



# Território, Espaço Construído e Meio Ambiente

## INFLUÊNCIA DAS VARIAÇÕES TÉRMICAS, NA IMPERMEABILIDADE E RESISTÊNCIA MECÂNICA DAS TELHAS PULTRUDADAS (FRP)

### *INFLUENCE OF THERMAL VARIATIONS, IN WATERPROOFING AND MECHANICAL RESISTANCE, OF PULTRUDED TILES (FRP)*

**DENER SILVEIRA DA SILVA**, Bacharel, Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Av. Universitária, 1105 - Universitário, Criciúma - SC, 88806-000, E-mail: dener.silveira@unesc.net

**CRISTIAN ESPINDOLA FARIAS**, Bacharel, Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Av. Universitária, 1105 - Universitário, Criciúma - SC, 88806-000, E-mail: cristianfarias\_ef@hotmail.com

**ELAINE GUGLIELMI PAVEI ANTUNES**, Doutora, Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Av. Universitária, 1105 - Universitário, Criciúma - SC, 88806-000, E-mail: elaine.gpa@unesc.net

**Resumo:** FRP (Resinas Poliméricas Reforçadas) têm se popularizado, suas principais propriedades positivas são durabilidade e resistência a ambientes agressivos, porém o comportamento frágil requer atenção. As telhas devem manter suas características expostas à radiação solar, variações de temperatura e umidade. Esta pesquisa visa avaliar a influência de choques térmicos cíclicos em telhas de FRP.

**Palavras-chave:** Telha Pultrudada, Choque-térmico, FRP.

**Abstract:** FRP-Reinforced Polymer Resins have been popularized, the main positive properties are durability and resistance to aggressive environments, however the fragile behavior requires attention. Tiles must maintain their characteristics when exposed to solar radiation, temperature and humidity variations. This research aims to evaluate the influence of cyclic thermal shocks on FRP tiles.

**Keywords:** Pultruded Tile. Thermal Shock. FRP.

## 1 INTRODUÇÃO

Médias altas de temperatura são apresentadas durante o ano em um país tropical como o Brasil. O material da cobertura dos edifícios recebe diretamente as ações do clima, como umidade do ar, chuvas e radiação solar. Visando melhorar o conforto térmico, o material deve ter um valor alto de isolamento térmico e alta resistência a raios ultravioleta (UV) (PERALTA, 2006).

A cobertura é formada por um conjunto de elementos que deve contribuir positivamente com o desempenho termoacústico do ambiente, disposta no topo dos edifícios, tem também como função estancar as águas pluviais e proteger outros sistemas da habitação de deterioração por agentes naturais (ABNT NBR 15.575-5, 2013). Possuindo encaixes precisos, a telha deve evitar a infiltração de água e ter boa resistência a intempéries.



A escolha da telha utilizada na edificação é feita pelo projetista, que deve avaliar as propriedades térmicas do material, pois o telhado fica exposto intensamente à radiação solar, que influencia no desempenho térmico interno do ambiente. Relacionar corretamente o clima com as propriedades do material da telha pode melhorar o desempenho térmico delas. À noite, a cobertura irradia a grande quantidade de calor que recebeu durante o dia, cada material possui suas próprias características o que faz com que essa propriedade varie entre eles (PERALTA, 2006).

