanto Werner opta por analisar dois autores que considerou de maior relevância, *Günther e Langowski (1997a;1997b)* e *Jönsson et al. (1994;1997;1999)* conforme consta na tabela 8.

Werner (2006,p.30) explica os dois estudos separadamente. Começando por Günther e Langowski que analisaram mais de 30 pisos fabricados pela *European Resilient Flooring Manufacturers Institute (ERFMI)* dos quais Werner escolhe os sete tipos mais representativos para o presente estudo.

A unidade funcional dos pisos em análise é de 20 m<sup>2</sup> de piso por um período de 20 anos, distinguindo dois tipos de capacidade. O ciclo de vida inclui todos os principais processos desde extração de matérias-primas, produção de materiais principais e auxiliares (> 3% peso total), colocação, transporte até a eliminação (incineração e / ou aterros) e representa a situação na Alemanha durante os anos 1994-96. O consumo de energia e água para limpar o chão é indicado, mas não incluídas nos cálculos.

O autor aponta para os resultados do Parquet, onde foi considerado o aterro sanitário como destino do final do produto, com a conversão de quantidades consideráveis de carbono em metano, este com um fator de impacto 21 vezes maior que o CO<sub>2</sub>. No entanto, o resultado do consumo de energia e as contribuições ao aquecimento global mudariam completamente se o estudo considerasse a energia armazenada na madeira do Paquet ou se o seu destino final fosse outro, já que trata-se de um produto biodegradável que pode ser reciclado ou usado para gerar energia calorífica e não precisaria se considerar o descarte em aterros sanitários.

Werner (2006) comenta também o estudo do Jönsson 1999/Windsperger 1998 que compara 1 m<sup>2</sup> de piso durante 1 ano. Os processos do ciclo de vida considerados são: extração de matérias-primas, produção, transporte e eliminação. A produção de energia elétrica, infra-estruturas, a colocação dos pisos e manutenção / limpeza, foram levados em conta.

Nesse estudo o Parquet aparece como alternativa mais favorável, já que ele considera como destino final do produto a

incineração com recuperação de energia. Isso prova, como a metodologia usada pode influenciar no resultado final da avaliação.

**Tabela 9:** Avaliação de impacto de paredes e portas em madeira comparado com outros materiais de funções equivalentes.

PRODUTOS	ENERGIA			CML92/ECOINDICATOR 95										
	Não renovável	Renovável	Demanda de energia	POTENCIAL DE							Radioatividade	Substâncias cancerígenas	Metais pesados	
				Aquecimento global (100 anos)	Potencial de acidificação	eutrofização	Formação fotoquímica de ozônio	Esgotamento do ozônio (atmosférico)	Ecotoxicologia da água	Ecotoxicológico do solo				Toxicológico humano
<b>Paredes (Werner ET AL. 1996)</b>														
Sistema leve em madeira (Plataforma)				++	+	++	++	++	+	++	+			
Chapas de madeira laminada				++	-	+	+	+	--	+	-			
Tijolo com isolamento				--	--	--	-	-	-	-	-			
Bloco de cimento celular				-	0	0	0	-	0	-	0			
<b>PORTAS (Werner ET AL. 1996)</b>														
Aglomerado	+	--	0	0	0	0	0	0				0	+	++
Madeira maciça	+	-	+	+	+	++	+	+				0	++	++
Aço galvanizado	-	++	-	-	--	--	-	-				0	--	--

Fonte: Richter ET AL.1996./Brunner ET AL. 1996I apud Werner e Richter, 2007

Werner e Richter (2007) comentam que na avaliação das paredes construídas, a unidade funcional é de 1m<sup>2</sup> de parede que são definidas para satisfazer padrões térmicos iguais. Para isso a parede de tijolos assentados é isolada com lã mineral contrapondo à parede de bloco de cimento celular, construção em sistema leve em madeira (Sistema Plataforma) e construção com chapas de madeira laminada. É possível observar na tabela 9 que a parede que demonstra menos impacto para as variáveis apresentadas é aquela em sistema leve em madeira.

Werner (2006) mostra uma peculiaridade nos complexos estudos de ACV em edifícios, pois o consumo de energia é dez vezes

maior no seu período de uso do que na produção, construção e descarte dos materiais usados.

Pontualmente as conclusões gerais de Werner e Richter (2007,p.475) são:

- Produtos de madeira tendem a ser ambiente favorável em comparação a produtos de outros materiais com funções equivalentes. Particularmente, nos produtos em madeira constata-se menor consumo de energia não renovável, ou acúmulo de demanda de energia, com potencial contribuição para os gases do efeito estufa e quantidade de resíduos sólidos gerados. Ao mesmo tempo, os produtos em madeira possuem energia renovável por natureza, como exemplo, os resíduos de serragem, comumente utilizados no Brasil para gerar calor na queima de tijolos em olarias.

- A Madeira tratada com agentes impregnantes tendem a ser mais críticas com relação aos efeitos toxicológicos e / ou poluentes (potencial de formação fotoquímica de ozônio - dependendo do tipo de tratamento) comparada com outros produtos. Novas gerações de preservantes livres de metal são alternativas promissoras para um tratamento de menor impacto ambiental.

- A incineração de produtos em madeira podem causar maiores impactos na acidificação e eutrofização do que outros produtos, embora a energia térmica possa ser recuperada.

