

ANÁLISE AVALIATIVA E COMPARATIVA ENTRE TELHA ONDULADA ECOLÓGICA, TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E TELHA ECOLÓGICA DE TUBOS DE PASTA DE DENTE

EVALUATION AND COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN ECOLOGICAL CORRUGATED TILE, FIBER CEMENT CORRUGATED TILE AND ECOLOGICAL TILE OF TOOTHPASTE TUBES

Dionatan Zini¹
Roger Francisco Ferreira de Campos²

RESUMO

No decorrer dos anos o mercado da construção civil vem desenvolvendo alternativas visando o meio ambiente, onde o uso de materiais ecológicos está cada vez mais comum nas construções civis, porém, seu uso ainda apresenta incertezas dentre os consumidores por ser um produto com o custo elevado e pelas propriedades dos materiais. Portanto, este trabalho tem como objetivo mostrar que o uso de telhas ecológicas possui vantagens e viabilização econômica quanto ao uso da telha convencional de fibrocimento de ensaios realizados em laboratório de carga de ruptura, ensaio de absorção de água e ensaio de permeabilidade para utilização em uma análise comparativa entre as telhas de fibrocimento, Tetrapak e telhas de tubo de pasta de dente. Utilizou-se dados que foram obtidos de fabricantes de telhas para análise de preços. A metodologia caracteriza-se como pesquisa aplicada, constitui-se de pesquisa exploratória, por meio de um procedimento experimental. Através dos ensaios observou-se que as telhas ecológicas além de serem produtos fabricados com reciclados de caixas tetrapak e tubos de pasta de dente, tem resistência em até 3 vezes maior e uma taxa de absorção quase 2 vezes menor que telhas convencionais de fibrocimento, deixando assim um produto muito mais leve para o uso em uma cobertura residencial, não sendo necessário o super

¹ Acadêmico de Engenharia Civil pela Universidade Alto Vale Rio do Peixe. E-mail: dionatan_zini@hotmail.com

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e é docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: roger@uniarp.edu.br.

dimensionamento da estrutura que vai sustentar as telhas. Os dados obtidos com fornecedores de telhas mostra que as telhas ecológicas de tetrapak e de tubo de pasta de dente pode chegar até 10,9% mais cara que a telha convencional para o consumidor final. Através da análise comparativa chegou-se à conclusão que é viável o uso de telhas ecológicas por suas vantagens dentro de um canteiro de obra, por ser mais leve e maleável, e por não superdimensionar a estrutura que as comporta. Além de ser uma telha muito mais resistente se comparar com a convencional.

Palavras-Chave: Fibrocimento, telha, sustentabilidade.

ABSTRACT

Over the years, the civil construction market has been developing alternatives aimed at the environment, where the use of ecological materials is increasingly common in civil construction, however, its use still presents uncertainties among consumers because it is a product with a high cost. and the properties of materials. Therefore, the present work aims to show that the use of ecological tiles has advantages and economic viability compared to the use of conventional fiber cement tile from tests carried out in the laboratory of rupture load, water absorption test and permeability test for use in a comparative analysis between fiber cement tiles, tetrapak and toothpaste tube tiles, data obtained from tile manufacturers was also used to prepare a price analysis between them. The methodology of this work is characterized as applied research, consisting of a classification called exploratory research, through an experimental procedure. Through the tests carried out, it can be observed that the ecological tiles, in addition to being products manufactured with recycled tetrapak boxes and toothpaste tubes, have resistance up to 3 times greater and an absorption rate almost 2 times lower than conventional fiber cement tiles. thus leaving a much lighter product for use in a residential roof and not requiring the over-dimensioning of the structure that will support the tiles, the data obtained from tile suppliers shows that ecological tiles made of tetrapak and toothpaste tubes can reach up to 10.9% more expensive than conventional tile for the final consumer. Through the comparative analysis, it was concluded that the use of ecological tiles is feasible due to its advantages within a construction site, as it is lighter and more malleable, and because it does not oversize the structure that contains them. In addition to being a much more resistant tile compared to the conventional one.

Keywords: Fiber cement, tile, sustainability.

INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais entre 45% a 50% da cobertura de edificações são oriundas do barro, e aproximadamente 35 a 40% das coberturas são oriundas de telhas de fibrocimento com fibras de amianto, também é utilizado nesse tipo de cobertura fibras sintéticas. O restante das coberturas é oriundo de telhados metálicos, pouco se sabe ou é utilizado por consumidores de telhas ecológicas tanto de tetrapak como de telhado pet. A realidade da construção civil nos tempos atuais é que no mercado brasileiro pouco se conhece ou está escasso de materiais alternativos para coberturas de edificações que possam estar substituindo as coberturas mais utilizadas por consumidores por telhados ecologicamente corretos e que não agridam o meio ambiente, por isso existem empresas que vão à procura de materiais alternativos que possam estar substituindo e estar atendendo a população com novas ideias (AMORIM, 2014).