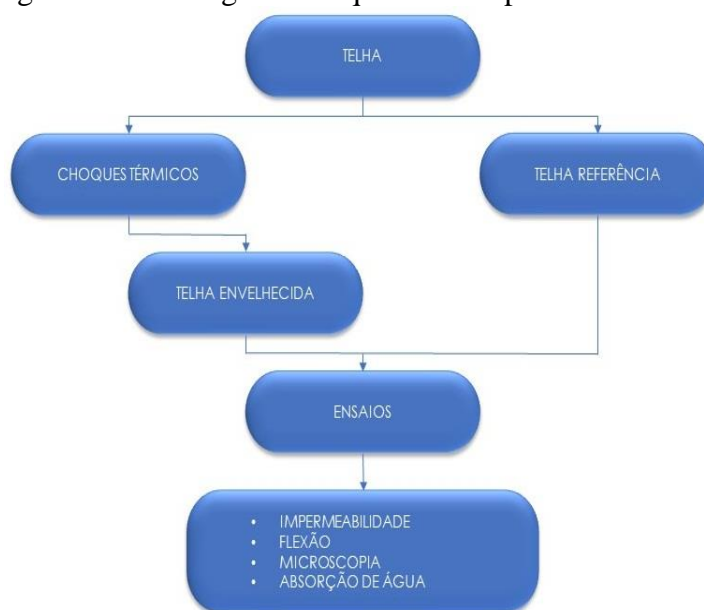
A fabricação de materiais pultrudados vem crescendo nas últimas décadas em virtude de várias vantagens, tais como resistência a corrosão, resistência a altas temperaturas, baixo peso, alto desempenho mecânico, além disso permite que as seções transversais produzidas tenham formas diversas para diferentes aplicações, como torres treliçadas, passarelas para pedestres, escadas, telhas, entre outras (PULTRUSÃO DO BRASIL, 2017).

Esta pesquisa visa avaliar a influência de choques térmicos cíclicos em telhas de FRP. Para tal, fazem-se verificações de impermeabilidade, resistência mecânica por flexão, microscopia e verificação das deformações sofridas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo em questão procedeu-se em algumas etapas (Figura 01): Na primeira parte realizou-se a caracterização do material utilizado, em seguida, implementou-se o ciclo para a ocorrência do choque térmico, executou-se os ensaios para verificação das propriedades da telha e por fim foram apresentados os resultados.

Figura 01 – Fluxograma: sequência dos passos realizados.



Fonte: Autores.

## 2.1 Telha Pultrudada (FRP)

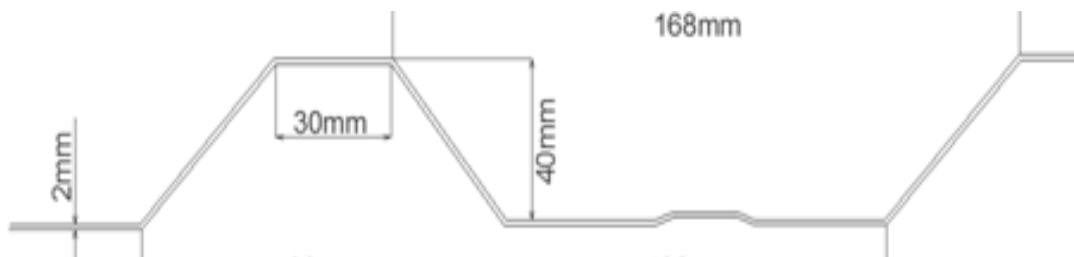
Para a realização deste estudo foram utilizadas algumas partes de telhas de FRP trapezoidais (Figura 02), cujas dimensões comerciais estão explicitadas na Figura 03.

Figura 02 – Telha Pultrudada (FRP).



Fonte: Pultrusão do Brasil (2017).

Figura 03 – Dimensões da Telha.



Fonte: Pultrusão do Brasil (2017).

As telhas de FRP possuem uma taxa mínima de fibra/resina de 55%. As fibras que constituem os perfis e suas respectivas características são apresentadas no Quadro 01. A resina utilizada no perfil trata-se de uma matriz de poliéster insaturada, isoftálico, totalmente polimerizável, com alta reatividade, alta viscosidade e não acelerado. As propriedades mecânicas do material compósito estão apresentadas no Quadro 02, conforme especificações do fabricante.



Quadro 01 – Propriedades da fibra.

Descrição	Tipo de fibra	Massa linear - ISO 1889	Perda ao fogo - ISO 1887 (%)	Umidade - ISO 3344 (%)
Roving Unidirecional	Vidro - E	740 ± 54mm	0,52 ± 0,18	≤ 0,05
Manta bidirecional	Vidro - E	25mm	4,56	≤ 0,05

Fonte: Pultrusão do Brasil (2017).

Quadro 02 – Propriedades mecânicas do material.

