



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DA UFBA**  
**MEAU – MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E URBANA**

**MARA LÍVIA SANTOS LESSA**

**CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA  
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS – UM ESTUDO  
SOBRE TELHAS “ECOLÓGICAS” EMPREGADAS  
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Salvador - Bahia**  
**2009**

**MARA LÍVIA SANTOS LESSA**

**CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA  
ELEMENTOS CONSTRUTIVOS – UM ESTUDO  
SOBRE TELHAS “ECOLÓGICAS” EMPREGADAS  
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rita Dione Araújo Cunha

**Salvador - Bahia  
2009**

---

Lessa, Mara Livia Santos

Crêterios de sustentabilidade para elementos construtivos -  
um estudo sobre telhas "ecológicas" empregadas na  
constru o civil / Mara Livia Santos Lessa. – Salvador, 2009.  
152 f. : il. color.

Orientador: Prof. Doutora Rita Dione Araujo Cunha

Disserta o (mestrado) – Universidade Federal da Bahia.  
Escola Politécnica, 2009.

1. Telhas - Ecológicas. 2. Sustentabilidade. 3. Design  
Sustentável. I. Universidade Federal da Bahia. II. Título.

---

MARA LÍVIA SANTOS LESSA

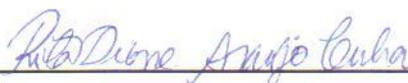
CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE PARA ELEMENTOS  
CONSTRUTIVOS – UM ESTUDO SOBRE TELHAS “ECOLÓGICAS”  
EMPREGADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

Salvador, 30 de novembro de 2009

Banca Examinadora:

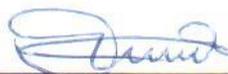
Profa. Dra. Rita Dione Araújo Cunha  
Universidade Federal da Bahia – UFBA



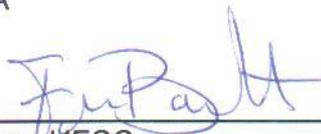
Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira  
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Prof. Dr. Sandro Lemos Machado  
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Prof. Dr. Fernando Barth  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC



Aos  
Meus filhos, André e Natália e meu marido, André: minhas bússolas.

## AGRADECIMENTOS

A cada desafio vencido na minha vida paro para refletir sobre como tudo aconteceu. E sempre chego à incrível conclusão que a vitória não é de um, mas de muitos. Muitos que estão por trás das pequenas “batalhas” que terminam naquela grande vitória. E neste momento, lembrando o meu caminho durante esta pesquisa é que começo a enumerar os tantos a quem devo agradecer.

Em primeiro lugar e antes de tudo a DEUS, por me permitir a graça de ter ao meu lado, nesta jornada pela vida terrena, tantas pessoas tão especiais.

Aos meus filhos muito amados, Deco e Nat, por despertarem em mim o desejo incessante de ser uma pessoa melhor a cada dia e trazerem alegria e luz para minha vida.

Ao meu amado André, companheiro e cúmplice de cada momento, por seu amor, carinho e por ser quem ele é.

Aos meus pais, Antonio Carlos e Neusa, início de tudo, pelo amor, incentivo e por acreditar incondicionalmente em mim.

A minha irmã, grande amiga e confidente, Roberta, pelo amor e apoio em todas as horas, suprimindo minhas ausências com aqueles a quem tanto amo e a minha irmã Rosa, pelas risadas nos almoços de domingo.

A minha tia Marlene, por estar sempre presente em nossas vidas, torcendo por nós.

Aos meus amigos queridos, pessoas tão presentes na minha vida, pelos convites ao relaxamento nas horas de maior estresse.

Aos colegas do MEAU, pelas trocas de conhecimento e risos em sala de aula.

A minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rita Dione Araujo Cunha, por ter me acolhido em hora decisiva do meu mestrado e pela amizade e cooperação durante todo esse período.

Aos professores do MEAU, em particular ao Prof. Dr. Roberto Jorge Câmara Cardoso, por sua grandiosa contribuição neste trabalho.

As fábricas e instituições visitadas, Eternit S.A, Simonassi Nordeste, Tecolit – Indústria de Telhas Ecológicas Ltda, CM. Venturoli – Cruzetas e Madeiras Venturoli Ltda., e IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica, por abrirem suas portas, fornecendo dados para o enriquecimento desta pesquisa.

E, finalmente, a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente na execução deste trabalho, meu sincero agradecimento.

“A terra possui recursos suficientes para prover às necessidades de todos, mas não à avarícia de alguns.”

Mahatma Gandhi

## RESUMO

Com o despertar do mundo para o desenvolvimento sustentável, surgiu uma preocupação com o crescente consumo de recursos naturais, bem como para com a quantidade de resíduos que retorna para o meio ambiente. A construção civil é um dos setores da economia que mais consomem recursos minerais, portanto carente de materiais mais ecológicos, ou seja, que causem menos impactos ao meio ambiente. Algumas iniciativas já estão sendo observadas neste sentido, como é o caso das telhas ecológicas comercializadas no mercado brasileiro. Entretanto, não há um padrão balizador para atestar se essas telhas realmente atendem aos requisitos de sustentabilidade ou se estão apenas se utilizando do marketing verde como uma estratégia de mercado. Esta pesquisa tem como objetivo estabelecer alguns parâmetros para o “design” de telhas que sejam sustentáveis, considerando os aspectos ambientais, técnicos, econômicos e sociais. Foi desenvolvida através da análise crítica e comparativa de três telhas denominadas de ecológicas por seus fabricantes, tendo como matéria-prima materiais reciclados e/ou renováveis – a produzida com resíduo de papel, a produzida com resíduo de polietileno e alumínio e a produzida com madeira proveniente de área de manejo florestal - e de duas telhas convencionais, a de fibrocimento e a cerâmica, todas produzidas e comercializadas no Brasil. Para chegar a um modelo de telha ecológica efetivamente sustentável foram utilizadas técnicas de design para novos produtos.

Palavras-chave: sustentabilidade; telha ecológica; reciclagem; design sustentável.

# ABSTRACT

With the awakening of the world to sustainable development, there came as a result the worry with the increasing consumption of natural resources and with the amount of residues that goes back to the environment. Civil construction is one of the sectors of the economy that mostly consumes mineral resources and as such it lacks more ecological materials, that is, materials that can cause less impact on the environment. Some initiatives have already been taken like the use of ecological tiles that are being commercialized in the Brazilian market. However, there is no pattern to evaluate if these tiles meet the requirements of sustainability or if people are just using the green marketing as a business strategy. This research aims at establishing some parameters for the design of tiles that are sustainable, taking into account technical, economic and social environmental aspects. It was developed through the critical and comparative analysis of three kinds of tiles called ecological by their manufacturers and having as raw material recycled and/or renewable materials – the one produced with paper residue, the one produced with polyethylene and aluminum, and the one produced with wood from forestall maneuver area. They were compared with two conventional tiles, the one made of fiber cement and the one made of ceramic, all of them produced and commercialized in Brazil. To arrive at a model of ecological tile that may be effectively sustainable, techniques of design for new products were used.

**Key-words:** sustainability; ecological tile; recycling; sustainable design.

# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b>	- Evolução da exploração da mina de Cana Brava no Brasil .....	42
<b>Figura 02</b>	- Pedra de amianto crisotila .....	51
<b>Figura 03</b>	- Bloco de 50 Kg de amianto compactado e embalado .....	53
<b>Figura 04</b>	- Desenho Esquemático do Processo Produtivo da Telha de Fibrocimento ...	56
<b>Figura 05</b>	Silo de Argila .....	62
<b>Figura 06a</b>	- Triturador de Argila .....	63
<b>Figura 06b</b>	- Triturador de Argila .....	63
<b>Figura 07</b>	- Extrusora .....	63
<b>Figura 08</b>	- Prensa .....	63
<b>Figura 09</b>	- Secadores de telhas .....	64
<b>Figura 10</b>	- Telha Ecológica Produzida com Resíduo de Papel .....	67
<b>Figura 11</b>	- Silos de papel da para fabricação da telha “ecológica” com resíduo de papel .....	73
<b>Figura 12a</b>	- Misturador de papel reciclado .....	74
<b>Figura 12b</b>	- Misturador de papel reciclado em serviço .....	74
<b>Figura 13</b>	- Formação da manta fibro-vegetal .....	74
<b>Figura 14</b>	- Máquina de moldagem e corte .....	75
<b>Figura 15</b>	- Telhas em estrado para secagem ao ar livre .....	75
<b>Figura 16</b>	- Tanque para banho de betume .....	76
<b>Figura 17</b>	- Telha Tubo .....	78
<b>Figura 18</b>	- Matéria-prima da Telha Tubo .....	79
<b>Figura 19</b>	- Distribuição em Aplicações de PEBD .....	81
<b>Figura 20a</b>	- Embalagem de creme dental em triturador .....	82
<b>Figura 20b</b>	- Embalagem de creme dental em triturador .....	82
<b>Figura 21a</b>	- Polietileno triturado - saída para bandeja .....	82
<b>Figura 21b</b>	- Polietileno triturado espalhado manualmente na bandeja .....	82
<b>Figura 22a</b>	- Prensa aquecida à 180°C .....	83

<b>Figura 22b</b>	- Prensa aquecida à 180°C .....	83
<b>Figura 23a</b>	- Forma de ondulação da telha .....	83
<b>Figura 23b</b>	- Forma de ondulação da telha .....	83
<b>Figura 24a</b>	- Máquina de corte .....	84
<b>Figura 24b</b>	- Máquina de corte .....	84
<b>Figura 25</b>	- Telha Taubilha na cobertura de quiosque .....	86
<b>Figura 26</b>	- Recipientes de CCA .....	90
<b>Figura 27</b>	- Telhado sendo preparado com manta de alumínio para receber telha Taubilha .....	91
<b>Figura 28</b>	- Medidor digital de densidade da madeira .....	92
<b>Figura 29</b>	- Plaina Mecânica .....	93
<b>Figura 30</b>	- Máquina de Corte da Telha .....	93
<b>Figura 31</b>	- Máquina de corte do desenho da telha .....	93
<b>Figura 32</b>	- Telhas taubilha empilhadas em paletes .....	94
<b>Figura 33</b>	- Cilindro autoclave para impregnação de CCA – Vistas frontal e lateral .....	95
<b>Figura 34</b>	- Funcionário recebendo a madeira impregnada de CCA na saída do cilindro autoclave .....	96

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b>	-	Cronologia de eventos mundiais em prol da preservação ambiental .....	29
<b>Quadro 02</b>	-	Estratégia de ecodesign .....	38
<b>Quadro 03</b>	-	Análise da tarefa .....	101
<b>Quadro 04</b>	-	Classificação das funções do material telha .....	104
<b>Quadro 05</b>	-	Carga mínima de ruptura à flexão por metro de largura da telha de fibrocimento sem amianto, de acordo com categoria e classe.....	106
<b>Quadro 06</b>	-	Classificação do material de acordo com o índice de propagação superficial de chama .....	110
<b>Quadro 07</b>	-	Requisitos ambientais baseado no ciclo de vida do material .....	113
<b>Quadro 08</b>	-	Parâmetros para telha ecológica referencial .....	125
<b>Quadro 09</b>	-	Características das telhas .....	128

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b>	- Produção Mundial de Amianto .....	52
<b>Tabela 02</b>	- Consumo mundial de amianto .....	52
<b>Tabela 03</b>	- Progressão da reciclagem do papel ondulado no Brasil .....	68
<b>Tabela 04</b>	- Reciclagem de Papel/Papelão no mundo .....	69
<b>Tabela 05</b>	- Preço do papel reciclado em algumas cidades brasileiras .....	70
<b>Tabela 06</b>	- Propriedades do PEBD .....	80
<b>Tabela 07</b>	- Propriedades da madeira Pinus Taeda na fase adulta e juvenil do lenho .....	87
<b>Tabela 08</b>	- Formulação dos diversos tipos de CCA .....	89
<b>Tabela 09</b>	- Tempo de fixação primária do CCA na madeira após aplicação .....	97
<b>Tabela 10</b>	- Carga de ruptura à flexão mínima admissível para telha de fibrocimento com amianto.....	106
<b>Tabela 11</b>	- Capacidade de atendimento da demanda de mercado das telhas .....	121

# SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1.	Problema e Hipótese .....	17
1.2.	Objetivos .....	18
1.2.1	Objetivo Geral .....	18
1.2.2	Objetivos Específicos .....	19
1.3.	Justificativa da Pesquisa .....	20
1.4.	Metodologia Empregada na Pesquisa .....	23
1.5	Limite da Pesquisa .....	25
<b>2.</b>	<b>A INDÚSTRIA E O MEIO AMBIENTE</b> .....	26
2.1.	Sustentabilidade .....	27
2.1.1	Sustentabilidade e a Indústria da Construção Civil .....	30
2.2.	Ecologia Industrial .....	32
2.3.	Ecoeficiência .....	34
2.4	Design do Produto .....	36
2.4.1	Design Sustentável .....	37
2.5	As Telhas como Elementos Construtivos .....	39
2.6	A Mineração e seus Efeitos no Meio Ambiente .....	43
<b>3.</b>	<b>TELHAS CONVENCIONAIS</b> .....	48
3.1	A Telha de Fibrocimento .....	48
3.1.1	Caracterização da Matéria-prima da Telha de Fibrocimento .....	49
3.1.1.1	O Cimento .....	49
3.1.1.2	O Calcário .....	49
3.1.1.3	A Celulose .....	50
3.1.1.4	O Amianto Crisotila .....	50
3.1.1.5	A Lama de Cal .....	54
3.1.2	O Processo Produtivo da Telha de Fibrocimento .....	54
3.1.3	Propriedades da Telha de Fibrocimento .....	58
3.2	A Telha Cerâmica .....	59
3.2.1	Caracterização da Matéria-prima da Telha Cerâmica .....	59
3.2.1.1	A Argila .....	60
3.2.2	Processo Produtivo da Telha Cerâmica .....	62
3.2.3	Propriedades da Telha Cerâmica .....	64
<b>4.</b>	<b>AS TELHAS ECOLÓGICAS</b> .....	66
4.1	Telha Ecológica Produzida com Papel Reciclado .....	67

4.1.1	Caracterização da Matéria-prima da Telha Produzida com Papel Reciclado....	68
4.1.1.1	O Resíduo de Papel .....	68
4.1.1.2	A Emulsão Asfáltica – Betume .....	71
4.1.2	O Processo Produtivo da Telha Produzida com Papel Reciclado .....	72
4.1.3	Propriedades da Telha Produzida com Papel Reciclado .....	77
4.2	A Telha Tubo .....	78
4.2.1	Caracterização da Matéria-prima da Telha Tubo.....	78
4.2.1.1	A embalagem de Creme Dental .....	79
4.2.2	O Processo Produtivo da Telha Tubo .....	81
4.2.3	Propriedades da Telha Tubo .....	84
4.3.	A Telha Taubilha .....	85
4.3.1	Caracterização da Matéria-prima da Telha Taubilha .....	87
4.3.1.1	A Madeira Pinus .....	87
4.3.1.2	O CCA – Arseniato de Cobre Cromatado .....	88
4.3.1.3	A Manta de Impermeabilização .....	90
4.3.2	Processo Produtivo da Telha Taubilha .....	91
4.3.3	Propriedades da Telha Taubilha .....	97
<b>5.</b>	<b>GERAÇÃO DO CONCEITO DA TELHA ECOLÓGICA REFERENCIAL .....</b>	<b>99</b>
5.1	Análise da Tarefa .....	100
5.2	Análise da Função .....	102
5.3	Seleção dos Conceitos da Telha Ecológica Referencial .....	104
5.3.1	Os Aspectos Técnicos .....	104
5.3.2	Os Aspectos Ambientais .....	112
5.3.3	Os Aspectos Econômicos .....	119
5.3.4	Os Aspectos Sociais .....	122
5.3.5	Convergências dos Conceitos .....	123
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>131</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>138</b>
	<b>APÊNDICE A – Tipos e Propriedades da Telha de Fibrocimento .....</b>	<b>144</b>
	<b>ANEXO A – Ensaios Laboratoriais da Telha de Papel .....</b>	<b>146</b>
	<b>ANEXO B – Ensaios Laboratoriais da Telha Tubo .....</b>	<b>150</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e, conseqüentemente, com o aumento constante do consumo de materiais, há uma preocupação mundial relativa ao uso dos recursos naturais, bem como com a destinação de resíduos provenientes do processo de produção, transporte e utilização desses materiais e, ainda, os provenientes do seu descarte, no final da sua vida útil. Os recursos naturais do ecossistema terrestre são finitos e a área do planeta também, o que leva a temer que haja escassez de alimentos e materiais, bem como de área destinada à disposição de resíduos. Urge a tomada de medidas preventivas para a eliminação ou minimização desse problema. Portanto, um novo produto que tenha como matéria-prima material reciclado e tenha desempenho satisfatório em serviço deve ser bem vindo à sociedade, a fim de que se possa manter o seu desenvolvimento sustentável.

A Comissão de Brundtland, em 1987, definiu desenvolvimento sustentável como aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de satisfação das necessidades das futuras gerações. Para que se consiga direcionar e manter um desenvolvimento sustentável do planeta, mister se faz a busca de soluções ecoeficientes. A ecoeficiência consiste em produzir mais, utilizando menos recursos naturais, a partir de processos produtivos economicamente mais eficientes (FURTADO, 2001). Ela é alcançada por meio da produção materiais e componentes que satisfaçam as necessidades humanas e que

contribuam para a melhoria da qualidade de vida, sem impactar o meio ambiente (FLORIM e QUELHAS, 2004).

## **1.1. Problema e Hipótese**

Atualmente há uma preocupação crescente com as questões ambientais, principalmente com o despertar da população mundial após a publicação do Relatório da Comissão Mundial de Ambiente e Desenvolvimento (1987) e da Agenda 21, elaborada pelo Ministério do meio Ambiente (1992), fruto da conferência ECO-92, ocorrida no Rio de Janeiro. A demanda por produtos que satisfaçam as necessidades de consumo e não afetem o planeta, resultado de uma consciência de preservação do meio ambiente, leva as empresas, dentro do mercado competitivo, a auto chancelar sua mercadoria como “produto ecológico” ou “produto verde”, baseando-se em critérios estabelecidos por elas próprias.

O marketing de diferenciação de produtos enfatiza uma característica benéfica existente nele, para que seja percebida pelos consumidores e os motive a optar pelo consumo do mesmo (GONZAGA, 2005). Com a demanda por produtos mais ecológicos, surge uma nova faceta do marketing de diferenciação: o ecomarketing. Este enfatiza como diferencial competitivo, os benefícios ambientais proporcionados pelo produto. Hoje o ecomarketing é uma ferramenta comercial muito usada no mercado que traz consigo a denominação de “produto verde” ou “produto ecológico”. Entretanto, essas denominações não são dadas por um organismo certificador credenciado para tal fim e sim pelas próprias empresas.

Analisando esse cenário, emergem algumas questões:

- Como comprovar a veracidade dos benefícios ambientais nos produtos ecológicos, tão difundidos pelos seus fabricantes, antes do uso?
- Quais os critérios adotados pelos fabricantes para certificarem seus produtos com a chancela verde ou ecológica?

- Como identificar se um produto é mais “ecológico” que outro produto com a mesma denominação ou que um produto convencional?

Na verdade, a busca tem que ser por produtos sustentáveis, ou seja, produtos que não causem impactos ao meio ambiente nas diversas fases no seu ciclo de vida, mas que também sejam viáveis técnica, social e economicamente. Dentre muitos produtos denominados ecológicos encontram-se telhas que utilizem estratégias de eco-marketing para impulsionar sua difusão e aplicação. Deste modo, o problema pode ser sintetizado na seguinte questão:

- Diante da demanda por produtos sustentáveis, as telhas “ecológicas” existentes no mercado brasileiro estão atendendo aos requisitos de sustentabilidade ou estão apenas utilizando-se da estratégia de eco marketing, a fim de obterem vantagens competitivas, sem maiores preocupações com a ecoeficiência e a sustentabilidade aplicadas à construção civil?

Parte-se da hipótese de que aplicando uma metodologia de design de produto para telhas, a partir da análise das telhas “ecológicas” existentes no mercado brasileiro, é possível chegar a um conceito mais preciso de telhas ecológicas e sustentáveis.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

A presente pesquisa tem como objetivo geral a elaboração de critérios para avaliação de telhas como material de construção sustentável, através de uma análise crítica e comparativa de três telhas denominadas ecológicas, comercializadas no Brasil e produzidas a partir de diferentes materiais reciclados e/ou renováveis e de diferentes processos produtivos, focando os aspectos ambientais, técnicos, econômicos e sociais.

## 1.2.2 - Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são os descritos a seguir:

- Contextualizar as telhas como elementos construtivos sob o ponto de vista histórico da construção civil e dos conceitos de ecologia, sustentabilidade, ecologia industrial, ecoeficiência produtiva e design sustentável.
- Levantar os processos produtivos, as características técnicas e o comportamento no mercado dos seguintes produtos:
  - a. três telhas ecológicas: a telha produzida com resíduo de papel; a produzida com resíduo de embalagem de creme dental, denominada de telha-tubo; e a telha de madeira, denominada Taubilha, produzida com madeira Pinus reflorestada.
  - b. de duas telhas convencionais já consolidadas no mercado como material de construção: a telha cerâmica e a telha de fibrocimento
- Estabelecer um conceito referencial de telha ecológica, utilizando um método de projeto do produto baseado em técnicas de design de novos produtos e da análise de normas técnicas nacionais e internacionais, aspectos ambientais, técnicos, econômicos e sociais, que sirva de parâmetro para análise das três telhas selecionadas.

### 1.3. Justificativa da Pesquisa

A construção do ambiente urbano tem sido, em geral, executada com padrões de produção baseados em elevado consumo de recursos minerais, alto consumo de energia e geração de grande volume de resíduo. De acordo com Sjöström (1996) apud John (2007), a indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de matérias-primas naturais, sendo este consumo estimado entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade, não podendo ser subestimado esse impacto na demanda ambiental. Logo, a engenharia de materiais demanda estudos em busca de produtos que:

- Reduzam o uso de recursos não renováveis;
- Reduzam o consumo de energia, tanto no seu processo produtivo, como na sua vida útil;
- Minimizem a geração de resíduos, permitindo a reutilização ou reciclagem dos possíveis resíduos gerados no processo de produção e no seu descarte, ao final do seu ciclo de vida;
- Tenham uma vida útil prolongada, de modo a conter o consumo;
- Não agridam o meio ambiente e a saúde humana durante o processo de produção e uso.

Considerando que o produto ainda tem que atender requisitos técnicos para uso, requisitos estéticos e ser viável financeiramente, a combinação de todas essas premissas redonda em uma busca não muito fácil, porém possível. Segundo Silva (2002), a indústria da construção civil, pela sua ampla distribuição geográfica e pelo volume de materiais consumidos, apresenta-se como uma boa alternativa para absorção dos resíduos agro-industriais, gerados em outros setores produtivos.

Na análise das soluções para as coberturas das edificações, percebe-se que o setor da construção civil faz largo uso da telha de fibrocimento, principalmente nas construções de

baixo custo, cuja composição integra fibra de amianto (asbesto), muito prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente e da telha cerâmica, produzida a partir da queima da argila. O amianto é um material comprovadamente cancerígeno e há uma tendência mundial para o banimento total do uso desse produto. O Brasil é o terceiro produtor mundial de amianto, ficando atrás apenas da Rússia e China (CRISOTILA BRASIL, 2009). No mundo, quarenta e oito países já baniram totalmente o uso do amianto, inclusive todos os países da União Européia e, no Brasil, legislações foram aprovadas, em alguns estados, restringindo o uso desse mineral. Este movimento, segundo Wunsch Filho (2001), tende para uma legislação federal que impeça definitivamente o uso comercial do amianto no país.

A Suécia e Holanda têm investido bastante em pesquisas utilizando compósitos reforçados com matéria-prima vegetal, buscando um material de baixo consumo de energia e amigável ao ambiente. O Brasil, por possuir grande reserva de recursos naturais, deve se adiantar em busca do domínio da tecnologia de produtos reforçados com fibras vegetais, visto que isto parece ser a tendência natural e mais adequada para substituição do amianto (Rodrigues, 1999 apud ANJOS, GHAVAMI e BARBOSA, 2003).

A justificativa desse trabalho vem de uma observação da nossa atual conjuntura ambiental, econômica e social e da necessidade de materiais ecoeficientes e, ao mesmo tempo, viáveis técnica e economicamente. Segundo John (2007), o setor da construção civil é o maior consumidor de produtos naturais e alguns desses recursos têm reservas mapeadas escassas o que leva a uma alta de preço no mercado, dificultando o uso. Esse setor, maior gerador de resíduo, também gera poluição do ar durante a extração das matérias-primas da natureza. Em contrapartida, a FIESP (2008) afirma que, no Brasil, o setor da construção civil é a “mola propulsora do desenvolvimento sustentável”, sendo o início de uma cadeia produtiva com poder multiplicador, pois leva ao consumo de outros bens em um âmbito secundário, sendo, ainda, responsável por 18% do Produto Interno Bruto (PIB) e pela geração

de aproximadamente 15 milhões de empregos. Não resta dúvida que se deve ter um olhar cuidadoso sobre esse setor e sua relação com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Já se observa, no cenário brasileiro, uma busca por produtos ambientalmente adequados dentro da indústria da construção civil. Há iniciativas na área de reciclagem de resíduos provenientes da própria indústria da construção civil ou de outras indústrias. As telhas denominadas ecológicas são exemplos dessas iniciativas. São comercializadas, no Brasil, algumas telhas produzidas a partir da reciclagem de resíduos ou usando material renovável, com a bandeira de “telha ecológica”. Sua matéria-prima não é extraída da natureza ou, se extraída, é de fonte renovável, como é o caso das madeiras retiradas de florestas plantadas, nas quais é permitido, pela Lei 4.771/65 - Código Florestal Brasileiro, o corte de madeira, por entender que não há prejuízo para o meio ambiente.

Alguns fabricantes tentam substituir a telha de fibrocimento por outro material menos prejudicial ao meio ambiente, como exemplo destas telhas têm-se: a telha fibra de celulose produzida a partir do resíduo de papel; a telha tetrapak, produzida a partir de resíduo de embalagem de leite longa vida; e a telha-tubo, produzida a partir de resíduo de embalagem de creme dental. Outras soluções tentam substituir a telha cerâmica, como é o caso da telha de madeira Taubilha, fabricada com madeira Pinus proveniente de florestas plantadas.

Apesar destas iniciativas, não há, no Brasil, normas ou parâmetros que indiquem que essas telhas são sustentáveis como material de construção, atendendo as demandas técnicas, ambientais, sociais e econômicas. Esse trabalho propõe estabelecer critérios de sustentabilidade para telhas de cobertura de edificações, a partir do estudo e análise de três telhas denominadas ecológicas e duas telhas convencionais, consolidadas no mercado. Espera-se que esses critérios sirvam como subsídio para novas propostas de produção de telhas para construção civil e como suporte para a escolha destes produtos pelo consumidor.

## 1.4. Metodologia Empregada na Pesquisa

A presente pesquisa é de natureza aplicada, ou seja, objetiva gerar novos conhecimentos para serem aplicados para solucionar problemas específicos (SILVA e MENEZES, 2000). Usando, ainda a classificação das mesmas autoras, essa pesquisa tem caráter descritivo e qualitativo, pois visa a descrição da atual conjuntura, analisando-a, para chegar ao mais próximo possível do que seria o ideal, sem quantificar os dados coletados, mas sim, interpretando-os.

Para realizar os objetivos desta pesquisa são definidas as etapas metodológicas relacionadas a seguir:

- 1º. Para descrever o contexto das telhas ecológicas pesquisadas foi realizada uma revisão bibliográfica, consultando bibliografias nacionais e internacionais, gerando um breve histórico sobre a utilização de telhas e a atual industrialização deste produto no Brasil.
- 2º. Para caracterizar as telhas objeto de pesquisa e os seus processos produtivos foram consideradas duas etapas:
  - a. Na primeira foram realizadas visitas às fabricas das respectivas telhas, procurando levantar “in loco” as etapas dos processos produtivos de cada telha. Para isto, foi realizada uma documentação fotográfica, juntamente com anotações das observações feitas;
  - b. Na segunda etapa foram realizadas entrevistas desestruturadas com pessoas chaves das empresas, como técnica complementar de levantamento de dados. Ainda como material para levantamento dos dados, foram investigados documentos fornecidos pelas empresas como: laudos de ensaios laboratoriais, prospectos técnicos e propagandas, referentes às telhas. Esses últimos documentos, ainda que não tenham

valor científico, foram levantados a título de ilustração, a fim de investigar como as empresas refletem seus produtos no mercado.

c. Ainda na segunda etapa, foram realizadas análises dos requisitos de normas técnicas nacionais e internacionais pertinentes ao assunto, a fim de parametrizar os requisitos para as telhas presentes no mercado.

