

MICHEL LUCAS DE LIMA  
SILVIONEY CAVALHEIRO  
MARCEL CASSANDRI ROMERO FARINHA  
MARCEL RICARDO NOGUEIRA DE OLIVEIRA  
JULIANO PIZZANO AYOUB

# CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Análise Comparativa entre Telha  
Ecológica e Telha de Fibrocimento  
Onduladas de 6mm

2020

**Michel Lucas de Lima**  
**Silvioney Cavalheiro**  
**Marcel Cassandri Romero Farinha**  
**Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira**  
**Julianno Pizzano Ayoub**

**CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL:**  
**análise comparativa entre telha**  
**ecológica e telha de fibrocimento**  
**onduladas de 6mm**

**Editora Pascal**

**2020**

**2020 - Copyright© da Editora Pascal**

**Editor Chefe:** Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

**Edição e Diagramação:** M.Sc. Eduardo Mendonça Pinheiro

**Edição de Arte:** Marcos Clyver dos Santos Oliveira

**Revisão:** Os autores

**Conselho Editorial**

Dr. Raimundo J. Barbosa Brandão

Dr. Saulo José Figueredo Mendes

Dr. Raimundo Luna Neres

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C775sust

Lima, Michel Lucas de; Cavalheiro, Silvioney; Farinha, Marcel Cassandri Romero; Oliveira, Marcel Ricardo Nogueira de; Ayoub, Julianno Pizzano

Construção Sustentável: análise comparativa entre telha ecológica e telha de fibrocimento onduladas de 6mm / Michel Lucas de Lima, Silvioney Cavalheiro, Marcel Cassandri Romero Farinha, Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira e Julianno Pizzano Ayoub 1ª ed. — São Luís: Editora Pascal, 2020.

72 f. ; il.

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-86707-05-2

D.O.I.: 10.29327/515096

1. Engenharia. 2. Sustentabilidade. 3. Desempenho térmico. 4. Resistência dos Materiais.  
I. Título.

CDD: 620

CDU: 620.1

Qualquer parte deste livro poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros, desde que seja citado o autor.

**2020**

[www.editorapascal.com.br](http://www.editorapascal.com.br)

contato@editorapascal.com.br

## APRESENTAÇÃO

Frequentemente são disponibilizadas novas tecnologias visando otimização de custos, no mercado da construção civil não é diferente, são levados em consideração fatores como ciclo dos materiais, custo e facilidade para aquisição, transporte e manutenção, bem como as propriedades do material que será empregado.

Um dos nichos a ser destacado é o da cobertura, existem algumas variáveis a serem consideradas quando se opta pelo tipo de cobertura empregada, como por exemplo o clima da região. Para uma avaliação detalhada dos parâmetros que compõem uma boa cobertura, esta obra apresenta uma análise comparativa entre as telhas onduladas de fibrocimento, muito comuns na construção civil, e as telhas ecológicas, uma nova aposta de mercado.

O livro contempla a gama de telhas disponíveis na região de Guarapuava e demonstra a aplicabilidade e características das mesmas. Ainda apresenta as avaliações físicas e mecânicas das telhas de fibrocimento e ecológicas, compreendendo parâmetros como absorção de água, conforto térmico, impacto de corpo duro e flexão.

Os resultados são discutidos no que se contemplam os custos, vantagens e desvantagens, análises técnicas, aplicabilidades e ressalvas acerca de cada uma das telhas, simplificando os detalhes e auxiliando na decisão do tipo de cobertura para cada caso.

Os Autores



## **AGRADECIMENTO**

Queremos agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda nossa trajetória.

A todos os professores, que passaram pelo nosso caminho, em longos anos dentro de sala de aula, e que de alguma forma contribuíram com nosso desenvolvimento.

Aos nossos familiares, sempre nos apoiando com muito carinho.

Agradecemos também, a todos que direta ou indiretamente contribuíram com esse Livro.

Obrigado, muito obrigado!



# SUMÁRIO

Resumo

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. EMBASAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
<b>3 TELHADOS .....</b>	<b>4</b>
3.1 TIPOS.....	4
3.2 ACESSÓRIOS.....	9
3.2.1 Fibrocimento .....	9
3.2.2 Telha Ecológica .....	15
<b>4 TELHAS ONDULADAS 6 MM .....</b>	<b>17</b>
4.1 TELHAS DE FIBROCIMENTO COM AMIANTO .....	17
4.2 TELHAS ECOLÓGICAS .....	17
<b>5 ENSAIOS .....</b>	<b>22</b>
5.1 TIPOS.....	22
5.1.1 Absorção de Água .....	22
5.1.2 Desempenho Térmico .....	22
5.1.3 Carga de Ruptura de Flexão .....	23
5.1.4 Resistência a Impactos de Corpo Duro .....	23
<b>6. METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>

6.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	24
6.1.1 Execução do ensaio .....	25
6.1.2 Ensaio .....	25
6.1.3 Resultados .....	25
6.2 DESEMPENHO TÉRMICO.....	26
6.3 CARGA DE RUPTURA DE FLEXÃO .....	27
6.3.1 Preparação da amostra .....	28
6.3.2 Aparelhagem .....	28
6.3.3 Procedimento .....	28
6.4 RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO DURO .....	29
6.4.1 Aparelhagem .....	29
6.4.2 Procedimento .....	30
<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
7.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA .....	32
7.2 Desempenho térmico.....	39
7.3 Ensaio de resistência ao impacto de corpo duro.....	45
7.4 Ensaio de resistência a carga de ruptura de flexão.....	49
<b>8. CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

**AUTORES.....56**



## Resumo

**A** cobertura é parte fundamental das edificações, pois ela proporciona segurança contra intempéries e conforto para os usuários. São diversas as variáveis que definem o tipo de cobertura que será utilizada numa obra, como, por exemplo, o clima da região de Guarapuava - Pr. Além disso, com o aparecimento de sistemas alternativos de construção, há o apelo pelo uso de materiais com o viés da sustentabilidade, mas que apresentem boas características mecânicas. O presente livro tem o objetivo de avaliar a resistência física e mecânica das telhas através de ensaios de absorção de água, conforto térmico, impacto de corpo duro e flexão, realizando um comparativo entre as telhas disponíveis no mercado. Para alcançar os objetivos propostos, a abordagem do presente livro a ser utilizado é o dedutivo, pois embasados em métodos de avaliação consagrados, busca-se obter os resultados através de ensaios realizados nas telhas. Os resultados obtidos no ensaio de absorção de água, evidenciaram que a telha ecológica, em relação à fibrocimento, reteve menor quantidade de água, conseqüentemente, menor carregamento nas estruturas da cobertura. Os ensaios de conforto térmico indicam que as telhas ecológicas retêm menos calor devido ao alumínio presente em sua composição, sendo assim, há uma diferença significativa de temperatura ambiente em relação às telhas de fibrocimento. Os resultados mostraram que as telhas ecológicas, em comparação às telhas de fibrocimento, apresentaram resistência mecânica superior quando as amostras foram submetidas ao ensaio de impacto de corpo duro, as quais não apresentaram deformações em sua estrutura. Também no ensaio de flexão, o comportamento da telha ecológica foi superior, por ser composta de material plástico, não apresentou ruptura quando submetida à carga.

**Palavras-chave:** Engenharia. Sustentabilidade. Desempenho térmico. Resistência dos Materiais.



# 1. INTRODUÇÃO

As coberturas são uma parte fundamental das edificações, pois elas proporcionam segurança contra intempéries e conforto para os usuários. São diversas variáveis que impactam na definição dos tipos de coberturas que serão aplicadas nas edificações, clima com variações entre sol e chuva, temperatura, incidência de granizo ou a junção destas variáveis em um mesmo período.

Algumas telhas ainda possuem características que geram conforto aos usuários como retenção de calor, a minimização de ruído e economia durante sua instalação, fatores atrativos ao consumidor.

Devido à incidência solar a telha é o material que mais recebe carga de radiação solar, conseqüentemente é o material que mais se desgasta em uma edificação. Algumas telhas não possuem uma boa eficiência térmica, assim o usuário sofre com o calor que acaba sendo transferido para o interior da residência, da mesma forma, o frio frequente na região de Guarapuava, também acaba por ser um fator que gera desconforto.

Para que possam ser minimizadas estas diferenças, visando garantir o conforto térmico, são aplicadas técnicas que acabam por encarecer o custo da obra, sejam aplicações de mantas térmicas como lã de rocha ou lã de vidro, instalação de placas com material aluminizado para refletir os raios solares e o calor, e até mesmo a confecção de lajes na edificação.

O ruído de impacto da chuva, granizo e até de pássaros, que acabam por caminhar sobre as coberturas, acabam trazendo incômodo aos moradores, para isso, também são aplicadas outras técnicas que auxiliam na minimização de ruídos, como a aplicação de mantas e telhas mais espessas e a confecção de lajes ou forrações, estes também encarecem a obra.

Outro aspecto que deve ser considerado em projetos de coberturas é a resistência das telhas ao impacto. Em Guarapuava, por ser uma região com grande incidência de chuvas com granizo, as coberturas das edificações sofrem com a força com que são atingidas por estes materiais, o resultado disso é que muitas edificações acabam por terem que trocar a cobertura quase que em sua totalidade. Para dar resistência, as coberturas acabam por ficar cada vez mais espessas, o que leva a um aumento de carga, sobrecarregando cada vez mais as estruturas, elevando consideravelmente os custos com utilização de materiais para reforço como madeira ou metal.

Devido à grande incidência de chuvas na região, é importante avaliar a quantidade de absorção de água para determinação de cargas a serem calculadas como sobrecarga nos projetos de coberturas, assim podendo calcular os valores de carga por m<sup>2</sup> para determinar a estrutura.

O aparecimento de sistemas alternativos apresentados no mercado traz uma nova visão quanto aos sistemas construtivos. Com a crescente procura por métodos alternativos e construções sustentáveis, surgiram algumas telhas que aparentemente, são uma ótima alternativa para construção, porém necessitam de testes para comprovação de suas características mecânicas, dentre elas as telhas que estão sendo fabricadas com materiais alternativos que utilizam como matéria prima embalagens cartonadas.

De acordo com a Tetrapak (2016), em 2014 houve um aumento de embalagens que seriam descartadas nos lixões e aterros sanitários e que estão sendo transferidas para uso em outros mercados, em 2013 foram 623.000 toneladas de material reciclado, e em 2014, 651.000 toneladas. Em 2010 a empresa atingiu 20% de reciclagem de todo o material, para 2020 o intuito é aumentar em 40% o volume de material reciclado. O aumento do uso das telhas ecológicas contribuirá para atingir esta meta de reuso dos produtos cartonados, pois justamente uma alternativa viável para a ciclagem deste material é a telha ecológica, que já é fabricada e comercializada na região de Guarapuava.

## 2. EMBASAMENTO TEÓRICO

As telhas são parte integrante das coberturas das edificações, foram criadas com a finalidade de cobri-las e trazer conforto e segurança contra as intempéries.

Nos séculos XVI e XVII, durante a escravidão no Brasil, as telhas eram confeccionadas de barro e para dar formato eram moldadas nas coxas dos escravos, daí a expressão “feito nas coxas” (JORNAL DE PIRACICABA, 2005 apud SILVA, 2005).

Segundo Arend (2014, p.10) o Brasil, por ser colonizado por Portugal, trouxe muito das características das coberturas para as edificações nacionais, sempre com telhas cerâmicas apoiadas sobre estruturas de madeira, por isso do nome de telhas coloniais empregado

ao modelo mais usado no Brasil.