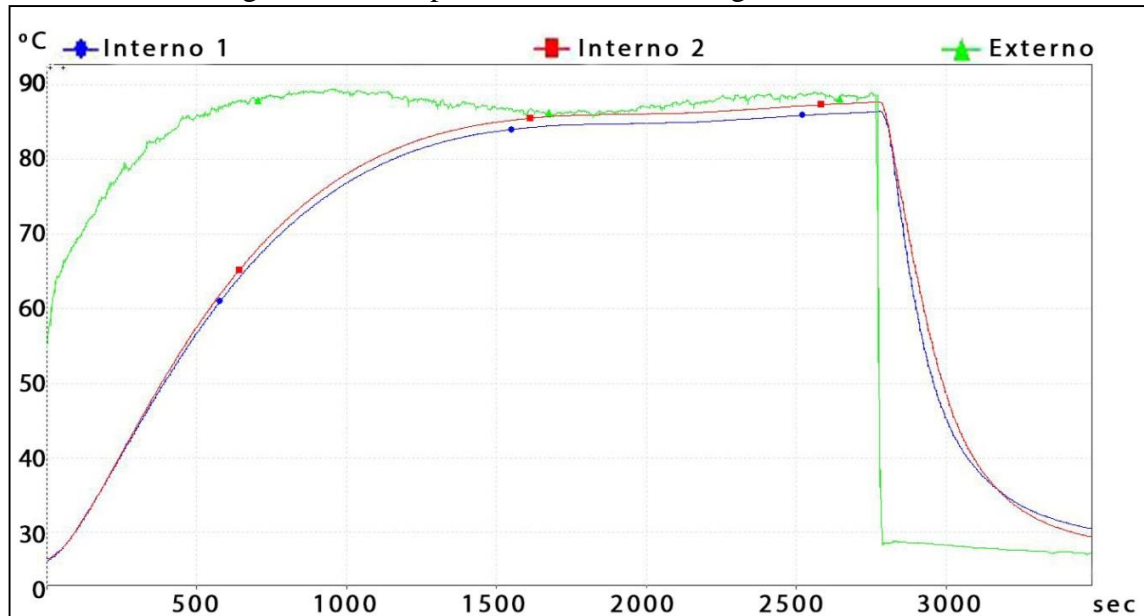
Descrição	Norma	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
Compressão longitudinal	ASTM D 695	249,65 ± 34,56	11826,20 ± 6927,11
Compressão transversal	ASTM D 695	72,58 ± 9,96	3583,47 ± 2586,52
Tração longitudinal	ASTM D 638-10	229,20 ± 0,49	43915,00 ± 9728,00
Tração transversal	ASTM D 638-10	92,20 ± 4,28	13452,00 ± 1182,00
Flexão (longitudinal)	ASTM D 790-10	437,60	20314,00
Flexão (transversal)	ASTM D 790-10	186,10	11190,00
Cisalhamento Inter laminar (longitudinal)	ASTM D2344-D2344M-13	33,40	-
Cisalhamento Inter laminar (transversal)	ASTM D2344-D2344M-13	20,80	-

Fonte: Pultrusão do Brasil (2017).

### 3 MÉTODO

A telha, já apresentada, foi submetida a 9 ciclos contínuos de 1 hora cada, com o objetivo de que recebesse um choque térmico, para que então fosse avaliado, através de ensaios, mudanças de características físicas e/ou mecânicas. A exposição térmica cíclica foi devidamente representada no gráfico conforme Figura 04.

Figura 04 – Temperatura da telha ao longo de um ciclo.



Fonte: Autores.

No início de um ciclo, em uma estufa, aqueceu-se um total de 6 amostras a 90°C por 45 minutos. Em uma das peças inseriu-se, em três pontos, sensores de variação térmica do tipo termopar envoltos em espuma de poliuretano, sendo dois deles fixados no interior da telha e o outro no exterior (Figura 05). Com o objetivo de causar o choque térmico, as amostras em estudo foram submersas em água na temperatura ambiente e deixadas descansando por cerca de quinze minutos. Após os nove ciclos, o compósito avaliado foi submetido aos ensaios pré-estabelecidos.