3°. Para chegar a um conceito referencial de telha ecológica, foi utilizado um método de projeto de produto baseado na metodologia do design de Baxter (1995). Dentro deste método, foram consideradas as técnicas apresentadas por este autor para projetos de novos produtos:

a. Geração dos conceitos de telha ecológica através de dois métodos:

- Análise da tarefa que consiste em uma técnica descritiva, para explorar as interações entre o produto e o consumidor, através de observações e análises.
- Análise das funções, que consiste no levantamento das funções principal e secundárias a que o produto se propõe e como elas funcionam.
- Análise teórica do ciclo de vida do produto, que consiste em uma avaliação de todas as etapas da vida do produto, desde a extração da sua matéria-prima até o seu descarte, no final da sua vida útil, ponderando todos os impactos ambientais nas diversas fases. Essa análise será puramente teórica, visto que o tempo disponível para pesquisa não permite uma avaliação prática,

b. Seleção do conceito referencial, ou seja, uma vez gerados os conceitos do produto, será possível selecionar um conceito referencial, através do processo da convergência controlada, técnica pela qual um conjunto de

conceitos vai convergindo em um único, que, por sua vez, contempla os aspectos positivos dos diversos conceitos gerados.

## **1.5.Limitação da Pesquisa**

Essa pesquisa consiste na avaliação de três telhas ecológicas e duas telhas convencionais citadas ao longo desse trabalho, de modo a produzir diretrizes para um design mais ecológico para esse tipo de produto. Vale salientar que existe no mercado outras telhas auto-denominadas ecológicas, produzidas com materiais recicláveis ou renováveis, bem como diversos tipos de telhas convencionais, fabricadas com diferentes matérias-primas, que não serão objeto de estudo no presente trabalho.

A análise das propriedades das telhas presente nesta pesquisa foi realizada de forma comparativa, através do levantamento da bibliografia existente, das normas técnicas e das investigações realizadas nas visitas as fábricas. Não foi realizado nenhum teste laboratorial acerca das propriedades técnicas destes materiais, adotando, para efeito dessa pesquisa, os laudos de ensaios apresentados pelos fabricantes.

Foi realizada uma análise teórica do ciclo de vida do material de construção telha, a fim de obter requisitos de sustentabilidade durante toda a vida do material, contudo essa avaliação consiste tão somente em considerações teóricas, por não haver tempo hábil para uma análise prática dentro do prazo estipulado para pesquisa pelo mestrado.

## **2. A INDÚSTRIA E O MEIO AMBIENTE**

O homem sempre viu o planeta como uma fonte de infinitos recursos naturais. Com a revolução industrial e a produção de materiais e produtos em série, houve um incremento na exploração dos recursos naturais de forma perdulária, objetivando atender a crescente demanda de consumo dos países desenvolvidos e, conseqüentemente, atingir um desenvolvimento econômico e social. Houve uma ampliação das possibilidades de atendimento das demandas humanas e uma aceleração no atendimento das mesmas, tornando o meio ambiente mais vulnerável, quer pela aplicação dos recursos naturais na transformação em bens de consumo, quer pela sua utilização como corpo receptor dos resíduos de industrialização e/ou do consumo. Tudo isso associado ao crescimento populacional, fez com que se acentuasse a percepção de escassez (FIESP, 2002), bem como do crescente conflito entre a expansão do modelo de crescimento econômico, com base na indústria, e o volume de efeitos desagregadores sobre os ecossistemas naturais (LIMA, 1997).

Após a segunda guerra mundial, no final da década de 40 do século XX, surgiram as primeiras conjecturas sobre a possível finitude dos recursos naturais e uma possível escassez dos mesmos em tempos futuros.

## 2.1 - Sustentabilidade

Com o lento despertar do homem para a questão ambiental e a lógica inferência de que findando os recursos que o sustenta redundaria no seu próprio fim, muitas discussões foram estabelecidas mundialmente acerca desse tema, por organizações governamentais e comunidades científicas. Alguns eventos em prol da preservação do meio ambiente começou a surgir em meados do século XX.

Em 1987, foi formada a World Commission on Environment and Development (Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento) da Organização das Nações Unidas – ONU, presidida por Gro Harlem Brundtlandt, primeira ministra da Noruega. Essa comissão trabalhou três anos para apresentar à sociedade mundial um relatório, abordando a escassez dos recursos naturais e o aumento da pobreza e miséria no mundo, com medidas a serem implementadas pelas nações em favor da minimização desses problemas: o Relatório de Brundtlandt – “Our Common Future” (Nosso Futuro Comum) - que também apresentou e conceituou para o mundo a expressão “desenvolvimento sustentável” como sendo a satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade de satisfação das necessidades das futuras gerações. O quadro 01 apresenta uma cronologia dos mais importantes eventos para discussões acerca do desenvolvimento mundial e conservação dos recursos naturais.

O meio ambiente é um conjunto de interações no qual o homem está inserido. É fato indiscutível que o homem precisa vitalmente do planeta e das riquezas que este lhes oferece para que haja um desenvolvimento sócio-econômico e isso continuará através das gerações vindouras, o que redundará na necessidade de preservação dos recursos naturais. Conseguir o necessário crescimento do bem-estar humano sem comprometer a capacidade de suporte do planeta, implica em conseguir melhorar a relação hoje existente entre produção de bens e serviços e o consumo de recursos naturais (KIPERSTOK, 2006). O Relatório de Brundtlandt

não procura deter o desenvolvimento econômico. Este é perfeitamente aceito, desde de que sejam respeitados os limites ambientais.

Na década de 70, surgiu o conceito de ecodesenvolvimento, caracterizando uma concepção alternativa de desenvolvimento, baseado, segundo Lima (1997), em alguns princípios elementares, tais como:

- Satisfação das necessidades básicas da população;
- Solidariedade para com as gerações futuras;
- Participação da população envolvida;
- Preservação dos recursos naturais;
- Elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito à outras culturas;
- Efetivação dos programas educativos.

No quadro 01 é apresentada uma cronologia dos eventos mundiais pela preservação do meio ambiente.

O que se busca é uma compatibilidade entre o binômio desenvolvimento sócio-econômico e preservação ambiental, de modo que esse desenvolvimento sempre seja possível, a qualquer tempo, sem o risco da falta de recurso para sua viabilidade. Para isso deve haver participação ativa de todas as partes envolvidas e para viabilizar esse envolvimento deve haver uma disseminação das informações, facilitando a tomada de decisões.

Segundo Jacobi (1999), o desafio proposto é construir uma sociedade sustentável com base no exercício de uma cidadania ativa e na mudança de valores individuais e coletivos. Esse processo deve ser facilitado por instituições sociais e sistemas de informação, através de práticas de educação ambiental, suprimento de dados, desenvolvimento e disseminação de indicadores. Desse modo, pode-se garantir os meios de criar novos estilos de vida e desenvolver uma consciência ética que questione o atual modelo de desenvolvimento.

**Quadro 01** - Cronologia de eventos mundiais em prol da preservação ambiental.

<b>CRONOLOGIA DE EVENTOS MUNDIAIS EM PROL DA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL</b>	
<b>DATA</b>	<b>EVENTO</b>
1949	Conferência Científica das Nações Unidas sobre Conservação e Utilização de Recursos
1968	Conferência Intergovernamental para o Uso Racional e Conservação da Biosfera ou simplesmente Conferência da Biosfera, organizada pela United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)
1971	Conferência de Founex, na Suíça – levanta a importância de integrar o meio-ambiente às estratégias de desenvolvimento
1972	Conferência Internacional para o Meio Ambiente Humano, promovida pelas Nações Unidas – ONU, em Estocolmo, Suécia. Marco histórico-político de iniciativas para um novo tratamento para os assuntos ambientais
1974	Publicação da “Declaração de Cocoyok”, resultado da reunião da United Nations Conference on Trade e Development (UNCTAD), no México
1975	Publicação do Relatório Que Faire - Relatório Final da Fundação Dag-Hammarskjold, abordando a problemática do abuso do poder dos países desenvolvidos, o excesso de interferência desses países nos destinos dos países do terceiro mundo e sua interligação com a degradação ecológica.
1980	A UICN publica a World Conservation Strategy (Estratégia de Conservação Mundial), onde consta uma seção intitulada “Em Direção ao desenvolvimento Sustentável”
1983	Formação da World Commission on Environment and Development (Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento) da Organização da Nações Unidas – ONU
1987	Publicação do Relatório de Brundtlandt – “Our Common Future” (Nosso Futuro Comum)
1992	Conferência da Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro – Brasil, conhecida como ECO-92, que apresentou como fruto a Agenda 21 Global, com ações para serem implementadas pelas nações em prol do desenvolvimento sustentável.

Fonte: Camargo (2002) – Adaptado

O desenvolvimento sustentável está alicerçado em três condicionantes, denominadas “triple botton line”, ou tripé de sustentabilidade, também conhecido como 3P –

Planet, People, e Profit, ( palavras da língua inglesa que significam, na língua portuguesa, planeta, pessoas e lucro, respectivamente. Esse tripé abrange campos, social, econômico e ambiental que, trabalhando de forma holística, conduzem ao tão almejado desenvolvimento sustentável. No âmbito ambiental se busca um equilíbrio entre proteção do meio ambiente e o uso dos seus recursos procurando não comprometer a qualidade de vida da sociedade. No âmbito social busca-se o desenvolvimento de sociedades justas onde haja oportunidades de desenvolvimento social e qualidade de vida. Já no âmbito econômica busca-se a facilidade de circulação de recursos, proporcionando acesso a toda a sociedade (MARQUES; SALGADO, 2007).

### **2.1.1. Sustentabilidade e a Indústria da Construção Civil**

O setor construção civil é um dos maiores responsáveis pelos impactos ao meio ambiente, quer pelo alto índice de extração de matérias-primas da natureza, quer pela enorme geração de resíduo que são devolvidos ao planeta, muitos deles contaminados, além do alto consumo de energia. O índice de desperdício de materiais também é muito grande dentro deste setor.

Segundo Schenini, Bagnatti, Cardoso (2004), não havia, na indústria da construção civil, preocupação com os impactos ambientais causados pelo esgotamento dos recursos naturais não renováveis, devido ao desperdício de materiais ao longo de sua cadeia produtiva, e com destino dado aos rejeitos produzidos nestas atividades até a Conferência Rio-92. A Schenini, Bagnatti, Cardoso (2004) acrescentam:

No Brasil, em particular, a falta de uma consciência ecológica na indústria da construção civil resultou em estragos ambientais irreparáveis, agravados pelo maciço processo de migração havido na segunda metade do século passado, quando a relação existente de pessoas no campo e nas cidades, de 75 (setenta e cinco) para 25% (vinte e cinco por cento), foi invertida, ocasionando uma enorme demanda por novas habitações.

Hoje, no entanto, já se fala em construção sustentável. Segundo Araújo (2008), a construção sustentável consiste no desenvolvimento de um modelo que identifique e solucione os problemas ambientais causados pela indústria da construção civil, sem renunciar à moderna tecnologia e à edificações que atendam às necessidades de seus usuários. Segundo esse autor, deve-se procurar atingir a auto-sustentabilidade do empreendimento que consiste na capacidade de manter-se, atendendo às suas próprias necessidades, gerando e reciclando seus próprios resíduos, tudo isso no seu local de implantação.

Surge, assim, o conceito de ecotécnicas, que consiste no uso de técnicas na execução dos empreendimentos, de modo a atender as necessidades da sociedade, com o mínimo de custos financeiros e ambientais. O uso de materiais mais ecológicos é uma vertente da ecotécnica.

Existem organismos certificadores de empreendimentos sustentáveis, tais como: BREEAM da Inglaterra, LEED, dos Estados Unidos, Green Star da Austrália e HQE, da França (ARAÚJO, 2008). Suas principais diretrizes para edificações sustentáveis podem ser resumidas em nove etapas:

1. Planejamento sustentável da obra
2. Aproveitamento passivo dos recursos naturais
3. Eficiência energética
4. Gestão e economia da água
5. Gestão dos resíduos na edificação
6. Qualidade do ar e do ambiente interior
7. Conforto termo-acústico
8. Uso racional de materiais
9. Uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis

Dentro das diretrizes de construção sustentável definidos por estes organismos está o uso de materiais mais ecológicos. Esses materiais devem atender a alguns requisitos:

- não devem demandar matéria-prima não renovável;
- não devem gerar resíduos sólidos, efluentes líquidos e/ou emissões atmosféricas durante sua fabricação;
- não devem consumir muita energia durante a sua produção e/ou instalação;
- devem ser duráveis;
- devem ser recicláveis ou inertes no final do seu ciclo de vida.

Esses parâmetros indicam uma situação ideal. Na realidade, deve-se chegar próximo o quanto possível a estes requisitos. Segundo Araújo (2008), a construção sustentável não apenas atende aos requisitos acima descritos, mas sustenta aqueles que nelas habitam e suas futuras gerações. Para o atendimento desses requisitos, surge o conceito de ecologia industrial, definido no item que se segue.

## **2.2 – Ecologia Industrial**

À medida que as sociedades se desenvolvem, maior é a necessidade de novos produtos, com novos e melhores recursos, para a satisfação de suas necessidades. Isso leva a uma busca de melhoria tecnológica e do desenvolvimento de novos designs para produtos.

Segundo a Araújo et al. (2003), até os meados dos anos 50 do século XX, a indústria não estava preocupada com os problemas ambientais dentro do processo produtivo. Havia uma análise das conseqüências da poluição ambiental depois que todo o processo industrial já estava concluído, ou seja, os problemas ambientais estavam totalmente dissociados do processo industrial. É o que se chama hoje de tratamento de fim de tubo (end of pipe).

Hoje, entretanto, já se percebe uma preocupação com impactos ambientais em todas as fases do processo produtivo de um produto. Indo mais além, a preocupação com os impactos ambientais está presente em todas as fases do ciclo de vida de um produto, desde a extração da matéria-prima da natureza para sua produção, passando por todas as fases do processo produtivo, o seu transporte até o consumidor final, o uso e o seu descarte. A ecologia industrial surge como um conjunto de análises e medidas que procura associar o processo produtivo em todas as suas fases com os possíveis impactos ambientais por ele causados, buscando sua redução. Esse sistema objetiva conservar o desenvolvimento econômico-social e tecnológico, preservando o meio ambiente, através de uma nova concepção dentro do processo produtivo.

Para Garner e Keoleian (1995), ecologia industrial é uma estrutura que serve para identificar e implementar estratégias, com o objetivo de reduzir impactos ambientais de produtos e processos associados com o sistema industrial, e, conseqüentemente, chegar a um desenvolvimento sustentável, através do estudo das interações e inter-relações físicas, químicas e biológicas dentro e entre os sistemas industriais e ecológicos. A ecologia industrial visa aperfeiçoar os seus processos produtivos, adequando-se ao meio ambiente, através da priorização de utilização de recursos renováveis como matéria-prima, baixa utilização de energia e redução de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas.

Para Teixeira e César (2005), a ecologia industrial se consubstancia na menor interferência possível no meio ambiente, retirando o mínimo de recursos naturais e devolvendo o mínimo ou nenhum resíduo, após o processo de produção. A meta é um ciclo fechado de produção, buscando aperfeiçoar o uso dos recursos naturais e energéticos dentro do ciclo do processo produtivo e de consumo. Para isso, a ecologia industrial usa o conceito de ecoeficiência dos materiais e ferramentas como o ecodesign e análise do ciclo de vida.

## 2.3 – Ecoeficiência

De acordo com CEBDS (2008), a ecoeficiência é alcançada através do fornecimento de bens e/ou serviços para atender as necessidades humanas, promovendo a qualidade de vida, integrando preços competitivos com redução progressiva do impacto ambiental e do consumo de recursos ao longo do ciclo de vida desse material, a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra.

O CEBDS (2008) define como elementos da ecoeficiência:

- Reduzir o consumo de materiais com bens e serviços.
- Reduzir o consumo de energia com bens e serviços.
- Reduzir a dispersão de substâncias tóxicas.
- Intensificar a reciclagem de materiais.
- Maximizar o uso sustentável de recursos renováveis.
- Prolongar a durabilidade dos produtos.
- Agregar valor aos bens e serviços

De acordo Furtado (2001), para alcançar a ecoeficiência, é preciso atender a, pelo menos, seis grandes requisitos:

- Possuir princípios de responsabilidade ambiental e social;
- Possuir estratégias e instrumentos de design para o ambiente (ecodesign ou uso de fatores ambientais para a concepção e construção de produtos);
- Criar eco-indicadores;
- Usar tecnologias de gestão ambiental;
- Contabilizar a eco-eficiência;
- Definir e implementar política ambiental com metas quali-quantitativas e respectivos marcos de referência (benchmarking).

A busca por materiais ecoeficientes é um desafio para a ciência dos materiais. De acordo com Callister (2002), o uso de materiais reciclados reduz a necessidade de extrair matérias-primas da terra, capaz de conservar os recursos naturais e de eliminar os impactos ecológicos relacionados com a fase de extração. Ele afirma ainda que a energia para refino de materiais reciclados é, geralmente, menor que o montante gasto pelos seus equivalentes naturais.

Para Callister (op.cit. 2002), deve haver um estudo da ACV – Análise do Ciclo de Vida, analisando todas as entradas e saídas nos diversos processos ao longo da vida do material. As entradas são as matérias-primas e energia e as saídas são os materiais utilizáveis, resíduos sólidos, emissões atmosféricas, efluentes líquidos e outros possíveis impactos causados no meio-ambiente. Partindo dessa análise, o produto ecoeficiente é aquele que atenda aos seguintes requisitos:

- Seja concebido com matéria-prima cuja extração não cause impactos ao meio-ambiente ou com matéria-prima reciclada;
- Demande baixo consumo de energia nas diversas fases do seu ciclo de vida;
- Tenha nenhuma ou baixa produção de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas nos processos das diversas fases do seu ciclo de vida;
- Seja um produto durável;
- No final do seu ciclo de vida, seja um produto totalmente reciclável ou totalmente biodegradável, isto é, tenha a propriedade de, em tempo do seu descarte, através de interações com o meio-ambiente, se deteriorar e voltar ao mesmo estado em que ele existia na natureza antes do seu processamento inicial.
- Não cause impactos à saúde humana no decorrer das diversas etapas do seu ciclo de vida.

Para conceber produtos com tais requisitos, lança-se mão do ecodesign que emprega técnicas de desenvolvimento do produto, considerando características de ecoeficiência e sustentabilidade.

## 2.4 – Design do Produto

Design de um produto, segundo Gomes F<sup>o</sup> (2006), pode ser definido como a concepção, planejamento e fabricação de um produto, em conformidade com as funções que ele tem que atender, ao longo da sua vida útil.

De acordo com Margolin e Margolin (2002), desde a revolução industrial, o design está voltado para o mercado. Esse tipo de design preconiza a criação de produtos para a venda. A partir de 1972, quando Victor Papanek publicou um livro intitulado “Design for the Real World” (Design para o Mundo Real), foi introduzido o conceito de design para as necessidades social. Esse novo paradigma busca uma concepção de produto para atender as necessidades humanas e não se opõe ao design para o mercado e sim o completa. Trata-se de avaliar as prioridades: aliar o atendimento das necessidades sociais com a aceitação do produto no mercado. E dentre essas necessidades, está o requisito de preservação ambiental, como demanda da sociedade.

Baxter (1995) propõe uma técnica design de produto para atender ao mercado e as necessidades humanas. Na primeira etapa, ele busca conceituar o produto, gerando vários conceitos, através de três análises:

Analisando como o produto interage com o seu usuário;

Analisando as funções a que o produto se propõe, construindo uma “árvore funcional”, técnica analítica que consiste na construção de um diagrama, partindo das funções principal e secundárias do produto e como elas funcionam

Analisando o ciclo de vida do produto, sendo esta mais longa, já que encerra uma técnica analítica mais abrangente, com o fim de avaliar os custos ambientais de cada etapa da fabricação do produto, desde a extração da matéria-prima do meio-ambiente, passando pelas etapas de fabricação, uso do produto pelo consumidor, até o seu descarte, no final da sua vida útil.

Na segunda etapa, há a seleção do conceito final do produto, onde todos os conceitos gerados convergem para um único. A metodologia proposta por Baxter (1995), por sua abrangência, possibilita não só o atendimento das necessidades de mercado, mas também ao atendimento dos requisitos de sustentabilidade.

## **2.4.1 – Design Sustentável**

O design sustentável ou ecodesign é uma vertente do design de produto que procura atender aos requisitos de preservação ambiental, nas diversas fases do ciclo de vida do produto.

Para Kazazian (2005), o ecodesign, também chamado de ecoconcepção ou design for Environment – DfE, visa a redução dos impactos ambientais de um produto e ao mesmo tempo preservar sua qualidade de uso, traduzida pela funcionalidade e desempenho e a própria qualidade do produto. Assim pode melhorar a qualidade de vida dos usuários de hoje e do futuro. O meio ambiente torna-se requisito tão importante quanto a exequibilidade técnica, o controle de custos e a demanda de mercado.

Uma ferramenta utilizada pelo ecodesign é a análise do ciclo de vida. Segundo Baxter (1985), ela é essencial para quem projeta para o meio ambiente. Esta ferramenta possibilita analisar a vida do material, desde o seu nascimento, quando da extração da sua matéria-prima da natureza, passando pelo processamento, manufatura, distribuição e transporte, instalação e uso, até o final da sua vida útil, ao tempo do seu descarte. Em cada

uma dessas fases são avaliados os impactos ambientais causados e o que pode ser feito para minimizá-los ou mesmo elimina-los. Entretanto, paralelo a esta análise há de se conciliar as funções do produto objeto do projeto, a qualidade e a viabilidade econômica.

Furtado (2001), estabelece estratégias de ecodesign, de modo a seguir um roteiro, possibilitando contemplar todos os requisitos, a fim de obter um produto ecoeficiente, que estão relacionadas no Quadro 02.

**Quadro 02 - Estratégia de Ecodesign**

<b>ESTRATEGIA DE ECODESIGN</b>	
Extração e processamento de materiais	Conservação de recursos
	Utilização de materiais de baixo impacto
	Conservação de energia
	Minimização de resíduos através redução na fonte, segregação, prevenção da contaminação, recuperação e reuso de resíduos, incineração
	Conservação de energia, através de redução de energia na produção, na distribuição e no uso e através de utilização de formas renováveis de energia
	Conservação de material através da opção por produtos multifuncionais, especificação de materiais recicláveis, renováveis e remanufaturáveis, com maior longevidade, para recuperação de embalagens, reutilização de containers e desenvolvimento de programas de leasing.
	Redução de riscos crônicos: redução de liberações, evitar substâncias tóxicas/perigosas, evitar substâncias destruidoras da camada de ozônio, uso de tecnologia baseada em água, garantir biodegradabilidade de produtos e o descarte de resíduos
Extração e processamento de materiais	Prevenção de acidentes: evitar materiais cáusticos e ou inflamável, minimizar o potencial de vazamentos, usar fechos para proteção de crianças, desencorajar o mau uso pelo consumidor.
Manufatura, embalagem e distribuição	Produção mais limpa
	Embalagem de baixo impacto
	Distribuição eficiente

**Quadro 02 - Estratégia de Ecodesign (Continuação)**

Uso do Produto	Eficiência energética
	Conservação de água
	Consumo mínimo
	Uso de baixo impacto
	Serviços e consertos
	Durabilidade
Final da vida útil	Recuperação e reuso de materiais e componentes
	Remanufatura
	Reciclagem
	Destinação
	Desmontagem: simplificação, facilidade de acesso e simplificação das interfaces dos componentes
Redução de riscos	Prevenção e redução da poluição
	Redução do uso de substâncias tóxicas
	Redução da exposição a riscos crônicos
	Conversão de resíduos perigosos
Prevenção de acidentes	Saúde e higiene ocupacional
	Gestão de riscos no transporte
	Segurança de produtos para o consumidor
	Redução de materiais perigosos
Proteção ambiental	Proteção de habitats ecológicos
	Proteção da biodiversidade
	Proteção do clima global
	Proteção da qualidade do ar, água e solo
	Proteção da camada de ozônio
Proteção ambiental	Conservação dos solos e florestas
	Conservação de energia
	Conservação de água
	Conservação de materiais

Fonte: Furtado (2001)

## 2.5 – As telhas como elementos construtivos

A telha é um componente usado desde os primórdios da humanidade e tem como função vedar horizontalmente uma edificação. Nos tempos mais remotos, eram usadas as

telhas feitas de pedra - a ardósia. Mais tarde, outros materiais começaram a ser introduzidos na construção civil e alguns são usados até os dias atuais, a exemplo da telha cerâmica e da telha com fibra de cimento-amianto.

Com o desenvolvimento da engenharia dos materiais, surgiram diversos designs de telhas, com diferentes matérias-primas em sua composição, ao longo dos anos, oferecendo ao consumidor diversidade, com opções para utilização em vários tipos de edificações e em diversas regiões do planeta, com diferentes climas. Podemos observar no mercado mundial a comercialização de telhas de concreto, de cimento, de alumínio, de policarbonato e de PVC. Essas telhas, entretanto, consomem grande quantidade de recursos naturais, além das demandas para sua fabricação.

A Associação Brasileira de Normas Técnica elenca uma série de normas estabelecendo requisitos técnicos a serem atendidos pelas telhas convencionais, incluindo padronização de métodos para ensaios. Normas internacionais como ASTM - American Society for Testing and Materials, também têm estabelecido requisitos para estas telhas. Vale enfatizar, entretanto, que essas normas se preocupam com parâmetros técnicos, sem atentar para os quesitos de sustentabilidade referentes às telhas.

As telhas, chamadas de ecológicas, surgiram mais recentemente como alternativas as telhas convencionais, cujas matérias-primas, em geral, provem de extração mineral, tão prejudicial ao meio ambiente. Elas usam em sua formulação material reciclado ou proveniente de manejo florestal, no caso de madeira. Por ser um produto novo no mercado, pouca literatura há acerca destes materiais, o que reforça a justificativa dessa pesquisa como uma forma de trazer mais informações sobre esse tipo de telha.

Dentre as telhas convencionais, duas são largamente utilizadas no âmbito da construção civil: a telha cerâmica e a telha de fibro-cimento. A primeira é uma telha já

consolidada no mercado e tem como principal matéria-prima a argila. A palavra "Cerâmica" é derivada do grego *keramiké*, *keramos*, que significa argila.

A origem da telha cerâmica data de tempos muito remotos. Segundo Grimmer e Willians (2009), essas telhas surgiram em duas partes do mundo: primeiro na China, durante a era neolítica, cerca de 10.000 anos AC. e, pouco tempo depois, no Oriente médio. A partir dessas regiões, o seu uso foi expandido para Europa e para a Ásia. A telha cerâmica foi largamente usadas pelo antigos egípcios, babilônios, gregos e romanos.

No Brasil a telha cerâmica tem sido usada desde o descobrimento, com a colonização portuguesa. Inicialmente as peças de telhas eram moldadas nas pernas dos escravos que as fabricavam. Hoje já existem muitas olarias e até processos de certificação e padronização para as telhas cerâmicas.

Já as telhas de fibrocimento surgiram por volta de 1895 em substituição aos telhados de ardósia natural utilizados na época, quando o austríaco Ludwig Hatschek descobriu a pasta de cimento amianto, uma mistura de cimento, calcário, amianto e água. As novas telhas eram apresentadas em pequenas placas com espessura reduzida e diversas formas (ETERNIT, 2009). Esse material se desenvolveu rapidamente devido as suas boas propriedades: baixa massa específica, alta resistência à tração, elevada resistência a agentes agressivos e bom isolante térmico. (PETRUCCI, 1979). Depois de desenvolvê-lo em escala industrial, Ludwig Hatschek patenteou o novo material com o nome de Eternit, do latim *aeternitas* que significa eterno, fazendo uma alusão à alta durabilidade do produto (ETERNIT, 2009).

A Eternit foi amplamente difundida na Europa e em 1940 começou a se expandir pelo mundo. No Brasil, foi criada a mineradora Sama em 1939, para explorar as grandes reservas de amianto existentes. A partir daí começaram a surgir as fabricas de telhas Eternit no país: em 1940, foi fundada a primeira fábrica brasileira, em Osasco, São Paulo,

denominada Eternit do Brasil Cimento Amianto S.A. em parceria com a Eternit Suíça e Belga; em 1967 foi fundada a Eternit da Bahia, em Simões Filho; em 1971, foi fundada a fábrica de Goiânia – Goiás e em 1972, foi fundada a fábrica de Colombo, no Paraná. Todas essas plantas de fábrica continuam ativas até hoje (ETERNIT, 2009).