- Produtos que utilizam compostos de madeira, tais como chapas de aglomerado ou chapas de fibras utilizam uma maior quantidade de troncos de madeira na sua composição em comparação a produtos de madeira sólida. O consumo de energia não renovável também é superior nesses produtos, assim como MDF, madeira laminada colada e outros produtos que utilizem resina, aditivos e etc.

- Em toda análise de ciclo de vida de edifícios, sobressaem como materiais de maior impacto, aqueles nos quais a madeira não está incluída.

- Os resultados dos estudos de ACVs comparativos podem variar sensivelmente dependendo das decisões metodológicas, incluindo a escolha de procedimentos de alocação usados em modelos de múltiplas saídas ou reciclagem. Também influenciam massivamente assuntos relacionados com o final do ciclo do vida (por exemplo, metano emitido provenientes de madeiras aterradas, energia térmica gerada com madeira, etc.).

- As metodologias existentes não permitem retratar de forma adequada os efeitos toxicológicos dos componentes químicos dos preservantes

porque o modelo de estrutura de uma ACV não tem uma resolução espacial ou temporal.

- Aliado a isso, os métodos utilizados para a avaliação do impacto não permitem considerar (também favorável) os impactos nas florestas, como a ocupação de terra, os impactos sobre biodiversidade, purificação de ar, etc.

Barbosa e Ino (2001) também comentam a cadeia produtiva da madeira de floresta plantada e apontam que logo na etapa de plantio, em áreas adequadas, já é observado um ganho para o meio ambiente em função do seqüestro de CO<sub>2</sub> na fixação de carbono no crescimento das árvores. Acrescenta ainda que há uma contribuição na formação de reservas renováveis de matéria prima para o setor da construção civil. As autoras destacam que, ao comparar com outros materiais, a madeira tem consumo energético e produção de resíduos inferiores em se tratando das etapas de extração, processamento e montagem.

As mesmas autoras chamam a atenção para o cuidado que deve haver na exploração das florestas, partindo do princípio que a madeira nunca pode ser retirada além de sua capacidade de produção, sendo o reflorestamento e as agroflorestas, alternativas para reduzir a degradação e o desflorestamento das florestas nativas. Segundo Tonello et al. demonstra na Revista da Madeira de abril de 2008, as florestas plantadas fornecem 85 % de todos os produtos de origem florestal encontrados no mercado, e tem contribuído para diminuir a pressão sobre as florestas nativas no país.

O mesmo autor aponta que dos 8,5 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro, aproximadamente 63,7% são cobertos por florestas nativas, 23,2% ocupados por pastagens, 6,8 % agricultura, 4,8 % pelas redes de infra-estrutura e áreas urbanas, 0,9 % culturas permanentes e apenas 0,6% abrigam florestas plantadas. Na mesma reportagem é demonstrado que no mundo, as florestas plantadas para o uso industrial, ocupam aproximadamente 187,5 milhões de hectares, o que equivale a um país do tamanho do México. Desse total, 5,4 milhões de hectares, ou 2,9 % do total, encontram-se no Brasil, ainda que estes plantios correspondam apenas a 1 % do total florestal nacional.

De acordo com o *Canadian Wood Council* quanto mais as preocupações com mudanças climáticas aumentam, mais os profissionais estão substituindo outros materiais pelo uso da madeira. Segundo o *International Institute for Environment and Development* a substituição de um metro cúbico de outro material de construção

(concreto, blocos ou tijolos) por madeira resulta em uma redução significativa na média de 0.75 para 1t de CO<sub>2</sub>.<sup>17</sup>

O *Canadian Wood Council* coloca ainda que uma típica casa norte americana em sistema leve em madeira armazena cerca de 29 toneladas de CO<sub>2</sub>. Tal quantidade equivaleria à quantidade de CO<sub>2</sub> emitidos por um carro em cinco anos de uso comum (após ter consumido cerca de 12.500 litros de gasolina). O mesmo conselho defende que produtos em madeira armazenam mais dióxido de carbono do que emitem na sua extração, transporte e beneficiamento. Cada mil metros quadrados de partículas orientadas – OSB representa a remoção líquida de gases do efeito estufa equivalente a quase dois milhões de barris de petróleo.<sup>8</sup>

Os estudos do *Canadian Wood Council* mostram ainda a madeira em comparação com outros materiais bastante usados na construção civil, o aço e o concreto. Estes liberam 24% e 47% mais poluição no ar do que a madeira, produzem 8% a 23% mais resíduos sólidos, usam 11% e 81% mais matérias primas, requerem 26% e 57% mais energia, emitem 34% e 81% mais gases do efeito estufa e libera 4 e 3,5 vezes mais poluição para água do a madeira.<sup>18</sup>

Todas essas pesquisas deixaram em evidência as vantagens do uso da madeira para o meio ambiente. A fabricação desse material começa na árvore, capturando CO<sub>2</sub> já na sua produção, enquanto outros materiais começam emitindo CO<sub>2</sub> no processo de fabricação. Ao defender o uso do material madeira se está apoiando o desenvolvimento das indústrias de base florestal incentivando que se plante cada vez mais árvores e se transforme a madeira em bens duráveis para que o carbono permaneça retido o maior tempo possível.