Um grande desafio que o ramo da construção tem que aprimorar para que se preserve e reduza os impactos ambientais é a escolha do material de construção. Na hora de escolher os materiais corretos deve-se observar quais são eles e quais estão disponíveis na região, que sejam poucos processados, que possam ser reutilizáveis dentro da obra, não tóxicos e que se for um produto de uso único possa ser reciclado futuramente (SOUZA; BRITO; DA SILVA, 2019). As telhas ecológicas concorrem fortemente no mercado com as telhas de Fibrocimento, elas possuem grandes vantagens, dentre elas está como principais a leveza e a flexibilidade que a telha ecológica apresenta. Essas telhas também ajudam a reduzir ruídos vindos do exterior funcionando assim como uma ótima opção para isolamento acústico e além de reduzir as temperaturas que incidem dentro da casa através do telhado além de fomentar a reciclagem na humanidade e evitar a emissão de CO₂ na atmosfera, pois o processo de queima que a telha de Fibrocimento tem não faz parte do processo de fabricação da telha ecológica (YOSHIMURA; YOSHIMURA; WIEBECK, 2012).

As telhas ecológicas de tetrapak almejam levar ao consumidor uma nova alternativa de material e mostrar a preocupação que o ramo da construção civil demonstra com o meio ambiente, o consumidor prefere por sempre optar pelo material mais barato, pois a falta de conhecimento e dos

principais benefícios que cada tipo de telha oferece para sua construção não o faz optar pelo melhor produto (BOETTGER; MARTINS, 2018). As telhas ecológicas apresentam um desempenho satisfatório com seu uso na construção civil além de ser mais leve, oferece uma grande resistência quando comparada a telha de fibrocimento, ela cumpre seu papel dentro do termo sustentabilidade e contribui para um ambiente melhor pois a produção da mesma se mostra eficaz para o consumo e reciclagem de papel no mundo (YOSHIMURA; YOSHIMURA; WIEBECK, 2012).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as características técnicas da telha ondulada ecológica quanto como material de construção sustentável, através de uma análise crítica e comparativa efetuadas através de ensaios de tração de telhas de absorção de água e de permeabilidade das telhas onduladas de fibrocimento, das telhas ecológicas tetrapak e telhas de tubo de pasta de dente resultados que serão obtidos através dos ensaios de permeabilidade, impermeabilidade e de tensão que serão realizadas nas telhas.

METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, constitui-se de uma classificação denominada como pesquisa exploratória, por meio de um procedimento experimental, buscando apresentar a diferença entre a telha ecológica tetra pak, telha ecológica de tubo de pasta de dente e a telha de fibrocimento. Para Praça (2015), pesquisa experimental é a pesquisa, que com o auxílio de qualquer tipo de experimento, ele venha a ajudar no desenvolvimento da pesquisa. “A pesquisa aplicada tem como motivação a necessidade de produzir conhecimento para aplicação de seus resultados, com o objetivo de “contribuir para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade” (BARROS; LEHFELD, 2000 p. 78 apud VILAÇA, 2010, p. 64).

Para a realização da pesquisa foram coletadas amostras de telhas de embalagens de Tetrapak de tubo de pasta de dente e amostras de telhas de fibrocimento conforme NBR para cada tipo de ensaio. Para todos os ensaios realizados, serão utilizadas as NBR vigentes para auxiliar nos procedimentos de ensaio no laboratório de solos da Universidade Alto Vale

do Rio do Peixe (UNIARP). Para a realização da pesquisa serão utilizados os seguintes materiais:

Telhas ecológicas: telhas fabricadas com resíduos sólidos (embalagem longa vida), possuindo em sua composição predominante papel, plástico e metal.

Telhas convencionais: telhas de fibrocimento que envolve o uso de cimento Portland e fibras de amianto na sua composição.

Telha ecológica de tudo de pasta de dente: telhas fabricadas com resíduos sólidos (tubos de pasta de dente reciclados), possuindo em sua composição predominante papel e plástico.

ABSORÇÃO DE ÁGUA

A NBR 15210-2 (2005) nos explica como deve ser executado o ensaio de absorção de água e a retirada de cada corpo de prova das telhas. Os aparelhos necessários para este a execução desse ensaio são eles uma estufa ou forno que tenha capacidade de manter os corpos de prova em uma temperatura entre 100 °C a 110 °C por um tempo de 24 Horas, uma balança com capacidade de no mínimo 1 KG e com uma resolução de 0,1g. e um recipiente de qualquer tipo que possa comportar água potável (ABNT, 2005).

Essa NBR ainda apresenta que “de cada telha da amostra, retirar um corpo-de-prova de no mínimo 2400 mm², sendo permitida a tolerância de ± 5% nestas medidas” (ABNT, 2005, p. 11). 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) Medir o volume de cada telha através do método de Imersão em água
- c) imergir os corpos de prova totalmente em água potável à temperatura de 15 °C a 20°C, durante 24 h;
- d) após o período total de 24 h, retirar os corpos de prova, enxugá-los superficialmente e pesá-los;

Os resultados segundo a NBR 15210-2 (ABNT, 2005b) devem ser

determinados através da pesagem da massa do corpo de prova saturado (MA) antes de levar a estufa para a secagem e logo depois das 24h deve ser pesado para se obter a densidade aparente para determinarmos seguindo a NBR Conforme Equação 1.

$$d = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Onde:

d= Densidade Aparente;

m = Massa Seca;

V = Volume.