Tanto a telha cerâmica como a telha de fibro-cimento tem matéria-prima mineral farta no Brasil, com disponibilidade de grandes jazidas. Entretanto, essas jazidas são finitas e podem se esgotar, como aconteceu com a primeira mina brasileira de amianto, a de São Felix, localizada em Porções, na Bahia. Ela começou a ser explorada em 1939, quando a SAMA Mineração de Amianto S.A. veio para o Brasil e teve suas reservas esgotadas em 1967.

Hoje, o amianto brasileiro vem da mina de Cana Brava em Minaçu, no estado de Goiás, a maior da América do Sul. De acordo com a SAMA (2009), a mina de Cana Brava tem reserva de amianto para atender a produção por mais sessenta anos. A Figura 01 mostra a evolução da exploração da mina de Cana Brava desde a sua descoberta em 1963.



**Figura 01**- Evolução da exploração da Mina de Cana Brava, no Brasil  
Fonte: CRISOTILA BRASIL, 2009

Além do esgotamento dos recursos minerais, a extração deste tipo de matéria-prima traz outros prejuízos para o meio-ambiente, como alteração da flora e fauna local e

decréscimo da qualidade de vida das comunidades de entorno, no que concerne à qualidade do ambiente, devido aos efeitos da mineração nas jazidas.

## **2.6 – A Mineração e seus efeitos ao meio ambiente**

A mineração é a atividade de extração da terra de minerais que possuem valor econômico e os minerais são os exemplos mais claros de recursos naturais não renováveis, ou seja, uma vez retirados do solo, não surgem no mesmo lugar; são finitos (NUNES, 2007). A argila, matéria-prima da telha cerâmica, e o calcário e a fibra de amianto, matérias-primas da telha de fibro-cimento, são minerais retirados de jazidas brasileiras.

O Código de Mineração Brasileiro, no seu artigo 4º define jazida como “toda massa individualizada de substância mineral ou fóssil, aflorando à superfície ou existente no interior da terra, e que tenha valor econômico”.

Para extrair esses minérios do planeta, existe uma seqüência de procedimentos operacionais, com poucas variáveis para diferentes tipos de materiais. Em geral, essa extração se dá a céu aberto e, segundo Sampaio e Almeida (2005), compõem-se de quatro etapas básicas:

- Decapeamento da área;
- Perfuração da pedreira;
- Desmonte da rocha;
- Transporte até a usina de beneficiamento.

No decapeamento, todos os estéreis (vegetação, solo arável) são retirados da camada superficial da área, limpado-a até alcançar a face do minério, expondo-o à lavra. O Código de Mineração Brasileiro, no seu artigo 36 define lavra como “o conjunto de operações coordenadas, objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas.”

Segue a perfuração da rocha com equipamentos próprios para este fim e o desmonte da mesma, através de explosivos. No Brasil, a extração da argila dispensa explosivos e é realizada com equipamentos como retro-escavadeiras. Em outros países, como a Inglaterra, a extração da argila é feita através de explosivos (SBRT, 2009).

Por fim, o minério é transportado para a usina de beneficiamento. O processo de beneficiamento desses minérios transforma-os, deixando-os em um estado adequado para ingressar no processo produtivo a que ele se destina. Para a produção de telhas, nenhum beneficiamento é necessário ser realizado na argila retirada da jazida (SBRT, 2009), logo o material extraído vai direto para fábrica e está pronto para entrar na linha de produção. Já o amianto e o calcário passam por este processo.

No processo de beneficiamento, o calcário é moído e separado das impurezas manualmente ou através de processos mais sofisticados como a separação magnética, para impedir a contaminação com ferro. Essa contaminação prejudica o calcário em termos econômicos (SAMPAIO e ALMEIRA, 2005). Já o amianto, é conduzido a uma britadeira giratória para britagem primária e em seguida para uma peneira vibratória e uma britadeira cônica, para a britagem secundária. O material de granulometria mais fina segue direto para secagem, enquanto que os grãos mais grossos, depois de britados secundariamente são enviados para a planta de concentração.

A linha de concentração possui três peneiras giratórias intercaladas com dois impactadores, dois fibrerizadores e duas peneiras giratórias, com o objetivo de separar grãos mais finos e enviar para secagem e grãos mais grossos que são considerados rejeito, sendo depositados nas bancas de rejeito.

A secagem dos grãos finos é feita através de fornos giratórios que retira a água do minério pelo processo de evaporação devido à temperatura dos fornos. Uma vez seco, o minério é enviado para os silos de minério seco e posteriormente para a usina de tratamento,

onde a fibra é separada por comprimento e são retiradas as impurezas do material. Por fim, o material é classificado de acordo com as especificações pré-determinadas. O material é ensacado e segue para o seu consumidor. Vale salientar que cada um desses processos produz resíduos.

A argila possui baixo custo unitário, o que inviabiliza o seu transporte para grandes distâncias, fato que leva as olarias se situarem próximas as jazidas desse minério (TANNO, MOTTA, 2000). Isso gera conflitos com a população vizinha como: problemas ambientais, geração de poeira, ruído, vibrações, controle de efluentes (BARRETO, 2001). Além disso, a extração desse minério causa impactos no meio ambiente que, aliados aos conflitos de outras formas de uso e ocupação do solo, estão provocando uma diminuição crescente nas jazidas disponíveis para atendimento da demanda.

É importante salientar que toda mineração causa impacto no meio ambiente, em particular as lavras de calcário e amianto. Faria e Coelho (2002) enfatizam como o impacto ambiental da extração de calcário em área de caverna, leva a degradação do patrimônio espeleológico. Guimarães (2005) descreve como passivo ambiental adquirido com a mineração o aspecto visual da área, resultante da operação de lavra, acúmulos de rejeito do beneficiamento, poluição do ar por excesso de poeira, avanço de frentes de lavras oriundas de áreas cársticas, pelo uso de explosivo e tráfego de caminhões.

Outros impactos são a degradação da vegetação, a destruição da fauna circunvizinha, através dos explosivos e os impactos sonoros, devido aos ruídos e vibrações. O beneficiamento desses minerais também prejudica o meio ambiente. O refino dos materiais gera poeira que é levada pelo vento, provocando poluição do ar, prejudicando a saúde humana e comprometendo o visual da região.

Wanderley (2008) avalia que o impacto ambiental não abrange apenas as questões relacionadas ao meio-ambiente, mas se estende as questões, sociais, culturais e econômicas.

Nessa linha, ele pondera:

Estes processos alteram a organização territorial, a paisagem, a morfologia, a ecologia, e instauram uma nova dinâmica social, econômica, cultural, ecológica e espacial. A temporalidade dos impactos da mineração deve ser estendida desde os primeiros rumores do projeto – incluindo o período de estudos geológicos, quando se produzem incertezas nos habitantes locais e provocam o aumento das migrações e das especulações, até o término do empreendimento e o que é deixado com o fechamento da mina.

A Constituição Federal, no seu Art. 225 § 2º reza que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.” Também o Código de Mineração Brasileiro, nos incisos do artigo 47, busca uma associação de gestão ambiental com a atividade de mineração, transferindo a responsabilidade da preservação ambiental às mãos do minerador, incumbindo-o de “promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local” (inciso IX), “evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos” (inciso X), “evitar poluição do ar ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração” (inciso XI), “proteger e conservar as fontes...” (inciso XII).

O ideal é conciliar a conservação de áreas com grande potencial mineral, com as atividades econômicas, garantindo à mineração o acesso ao solo e subsolo e à população que vive nessas regiões, o direito ao desenvolvimento e ao meio ambiente saudável. (Sirotheau et al, 1998 UPUD Guimarães, 2005).

Não se pode desprezar os benefícios trazidos pela mineração no âmbito social, com a geração de empregos, favorecendo as comunidades circunvizinhas e no econômico, com a movimentação do setor industrial e comercial. Por isso, o governo procura estabelecer um sistema de gestão ambiental nesse setor que concilie as atividades de mineração e a

preservação ambiental, mantendo, por conseguinte, as raízes culturais da sociedade, mas, ainda buscando atender as suas necessidades, para uma melhor qualidade de vida.

Através de uma gestão de processos, há possibilidade de redução a grandes níveis dos impactos ambientais acima citados. Entretanto, nenhuma medida torna possível a renovação do minério no meio-ambiente. Uma vez retirado, ele não renasce, não floresce. Assim, o esgotamento das minas é algo inevitável com a continuidade da sua exploração, ainda que não seja hoje.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DAS TELHAS CONVENCIONAIS**

No mercado atual, as telhas convencionais são largamente conhecidas e usadas pelo consumidor, com suas propriedades já comprovadas no meio da construção civil. Entretanto, em contraponto às telhas ecológicas elas não possuem a chancela de produto verde ou ambientalmente sustentável e, a despeito de usar matérias-primas que podem trazer prejuízo ao meio-ambiente e à saúde do ser humano, buscam provar no mercado competitivo sua condição de estar apta a participar do seletivo grupo dos produtos com a chancela “verde”.

Duas telhas convencionais, amplamente usadas no mercado da construção civil, foram eleitas para esta pesquisa, a fim de se ter parâmetros para o estudo das telhas denominadas ecológicas. São elas: as telhas de fibrocimento e as telhas cerâmicas.

#### **3.1 – A Telha de Fibrocimento**

A telha de fibrocimento está presente no mercado brasileiro desde 1940. É amplamente usada pela construção civil no Brasil, principalmente em cobertura de habitações populares, de galpões e de edifícios.

O uso desse material é muito criticado pelos defensores do meio ambiente, devido ao fato da sua composição conter minérios retirados da natureza, dentre eles o amianto, prejudicial à saúde humana e com uso banido em vários países do mundo.

### **3.1.1 – Materiais constituintes da telha de fibrocimento**

A telha de fibrocimento é composta de uma mistura de água, cimento, calcário, fibra de amianto crisotila, celulose e lama de cal.

#### **3.1.1.1 - O Cimento**

O cimento é um aglomerante que em contato com a água endurece, tanto em ambiente aquoso como aéreo. O cimento utilizado na fabricação da telha de fibrocimento é o Cimento Portland tipo CP II-32. Este é um cimento artificial, composto, devido à adição de calcário e com resistência mecânica à compressão de 32 MPA aos 28 dias de idade.

O cimento é recebido à granel e armazenados em silos primários que estocam os material logo que é descarregado na fábrica. Há também os silos secundários que abrigam uma reserva dessa matéria-prima.

#### **3.1.1.2 - O Calcário**

O calcário é um material proveniente das rochas calcárias ricas em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) – a calcita. Segundo Sampaio e Almeida (2005), é uma rocha sedimentar formada por material precipitado devido a agentes físicos e químicos. Além da calcita, o calcário pode trazer na sua composição impurezas, como argila, sílica, talco e mica. As reservas de rochas carbonatadas são muito grandes em todo o planeta, entretanto, a ocorrência com elevada pureza corresponde a menos de 10% das reservas.

O calcário, como o cimento, é recebido na fábrica de telha a granel, sendo, também, armazenado em silos primários e secundários.

### **3.1.1.3 - A Celulose**

A celulose é obtida através da reciclagem de papéis e papelões, em um procedimento semelhante ao utilizado pela telha ecológica fabricada com resíduo de papel. O papel passa por desfibrilador, onde ocorre a separação das fibras de celulose, através da mistura com água, formando uma massa homogênea de celulose que, depois de pronta, segue para o seu recipiente dosador no processo de produção da telha. Os papéis recicláveis são adquiridos pela fábrica, prensados e empilhados, através de cooperativas de catadores de papel e são armazenados em galpões fechados até entrarem no processo produtivo.

### **3.1.1.4 - O Amianto Crisotila**

O amianto, segundo ABREA, (2007), é um mineral presente em 2/3 da superfície terrestre e formado por silicatos hidratados de magnésio fibrosos. Ele está presente em jazidas, em rios, lagos e nas águas do subsolo. Conhecido também como asbesto, palavra derivado do grego que significa indestrutível, aludindo a sua alta resistência mecânica e alta durabilidade (ETERNIT, 2009). O amianto tem sido utilizado pelo homem desde o início das civilizações, onde era adicionado na argila para fazer utensílios cerâmicos com melhores propriedades, inclusive refratárias. É encontrado no meio ambiente em forma de rocha compacta de onde se extraem as fibras que correspondem de 5% à 10% do mineral. Na Figura 02, pode-se observar as fibras brancas na rocha de amianto.

Existe dois grupos de rochas amiantíficas, a saber, as serpentinitas e os anfibólios. Os anfibólios possuem fibras retas, pontiagudas e cilíndricas. Possui alta concentração de ferro. Nesse grupo estão a crocidolita, conhecida como amianto azul e a amosita, conhecida como

amianto marrom. No grupo das serpentinitas estão as crisotilas ou amianto branco. Estas possuem fibras finas, sedosas, flexíveis e com alto teor de magnésio. A crisotila, segundo ABREA, (2007), é responsável por 97% do consumo mundial. Este tipo de amianto é usado na fabricação das telhas de fibrocimento.



**Figura 02:** Pedra de amianto crisotila  
Fonte: SAMA (2009)

O amianto crisotila possui excelentes propriedades físicas e químicas, entre as quais se destacam sua alta resistência à tração, superior a do aço, sua alta resistência mecânica à abrasão, sua flexibilidade, sua elevada resistência ao ataque de ácidos e álcalis, a resistência ao fogo e sua baixa transmissão de calor. Essas propriedades são conferidas à telha que o contém. Além disso, é um material de baixo custo.

O Brasil é o terceiro produtor mundial de amianto, sendo que 30% de sua produção é para exportação. A Tabela 01 lista os maiores produtores mundiais de amianto.

De acordo com CRISOTILA BRASIL, 2009, o consumo anual brasileiro de amianto crisotila gira em torno de 110 mil toneladas/ano, sendo que 98% deste consumo é voltado para materiais de fibrocimento. No mundo, o consumo total está em torno de 2,2 milhões de toneladas/ano, lideradas pelos países asiáticos. A tabela 02 elenca os maiores consumidores mundiais de amianto. Observando essa tabela podemos confirmar a tendência

de banimento do amianto na Europa, onde muitos países tem seu uso proibido. O consumo nos países asiáticos e na Rússia é grande, por ser a China e a Rússia os maiores produtores mundiais desse minério.

**Tabela 01 - Produção Mundial de Amianto**

<b>PRODUÇÃO MUNDIAL DE AMIANTO</b>	
<b>PAÍS</b>	<b>PRODUÇÃO (M.TON)</b>
RÚSSIA	920.000
CHINA	320.000
BRASIL	290.000
CASAQUISTÃO	210.000
CANADÁ	200.000
ZIMBABWE	130.000
OUTROS	15.000
TOTAL	

Fonte: CRISOTILA BRASIL, 2009

**Tabela 02: Consumo Mundial de Amianto**

<b>CONSUMO MUNDIAL DE AMIANTO</b>	
<b>CONSUMIDORES</b>	<b>CONSUMO (%)</b>
PAÍSES ASIÁTICOS	58
PAÍSES DA ANTIGA URSS	30
AMÉRICA LATINA	8,5
ÁFRICA E ORIENTE MÉDIO	2,2
EUROPA	0,6

Fonte: CRISOTILA BRASIL, 2009

A fábrica recebe o amianto compactado em blocos de 50Kg , ensacado em embalagens plásticas e vedados através de costura (Figura 03). Esses blocos são armazenados em galpões fechados até seguir para o processo de produção da telha. A retirada da embalagem e a trituração do bloco são feitas através de máquinas, sem o contato humano.



**Figura 03** - Bloco de 50 Kg de amianto compactado e embalado  
Fonte: CRISOTILA BRASIL, 2009

Segundo WÜNSCH, NEVES, MONCAU (2001) são muitas as patologias relacionadas com o amianto e, apesar de serem conhecidas desde a antiguidade, as evidências clínicas e epidemiológicas só foram reveladas a partir do século XX.

São doenças relacionadas a exposição ao amianto, a asbestose, que consiste em uma fibrose pulmonar progressiva, ou seja, o endurecimento da pleura, diversos tipos de câncer, dentre eles o pulmonar, de laringe e gastrointestinais, dentre outros. Vale salientar que a exposição ao diversos tipos de amianto, tanto a crisotila, como os anfíbolios, pode causar essas doenças. A exposição não ocupacional também está relacionada a alguns tipos de câncer. A WHO – World Health Organization (2006) que afirma que atualmente 125 milhões de pessoas encontram-se exposta ao amianto em seu local de trabalho em todo o mundo e 90 mil pessoas morrem por ano em decorrência de câncer de pulmão e asbestose causadas por esta exposição. Calcula, ainda, que outros milhares de pessoas seguem morrendo em decorrência da exposição não ocupacional ao amianto, inclusive em países onde o amianto já foi banido, devido à latência das enfermidades. Finaliza afirmando que essas doenças só começarão a diminuir nestes países daqui a alguns anos, devido a esta latência.

Em contrapartida, fabricantes de telha de fibrocimento defendem o uso do amianto crisotila, alegando que o dano à saúde depende do tipo, do uso e da tecnologia

empregada nos processos com esse mineral e que só o amianto anfibólio causa esses tipos de doenças, por possuir grandes concentrações de ferro em sua composição. Eles afirmam, ainda que não há registros na literatura médica e nem na OMS – Organização Mundial de Saúde que disponha sobre doenças relacionadas a usuários de produtos que contenham a fibra de amianto em sua composição, como as telhas de fibrocimento.

### **3.1.1.5 - A Lama de Cal**

A lama de cal é um resíduo da fabricação de celulose. Segundo Stappe e Balloni (1988), ela provem da clarificação do liquor branco extraído do eucalipto e é rica em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). É semelhante a um calcário calcítico.

## **3.1.2 – O Processo Produtivo da Telha de Fibrocimento**

A técnica utilizada para fabricação da telha de fibrocimento é industrializada e mecanizada, com alguns processos realizados sob enclausuramento devido à toxicidade dos produtos utilizados. A dosagem dos produtos é controlada através de painel de controle automatizado e os produtos são submetidos a controle de qualidade no final da produção. As peças que não são aprovadas pelo controle de qualidade, bem como as aparas e resíduos de produção são moídas e reintroduzidas no processo produtivo: é o chamado “filler”.

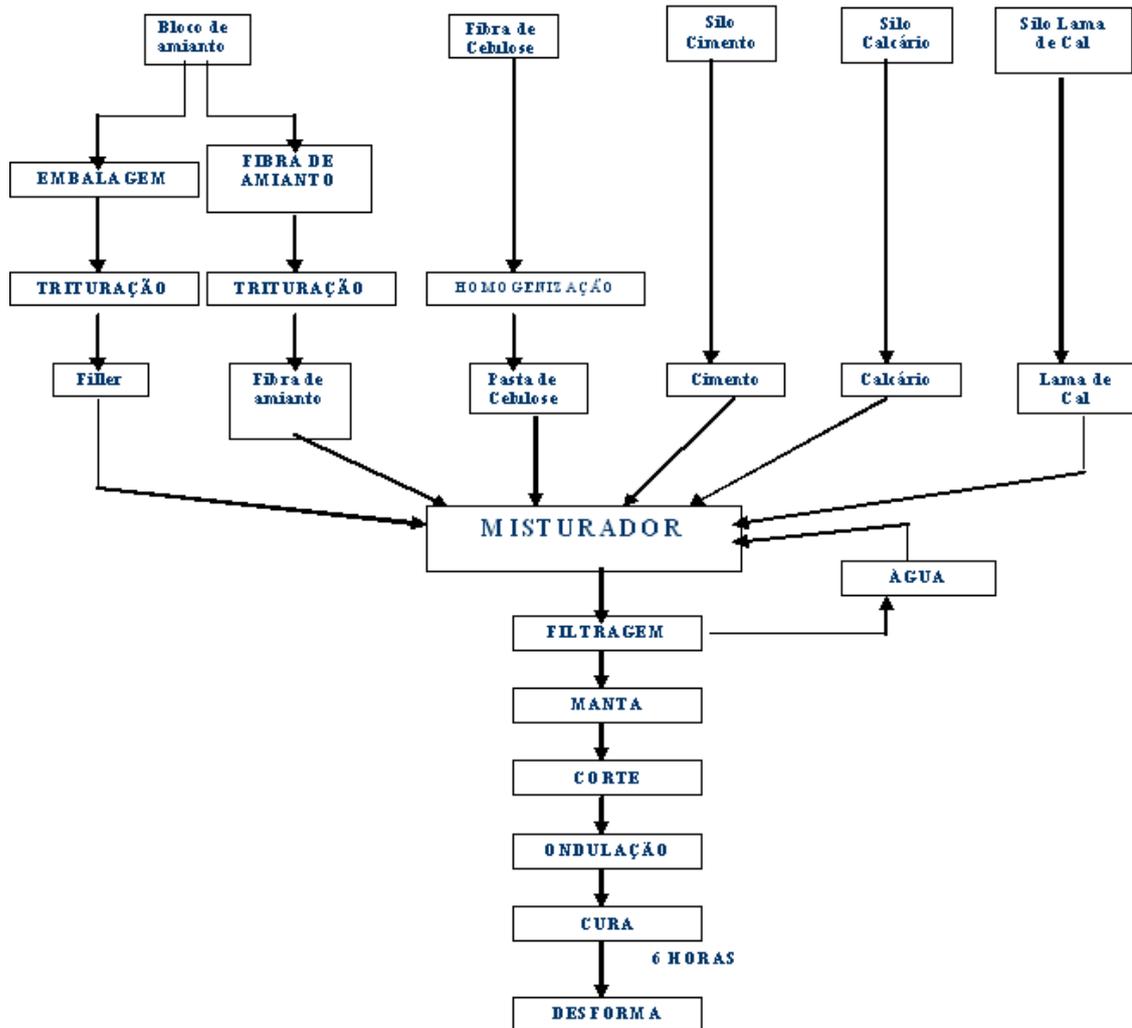
Inicialmente, os blocos de amianto de 50 Kg ensacados com plásticos e vedados através de costura são transportados através de paletes, para uma máquina enclausurada, onde serão desembalados e separados da embalagem. A embalagem plástica vai para um triturador e esse material é introduzido no processo produtivo da telha, indo para o recipiente de filler. O amianto segue para o molassamento, ou seja, separação e trituração das fibras de amianto. Todo esse processo é realizado através de máquinas, sem o contato humano.

Uma vez trituradas, as fibras de amianto seguem para seu recipiente, através de processo mecânicos. Em recipientes separados estão o cimento, o calcário, a celulose, a lama de cal e o filler. A água está presente em todo processo produtivo. Todos estes produtos passam por um dosador, sob controle do painel automatizado.

As quantidades separadas de cada componente da telha se encontram em um grande misturador, semelhante a uma betoneira fechada, onde a massa é processada e misturada. Após a homogeneização, a massa passa por um filtro para a captação dos sólidos, formando uma película. A água de saturação é retirada a vácuo e a massa segue para ser prensada em uma esteira com um cilindro medidor de espessura. São adicionadas várias mantas até alcançar a espessura desejada. Em seguida, a manta prensada e com a espessura ótima é enviada por esteira para a máquina de corte e depois para as formas de ondulação. As cumeeiras e rufos são moldados artesanalmente. As telhas são empilhadas e enviadas para a cura, onde permanecem por aproximadamente seis horas. A cura se dá nas laterais do galpão de produção. Após esse período, retornam para a desforma. A Figura 04 mostra um desenho esquemático do processo de produção da telha de fibro-cimento.

Os ensaios laboratoriais são realizados ainda no setor de produção. De cada lote de produção é retirada algumas amostras que são rompidas para obter a resistência mecânica de ruptura à compressão. Outras amostras seguem para o ensaio de impermeabilidade e absorção de água.

A automação das máquinas do processo garante a exatidão na dosagem das matérias-primas e na alimentação das máquinas, possibilitando um controle na qualidade dos produtos e este é realizado no final da produção, com verificação das dimensões e acabamento. Todas as telhas são identificadas por lote de produção.



**Figura 04** – Desenho Esquemático do Processo Produtivo da Telha de Fibrocimento

Há uma preocupação constante da fábrica em proteger os funcionários do contato com o amianto. Segundo a Eternit, o amianto crisotila tem uma biopersistência de dois dias e meio. A biopersistência consiste no período de tempo que as fibras em suspensão permanecem no pulmão. Esse tempo, para eles, é considerado tolerável pela saúde humana.

Vale salientar que é notada a consciência que a fábrica tem do nível de toxicidade dos produtos usados no processo produtivo da telha de fibrocimento, visto algumas medidas por ela adotada, a saber:

- Todo o resíduo do processo de produção, como, peças rejeitadas no controle de qualidade, aparas, resíduo de limpeza de máquinas e embalagens de matérias-primas é introduzido no processo produtivo.
- Não é permitida a saída para além dos limites da fábrica de qualquer equipamento de proteção individual - EPI ou fardamento usado pelos seus funcionários. Diante disso, possuem lavanderia para atender a higienização dos fardamentos e vestiários com logística para impedir que a roupa que vai para o exterior da fábrica entre em contato com o fardamento de trabalho.
- Alguns processos, a exemplo do desensacamento e desfibrilamento do amianto, são realizados em máquinas enclausuradas e são totalmente automatizados. Ainda assim, todos os funcionários que controlam o processo de fora da clausura, usam EPIs, como máscaras e luvas.
- Há uma preocupação constante em provar para a sociedade e para a equipe de trabalho que o amianto crisotila presente no processo de produção, bem como o ar respirado na planta da fábrica, não atingem a saúde humana. Assim, são mantidos canteiros com plantas no galpão de produção.
- São realizados exames periódicos no interior de toda a fábrica para mensurar o teor de elementos tóxicos que estão presentes no ar e tomar as medidas corretivas e preventivas cabíveis;
- Há um programa para receber as telhas de fibrocimento provenientes de descarte após a vida útil.

A Comunidade Européia em sua Diretiva 1999/31-CE, art. 16 estabelece que “os materiais de construção que contenham amianto e outros resíduos com amianto adequados podem ser depositados, sem verificação, em aterros para resíduos não perigosos”, em tempo

do seu descarte. Entretanto, a mesma diretiva estabelece requisitos a serem cumpridos para que estes aterros estejam aptos a receber este tipo de materiais. São eles:

- Os resíduos não devem conter outras substâncias perigosas;
- O aterro deve ser exclusivo de materiais de construção com amianto adequado;
- Estes resíduos podem ser colocados em célula de aterro para resíduo não perigosos, desde que esta esteja suficientemente confinada;
- A zona do depósito deve ser coberta diariamente e antes de cada operação de compactação, a fim de evitar dispersão das fibras;
- Não pode haver operação que provoque dispersão das fibras, como perfuração;
- Limitar possíveis utilizações após encerramento do aterro, a fim de evitar contato humano com amianto.

### **3.1.3 – Propriedades da telha de fibrocimento**

As telhas de fibrocimento são fabricadas em diversas ondulações e dimensões, redundado em diversos modelos. Um quadro mostrando a diversidade de telhas em fibrocimento, presentes no mercado brasileiro, encontra-se no Anexo 03. Essa diversidade de modelos e tamanhos proporciona uma variedade de opções para o consumidor final.

A norma brasileira NBR 5670/95 – Telha estrutural de Fibrocimento determina requisitos que devem ser atendidos pelas telhas com amianto em sua composição para estarem aptas para serem comercializadas. São eles:

- carga de ruptura a flexão: maior ou igual a 2.000 N/M;
- teor de absorção de água média: menor ou igual a 37%;
- índice de permeabilidade: sem apresentação de vazamento ou bolhas no lado oposto quando submetido à água, de acordo com ensaio especificado na

norma NBR 5642/93 – Telha de Fibrocimento - Verificação da Impermeabilidade .

Além das propriedades acima relacionadas, os fabricantes da telha acrescentam a boa resistência a ataques físicos e químicos e alta resistência ao fogo, sem, contudo, apresentar laudos técnicos comprobatórios.

Algumas telhas de fibrocimento, a exemplo da Olinda, são apresentada em cores e outras, de acordo com seu fabricante, estão sendo testadas para receber pigmentação de modo a melhorar sua apresentação estética.

A produção média da planta da Eternit de Simões Filho é de 30.000 telhas/dia e suas máquinas alcançam 87% de eficiência produtiva.

## **3.2 – A Telha Cerâmica**

A telha cerâmica, feita com argila vermelha ou branca é um material de construção com largo uso no Brasil desde o período colonial. Inicialmente fabricada por escravos, seu processo foi se aprimorando até chegar à fabricação de hoje, ainda muito artesanal, mas já sob controles de qualidade. Até hoje é uma telha muito usada, principalmente em edificações residenciais.