Figura 05 – Amostra com os sensores instalados.

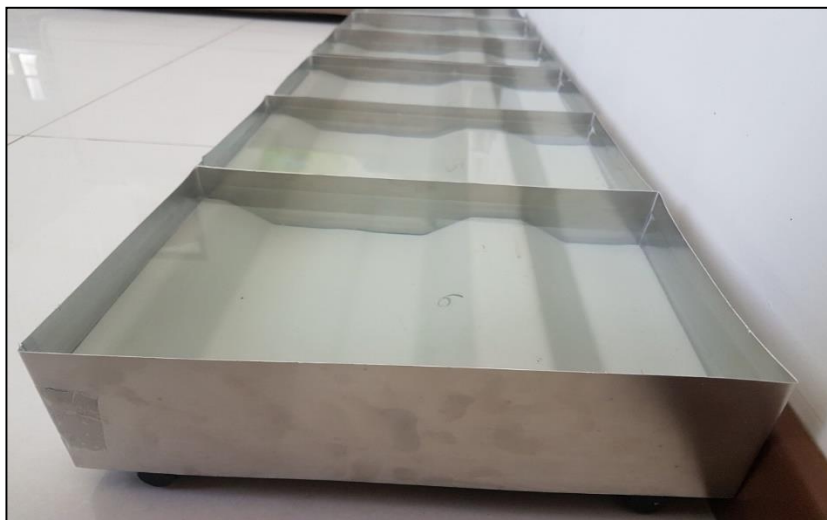


Fonte: Autores.

### 3.1 Ensaio de impermeabilidade

Para análise de impermeabilidade das telhas de FRP, devido a inexistência de normas técnicas brasileiras específicas para este material, realizou-se uma compilação de outras normas de telhas existentes em busca de uma melhor qualidade do estudo. Utilizou-se o ensaio qualitativo de pressão de lâmina d'água (ABNT NBR 13858-2:2009 e ABNT NBR 15310:2009). Para a realização deste procedimento foram utilizadas 3 amostras envelhecidas e 3 de referência, ambas envolvidas lateralmente por chapas de alumínio e vedadas com silicone, formando assim uma caixa estanque (Figuras 06 e 07). As peças ficaram submetidas ao ensaio durante 24 horas.

Figura 06 – Ensaio de Impermeabilidade.



Fonte: Autores.

Figura 07 – Altura da lâmina de água na crista e calha da telha.