O Valor de Absorção de água deve ser determinado seguindo a NBR com a Equação 1, Como a telha ecológica ainda não tem um método especificando a maneira de realizar o ensaio de absorção normalizado pela ABNT, no ensaio da telha ecológica ondulada de tetrapak e a de tubo de pasta de dente será utilizado a mesma norma adotada para o ensaio da telha de fibrocimento para requisito de comparar as três, A NBR não especifica a quantidade de amostras para serem analisadas, mas para quesito de projeto, vai ser utilizado 9 para a telha de fibrocimento, 9 amostras para a telha ecológica de tetrapak e 9 amostras para a telha de Tubo de pasta de dente.

CARGA DE RUPTURA E FLEXÃO

Seguindo o que a NBR 15210-2 (ABNT, 2005) nos exemplifica, o procedimento de como fazer o ensaio de ruptura e flexão das telhas de fibrocimento. Para a preparação da do ensaio a retirada da amostra segundo a NBR 15210-3 (ABNT, 2019) deve ser feita com telhas prontas e inteiras cortadas na sua seção transversal com no mínimo 1,20 m de comprimento, este ensaio normalmente é executado logo após a imersão total da telha dentro da água (ABNT, 2005).

As amostras utilizadas para esse ensaio devem seguir a Tabela 1, seguindo a NBR 15210-2/2005.

Tabela 1 - Procedimento de condicionamento das amostras

Ensaio	Procedimento e tempo de condicionamento
Ensaio de aceitação na condição úmida	Mínimo de 24 h de imersão em água saturada ¹ à temperatura igual ou superior a 5°C
Ensaio de aceitação a seco	(7 ± 1) dias em condições ambientais do laboratório antes do ensaio de flexão ²
Ensaio de tipo	Mínimo de 24 h de imersão em água saturada ¹ à temperatura igual ou superior a 5°C

¹ Pode-se saturar a água do banho com fragmentos de telhas ou ainda com adição de cal hidratada até a formação de um depósito no fundo do reservatório. Considera-se saturado o banho com pH maior ou superior a 12.

² Devem ser mantidas as condições ambientais verificadas na correlação seco-saturado. São admitidas variações de ± 5°C na temperatura e de ± 10% na umidade relativa.

Fonte: NBR 15210-2 (2005).

Para este ensaio deve ser utilizado uma máquina de flexão, esse equipamento deve conter dois apoios paralelos, no mesmo plano horizontal e de comprimento superior a largura do corpo de prova. A face superior de cada um dos apoios deve ser extremamente reta, com no mínimo 50mm de largura. A distância entre os dois apoios deve dispor de um vão livre de 1,10m. O procedimento de ensaio segundo a mesma NBR 15210-2 mostra que o corpo de prova deve ser colocado entre os apoios perpendicular a direção onde as ondas da telha ondulada está, ela deverá ser carregada no centro pela viga plana com uma divisão da carga uniformemente no centro da telha, a carga de ruptura será a carga máxima alcançada durante o ensaio mecânico antes da ruptura da telha, essa carga deverá ser retirada entre 10 segundos a 45 segundos após iniciar a carga em cima da telha (ABNT, 2005).

Segundo a mesma NBR deve-se também medir a flecha da telha no centro do vão que deve ser especificada em mm e deve ser medida entre os 20% a 70% da carga de ruptura especificada para as telhas de fibrocimento. A carga de ruptura deverá ser apresentada em *Netowns* por meio de largura seguindo a Equação 2.

$$PC = \frac{p}{w} \quad (2)$$

Onde:

Pc = 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.

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Segundo a NBR 15210-2 (ABNT, 2005) esse ensaio deve ser feito com três amostra inteiras prontas ou cortadas tendo como comprimento mínimo 1,20 m, mas para que o ensaio com as telhas cortadas for possível elas devem conter um número mínimo de ondas especificadas pela norma conforme a categoria da telha descrito na tabela (2).

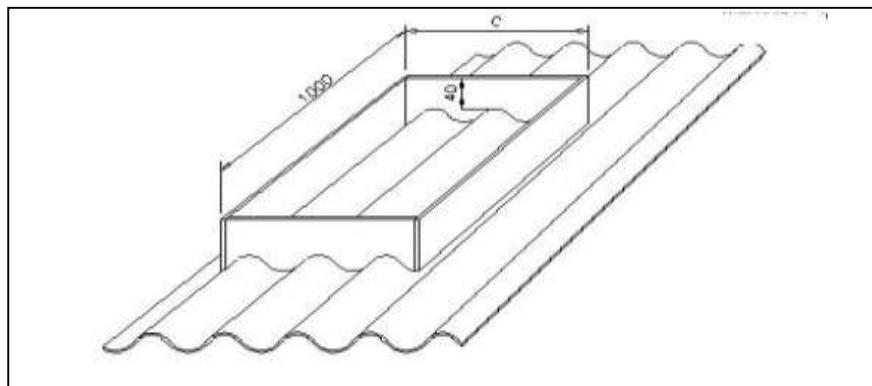
Tabela 2 - Quantidade mínima de ondas da amostra a ensaiar

Classe	Descrição	Quantidade mínima de ondas
A	Ondas Pequenas	6
B	Ondas Médias	4
C	Ondas Grandes	3
D	Ondas Muito grandes	2

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15210-2 (2005).