---

<sup>17</sup> Ver: [http://www.cwc.ca/NR/rdonlyres/4749BE13-2089-4A49-87C8-55E40257EDD7/0/Canadian\\_Wood.pdf](http://www.cwc.ca/NR/rdonlyres/4749BE13-2089-4A49-87C8-55E40257EDD7/0/Canadian_Wood.pdf), informação acessada em 1/09/2009

<sup>18</sup> Ver: [http://www.cwc.ca/searchtemplates/template1/Click.aspx?cgi-bin/MsmGo.exe?grab\\_id=0&page\\_id=61&query=sustainability&hiword=SUSTAINABLE%20sustainability%20](http://www.cwc.ca/searchtemplates/template1/Click.aspx?cgi-bin/MsmGo.exe?grab_id=0&page_id=61&query=sustainability&hiword=SUSTAINABLE%20sustainability%20), acessado 13/09/2009.

### 3.4 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA MADEIRA AUTOCLAVADA - REFLORESTE

#### 3.4.1 Definição do objetivo e escopo

O objetivo da análise é apresentar um informativo a respeito do sistema produtivo da madeira de floresta plantada de *Pinus* tratada em auto clave em Florianópolis, usando como exemplo o caso da empresa REFLORESTE. O aspecto analisado serão as entradas e saídas de resíduos produzidos da extração da madeira até a fase em que está pronta para ser comercializada.

Em função do *pinus* ser a madeira citada no presente trabalho para uso na aplicação do Sistema Plataforma no Brasil, foi esta a madeira escolhida para a análise. Por existirem diversos tamanhos de peças na execução de um painel do Sistema Plataforma, optou-se por analisar a produção de 1m<sup>3</sup> de madeira de *Pinus* auto clavado.

O sistema produtivo da empresa analisada, REFLORESTE, sofreu algumas modificações nos últimos anos. A empresa existe desde 2003 e em 2004 ainda extraía uma pequena parte da madeira comercializada de sua própria propriedade, onde eram plantados *pinus* e eucalipto e funcionava o beneficiamento e a usina de auto clavagem. Hoje, toda a madeira comercializada na empresa vem de madeiras diversas, ao depender de qual delas possui disponibilidade para atender a demanda em cada período. A madeira já é comprada serrada e na usina, atualmente, só funciona a auto clavagem da madeira, já serrada e beneficiada. Desta forma, nenhum resíduo de madeira está contaminado pelo produto químico usado no tratamento em auto clave.

Para possibilitar esta análise, tomou-se por base uma das empresas locada em uma distância média entre todas as localidades de madeiras fornecedoras da REFLORESTE. Foi escolhida, portanto, a “Madeireiro Pai e Filhos”, no município de Alfredo Wagner em Santa Catarina.

A “Madeireiro Pai e Filhos”, por sua vez, compra madeira de terceiros em distâncias de no máximo até Lages, 124Km da madeireira e no mínimo em Bom Retiro, 36 Km da madeireira. Para análise, foi utilizada, portanto, uma média da distância na medida de 80km de distância, ou 160Km contando a ida da madeireira ao local para extração e volta da extração para a madeireira. Nestas localidades, eles extraem a madeira e levam os troncos para beneficiamento, banho com fungicida e venda.

Observa-se, portanto, uma grande terceirização no setor, em função dos ciclos de plantio não serem constantes. A madeira é comprada onde existe oferta e onde atende a demanda.

### **3.4.2 Definição do sistema de produto e limites do sistema**

O sistema envolve um local de extração, com floresta planta e duas madeiras, sendo a primeira a Madeira “Pai e Filhos” na Rodovia BR282, Km 106 em Águas Frias no municípios de Alfredo Wagner, Fornece madeira de Pinus verde serrada para a REFLORESTE.

A Madeira REFLORESTE funciona com três estabelecimentos denominados no estudo de:

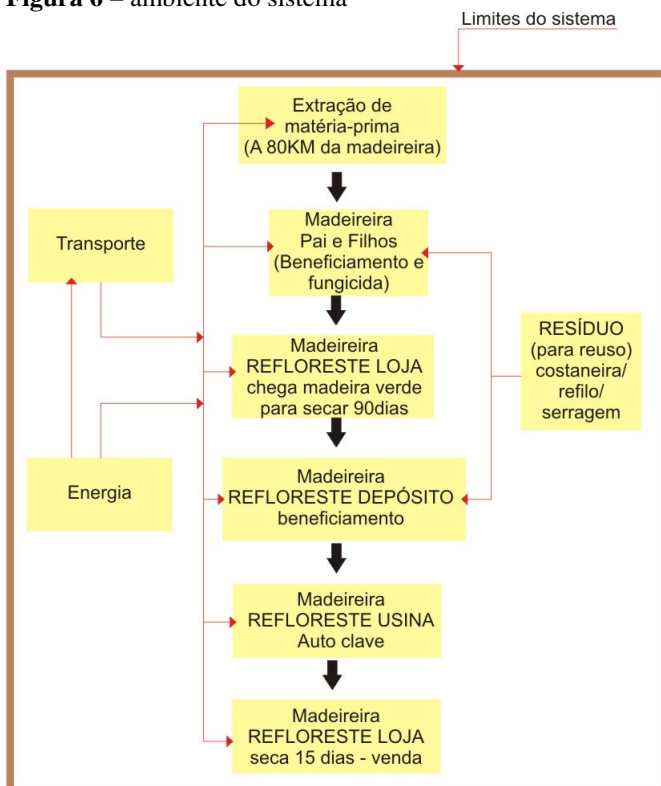
REFLORESTE loja: SC405, número 702, Rio Tavares, Florianópolis, SC.