### **3.2.1 – Caracterização da matéria-prima da telha cerâmica**

A matéria-prima básica da telha cerâmica é argila, também denominada de comum ou estrutural. A telha é resultado da moldagem da massa homogeneizada de argila misturada com água.

Segundo Bauer (1994), o uso da argila remonta ao período neolítico, quando o homem primitivo calafetava cestas de vime com esse material. Mais tarde, dispensou o vime e

passou a fazer potes de barro. Com o tempo, foi descoberta a propriedade da argila de endurecimento quando submetida ao calor e surgiu a cerâmica propriamente dita, largamente usada nessa época. Tempos mais tarde, surgiram os vidrados e vitrificados, já usados pelos assírios no ano 4.000 AC, obtidos através de argila com ponto de fusão mais baixo. No século VII, os chineses começaram a fabricar a porcelana e no século XVII, a Inglaterra introduziu a louça branca. A cerâmica vermelha já era fartamente usada em todo o mundo.

Segundo dados da Anicer, 2009, a produção mensal brasileira de telha cerâmica é de 1.300.000.000 peças, consumindo 2.500.000 toneladas de argila por mês.

### **3.2.1.1 - A Argila**

Segundo Petrucci (1979), a argila é um mineral composto de filossilicatos de alumínio hidratado que, misturado com água, forma uma massa plástica que pode ser moldada e conservar essa forma se submetida ao calor. É o resultado da mistura de substâncias minerais devido à desagregação do feldspato de rochas ígneas pela ação da água e gás carbônico. Pela diferença das rochas, a argila pode conter diferentes elementos na sua composição como sílica, alumina, mica, ferro, cálcio, magnésio e matéria orgânica. Devido a esse fator, existe diferentes tipos de argila, a saber: argila branca, argila refratária, argila para produto grés e argilas estruturais amarelas ou vermelha, essa última utilizada na confecção de telhas cerâmicas (BAUER, 1994).

A argila vermelha é rica em óxido de ferro que lhe confere esta coloração. É formada por cristais muito pequenos, na ordem de 1/256 milímetros de diâmetro e em forma de lâmina o que lhe confere plasticidade (CPRM, 2009).

As argilas podem ser classificadas em dois grupos (SOARES e NASCIMENTO, 2007):

argilas gordas: possuem alta plasticidade e granulometria fina;

argilas magras: possuem menor plasticidade e granulometria grossa.

As argilas vermelhas são as mais consumidas pelas indústrias de produtos cerâmicos, ficando seu consumo na ordem de 70.000 toneladas/ano. Possuem baixo custo unitário, o que inviabiliza o seu transporte para grandes distâncias, fato que leva as olarias se situarem próximas as jazidas desse minério (TANNO, MOTTA, 2000).

Segundo Bauer (1994), a argila possui três importantes propriedades que são responsáveis pelas propriedades da cerâmica pronta, como resistência mecânica, absorção de água, resistência ao desgaste, peso e durabilidade. São elas:

- Plasticidade: é a capacidade de se deformar sem romper. Nas argilas, essa propriedade é observada quando o material é colocado em contato com a água. Inicialmente, ela se desagrega, e vai ficando cada vez mais mole, a medida que vai se adicionando água. O ponto limite entre essas duas fases é o de maior plasticidade da argila. A quantidade de água para atingir o ponto de plasticidade ótimo varia de acordo com o tipo de argila, sendo de 10% para as argilas gordas e 50% para as argilas magras.
- Retração: um bloco de argila se contrai devido a ação do vento, que evapora a água superficial, secando a camada externa do bloco, fazendo com que a água das camadas internas se desloque para a superfície por capilaridade, provocando vazios na estrutura interna do bloco e, conseqüentemente, uma retração do conjunto para eliminar esses vazios. Como este movimento não é uniforme, o bloco de argila seca tende a se deformar.
- Endurecimento sob a ação do calor: sob o calor de 150 a 600°, a argila começa a enrijecer. Acima de 600°, há o endurecimento e queima de matéria orgânica, seguida da oxidação, onde os carbonetos são calcinados e transformados em óxidos. Acima de 950°, há a vitrificação, onde a sílica e as

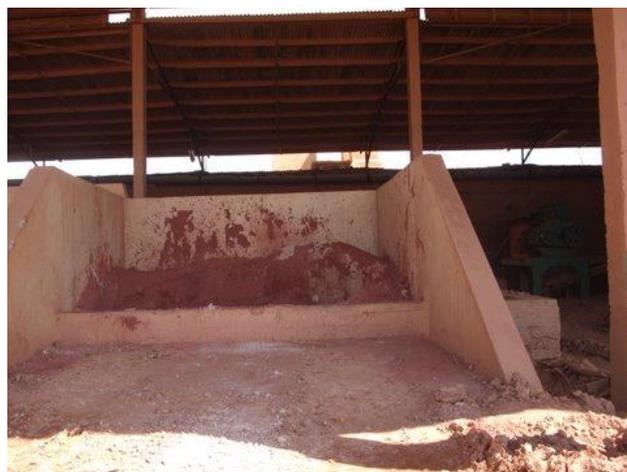
areias formam uma pequena quantidade de vidro que, junto com os outros componentes, proporciona a compactação do conjunto e confere propriedades como dureza e resistência.

### 3.2.2 – Processo produtivo da telha cerâmica

A telha cerâmica é produzida em olarias de forma artesanal. De acordo com Soares e Nascimento (2007), seu processo produtivo consiste em quatro estágios: preparação da massa, conformação das peças, secagem e queima.

A argila retirada das minas próximas a fábrica de telhas são armazenadas em silos, como mostra a Figura 05. Dos silos, a argila segue para os trituradores Figuras 06-a e 06-b. Na fábrica existem silos que armazenam argila já triturada.

A preparação da massa consiste na mistura de forma empírica de argila gorda, mais plástica, com argila magra, que funciona como redutor de plasticidade e 20% de água. Nesta mistura, busca-se a plasticidade da massa aliada a fusibilidade, para obter boa trabalhabilidade e resistência mecânica com a queima. A massa é homogeneizada e enviada para a próxima etapa.



**Figura 05** – Silo de argila



**Figura 06-a** – Trituradora de argila



**Figura 06-b** – Trituradora de argila

A conformação das peças é realizada através de extrusão e prensagem. A prensagem é a forma mais comum para telhas cerâmicas, porém não prescinde da extrusão que consiste em processar a massa em uma extrusora ou maromba, (Figura 07) a fim de homogeneizá-la e compactá-la, cortando em tamanhos ideais, para enviá-la para o próximo processo, a prensagem. Na prensagem, a massa saída da extrusora é colocada em um molde, de acordo com o tipo de telha a ser fabricada e prensada, como pode-se observar na Figura 08.



**Figura 07-Extrusora**



**Figura 08-Prensa**

A secagem é realizada através de secadores estáticos, intercalando ar quente dos fornos. Por fim, é procedida a queima das peças. A Figura 09 mostram telhas sendo submetidas a secagem.



**Figura 09** - Secadores de telhas

A queima é realizada em quatro etapas: na primeira, há o aquecimento gradual do material para retirada de água remanescente por um período de 8 a 13 horas, até alcançar a temperatura de 650°C. Na segunda etapa, a temperatura vai se elevando até uma variação de 950 a 1.000°C. Esta etapa estabelece as propriedades da telha cerâmica. Na próxima etapa, esta temperatura é mantida por um período de tempo e se matem constante em todo o forno. Na última etapa é realizado o resfriamento da peça de forma gradual, para evitar trincas, através de chaminés.

### **3.2.3 – Propriedades da telha cerâmica**

A telha cerâmica apresenta-se em diversos modelos, a saber: telha francesa ou plana, telha romana, telha portuguesa, telha capa-canal ou colonial. As variantes entre elas em relação às propriedades se limitam ao desenho, tamanho e peso da peça.

As propriedades comuns a todos os tipos de telha cerâmica são:

- Resistência de ruptura a flexão maior que 1.000N;
- Baixo índice de absorção de água, menor que 20%;
- Alto grau de impermeabilidade;
- Elevada resistência térmica.

Vechia, 2002 upud Cerqueira, 2009, ensaiando diferentes tipos de telhas para estudo de eficiência térmica, chegou a uma temperatura externa ao longo do ano para telha cerâmica de 41°C e interna de 23,5°C.

## 4. CARACTERÍSTICAS DAS TELHAS ECOLÓGICAS

Os incansáveis apelos para preservação do meio ambiente geram na sociedade uma simpatia pelos produtos que se autodenominam “ecológicos”. Eles assim o fazem por possuir algum diferencial na sua produção ou composição, a exemplo da utilização de matéria-prima reciclável ou renovável. O marketing verde se utiliza desses diferenciais para promover esses materiais no mercado consumidor.

Os fabricantes de telha para cobertura, material de construção largamente utilizado mundialmente, também se utilizam desse marketing para atingir a sua fatia de mercado. Porém, essa indústria de telha autodenominada “ecológica” se depara com outro desafio diante do mercado consumidor: provar que o seu produto terá durabilidade e bom desempenho durante a sua vida útil.

Existe hoje no Brasil e no mundo diferentes tipos de telhas “ecológicas”, produzidas com diferentes matérias-primas, por diferentes fabricantes e foram selecionadas três dessas telhas para serem objeto de estudo neste trabalho:

- a telha produzida com fibra vegetal proveniente do papel reciclado;
- a telha-tubo, produzida com embalagem de creme dental reciclado;
- a telha ecológica de madeira, denominada Taubilha, produzida com madeira Pinus reflorestada

## 4.1 – A telha ecológica produzida com papel reciclado

A telha ecológica produzida com resíduo de papel é uma telha fabricada a partir de material reciclado, mostrado na Figura 10. Ela tem em sua constituição três materiais: fibra vegetal extraída de resíduo de papel, água e emulsão asfáltica. A água e o papel são utilizados na primeira fase do processamento da telha, formando a manta. A emulsão asfáltica ou betume dá o acabamento final, conferindo propriedades impermeabilizantes a esse novo material.



**Figura 10** - Telha Ecológica Produzida com Resíduo de Papel.  
Fonte: <http://www.tecolit.com.br/fotos.htm>

O resíduo de papel usado para produção de telha é uma tecnologia europeia, existente há aproximadamente 70 anos. Essa tecnologia foi importada da Europa pela Argentina. Há cerca de 20 anos, os argentinos associaram-se aos brasileiros gaúchos e abriram a primeira fábrica no Brasil. Por motivos gerenciais, a fábrica foi fechada, porém a tecnologia continuou a ser vendida. Surgiu, assim, a fábrica de Mato Grosso do Sul que é a atual detentora da tecnologia. Esta vendeu o “know how” para Bahia, no primeiro semestre de 2005 e, mais recentemente, para São Paulo.

## 4.1.1 - Caracterização da matéria-prima da telha ecológica produzida com papel reciclado

Duas matérias-primas básicas fazem parte da composição da telha ecológica com resíduo de papel: o papel reciclável e a emulsão asfáltica.

### 4.1.1.1 - O resíduo de papel

O papel é um material com boa reciclabilidade. O resíduo de papel é classificado como resíduo classe B, segundo a Resolução nº. 307 do CONAMA. São aqueles que permitem reciclagem secundária, ou seja, entra no processo produtivo de outro material. Segundo a ABRE – Associação Brasileira de Embalagem (2009), 33% do papel usado no ano de 2004, voltou para a produção através da reciclagem. Neste ano, a reciclagem de papel ondulado atingiu 79%. Aproximadamente 86% do papel destinado à reciclagem é proveniente da indústria e do comércio. No ano de 2007, os números já foram um pouco maiores: 79,5% do papelão ondulado e 38,1% do papel de escritório retornou para ser reciclado. A Tabela 03 mostra a progressão dos números de reciclagem do papel ondulado.

**Tabela 03 - Progressão da reciclagem do papel ondulado no Brasil**  
**PROGRESSÃO DA RECICLAGEM DO PAPEL**  
**ONDULADO NO BRASIL**

ANO	% DO PAPEL ONDULADO RECICLADO
1992	68,20 %
1997	71,60 %
2002	77,30 %
2004	79,00 %
2005	77,40 %
2006	77,00 %
2007	79,50 %

Fonte: CEMPRE (2009)

Pode-se observar que a reciclagem do papel no Brasil vem crescendo, apesar do decréscimo ocorrido nos anos 2005 e 2006. Analisando os números de reciclagem no mundo, observa-se o Brasil como um dos países que mais recicla este material, ficando seu percentual de reciclagem - 73% - próximo ao de Luxemburgo que recicla 83% do seu papelão e muito acima da média percentual dos países presentes na Tabela 04 que é de 43%. É importante salientar que esses números mostram uma mudança cultural e comportamental muito positiva para as questões ambientais.

A contaminação do papel com ceras, óleos, graxas, entre outros, prejudicam a reciclagem, porém as embalagens de comércio e indústrias, geralmente, não vão à lata de lixo, sendo coletadas separadamente, o que facilita e intensifica a reciclagem desse material. O Brasil recicla três milhões de toneladas de papel por ano, o que corresponde a 44,7% do consumo aparente. (BRACELPA, 2007).

**Tabela 04 - Reciclagem de Papel/Papelão no mundo**

<b>RECICLAGEM DE PAPEL E PAPELÃO NO MUNDO</b>	
Luxemburgo	85%
Brasil	43,9% papelcartão 73% papelão ondulado
República Tcheca	62%
México	60%
Estados Unidos	55%
Espanha	52,7%
Noruega	51%
França	45%
Suécia	43,7%
Polônia	38%
Colômbia	35%
Portugal	16%
Argentina, Uruguai e Paraguai	10%

Fonte: Cempre apud ABRE (2009)

No ano de 2006, a produção de papel atingiu a marca de 8,7 milhões de toneladas, sendo que 4,2 milhões de toneladas foram de papel para embalagem. O consumo per capita de papel para embalagem nesse ano foi de 19,2 mil kilogramas. A produção de 2007, até o mês

de agosto atingiu o patamar de 2,8 milhões de toneladas de papel para embalagens, totalizando uma produção de 5,9 milhões de toneladas de papel fabricado (BRACELPA, 2007). Pelo volume de produção desse material, infere-se a importância da reciclagem, amenizando a lotação de aterros sanitários para o seu descarte.

Segundo dados obtidos em visita a fábrica da telha com resíduo de papel, como matéria-prima para telha por ela fabricada, pode ser utilizado qualquer tipo de papel reciclável, sendo mais usados o papel tipo Kraft, proveniente de embalagens e o papel jornal. O papel Kraft é o mais resistente por possuir fibras de celulose mais longas.

O custo do papel reciclado é relativamente baixo e varia em diferentes regiões do país, conforme informa a Tabela 05. Esse é um fator, importante na produção das telhas, visto que o papel e a emulsão asfáltica constituem sua matéria-prima básica e o preço da matéria-prima afeta diretamente o preço do produto final.

**Tabela 05** - Preço do papel reciclado em algumas cidades brasileiras

<b>PREÇO DO PAPEL RECICLAVEL EM DIVERSAS CIDADES BRASILEIRA</b>		
<b>CIDADE/ESTADO</b>	<b>PAPELÃO*</b>	<b>PAPEL BRANCO*</b>
PORTO ALEGRE-RS	R\$ 140,00	R\$ 450,00
BLUMENAU – SC	R\$ 250,00	R\$ 250,00
SÃO PAULO – SP	R\$ 120,00	R\$ 240,00
SÃO BERNARDO DOS CAMPOS - SP	R\$ 190,00	R\$ 480,00
GUARUJÁ - SP	R\$ 130,00	R\$ 200,00
LAVRAS – MG	R\$ 110,00	R\$ 250,00
ITABIRA - MG	R\$ 160,00	R\$ 380,00
GUARAÇARI - ES	R\$ 80,00	R\$ 90,00
RECIFE - PE	R\$ 100,00	R\$ 10,00

\* Preços em tonelada do papel limpo e prensado

Fonte: CEMPRE (2009)

#### **4.1.1.2 - A emulsão asfáltica – betume**

O betume é um produto de natureza orgânica e origem natural, composto por uma mistura de hidrocarbonetos. São materiais aglomerantes, ou seja, ligantes, porém não necessitam de adição de água para iniciarem a pega. Possuem certo grau de viscosidade e tornam-se rígido a determinada temperatura. Podem aglutinar e fazer aderir agregados.

Os materiais betuminosos são hidrófugos, isto é, não permitem a passagem de água, e por isso exigem agregados secos para que a aderência seja garantida. São quimicamente inertes, o que os torna indicado como revestimento e tinta de proteção.

Esses materiais têm a capacidade de conservar suas propriedades durante muitos anos, e por isso são tidos como de boa qualidade. Entretanto, quando expostos as intempéries, podem sofrer um fenômeno conhecido como envelhecimento dos materiais betuminosos que consiste em uma lenta transformação devido a fenômenos físicos e químicos. O fenômeno físico é a evaporação de óleos voláteis que conferem plasticidade ao material; o fenômeno químico é oxigenação de constituintes pela ação do oxigênio, formando CO<sub>2</sub> (gás carbônico), H<sub>2</sub>O (água) e produtos oxigenados como álcoois e acetonas. Esses fenômenos conduzem a desidrogenação e polimerização do material, causando um endurecimento das suas camadas superiores e, conseqüentemente, fendas. Petrucci (1979), ressalta que o processo de envelhecimento é muito lento. Por fim, salientamos que os betumes são fartamente encontrados no mercado, a um preço relativamente baixo.

O cimento asfáltico de petróleo, denominado CAP, conhecido como betume e usado no revestimento da telha, é um produto com boas propriedades impermeabilizantes e aglutinadoras, porém requer cuidados no seu uso e manuseio, por ser um produto tóxico. Quando aquecido pode entrar em combustão e liberar vapores orgânicos. A fumaça proveniente do aquecimento pode provocar irritação da pele e dos olhos, logo as pessoas que vão manuseá-lo necessitam de uso de equipamentos individuais como máscaras com filtro

para vapores orgânicos, luvas, macacão de manga longa, botas e óculos. (PETROBRÁS, 2005).

#### **4.1.2 – O processo produtivo da telha ecológica produzida com resíduo de papel**

Em visita realizada à fábrica produtora deste material, verificou-se que a telha ecológica tem uma fabricação artesanal, apesar de serem utilizadas, no processo, algumas máquinas. Foi observado que o processo de fabricação é feito de uma forma empírica, não havendo uma quantificação da matéria-prima empregada, nem uma proporção entre o papel e o volume de água usados na mistura para a formação das mantas de fibra vegetal, ou seja, não há um traço estipulado para o preparo da massa de celulose. Não há tampouco um controle da temperatura para a secagem da manta.

O papel utilizado no processo chega à fábrica através de cooperativas de catadores de papel para reciclagem e é armazenado em silos, conforme mostrado na Figura 04. Não há uma seleção do papel a ser usado, sendo utilizado o papel jornal, o papel Kraft e o papelão.

A primeira etapa no processo de fabricação da telha ecológica é o corte de papel em tiras ou pequenos pedaços, como mostrado na Figura 11, para serem colocados em uma bateadeira que é alimentada com água. Os silos de papel são localizados próximos a bateadeira, possibilitando maior agilidade no processo.

A bateadeira possui um hélice central que proporciona a trituração e mistura do material no seu interior. Entretanto, é necessário misturar manualmente, utilizando uma haste de madeira, em intervalos de tempo, para retirar o excesso de papel nas laterais e fundo da bateadeira. As Figuras 12a e 12b mostram o misturador de papel reciclado. Ela possui uma entrada superior para alimentação de água e uma saída inferior que conduz a massa de fibra vegetal já homogeneizada para o próximo processo



**Figura 11** – Silos de papel da para fabricação da telha “ecológica” com resíduo de papel.

Uma vez totalmente homogeneizada, a massa de fibra vegetal é lançada, através da tubulação de saída, em uma esteira, que vai filtrando a mistura, tornando-a cada vez menos fluida, retirando a água de saturação, até formar uma manta de papel com uma espessura ideal, aproximadamente 3 mm. A Figura 13 mostra uma esteira em serviço.

No cilindro final desse equipamento, há uma peça gabarito com função de delimitar a espessura da manta pronta. Assim, a máquina vai sendo alimentada com massa e a esteira rolando, retirando o excesso de água, até o alcance da espessura determinada. Nesse ponto, a manta é retirada, a fim de seguir para a próxima etapa da fabricação da telha. Na Figura 12a pode-se observar a manta úmida e, portanto, maleável, recém saída da esteira.

O transporte da manta da esteira para a próxima etapa do processo de fabricação é feito manualmente, por operadores da fábrica. A manta é levada, ainda úmida, para moldagem e corte. É nessa fase que é definida a amplitude da onda da telha, bem como as dimensões de comprimento e largura. A Figura 14 mostra a máquina de moldagem e corte utilizada na fabricação da telha ecológica. Uma vez moldada e cortada, a telha é colocada em estrados e levada para secagem ao ar livre (Figura 15).



**Figura 12a** – Misturador de papel reciclado



**Figura 12a** – Misturador de papel reciclado em serviço



**Figura 13** – Formação da manta fibro-vegetal



**Figura 14** – Máquina de moldagem e corte



**Figura 15**– Telhas em estrado para secagem ao ar livre

Por fim, as telhas são levadas para um banho de betume a uma temperatura acima de 100°C. Isso é feito em um tanque que é aquecido por fogo na sua parte inferior, como mostra a figura 16. Esse tanque tem capacidade para trezentas telhas. As telhas são retiradas do cozimento e secas naturalmente, em um galpão, sem nenhum processo mais elaborado.

A fábrica visitada não possui nenhum processo automatizado. Toda a planta funciona com a intervenção de funcionários que participam de todas as fases do processo produtivo. Assim, as peças estão sujeitas a imperfeições devido aos processos manuais. A energia utilizada para funcionamento da fábrica é o gás tipo GLP.



**Figura 16** – Tanque para banho de betume

Todo resíduo de fabricação como aparas de manta e mantas secas não conforme que não tenham recebido o banho de emulsão asfáltica, retorna para o processo produtivo. A água retirada da massa saturada também é reutilizada no processo, retornando para a bateadeira.

A fábrica libera emissões atmosféricas, devido a queima do betume em alta temperatura para impermeabilização das telhas. Um forte odor impregna a região circunvizinha, onde a fábrica está localizada.

O tempo de fabricação das telhas varia de acordo com o clima do local onde ela é fabricada, devido à secagem ao ar livre. Na Bahia, onde temos uma umidade do ar elevada, as

telhas levam cerca de cinco a sete dias para secar totalmente, pressupondo um tempo bom, sem chuvas. Como consequência, o tempo de fabricação total é de oito a dez dias. No Mato Grosso, outro local onde é fabricada a telha ecológica, a secagem leva em torno de três dias, o que possibilita uma escala maior de produção. O tempo total despendido com a fabricação nesse local é em torno de cinco dias. A fábrica baiana de telha ecológica consegue produzir, no verão, cerca de 1500 a 1800 telhas por dia.

### **4.1.3 - Propriedades da telha ecológica produzida com resíduo de papel**

Foram gentilmente disponibilizados pela fábrica visitada, o resultado dos ensaios laboratoriais realizados com um lote de telha ecológica, cujo laudo emitido pelo Centro Tecnológico de Controle da Qualidade L. A. Falcão Bauer encontra-se no anexo A.

A telha ecológica apresentou os seguintes resultados para os ensaios laboratoriais:

- carga de ruptura a flexão: 904,5 N/M;
- teor de absorção de água média: 20,5%;
- índice de permeabilidade: compatível com o estabelecido em norma para telhas de fibrocimento, sem apresentação de vazamento ou bolhas no lado oposto ao submetido à água..

As telhas são fabricadas nas dimensões (1,60 x 0,60) metros, com 3mm de espessura e massa de até 2,8 Kg e (1,10 x 0,60) metros, com 3mm de espessura e massa de até 2,0 Kg. É apresentada sempre na cor preta, devido ao revestimento de betume.

De acordo com Savastano Jr. (1996), a eficiência térmica da telha com fibra de papel é semelhante a da telha de fibro-cimento enegrecida pelo tempo. Quando recebe pintura

pode ter eficiência energética superior as da telha de cimento-amianto também revestida com tinta branca.

## 4.2 – A Telha-tubo

A telha-tubo, mostrada na Figura 17, é uma telha ondulada, multicolor, produzida a partir de material reciclado. Ela apresenta em sua composição plástico reciclado, proveniente de embalagens de creme dental, por isso é também conhecida como telha tubo.

Para o estudo da telha-tubo foi realizada uma visita a Instituto que desenvolve pesquisas acerca de vários materiais sustentáveis para a construção civil, dentre eles a telha, bem como a alguns fabricantes deste tipo de telha.



**Figura 17** – Telha-tubo

Fonte: <http://www.trilhaverde.com.br/ecotelha.asp> (2008)

### 4.2.1 – Caracterização da matéria-prima da telha tubo

Segundo dados obtidos em pesquisa “in loco”, a ecotelha tem como matéria-prima tubos de creme dental provenientes de resíduos de produção desse produto, composto de 75% de plástico e 25% de alumínio. Por esta razão recebem a alcunha de telha-tubo. O resíduo usado na sua fabricação são aparas de corte ou tubos de creme dental que não

passaram pelo controle de qualidade. Para fabricar uma telha com dimensões de (2,00 x 0,60)m são necessárias, em média, 700 unidades de tudo de creme dental.

#### 4.2.1.1 - A embalagem de creme dental em tubo

Os tubos de creme dental, vistos na Figura 18, são compostos de PEBD - polietileno de baixa densidade. O PEBD é um tipo de polímero etilênico. O polímero é um material formado por uma cadeia de carbono e hidrogênio e outro elemento não metálico. Eles possuem longas estruturas moleculares. (CALLISTER, 2002).



**Figura 18** - Matéria-prima da Telha Tubo  
Fonte: <http://www.trilhaverde.com.br/ecotelha.asp> (2008)

O polietileno é a resina termoplástica mais utilizada no mundo, representando cerca de 40% total do mercado de resinas. (GOMES, DVORSAK E HEIL, 2005). Ele é um polímero parcialmente cristalino e flexível. É inerte a maioria dos produtos químicos comuns, devido a sua natureza parafínica, seu alto peso molecular e sua estrutura parcialmente cristalina. Em condições normais, não é tóxico e pode ser usado em embalagens para alimentos (COUTINHO, MELLO E SANTA MARIA, 2003). Cinco tipos de polietilenos podem ser produzidos, dependendo das condições reacionais e do sistema catalítico

empregado na polimerização: um desses tipos é o polietileno de baixa densidade - PEBD. Eles se diferenciam pela presença de ramificações na cadeia polimérica, o que altera suas propriedades.

O PEBD é parcialmente cristalino (50% a 60%) e possui ponto de fusão entre 110°C e 115°C. Apresenta como propriedades tenacidade, alta resistência ao impacto, alta flexibilidade, boa processabilidade, alta resistência a água e baixa permeabilidade. A tabela 06 elenca as propriedades físicas do PEBD.

As principais aplicações do PEBD são filmes para embalagens industriais e agrícolas e para embalagens de alimentos líquidos e sólidos, filmes laminados e plastificados para alimentos, embalagens para produtos farmacêuticos e hospitalares, brinquedos e utilidades domésticas, revestimentos de fios e cabos, tubos e mangueiras. A Figura 19 mostra a distribuição do uso do PERD nos diversos setores industriais brasileiros.

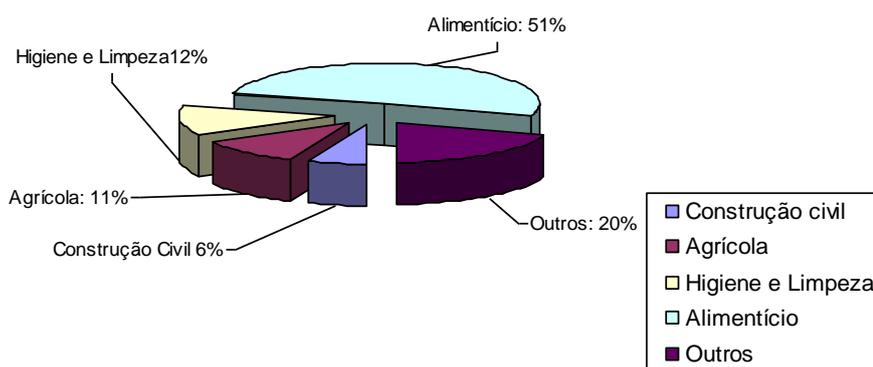
**Tabela 06:** Propriedades do PEBD (Adaptada)

<b>PROPRIEDADES DO PEBD</b>	
<b>PROPRIEDADE</b>	<b>PEBD</b>
Densidade g/cm <sup>3</sup>	0,912 – 0,925
Temperatura de fusão cristalina °C	102 - 112
Índice de Refração n <sub>d</sub>	1,51 – 1,52
Tração no escoamento MPa	6,2 – 11,5
Alongamento no escoamento %	100 - 800
Resistência à tração MPa	6,9 - 16
Alongamento máximo %	100 - 800
Módulo elástico MPa	102 - 240
Dureza Shore D	40 - 50

Fonte: Coutinho, Mello e Santa Maria (2003)

Segundo Gomes, Dvorsak e Heil (2005), o uso do PEBD tem baixa taxa de crescimento, cerca de 2%, devido ao seu custo mais elevado que os outros tipos de polietileno. Isso decorre do seu processo de produção, em alta pressão.