Para este ensaio segundo a NBR 15210-2 (ABNT, 2005) deve ser utilizado uma estufa com capacidade de manter uma temperatura entre 100 a 110 graus por no mínimo 24 horas e também um dispositivo confeccionado com dimensões mínimas conforme a Figura 1.

Figura 1 - Exemplo de Dispositivo para o ensaio de Permeabilidade



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15210-2 (2005).

Conforme a NBR 15210-2 (2005) esse dispositivo deve ser fixado na telha garantindo que depois de colocar água dentro do dispositivo, a água mantenha se dentro por mais de 24h, após fixado o dispositivo deve se encher de água até 20mm acima das ondas, a telha deve ser mantida em um local arejado, longe da incidência de raios solares e de vento. O resultado desse ensaio se dá pela observação na parte inferior das telhas em um período de no mínimo 24 horas, essa análise visual deve ser informada se houve ou não formação de gotas de água ou gotejamento na face inferior da telha.

VIABILIDADE ECONÔMICA

Para a pesquisa de viabilidade econômica, deve ser orçado com três ou mais empresas o custo de cada tipo de telha para que se possa comparar o seu custo por m² e sua viabilidade econômica dentre os tipos de telhas em uma construção civil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DE ENSAIO DE CARGA DE RUPTURA

Como visto anteriormente nesta pesquisa foi utilizado para o ensaio de tração simples amostras medindo 1,20m de comprimento, foi utilizado para a pesquisa conforme a NBR 15210-2 (ABNT, 2005) uma prensa com velocidade constante com exatidão de 3% (+ ou -), as amostras foram condicionadas em um laboratório em condições ambientais de um laboratório antes do ensaio de tração, foi utilizado conforme a tabela 3 vista anteriormente do ensaio de flexão a seco.

Essas amostras foram postas no aparelho de flexão conforme a NBR 15210-2 (ABNT, 2005) especifica com dois apoios paralelos perpendiculares ao seu comprimento distanciados de 1,1m de vão livre, uma carga foi aplicada no centro uniformemente, essa carga foi transmitida para a peça através de um pistão hidráulico da prensa que mantinha uma velocidade constante até a sua ruptura.

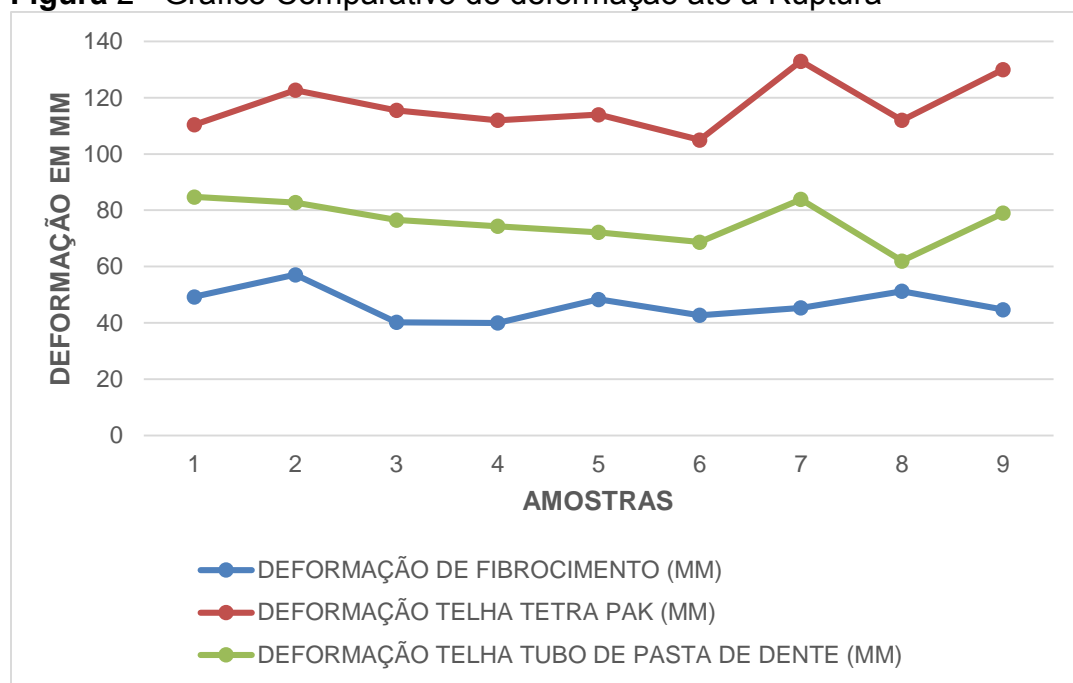
Segundo Boettger e Martins (2018) após observar dados

bibliográficos de ensaios realizados em telhas, nota-se que a carga de ruptura é a força máxima que a telha resiste antes do seu rompimento, quando cada peça de telha é submetida a uma tração. Depois de efetuar os ensaios em laboratório concluiu-se que a telha ecológica de tetra pak tem sua deformação antes de sua ruptura em 125% maior que a sua principal concorrente é mais utilizada telha de fibrocimento.