REFLORESTE depósito: SC405, número 3355, Campeche, Florianópolis, SC.

REFLORESTE usina: Estrada geral de Canudos, sem número, Antônio Carlos, SC.

Sendo assim, o ambiente do sistema limita-se a extração, beneficiamento e venda, sem englobar o destino de uso, conforme a figura a seguir.



**Figura 6** – ambiente do sistema

Fonte: Autora, 2010.

### 3.4.3 Descrição do processo produtivo:

A análise se inicia na Madeira “Pai e Filhos” de onde saem os seguintes transportes:

- Caminhão 31320 Volkswagen 4x6, “traçado”. Ano 2009.
- Trator guincho Valmet 785 4x4. Ano 2005

Percorrem uma trajetória de em média 80Km para chegar ao destino, onde ocorre a extração com moto serra à gasolina, trator guincho para retirada do tronco da área de plantio e caminhão para transporte. A extração ocorre em um período de 7 horas por dia, todos os dias da semana, exceto quando chove.

Os troncos de Pinus chegam à madeireira com diversos diâmetros, sendo arbitrada na análise uma medida média de 20 centímetros de diâmetro. O tronco é extraído com comprimento médio de 6,10 metros, e partido ao meio ao chegar à madeireira.

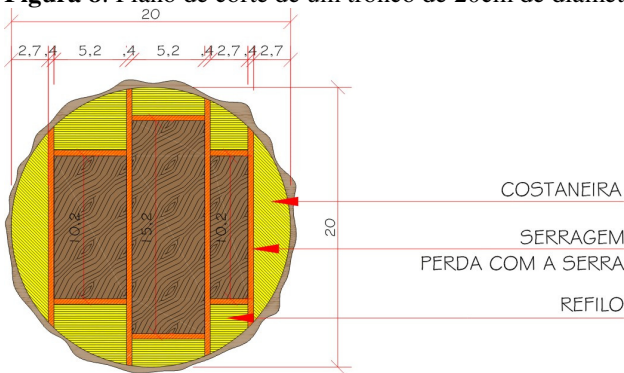


**Figuras 7: troncos de Pinus na Madeireira “Pai e Filhos”.**

Fonte: Autora, 2010.

O plano de corte é feito de acordo com a demanda, para esta análise considerou-se uma demanda freqüente da REFLORESTE que são as régua na medida de 5x10x300cm, sendo este um tamanho médio de montante. Para executar este tamanho de peça, é feito um plano de corte, neste caso em um tronco de 20cm de diâmetro, conforme a figura a seguir.

**Figura 8: Plano de corte de um tronco de 20cm de diâmetro**



TORA DE 20cm DE DIÂMETRO  
 Fonte: Autora, 2010

Observa-se que no plano de corte não entra apenas a peça no tamanho da demanda de 5x10x300cm, pois é preciso ter um aproveitamento máximo do tronco com peças de tamanho padrão. As serras usadas nas máquinas do beneficiamento causam uma perda durante o corte, esta varia de 3mm a 5mm, sendo 5mm com a serra nova e 3mm com a serra ao final do seu tempo de uso. Sendo assim, considerou-se a média de perda na serra de 4mm em cada corte.

Para o primeiro corte no tronco bruto, este é posicionado no carro fita, onde com a serra fita os cortes são executados na posição vertical. A costaneira é desprezada no primeiro e no último corte. O tamanho da costaneira varia de acordo com o plano de corte de melhor aproveitamento do tronco, planejado em função do diâmetro e da demanda das peças.



**Figuras 9: carro fita e serra fita.**

Fonte: Autora, 2010.

O próximo procedimento é a peça ser cortada na posição horizontal com a serra circular, deixando a mesma com a maior medida padrão possível para o melhor aproveitamento das peças. Este procedimento despreza o que é chamado na madeira de “refilo”. A seguir, o comprimento da peça é ajustado com a destopadeira. Esta máquina serra as peças, desprezando o que é chamado na madeira de “toquinho”.



**Figuras 10: serra circular e destopadeira.**

Fonte: Autora, 2010

O resultado do beneficiamento deste tronco de 20 centímetros de diâmetro foi uma peça de 5,2x10,2x300,2 cm, uma de 5,2x15,2x300,2 cm e uma de 2,7x 10,2x300,2 cm. Estas medidas são das peças verdes, que perdem em média 0,2cm em cada medida após secar.

Considerando que o tronco chega a madeireira com diâmetro de 20 centímetros e comprimento de 3,05 metros, sua cubagem inicial é de 0,0957m<sup>3</sup>. Ao final este tronco produz 0,048m<sup>3</sup> em peças com 49,84% de sobras em costaneiras, refilos, toquinhos e serragem. Estas sobras são vendidas para olarias e indústrias têxteis para transformá-las em energia calorífica. Cada 1m<sup>3</sup> de madeira bruta, resulta em 0,4984m<sup>3</sup> de sobras comercializáveis e 0,5016m<sup>3</sup> em peças para montantes. Ou seja, da madeira nada é inteiramente desprezado, fazendo com o desperdício seja praticamente nulo.