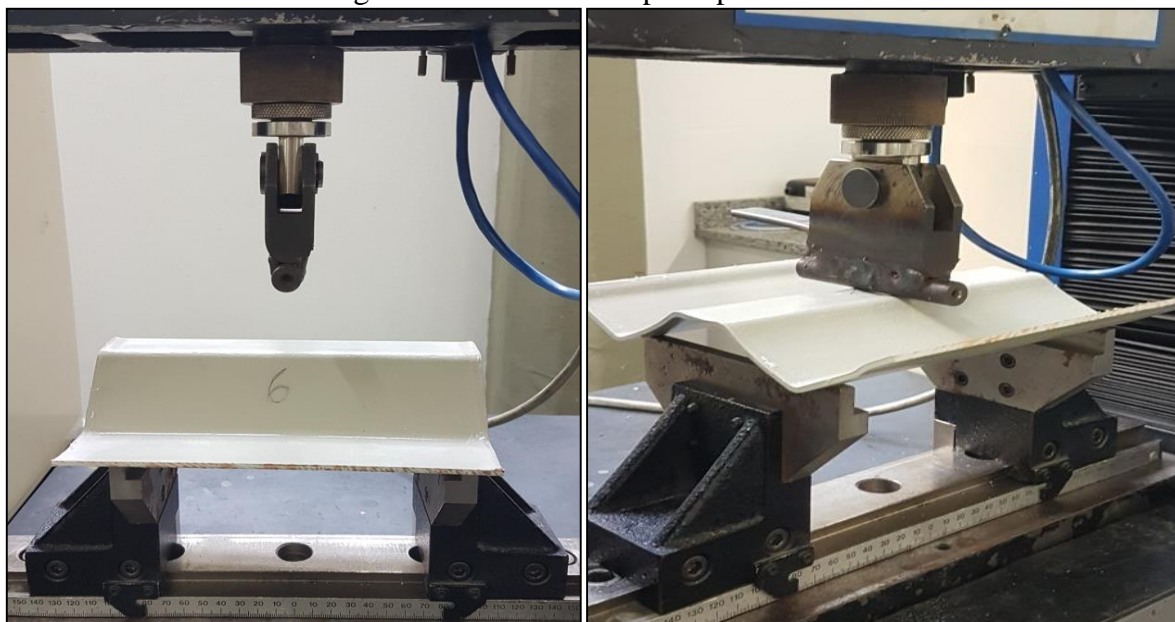


Fonte: Autores.

### 3.2 Ensaio de ruptura por carga de flexão

No ensaio de ruptura por carga de flexão, optou-se adaptar aos corpos de prova os procedimentos prescritos na ABNT NBR 13858-2:2009 e ABNT NBR 15310:2009, utilizando uma prensa hidráulica com carregamento de três pontos, a fim de se obter a máxima deformação do material. Foram submetidas a este ensaio 3 amostras envelhecidas e 3 de referência. Ambas foram apoiadas em dois pontos, separados por uma distância de 16 centímetros (Figura 08), aplicou-se um carregamento central contrário aos apoios com uma velocidade de 10 milímetros por minuto até uma considerável perda de resistência.

Figura 08 – Ensaio de ruptura por flexão.



Fonte: Autores.

### 3.3 Ensaio de microscopia

Visou-se neste ensaio verificar possíveis alterações nas microestruturas das telhas, comparando as amostras envelhecidas com as de referência. Ambas foram submetidas ao microscópio Olympus BX41RF/LED (Figura 09), com ampliações de 50 vezes e 100 vezes.

### 3.4 Ensaio de absorção de água.

Assim como o ensaio de impermeabilidade, a verificação da absorção de água baseou-se no que prescreve a ABNT NBR 13858-2:2009 e ABNT NBR 15310:2009, que determina a imersão completa das telhas em água por no mínimo 24 horas ininterruptas, com verificação da variação de massa. Para tal foram submetidas a este procedimento 3 amostras envelhecidas e 3 de referência.

Figura 09 – Microscópio Olympus BX41RF/LED.



Fonte: Autores.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o encerramento de todos os ensaios, sendo eles qualitativos e quantitativos, propostos pela presente pesquisa, obtiveram-se em geral resultados satisfatórios quanto ao bom desempenho do material para a finalidade em questão. Sua resistência às bruscas variações de temperatura e umidade sugerem que o material, mesmo exposto aos diferentes tipos de ambientes, se destaca dos demais com relação a durabilidade.

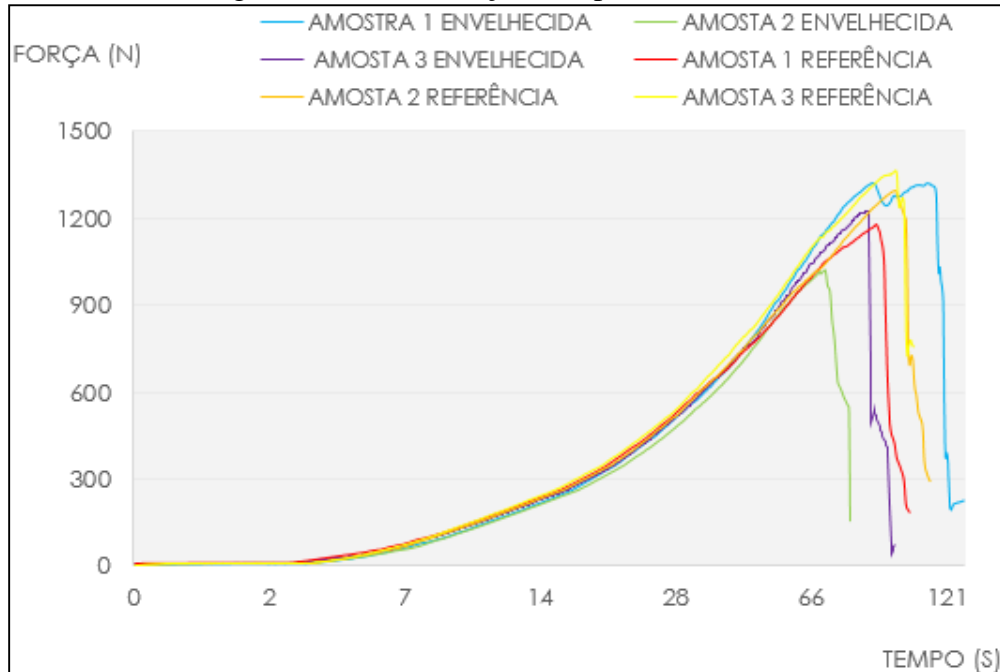
### 4.1 Resultados do ensaio de impermeabilidade