Segundo Lima et al. (2020) a ruptura de telhas de fibrocimento se dá devido às suas características do material, pois ela é a base de concreto e tem particularidades que deixam esse tipo de telha muito frágil a qualquer tipo de esforço aplicado sobre elas.

A Figura 2 Apresenta o comparativo entre as telhas de fibrocimento, tetrapak e de tubo de pasta de dente.

Figura 2 - Gráfico Comparativo de deformação até a Ruptura



Fonte: O autor (2022).

Silva, Serra e D'Oliveira (2016) efetuaram os ensaios em telhas ecológicas cartonadas com diferentes tempos de uso, semelhantes a telha ecológica de tetrapak e chegaram a uma conclusão que a telha ecológica tem uma carga de ruptura média de 173,64N. média de 47,1% acima da

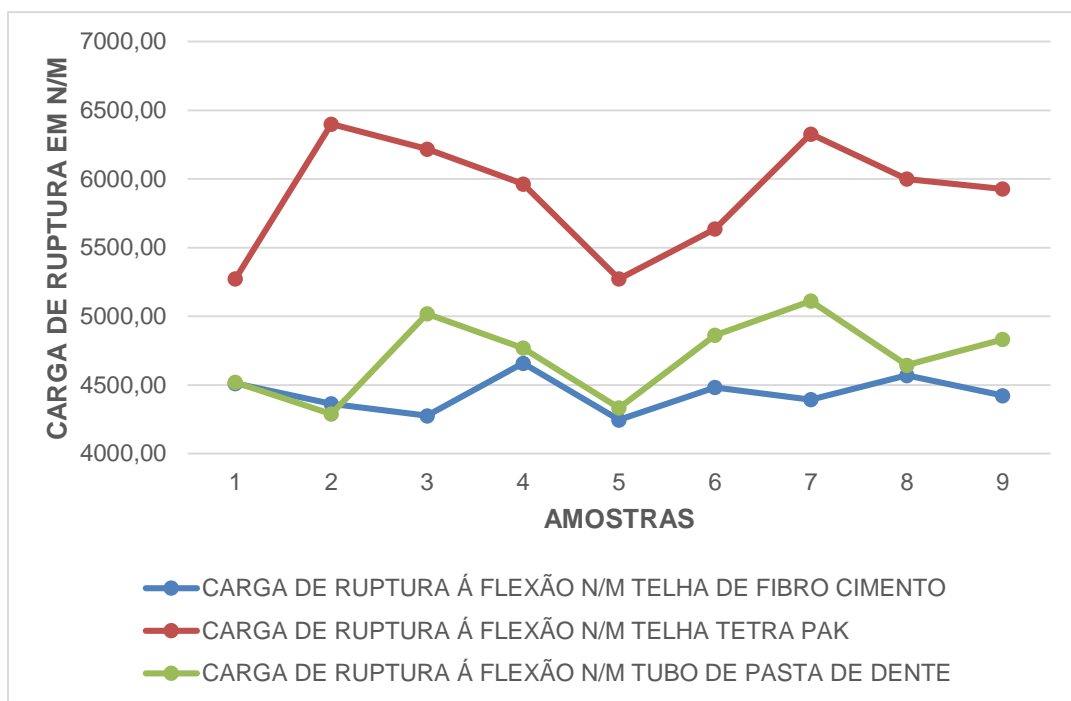
média de carga de ruptura desse ensaio.

Boettger e Martins (2018) também afirmam que as telhas onduladas ecológicas são mais resistentes a tração do que a telha de fibrocimento, eles chegaram a um resultado de uma flexão de aproximadamente 280% a mais que a telha de fibrocimento, também afirmam o módulo de flexão da telha de fibrocimento é 55,33% menor do que a da telha ecológica. Lima et al. (2020) em seus ensaios de tração chegou a um resultado de que em sua prensa a telha ecológica de tetrapak devido às suas características de ser muito flexível teve uma grande deformação e não havendo o rompimento da telha, pois a prensa chegou ao final do seu curso, já a telha de fibrocimento utilizada em seu ensaio teve seu rompimento com 2350 N, uma resistência bem mais alta das que foram encontradas nesse estudo.