Com as peças serradas, é feito o banho em Fungicida Industrial Louro TBP 40% (tribromofenol 40%). Um tambor de fungicida comporta 50 litros (0,05m<sup>3</sup>) do produto e é diluído em 1000 litros (1m<sup>3</sup>) de água. Esta água vem de nascente e o seu consumo é de 4.000 litros com 200 litros de fungicida por mês. Sendo a produção média mensal da Madeireira “Pai e Filhos” 240m<sup>3</sup> de madeira, conclui-se que para cada 1m<sup>3</sup> de madeira serrada, utiliza-se 0,00083m<sup>3</sup> de fungicida e 0,0166m<sup>3</sup> de água.

De acordo com as contas de energia da empresa, o consumo médio é de 7.207KW/h mensal para produção média de 240m<sup>3</sup> de madeira. Ou seja, cada 1m<sup>3</sup> de madeira, consome 30,029KW/h de energia.

As peças vendidas para a Madeireira REFLORESTE são colocadas em um caminhão de frete Mercedes 1620 carregando 15m<sup>3</sup> de madeira verde. O percurso de Alfredo Wagner até a loja da REFLORESTE no Rio Tavares, em Florianópolis, é de 119 km.

Na loja da REFLORESTE as madeiras são empilhadas em grades com no máximo 1,40 metros de altura e a 0,50 metros do solo.

Permanecem gradeadas por 90 dias, para então serem transportadas em um caminhão do tipo: carroceria aberta, à Diesel, MERCEDES 710, ano 2000.

O percurso é feito com 15m<sup>3</sup> de carregamento de madeira da Loja da REFLORESTE para o seu depósito, que fica a uma distância de 2,6Km.

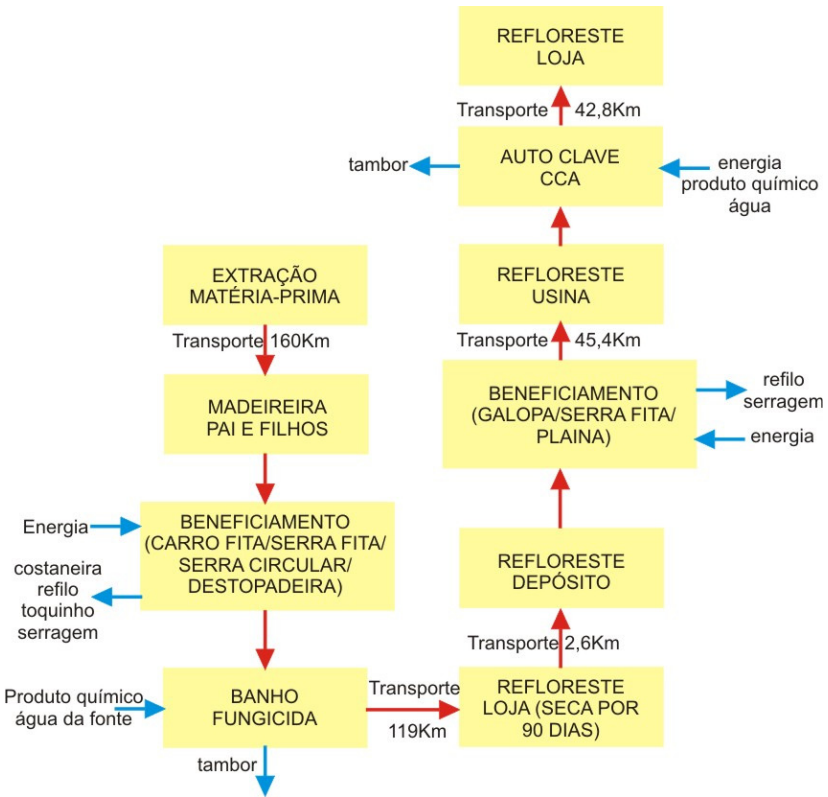
As pranchas de madeira chegam ao depósito para o seu beneficiamento passando por galopa, serra e plaina. A peça que foi tomada por base na pesquisa, chegou na loja com 5,2x10,2x300,2 cm, após estar seca ficou com 5x10x300cm, ainda depois deste último beneficiamento a peça diminuiu para as medidas de 4,5x9x299cm.

As peças são agora transportadas para a Usina da REFLORESTE em Antônio Carlos, percorrendo a distância de 45,4km. Na usina as peças entram na auto clave para o tratamento. Por mês são tratadas 50m<sup>3</sup> de madeira, usando 4 tambores de CCA, o que equivale a 200 litros (0,2m<sup>3</sup>) diluídos em 4000 litros (4m<sup>3</sup>) de água proveniente de fonte. Portanto, para cada 1m<sup>3</sup> de madeira, se consome 0,004m<sup>3</sup> de CCA e 0,08m<sup>2</sup> de água.

A madeira sai da Usina no mesmo caminhão MERCEDES 710, e vai até a loja a 42,8km de distância. Na loja as peças ficam gradeadas prontas para a venda.

O consumo de energia mensal médio da loja é de 64Kw/h, do depósito é de 533Kw/h e da Usina 420Kw/h para produção de 50m<sup>3</sup> de madeira (sendo 40m<sup>3</sup> Pinus e 10m<sup>3</sup> eucalipto). Estas informações de consumo foram calculadas com contas de luz e a média de produção foi informada pela proprietária da empresa. Sendo assim, cada 1m<sup>3</sup> de madeira consome 20,34Kw/h na REFLORESTE.