### Distribuição em Aplicações de PEBD



**Figura 19:** Distribuição em Aplicações de PEBD (Adaptada)  
Fonte: Gomes; Dvorsak; Heil (2005)

## 4.2.2 – Processo produtivo da telha tubo

O processo produtivo da ecotelha é relativamente simples. A matéria-prima é recebida pela fábrica e é armazenada em silos. Os tubos são levados manualmente pelo operador para o triturador mecânico (Figura 20.a), que transforma o material em pedaços milimétricos, mostrado na Figura 20.b.

O triturado tem uma saída para uma bandeja, mostrado na Figura 21.a, onde todo o material é depositado e espalhado manualmente, conforme mostrado na Figura 21.b. Uma vez espalhado o material, a bandeja é levada para uma prensa, aquecida a uma temperatura de 180°C, mostrado nas Figuras 22a e 22b. Em seguida vai para a forma que apresenta as

ondulações da telha, como mostrado nas Figuras 23a e 23b. Depois de prensada, a telha segue para a máquina de corte que aparece nas Figuras 24a e 24b, de onde sai com suas dimensões de comercialização.



**Figura 20.a:** Embalagem de creme dental em triturador  
Fonte: SEBRAE, 2009



**Figura 20.b:** Embalagem de creme dental em triturador  
Fonte: SEBRAE, 2009



**Figura 21.a:** Polietileno triturado - saída para bandeja  
Fonte: SEBRAE, 2009



**Figura 21.b:** Polietileno triturado espalhado manualmente na bandeja  
Fonte: SEBRAE, 2009



**Figura 22.a:** Prensa aquecida à 180°C  
Fonte: SEBRAE, 2009



**Figura 22.b:** Prensa aquecida à 180°C  
Fonte: SEBRAE, 2009



**Figura 23.a:** Forma de ondulação da telha  
Fonte: SEBRAE, 2009



**Figura 23.b:** Forma de ondulação da telha  
Fonte: SEBRAE, 2009

O processo de fabricação da ecotelha não é automatizado. Há intervenção constante de mão-de-obra humana durante o processo produtivo. Homens transportam os tubos para o triturador e misturam com um bastão o seu volume para que todo o material seja alcançado pelas facas cortantes. Eles também espalham com as mãos o material nas bandejas e as transportam para a prensa. Retiram o material da prensa e transportam para máquina de corte, conduzindo a máquina neste processo.



**Figura 24.a:** Máquina de corte  
Fonte: SEBRAE, 2009



**Figura 24.b:** Máquina de corte  
Fonte: SEBRAE, 2009

Todo o resíduo do processo de fabricação retorna para a produção, inclusive telhas prontas que, após verificação não passaram pelo controle de qualidade e o pó, resultante do corte das telhas e limpeza das máquinas.

### 4.2.3 – Propriedades da telha tubo

O laudo de ensaios laboratoriais realizado com um lote de telha tubo, emitido pelo Centro Tecnológico de Controle da Qualidade L. A. Falcão Bauer que consta no Anexo B. Dele são extraídos os seguintes resultados:

- carga de ruptura a flexão: 2.683 N/M;
- teor de absorção de água média: 0,00%;
- índice de permeabilidade: compatível com o estabelecido em norma para telhas de fibrocimento, sem apresentação de vazamento ou bolhas no lado oposto ao submetido à água.

A telha tetrapak , produzidas com resíduo de embalagem de leite longa-vida (polietileno, alumínio e celulose), muito semelhante à composição da telha-tubo, submetida a ensaio específico, apresentou temperatura superficial de 47°C, enquanto que a telha cerâmica

apresentou o resultado de 41°C. Já a temperatura no interior foi de 22°C e 23,5°C, respectivamente, para as duas telhas. (Vechia, 2002 upud Cerqueira, 2009)

Araujo, Morais e Altides (2008) afirmam que a telha feita com embalagem tetrapak reciclada (polietileno, alumínio e celulose), por ter alumínio em sua composição, atua na reflexão solar, deixando o ambiente com a temperatura mais agradável. Possui mais eficiência térmica quando comparada a telha de fibrocimento. A telha-tubo tem sua composição semelhante a da telha tetrapak

Seus fabricantes atribuem mais propriedades positivas a telha-tubo, sem porém comprovar através de laudos técnico. São elas:

- Elevada resistência a ação dos raios ultra-violeta e infravermelho;
- Bom isolante térmico (30% a 40% menos calor que telhas de amianto)
- Bom isolante acústico;
- Material auto-extinguível, não propaga chamas.
- Totalmente reciclável após sua vida útil.

É também um material leve, resultando em economia na estrutura de suporte, inquebrável e com boa reciclabilidade. Não sofre com ataques de umidade e agentes químicos em geral.

### **4.3 – Telha Taubilha**

As telhas de taubilha são telhas pequenas, planas, artesanais, produzidas com madeira Pinus provenientes de áreas de manejo florestal. É considerada uma telha ecológica por ter como matéria-prima madeira proveniente de área reflorestada, considerada uma alternativa ecológica para a preservação da madeira de lei. Nas áreas de manejo florestal é permitida a retirada de madeira sem que haja prejuízo do meio ambiente. Essa permissão está

prevista no artigo 12, do Código Florestal Brasileiro elaborado pelo MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE (2008):

Art. 12. Nas florestas plantadas, não consideradas de preservação permanente, é livre a extração de lenha e demais produtos florestais ou a fabricação de carvão. Nas demais florestas, dependerá de norma estabelecida em ato do Poder Federal ou Estadual, em obediência a prescrições ditadas pela técnica e às peculiaridades locais.

As telhas Taubilha são usadas para cobertura de quiosques, como apresentado na Figura 25 e residências, principalmente aquelas com arquitetura rústica. Possibilita o assentamento em telhados com grandes ângulos de inclinação, fator que viabiliza o seu uso em edificações localizadas em cidades onde há temporada de neve. Para cobertura de residências, requer o uso de manta sobre a estrutura de suporte.



**Figura 25** - Telha Taubilha na cobertura de quiosque

### 4.3.1 – Caracterização da matéria-prima da telha Taubilha

A telha Taubilha é produzida com madeira Pinus reflorestada, tratada contra agentes biológicos com CCA – arseniato de cobre cromatado. Para cobertura de telha Taubilha em telhados residenciais, é necessário o uso de manta de impermeabilização.

#### 4.3.1.1 - A Madeira Pinus

Existem várias espécies de madeira de Pinus, entretanto, segundo seus fabricantes, a espécie mais utilizada na produção da telha Taubilha é o Pinus Taeda. Essa espécie é proveniente de florestas plantadas e é muito usada em peças serradas, devido à possibilidade do seu controle genético, melhorando a espécie através de seleção de matrizes e reprodução controlada. Com essa medida, obtém-se madeira com melhor qualidade de fuste e baixa incidência de defeitos. (Shimizu, 2006). A Tabela 07 mostra as propriedades da madeira Pinus Taeda na fase adulta e juvenil do lenho, com plantios de 18 e 30 anos, plantados no Brasil.

**Tabela 07** – Propriedades da madeira Pinus Taeda na fase adulta e juvenil do lenho (adaptada)

PROPRIEDADE	Lenho juvenil		Lenho adulto	
	18 anos	30 anos	18 anos	30 anos
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	0,44	0,46	0,55	0,59
Módulo de ruptura (Kgf /cm <sup>2</sup> )	497	638	1.065	941
Tensão Limite (Kgf /cm <sup>2</sup> )	232	335	590	483
Módulo de elasticidade (Kgf /cm <sup>2</sup> )	61.200	88.333	153.300	160.438

Fonte: Matos (2002)

### **4.3.1.2 - O CCA – Arseniato de Cobre Cromatado**

O CCA - arseniato de cobre cromatado é um preservativo de madeira a base de óxido hidrossolúvel, composto de cobre, cromo e arsênio. Segundo Lepage et. al. (1986), esse preservativo foi desenvolvido inicialmente na Escócia (1926), depois na Escandinávia (1932), tendo diferentes composições de elementos químicos. O CCA começou a ser usado no Brasil em 1930, sendo que, nos últimos 40 anos, seu uso vem aumentando e sua formulação vem sendo modificada. Hoje é apresentado na forma de sais cristalinos, pastas e líquidos concentrados. É o preservativo de madeira de mais larga utilização.

O cobre é um poderoso fungicida, o arsênio é um poderoso inseticida e o cromo um eficiente fixador. Por serem óxidos, esses três elementos químicos distribuem-se nas fibras da madeira e o cromo promove a fixação dos demais elementos nas células da madeira, promovendo a imunização da mesma contra agentes degradadores.

Segundo o fabricante do produto, a empresa Montana S.A., o CCA possui diversas vantagens quando aplicado na preservação de madeira, principalmente as de uso na construção civil que estão sujeitas a agentes físicos, químicos e biológicos:

- Possui ação inseticida e fungicida, protegendo a madeira de ataques de organismos xilófagos (deterioradores da madeira) como insetos, fungos apodrecedores e perfuradores marinhos;
- É indicado para situações de maior agressividade biológica pela eficiência na proteção da madeira;
- Não exala vapores ou odores na embalagem, durante a aplicação ou na madeira tratada;
- Garante segurança e longevidade para as madeiras de reflorestamento;
- Possui boa penetração e boa retenção na madeira;
- Não deixa resíduos superficiais na madeira tratada;

- Não altera condutividade elétrica da madeira por ser um produto à base de óxidos;
- Não altera a combustibilidade da madeira e não aumenta a corrosividade aos metais em contato com ela;
- Confere durabilidade aos acabamentos de superfície aplicados na madeira.

Em contrapartida, segundo Lapage et. al. (1986), o CCA produz a perda da resistência da madeira tratada, principalmente a tenacidade. Isso se deve as alterações do PH quando da reação dos componentes da fórmula com os elementos da madeira.

O CCA é apresentado em diferentes formulações, variando a concentração dos seus componentes. Segundo Jankowsky, Barillari, Freitas (2002), três variações do CCA são as mais freqüentes no mercado. Na tabela 08 é apresentado o percentual de cada componente na formulação desses três tipos. O CCA usado nas telhas Taubilha é o tipo C.

**Tabela 08** – Formulação dos diversos tipos de CCA (adaptada)

<b>FORMULAÇÃO DOS DIVERSOS TIPOS DE CCA</b>			
<b>COMPONENTE</b>	<b>TIPO A</b>	<b>TIPO B</b>	<b>TIPO C</b>
Cromo – CrO <sub>3</sub>	65,5%	35,3%	45,5%
Cobre - CuO	18,1%	19,6%	18,5%
Arsênio – As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	16,4%	45,1%	34,0%

Fonte: Jankowsky, Barillari, Freitas (2002)

O produto é recebido na fábrica em recipientes plásticos, contendo 1.000 litros de CCA, totalizando a embalagem mais o produto 1.850 Kg. (Figura 26) Esses recipientes são armazenados local fechado, com piso de cimentado liso e com um pequeno dique com tubulação ligando ao tanque de CCA. Em caso de derrame acidental do produto, este cai no dique que o transporta para o tanque. Depois de vazios, os recipientes retornam para o fabricante do produto.

Os mesmos fabricantes do CCA produzem um material menos agressivo, substituindo o arsênio pelo boro: o CCB – Borato de Cobre Cromatado. Tanto o arsênio como o boro possuem ação inseticida. Segundo Lapage et. al. (1986), o CCB começou a ser comercializado na Alemanha, em 1960.

De acordo com a Montana S.A., o CCB não deixa resíduos superficiais na madeira, não exala vapores ou odores na aplicação ou uso e é um produto formulado a base óxido, razão pela qual mantém inalterada a condutividade elétrica da madeira. Não altera a combustibilidade da madeira e não aumenta a corrosividade dos metais que estão em contato com ela.

O CCB é uma alternativa menos tóxica no tratamento de madeiras, porém não é utilizado pelos fabricantes das telhas taubilha aqui estudadas.



**Figura 26** - Recipientes de CCA

### **4.3.1.3 - A Manta de Impermeabilização**

Nos telhados residenciais, é recomendado o uso de manta de impermeabilização para compor o sistema de cobertura com telhas Taubilha. Essa manta é composta de alumínio

em duas faces e reforço de polietileno no meio. A Figura 27 mostra o telhado sendo preparado com manta de alumínio para receber a telha Taubilha. Pode-se observar a disposição das ripas de madeira formando uma malha quadrada, intercalando a manta. As ripas verticais ficam sob a manta e as ripas horizontais sobre as mesmas.

A manta de alumínio e polietileno possui boa resistência ao rasgo, boas propriedades térmicas e não propaga fungos, bactérias e fogo. Possui resistência a tração de 9,26 Kg/cm, no sentido longitudinal e de 8,16 Kg/cm, no sentido transversal. Possui, principalmente, funções impermeabilizantes.



**Figura 27** - Telhado sendo preparado com manta de alumínio para receber telha Taubilha

### **4.3.2 – Processo produtivo da telha Taubilha**

Foi observado, através de uma pesquisa “in loco”, o processo produtivo da telha Taubilha que é composto de duas etapas: a primeira consiste em um processo mecânico e manual que transforma as tábuas de Pinus em telhas; e a segunda, consiste em um processo

automatizado que trata as telhas com o preservativo CCA. A primeira etapa do processo se inicia com o recebimento das tábuas de Pinus com largura de 14 cm e espessura de 3 cm. Estas tábuas são armazenadas em galpão coberto em lugar próximo as máquinas de produção.

Para que o processo de impregnação do CCA na madeira seja eficiente, está deve estar com baixa umidade, abaixo de 35%. Logo, é realizada uma medição da umidade da madeira recebida com um medidor digital, mostrado na Figura 28. Caso a madeira não esteja conforme com o limite de umidade estabelecido, está vai para secagem ao ar livre, até atingir o índice de umidade ideal.



**Figura 28** – Medidor digital de umidade da madeira

As tábuas aprovadas para entrada na linha de produção são passadas em uma plaina que divide a madeira em duas pela espessura e confere as ranhuras em uma face de cada tábua. Assim, a saída desse processo são duas tábuas com o mesmo comprimento da tábua inicial, porém com espessura de 1,5 cm, plainada em uma face e ranhurada na face oposta. A figura 29 mostra a plaina mecânica utilizada nesse processo.



**Figura 29** - Plaina Mecânica

As tábuas seguem para uma bancada de serra dotada de um gabarito com o comprimento final das telhas – 48 cm – onde elas são cortadas. A saída desse processo são retângulos de madeira, medindo (48 x 14 x 1,5) cm. Esse material é empilhado na mesa ao lado, onde há outra serra que faz o desenho final da telha. As três máquinas envolvidas trabalham muito próximas, de modo que seus operadores possam transportar a saída de um processo para dar entrada no posterior. As Figuras 30 e 31 mostram as máquinas de corte e desenho da telha em serviço, respectivamente.



**Figura 30** - Máquina de Corte da Telha



**Figura 31** - Máquina de corte do desenho da telha

O galpão de produção que abriga a primeira etapa do processo de produção das telhas de madeira está acoplado a um grande aspirador de resíduos sólidos, com tubulação ligada a cada máquina envolvida no processo. Esse resíduos de produção – pó de serra e maravalha – é vendido para utilização em outros fins, como lastro de baias de animais.

Uma vez confeccionadas, as telhas de pinus são empilhadas em paletes, amarradas em lotes de 1.200 unidades, mostrado na Figura 32, seguindo em empilhadeiras para outro pátio, a fim de iniciar a segunda etapa do processo produtivo que é o tratamento das peças de madeira pelo processo de vácuo e pressão. As telhas são colocadas em vagonetas que seguem por trilho para entrada no cilindro autoclave. Este cilindro consiste em um conjunto de bombas, tanques, tubulações e instrumentos de controle de operação. Depois da entrada do lote de madeira a ser tratada, o cilindro é hermeticamente fechado, conforme mostra a Figura 33.



**Figura 32:** Telhas taubilha empilhadas em paletes

Dentro do cilindro autoclave, a madeira recebe um vácuo inicial que retira parcela dos resíduos de umidade e de ar presente em sua estrutura. Ainda sob vácuo, o cilindro recebe o CCA, vindo de um tanque a ele acoplado, cuja quantidade é controlada através de hidrômetro. A solução é injetada na madeira sob pressão até a total saturação. A pressão é aliviada e o produto excedente retorna para o tanque de origem. Por fim, há um vácuo final para retirada do excesso de produto da superfície da madeira que retorna para o tanque.

De acordo com Lepage et. al. (1986), o vácuo final provoca um desbalanceamento da fórmula do CCA, aumentando a proporção relativa à sais de cobre e diminuindo a proporção de sais de cromo, mantendo o arsênio sem variações substanciais. Se não for corrigido, no fim de algumas seções de tratamento, o CCA do tanque poderá ter uma formulação bem diferente da inicial. A constante complementação do tanque com CCA balanceado é uma alternativa para correção desse desvio.



**Figura 33:** Cilindro autoclave para impregnação de CCA – Vistas frontal e lateral

A madeira que sai do cilindro autoclave vem totalmente impregnada de CCA, com o produto escorrendo pelas suas superfícies. A vagoneta é encaixada no trilho de volta e

puxado através de cabo de aço. Este trilho possui concavidade e inclinação para possibilitar que o resíduo de produto que escorra sobre ele volte para o tanque de CCA.

A madeira impregnada é transportada através de empilhadeira para o pátio de secagem. Esse local possui piso cimentado liso com inclinação de descida de líquido e ladeado por calhas que levam o produto que escorre da madeira para o tanque de CCA.

Os funcionários envolvidos no processo de saída da madeira da autoclave usam equipamento de proteção individual – EPI, como capacete, máscara respiratória com filtro, óculos de segurança com proteção lateral, macacão de corpo inteiro confeccionado com algodão impermeável, mangas compridas passando por cima do punho das luvas e as pernas das calças por cima das botas, luvas e botas de borracha, de modo a evitar qualquer contato com o CCA. A figura 34 mostra um funcionário trabalhando do processo de saída de lote madeira impregnada de CCA do cilindro autoclave



**Figura 34:** Funcionário recebendo a madeira impregnada de CCA na saída do cilindro autoclave (vista frontal e lateral)

A fixação primária do produto ocorre em função da temperatura ambiente e está descrita na Tabela 09. O produto só pode ser comercializado após a fixação primária, pois, após essa fase, não há mais risco da substância contaminar pessoas que manuseiem a madeira.

Todo resíduo sólido que porventura fique no trajeto feito pela madeira impregnada é varrido, colocados em recipientes fechados e enviados para CETREL – Proteção Ambiental S.A., empresa localizada em Camaçari, especialista em tratamento e disposição de resíduos industriais.

A vantagem do tratamento da madeira aplicando preservativo através de pressão é a eficiência na distribuição e penetração do produto nas células da madeira. Entretanto possui algumas desvantagens como o alto custo do cilindro autoclave e seus acessórios, alto custo da manutenção dos equipamentos e necessidade de mão-de-obra especializada (LAPAGE et.al., 1996). A energia utilizada na produção das telhas Taubilha é a elétrica e a fábrica produz 6.000 telhas por dia. São utilizadas 38 telhas para execução de 1 m<sup>2</sup> de telhado.

**Tabela 09:** Tempo de fixação primária do CCA na madeira após aplicação

<b>TEMPO DE FIXAÇÃO PRIMÁRIA DO CCA NA MADEIRA APÓS APLICAÇÃO</b>	
<b>TEMPERATURA AMBIENTE EM °C</b>	<b>TEMPO EM HORAS</b>
10	240
25	72
90	2

Fonte: Montana S.A (adaptada pelo autor)

### **4.3.3 – Propriedades da telha taubilha**

Nenhum laudo laboratorial foi apresentado pela fábrica de telhas taubilha, com resultados que comprovassem suas propriedades. A resistência de ruptura à flexão é a mesma

apresentada pela madeira Pinus Taeda usada na sua produção, variando 497 a 1065 Kgf/cm<sup>2</sup>. Devido ao tamanho reduzido da peça, a telha taubilha essa resistência pode ser bem satisfatória. Ela possui dimensões de 48 cm de comprimento, 14 cm de largura e 1,4 cm de espessura, com peso unitário de 0,600 kg. Segundo seus fabricantes, apresentam um teor de absorção de água menor que 35%. Sua cor, em geral, é esverdeada devido ao CCA, porém aceita tinta de acabamento.

## **5. GERAÇÃO DO CONCEITO DE UMA TELHA ECOLÓGICA REFERENCIAL**

É muito difícil para o projetista ou construtor decidir qual material utilizar em determinada edificação, principalmente quando se trata de optar por um produto não convencional, que não tenha a tradição de uso a seu favor.

Os produtos ecológicos, alternativos aos tradicionais, com propostas de preservação do meio-ambiente, tanto na produção, quanto na vida útil e descarte, trazem também a dúvida quanto ao seu desempenho e durabilidade. Esses produtos não estão no mercado há tempo suficiente para provar, através do uso, que desempenharão, a função a que foram destinados na edificação. Isso não acontece com os materiais convencionais, que, pelo largo uso e tempo no mercado, já têm seu desempenho comprovado através da experiência. Os consumidores têm conhecimento acerca das suas possibilidades e das suas limitações e, assim, têm mais segurança na sua aplicação. Entretanto, a preocupação com o meio ambiente é crescente, o que implica na necessidade de substituição de materiais tradicionais não amigáveis ao planeta por produtos mais sustentáveis.

A geração de um conceito referencial de telha mais sustentável busca fornecer um parâmetro para análise das telhas existentes no mercado que subsidiem a escolha de um produto mais adequado, atendendo a requisitos técnicos, econômicos, ambientais e sociais.

Para conceber critérios referenciais para a telha ecológica, foram consideradas algumas técnicas para desenvolvimento de novos produtos proposta, por Baxter (1995), tais como a análise da tarefa, análise da função e seleção do conceito referencial.

## **5.1. – Análise da Tarefa**

Segundo Baxter (1995), a análise da tarefa é uma técnica descritiva que consiste em examinar como o usuário interage com o material e, assim, buscar um conceito que objetive melhorar a interface homem-produto.

No caso específico da telha, a interação do homem com o produto se dá na execução da cobertura e não no uso da mesma pelo usuário da edificação pronta, onde o telhado está inserido como parte integrante. Essa interação acontece no momento do transporte da telha do fornecedor do material para o local de aplicação e na execução do telhado.

Foi feita uma análise de cada tarefa a ser desenvolvida na execução do telhado, a fim de chegar aos requisitos necessários para a telha, relacionados no Quadro 03. A reunião de todos esses requisitos resulta em uma situação ideal. O que se espera de uma telha ecológica é que suas características tendam para o ideal, sempre em consonância com os outros aspectos que serão avaliados ao longo deste trabalho.

Com a análise das quatro tarefas apresentadas no Quadro 03, pode-se chegar aos primeiros requisitos para a telha ecológica parâmetro:

- Baixo peso;
- Dimensões que possibilitem o transporte manual pelo homem;
- Dimensões, peso e resistência mecânica à flexão que viabilizem estrutura de suporte mais econômicas;
- Material com baixa fragilidade, tendendo para inquebrável;

- Não liberar material tóxico para o meio ambiente, através de manuseio e lixiviação durante a execução e o uso.

**Quadro 03** – Análise da Tarefa

Nº	TAREFA	ANÁLISE	REQUISITO
1	Transporte da telha do fornecedor até o canteiro de obra	Quanto mais pesada é a telha, mais lento e caro é o frete de material. As dimensões da telha precisam ser adequadas ao homem, possibilitando que ele possa transportá-la manualmente.	Baixo peso; Dimensões ideais que permita o homem carregar manualmente.
2	Transporte vertical da telha	Em geral, as coberturas estão, no mínimo à 3,00 metros do nível do chão, onde é necessário içar verticalmente as telhas para a execução do telhado. O transporte vertical de materiais está sujeito a quedas, ocasionando perdas e possíveis acidentes.	Baixo peso; Dimensões ideais para possibilitar o transporte pelo homem; Ser um material inquebrável.
3	O material é colocado sobre uma estrutura previamente executada	A estrutura deve ser simples e econômica, com baixo volume de material	Dimensões ideais para economia de estrutura de suporte Baixo peso Alta resistência mecânica à flexão.
4	O material é manuseado pelo homem durante o transporte e a execução do telhado	A saúde humana deve ser preservada, logo o homem não deve ter contato com produtos tóxicos que a prejudique	O material não deve liberar material tóxico para o meio-ambiente

Há uma incompatibilidade entre os requisitos de dimensões previstos no Quadro 03. De um lado, necessita-se de uma telha com dimensões que sejam compatíveis com o transporte manual pelo homem, em tempo de sua instalação na cobertura, o que resultaria em telhas com menores dimensões. Do outro, é necessário dimensões que possibilitem uma estrutura de suporte mais econômica; isso é possível, aliando-se maiores dimensões com alta resistência mecânica à flexão. Há de se ponderar que uma estrutura de suporte mais econômica reduz a quantidade de material nela empregado. Como a maioria das estruturas é feita com madeira ou aço, uma redução de material favoreceria ao meio ambiente. Logo é mais viável, uma telha com maiores dimensões, mesmo sendo mais difícil o transporte

manual. Hoje, já existem equipamentos que auxiliam o homem no transporte da telha em tempo da instalação.

## 5.2. – Análise da Função

Segundo Baxter (1995), a análise da função é uma técnica analítica que visa a elaboração de requisitos para o novo produto, analisando o propósito a que este se destina.

Segundo esse autor, a função de um produto pode ser classificada em:

- Função principal: é aquela que encerra a finalidade principal da existência do produto; determina qual utilidade primeira que o produto oferecerá ao consumidor. Dessa função derivam todas as outras.
- Funções de uso: são aquelas que permitem o funcionamento do produto e podem ser básicas ou secundárias. São também mensuráveis.
- Função básica: é aquela que permite o funcionamento do produto.
- Funções secundárias: consistem em várias funções que dão suporte e melhoram a função básica;
- Função de Estima: são aquelas que seduzem o consumidor em relação ao produto, despertando o desejo de adquiri-lo. São de natureza subjetiva.

Além de todas essas funções, outro conceito importante na concepção de um produto é o de valor. Esse conceito está diretamente ligado ao consumidor e determina quanto este está disposto a pagar pelas funções presentes no produto.

Todos esses conceitos foram trazidos para o caso particular de telha para cobertura de edificações. A vedação horizontal constitui sua função principal e sua função básica é cobrir a face horizontal superior das edificações (teto), impedindo a interação do ambiente interior com o meio ambiente externo, por meio desta face da edificação. A partir

das funções principal e básica, derivam outras funções que são correlatas com as propriedades inerentes às telhas como material de construção, a saber:

- Proteger horizontalmente o edifício contra a passagem de sólidos, ação ambiental de água e vento;
- Proteger horizontalmente o edifício contra a passagem do calor exterior;
- Não propagar chamas, em caso de incêndio;
- Resistir mecanicamente à flexão, quando executada sobre estruturas mais econômicas;
- Ter vida útil compatível com a durabilidade das edificações;
- Contribuir esteticamente com a edificação;
- Ter um custo compatível com as funções a que se propõe

Analisando essas funções, pode-se estabelecer mais requisitos para a telha ecológica referencial:

- Resistência mecânica à flexão;
- Baixo índice de absorção de água;
- Alto índice de impermeabilidade;
- Bom isolante térmico;
- Material não propagador de chamas;
- Material com durabilidade;
- Material com apelo estético;
- Material que aceite acabamento em cores

O Quadro 04 classifica as funções da telha, segundo a classificação proposta por Baxter (1995).