O processo de fabricação artesanal passou a ser industrializado por volta de 1830, somente no final do século XIX foi criada a telha de fibrocimento, mistura da pasta de cimento com a fibra de amianto (SILVA, 2005).

As telhas de fibrocimento de acordo com Calil Junior (2010), são o resultado das adições de fibras de amianto no cimento, e apresenta como vantagens, permitir executar com rapidez telhados com custo reduzido e com boa resistência mecânica. A norma ABNT NBR 15310:2009 foi criada para aperfeiçoar e padronizar a fabricação destas telhas.

Com o decorrer dos anos muitos outros materiais foram empregados para melhorar e facilitar o modo de construção, sejam eles, rapidez na construção, diminuição de cargas sobre as estruturas das coberturas, conforto térmico para regiões onde as temperaturas são extremas, ou até para garantir uma maior segurança aos moradores de regiões com grande volume de precipitação ou grande incidência de granizo.

Segundo Sottoriva e Garcias (2011) o amianto presente nas telhas sofre um desgaste natural, devido ao atrito gerado entre as gotas de chuva e as telhas de fibrocimento com amianto, este desgaste acaba por carrear os sedimentos para os rios, causando contaminação de bacias hidrográficas.

Inicialmente devemos analisar que os telhados são construídos de acordo com métodos implantados em projetos, levando em consideração as condições climáticas, avaliadas por exemplo através dos ventos e características pluviométricas de cada região.

Segundo Moliterno (2010) Os telhados são constituídos de duas partes principais:

- Cobertura: Podem ser de vários materiais, desde que impermeáveis e resistentes à ação do vento e intempéries.
- Armação: Corresponde ao conjunto de elementos estruturais para a sustentação da cobertura.

As coberturas podem variar de acordo com a arquitetura do projeto, porém deve ser dada atenção às interferências climáticas, um dos principais pontos a serem considerados devido ao clima é a declividade.

## Segundo Moreti Filho (1956)

A declividade do plano do telhado varia com a natureza do material de cobertura e com o clima do lugar. Uma declividade exagerada é prejudicial à armadura do telhado devido à ação dos ventos, assim como também pequenas declividades que não oferecem rápido escoamento das águas pluviais e das neves. Estas, quando armazenadas, aumentam a sobrecarga acidental dos telhados.

Portanto a declividade influencia diretamente na estrutura da cobertura, e por receber as influências climáticas diretamente pode fazer com que os carregamentos acidentais em coberturas se elevem, ou acarretar um escoamento ineficiente das águas.

As coberturas devem seguir as inclinações de acordo com o referido pelos fabricantes. Segundo a Eternit (2016), as telhas onduladas 6 mm devem ter uma inclinação mínima de 5° ou 9%.

Para a execução adequada da cobertura devem-se conhecer todos os fatores que influenciam nas cargas e sobrecargas das estruturas e também os materiais empregados.

Tratando-se de telhas de 6 mm disponíveis no mercado foram encontradas telhas constituídas de fibrocimento com amianto e telhas ecológicas provenientes da reciclagem de embalagens de Tetrapak.

Telhas de fibrocimento são encontradas no mercado da construção civil e já estão consolidadas no mercado devido à sua praticidade de instalação e pela redução de peso, trazendo economia na confecção de tesouras, caibros, terças e ripas.

As telhas de material reciclado são uma novidade de mercado, e também uma tendência de futuro, devido à necessidade de reciclagem das embalagens de Tetrapak.

## 3 TELHADOS

### 3.1 TIPOS

As coberturas possuem composição de vários elementos integrados, de acordo com CARDOSO (2003) os telhados estão divididos em Telhamento, Trama e Estrutura de Apoio, sendo:

- Telhamento: parte responsável pela vedação da estrutura, é

onde está enquadrada a telha;

- Trama: Suportes onde serão fixadas as telhas. São os terçamentos, caibros e ripas;
- Estrutura de apoio: parte integrante da cobertura que tem por objetivo receber as cargas da trama e transmiti-las para o edifício. São constituídas por tesouras, oitão, pontaletes ou vigas.

Ainda pode-se considerar neste conjunto os sistemas de captação de água, como calhas e rufos que são responsáveis pela drenagem da água.

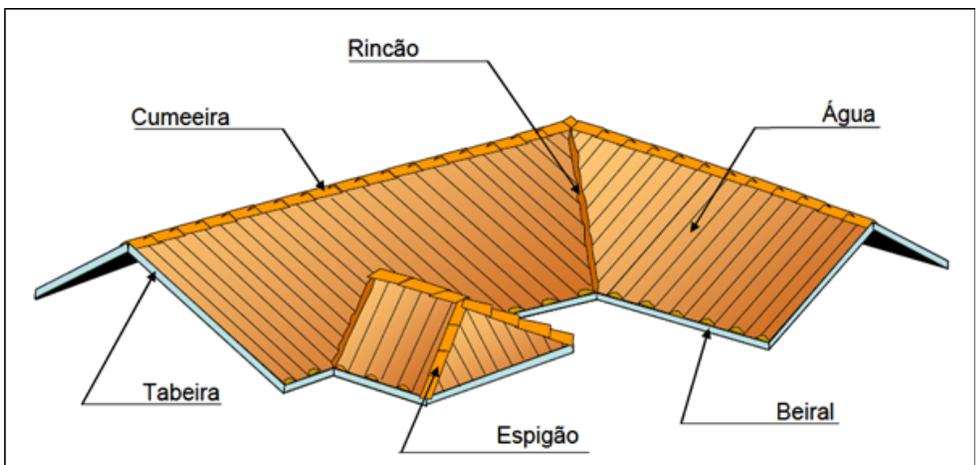


Figura 1 - Divisão da cobertura

Fonte: Site: [www.http://engenhariae-construcao.blogspot.com.br/2013/04/telhado.html](http://engenhariae-construcao.blogspot.com.br/2013/04/telhado.html)

De acordo com Pfeil (1994), as coberturas possuem divisão e estão distribuídas em partes, sendo elas:

- Água – Superfície plana do telhado;
- Beiral – Projeção do telhado para fora do alinhamento das paredes;
- Cumeeira – Ponto mais alto das coberturas, ela liga duas águas;
- Espigão – É considerado como um divisor de águas, ou seja,

ligará duas águas, porém, em sentidos de escoamento diferentes;

- Rincão – é a junção entre duas coberturas no ponto mais baixo, é responsável por coletar as águas;
- Tabeira – Mais conhecido na nossa região como espelho, é o caibro que faz o arremate da cobertura.

As coberturas podem ser dispostas em várias formas de acordo com o seu número de águas:

- Telhado uma água com apenas um plano inclinado, também conhecido com telhado de meia água. Figura 2:

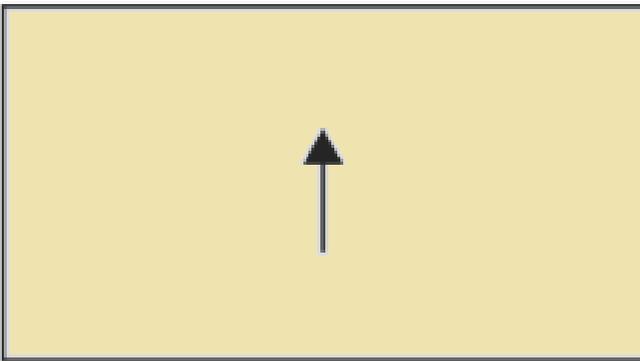


Figura 2 - Telhado uma água

Fonte: Autor

- Telhado duas águas ou, com dois planos inclinados, chamado de telhado de chalé mostrado na Figura 3:

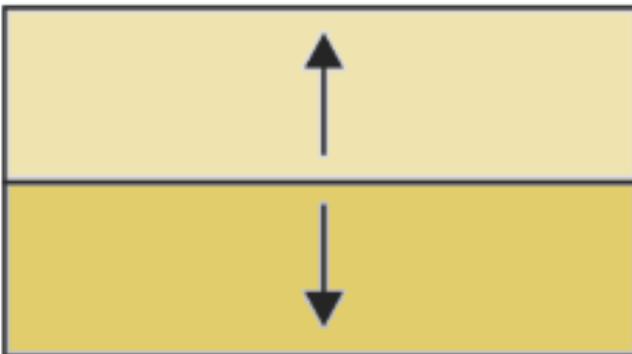


Figura 3 - Telhado duas águas

Fonte: Autor

- Telhado de três águas, apresenta dois planos inclinados principais e outro plano em forma de triângulo, este chamado de tacaniça. Figura 4:

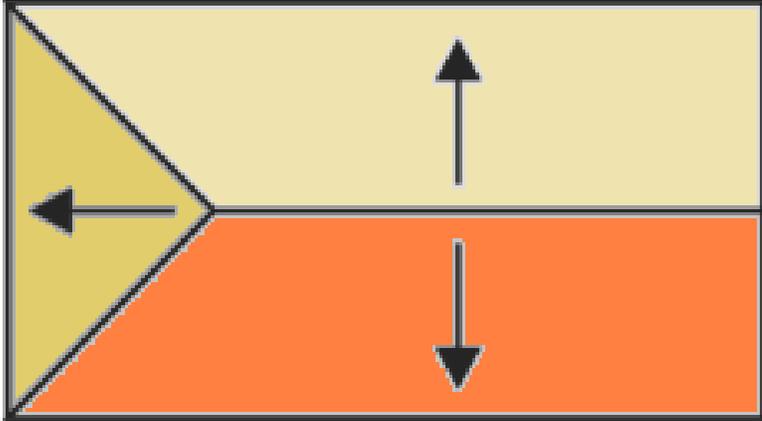


Figura 4 - Telhado três águas

Fonte: Autor

- Telhado de quatro águas apresenta dois planos inclinados principais, denominado de águas mestras e duas inclinações em forma de triângulo, tacaniças. Figura 5:

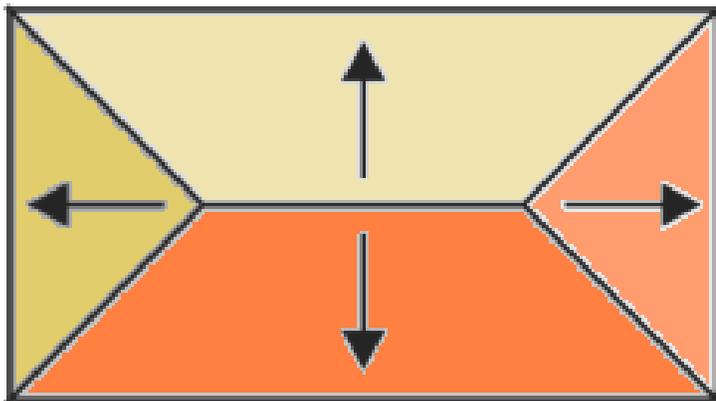


Figura 5 - Telhado Quatro águas

Fonte: Autor

Ainda podemos encontrar telhados mais modernos que utilizam mais de quatro águas, formados por várias superfícies inclinadas, conforme Figura 6.