**Figura 11 – Fluxograma do sistema da REFLORESTE**



Fonte: Autora, 2010

### 3.4.4 Fase de análise do Inventário:

**Tabela 10 – Folha de dados**

<b>FOLHA DE DADOS</b>	
PROCESSO: DA EXTRAÇÃO A VENDA (Pinus auto clavado)	
DATA: abril 2010	
<b>BALANÇO DE MASSA</b>	
ENTRADAS	SAÍDAS
Extração:Árvore, gasolina e diesel.	tora de madeira: comp. 6,50m
Beneficiamento 1: tora verde, energia	Peças de madeira serrada verde 53,41% da madeira: cantoneira, refilo, “toquinho” e serragem.
Banho fungicida: Produto químico e água.	Peças tratadas (fungicida) Tambor: 1 a cada 60m <sup>3</sup> de madeira.
Secagem: Madeira verde tratada com fungicida	Madeira seca Água evaporada
Beneficiamento 2: peça seca, energia	Peças de madeira serrada seca. Refilo e serragem
Auto clave: energia, produto químico (CCA) e água.	Madeira tratada Efluente Tambor: 1 a cada 12,5m <sup>3</sup> de madeira
<ul style="list-style-type: none"> <li>●Para cada metro cúbico de madeira para peças, sobram 0,6743m<sup>3</sup> de resíduos que são usados para energia calorífera.</li> <li>●Para cada metro cúbico de madeira para peças, consome-se 0,0966m<sup>3</sup> de água.</li> <li>●Para cada metro cúbico de madeira para peças, consome-se 0,004m<sup>3</sup> de CCA.</li> <li>●Para cada metro cúbico de madeira para peças, consome-se 0,00083m<sup>3</sup> de fungicida.</li> </ul>	
<b>ENTRADAS DE ENERGIA</b>	
●Para cada metro cúbico de madeira para peças, consome-se 50,369KW/h.	
<b>TRANSPORTES</b>	
Caminhões à Diesel : 369,80 Km	
<b>DADOS AMBIENTAIS</b>	
<b>EMISSIONES PARA O AR:</b> Efluentes na secagem da madeira, em função do CCA e fungicida. Gás carbônico no transporte das madeiras. Comentário: não foi possível calcular se o gás carbônico emitido é anulado ou não pelo gás carbônico mitigado na madeira.	

### **3.4.5 Fase de avaliação de impacto:**

A madeira, mesmo perdendo uma porcentagem grande no seu beneficiamento, tem os seus resíduos relocados para outro processo produtivo, que ficou de fora dos limites desta análise. Sendo assim, os resíduos são utilizados para geração de energia calorífica e não são desperdiçados.

Quanto à emissão de gás carbônico no transporte desta madeira, seria preciso um opacímetro, para medição da quantidade de material particulado (fumaça preta) emitido por veículos a diesel para se medir com precisão quanto é emitido para o meio ambiente. Sem esse dado, ficou inviável fazer um balanço do CO<sub>2</sub> entre aquele gerado no transporte e aquele mitigado pela matéria-prima das peças de pinus. Segundo Werner (2006) a madeira é fonte de energia neutra em termos de CO<sub>2</sub>.

É inegável, entretanto, que a madeira é um material que possui poucos processos envolvidos na sua produção. Quanto menos processos envolvidos, menos energia acumulada e menor as chances de se agredir o meio ambiente. No caso da madeira, os processos são simples e envolvem pouca tecnologia, fazendo deste um material extremamente favorável.

A análise teve por objetivo o conhecimento do setor e não uma quantificação detalhada de todas as saídas de massa e impactos. Fica evidente, no entanto, que as comparações de análises de ciclos de vida de materiais equivalentes a madeira apresentadas no capítulo 3.3 são evidentes, já que outros materiais construtivos como alvenaria, aço ou alumínio envolvem um número maior de sistemas produtivos.



## 4 CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos apresentados no capítulo I, considera-se que, por meio desta pesquisa, eles foram alcançados, dentro de uma revisão de análises de ciclo de vida que comparavam a madeira a materiais de funções equivalentes. Como a metodologia de análise proposta foi a ACV, deu-se ênfase a explicação do método com o intuito de evidenciar a sua qualidade e complexidade.

Através da revisão bibliográfica foram vistos e analisados os conceitos ligados a construção sustentável e a importância na escolha dos materiais aplicados para este fim. A madeira de floresta plantada foi apresentada como alternativa de menor impacto, além do seu uso incentivar a indústria madeireira a crescer, diminuindo a destruição predatória das florestas.

As florestas plantadas destinam-se a produzir matéria-prima para as indústrias de madeira serrada, painéis à base de madeira e móveis, cuja implantação, manutenção e exploração seguem projetos previamente aprovados pelo IBAMA. Estas, portanto, geram um ciclo de plantio e extração constantes para se manter, o que significa que despolem o meio ambiente sem prejudicar as florestas nativas.

A análise final, no último capítulo, da empresa REFLORESTE, foi importante para mostrar como funciona uma indústria madeireira com base em florestas plantadas. A análise, entretanto, limitou-se a etapa de preparação da madeira como matéria-prima e foi mais informativa do que quantitativa. Como sugestão para trabalhos futuros, a análise poderia de entender em seu escopo e chegar ao produto final ao qual o material se destina.