Nos ensaios realizados em laboratório concluímos que o módulo de flexão antes da ruptura de uma telha de fibrocimento chega a ser aproximadamente 56,1% menor do que a telha ecológica de Tetrapak, muito próximo do módulo em que Boettger e Martins chegaram com seus resultados. Conforme a NBR 15210-2 (ABNT, 2005) nos diz que os resultados obtidos no ensaio de flexão devem ser apresentados em N/m conforme Equação 2 apresentada no capítulo anterior, abaixo o Gráfico 2 nos mostra o comparativo entre as cargas de ruptura entre os três tipos de telhas utilizadas no ensaio.

A Figura 3 apresenta o comparativo de carga de ruptura entre as telhas (N/m).

Gráfico 1 - Comparativo de carga de ruptura entre as telhas (N/m)



Fonte: O autor (2022).

Após observar os dados obtidos nesse ensaio de flexão pode se concluir que a carga de ruptura da telha tetrapak é aproximadamente 1500 N/m maior que a sua principal comparativa que é a telha de fibrocimento. O módulo da flexão da telha de fibrocimento é consideravelmente menor que a telha de tetra pak e a de tubo de pasta de dente, assim demonstrando que a telha de fibrocimento é muito menos flexível que a telha ecológica de tetra pak e a telha de tubo de pasta de dente e também ela resiste a cargas menores.

ANÁLISE DE ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Para realização do ensaio de permeabilidade conforme a NBR 15210-2 (ABNT, 2005) foi utilizado três telhas inteiras com comprimentos respectivos de cada tipo de telha de 1,20 m, foi confeccionado um dispositivo de madeira com largura de 500mm ou 50 cm que corresponde a 4 ondas de cada telha e um comprimento de 1000mm ou 1 metro e com uma altura mínima de 400mm ou 40 cm, a figura 1 do capítulo anterior nos mostra como deve ser esse dispositivo e suas respectivas medidas mínimas.

Para a preparação da amostra o dispositivo foi encaixado em cima das telhas previamente mergulhadas em água e saturadas por 24 horas, após ter colocado água dentro do dispositivo com uma altura de 2mm acima das ondas e foi deixado em um local arejado e longe da incidência da luz solar e do vento, e após 24 horas foi feita a observação da parte de baixo de cada telha.

A Tabela 4 nos mostra os resultados do ensaio de impermeabilidade realizado nos três tipos de telhas, como a NBR 15210-2 (ABNT, 2005b) não especifica a quantidade de amostras a serem analisadas, esse ensaio foi realizada com três telhas inteiras de cada tipo.

Tabela 1 - Resultado do ensaio de Impermeabilidade

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Presença de vazamentos, formação de gotas aderentes e manchas de umidade (Tetrapak)	Sem presença	Sem presença	Sem presença
Presença de vazamentos, formação de gotas aderentes e manchas de umidade (Fibrocimento)	Presença	Presença	Presença
Presença de vazamentos, formação de gotas aderentes e manchas de umidade (tubo de pasta de Dente)	Sem presença	Sem presença	Sem presença

Fonte: O autor (2022).

Após observar os resultados obteve-se que as telhas de tetra pak e de tubo de pasta de dente mesmo saturadas por 24 horas não tiveram marcas visíveis de água abaixo do dispositivo após de 24 horas, sendo elas dentro das 24 horas consideradas com impermeáveis, já a telha de fibrocimento após as 24 horas teve uma marca de água abaixo do dispositivo, posteriormente não sendo totalmente impermeável, esse ensaio mostra que após uma chuva contínua de 24 horas as telhas de tetra pak e de tubo de pasta de dente se saíam muito melhor do que a de fibrocimento que ao longo do tempo poderia criar mofo e prejudicando a funcionalidade da mesma.

Lima et al. (2018) afirma que em ao fazer o ensaio de

permeabilidade ele conseguiria verificar a capacidade em que a telha teria de resistir a passagem de água durante um período de tempo determinado pela NBR, em seu ensaio ele determinou que as telhas que ele não especifica, não obtiveram a passagem de água e nem formação de gotas na sua face inferior.

Segundo Yazigi (1998, apud CARDOSO; OLIVEIRA; MARTINS 2000) as telhas tem sua permeabilidade aumentada conforme o passar do tempo de uso, pois os poros das telhas vão se obstruindo com a sujeira que a chuva traz junto assim evitando a formação de manchas ou até a passagem de água para a face inferior das telhas, todas as telhas devem ter uma face lisa para que a água deslize facilmente e não acumule em cima das mesmas evitando assim a formação de musgos.