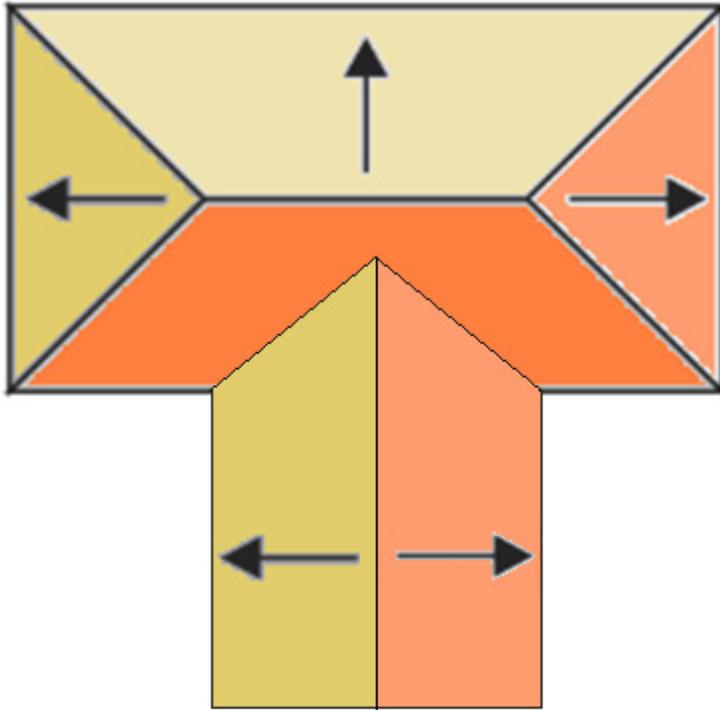


Figura 6 - Telhado com mais de quatro águas

Fonte: Autor

## 3.2 ACESSÓRIOS

### 3.2.1 Fibrocimento

Segundo Eternit (2016, p41), a telha ondulada de fibrocimento é complementada por uma abrangente linha de peças para as mais diversas soluções arquitetônicas, necessárias para a segurança, estética e acabamento de coberturas e fechamentos laterais. São elas:

#### **Cumeeiras Normais**

Possuem uma variedade grande com diferentes ângulos para cobrir o encontro entre as duas águas, possui largura total de 1100 mm, aba entre 300 mm e 400 mm e pesam entre 8,1 e 11 kg e podem ser encontradas nas angulações de 5°, 10°, 15°, 20°, 25° e 30°, como demonstra a figura 7.



Figura 7 - Cumeeira Normal

Fonte: <http://www.brasilit.com.br/produtos/telhas-em-fibrocimento/telha-de-fibrocimento-ondulada>

## Cumeeira Universal

São utilizadas em coberturas com angulações entre 10° e 30°, utilizada em encontro entre duas águas, largura de 1100 mm , aba com 210 mm, e peso de 7,1 kg, figura 8.



Figura 8 - Cumeeira Universal

Fonte: <http://www.brasilit.com.br/produtos/telhas-em-fibrocimento/telha-de-fibrocimento-ondulada>

## Cumeeira Shed

Usada normalmente em galpões, possui uma aba ondulada e uma aba plana para arremate com a parede (figura 9), seu ângulo de aplicação depende da angulação do telhado, sendo a inclinação mínima a ser utilizada de 5° ou 9%. Para que possa ser selecionado o ângulo a ser usado deve ser utilizada a seguinte fórmula:

$$A^{\circ} = 90^{\circ} - \alpha$$

$A^{\circ}$  = ângulo da cumeeira Shed

$\alpha$  = ângulo de inclinação da cobertura

Os ângulos A disponíveis no mercado são: 70°, 75°, 80° e 90°. Possui largura de 1100 mm, aba de 280 mm e peso de 7 kg.

Pouco utilizada na região de Guarapuava, devido ao pouco conhecimento, adota-se o uso de rufos de zinco.

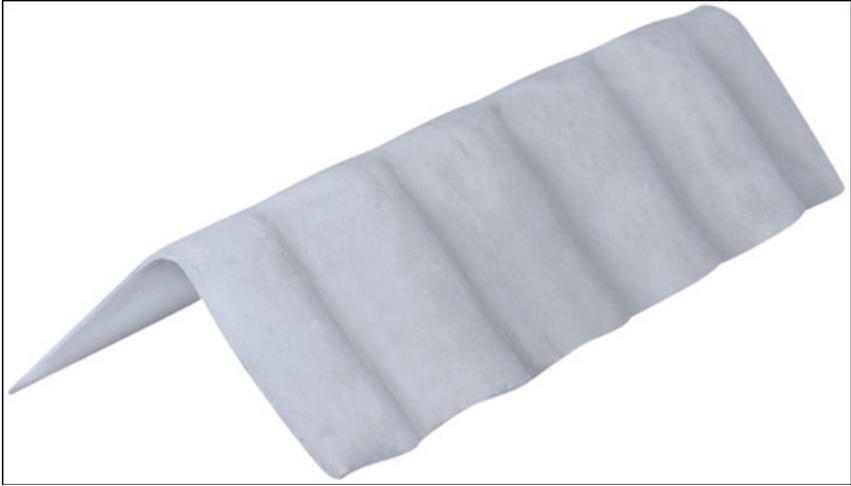


Figura 9 - Cumeeira Shed

Fonte: <http://www.brasilit.com.br/produtos/telhas-em-fibrocimento/telha-de-fibrocimento-ondulada>

### **Cumeeira Shed Terminal**

Usada para arremate em ambas as extremidades do telhado, possui lado esquerdo e direito, largura de 330 mm e peso de 2,5 kg, disponível em ângulos de 75°, 80° e 90°.

Assim como a cumeeira Shed, também pouco difundida na região, substituída por zinco.



Figura 10 - Cumeeira de arremate Shed

Fonte: <http://www.brasilit.com.br/produtos/telhas-em-fibrocimento/telha-de-fibrocimento-ondulada>

### **Cumeeira Articulada (aba inferior/ aba superior)**

Usada no encontro de duas águas, possui como principal característica a adaptabilidade aos diversos ângulos de telhados, podendo ser usada em telhados com inclinações que vão desde 10° (18%) até 45° (100%). Possui largura de 1100 mm, aba com 350 mm e o peso varia de acordo com o tipo da aba, inferior 4,6 kg e superior 5 kg, conforme figura 11.



Figura 11 - Cumeeira articulada inferior (à dir.), Cumeeira articulada superior (à esq.)

Fonte: <http://www.brasilit.com.br/produtos/telhas-em-fibrocimento/telha-de-fibrocimento-ondulada>.

### **Cumeeira articulada de ventilação (aba inferior; aba superior)**

Possui as mesmas características da cumeeira articulada, porém suas abas são retas, ocasionando pequenos pontos de passagem de ar entre as ondulações das telhas, isto proporciona uma melhor ventilação, sua largura é de 1197 mm, sua aba 415 mm e seu peso varia, aba inferior 6,2 kg e aba superior 6,3 kg, sua angulação é a mesma da cumeeira articulada.

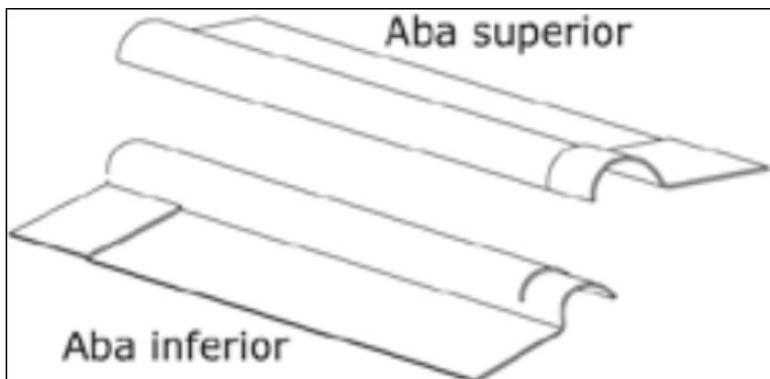


Figura 12 - Cumeeira articulada de ventilação  
Fonte: Catálogo Técnico Eternit Fibrocimento

## Espigão Universal e Espigão Universal de Início

Usados no recobrimento de encontro de telhas na linha do espigão, o espigão de início fica nas extremidades e o espigão universal para a sequência da linha. Usado para inclinações mínimas de 15° (27%), tendo como características:

- Espigão universal: largura de 1,820 mm, aba com 310 mm, altura de 133 mm e peso de 8,1 kg;
- Espigão universal de início: largura 900 mm, aba com 310 mm, altura de 126 mm e peso de 3,9 kg.

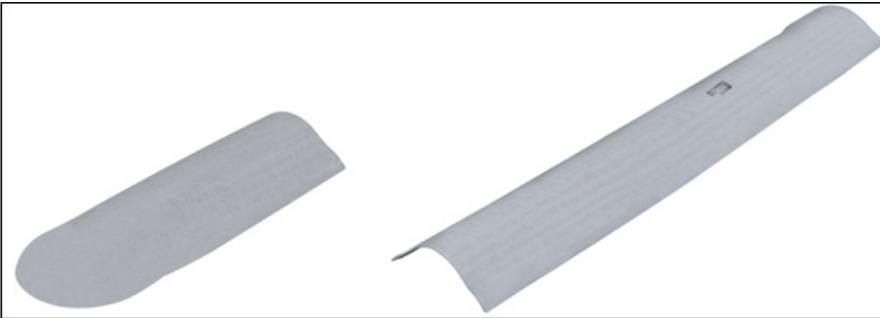


Figura 13 - Espigão Universal (à dir.), Espigão Universal de Início (à esq.)

Fonte: <http://www.brasilit.com.br/produtos/telhas-em-fibrocimento/telha-de-fibrocimento-ondulada>

## Espigão de aba plana

Usado para fazer o recobrimento da linha de telhas ao longo do espigão, é fornecida em ângulos de 5°, 10°, 15° e 20°, deve ser instalado em telhados com inclinação mínima de 5° (9%), possui largura de 1100 mm, aba com 300 mm e peso de 7,6 kg.



Figura 14 - Espigão de aba plana

Fonte: <http://www.brasilit.com.br/produtos/telhas-em-fibrocimento/telha-de-fibrocimento-ondulada>

### 3.2.2 Telha Ecológica

Os acessórios das telhas ecológicas ainda são pouco explorados, evidencia-se que todos os fabricantes ainda focam na qualidade das telhas e suas características, e não exploram acessórios.

De acordo com Brasiplac (2016), algumas cumeeiras possuem uma manta de alumínio como revestimento para diminuição de incidência de calor, funcionando como um refletivo, esta característica não foi encontrada na marca comercializada na região de Guarapuava.

#### **Cumeeira universal ecológica**

São utilizadas em todos os tipos de coberturas, esta foi desenvolvida pela empresa da região, é utilizada em encontro entre duas águas, largura de 1103 mm, aba com 320 mm, e peso de 3 kg.

Sua vantagem é que pode ser usada nas mais diversas angulações de coberturas e possui metade do peso das cumeeiras de fibrocimento. Sua desvantagem é que em dias com temperatura baixa, as cumeeiras não conseguem ser moldadas na cobertura, outro adendo

é que na instalação devem ser colocados parafusos de fixação a cada dois “gomos” para que possa ter uma boa vedação.



Figura 15 - Cumeeira Universal Ecológica

Fonte: Autor

### **Cumeeira Espigão de Aba Plana**

Usada para fazer o recobrimento da linha de telhas ao longo do espigão, também utilizada em fechamento de coberturas em duas águas de aviários, com função de auxiliar na ventilação, pode ser moldada em diversos ângulos, possui largura de 1116 mm, aba com 280 mm e peso de 3,5 kg.