Ficou evidente através deste trabalho, a complexidade da metodologia de avaliação ambiental para construção civil, que envolve muitos materiais, processos e tempo de uso. Esta amplitude de aspectos inviabilizou uma aplicação aprofundada da Análise de Ciclo de Vida. Neste sentido, acredita-se que para a aplicação dos conceitos de sustentabilidade envolvidos, é necessário escolher cada material utilizado com cautela, procurando saber de onde surgiu, como pode ser aplicado sem desperdícios e para onde vai ao final de sua vida útil.

Concordando com MONTEIRO (2002) a sustentabilidade na construção civil só será alcançada:

Com o conhecimento cada vez maior dos envolvidos no processo de construção, da necessidade de preservação do meio ambiente, e das maneiras mais corretas de fazê-lo.

Com a aplicação das informações obtidas quando da escolha por determinado sistema construtivo a ser aplicado em cada situação em particular.

Com uma análise crítica dos sistemas construtivos existentes, onde estes possam alterar suas características, de maneira a alcançarmos a construção civil sustentável, em harmonia com o meio ambiente preservado.

Com a utilização das diretrizes definidas para os sistemas construtivos a serem desenvolvidos de modo que estes possam cada vez mais se aproximar de uma situação ideal.

Dentro desta preocupação tão atual com o meio ambiente, espera-se que a madeira possa ser cada vez mais valorizada como alternativa renovável e desenvolvida em sua aplicação.

## 5 REFERÊNCIAS

BARBOSA, Juliana C.; INO, Akemi; SHIMBO, Ioshiaqui. **Indicadores de sustentabilidade na cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento**. Salvador, BA. 2000. v.1 p.181-188 il.. In: ENTAC, 8º, Salvador, 2000. Artigo técnico.

BARBOSA, Juliana C.; INO, Akemi. **Madeira, material de baixo impacto ambiental na construção – análise do ciclo de vida**. Canela, RS, abril de 2001. II Encontro Nacional e I encontro Latino Americano sobre comunidades sustentáveis.

BARBOSA, Maria Ferraz. **Rotulagem Ambiental: Rótulos ambientais e Análise do Ciclo de Vida (ACV)**. Artigo ibict. São Paulo, 2001.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**. Livro. São Paulo: Editora Pensamento – Cultrix LTDA, 1996.

CHEHEBE, José Ribamar B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., CNI, 1997.

DIAS, Gustavo Lacerda. **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidos a força horizontal no seu plano**. Tese de doutorado. UFSC, 2005.

ESPÍNDOLA, L.R.; MORAES, P.D. **Coordenação modular em sistemas leves de madeira e sistemas mistos**. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza. Anais do XII ENTAC, 2008.

FERREIRA, José Vicente Rodrigues Ferreira. **Análise de ciclo de vida dos produtos**. Apostila do Instituto Politécnico de Viseu. 2004.

GONZAGA, Armando Luiz. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília, DF, IPHAN/MONUMENTA, 2006.

Instituto Brasileiro do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis – IBAMA. Tema: **Desmatamento**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/>. Acesso em: 20 de novembro de 2007.

Instituto de pesquisas Tecnológicas – IPT; **Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente**; Sinduscon SP. Madeira: Uso sustentável na Construção Civil. São Paulo: 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO 14040 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework**. First Edition. 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO 14041 Environmental management -- Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis**. First Edition. 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO 14042 Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle impact assessment**. First Edition. 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO 14044 Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines**. First Edition. 2006.

Instituto para o desenvolvimento da habitação ecológica – Idhea. **Construção sustentável**. Disponível em: [http://www.idhea.com.br/construcao\\_sustentavel.asp](http://www.idhea.com.br/construcao_sustentavel.asp). Acesso em: 22 de novembro de 2007.

JOHN, Vanderley M.; SILVA, Vanessa Gomes da. **Agenda 21: Uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro**. II Encontro nacional e I Encontro latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, RS. 2001.

JÚNIOR, Alcir Vilela; DEMAJOROVIC, Jacques (organizadores). Vários autores. **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: editora SENAC, 2006.

MASTELLA, Deise Viana; GLEIZE, Philippe; SOARES, Roberto. **Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e**

**de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida de produtos.** São Pedro, SP. Promoção ANTAC 2001. VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído.

Ministério do meio ambiente, Japão. **Manual do MDL para desenvolvedores de projetos e formuladores de políticas.** Tradução Anexandra de Ávila Ribeiro, 2006.

MONTEIRO, Barbara Kelch. **Identificação das características relevantes para a sustentabilidade de sistemas construtivos.** Artigo. NUTAU - Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo. USP. São Paulo, 2002.

MONTES, Maria Andréa Triana. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis.** Dissertação de mestrado. UFSC, 2005.

MORAES, Antônio José Santos de. **Um referencial para utilização de madeiras pela construção civil – setor de estruturas-enfocado no desenvolvimento sustentável.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. Dissertação de mestrado do curso de pós-graduação em engenharia de produção da UFSC.

MOSTAEDI, Arian. **Arquitetura sustentável – High tech housing.** Editores: Carles Broto e Josep M. Minguet. Instituto Monsa de Ediciones S.A., 2003, Barcelona. Espanha.

OLIVEIRA, Roberto de; WAGNER, Flávio Segundo e GROHMANN, Sandra Zampieri. **A madeira como alternativa racional para habitação.** Artigo. I Encontro Nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis, Canela, RS, 1997.