**Quadro 04:** Classificação das funções da telha

CLASSIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES DA TELHA					
FUNÇÃO	PRINCIPAL	BÁSICA	SECUNDÁRIA	USO	ESTIMA
Vedação horizontal	X				
Cobrir a face superior da Edificação		X			
Proteção horizontal contra passagem de líquidos			X	X	
Proteção horizontal contra passagem de temperatura			X	X	
Resistir mecanicamente à flexão, quando executada sobre estruturas mais econômicas			X	X	
Impedimento de propagação de fogo			X	X	
Durabilidade			X	X	
Estética			X		X
Economia			X	X	

Fonte: Baxter (1995) – adaptada pelo autor

### 5.3 – Seleção do Conceito da Telha Ecológica Referencial

A geração do conceito se dá pela seleção dos requisitos que, em um conjunto harmônico, formam um produto ideal para ser usado pelo consumidor, desempenhando as funções para a qual é destinado de forma satisfatória.

Segundo Callister (2002), na engenharia dos materiais é imprescindível a análise de quatro aspectos quando da concepção de um novo produto: os aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais. Todos foram avaliados teoricamente para seleção de um novo conceito de telha ecológica.

#### 5.3.1 - Os aspectos técnicos

Por meio da associação dos requisitos fruto da análise da tarefa e da função, pode-se obter os requisitos técnicos para uma telha referencial:

- Resistência mecânica à flexão adequada;

- Dimensões e peso adequados à estrutura de suporte mais adequada
- Baixo índice de absorção de água;
- Alto índice de impermeabilidade;
- Bom isolante térmico;
- Baixo índice de propagação superficial de chamas;
- Alta durabilidade;
- Aceitação revestimento com tintas de acabamento

Alguns dos requisitos acima relacionados possuem parâmetros quantitativos estabelecidos em normas técnicas para as telhas presentes no mercado. A telha referencial deve atender a esses parâmetros de modo a ser compatível para substituição das telhas existentes.

A norma NBR 15.210-1/2005 – “Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios Parte 1 - Classificação e requisitos” é um documento que atenta para introdução de novos produtos no mercado. Assim, ela estabelece valores referenciais para carga de ruptura à flexão em telhas onduladas sem amianto em sua composição, classificando-as em uma escala de 1 a 10, tendo as telhas classe 1 menores dimensões e menor resistência à flexão. Já as telhas classe 10, são as que possuem maiores dimensões e maior resistência à flexão. Esta classificação está de acordo com amplitude da ondulação, que é estabelecida através da categoria da telha, variando de A até D, para menores e maiores altura da onda, respectivamente. Os valores de carga de ruptura à flexão variam de 600 N/m até 7.400 N/m, como é visto no Quadro 05.

**QUADRO 05** - Carga mínima de ruptura à flexão por metro de largura da telha de fibrocimento sem amianto, de acordo com categoria e classe

CATEGORIA	CARGA MÍNIMA DE RUPTURA À FLEXÃO (N/M)									
	CLASSES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A ( $15 \leq h \leq 25$ ) – ondas pequenas	600	800	1000	1400	-	-	-	-	-	-
B ( $25 \leq h \leq 40$ ) – ondas médias	-	800	1000	1400	2000	2500	3300	-	-	-
C ( $40 \leq h \leq 60$ ) – ondas grandes	-	-	-	-	-	2500	3300	4250	-	-
D ( $60 \leq h \leq 150$ ) – ondas muito grandes	-	-	-	-	-	-	-	4250	5600	7400

Fonte: ABNT NBR 15.210-1/2005 (Adaptada pelo autor)

A norma NBR 7581/93 – “Telha ondulada de fibrocimento”, para a telha que contem amianto estabelece valores de resistência à flexão variando de 4.000N/m a 6.500N/m, de acordo com a espessura da telha, estabelecida entre de 5mm a 8mm. Esses valores satisfazem a demanda técnica para o fim que a telha se propõe. No caso de uma nova telha, o requisito resistência à flexão estará atendido. A tabela 10 mostra os valores determinados em norma para telhas de fibrocimento com amianto em sua composição.

**Tabela 10** – Carga de ruptura à flexão mínima admissível para telha de fibrocimento com amianto**CARGA DE RUPTURA MÍNIMA ADMISSÍVEL**

Espessura da Telha (mm)	Carga mínima de Ruptura à flexão (N/m)
5	4000
6	5000
8	6500

Fonte: ABNT NBR 7.581/1993

Para a telha cerâmica também existem parâmetros normativos pré-determinados. A NBR 15310/09 – “Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio” estabelece valores mínimos para carga de resistência à flexão, sendo 1.300N para

telhas tipos romanas, compostas de encaixe e 1.000N para as demais telhas. Assim, as telhas que pretendam substituí-las devem obedecer à esses parâmetros.

Quanto às dimensões da telha, o ideal seria um material com menor peso por metro quadrado e com dimensões que possibilitem o transporte manual pelo homem, quando da execução. Porém, este fator não deve ser avaliado isoladamente, e sim em conjunto com alguns outros, visto que, as telhas que possuem maiores dimensões, vencem maiores vãos e, conseqüentemente requerem uma estrutura de suporte bem mais econômica, o que traz um ganho para o meio-ambiente. Neste caso, vale um estudo mais criterioso do construtor, que avalie o custo da mão-de-obra e do transporte do material, o volume da estrutura de suporte e das características compositivas da edificação para que, por meio desta análise, escolha o tamanho da telha que seja ideal para cada caso. É necessário, contudo, que as telhas ecológicas apresentem variedades de dimensões para possibilitar esta escolha.

Para padronizar as variedades de dimensões deve-se considerar, em conjunto, a resistência à flexão, buscando aliar dimensões, peso e resistência. Vale, então, adotar as dimensões estabelecidas em norma para a telha de fibrocimento sem amianto, prevista na NBR 15.210-1 e os ensaios de controle geométrico estabelecido na NBR 15.210-2/2005 – “Telha ondulada de fibrocimento sem amianto – Ensaios”, bem como as estabelecidas na NBR 15310/09 para telhas cerâmicas, quando se tratar de telhas similares a estas.

A NBR 7.581/93 – Telha ondulada de fibrocimento, estabelece, ainda, parâmetros para índice de absorção de água - menor ou igual a 37% - e índice de impermeabilidade. As telhas ecológicas podem ser submetidas ao mesmo tipo de ensaio estabelecido nas normas NBR 6.470/93 - “Telha ondulada de fibrocimento – Determinação da absorção de água - Método de ensaio” e adotar o mesmo valor referencial. Para as telhas cerâmicas este requisito normativo é um pouco menor, 20%. Em relação à impermeabilidade, a NBR 15.210-1/2005 estabelece parâmetros e reporta NBR 15.210-2/2005 com a indicação de método de ensaio. Os

ensaios para as telhas cerâmicas estão estabelecidos na NBR 15310/09. Submetidas ao ensaio de impermeabilidade, as telhas não devem apresentar formação de bolhas, sendo aceitável a apresentação de umidade na sua face inferior. Esses parâmetros também podem ser adotados para telha ecológica referencial.

Outro requisito técnico importante para o meio ambiente que não está contemplado em normas técnicas é o isolamento térmico. Ele incide diretamente no consumo de energia durante a vida útil da telha, como parte integrante da edificação, por meio do uso de condicionadores de ar..

O conjunto de normas NBR 15.220/2003 estabelece parâmetros de cálculos para o desempenho térmico em edificações. A NBR 15.220/2003 parte 2 apresenta uma tabela contemplando valores de condutividade térmica, calor específico e densidade de massa aparente para alguns materiais de construção, dentre eles a telha de barro e a placa de fibrocimento. Entretanto, o próprio conteúdo da norma deixa claro que esses valores não têm caráter restritivo, sendo apenas uma indicação de valores para efeito de cálculo do desempenho térmico das edificações e aconselha que a melhor maneira de obtê-los é através de medições laboratoriais.

Apesar desta advertência, as normas brasileiras não estabelecem procedimento para obtenção dessas variáveis em laboratório para cada material de construção. A ISO 6946:2007: Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation methods descreve método de cálculo para obtenção de valores de resistência e transmitância térmica de elementos construtivos. Porém para obtenção desses dados há de se ter variáveis obtidas através de ensaios nos próprios materiais. Segundo a NBR 15.220-1 resistência térmica é o “quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário”, sendo a transmitância térmica o seu inverso.

De acordo com Castro et. al. (2003), há dificuldades entre pesquisadores do país para determinar a eficiência térmica de uma edificação por não haver conhecimento maior acerca das propriedades térmicas dos materiais de construção nela envolvidos. Alguns dados são retirados de publicações estrangeiras, não havendo garantia que esses materiais são realmente os utilizados no Brasil.

No entanto, alguns estudos existem no Brasil acerca da eficiência térmica de algumas telhas. Savastano Jr. (1996), compara a eficiência térmica da telha com fibra de papel com a da telha de fibrocimento, concluindo que elas possuem comportamento semelhante no tocante a esta propriedade. Vecchia upud Cerqueira (2009) compara, em experimento, a absorção de calor externa e interna das telhas cerâmicas com as de polietileno e alumínio, concluindo que elas tem comportamento semelhante. Porém esse estudo não determina se estes números são bons ou ruins, apenas compara o desempenho das telhas existentes. Para a telha referencial será usado o mesmo critério: um desempenho comparável com o das telhas convencionais existentes.

O índice de propagação de chamas é também muito divulgado promocionalmente pelos fabricantes, porém não é contemplado em norma técnica. Ter em uma edificação materiais que tenham baixo índice de propagação de fogo é de extrema importância, principalmente em situações de emergência. É um fator que contribui para o meio ambiente pela preservação da segurança do usuário, bem como pela preservação da edificação total ou parcial, em caso de incêndio.

O índice de propagação de chama também não é contemplado normativamente como requisito técnico especificamente para telha, porém a NBR-9442/86 – “Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante”, descreve método para determinação dessa propriedade, em materiais de construção, em geral. Essa mesma norma estabelece uma escala de classes para materiais de

construção internos, no que concerne ao referido índice, que pode ser adotado para o caso específico da telha. No Quadro 06 consta a classificação do material segundo o índice de propagação de chamas de acordo com a NBR 9442.

<b>Quadro 06 – Classificação do Material de acordo com o índice de propagação superficial de chama</b>	
<b>CLASSE</b>	<b>FAIXA ÍNDICE DE PROPAGAÇÃO SUPERFICIAL DE CHAMA</b>
A	0 - 25
B	26 - 75
C	76 - 150
D	151 - 400
E	ACIMA DE 400
Fonte: Norma ABNT NBR 9.442/86	

Analisando os valores presentes no Quadro 06, infere-se que os materiais classe A contemplam uma situação ideal no que concerne a este requisito, enquanto que os materiais classe D estão em uma situação mais desfavorável. A NBR 9442/86 enfatiza:

O índice obtido por este ensaio é aplicável para medir e descrever a propagação superficial de chama nos materiais e não deve ser utilizado para fixar o grau de segurança contra incêndio; entretanto, os valores obtidos permitem verificar comparativamente qual o material mais conveniente para a segurança contra incêndio, por ocasião do levantamento dos fatores que fixam este grau de segurança para um projeto particular face a incêndio real.

Não há dados relativos às telhas estudadas acerca do índice de propagação de chamas. Apenas alguns fabricantes preconizam que suas telhas possuem baixo valor desse índice, sem, no entanto, quantificá-lo. Segundo a NBR 9442/86 não será estabelecido um parâmetro de índice de propagação de chamas para a telha referencial. Porém, a determinação desse fator servirá para indicar de forma comparativa se a telha é mais ou menos indicada para a segurança contra incêndio. Sendo um material classe A, a telha somará mais um fator positivo em seu papel no conjunto da edificação.

Outro quesito técnico importante diz respeito à durabilidade. É difícil estabelecer a durabilidade de um novo material, visto que ainda não foi submetido ao uso ao longo dos anos. A telha de fibrocimento tem durabilidade comprovada. Segundo a Eternit o hangar da

base aérea de Santa Cruz, no Rio de Janeiro que abrigava o zepelim, é coberto com as mesmas telhas de fibrocimento que foram colocadas na década de 40. E elas encontram-se em bom estado de conservação. De acordo com pesquisa realizada por Dias (2008) o cimento-amianto sofre com intempéries, o que causa a lixiviação da superfície. Isso pode prejudicar as telhas com menores espessuras, porém não a ponto de comprometer suas características mecânicas. Ele afirma que um cimento-amianto com 37 anos de idade apresenta desempenho mecânico semelhante a um novo disponível no mercado brasileiro.

A telha cerâmica sofre com a ação das intempéries, que trazem fungos e bactérias para sua superfície e oxidação, devido à presença de ferro na composição da argila vermelha. Porém, esse problema pode ser sanado, com a impermeabilização das peças e manutenção do telhado com lavagens periódicas, trazendo assim uma durabilidade longa ao material.

O quesito durabilidade é de extrema importância para as questões ambientais e deve ser observado nas telhas ecológicas. Sendo um produto durável, a demanda é menor, evitando o consumo de matéria-prima, ainda que reciclada ou renovável e o consumo de energia para fabricação do produto.

A NBR 15.210-1/2005 estabelece três ensaios que contribuem para obter dados preliminares acerca da durabilidade de uma nova telha. São eles os ensaios de água quente, de imersão e secagem e de calor e chuva. Esses ensaios têm como objetivo evidenciar a eventual degradação da telha devido a exposição prolongada ao tempo, à ciclos de saturação e secagem e à ciclos de calor e chuva, respectivamente. No final de cada ensaio, a telha deve apresentar aspecto visual bom, sem apresentação de fissuras ou outros defeitos. Nos dois primeiros é feita uma análise da resistência à flexão, investigando uma eventual perda, sendo que o quociente (L) entre a resistência da peça depois de submetida ao ensaio e a resistência da peça antes do ensaio não deve ser inferior a 0,7. Nenhuma das telhas denominadas ecológicas investigadas neste trabalho apresentou laudo com esse tipo de ensaio.

Analisando a função de estímulos, espera-se que a telha ecológica possua atributos estéticos que substituam as telhas hoje presentes no mercado. A telha cerâmica e a telha de taubilha possuem um apelo estético muito bom, sendo a primeira muito usada em cobertura de residências de alto padrão e a segunda em edificações rústicas. A telha cerâmica ainda se apresenta com acabamento branco natural (telha cerâmica branca) e a telha taubilha aceita revestimento com tinta em cores. É importante a aceitação de tintas de acabamento e de um desenho atrativo para as telhas ecológicas, de modo que o consumidor sinta-se seduzido a adquirir o produto, não apenas pelos seus atributos técnicos, mas também por embelezar a sua edificação. Entretanto, esta não é uma condição “sine qua non” para uma telha ser considerada ecológica.

As telhas de fibrocimento têm desenvolvido tecnologias para aceitação de tintas de acabamento, mas, até o momento, não foram lançadas no mercado telhas coloridas. A telha produzida com resíduo de papel é revestida com betume e, apesar de aceitar a tinta de acabamento modificando sua apresentação na cor preta, ela não consegue fixar a tinta por muito tempo, ficando a superfície logo desgastada. Isso interfere no aspecto visual, que a torna pouco atrativa, e aumenta a absorção de calor. Savastano (1996) afirma que a telha de papel pode ter eficiência térmica superior a da telha de fibrocimento quando ambas recebem revestimento com tinta branca. A telha tubo, por apresentar uma superfície impermeabilizada tem dificuldade para reter a tinta de acabamento. Como elemento compositivo, apresenta-se como uma telha multicolorida, com reflexos prateados, devido a presença do alumínio em sua composição.

### **5.3.2 - Os aspectos ambientais**

Para avaliar os aspectos ambientais lançou-se mão de da ferramenta de análise do ciclo de vida, que consiste em uma técnica analítica mais abrangente, com o fim de avaliar os

custos ambientais de cada estágio da vida do produto, desde a extração da matéria-prima do meio-ambiente, passando pelas etapas de fabricação, uso do produto pelo consumidor, até o seu descarte, no final da sua vida útil. Em todas essas fases foram avaliadas, de forma teórica e qualitativa, as entradas (matéria-prima, energia) e as saídas (resíduo sólido, efluentes líquidos e emissões atmosféricas). Assim, o Quadro 07 relaciona requisitos para a telha ecológica com base na avaliação das fases do seu ciclo de vida.

**Quadro 07:** Requisitos ambientais baseado no ciclo de vida do material

<b>REQUISITOS AMBIENTAIS AO LONGO DO CICLO DE VIDA DO MATERIAL</b>		
<b>ITEM</b>	<b>FASE</b>	<b>REQUISITO</b>
1	MATÉRIA-PRIMA	Extração de forma que não agrida a natureza Matéria-prima renovável Matéria-prima reciclada
2	PROCESSO PRODUTIVO	Baixa energia de produção Baixo uso de água Resíduos sólidos reintroduzido no processo produtivo Resíduos sólidos reutilizado em outro processo produtivo Efluentes líquidos reintroduzido no processo Baixa emissão para a atmosfera
3	APLICAÇÃO DO MATERIAL	Não afetar a saúde humana Não liberar resíduos sólidos Não liberar emissões para atmosfera Não liberar efluentes líquidos
4	USO	Não afetar a saúde humana Durabilidade
5	DESCARTE	Reutilizável Reciclável Biodegradável

Segundo Kiperstok et al. (2002), além da análise do ciclo de vida de um único material, pode-se fazer uma análise de ciclo de vida comparativa de vários produtos que têm a mesma finalidade, podendo ser produzidos a partir de diferentes matérias-primas. Assim, é possível avaliar os impactos ambientais de cada produto, concluindo qual o mais agressivo ao meio ambiente. Essa análise comparativa é essencial para as telhas estudadas neste trabalho.

A matéria-prima é um fator importante na análise do aspecto ambiental para a concepção de um novo produto. No caso das “telhas ecológicas” estudadas neste trabalho, elas assim se autodenominam com base na matéria-prima reciclada ou renovável utilizada no

seu processo produtivo. Porém esse requisito não pode ser avaliado isoladamente e sim de forma holística, considerando toda a vida do material.

As telhas de fibrocimento e cerâmica utilizam matérias-primas retiradas da natureza através de mineração. Além de todos os impactos causados por esse processo no meio ambiente, no caso específico do amianto ainda tem que se considerar a gravidade dos impactos na saúde humana de quem trabalha neste processo ou pertence à comunidade circunvizinha às minas. Mesmo com todas as precauções exigidas para quem trabalha com esse material, há riscos que podem ocasionar doenças fatais. A WHO – World Health Organization (2006) afirma que a exposição ao amianto se dá, principalmente, pela inalação das fibras de amianto suspensas no ar na área de trabalho com estas fibras e na área de entorno de sua extração. Afirma, ainda, que mesmo baixos índices de exposição podem trazer doenças.

Os processos produtivos das telhas estudadas, com exceção da telha de taubilha, são semelhantes: preparação de uma massa homogênea, moldagem da telha e secagem. É importante salientar que os fabricantes manifestam preocupação com os resíduos produzidos no seu processo de produção, inclusive a telha de taubilha. Todos os resíduos sólidos são introduzidos no processo produtivo ou são utilizados para outro fim.

A telha de fibrocimento admite como “filler” todos os resíduos sólidos gerados no seu processo de produção, inclusive a embalagem plástica do bloco de amianto, resíduos de limpeza das máquinas envolvidas no citado processo, aparas resultante do processo de corte e telhas prontas que não passaram pelo controle de qualidade. Se é possível reintroduzir no processo produtivo esses dois últimos resíduos citados, que constituem material pronto para uso, infere-se que a telha admite reciclagem no final da sua vida útil. A fábrica visitada recebe telhas usadas que seriam descartadas. Essa prática seria de grande valia no que concerne à reciclagem desse material, evitando a retirada de mais matéria-prima do meio ambiente e na

questão da superlotação dos aterros sanitários. Entretanto, não há divulgação desse procedimento entre os consumidores, muito menos a prática assídua, no descarte das telhas de fibrocimento que acaba sendo realizado nos aterros sanitários.

A telha tubo, semelhante à telha de fibrocimento, reintroduz no processo de produção, tanto as aparas, como o pó do corte. Isso lhe confere a propriedade de 100% reciclabilidade ao final da sua vida útil. As telhas descartadas podem ser trituradas e prensadas a alta temperatura, dando origem a uma telha nova. Essa prerrogativa não se observa na telha de papel, já que seus resíduos só podem ser reaproveitados no processo produtivo antes da telha ser impermeabilizada com betume. Uma vez recebido este revestimento, não se pode mais retornar o resíduo da telha para homogeneização na bateadeira. Isso também acontece com a telha cerâmica que só admite reintroduzir seus resíduos de produção no processo produtivo, antes da secagem e queima. Realizada essa etapa, é dada outra destinação aos resíduos, como cascalhos para estradas.

A telha de taubilha destina seu resíduo de produção, que é basicamente o pó de serra e maravalha, fruto do corte da madeira, para fazer lastro de baias de animais.

Outro insumo usado na fabricação das telhas que é impactante ao meio ambiente é a água. Esse impacto pode ser causado tanto pelo consumo elevado de água na produção do material como na devolução dos efluentes líquidos para natureza.

As telhas de fibrocimento, cerâmica e de papel utilizam água em seu processo produtivo para homogeneização da massa, porém não produzem efluentes líquidos, pois toda água de saturação retirada da massa é reintroduzida no mesmo processo produtivo. A telha tubo não utiliza água na sua produção. É difícil quantificar a quantidade de água nesses processos, uma vez que essa informação não foi fornecida pelas fábricas visitadas. Entretanto, pode-se observar que o processo produtivo da telha cerâmica consome menos água que o processo produtivo da telha de fibrocimento e da telha de papel.

A telha de taubilha faz uso de água na segunda parte do seu processo produtivo, quando da imunização da madeira. Essa água é completamente contaminada com o CCA e deve ser reutilizada no processo. Todo resíduo desta etapa produtiva é cuidadosamente acondicionado e destinado a uma estação de tratamento de resíduo, visto que o CCA possui elementos muito perigosos à saúde humana e ao meio ambiente. Já a telha de polietileno não usa água no seu processo de produção.

Uma preocupação recorrente entre os ambientalistas é o consumo de energia. O processo de transformação de qualquer matéria-prima em outro material requer o uso de energia e segundo Kiperstok et al. (2002), a indústria consome uma grande quantidade, em todo o mundo e de diversas formas, a saber: eletricidade, gás natural, carvão mineral e vegetal, óleo combustível, etc.

Estima-se que o consumo de energia nas modernas fábricas de telha está entre 223.000 e 297.000 KJ / tonelada, aproximadamente, o que representa um custo muito grande na produção (SONTAG, 2008), sem contar com os impactos ambientais.

De acordo com Kiperstok et al. (2002), na avaliação do design sustentável de um novo produto é necessário o estudo da energia empregada, no que tange aos impactos ambientais. É certo que sem energia não poderá haver produção. Entretanto, deve-se selecionar a fonte de energia e os meios de transferência da mesma, escolhendo o tipo que mais se adapta a fabricação do produto e a menos impactante ao meio ambiente, aliando, ainda, o baixo custo. Assim, é indicado para prevenção da poluição usar fontes de energia renováveis, que nem sempre são as mais baratas, e/ou fontes de energia que causem menor impacto ambiental.

As telhas estudadas nesta pesquisa utilizam como energia de produção a eletricidade, a biomassa e o gás liquefeito de petróleo (GLP). Para uma telha ecológica referencial, o mais indicado seria o uso de energia renovável, porém aliando a um custo

suportável pelo produto no mercado. Contudo, vale salientar que no uso de qualquer tipo de energia é essencial ter um olhar para a redução desse insumo dentro do processo de produção, tendo sempre em mente que é através dele que são geradas as emissões atmosféricas

As emissões atmosféricas liberadas por estas fábricas durante o processo produtivo de suas telhas é também de difícil quantificação. Entretanto, vale salientar a questão das emissões na fábrica de telhas de papel reciclado. A impermeabilização com betume, em altas temperaturas, libera emissões tóxicas que prejudicam a saúde humana, causando problemas de pele, irritação nos olhos e nas vias respiratórias. Este é um fator extremamente desfavorável para uma telha ser considerada ecológica. Pode haver soluções paliativas, como a execução da impermeabilização em câmara de pressão negativa e as emissões em chaminé com mais de 30 metros de altura. Esta solução encontrada pela fábrica visitada pode amenizar os efeitos na saúde da comunidade e do trabalhador de chão de fábrica, porém continua sendo prejudicial ao meio ambiente, uma vez que a emissão na atmosfera continua a acontecer, sendo apenas mais distante do alcance humano.

Durante o uso, as telhas tubo, cerâmicas e de papel reciclado não oferecem prejuízo ao meio ambiente nem à saúde humana. A telha cerâmica, por ser um material fácil de quebrar, pode produzir resíduo na execução com perda de material. Em relação à telha de fibrocimento, há controvérsias acerca do efeito do amianto presente na telha na saúde humana, durante a execução e uso do telhado. A fábrica afirma que o amianto é completamente adequado na peça de telha e desta não se desprende. Já a WHO (2006) afirma que os maiores níveis de exposição se dão durante a extração desse mineral do meio ambiente, na produção de materiais que o contém, quando da mistura do amianto com outros produtos e no corte desse material, utilizando ferramentas abrasivas. Diz, ainda, que a contaminação com amianto pode acontecer durante a instalação e manutenção dos materiais fabricados com estas fibras. E como a construção civil utiliza muitos materiais que contem

essa fibra como matéria-prima, esta exposição segue em manutenções, reformas e demolições dessas edificações. Vai mais além quando diz que habitações e locais que contenham materiais com fibra de amianto em sua composição têm um ar contaminado com as citadas fibras, provocando exposição.

Há um movimento contínuo para o banimento da fibra de amianto e muitos países já o fizeram, procurando substituí-las por outros materiais. Entretanto, outros países ainda fazem largo uso desse mineral. A Organização Mundial de Saúde continua desenvolvendo um trabalho de informação acerca desse mineral e se colocando a favor do banimento do seu uso.

O descarte das telhas em estudo segue em cursos diferentes. As composições da telha tubo e da telha de fibrocimento permitem a reintegração das telhas usadas, no final da vida útil, no processo produtivo de novas telhas. Contudo, o procedimento de descarte da telha tubo ainda não foi testado, por se tratar de um material relativamente novo no mercado. Já a telha de fibrocimento, apesar de poder ser recebida de volta pelo fabricante, em tempo do seu descarte, essa cultura ainda não foi disseminada na sociedade e, em geral, o seu destino são os aterros sanitários. Vale lembrar que o aterro para receber esse tipo de telha, ainda que não seja específico para materiais perigosos, deve cumprir as determinações estipuladas na Diretiva 31/1999, a fim de resguardar o meio ambiente.

A telha de resíduo de papel não pode ser reintroduzida no mesmo processo produtivo, por possuir a impermeabilização com betume. A fábrica visitada não informou que tipo de destinação é prevista para essa telha em tempo do seu descarte, inclusive se é possível ou não a sua reciclagem. Infere-se, assim, que ela é destinada aos aterros sanitários.

Já a telha cerâmica é tratada como resíduo classe A, segundo a classificação da resolução 307 do CONAMA, ou seja, ela pode ser reciclada e usada na fabricação de outros materiais. Vazquez (2001) recomenda o uso de resíduo de telha e blocos cerâmicos em sub-base para estrada sem tráfego pesado.

As telhas taubilha trazem um grande problema na hora do descarte. Elas tendem a ser um material a lotar os aterros sanitários confinados, no final da sua vida útil. A imunização com CCA não permite a reciclagem desse material, por se tratar de um produto altamente venenoso e por não haver certezas acerca do seu comportamento, quando utilizado em outros fins. A madeira “in natura” se degradaria na natureza ou poderia ter outra destinação, como, por exemplo, os lastros das baias de animais, destino dos resíduos de produção dessa telha antes do CCA, ou, ainda, lenha, para a produção da telha cerâmica. Porém com o CCA esse material se torna um potencial perigo para o meio ambiente, tanto na queima, quanto na reciclagem ou nos aterros sanitários.

### **5.3.3 - Os aspectos econômicos**

As análises econômicas estão relacionadas com o custo do material e sua capacidade de atender a demanda de mercado, ou seja, a sua escala de produção. O custo da telha ecológica deve estar compatível com o preço praticado pelo mercado para as telhas convencionais, sob pena da perda de atrativo na aquisição de um produto mais verde. Entretanto, o preço da cobertura de uma edificação não é só o da telha e seus acessórios de fixação. Ela abrange também a estrutura de suporte e a mão-de-obra de instalação.

Em geral, as estruturas de telhado são feitas de madeira ou aço, este último com reservas escassas na natureza. A telha possuindo uma resistência à flexão satisfatória e apresentando-se em maiores dimensões, pode requerer uma estrutura de suporte mais econômica, com a utilização de um menor volume de material, fator que influenciará diretamente no preço final do telhado. Essa avaliação, em geral, é feita pelo consumidor e é muito subjetiva. Porém, um material que tenha um custo unitário mais baixo, atendendo ao fim a que se propõe tecnicamente, que exige uma estrutura de suporte mais econômica, provavelmente será mais atraente ao consumidor. Infere-se a importância do conjunto das

propriedades peso por metro quadrado, dimensões e resistência à flexão, aliadas ao preço do produto.