ANÁLISE DE ENSAIO DE DENSIDADE APARENTE

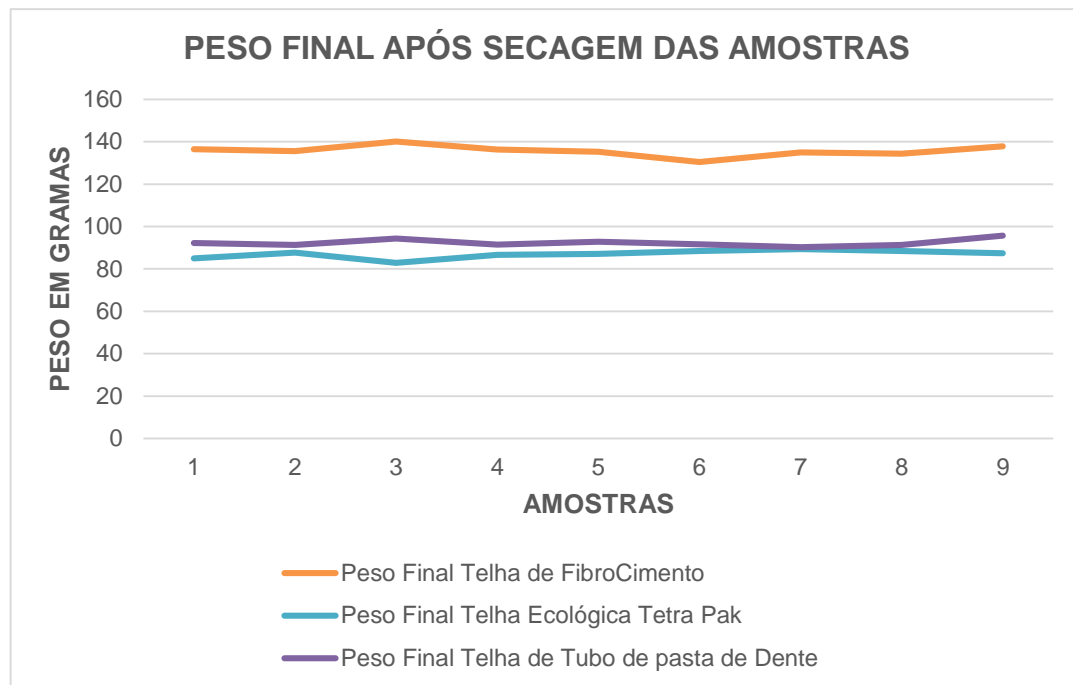
O ensaio de densidade aparente conclui o peso de cada telha após ser saturada e seca em uma estufa por 24 horas, esses valores obtidos influenciam no uso e dimensionamento da estrutura que irá comportar as telhas em cima de uma edificação.

Como a NBR 15210-2 (ABNT, 2005) não especifica a quantidade de amostras para esse ensaio, foi considerado 9 amostras de cada telha retiradas da região central de três telhas de cada tipo (Fibrocimento, tetrapak e tubo de pasta de dente) com dimensões de 15 cm x 15 cm ou 22.500 mm² assim adequando-se às dimensões mínimas exigidas pela NBR que é 2400 mm². Elas foram previamente saturadas e pesadas e determinadas pelo seu volume pelo método de imersão conforme Anexo (C).

Inicialmente as telhas de Fibrocimento por seus componentes e sua estrutura tem um peso maior que as telhas ecológicas de tetrapak e as de tubo de pasta de dente, seu peso chega a ser 80% maior que as telhas ecológicas, mesmo não saturadas em água e só pelo fato do consumidor escolher a telha de Fibrocimento, já tem uma grande influência na estrutura a ser dimensionada para comportá-las em cima de uma edificação

A Figura 3 apresenta os dados coletados no ensaio de densidade aparente, o peso final das amostras pesadas logo após serem saturadas e secadas em uma estufa por 24 horas.