Canadian Wood. **Renewable by Nature. Sustainable by Design.** [http://www.cwc.ca/NR/rdonlyres/4749BE13-2089-4A49-87C8-55E40257EDD7/0/Canadian\\_Wood.pdf](http://www.cwc.ca/NR/rdonlyres/4749BE13-2089-4A49-87C8-55E40257EDD7/0/Canadian_Wood.pdf), Acessado em 14/09/2009.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável.** São Paulo: Artmed Editora S.A. Terceira edição, 2007.

ROGERS, Richard; GUMUCHDJIAN, Philip. **Cidades para um pequeno planeta**. 1997. Para edição portuguesa Editorial Gustavo Gili, AS, Barcelona, 2001.

SÁNCHEZ, José Enrique et alli. **Casas de Madera. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de Madera y Corcho (AITIM)**. Madrid, 1995.

SATTLER, Miguel Aloysio. **Habitaciones de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis**. Livro Coleção HABITARE / FINEP. Porto Alegre, 2007.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **ISO 14001 sistemas de gestão ambiental : implantação objetiva e econômica**. São Paulo: Atlas, 2005

SHIMBO, Ioshiaqui; INO, Akemi. **A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável para produção de habitação social**. Artigo. I Encontro nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, RS. 1997.

SILVA, Sandra Regina Mota; SHIMBO, Ioshiaqui. **Proposta básica para princípios de sustentabilidade**. Artigo. II Encontro nacional e I Encontro latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, RS. 2001.

SOARES, Sebastião Roberto. **ENS5125 Gestão e Planejamento ambiental**. Apostila. UFSC, 2006.

TAVARES, Sergio F.; LAMBERTS, Roberto. **CO2 embutido em edificações residenciais brasileiras**. Artigo. XII Encontro Nacional de Tecnologias do Ambiente Construído. Fortaleza – CE, 2008.

VALLE, Cyro Eyer do. **Como preparar para as normas ISO 14000: qualidade ambiental**. 2. ed. atual São Paulo: Pioneira, c1996.

WERNER, Frank. **Madera de Construcción em análisis de ciclo de vida comparado com productos ‘convencionales’**. Revisão literária. Centro Tecnológico de La madera, Toledo (ES). 2006.

WERNER, Frank; RICHTER, Klaus. **Wooden Building Products in Comparative LCA**. Artigo. Wood and Other renewable Resources (Subject Editor: Jörg Schweinle).2007

**YUBA, Andrea Naguissa. Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2005.

YUBA, Andrea Naguissa; INO, Akemi; SHIMBO, Ioshiaqui. **Proposição de etapas gerais para análise da sustentabilidade da cadeia produtiva da habitação em madeira serrada de plantios florestais**. São Carlos, SP. 2003. 15 p. ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2003, São Carlos, SP.

Web Sites:

<http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/detail/156564.html>,  
acessado em 14/09/2009.

<http://www.ibama.gov.br/recursos-florestais/areas-tematicas/desmatamento/>, acessado em 20/11/2007.

[http://www.greenpeace.org.br/amazonia/face\\_destruicao.pdf](http://www.greenpeace.org.br/amazonia/face_destruicao.pdf), acessado em: 12/10/2009.

<http://www.advrios.com.br/artigo.php?id=4446>, acessado em 14/09/2009

[http://www.sbs.org.br/destaques\\_discursomarina.htm](http://www.sbs.org.br/destaques_discursomarina.htm), acessado: 14/09/2009  
[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=916&subject=Pain%C3%A9is&title=OSB%20oferece%20resist%C3%Aancia%20para%20m%C3%BAltiplos%20usos](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=916&subject=Pain%C3%A9is&title=OSB%20oferece%20resist%C3%Aancia%20para%20m%C3%BAltiplos%20usos), acessado em 14/09/2009

<http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>, acessado em: 10/09/2009

[http://ec.europa.eu/environment/emas/about/summary\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/emas/about/summary_en.htm), informação  
acessada em 20/02/2009 / tradução: Anna Freitas.

<http://www.tc207.org/About207.asp>, informação acessada em 20/02/2009 /  
tradução: Anna Freitas.

<http://www.tc207.org/About207.asp>, informação acessada em 20/02/2009 / tradução: Anna Freitas.

[http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=%22Life+cycle+assessment%22&published=on&active\\_tab=standards](http://www.iso.org/iso/search.htm?qt=%22Life+cycle+assessment%22&published=on&active_tab=standards), informação acessada em 01/04/2009

<http://acv.ibict.br/fases?searchterm=fases>, informação acessada em 28/04/2009

<http://www.lcia-recipe.net/>, informação acessada em 28/07/2009

[http://www.cwc.ca/NR/rdonlyres/4749BE13-2089-4A49-87C8-55E40257EDD7/0/Canadian\\_Wood.pdf](http://www.cwc.ca/NR/rdonlyres/4749BE13-2089-4A49-87C8-55E40257EDD7/0/Canadian_Wood.pdf), informação acessada em 1/09/2009

[http://www.cwc.ca/searchtemplates/template1/Click.aspx?cgi-bin/MsmGo.exe?grab\\_id=0&page\\_id=61&query=sustainability&hiword=SUSTAINABLE%20sustainability%20](http://www.cwc.ca/searchtemplates/template1/Click.aspx?cgi-bin/MsmGo.exe?grab_id=0&page_id=61&query=sustainability&hiword=SUSTAINABLE%20sustainability%20), acessado 13/09/2009.