Todas as telhas aqui estudadas apresentam ao seu consumidor um manual de instalação, com determinações que, uma vez seguidas, garantem o bom desempenho do telhado. As telhas convencionais já possuem larga mão-de-obra apta para sua aplicação. Porém outras telhas, a exemplo da telha de taubilha, precisam de pessoal treinado para execução do telhado. Isso pode encarecer o preço final da cobertura.

O preço final da cobertura é um fator importante na escolha do produto pelo consumidor, porém deve estar aliado ao fator estético. O consumidor ainda não possui a consciência e o esclarecimento suficiente para escolher um produto pelas suas características favoráveis ao meio ambiente. Ainda devem ser considerados o fator preço e os aspectos compositivos. Tem-se como exemplo a telha taubilha que custa três vezes mais que a telha cerâmica e é escolhida para coberturas em edificações rústicas ou aquelas com telhados muito íngremes, como os de edificações em estilo bávaro ou enxaimel. Neste caso, não são consideradas suas características “ecológicas” divulgadas pelo seu fabricante, nem tão pouco o favorecimento do custo, mas sim o fator compositivo, aliado ao atendimento das características técnicas.

Já a escala de produção deve possuir a capacidade de atender a demanda de mercado. A Tabela 11 relaciona a escala de produção das telhas estudadas, nas fábricas visitadas. Podemos observar que a escala de produção das telhas convencionais é bem maior que a das telhas denominadas de ecológicas. Isso não se deve apenas à aceitação e divulgação da telha no mercado. Outros fatores estão envolvidos, como a aquisição da matéria-prima..

A matéria-prima utilizada pela telha ecológica deve ser capaz de atender a demanda de mercado. No caso da telha tubo, a baixa produção deve-se a pouca matéria-prima disponível. E não se pode fabricar PEBD para atender uma demanda de fabricação. A

proposta é fabricação da telha com a reciclagem do resíduo que seria descartado. Vale, ainda, lembrar que o PEBD, por ser um polietileno caro devido ao seu processo produtivo realizado sob alta pressão, tende a ser substituído por outro com as mesmas propriedades e com custo mais baixo.

Outros aspectos econômicos que devem ser considerados são a diversidade de modelos fornecidos por cada tipo de telha, o que proporciona opções de escolha ao consumidor e diferentes soluções para a edificação. A durabilidade do produto, discutida na análise dos aspectos técnicos, também afeta a área econômica, visto que um material pouco durável requer substituições precoces, o que aumenta o custo de conservação da edificação.

**Tabela 11:** Capacidade de atendimento da demanda de mercado das telhas

<b>TELHA</b>	<b>ESCALA DE PRODUÇÃO</b>
Telha Ondulada de fibrocimento 6mm	30.000 telhas/dia
Telha cerâmica tipo Francesa	127.000 telhas/dia
Telha ecológica de fibra vegetal	1.500 telhas/dia
Telha tubo	130 telhas/dia
Telha taubilha	6.000 telhas/dia

Analisando o final da vida útil, podemos citar o custo com o descarte em aterros sanitários pelo tempo de biodegradação, caso não seja possível o reuso ou reciclagem do material. Esse custo pode ser alto no caso da telha taubilha. Utilizou-se aqui a hipótese da reciclagem da telha de fibrocimento o que não acontece com frequência atualmente, principalmente devido à desinformação do consumidor. Logo, o custo destas telhas em aterros sanitários também deve ser considerado, avaliando o tempo de degradação e a presença contaminante do amianto neste material. A telha de papel reciclado, também será dispendiosa para os aterros sanitários, se não for encontrada uma opção de reciclagem para ela. Finalizando essa discussão, pode-se relacionar os requisitos econômicos para a telha referencial:

- Baixo custo de matéria-prima
- Baixo custo dos elementos que compõem o material final (telha e acessórios);
- Baixo custo de estrutura de suporte;
- Facilidade de instalação do material;
- Baixo peso e tendência para inquebrável;
- Alta resistência mecânica à flexão;
- Durabilidade
- Reciclagem/reuso/biodegradabilidade

### **5.3.4 - Os aspectos sociais**

O conceito de desenvolvimento sustentável defende o desenvolvimento da sociedade presente sem prejudicar a sociedade futura. Está claro neste conceito que a sociedade tem que avançar, descobrindo novas tecnologias, promovendo uma melhor qualidade da vida presente e movimentando a economia. Entretanto, esse desenvolvimento deve ser realizado de uma forma responsável, atentando para a saúde social, tanto física, como econômica e cultural. Assim, é importante a busca por um material que movimente a economia, gerando emprego e renda, porém não acarrete doenças ocupacionais na sua fabricação e instalação. O material deve proporcionar conforto à sociedade no seu uso, sem causar prejuízos à saúde do usuário, bem como da comunidade de entorno, onde o mesmo está sendo utilizado.

Por fim, vale salientar a conservação cultural da sociedade usuária de determinado produto. Não é interessante que o novo material interfira na cultura, promovendo mudanças substanciais para viabilizar o seu uso. Uma mudança de cultura, talvez necessária para promover o uso de materiais mais ecológicos, deve ser feita de uma forma gradativa, esclarecendo a sociedade, através de uma educação que enfatize as questões ambientais.

Pode-se relacionar como requisitos sociais para a telha referencial:

- Capacidade de produção, gerando emprego e renda;
- Possuir componentes da matéria-prima não tóxicos à saúde humana;
- Possuir matéria-prima que não acarrete doenças ocupacionais durante sua extração nos trabalhadores e na comunidade de entorno;
- Possua processo de produção que não acarrete doenças ocupacionais em seus funcionários, bem como na comunidade de entorno à planta produtiva;
- Possua boa apresentação visual (análise subjetiva da estética), de acordo com a cultura da região.

### **5.3.5 – Convergência de conceitos**

Uma vez analisadas as telhas abordadas neste trabalho sob os aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais e, ainda, as tarefas e as funções destes produtos, pode-se convergir os diversos parâmetros encontrados para chegar aos requisitos de uma telha ecológica referencial. Esses requisitos, elencados no Quadro 08, transcendem as propriedades técnicas, abrangendo requisitos para todo o ciclo de vida do material.

Esses são os requisitos para uma telha de referência, aquela que possa atender as necessidades da sociedade, sem causar impacto o meio ambiente. Entretanto, é muito difícil agregar todos esses requisitos em um só produto: desempenho, beleza, ecoeficiência, economia e desenvolvimento humano. Logo, alguns requisitos podem ser classificados como desejáveis e não indispensáveis. Os requisitos desejáveis agregam valor ao produto, porém sem eles a telha não deixa de ser considerada um material ecológico. Pode-se relacionar como requisitos desejáveis:

- Índice de propagação superficial de chama: o ideal é ser um material classe A, com índice variando entre 0 e 25. Essa classificação agrega mais um valor

ao produto, o de ser um material com indicação para projetos de segurança contra incêndio. Porém, caso tenha um índice mais alto, até sendo classe D, não desclassifica-o como ecológico.

- Variedade de modelos e requisitos estéticos: esses atributos servem para promover o produto no mercado, atraindo o consumidor, mas não constituem condição indispensável para a telha ser considerada ecológica. Eles podem ser melhorados gradativamente, através de pesquisa e desenvolvimento do produto já lançado no mercado, como acontece com os produtos convencionais.
- Fragilidade: o que se espera é uma tendência para um material inquebrável. Esse requisito agrega valor no que concerne a aplicação e durabilidade do material, mas sua ausência não desclassificaria a telha como ecológica. Vale lembrar que essa propriedade é dissociada da resistência à alta carga de ruptura flexão, sendo este último um requisito imprescindível.

Infelizmente, a escolha por um produto mais ecológico pelo consumidor não se dá pelo simples fato do produto ser amigável a natureza. O nível de educação ambiental da sociedade ainda não alcançou este patamar. Logo, mister se faz que o material agregue outros valores que leve o consumidor a optar por esta compra, atentando principalmente para o preço praticado no mercado.

Alguns produtos mais ecológicos possuem um preço maior que o equivalente convencional, o que leva o consumidor não arriscar pela escolha de um material novo e ainda com o maior custo. Logo, o valor de venda do material, equivalente aos convencionais comercializados, é um requisito indispensável para que o produto seja inserido na economia. Uma telha que atenda aos requisitos de sustentabilidade ambiental e não atenda aos requisitos econômicos, não constitui material sustentável

Quadro 08 – Parâmetros para telha ecológica referencial

	REQUISITO	NORMA DE REFERÊNCIA
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	CARGA DE RUPTURA À FLEXÃO $\geq 600N$	NBR 15.210/2003 - 1
	ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA $\leq 37\%$	NBR 6.470/1993
	IMPERMEABILIDADE: Não apresenta bolhas/vazamento na face oposta quando submetida aos ensaios previstos em norma	NBR 15.210-1/2003 NBR 15.210-2/2003
	BOM ISOLANTE TÉRMICO	NBR 15220/2003
	MATERIAL NÃO PROPAGADOR DE CHAMA – Classe A	NBR 9442/1986
	DURABILIDADE , $L \geq 0,70$	NBR 15.210-1/2003 NBR 15.210-2/2003
	ACEITAÇÃO DE TINTAS DE ACABAMENTO OU PIGMENTAÇÃO	Não há
	VARIEDADE DE MODELOS	NBR 15.210/2003-1
	MATERIAL NÃO FRÁGIL	Não há
PROCESSO PRODUTIVO	MATÉRIAS-PRIMAS NÃO TÓXICA/REICLADA/RENOVÁVEL	Não há
	ENERGIA DE PRODUÇÃO RENOVÁVEL	Não há
	ECOEFICIÊNCIA PRODUTIVA: reaproveitamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos	Não há
	EMISSÕES ATMOSFÉRICAS : tendendo para zero	Não há
INSTALAÇÃO	NÃO LIBERAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS DURANTE À APLICAÇÃO	Não há
	NÃO LIBERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, EFLUENTES E EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DURANTE À APLICAÇÃO	Não há
USO	NÃO LIBERA SUBSTÂNCIAS TÓXICAS DURANTE O USO	Não há
FINAL DA VIDA ÚTIL	REICLÁVEL/ REUTILIZÁVEL/ BIODEGRADÁVEL, sem toxicidade para aterros	Não há
ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	CUSTO COMPATÍVEL COM AS TELHAS DE MERCADO	Não há
	GERAÇÃO DE EMPREGO DURANTE A VIDA DO PRODUTO	Não há
	GERADOR DE EMPREGO NA FABRICAÇÃO	Não há
	CAPACIDADE PRODUTIVA PARA ATENDER DEMANDA	Não há

É indispensável, também, que a telha possua as características técnicas previstas em norma, de modo a ter o desempenho esperado durante sua vida útil. Outros requisitos indispensáveis são a ecoeficiência produtiva e o tipo de matéria-prima empregada no processo produtivo. As entradas do processo de produção como água e energia devem ser bem dimensionadas e reduzidas. Não basta atentar apenas para a destinação dos resíduos dessas entradas, mas, principalmente, procurar reduzi-las ao máximo, evitando o uso perdulário desses insumos. O cuidado com os resíduos sólidos e efluentes líquidos de produção deve ser uma constante e já é uma preocupação na produção de materiais como se pode observar no processo produtivo das telhas convencionais. Outro aspecto de produção a ser controlada são as emissões atmosféricas. A saúde dos trabalhadores envolvidos no processo produtivo deve ser absolutamente preservada, bem como a atmosfera e, conseqüentemente, a saúde da sociedade como um todo. Todas as matérias-primas envolvidas no processo devem ser recicladas e/ou renováveis.

O Quadro 09 apresenta as características das diversas telhas estudadas, incluindo a telha referencial, através dos critérios estabelecidos neste trabalho, comparando-as. Os requisitos foram agrupados em técnicos, relativos ao processo produtivo, de instalação, de uso, de descarte e sócio-econômicos.

Para cada um desses requisitos foram estabelecidos parâmetros para a telha ecológica referencial, baseando-se nas características das telhas ditas ecológicas e referenciais comercializadas no mercado, nas normas técnicas pertinentes e na análise da tarefa e da função.

No que concerne às características técnicas, foram selecionados parâmetros que garantissem um bom desempenho técnico da telha referencial. No quesito índice de absorção de água, tem-se dois parâmetros, sendo um para telha substituta da ondulada e outro para telha substituta de telhas pequenas, tipo cerâmica.

O processo produtivo foi analisado abrangendo as possíveis entradas e saídas do processo. Assim, foi considerada a natureza da matéria-prima empregada, bem como as entradas como água e energia e as saídas como resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas que devem ter valores baixos ou, pelo menos, tendendo à zero. Essas saídas também são consideradas na instalação e no uso.

O material deve atender aos requisitos sócio-econômicos, de modo a suprir as necessidades da sociedade e, no final da sua vida útil, deve ser descartável ou reutilizável. Os critérios estabelecidos para a telha referencial devem servir de parâmetro para determinar o quanto se aproxima uma telha do conceito de telha ecológica.

No quadro 09, pode-se observar uma comparação entre as diversas telhas estudadas e o quanto estas se aproximam das características da telha ecológica referencial.

**Quadro 09 - Características das telhas**

<b>CARACTERÍSTICAS DAS TELHAS</b>							
<b>REQUISITO</b>	<b>TELHA FIBROCIMENTO</b>	<b>TELHA CERÂMICA</b>	<b>TELHA DE PAPEL RECICLADO</b>	<b>TELHA-TUBO</b>	<b>TELHA TAUBILHA</b>	<b>TELHA REFERENCIAL</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	CARGA DE RUPTURA À FLEXÃO	> 4.000 N/m	> 1.000 N/m	900 N/m	2.600 N/m	> 4900 N/m	≥ 600 N/m
	INDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	37%	20%	37%	37%	12%	≤ 20% ≤ 37%
	IMPERMEABILIDADE	Não apresenta bolhas/vazamento na face oposta	Não apresenta bolhas/vazamento na face oposta	Não apresenta bolhas/vazamento na face oposta	Não apresenta bolhas/vazamento na face oposta	Não apresenta bolhas/vazamento na face oposta	Não apresenta bolhas/vazamento na face oposta
	DURABILIDADE (Informada pelo fabricante)	> 30 anos	> 30 anos	Sem informação	Sem informação	Sem informação	> 30 anos
	DIMENSÕES (Comprimento x Largura x Espessura)	variedades	variedades	duas	única	única	variedades
	ACEITE TINTAS DE ACABAMENTO OU PIGMENTAÇÃO	não	sim	não	não	sim	sim
	VARIEDADE DE MODELOS	8 modelos 57 dim. padrão; Aceita dim. especiais	10 modelos	único	único	Versatilidade do desenho das bordas	sim
	MATERIAL INQUEBRÁVEL	não	não	sim	sim	sim	sim

CARACTERÍSTICAS DAS TELHAS (CONTINUAÇÃO)							
	REQUISITO	TELHA FIBROCIMENTO	TELHA CERÂMICA	TELHA DE PAPEL RECICLADO	TELHA-TUBO	TELHA TAUBILHA	TELHA REFERENCIAL
PROCESSO PRODUTIVO	MATÉRIAS-PRIMAS RECICLADA	40%	0%	50 %	100%	0%	sim
	MATÉRIAS-PRIMAS RENOVÁVEL	0%	0%	0%	0%	50%	sim
	MATÉRIAS-PRIMAS NÃO RENOVÁVEL	60%	100 %	50%	0%	50%	não
	MATÉRIAS-PRIMAS TÓXICA	20%	0%	50%	0%	50%	não
	ENERGIA DE PRODUÇÃO	elétrica	Elétrica/ Lenha de eucálpto	Gás GLP	elétrica	elétrica	Energia renovável/Baixo gasto energético
	USO DE ÁGUA	sim	sim	sim	não	sim	não ou baixo uso da água
	RESÍDUOS SÓLIDOS NO PROCESSO PRODUTIVO	sim	sim	sim	sim	sim	não
	APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO PRÓPRIO PROCESSO PRODUTIVO	sim	parcial	parcial	sim	não	sim
	APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM OUTROS PROCESSOS PRODUTIVOS	não	sim	não	não	sim	sim
	CONTAMINAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS	sim	não	não	não	sim	não
	EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	sim	sim	sim	sim	não	não
	EFLUENTES LÍQUIDOS	sim	sim	sim	não	sim	não
	APROVEITAMENTO DE EFLUENTES NO PRÓPRIO PROCESSO PRODUTIVO	sim	sim	sim	-	sim	sim
	DESTINAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	não	não	não	não	sim	não
LIBERA RESÍDUOS/EFLUENTES/EMISSÕES TÓXICAS NA EXTRAÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA/ PROCESSO PRODUTIVO	sim	não	sim	não	sim	não	

**CARACTERÍSTICAS DAS TELHAS (CONTINUAÇÃO)**

	<b>REQUISITO</b>	<b>TELHA FIBROCIMENTO</b>	<b>TELHA CERÂMICA</b>	<b>TELHA DE PAPEL RECICLADO</b>	<b>TELHA-TUBO</b>	<b>TELHA TAUBILHA</b>	<b>TELHA REFRENCIAL</b>
<b>INSTALAÇÃO</b>	LIBERA SUBSTÂNCIAS TÓXICAS DURANTE À APLICAÇÃO	Sim, se houver corte	não	não	não	não	não
	LIBERA RESÍDUOS SÓLIDOS DURANTE À APLICAÇÃO	sim	sim	não	não	não	não
	LIBERA EFLUENTES DURANTE À APLICAÇÃO	não	não	não	não	não	não
	LIBERA EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DURANTE À APLICAÇÃO	não	não	não	não	não	não
<b>USO</b>	LIBERA SUBSTÂNCIAS TÓXICAS DURANTE O USO	sim	não	não	não	não	não
<b>FINAL DA VIDA ÚTIL</b>	É RECICLÁVEL OU REUTILIZÁVEL	sim	sim	não	sim	não	sim
	É TÓXICO PARA ATERROS	sim	não	sim	não	sim	não
<b>ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS</b>	GERAÇÃO DE EMPREGO NA OBTENÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA	sim	sim	sim	não	sim	sim
	GERADOR DE EMPREGO NA FABRICAÇÃO	sim	sim	sim	não	sim	sim
	CAPACIDADE PRODUTIVA PARA ATENDER DEMANDA	sim	sim	sim	não	sim	sim

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com o estudo realizado e comparando a telha referencial com as telhas avaliadas neste trabalho, nenhuma delas pode ser considerada totalmente ecológica. Observando os parâmetros técnicos apresentados para a telha referencial que são os mesmos estabelecidos nas normas brasileiras e baseando-se na análise dos laudos apresentados pelas telhas denominadas ecológicas, conclui-se que elas atendem ao especificado. A telha taubilha, que não apresentou laudo técnico de ensaios, preserva as propriedades da madeira pinus, mesmo após a imunização com CCA, atendendo aos requisitos técnicos especificados.

Quanto à durabilidade, requisito indispensável para uma telha ecológica, nenhuma das novas telhas apresentou laudo de ensaios previstos na NBR 15.210-2 e não estão no mercado tempo suficiente para atestar, através da prática, o tempo da sua vida útil. Porém, a durabilidade de uma telha ecológica deve ser compatível com as presentes no mercado e com o tempo de vida de uma edificação. A cobertura de uma edificação é um dos componentes que o consumidor espera mais durabilidade, não sendo comum a sua substituição a pequenos intervalos de tempo. As pesquisas mostram que as telhas convencionais apresentam durabilidade maior que trinta anos e esta deve ser a expectativa para as telhas ecológicas.

A telha tubo e telha de papel reciclado não oferecem variedades de modelo ao consumidor. Apresentam-se em um único modelo e tamanho. O mesmo ocorre com a apresentação estética destas telhas. A telha de papel não aceita pigmentação com cores devido ao revestimento com betume, o que a prejudica no mercado consumidor. A telha tubo também não aceita, porém é uma telha mais clara, com nuances prateadas o que favorece seu apelo estético. Como visto anteriormente, estes não são requisitos indispensáveis para a telha ser ecológica, porém agrega valor na hora da escolha pelo arquiteto ou construtor. Vale salientar que a telha convencional de fibrocimento, apesar de oferecer uma diversidade de modelos apresentada no Apêndice A, oferece apenas dois modelos de telha colorida. Todos os outros modelos são na cor cinza. Já a telha cerâmica tem um bom apelo estético, inclusive com a telha cerâmica branca, muito usada em edificações residências. A telha taubilha é a única que aceita tinta de acabamento, podendo fazer coberturas em diversas cores.

As três telhas ecológicas aqui estudadas são de difícil ruptura, o que constitui um ganho na instalação, evitando perda. Isso não acontece com a telha cerâmica, que por ser um material fácil de quebrar com a queda, traz perdas no transporte e na instalação. A telha de fibrocimento também pode se quebrar com quedas bruscas e no transporte.

Concluí-se que, no que concerne às características técnicas, todas as telhas estudadas neste trabalho seriam sustentáveis.

Em relação à ecoeficiência produtiva, as telhas avaliadas, inclusive as convencionais, procuram minimizar seus resíduos sólidos e efluentes líquidos, reintroduzindo-os no processo de produção. Porém, a que possui um processo produtivo mais limpo é a telha tubo, pois usa matéria-prima não tóxica, totalmente reciclada, reaproveita resíduos sólidos de produção, não usa água no processo produtivo e não produz efluentes líquidos.

A telha produzida com resíduo de papel produz emissão atmosférica tóxica com a queima do betume, prejudicando funcionários e a comunidade de entorno. O cimento asfáltico de petróleo é um material prejudicial à saúde humana, quando aquecido, e faz parte do processo de produção desta telha.. A telha de taubilha também tem como uma de suas matérias-primas um material altamente tóxico, o CCA, e não se sabe os efeitos que ele pode trazer na natureza em tempo do descarte da telha. Qualquer acidente com o CCA, durante a produção, pode provocar grandes danos ao meio ambiente e a saúde humana. Assim, essas duas telhas já não atendem um requisito indispensável de sustentabilidade proposto para a telha referencial: matéria-prima não tóxica.

A matéria-prima das telhas cerâmicas e de fibrocimento são retirada da natureza através da mineração, impactando o meio ambiente, tanto com esta atividade, como com a utilização de reservas minerais não renováveis. Logo, pode-se concluir que a única telha que atente aos requisitos de sustentabilidade propostos para a telha referencial, no que tange ao processo produtivo, é a telha tubo.

Todas as telhas analisadas nesta pesquisa são de fácil instalação e todas apresentam manuais com recomendações de instalação para maior durabilidade da cobertura. As telhas de fibrocimento, com dimensões maiores, oferecem maior dificuldade para o transporte, devido ao tamanho e aumento de peso. Em contrapartida, há um ganho econômico na estrutura de suporte da telha. Elas, bem como as telhas cerâmicas, devem ser transportas e instaladas com cuidado, a fim de reduzir a perda de material com quebra. Entretanto, esse fator não constitui um entrave no processo de instalação. Isso redundando em um ponto negativo dessas telhas quando comparadas com a ecológica referencial.

Ainda tratando-se de instalação, a telha de fibrocimento pode desprender fibras de amianto que ficam suspensas no ar, mesmo que de modo lento, caso haja corte durante esse processo. Essa ocorrência pode ser prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente.

O betume da telha de papel pode sofrer o fenômeno do envelhecimento devido às intempéries e com isso apresentar rachaduras superficiais ou deformações, trazendo prejuízo ao desempenho do telhado.

Das telhas ditas ecológicas estudadas, a única que pode ser totalmente reciclada no final da vida útil é a telha tubo. No final da vida útil, ela pode ser limpa e novamente triturada, passando por todo o processo de produção e dar origem a uma nova telha. A telha cerâmica pode ser reaproveitada em outros processos produtivos, como cascalhagem de estradas, introdução em argamassas não estruturais, etc. Além disso, ela não constitui um perigo para os aterros sanitários, por não possuir nenhum material perigoso em sua composição.

As demais telhas estudadas oferecem problemas em tempo do seu descarte. A telha de fibrocimento deve ser descartada em aterros isolados, devido ao amianto. Deve ser disseminada a cultura de devolver as telhas ao seu fabricante para que este dê a correta destinação a mesma, podendo ser moída e introduzida no processo produtivo de novas telhas como “filler”. Vale lembrar, no entanto, que a moagem desse material pode provocar o desprendimento de fibra de amianto. Logo deve ser um procedimento realizado com os cuidados adequados.

A telha com resíduo de papel e de taubilha não podem ser recicladas devido ao betume e ao CCA respectivamente. O betume não oferece perigo para os aterros sanitários, porém não se tem notícia do tempo de degradação desse material. Já o CCA é considerado resíduo perigoso e não pode ser disposto em aterros sanitários indiscriminadamente.

Diante destas considerações, comparando com o parâmetro estabelecido para a telha ecológica referencial, apenas a telha tubo e a telha cerâmicas atentam para requisitos de sustentabilidade no que concerne ao descarte.

As telhas avaliadas possuem preços equivalentes, com exceção da telha de taubilha. Esta chega a custar três vezes o valor da telha cerâmica. Este requisito inviabiliza a popularização do produto no mercado, mas não promove a sua saída. Muitos optam por esta telha devido às suas características compositivas. .

Outro requisito que foi avaliado no âmbito sócio-econômico é a escala de produção das telhas. A telha cerâmica e a de fibrocimento dominam o mercado neste setor com uma escala de produção capaz de atender a demanda por este produto. As telhas ditas ecológicas aqui estudadas não possuem escala de produção capaz de atender a demanda da sociedade, caso fossem substituir as telhas que existem hoje. Esse é o grande problema da telha tubo, que apesar de atender a todos os requisitos anteriores de sustentabilidade estabelecidos para a telha ecológica referencial, sua escala de produção não é capaz de atender a demanda social do elemento construtivo telha. Além disso, não há como aumentar a escala de produção por não haver matéria-prima suficiente para suprir a demanda.

Todas as telhas avaliadas são potenciais geradoras de emprego em uma comunidade onde for instalada uma nova fábrica. Porém, vale salientar que as telhas convencionais, pela capacidade de produção e volume de trabalho desde a extração da matéria-prima até as etapas do processo produtivo, incluindo transporte, são maiores geradoras de postos de trabalho e movimentação econômica na região onde está situada. O volume de produção também aquece o setor de vendas do material, fazendo girar grande volume de recursos. Esse processo não é observado nas telhas ecológicas que possuem um volume de produção ainda muito pequeno, sem previsão de crescimento.

Pode-se concluir assim que, de todas as telhas avaliadas, a que mais se aproxima dos requisitos de sustentabilidade estabelecidos para uma telha ecológica é a telha tubo, porém sem nenhuma perspectiva de atender a demanda de mercado, devido à escassez da sua matéria-prima. Isso dificulta sua inserção no mercado como telha ecológica.

As telhas de taubilha e a telha produzida com papel reciclado não atendem aos requisitos de sustentabilidade, principalmente pelo uso de materiais tóxicos em seu processo produtivo, com prejuízo da saúde humana, produção de emissões atmosféricas durante sua produção e dificuldade na destinação desses materiais no final da sua vida útil. Vale salientar que pela beleza conferida pela telha taubilha às edificações rústicas, muitos projetistas optam por ela, a despeito de ser um material bem mais caro que os convencionais disponíveis no mercado. Porém, essa opção não é feita pela bandeira de sustentabilidade do material e sim pela beleza e apresentação de uma edificação em estilo diferenciado. Isso reforça a importância do apelo estético para a introdução de uma nova telha no mercado.

Por fim, é importante frisar que as telhas convencionais têm buscado alcançar requisitos de sustentabilidade, à medida que isto é possível, nas práticas da produção destes materiais, a fim de reduzir os impactos ambientais. As telhas cerâmicas usam madeiras de manejo florestal como lenha para aquecer seus fornos na queima das telhas.

Os fabricantes de telhas de fibrocimento têm procurado melhorar seus processos produtivos, implantado gestão ambiental no chão das fábricas e na mineradora responsável pela extração do amianto. Porém elas lutam para continuar usando essa fibra, a despeito de todo movimento para o banimento mundial do amianto.

As duas telhas convencionais atendem aos requisitos técnicos, de durabilidade e sócio-econômicos. Elas estão melhorando seus processos produtivos cada vez mais, em busca de uma melhor ecoeficiência. Porém, esta é uma iniciativa privada que busca alavancar a imagem do produto diante da sociedade, sem nenhuma ação normativa ou institucional. O grande entrave ambiental para essas telhas está no tipo de matéria-prima que é usada e nos prejuízos provocados com sua extração. Ademais, esses recursos não são renováveis e, daqui a algum tempo, com a falta de matéria-prima, esse tipo de telha não poderá mais ser fabricada. Quando isso acontecer, a busca por um produto substituto será inevitável.