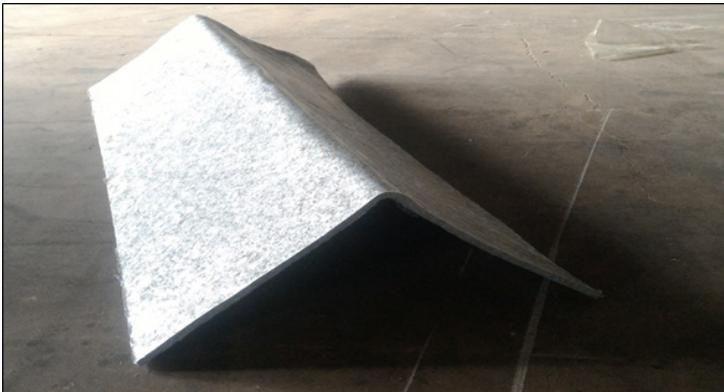


Figura 16 - Cumeeira Espigão de Aba Plana

Fonte: Autor

## 4 TELHAS ONDULADAS 6 MM

### 4.1 TELHAS DE FIBROCIMENTO COM AMIANTO

“O processo original, chamado de processo úmido, foi desenvolvido para a produção de uma grande variedade de placas planas. [...] Atualmente o processo de fabricação mais utilizado é o processo úmido mecânico, o mais conhecido é o processo Hatschek” (OLIVEIRA, 2010, apud ROSSATO, 1959, p. 24).

Segundo Oliveira (2010, p. 24), o processo também é empregado na fabricação de papel, sendo que os materiais (fibras, minerais e cimento), são colocados em uma suspensão de água e misturados, e posteriormente introduzidos em uma cuba com cilindros envoltos em uma tela, tendo a tela a finalidade de reter os materiais e dispensar a água. As camadas mais finas são agrupadas em um feltro, passando por caixas de vácuo para extrair o excedente de água. O material que fica retido segue para um cilindro que realiza a prensagem uniformizando o produto.

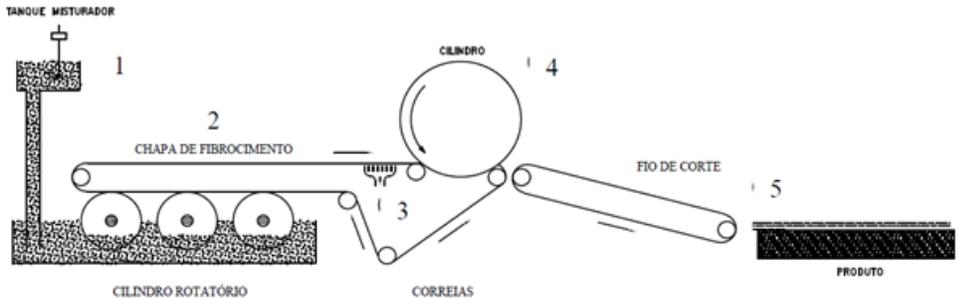


Figura 18 - Esquema de processo Hatschek para a produção de telhas de fibrocimento

Fonte: Oliveira (2010)

### 4.2 TELHAS ECOLÓGICAS

As telhas de material reciclado são fabricadas utilizando como matéria prima o plástico e o alumínio, extraídos das embalagens longa vida TetraPak. Diferente do processo de fabricação das telhas de

fibrocimento encontradas no mercado atualmente, as quais utilizam matérias primas extraídas da natureza, a utilização de embalagens recicladas tem um papel importante na preservação do meio ambiente ao evitar que esse material seja destinado à aterros sanitários e descartes inadequados.

Segundo Ecopex (2014),

A ideia surgiu em 1999, quando até então, a reciclagem das embalagens estava limitada à reutilização do papel, que eram retirados pela indústria papelreira para a confecção de papelão ondulado e caixas. Partindo do princípio de que a mistura de plástico e alumínio das embalagens é um material nobre, caro e muito resistente, o Departamento de Meio Ambiente da Tetra Pak começou a estudar uma maneira de prensar e transformar a mistura em placas rígidas, que poderiam ser utilizadas para diversos fins na construção civil (tapumes, revestimentos, etc.). Daí para a criação das telhas, a evolução foi rápida.

Em comparação às telhas de fibrocimento, as telhas ecológicas destacam-se pela sua leveza. Isso influencia diretamente nos custos de construção das estruturas da cobertura.

Como início à fabricação das telhas, temos o recebimento da matéria prima, composto pelo polietileno e pelo alumínio, oriundos das indústrias papelreiras, que em seu processo de desagregação por hidrapulpers, extraem o papelão existente nas embalagens longa vida, o qual será utilizado para a fabricação do papel. O polietileno e o alumínio são triturados e ficam retidos nas peneiras do equipamento que, em seguida, são retirados e enfardados para facilitar no transporte até a fábrica de telhas ecológicas.

Na sequência, o material é direcionado para uma nova trituração, que reduzirá seu tamanho para facilitar a fusão entre o alumínio e o plástico, proporcionando maior homogeneidade ao produto final.



Figura 19 - Trituração da matéria prima

Fonte : Autor

A próxima etapa consiste em depositar esse material processado anteriormente em forma de madeira com dimensões pré-estabelecidas, a qual já colocada sob uma camada de poliéster.

Os fragmentos são acomodados manualmente por dois colaboradores da empresa, em quantidade limitada à altura da forma e em seguida é envolvida em sua parte superior por uma camada de poliéster (figura 20).



Figura 20 - Acomodação dos fragmentos na forma

Fonte: Autor

Em seguida, o material é direcionado para a prensa que irá aquecê-las a temperaturas entre 160°C a 200°C por tempo aproximado de 20 minutos, fazendo com que os fragmentos fundam-se, tornando-se uma chapa homogênea.



Figura 21 - Prensagem à quente

Fonte: Autor

Depois de terminada a fusão, as placas ainda aquecidas são colocadas em uma prensa onduladora, que consiste em dar forma geométrica para as telhas. Essa etapa do processo terá duração de aproximadamente 10 minutos.



Figura 22 - Prensagem a frio - prensa onduladora

Fonte: Autor

Após sair da prensa à frio, as telhas são levadas para o equipa-

mento chamado serra esquadrejadeira, que irá realizar o corte das rebarbas laterais e das pontas, deixando-as nas dimensões desejadas.



Figura 23 - Serra esquadrejadeira

Fonte: Autor

Após esquadrejamento, as telhas são submetidas à análise visual por um colaborador que tem a atribuição de verificar a peça, dando seu parecer sobre a qualidade da mesma.



Figura 24 - Controle de Qualidade - Análise visual das telhas

Fonte: Autor

## 5 ENSAIOS

### 5.1 TIPOS

#### 5.1.1 Absorção de Água

As coberturas possuem uma carga normal de acordo com o material e a sua densidade, de acordo com a Eternit (2016, p.35), para determinação da estrutura, devem-se adotar os seguintes pesos médios, já considerados os recobrimentos laterais e longitudinais: 6 mm = 18 kgf/m<sup>2</sup> de área coberta e a absorção de água gera uma carga adicional sobre a telha, e dependendo da quantidade de absorção de água a estrutura deve ser calculada com este dimensionamento.

#### 5.1.2 Desempenho Térmico

A cada segundo a Terra recebe do Sol uma quantidade de energia equivalente a 47 bilhões de kW/h. [...]Esta quantidade de energia seria suficiente para suprir as necessidades energéticas anuais da humanidade em apenas 20 ou 30 minutos. (CASTANHEIRA E COSTA, 2002, p.249).

A quantidade de energia que incide nas edificações, dependendo da hora do dia, da posição do sol e da hora pode influenciar no conforto térmico da edificação e também na quantidade de energia consumida dentro das edificações.

O revestimento das edificações é um fator que pode influenciar negativamente tanto no conforto quanto no consumo de energia. O ponto de maior absorção de calor, e que recebe a maior carga solar, são os telhados.

Os materiais empregados e as técnicas construtivas podem influenciar drasticamente nas coberturas. Tomando como exemplo uma edificação com cobertura em fibrocimento e forração interna em PVC, e outra, em telhas de barro e laje em alvenaria, ambos receberão uma grande incidência, porém o primeiro absorverá maior quantidade de energia e conseqüentemente irá aumentar a temperatura interna da edificação causando desconforto e aumento do consumo de energia com equipamentos elétricos (ventiladores e ar-condicionado).

Os critérios para estabelecimento da melhor forma da construção são aqueles que consideram uma maximização dos ganhos solares no inverno e a menor captação de radiação solar no verão (OLGYAY, 1992 apud CASTANHEIRA; COSTA, 2002, p.249).

De acordo com Jardim (2011, p.25), as trocas térmicas ocorrem através de três formas de transmissão: convecção, condução e radiação, sendo neste caso as trocas por radiação mais significativas.

A irradiância solar global inclui dois componentes: Radiação direta, que depende da latitude do local, hora do dia e dia do mês, e Radiação difusa, que depende da concentração de gases e partículas da atmosfera. (PRATES, ZAIKOVSKI, GUETTER, 2016).

### **5.1.3 Carga de Ruptura de Flexão**

Segundo Scremim (2013, p.49), quando solicitado por uma carga externa, o elemento, geralmente confeccionado em forma de viga, deforma-se em forma de arco. Dessa forma, surgem dois efeitos preponderantes: um encurtamento da parte superior bem como um alongamento da parte inferior do elemento.

De acordo com a NBR6120 (ABNT 1980, p. 04), "Todo elemento isolado de cobertura [...] deve ser projetado para receber, na posição mais desfavorável, uma carga vertical de 1KN, no ponto mais desfavorável, além da carga permanente".

### **5.1.4 Resistência a Impactos de Corpo Duro**

A resistência a impactos de corpo duro, destacando a incidência de chuvas com granizo, faz-nos pensar profundamente quão importante são os indivíduos atingidos por tal fenômeno e os prejuízos causados. É de suma importância que tenhamos materiais que promovam o bem estar dos ocupantes das edificações durante o seu acontecimento.

O número de moradores da chuva de granizo que atingiu o Paraná na noite de quarta-feira (30) aumentou de 4.095 para 5.630, segundo um boletim divulgado pela Defesa Civil Estadual, às 12h desta quinta-feira (31). Sete municípios foram atingidos. A maior parte das ocorrências foi de destelhamentos e

não houve registros de pessoas feridas.

A cidade mais atingida foi Campo Largo, na Região Metropolitana de Curitiba, que teve 500 residências danificadas, e 2,5 mil pessoas afetadas. Cinquenta moradores tiveram que deixar as casas e estão alojados na casa de amigos e parentes.

Ao todo, conforme o boletim, 1.126 residências foram prejudicadas por causa do granizo (NÚMERO DE...,2016).

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Segundo a Norma NBR (ABNT 6470, 1993) Telha de fibrocimento – Determinação de absorção de água - A verificação de absorção de água se dá por:

**A aparelhagem necessária à execução do ensaio é a seguinte:**

- a) estufa, forno ou dispositivo secador de qualquer tipo, com ventilação, capaz de manter os corpos de prova a uma temperatura entre 100°C e 110°C, pelo período de 24 h;
- b) balança com capacidade de 1 kg, com resolução de 0,1 g;
- c) recipiente de qualquer tipo, para conter água potável.

**Aparelhagem utilizada:**

- Estufa modelo Q-317B42, marca QUIMIS, com temperatura de 100 °C
- Balança modelo Mark 500, classe II (100g a 500g), marca BEL Engineering;
- Reservatório de água .

## 6.1.1 Execução do ensaio

### Corpo-de-prova:

De cada telha da amostra, retirar um corpo de prova de 100 mm x 200 mm, sendo permitida a tolerância de  $\pm 5\%$  nestas medidas.