Após expostas a 24 horas à lâmina de água, avaliou-se visualmente que nenhuma das amostras apresentaram qualquer tipo de infiltração, ou seja, suas faces inferiores permaneceram secas.

### 4.2 Resultados do ensaio de ruptura por flexão

Verificando os resultados expostos na Figura 10, pode-se concluir que as telhas submetidas aos ciclos de choques térmicos não apresentaram grandes variações de resistência mecânica quando comparadas as telhas de referência. Significando que, com o passar do tempo exposto às condições climáticas naturais, o material provavelmente não apresentará grandes variações de resistência. As telhas apresentaram um rompimento longitudinal no sentido das fibras conforme Figura 11.

Figura 10 – Curva força x tempo das amostras.



Fonte: Autores.

Figura 11 – Amostra rompida.

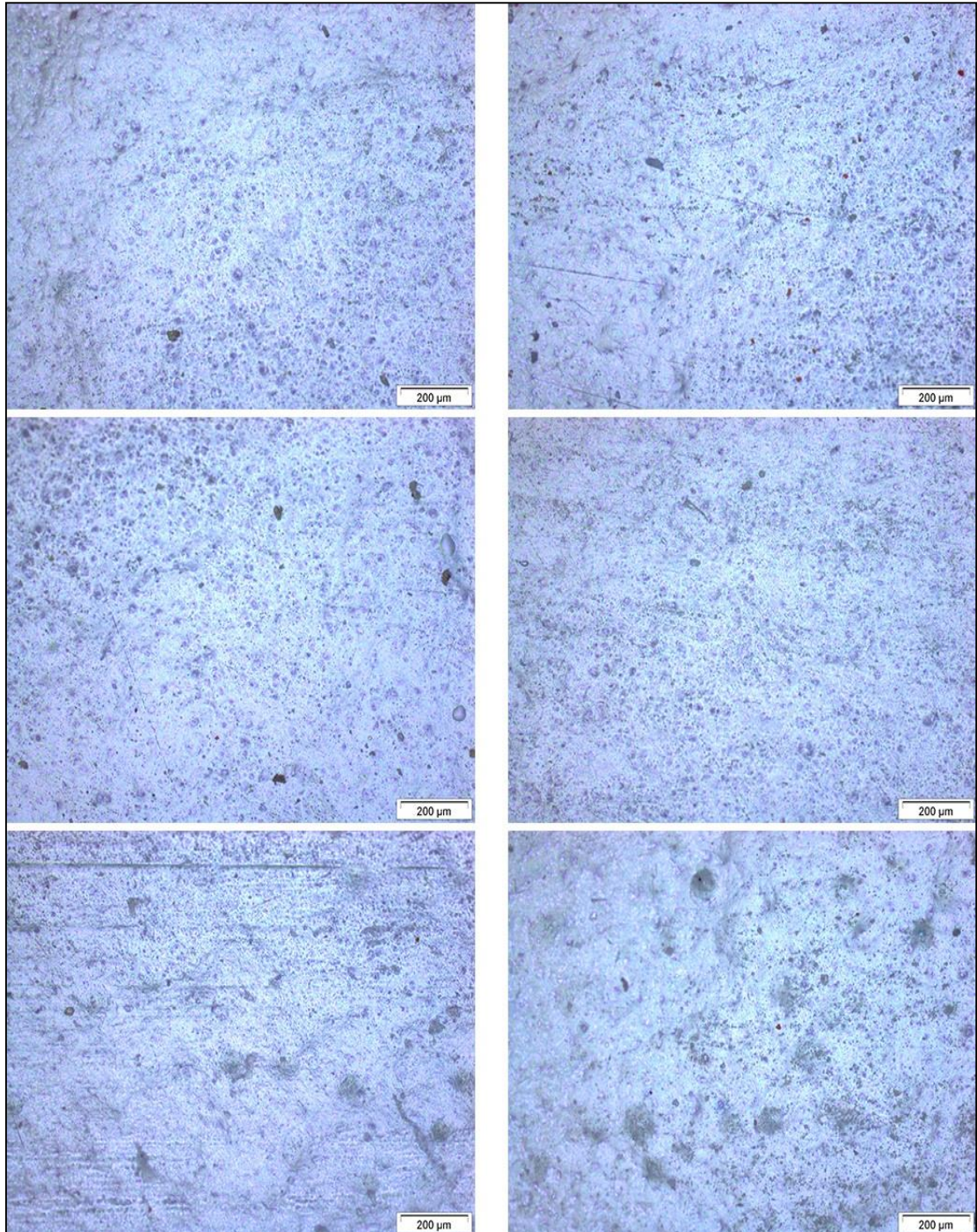


Fonte: Autores.

### 4.3 Resultados do ensaio de microscopia

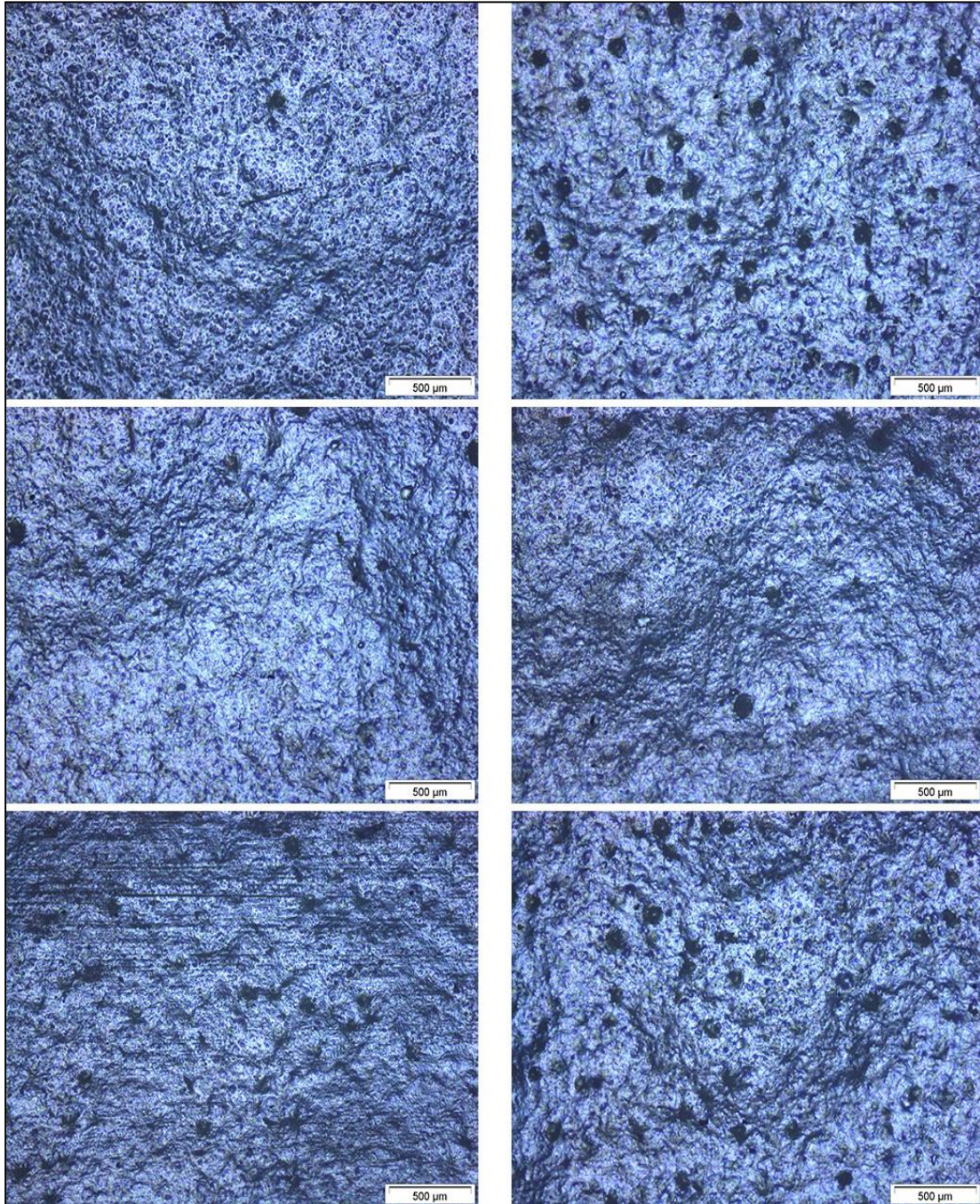
Analisando as imagens microscópicas do material, deduz-se que as discrepâncias entre as mesmas se devem aos diferentes pontos observados. Nas amostras, significando portanto que tais diferenças não tenham sido causadas pelo processo de envelhecimento (Figuras 12 e 13).