Há dificuldade em estabelecer alguns parâmetros de sustentabilidade, visto que as normas técnicas e os órgãos institucionais se omitem em requisitos importantes para esta questão. Eles também apresentam lacunas no que concerne a requisitos implícitos de sustentabilidade, como os requeridos nas etapas do processo produtivo ou no que tange ao descarte do produto, no final da sua vida útil.

Para que se inicie uma nova ordem em relação à fabricação de materiais mais ecológicos, não só telhas, mas tantos outros materiais de construção que estão impactando negativamente no meio ambiente, mister se faz uma atenção mais amíúde das normas brasileiras, bem como dos órgãos institucionais, estabelecendo não só os requisitos técnicos, mas também os ambientais que incluam as etapas do processo produtivo e o descarte no final da vida do material.

De posse desses parâmetros normativos, tem-se o desafio de fabricar produtos mais amigáveis à natureza, mas também com a missão de manter o desenvolvimento sócio-econômico e cultural da humanidade.

## REFERÊNCIAS

- ANJOS, M. A. S. dos; GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P. Compósitos à base de cimento reforçados com polpa celulósica de bambu. Parte I: Determinação do teor de reforço ótimo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, 2003, v.7, n.º. 2, p.339-345.
- ARAÚJO, E. S. et al. Ecologia Industrial: um Pouco de História. **Revista de graduação da Engenharia Química**. Jul-Dez 2003, São Paulo: ANO VI No. 12.
- ARAÚJO, D. C.; MORAIS, C. R. S. ALTIDES, M.E.D. Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**. v.3. n. 2 , 2008, p. 50-56
- ARAÚJO, M. A.. A moderna construção sustentável. **Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica – IDHEA**. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/moderna.pdf>. Acesso em: 10 Mai 2008
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA - . **O papel na vida do Brasil**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/saibamais/vida/index.html>>. Acesso em 07 nov 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA - **Estatísticas mensais de papel**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/mensal/papel.pdf>>. Acesso em 07 nov 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA – **Papéis para embalagem**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/saibamais/tipos/embalagem.html>>. Acesso em 07 nov 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS – ABRE**. Disponível em <<http://www.abre.org.br>> Acesso em 08 jun 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5642 – Telha de fibrocimento - Verificação de impermeabilidade**. Rio de Janeiro, 1993. 2 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6470 – Telha de fibrocimento – Determinação de absorção de água**. Rio de Janeiro, 1993. 2 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7581 – Telha ondulada de fibrocimento**. Rio de Janeiro, 1993. 5 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9442 – Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante**. Rio de Janeiro, 1986. 15 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15210-1 – Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios Parte 1 - Classificação e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005. 16 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15210-2 – Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios Parte 2 – Ensaio**. Rio de Janeiro, 2005. 19 p.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15220-1 – Desempenho técnico de edificações Parte 1 – Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2003. 7 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-2 – Desempenho técnico de edificações Parte 2 – Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2003. 21 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15310 – Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2009. 47 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPOSTOS AO AMIANTO – ABREA. **Amianto ou Asbesto: O que é preciso conhecer para se proteger.** Disponível em: <<http://www.abrea.com.br/cartilha.pdf>>. Acesso em: 24 abr 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA – ANICER. Disponível em: [www.anicer.com.br](http://www.anicer.com.br). Acesso em: 12 Mai 2009.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção 2.** Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

BAXTER, M., **Projeto de Produto – Guia Prático para design de novos produtos.** Londres: 2º Ed., Edgard Blucher, 1985.

CALLISTER, W. D. Jr., **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução.** Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.

CAMARGO, A. L. B., **As dimensões e os desafios do Desenvolvimento sustentável: concepções, entraves e implicações à sociedade humana.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2002.

CASTRO, et. al. Medidas de refletância de cores de tintas através da análise espectral. **Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.** v.3., n. 2, p. 69-76, abr/jun 2003

CERQUEIRA, M.H., **Placas e telhas produzidas a partir da reciclagem do polietileno/alumínio presentes nas embalagens tetrapak.** Disponível em: <<http://www.afcal.pt/destinoFinal/PlacasTelhas.pdf>> Acesso em: 25 Set 2009

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – **CEMPRE.** Disponível em: <http://www.cempre.org.br>. Acesso em: 01 Jun 2009.

COMUNIDADE EUROPÉIA. Directiva 1999/31/CE do Conselho de 26 de Abril de 1999. Relativa à disposição de resíduos em aterros. **Jornal Oficial da Comunidade Européia.** 16 de Julho de 1999. L 182/1.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS. **Ecoeficiência.** Disponível em: <http://www.cebds.org.br/cebds/eco-rbe-ecoeficiencia.asp>. Acesso em 05 Jul 2008.

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, I. L.; SANTA MARIA, L.C., Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações de baixa densidade. **Polímeros: ciência e tecnologia,** jan-mar 2003, São Carlos – SP, v. 13, nº 001, p. 1-13.

**CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em 16 Jun 2009.

**CRISOTILA BRASIL.** Disponível em <http://www.crisotilabrasil.org.br> Acesso em 20 Mai 2009

DIAS, C.M.R. et al.. Envelhecimento de longo prazo de telhas onduladas de fibrocimento – O efeito da carbonatação, lixiviação e chuva ácida. **Cement & concrete Composites** v.30, n. 6, p. 255-265, abr. 2008

ECOTELHA. Disponível em <http://www.trilhaverde.com.br/ecotelha.asp>. Acesso em 18 Jun 2008

ETERNIT. Disponível em <http://www.etsnit.com.br/corporativo/historia/index.php?>. Acesso em 14 Mai 2009.

FARIAS, C. E. G.; COELHO, J. M. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. Relatório para CGEE – Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, Out 2002.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **A construção civil é o segredo do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/agencianoticias/2006/05/08/7069.ntc>> Acesso em: 06 mai 2008.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Aspectos ambientais do comércio internacional**. Dez 2002. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/meio-ambiente.aspx>> Acesso em: 06 mai 2008

FLORIM, L. C.; QUELHAS, O.L.G. Contribuição para a construção sustentável: características de um projeto habitacional eco-eficiente. **ENGEVISTA**, Dez 2004, v.6, n.3, p. 120-121. Disponível em: <[http://www.uff.br/engevista/3\\_6Engevista11.pdf](http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista11.pdf)>. Acesso em 29 set 2007.

FURTADO, J. S. **Ecoeficiência**. TECLIM, Nov. 2001. Disponível em: <<http://www2.teclim.ufba.br/jsfurtado/frame.asp?id=ecoeficiencia>>. Acesso em: 18 jun 2008.

GARNER, A.; KEOLEIAN G. A. Industrial Ecology: An Introduction. **National pollution prevention center for higher education**, 1995. Disponível em: <<http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/INDEpdfs/INDEintro.pdf>>. Acesso em: 06 mai 2008.

GOMES F<sup>o</sup>, João. **Design do Objeto - Bases Conceituais**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 252p.

GOMES, G.; DVORSAK, P.; HEIL, T., Indústria Petroquímica Brasileira: situação atual e perspectivas, 2005. **Relatório BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 21, p. 75-104, mar. 2005

GONZAGA, C. A. M. Marketing verde de produtos florestais: teoria e prática. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, mai./ago. 2005. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/viewFile/4623/3579>>. Acesso em 16 abr 2008.

GRIMMER, A.; WILLIAMS, P. K. **A brief history of clay roofing tile**. Disponível em: <<http://www.mca-tile.com/history>> Acesso em: 18 Mai 2009.

GUIMARÃES, S. **O calcário como minério na formação Capiru do grupo Açungui: Modelo analítico para região metropolitana de Curitiba-PR**. 2005,151 f. Tese (Doutorado em Geologia – setor de ciências da terra) – Universidade Federal do Paraná – UFPR.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION - **ISO 6946:2007: Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation methods**. Genova, 2007. 28p

JACOBI, P. Meio Ambiente e Sustentabilidade. In: **O município no século XXI: cenários e perspectivas**. São Paulo: CEPAM. 1999, p.175-183.

JANKOWSKY, I. P.; BARILLARI, C.T.; FREITAS, V. de P. e. Tratamento Preservativo da Madeira de Pinus. **Revista da Madeira**. Curitiba-PR. Edição Especial, p. 110-116, 2002.

JOHN, V.M., **A Construção e o Meio Ambiente**. Texto Técnico USP. Disponível em: <[http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a\\_construcao\\_e.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a_construcao_e.htm)>. Acesso em 09 mai 2007.

JOHN, V.M., **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar**. Texto Técnico USP, Disponível em: [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des\\_sustentavel.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm). Acesso em 09 mai 2007.

KAZAZIAN, Thierry. **Haverá idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. Tradução Eric Roland Rene Heneault. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2005. 194p.

KIPERSTOK, A. et. al. **Prevenção da Poluição**. Brasília: SENAI/DN, 2002. 290 p.

KIPERSTOK, A. Sustentabilidade Ambiental: Produção e Consumo. **Revista Ciências Exatas**, Taubaté - SP, v. 12, n. 2, p. 141-150, 2006.

LEPAGE, E. S. , et al. **Manual de Preservação da Madeira. Volume I**. São Paulo. Publicação Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1986.

LEPAGE, E. S. , et al. **Manual de Preservação da Madeira. Volume II**. São Paulo. Publicação Instituto de Pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1986.

LIMA, G. F. da C. O debate da sustentabilidade na sociedade insustentável. **Revista Política & Trabalho**, set 1997, nº 13: 201-222, Disponível em: <[http://www.teia.fe.usp.br/biblioteca\\_virtual/O%20Debate%20da%20Sustentab\\_%20Gustavo%20Lima.pdf](http://www.teia.fe.usp.br/biblioteca_virtual/O%20Debate%20da%20Sustentab_%20Gustavo%20Lima.pdf)> Acesso em: 03 mar 2008.

MARGOLIN, V; MARGOLIN, S. Um “modelo social” de design: questão de prática e pesquisa. **Revista Design em Foco**. Jul-Dez 2004. nº 01. ano 1 p. 43-48

MARQUES, F.M; SALGADO, M.S. Padrões de Sustentabilidade Aplicados ao Processo de Projeto. In: VII WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DE PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, **Anais...** Curitiba, 2007.

MATOS, J. L. M.. Qualidade da Madeira de Pinus. **Revista da Madeira**. Curitiba-PR. Edição Especial, p. 104-108, 2002.

**MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA**. Balanço Energético 2007, ano base 2006. Brasília, 2007. Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/ben/arquivos/ben\\_2007/BEN\\_2007.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/ben/arquivos/ben_2007/BEN_2007.pdf)> Acesso em 08 Out 2009.

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE**. Resolução CONAMA. Resolução nº. 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2002>>. Acesso em 02 nov 2007.

MONTANA S.A. Disponível em: [www.montana.com.br](http://www.montana.com.br) Acesso em: 20 Jul 2009.

MORESCHI, J. C., Produtos Preservantes de Madeira. Apostila. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/Preservantesdemadeira.pdf>. Acesso em 08 ago 2008.

MOTTA, J. F. M.; ZANARDO, A.; CABRAL, M. Jr., As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos. **Cerâmica Industrial**. Mar/Abr 2001.

NUNES, P. H. F., **Meio ambiente e mineração: desenvolvimento sustentável**, Curitiba: Juruá, 2007.

PETROBRÁS . CAP , Ficha Técnica de Produto Químico – FISQP, 2005.

PETRUCCI, E. G. R., **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, 1979. 4ª Ed. 435p.

**Presidência da República Federativa do Brasil**. Código Florestal Brasileiro – Lei 4.771 de 15 de Setembro de 1965. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm)>. Acesso em 08 Jun 2008.

**Presidência da República Federativa do Brasil**. Código de Mineração Brasileiro – Decreto-lei nº. 227 de 28 de Fevereiro de 1967. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto-Lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del0227.htm) >. Acesso em 29 Jun 2009.

**Presidência da República Federativa do Brasil**. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm)>. Acesso em 29 Jun 2009.

SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L., M. Calcário e Dolomito. In: Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações Rio de Janeiro: **Centro de Tecnologia Mineral – CETEM**, Dez 2005. Cap. XV, páginas 327-350.

**SAMA S.A.** Disponível em: [www.sama.com.br](http://www.sama.com.br). Acesso em 14 Mai 2009

SAVASTANO JR., et al. Desempenho de alguns sistemas de cobertura para aviários. In: **Congreso nacional de ingenieria agricola**, 6., 1996, Monterrey. Memorias del 6. Congreso Nacional de Ingenieria Agricola. Irapuato - México: Amia, 1996. p.11-19.

SBRT - SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. Características e aplicação das argilas. SENAI/RS, 2007. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/upload/sbrt5067.pdf>>. Acesso em 01 Jun 2009

SCHENINI, P.C.; BAGNATTI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. Gestão de resíduos da construção civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO – COBRAC, 2004, Florianópolis. **Anais Eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2004. Disponível em: <[http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2004/092.pdf](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/092.pdf)>. Acesso em: 02 Nov 2007.

**SEBRAE**. Vídeo. Disponível em: <<http://www.facadiferente.sebrae.com.br/2009/06/01/empresa-fabrica-telha-a-partir-de-tubo-de-pasta-de-dente/>> Acesso em 24 Jul 2009

SHIMIZU, J. Y. Pinus na Silvicultura Brasileira. **Revista da Madeira**. Curitiba-PR. Edição Especial, p. 04-12, 2006.

SILVA, A. C., **Estudo da durabilidade de compósitos reforçado com fibra de celulose**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

SILVA, E. L da; MENEZES, E. M., **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 113p.

SOARES, R.A.L.; NASCIMENTO, R.M. O processo produtivo e a qualidade do produto cerâmico estrutural. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. **Anais...** João Pessoa – PB, 2007

SONTAG, A., et.al. Energy Saving Through Materials Development. **DKG 85** , n°. 1-2, 2008.

Disponível em:

< [http://www.ikf-solutions.com/pdf/energy\\_saving\\_through\\_materials\\_developments.PDF](http://www.ikf-solutions.com/pdf/energy_saving_through_materials_developments.PDF)>

Acesso em 08 Out 2009.

STAPE, J. L.; BALLONI, E. A., O Uso de Resíduos da Indústria de Celulose como Insumos na Produção Florestal. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF**, n.40, p.33-37, dez.1988.

TANNO, L. C. ;MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial – Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**. Mai/Jun 2000.

**TECOLIT**. Disponível em <<http://www.tecolit.com.br>> Acesso em 01 mai 2006.

TEIXEIRA, M. G.; CÉSAR, S. F. Ecologia Industrial e ecodesign: requisitos para determinação de materiais ecologicamente corretos. **Revista Design em Foco**, V. II, nº 1, jan/jun 2005, p. 51-60.

TELHA TAUBILHA. **Universidade Federal de Santa Catarina**. Texto técnico. Disponível em: [http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2003-1/ecovilas/taubilha.htm](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2003-1/ecovilas/taubilha.htm). Acesso em 03 jul 2008.

UNITED NATIONS. **Report of World Commission on Environment and Development**. Disponível em: <<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>> Acesso em 01 Mai 2007.

VARELA, N.; VIEIRA, F. S. **Cimento: Uma matéria-prima essencial no fabrico de argamassa**. 1º Congresso Nacional de Argamassa - Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassa de Construção – APFAC. Lisboa, Portugal, 2005. Disponível em: <http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes/Paper%2037.pdf> Acesso em: 17 jul 2009.

VAZQUEZ, E. Aplicación de nuevos materiales reciclados en la Construcción civil. IV Seminário desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil - Materiais Reciclados e suas Aplicações. **Anais...** São Paulo, Jun 2001.

WÜNSCH FILHO, V., NEVES, H. and MONCAU, J.E. Amianto no Brasil: conflitos científicos e econômicos. **Revista Associação Médica Brasileira** set 2001, vol.47, nº. 3, p.259-261. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ramb/v47n3/6552.pdf>. Acesso em: 21 abr 2007.

**XIV SEMANA DO MEIO AMBIENTE 2008** . Pontifca Universidade Católica - PUC-Rio de Janeiro. Disponível em: <http://semanademeioambiente.blogspot.com/2008/03/triple-bottom-line-ou-trip-da.html>. Acesso em: 19 mai 2008.

WANDERLEY, R. J. de M. **Conflitos e Impactos Ambientais na Exploração dos Recursos Minerais na Amazônia**. Programa de Pós- Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – PPGG/UFRJ, 2008.

**WHO – World Health Organization**. Elimination of Asbestos - Related Diseases. Set 2006. Disponível

em: Acesso em: 19 Mai 2009

## APÊNDICE A – Tipos e Propriedades da Telha de Fibrocimento

### TIPOS E PROPRIEDADES DA TELHA DE FIBROCIMENTO

Telha	Denominação	C	L	E	P	R	R*
	Vogatex	1,22 2,13 2,44	0,50	4	4,50 7,80 9,00		
	Tropical	1,22 1,53 1,83 2,13 2,44	1,10	5	13,50 17,00 20,30 23,60 27,10	4	400
	Ondulada 6mm	1,22 1,53 1,83 2,13 2,44 3,05 3,66	1,10	6	16,30 20,40 24,40 28,40 32,50 40,70 48,80	5	500
	Ondulada 8mm	1,22 1,53 1,83 2,13 2,44 3,05 3,66	1,10	8	21,70 27,20 32,50 37,90 43,40 54,00 65,00	6,5	650
	Olinda	0,61 1,22 1,53 1,83 2,44	1,15	5	2,80 5,60 7,00 8,40 11,20		

#### Legenda:

C = Comprimento em metros

L = Largura em metros

E = Espessura em milímetros

P = Peso em Kg por peça

R = Resistência mínima de ruptura à flexão em KN

R\* = Resistência mínima de ruptura à flexão em Kgf/m

\* - Resistência medida no centro da peça

\*\* - Resistência medida no balanço nas extremidades da peça

TIPOS E PROPRIEDADES DA TELHA DE FIBROCIMENTO (Continuação)							
	Etermax	3,00	1,06	6	41,00		
		3,30			45,00		
		3,70			51,00		
		4,10			56,00		
		4,60			63,00		
		3,00	1,06	8	55,00		
		3,30			60,00		
		3,70			67,00		
		4,10			75,00		
		4,60			84,00		
	Modulada	3,00	0,60	8		2,5*	250*
						1,0*	100**
	Canalete 49	2,00	0,52	8	21,50	1,50*	150*
		2,50			26,90		
		3,00			32,30	1,00**	100**
		3,60			38,80		
		4,00			43,10		
		4,50			48,50		
		5,00			54,00		
		5,50			59,00		
		6,00			65,00		
		6,50			70,00		
7,20	78,00						
	Canalete 90	3,00	1,00	8	55,00	2,50*	250*
		3,70			67,00	1,00**	100**
		4,60			83,00		
		6,00			109,00		
		6,70			122,00		
		7,40			134,00		
		8,20			149,00		
		9,20			167,00		

**Legenda:**

C = Comprimento em metros

L = Largura em metros

E = Espessura em milímetros

P = Peso em Kg por peça

R = Resistência mínima de ruptura à flexão em KN

R\* = Resistência mínima de ruptura à flexão em Kgf/m

\* - Resistência medida no centro da peça

\*\* - Resistência medida no balanço nas extremidades da peça

Fonte: Eternit, 2009 (www.eternit.com.br)



Ref.: ECC/111.405/05/A  
Fl.: 1/4

## RELATÓRIO DE ENSAIO ECC/111.405/05/A

### TELHAS FIBRO ASFÁLTICA

#### ENSAIOS DIVERSOS

Interessado: **TECOLIT LTDA**  
Rua Coronel Messias, s/nº - Recreio de Ipitanga.  
42.700-000 – Lauro de Freitas – BA

Ensaios: (46.088)

#### 1. AMOSTRA:

##### 1.1 Quantidade:

16 (dezesesseis) telhas fibro asfáltica, entregue pelo interessado em nosso laboratório em 18/11/05.

#### 2. ENSAIOS REALIZADOS - METODOLOGIAS:

2.1 - Determinação das Características Dimensionais, conforme NBR 12.800/93 – Telhas Tipo Pequenas Ondas.

2.2 – Determinação da Impermeabilidade conforme NBR 5.642/93

2.3 – Determinação da Resistência à Flexão conforme NBR 6.468/93

2.4 – Determinação de Absorção de Água conforme NBR 6.470/93

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.



laboratório bauer abba

**laboratório bauer**  
 centro tecnológico de controle da qualidade


bna - engenheiros consultores

 Ref.: ECC/111.405/05/A  
 Fl.: 2/4

**3. EQUIPAMENTOS:**

Célula de Carga \_\_\_\_\_ N.º de Patrimônio: FB2141  
 Certificado de Calibração N.º: 244/05 \_\_\_\_\_ Validade : 05/2006

Paquímetro \_\_\_\_\_ N.º de Patrimônio: FB 0462  
 Certificado de Calibração N.º: 135/05 \_\_\_\_\_ Validade : 03/2006

Paquímetro \_\_\_\_\_ N.º de Patrimônio: FB 0421  
 Certificado de Calibração N.º: D26608/04 \_\_\_\_\_ Validade : 02/2006

Termômetro \_\_\_\_\_ N.º de Patrimônio: FB 1467V  
 Certificado de Calibração N.º: 07289/205 \_\_\_\_\_ Validade : 08/2006

Balança Marte \_\_\_\_\_ N.º de Patrimônio: FB 3079  
 Certificado de Calibração N.º: B-12873/05 \_\_\_\_\_ Validade : 11/2006

**4. RESULTADOS OBTIDOS:**
**4.1 Determinação da Carga de Ruptura à Flexão**

CP N°	Vão Livre Teórico (mm)	Espessura mínima na região fraturada (mm)	Carga de ruptura (kgf)	Carga de Ruptura (N)	Largura média da telha (m)	Carga de Ruptura (N/m)
01	780	2,55	58	568,79	0,574	991
02	780	2,77	51	500,14	0,572	874
03	780	2,93	55	539,37	0,576	936
04	780	3,18	49	480,53	0,565	850
05	780	2,62	51	500,14	0,557	898
06	780	3,14	49	480,53	0,578	831
07	780	2,68	49	480,53	0,558	861
08	780	2,89	57	558,98	0,562	995

Data do ensaio: 09/12/05.

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.



laboratório bauer abbo

**L.A. Falcão Bauer**  
centro tecnológico de controle da qualidade



bna - engenheiros consultores

Ref.: ECC/111.405/05/A

Fl.: 3/4

**4.2** Determinação da Massa e Absorção de Água

CP Nº	Massa Seca (g)	Massa Saturada (g)	Absorção de Água (%)
01	57,9	70,6	22
02	63,5	75,5	19
03	73,3	85,3	16
04	64,4	76,1	18
05	56,5	67,9	20
06	64,6	75,8	17
07	64,6	80,4	24
08	61,2	78,6	28

Data do ensaio: 15/12/05.

**4.3** Determinação da Impermeabilidade

Os seis exemplares testados (cps n<sup>os</sup>. 01 a 08) não apresentaram vazamento nem formação de gotas na execução do ensaio.

Data ensaio: 14/12/05 a 15/12/05.

**4.4** Ensaio Dimensional

Os resultados apresentados no presente documento referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.



laboratório bauer abba

**L.A. Falcão Bauer**  
 Centro Tecnológico de Controle da Qualidade


bna - engenheiros consultores

 Ref.: ECC/111.405/05/A  
 Fl.: 4/4

C.P	Comprimento			Largura			Espessura					
	C1	C2	C3	L1	L2	L3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
01	1611	1604	1605	571	576	575	3,20	2,85	2,55	2,77	3,27	3,32
02	1607	1605	1608	574	573	568	2,77	3,06	3,04	3,26	3,13	3,25
03	1611	1612	1610	574	578	577	3,60	3,28	3,34	2,93	3,18	3,11
04	1611	1611	1610	569	565	562	3,18	3,44	3,30	3,19	3,18	3,18
05	1604	1602	1607	550	558	562	2,62	2,91	2,79	3,04	3,31	3,03
06	1612	1611	1611	578	576	579	3,82	3,88	3,41	3,58	3,22	3,14
07	1605	1606	1603	561	559	555	3,15	3,81	3,04	3,54	3,56	2,68
08	1609	1609	1610	564	562	560	3,08	3,38	3,00	3,05	2,89	3,00
09	1612	1612	1612	575	574	569	2,96	3,65	3,69	3,17	3,41	3,50
10	1611	1612	1613	575	576	568	3,05	3,19	3,24	3,21	3,66	2,53
11	1613	1612	1611	571	576	575	3,36	3,48	3,31	3,63	3,20	2,83
12	1605	1608	1608	562	564	570	2,50	3,19	2,75	3,08	3,12	2,81
13	1611	1611	1612	570	571	575	3,56	3,38	3,26	3,58	3,23	3,68

### 5. OBSERVAÇÕES:

5.1 - Pedido de ensaio – 111.405

5.2 - Ensaio realizado em Dezembro de 2.005.

5.3 - Este Relatório cancela e substitui o Relatório ECC 111.405 emitido em 19/12/05

São Paulo, 05 de Janeiro de 2.005.

L.A. FALCÃO BAUER LTDA  
 Centro Tecnológico de Controle da Qualidade

*[Assinatura]*  
 DENI EMINA AMARAL  
 Tecnólogo em Pavimentação

MMR/dea.

L.A. FALCÃO BAUER LTDA  
 Centro Tecnológico de Controle da Qualidade

*[Assinatura]*  
 MAURICIO MARQUES RESENDE  
 Engenheiro Civil  
 CREA nº 5061903562

## ANEXO B

**L.A.FALCÃO BAUER**

Centro tecnológico de controle de qualidade

Relatório de Ensaio E/72 862/03

TELHA ONDULADA

ENSAIOS DIVERSOS

Interessado: ECO-TOP INDUSTRIA E COMERCIO LTDA.

**Ensaio:****MATERIAL ENSAIADO:**

Uma amostra de telha ondulada com 12 exemplares, entregue pelo interessado em nosso laboratório em 09/05/2003.

**ENSAIOS REALIZADOS - METODOLOGIAS:**

Na ausência de normalização específica para este tipo de material, foi empregado à metodologia de telhas de fibro cimento.

- Determinação da absorção de água - NBR 6470
- Verificação da impermeabilidade - NBR 5642
- Determinação da resistência à flexão - NBR 6468
- Verificação do Dimensional - NBR 7581

**RESULTADOS OBTIDOS:**

Determinação de massa e da absorção de água:

CP Nº	Absorção(%)
01	0,0
02	0,0
03	0,0
04	0,0
05	0,0
06	0,0

**Verificação da Impermeabilidade:**

Os seis exemplares testados (cp's nº 01 a 06) não apresentaram vazamento nem formação de gotas

após a aplicação por 24 horas de uma coluna de água com diâmetro de aproximadamente 37,70mm e altura de 265,00mm

Determinação da resistência a Flexão:

(\* ) Na carga máxima aplicada não ocorreu ruptura e sim uma deformação maior do que curso do sistema de aplicação de carga (aproximadamente 190mm)

CP Nº	Largura (mm)	Espessura Mínima na Região Fraturada (mm)	Carga Máxima Aplicada (N)(*)	Carga de Ruptura(N/m)
1	902	4,27	1961,3	2174,4
2	907	4,95	2500,7	2757,1
3	903	4,14	2647,8	2932,2
4	905	4,10	2549,7	2817,4
5	903	5,09	2206,5	2443,5
6	907	4,75	2696,8	2973,4

**Verificação Dimensional:**

Comprimento:

CP Nº	C1(mm)	C2(mm)	C3(mm)
1	2203	2200	2200
2	2202	2202	2204
3	2200	2198	2198
4	2198	2198	2198
5	2200	2200	2200
6	2200	2200	2200

Largura:

CP N°	L1(mm)	L2(mm)	L3(mm)
1	900	900	905
2	909	904	908
3	906	901	902
4	907	901	907
5	905	898	905
6	908	904	908

Espessura:

CP N°	E1(mm)	E2(mm)	E3(mm)	E4(mm)	E5(mm)	E6(mm)
1	5,14	4,27	5,61	5,18	5,06	5,48
2	4,95	4,50	5,36	5,68	5,67	6,31
3	6,25	6,59	7,40	4,22	4,14	5,23
4	4,40	4,70	4,10	4,94	4,64	5,43
5	6,16	6,54	6,00	5,09	4,96	5,33
6	5,40	5,00	6,54	5,16	4,86	4,75

**Observações:**

- Pedido de Ensaio - PE 70 818
- Ensaio Realizados em maio de 2003