## 6.1.2 Ensaio

### Para o ensaio deve ser realizado o seguinte:

- a) secar os corpos de prova em estufa ou em outro dispositivo secador, entre 100 °C e 110 °C, durante 24 h, esfriar em dessecador e pesar com exatidão de 0,1 g;
- b) imergir os corpos de prova totalmente em água potável à temperatura de 15 °C a 20°C, durante 24 h;
- c) após o período total de 24 h, retirar os corpos de prova, enxugá-los superficialmente e pesá-los;
- d) imergir novamente os corpos de prova por períodos de 24 h, até que duas pesagens consecutivas não apresentem diferenças superiores a 0,5%.

## 6.1.3 Resultados

Designando-se por MA a massa do corpo de prova saturado de água, por MS a sua massa seca e por A o seu teor de absorção em porcentagem, tem-se na equação 1:

$$A(\%) = \frac{MA - MS}{MS} \times 100$$

Calcular o valor de A para cada corpo de prova, conforme.

O certificado deve consignar os teores de absorção de água individuais.

A telha ecológica não possui ainda método determinado pela ABNT, portanto como comparativo entre as telhas, utilizamos o mesmo método adotado para telhas de fibrocimento.

## 6.2 DESEMPENHO TÉRMICO

### **Preparação da Amostra:**

Para avaliação das temperaturas, foram montados dois modelos de casas em escala reduzida, nelas foram instaladas lâmpadas com potência de 250w para emissão de calor, as mesmas utilizada em aviários para aquecimento, à uma altura de 30 cm e seguindo a angulação da cobertura, foram avaliadas três temperaturas:

- Ambiente interno através de sensor de temperatura instalado no interior da casa, à uma altura de dez centímetros da telha;
- Ambiente externo, medição da temperatura em um ponto da telha localizado na região central onde a lâmpada estava incidindo a luz, a medição foi realizada por um medidor de termômetro infravermelho com laser;
- Ambiente interno, medição do mesmo ponto indicado na externa, agora abaixo da telha, utilizando o mesmo termômetro.

As coletas de temperatura foram executadas em ambiente fechado para não ter interferência de meio externo e realizadas medições para avaliar a temperatura inicial da avaliação, temperaturas a trinta, sessenta e noventa minutos.

### **Aparelhagem:**

Foi utilizado o equipamento Termômetro Digital Infravermelho Com Mira Laser (-30 °C a 550 °C), marca Minipa.

Sensor de temperatura modelo TIC-17RGTi/09 (-50 °C a 105 °C), marca Full Gauge Controls.

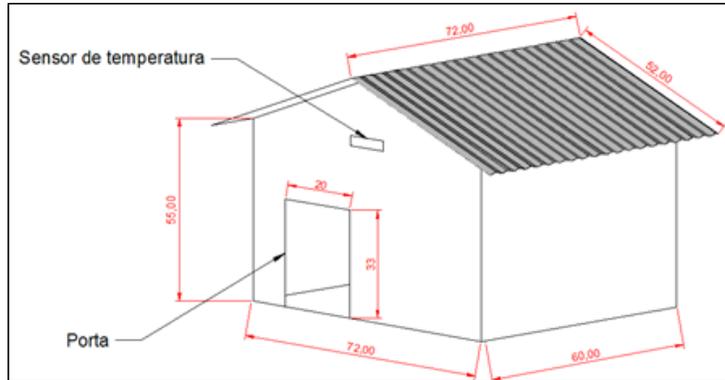


Figura 25 – Modelo de casa para ensaio de desempenho térmico

Fonte: autor

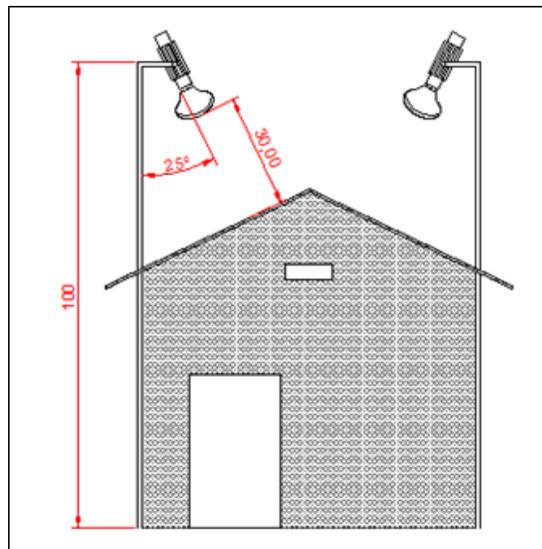


Figura 26 - Modelo de casa para ensaio de desempenho térmico - posicionamento de lâmpadas

## 6.3 CARGA DE RUPTURA DE FLEXÃO

Conforme a NBR 15210-2 (ABNT, 2013.) Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios - Parte 2: Ensaio, a análise de resistência à flexão foi realizada através do seguinte método:

### 6.3.1 Preparação da amostra

A amostragem deve ser realizada com telhas com no mínimo 1200 mm em seu comprimento.

### 6.3.2 Aparelhagem

- Máquina de ensaio de flexão
- Equipamento com velocidade de deformação constante.

#### **O equipamento deve dispor dos seguintes elementos:**

Dois apoios paralelos, dispostos no mesmo plano horizontal e de comprimento superior à largura do corpo de prova. A face superior de cada apoio deve ser plana, com 50 mm de largura. A distância entre os apoios deve deixar um vão livre de 1,1 m.

Uma viga de carregamento de 230 mm de largura, colocada paralelamente e a igual distância dos apoios, fixada ao mecanismo mediante uma junta flexível.

Manta de material flexível com aproximadamente 10 mm de espessura, com comprimento e largura iguais aos apoios e à viga de carregamento.

### 6.3.3 Procedimento

O corpo de prova deve ser colocado sobre os apoios (face superior em compressão) perpendicularmente à direção das ondas e deve ser carregado em seu centro pela viga plana com uma repartição uniforme de carga aplicada em seu centro, após interposição do material flexível.

A carga de ruptura que, corresponde à carga máxima alcançada no decorrer do ensaio de flexão, deve ser obtida entre 10 segundos e 45 segundos após o início da aplicação da carga.

Medir a flecha em milímetros, a meio vão, entre 20% e 70% da carga de ruptura à flexão especificada para a classe.

Apresentação e interpretação de resultados

A carga de ruptura à flexão ( $P_c$ ), expressa em newton por metro

de largura, é dada pela equação 3:

$$P_c = \frac{P}{w}$$

Se o vão ( $\ell$ ) for diferente de 1,1 m, a carga de ruptura à flexão ( $P_c$ ) relativa à largura, para comparação com os valores estabelecidos na ABNT NBR 15210-1: 2013, deve ser calculado pela equação 4:

$$P_c = \frac{p}{w} \times \frac{l}{100}$$

Onde:

$P_c$  é a carga de ruptura à flexão por metro de largura, em newtons por metro;

$P$  é a carga de ruptura à flexão, em newtons;

$W$  é a largura da telha, em metros;

$\ell$  é o vão livre, em metros.

## 6.4 RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO DURO

De acordo com a NBR 15575-5 (ABNT, 2013): Edificações habitacionais - Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas – Anexo C (normativo): Verificação da resistência ao impacto em telhados – Método de ensaio, especifica um método de ensaio que consiste em submeter um trecho representativo do telhado a impactos de corpo-duro, simulando a ação de granizo, pedras lançadas por crianças e outros.

### 6.4.1 Aparelhagem

Esfera de aço maciça, com massa de  $65,6 \pm 2$  gramas, e suporte para repouso da esfera de forma que ela possa ser abandonada em queda livre a partir das alturas indicadas na Tabela 1.

Preparação e preservação das amostras para ensaios e dos cor-

pos de prova

O corpo de prova deve ser representativo do sistema de cobertura, incluindo todos seus componentes, e a forma de aplicação do impacto, conforme desenho fornecido.

O corpo de prova deve incluir todos os detalhes típicos do sistema de cobertura, tais como declividade, subsistema de apoios dos componentes telhas.

O tamanho do pano é de cinco telhas.

## 6.4.2 Procedimento

Aplicar um impacto na posição mais desfavorável no componente telha.

Aplicar a carga de impacto por meio da esfera de aço maciça (diâmetro de 25,4 mm) abandonada em queda livre.

As condições de ensaio relativas à massa do corpo-duro ( $m$ ), altura de queda ( $h$ ) e energia de impacto ( $E$ ) estão indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Massa do corpo-duro, altura e energia do impacto.

Percussor de impacto	$m$ (g)	$H$ (m)	$E$ (J)
<b>Corpo-duro (esfera de aço maciça)</b>	65,6	1,5	1
		2,3	1,5
		3,8	2,5

Fonte: NBR 15575-5 (ABNT, 2013)

Conforme a NBR 15575-5 (ABNT, 2013): Edificações habitacionais - Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas – Anexo I (normativo) – Níveis de desempenho – Generalidades, estabelece os níveis mínimos (M) de desempenho para cada requisito, que devem ser atendidos, considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S) e repetido o nível M para facilitar a comparação.

Recomenda-se que o construtor ou incorporador informe o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional,

quando exceder ao nível mínimo (M).

- Requisito – Ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados
- Critério – Resistência ao impacto

É recomendável que, sob a ação de impactos de corpo-duro, o telhado não sofra ruptura ou traspassamento em face das energias especificadas na Tabela 1 para os níveis intermediário (*I*) e superior (*S*). O nível mínimo (*M*) é obrigatório. Fissuras, lascamentos e outros danos que não impliquem perda de estanqueidade do telhado podem ocorrer.

Tabela 2 – Critérios para resistência ao impacto

<b>Energia de impacto de corpo duro (J)</b>	<b>Critério de desempenho</b>	<b>Nível de desempenho</b>
<b>1</b>	Não ocorrência de ruptura ou traspassamento	M
<b>1,5</b>	São admitidas falhas superficiais	I
<b>2,5</b>		S

Fonte: NBR 15575-5 (ABNT, 2013)

## 7. RESULTADOS

### 7.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Os ensaios de absorção de água foram realizados no laboratório de materiais da Faculdade Guarapuava, onde pudemos utilizar equipamentos conforme determina a norma NBR (ABNT 6470, 1993) Telha de fibrocimento – Determinação de absorção de água, sendo utilizados os seguintes equipamentos:

- Estufa modelo Q-317 - B-32, marca Quimis (figura 27);
- Balança de precisão modelo Mark 500, marca BEL Engineering (figura 28).



Figura 27- Estufa de secagem das amostras Quimis

Fonte: Autor

Os materiais foram cortados de várias telhas, e em pontos diferentes. Ao total foram usados para este teste seis amostras de fibrocimento e seis amostras da telha ecológica, todas cortadas com 200 mm x 100 mm, deixando o lado menor no sentido da ondulação da telha, todos foram numerados (figura 29), pesados inicialmente para avaliar qual seria a perda de umidade após a secagem na estufa, em seguida foram colocados na estufa para secagem por vinte e quatro horas à uma temperatura de 100 °C, retirados da estufa e devida-

mente resfriados, foram pesados novamente.



Figura 28 - Balança de precisão BEL

Fonte: Autor

Posteriormente as amostras foram imersas em água por vinte e quatro horas, retiradas do tanque de água, foram secadas superficialmente (figura 30) e pesadas novamente, neste momento pudemos avaliar quanto a telha absorveu de água, novamente foram submersas em água e repetido o teste, como preconiza a NBR 6470, o processo foi repetido até que não houvesse diferença de absorção de 0,5 %, considerando assim que a amostra estaria estabilizada.



Figura 29 - Amostras usadas no ensaio de absorção de água

Fonte: Autor



Figura 30 - Secagem superficial das amostras para pesagem

Fonte: Autor



Figura 31 - Pesagem de Amostra telha de fibrocimento

Fonte: Autor



Figura 32 - Pesagem de amostra de telha ecológica

Fonte: Autor

Os resultados das avaliações estão nas tabelas 3 e 4.