Figura 12 – Amostras envelhecidas (coluna esquerda) amostras referência (coluna direita).



Fonte: Autores.

Figura 13 – Amostras envelhecidas (coluna esquerda) amostras referência (coluna direita).



Fonte: Autores.

#### 4.4 Resultados do ensaio de absorção de água

O material em estudo não obtém resultados significantes de absorção de água, visto que sua variação de massa antes e após o ensaio é consideravelmente pequena (Quadro 03). De modo geral este resultado faz-se importante pois a telha, quando exposta a variações de umidade, não gerará acréscimos de carga na estrutura ao qual está apoiada, por exemplo.



Quadro 03 – Comparação das massas entre amostras

AMOSTRA	MASSA (g)	
	Antes do ensaio	Após ensaio
Referência	84,4	84,46
	83,2	83,33
	89,8	89,92
Envelhecida	88,5	88,62
	94,4	94,47
	60,5	60,56

Fonte: Autores.

## 5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com intuito de analisar as propriedades físicas e mecânicas de um material de cobertura em FRP, alternativo aos convencionais, amostras foram submetidas a ensaios qualitativos e quantitativos antes e após choques térmicos, e por meio dos resultados alcançados, este estudo chegou as seguintes conclusões:

No quesito impermeabilidade e absorção de água, o material em questão se mostrou demasiadamente eficiente e capaz de exercer plenamente sua função de cobertura e proteção de edificações mesmo em meios agressivos. Em suma suas características não se alteraram com a presença da água.

Mecanicamente a telha reagiu de forma positiva ao ensaio de flexão, visto que sua resistência não foi afetada significativamente pelo envelhecimento, comprovado ainda pelas imagens microscópicas, que não apresentaram danos visíveis no material.

Por seu desempenho e durabilidade comprovados pelos ensaios, o material mostra-se ecologicamente eficiente, e capaz de reduzir a produção de resíduos gerados na construção civil pelas substituições em função da deterioração da cobertura.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações Habitacionais. 5 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2013. 73 p.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13858-2: Telhas em concreto Parte 2: requisitos e métodos de ensaio. 3 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2009. 32 p.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. 2 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2009. 47 p.**



PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas**: análise de monitoramento e normalização específica. 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PULTRUSÃO DO BRASIL. **Telha**. Disponível em:  
<[http://www.pultrusao.com.br/index.php?pg=prd\\_ind&id=11](http://www.pultrusao.com.br/index.php?pg=prd_ind&id=11)>. Acesso em 30 de maio de 2017.