Os resultados obtidos na avaliação demonstraram uma diferença significativa em diversos aspectos, foram encontrados dados de peso inicial das telhas, peso seco após estufa, percentual de absorção de água e peso após a absorção de água.

Quanto ao peso inicial a telha de fibrocimento apresentou uma média de 201,04 g enquanto que a telha ecológica apresentou média de 105,94 g, tendo uma variação de peso inicial de 95 g, o que em uma telha representaria uma diferença de aproximadamente 14,57 kg, sendo o peso da telha de fibrocimento de 26,97 kg e a ecológica 12,41 kg. Este valores representam o peso de uma telha encontrada em condições normais de uso, podendo sofrer uma variação devido às condições de temperatura e umidade do dia.

Tabela 3 - Resultados de absorção de água em telha de fibrocimento

nº da amostra	Peso inicial (g)	Peso seco (g)	A1	Peso 1 (g) 24 horas	A2	Peso 2 (g) 48 horas	A3	Peso 3 (g) 72 horas	A4	Peso 4 (g) 144 horas
1	215,678	193,689	24,97%	242,060	0,27%	242,710	0,20%	243,198	0,36%	244,080
2	188,667	172,798	24,82%	215,681	0,27%	216,268	0,24%	216,783	0,48%	217,819
3	195,400	179,689	25,98%	226,365	0,29%	227,021	0,27%	227,634	0,53%	228,845
4	202,687	183,424	25,95%	231,023	0,23%	231,565	0,19%	232,016	0,44%	233,034
5	206,893	184,914	26,90%	234,622	0,26%	235,275	0,17%	235,676	0,37%	236,548
6	196,930	178,786	25,00%	223,485	0,26%	224,072	0,20%	224,513	0,45%	225,530
média	201,04	182,22	25,60%	228,88	0,26%	229,49	0,21%	229,97	0,44%	230,98
desvio padrão	7,38	5,13	0,67%	7,04	0,01%	7,03	0,03%	6,99	0,05%	6,91

Fonte: Autor

nº da mostra	Peso inicial	Peso seco	A1	Peso 1 24 horas	A2	Peso 2 48 horas	A3	Peso 3 72 horas	A4	Peso 4 144 horas
1	107,570	107,303	0,89%	108,254	0,29%	108,565	0,14%	108,715	1,10%	109,913
2	104,611	104,407	1,92%	106,408	0,21%	106,627	0,18%	106,820	0,07%	106,900
3	100,720	100,479	0,74%	101,224	0,30%	101,528	0,25%	101,784	0,81%	102,606
4	104,750	104,505	0,26%	104,776	0,19%	104,972	0,16%	105,143	0,06%	105,206
5	111,543	111,351	0,16%	111,528	0,02%	111,547	0,06%	111,618	0,16%	111,800
6	106,432	106,166	0,84%	107,057	0,30%	107,379	0,28%	107,676	0,80%	108,542
média	105,94	105,70	0,80%	106,54	0,22%	106,77	0,18%	106,96	0,50%	107,49
desvio padrão	2,58	2,57	0,41%	2,41	0,08%	2,39	0,06%	2,38	0,40%	2,59

Fonte: Autor

Após as amostras terem passado pela estufa de secagem foram encontrados valores abaixo do peso inicial, o que significa que as telhas sofreram uma perda considerável de umidade. A telha de fibrocimento apresentou um peso de 182,22 g obtendo uma diferença do peso inicial de 18,83 g, já a telha ecológica teve um peso seco de 105,70 g e uma diferença de umidade de 0,24 g, se considerarmos a diferença de absorção de água, a telha de fibrocimento absorveu 78 vezes mais umidade que a ecológica.

Após as primeiras vinte e quatro horas de imersão das amostras no tanque, novamente foram pesadas, utilizando dos valores médios a telha de fibrocimento obteve uma pesagem de 228,88 g tendo uma variação do peso seco de 25,60%, já a telha ecológica apresentou uma pesagem de 106,54 g apresentando uma variação do peso seco de 0,80%, podendo concluir que a telha de fibrocimento novamente absorveu uma quantidade maior de umidade.

Na segunda pesagem após quarenta e oito horas do início do teste, repetido o procedimento, desta vez encontrou-se para a telha de fibrocimento 229,49 g, apresentando uma variação de 0,21%, o que segundo a norma, estaria a amostra estabilizada, ficando abaixo de 0,5% de variação entre as pesagens, para a telha ecológica o peso foi de 106,77 g, apresentando uma variação de 0,22% da pesagem anterior, também atingindo a variação de até 0,5%.

Foi dada continuidade à pesagem para setenta e duas horas não obtendo variação significativa, e fora feita uma nova pesagem com cento e quarenta e quatro horas, ambas não apresentaram diferenças significativas e se portaram de forma similar em variações percentuais.

É possível perceber que a telha de fibrocimento consegue absorver uma grande quantidade de água, o que impactaria em uma carga adicional sobre a cobertura, inclusive tendo um adicional de custos na estrutura das tesouras.

Tabela 4 - Avaliação de influência da umidade na telha

<b>Telha</b>	<b>Peso por telha - Kg (fabricante)</b>	<b>Peso seco - Kg (30 telhas)</b>	<b>Umidade absorvida por telha (Kg)</b>	<b>Umidade absorvida - Kg (30 telhas)</b>	<b>Peso total - Kg (30 telhas)</b>
Fibrocimento	25,76	772,8	6,68	200,28	973,08
Ecológica	16	480	0,23	7,03	487,03

Fonte: Autor

Se considerarmos um pano de 70 m<sup>2</sup> de cobertura de uma edificação, considerando os transpasses das telhas, teremos um total de 30 telhas instaladas, se adotarmos as piores situações de peso encontradas nas amostras, considerando que as telhas estejam com sua umidade encontrada nas primeiras 24 horas, teremos a telha de fibrocimento com um peso adicional de 6,68 kg, enquanto que a telha ecológica estaria com um peso adicional de 0,23 kg. Nos 70 m<sup>2</sup>, o peso total de absorção de água, para a telha de fibrocimento, seria de 200,28 kg, enquanto que a telha ecológica acresceria 7,03 kg. Considerando o peso de cada telha informado pelo fabricante, fibrocimento 25,76 kg e a ecológica 16 kg por telha, nos 70 m<sup>2</sup>, e peso seco de 772,8 kg para a fibrocimento e 480 kg da ecológica, e considerando a umidade absorvida por cada material, totalizaríamos um telhado com uma carga total de 973,08 kg para a telha de fibrocimento e a para telha ecológica 487,03 kg, ou seja, aproximadamente metade da carga.

## 7.2 DESEMPENHO TÉRMICO

Os ensaios de desempenho térmico foram realizados no laboratório de materiais da faculdade Guarapuava, este ambiente fechado, onde foram posicionados dois modelos em escala reduzida de casas, sendo uma com cobertura em telha de fibrocimento e outra em telha ecológica, conforme a figura 33.



Figura 33 – Modelo de casa para avaliação de desempenho térmico

Fonte: autor

Foi realizada uma medição inicial antes, ainda com as lâmpadas desligadas para que pudessemos ter um padrão de temperatura ambiente e temperatura inicial das telhas devido à diversidade e características de cada material, tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação inicial de temperatura

		Temperatura Inicial (°C)		
		Interna	Externa	ambiente
<b>Telha ecológica</b>	Aba direita	16,5	16,2	16,8
	Aba esquerda	16,5	16,2	
<b>Telha fibrocimento</b>	Aba direita	16,5	16,3	16,8
	Aba esquerda	16,5	16,3	

Fonte: autor

Foram utilizadas lâmpadas de infravermelho para simular a incidência de sol e calor sobre as telhas, ambas ligadas ao mesmo tempo, figura 34.



Figura 34 – Modelo de casas para avaliação de desempenho térmico – durante ensaio

Fonte: autor

Foram realizadas medições em intervalos de trinta, sessenta e noventa minutos, sendo temperatura ambiente, temperatura sob o plano da telha e temperatura sobre o plano.

Tabela 6 – Avaliação inicial de temperatura das telhas

	Temperatura 30' (°C)			Temperatura 60' (°C)			Temperatura 90' (°C)		
	Interna	Externa	Ambiente	Interna	Externa	Ambiente	Interna	Externa	Ambiente
<b>Telha ecológica</b>	37,7	39,5	18,2	39,3	40,5	18,8	39,3	41,4	19,0
	35,5	38,3		36,4	40,1		37,0	41,2	
<b>Telha de fibrocimento</b>	39,0	46,1	19,2	44,5	47,7	20,0	45,6	47,2	20,2
	44,0	49,0		45,7	50,0		46,9	50,4	

Fonte: Autor

As temperaturas iniciais estavam iguais, e a medida em que a lâmpada aquecia a variação foi significativa entre os materiais, as temperaturas sob o plano das telhas apresentaram uma grande variação logo nos trinta minutos iniciais e aumentaram nos sessenta e noventa minutos.

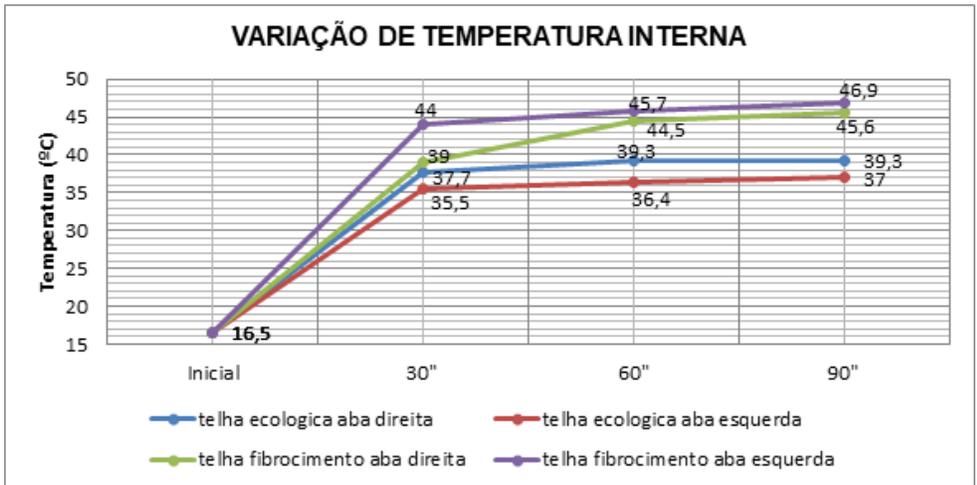


Gráfico 1 – Avaliação de desempenho térmico – temperatura interna

Fonte Autor

No gráfico 1, observa-se que houve uma variação nos 30 minutos iniciais e gradualmente esta diferença aumentou nos minutos seguintes, tendo uma variação da telha de fibrocimento de até 30,4 °C do início da amostragem. Dos 30 até os 90 minutos, quando as lâmpadas já haviam estabilizado a temperatura, 6,6°C.

A telha ecológica apresentou uma variação de até 22,8 °C com relação ao início da amostragem, e dos 30 até os 90 minutos, após a estabilização das lâmpadas, uma variação de até 3,8 °C

Para a temperatura externa houve, como nas avaliações de temperatura interna, uma variação considerável. Desde o início da amostragem até os noventa minutos, a telha de fibrocimento teve uma variação de até 34,1 °C, e após os trinta minutos uma variação de 4,3 °C. Já a telha ecológica teve uma variação de 25,2 °C e após os trinta minutos de 3,1 °C, conforme gráfico 2.

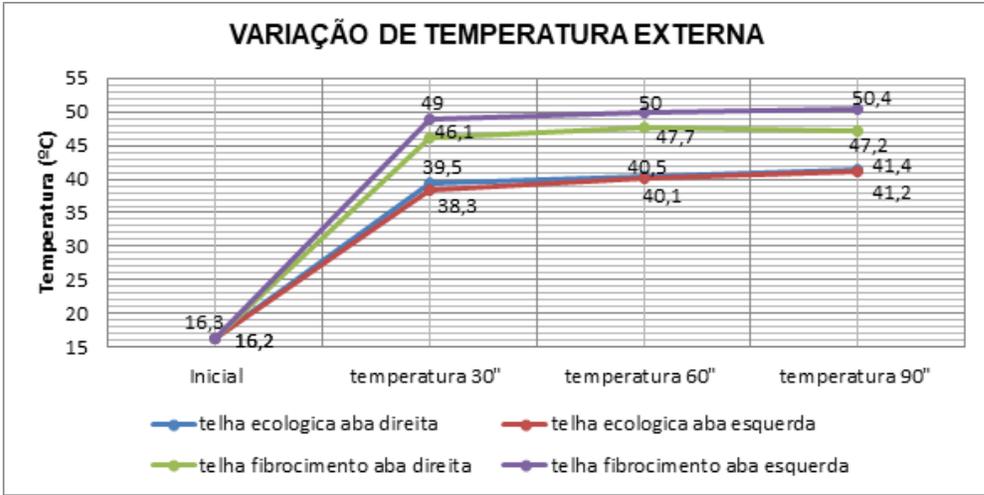


Gráfico 2 – Avaliação de desempenho térmico – temperatura externa

Fonte: autor

Comparando as medições realizadas sob e sobre o plano pode-se notar que a telha ecológica apresenta menores temperaturas em relação à telha de fibrocimento, devido à composição da matéria-prima, conseguindo dissipar mais calor.

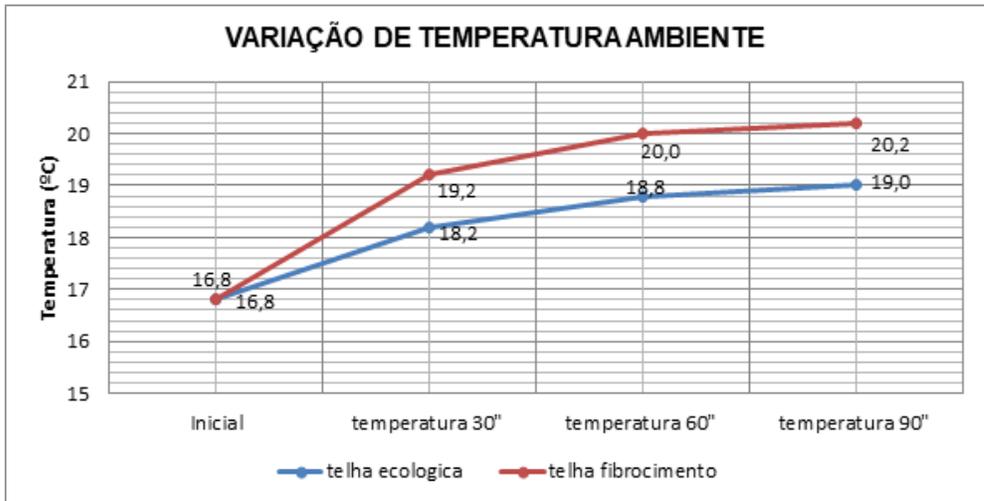


Gráfico 3 - Avaliação de desempenho térmico - temperatura ambiente

Fonte: autor

Para o calor ambiente também foi encontrada uma variação entre as telhas. No início do estudo ambas as casas, apresentavam em seu interior a temperatura de 16,8 °C, após os primeiros trinta minu-

tos o calor no interior das edificações teve uma variação de 2,4 °C para a telha de fibrocimento e de 1,4 °C para a telha ecológica, tendo uma diferença de apenas 1°C em relação às duas, esta variação persistiu ao longo do teste, e ao final dos noventa minutos a telha de fibrocimento variou em 3,4 °C, enquanto a telha ecológica variou 2,2 °C, sendo que a variação térmica entre as duas ficou em 1,2 °C.

### **7.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE CORPO DURO**

Para a realização do ensaio de queda da esfera maciça sobre a telha, utilizou-se uma régua de medição graduada com 4 metros de comprimento, na qual foi fixada a estrutura para comportar a esfera nas alturas de 1,5m; 2,3m e 3,8m.

Para o ensaio com a telha de fibrocimento com amianto, foi utilizada a telha com as dimensões de 2440 mm x 1100 mm x 6 mm. A estrutura de madeira de fixação foi confeccionada de modo a permitir a inclinação de 5° (9%), adotando três apoios, obteve-se dois vãos livres com 1,045 m cada um.

Para o ensaio com a telha ecológica, foi utilizada a telha com as dimensões 2200 mm x 960 mm x 6 mm. A estrutura de madeira de fixação foi confeccionada de modo a permitir a inclinação de 5° (9%), adotando três apoios, obteve-se dois vãos livres com 925 mm.

A primeira etapa do ensaio foi realizada com a esfera de aço maciça com diâmetro de 25 mm, com peso de 66,0 g, abandonada em queda livre à uma altura de 1,5 m com energia de impacto de 1 J sobre a área mais vulnerável da telha de fibrocimento e da telha ecológica, ou seja, no meio do vão livre, pontualmente sobre a crista de uma das ondas.

A segunda etapa do ensaio foi realizada com a esfera de aço maciça com diâmetro de 25 mm, com peso de 66,0 g, abandonada em queda livre à uma altura de 2,3 m, com energia de impacto de 1,5 J, sobre a área mais vulnerável da telha de fibrocimento e da telha ecológica, ou seja, no meio do vão livre, pontualmente sobre a crista de uma das ondas.

A terceira etapa do ensaio foi realizada com a esfera de aço maciça com diâmetro de 25 mm, com peso de 66,0 g, abandonada queda livre à uma altura de 3,8 m com energia de impacto de 2,5

J sobre a área mais vulnerável da telha de fibrocimento e da telha ecológica consecutivamente, ou seja, no meio do vão livre, pontualmente sobre a crista de uma das ondas.

Os corpos de prova submetidos ao ensaio de queda da esfera maciça abandonada em queda livre de 1,5 m de altura e energia de impacto de 1 J, tanto a telha com material de fibrocimento quanto a de material de embalagens longa vida, não sofreram fissuras ou deformações, mantendo sua estrutura intacta.

Os corpos de prova submetidos ao ensaio de queda da esfera maciça abandonada em queda livre de 2,3 m de altura e energia de impacto de 1,5 J, tanto a telha com material de fibrocimento, quanto a de material de embalagens longa vida, não sofreram fissuras ou deformações, mantendo sua estrutura intacta.

O corpo de prova confeccionado com material de embalagens longa vida, submetido ao ensaio de queda da esfera maciça, abandonada em queda livre de 3,8 m de altura, e energia de impacto de 2,5 J, sofre pequena deformação em sua superfície, conforme figura 36.



Figura 35 – Ensaio de resistência ao impacto de corpo duro – estrutura de ensaio

Fonte: Autor



Figura 36 - Impacto de corpo duro de 2,5 J em Telha Ecológica

Fonte: Autor

Já o corpo de prova confeccionado em fibrocimento com amianto submetido ao ensaio de queda da esfera maciça abandonada em queda livre de 3,8 m de altura e energia de impacto de 2,5 J, sofreu deformação em sua superfície, ou seja, ocasionando concavidade no local do impacto da esfera de aço, conforme figura 37.



Figura 37 - Impacto de corpo duro de 2,5 J em telha de fibrocimento e amianto

Fonte: Autor

No caso do ensaio realizado simular a queda de granizo sobre o telhado, deve-se levar em consideração que na ocorrência de uma

chuva dessa natureza, não haverá o impacto de um fragmento no mesmo local, e sim, de vários fragmentos, o que poderá ocasionar fissuração e ou transpasse do granizo na telha.

Tabela 7 - Ensaio de impacto de corpo duro telha de fibrocimento

#### Ensaio em Telha de Fibrocimento

Altura de queda	Energia de impacto (Joule)	Observações
<b>1,50</b>	1,0	Não houve nenhuma deformação superficial
<b>2,30</b>	1,5	Houve apenas uma pequena deformação superficial, quase imperceptível
<b>3,80</b>	2,5	Houve uma deformação considerável, sendo visível o ponto do impacto da esfera (figura 37)

Fonte: Autor

O ensaio de resistência ao impacto de corpo duro realizado nas telhas de fibrocimento com amianto indicam que sua estrutura foi comprometida quando da queda da esfera de aço maciço à altura 3,8 m e energia de impacto de 2,5 J.

Tabela 8 - Ensaio de impacto de corpo duro em telha ecológica

#### Ensaio em Telha Ecológica

Altura de queda	Energia de impacto (Joule)	Observações
<b>1,50</b>	1,0	Não houve nenhuma deformação superficial
<b>2,30</b>	1,5	Não houve nenhuma deformação superficial
<b>3,80</b>	2,5	Houve apenas uma pequena deformação superficial, quase imperceptível (figura 36)

Fonte: Autor

O ensaio realizado com a telha ecológica nas mesmas condições do realizado com a telha de fibrocimento com amianto, mostrou que a telha ecológica é mais resistente quando comparada à de fibrocimento, além disso em todas as etapas do ensaio, obteve resultados satisfatórios.

Realizando um comparativo entre as duas telhas houve diferen-

ças significativas, porém ambas resistiram e não romperam durante o ensaio.

## **7.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A CARGA DE RUPTURA DE FLEXÃO**

Este ensaio teve o intuito de submeter o corpo de prova a um carregamento de velocidade constante com uma carga uniformemente distribuída aplicado em seu centro.

Pelo fato de não haver disponibilidade de equipamento específico para as dimensões originais das amostras, teve-se que adaptar os corpos de prova às dimensões suportadas pelo equipamento utilizado para a realização desse ensaio.

As amostras de telhas usadas como corpo de prova, tanto a de fibrocimento com amianto quanto a ecológica, possuem largura de 1100 mm e de 960 mm respectivamente. Para melhor adaptação ao equipamento, a largura ideal do corpo de prova é de 450 mm de largura, portanto, houve a necessidade de cortar as amostras para realizar o ensaio.

Frente ao apresentado, a amostra de telha de fibrocimento com amianto ficou com as dimensões de 2440 mm x 450 mm x 6 mm. A amostra de telha ecológica ficou com as dimensões de 2200 mm x 450 mm x 6 mm, permitindo que o ensaio fosse realizado de maneira eficaz.

Esta carga foi aplicada uniformemente no centro do corpo de prova da amostra estando em dois apoios paralelos, fixos, perpendicular ao comprimento da peça em um vão livre de 1.100mm. A carga foi transmitida para a peça através do pistão hidráulico do equipamento (prensa) com velocidade constante, sendo a carga de ruptura distribuída uniformemente na largura da amostra através de uma viga de carregamento com 230mm de largura.

A primeira amostra submetida ao ensaio de resistência a carga de ruptura de flexão, foi a telha confeccionada com fibrocimento e amianto. Com velocidade constante e a carga nominal do equipamento correspondente à 300 Kgf/cm<sup>2</sup>, obteve-se a ruptura da amostra com a carga de 240 Kgf/cm<sup>2</sup>, conforme figura 39.



Figura 38 - Ensaio de flexão em telha de fibrocimento e amianto

Fonte: Autor



Figura 39 - Telha de Fibrocimento após o rompimento

Fonte: Autor

A ruptura da telha de fibrocimento se dá devido à característica do material, pois sendo à base de concreto possui a particularidade de ocorrência de ruptura frágil.

Na sequência, a amostra submetida ao ensaio de resistência a carga de ruptura de flexão, foi a telha ecológica. Com velocidade constante e carga nominal do equipamento correspondente à 300 kgf/cm<sup>2</sup>, a carga aplicada na amostra chegou à 210 kgf/cm<sup>2</sup> até o final de curso do pistão hidráulico do equipamento, não havendo ruptura do corpo de prova, conforme figura 40.



Figura 40 - Ensaio de flexão em telha ecológica

Fonte: Autor

Após o término do ensaio de flexão na telha ecológica, notou-se que a amostra obteve deformações em sua estrutura, ou seja, ocorreu o empenamento, figura 41.



Figura 41 - Ensaio de flexão em telha Ecológica - Deformação plástica

Fonte: Autor

Através do ensaio de carga de ruptura de flexão, pôde-se notar que a amostra de telha de fibrocimento com amianto rompeu-se com uma carga de 240 Kgf/cm<sup>2</sup>.

No ensaio de carga de ruptura de flexão realizado na amostra de telha ecológica, a carga aplicada foi de 210 Kgf/cm<sup>2</sup>. Nesse caso, houve deformação plástica devido à sua composição, ou seja, a ruptura da amostra não ocorre. Nessas condições, o que ocorreu na amostra foi o empenamento imediato, porém em aproximadamente 05 minutos, a deformação se extinguiu, retornando ao seu formato original. As ondas da telha não foram afetadas, o que permite que a função de escoamento de água seja mantido em condições normais.

## 8. CONCLUSÃO

Após avaliações mecânicas realizadas nas amostras pôde-se concluir que as telhas possuem variações devido aos materiais empregados. Para cada ensaio as amostras se portaram de maneira similar e cumprem a função que lhes é atribuída, quanto à estanqueidade, desempenho térmico, resistência à flexão e ruptura por corpo duro. De acordo com cada ensaio, foi verificado qual a telha, dentro de suas características, é melhor aplicável.

Quanto ao ensaio de absorção de água, após as avaliações com ambas as telhas pôde-se verificar que as duas, de acordo com a composição do material, possuem capacidade de absorver água. Após as análises dos dados verificou-se que a telha de fibrocimento, além de

ser mais pesada que a telha ecológica, absorve mais água, tornando o material mais pesado, aumentando a carga sobre a estrutura, o que leva a um aumento no dimensionamento do material empregado na construção das tesouras, podendo chegar ao dobro de carga sobre a estrutura com a telha de fibrocimento em relação à telha ecológica.

Para o ensaio de desempenho térmico, ambas as telhas resistem ao calor, porém a telha ecológica conseguiu menor condutibilidade de calor, amenizando a temperatura interna.

Para o ensaio de flexão a telha de fibrocimento se comportou conforme a norma previa, a telha ecológica por ainda não possuir norma, usando a norma vigente para fibrocimento resistiu à ruptura, apenas vindo a se deformar, após a retirada da carga, em cinco minutos, retornou ao seu estado normal.

De acordo com o ensaio de impacto de corpo duro ambas resistiram ao impacto na carga de 2,5 J, as duas apresentaram deformação em sua superfície, sendo a de fibrocimento mais significativa, porém, dentro da norma, ambas resistiram ao teste.

Com base nos ensaios conclui-se que a telha ecológica possui melhores características mecânicas como a absorção de água, desempenho térmico, carga de ruptura à flexão e impacto de corpo duro, sendo uma alternativa para o mercado, uma vez que ainda possui maior leveza o que diminui os custos com o tesouras e caibros, proporcionando maior conforto térmico e segurança contra intempéries.

Deixado apenas uma ressalva quanto à durabilidade do material, pois devido à indisponibilidade de tempo e falta de método para realização de ensaio, não pôde-se determinar o tempo de vida útil, sendo um fator determinante para a escolha dos materiais empregados na construção civil.

## REFERÊNCIAS

AREND, Maurício Zart, **Avaliação das características geométricas, de impermeabilidade e resistência ao impacto de telhas recicláveis de embalagens longa vida**. 2014. 70 f. Dissertação. (TCC) – Curso de Engenharia Civil, Universidade de Santa Cruz do Sul. Disponível em: < [http://www.unisc.br/portal/upload/com\\_arquivo/tc2\\_mauricio\\_zart\\_arend.pdf](http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/tc2_mauricio_zart_arend.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120** – Cargas para cálculo de estruturas de edificações, Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6470** – Telha de fibrocimento - Determinação da absorção de água, Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15210 - 2**: Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios – Parte 2: Ensaios. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 - 2**: Edificações habitacionais – Desempenho parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 – 5**: Edificações habitacionais – Desempenho parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

CALIL JUNIOR, Carlito; LAHR, Francisco Antônio Roco; DIAS, Antônio Alves. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. São Paulo: Manole, 2003. 152 p.

CASTANHEIRA, R. G.; COSTA, C. E. S. Influência da geometria do telhado na radiação solar incidente nos edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002. p. 249-254. Disponível em: < [http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002\\_0249\\_254.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_0249_254.pdf)> Acesso em: 02 abr. 2016

ECOPEX, **Produtos ecológicos provenientes de caixinhas de leite**, 2016, Disponível em: <http://www.ecopex.com.br/telhas-e-placas/> - acesso em 28 jun. 2016

BRASIPLAC, **Cumeeria de alumínio de 1 lado**, 2016, Disponível em: <http://www.brasiplactelhas.com.br/page/produto/cumeeria-de-aluminio-de-1-lado> - acesso em 28 ago.2016

ETERNIT, **Catálogo técnico fibrocimento**, 2016, Disponível em: <<http://www.eternit.com.br/downloads/catalogos/catalogo-eternit-fibrocimento.pdf>>, acesso em 08 abr. 2016.

JARDIM, Patrícia Rafaella Salgado Abreu. **Desempenho térmico de**

**coberturas:** Um estudo comparativos entre as telhas de material reciclado, de fibra e betume, fibrocimento e cerâmica. 2011. 125 f. Dissertação. (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em:

< <http://www.repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/12363>>. Acesso em: 08 abr. 2016.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 4<sup>o</sup> edição. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2010.

MORETI, Filho Justo, Considerações sobre telhados de edifícios. 1956.

**Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PFEIL, W.; Estruturas de Madeiras – **Livros Técnicos e Científicos Editora**, Rio de Janeiro, 1994.

PRATES, José E.; ZAICOVSKI, Marcelo B.; GUETTER, Alexandre K., **Inventário de energia solar no Paraná**. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-5a265ef06586a8756837248033b062c7.pdf>>. Acesso em 28 abr. 2016.

SCREMIM, Cristofer Bernardi, **Avaliação sobre a diferença de propriedades mecânicas do cerne e do alburno de uma mesma espécie de madeira**. 2013. 97 f. Dissertação. (TCC) - Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: < [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1042/1/ct\\_epc\\_2012\\_2\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1042/1/ct_epc_2012_2_03.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2016

SILVA, Luciano Segundo da, **Evolução dos sistemas de coberturas utilizados no Brasil**, 2005. 124 f. Dissertação. (TCC) – Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental, Universidade Anhembi Morumbi. Disponível em: < <http://engenharia.anhembi.br/tcc-05/civil-17.pdf>> . Acesso em: 02 maio. 2016.

SOTTORIVA, E. M.; GARCIAS, C. M., **Poluição difusa urbana por compostos inorgânicos:** avaliação da contribuição dos componentes do amianto presente nas telhas de fibrocimento e nos freios de veículos, 2011. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 89-97, jul./set. 2011. Disponível em: < <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/16857/0>>. Acesso em: 02 maio. 2016.

TETRAPAK. Um investimento em nosso futuro, Disponível em: <http://www.tetrapak.com/br/sustainability/recycling>. Acesso em: 13 mar. 2016.

NÚMERO DE vítimas da chuva de granizo no Paraná aumenta para 5 mil. 2016. Disponível em: < <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2016/03/numero-de-vitimas-da-chuva-de-granizo-no-pr-aumenta-para-5-mil.html>>. Acesso em: 05 maio, 2016.

## AUTORES

### Michel Lucas de Lima



Bacharel em Engenharia Civil pela Faculdade Guarapuava, Pós Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes do RJ. Possui formação de Técnico de Segurança do Trabalho e Socorrista. Possui experiência em treinamentos e palestras, atuando a mais de 15 anos na área de Segurança do Trabalho e Higiene Ocupacional em Indústrias de grande porte. Atua como Engenheiro de Segurança do Trabalho com consultorias, treinamentos e elaboração de projetos.

### Silvioney Cavalheiro



Possui especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário Campo Real. Possui graduação em Engenharia Civil pela Faculdade Guarapuava. Possui Superior Tecnológico em Gestão de Recursos Humanos pela Faculdade Guarapuava. Possui curso Técnico em Segurança do Trabalho pelo Colégio Estadual Ana Vanda Bassara. Tem experiência de mais de 15 anos na área de segurança e saúde do trabalho e higiene ocupacional. Atua como gestor de segurança e saúde no trabalho. Atua na elaboração de projetos de prevenção contra incêndio e pânico. Ministra treinamentos e palestras na área de segurança e saúde do trabalho e de prevenção contra incêndio e pânico.

## **Marcel Cassandri Romero Farinha**



Engenheiro civil formado pela UTF-PR-CM. Pós graduado em Estruturas de Concreto e Fundações - Unipar Cascavel. Pós graduado em Estruturas de Concreto com Ênfase em Elementos Protendidos - FIP Guarapuava. Engenheiro Fiscal de obras do Governo do Estado do Paraná. Membro do Grupo de Trabalho BIM para implantação no Governo do Estado do Paraná. Membro do corpo técnico de desenvolvimento de projetos pilotos em BIM para o Governo do Estado do Paraná. Projetista Estrutural do plano de ampliação das cadeias e penitenciárias do Estado do Paraná. Proprietário da MDF structure - project - bim que desenvolve projetos, compatibilizações, quantitativos utilizando a plataforma BIM.

## **Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira**



Possui Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Possui Graduação interrompida em Engenharia Civil pela Faculdade Campo-Real. Possui Especialização em Estruturas de Concreto e Fundações pela Universidade Paranaense. Tem experiência no ramo de construção civil como proprietário de empresa e consultor. Atuou com elaboração e implantação de gestão ambiental, como PGRCC, técnicas e matéria prima sustentável. Ministrou palestras e cursos nas áreas de engenharia ambiental, civil, segurança, gestão empresarial e marketing. Pesquisador da engenharia e professor particular.

## **Julianno Pizzano Ayoub**



Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Faculdade Campo Real. Especialista em Engenharia da Qualidade. Especialista em Meio Ambiente, Desenvolvimento e Sustentabilidade. Mestrado em andamento em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Tem experiência com gestão de pessoas, redução de custos, adequações às NRs, certificações, auditorias, perícias e treinamentos.

**O** livro contempla a gama de telhas disponíveis na região de Guarapuava e demonstra a aplicabilidade e características das mesmas. Ainda apresenta as avaliações físicas e mecânicas das telhas de fibrocimento e ecológicas, compreendendo parâmetros como absorção de água, conforto térmico, impacto de corpo duro e flexão. Os resultados são discutidos no que se contemplam os custos, vantagens e desvantagens, análises técnicas, aplicabilidades e ressalvas acerca de cada uma das telhas.