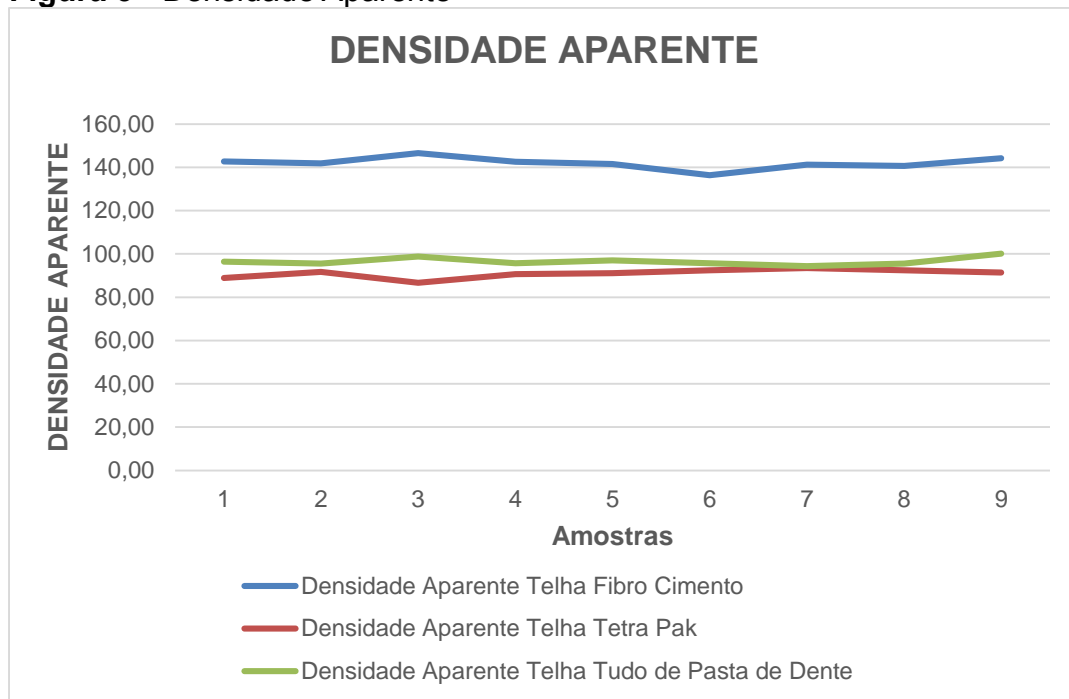
Figura 2 - Peso Final Amostras Telhas



Fonte: O autor (2022).

Após observado os resultados conclui-se que a telha de fibrocimento chega a ser aproximadamente 160% mais pesada que a sua principal comparativa que é a telha de tetrapak a densidade aparente das telhas de fibrocimento ficaram aproximadamente 1,42, a da telha de tetrapak ficou aproximadamente 0,89 e a telha de tubo de pasta de dente muito parecida com a de tetra pak ficou aproximadamente 0,90, já a densidade absoluta da telha de fibrocimento ficou 141 g/cm³, a telha de tetrapak 84 g/cm³ e a telha de tubo de pasta de dente ficou 89 g/cm³. Conforme Mostra o Gráfico 4

Figura 3 - Densidade Aparente



Fonte: O autor (2022).

As telhas de fibrocimento se demonstraram no ensaio muito mais sólidas devido a sua composição ter produtos com pesos específicos bem altos como o cimento e as fibras de amianto enquanto as telhas ecológicas de tetrapak e as telhas de tubo de pasta de dente possuem uma densidade menor pois a origem dos materiais que as constituem são os tubos de pasta de dente que são materiais extremamente leves e o papel como é o caso da telha ecológica de tetrapak.

Segundo Lima et al. (2020) que também executou o mesmo procedimento com as telhas de tetrapak e de fibrocimento, teve como resultado final uma absorção de 0,80% de água pela telha de tetrapak e de 25,60% pela telha de fibrocimento, resultando em uma telha de fibrocimento muito mais pesada, ainda afirma que é possível perceber que as telhas de Fibrocimento tem um alto poder de absorção de água, isso influencia em uma grande carga adicional sobre a cobertura, e impactaria no dimensionamento da estrutura como as tesouras que vão comportar as telhas.

VIABILIDADE ECONÔMICA

A viabilidade econômica se deu ao preço comparativo entre três empresas de videira entre as telhas de fibrocimento e a telha ecológica de tetrapak, como o uso de telhas ecológicas de tubo de pasta de dente a mesma foi adquirida de outra forma assim não conseguindo encontrar nem valores nas regiões próximas por que esse tipo de telha não é muito comum na região de Videira.

A Tabela 3 mostra o comparativo de preços considerando uma telha de 1,22 m x 1,20 m, os tamanhos localizados dos dois diferentes tipos de telhas não são iguais sendo assim necessário a conversão por metro quadrado para ter um comparativo melhor de sua viabilidade econômica.

Tabela 3 - Comparativo de Preços Telhas Tetrapak e Fibrocimento

Telha	Empresa A (m ²)	Empresa B (m ²)	Empresa C (m ²)
Telha de fibrocimento 1,22x1,20 Eternit 6mm	R\$ 32,80	R\$ 35,00	R\$ 38,90
Telha Ecológica de tetra pak Econit 2,44x0,90	R\$ 40,18	R\$ 52,96	R\$ 47,94
Telha Ecológica Reciclada Térmica 2,20mx92cm Cinza Ibaplac	R\$ 42,00	R\$ 45,45	R\$ 42,98

Fonte: O autor (2022).

Segundo o orçamento realizado através de três empresas comparando a telha de fibrocimento com a telha de tetrapak, a Telha de Tetrapak tem um custo total por m² 22,5% mais cara que a de fibrocimento e comparada com as ecológicas é a telha de menor custo. Dessa forma pode-se afirmar que as telhas de onduladas de fibrocimento comparando com as telhas ecológicas é a mais indicada para os consumidores que procuram telhas por preço, tendo em vista que seu custo é 18,36% mais barata que a telha ecológica de Tetrapak como mostra a tabela (3).

Boettger e Martins (2018) que também verificaram a viabilidade econômica das telhas encontraram diferenças de até 6,98% das telhas

ecológicas mais caras que as telhas de fibrocimento comparando preços de fornecedores de telhas. Segundo a Tetrapak (2018 apud BOETTGER; MARTINS, 2018) as telhas ecológicas chegam a ter um custo de 23,97% maior que as telhas de fibrocimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo pode-se analisar que a telha ondulada de fibrocimento é economicamente viável em relação as outras telhas ecológicas chegando a ser 18,36% mais barata, entretanto se ver o ponto de vista de resistência as telhas ecológicas além de serem mais flexíveis e mais resistentes, a perda por quebra das telhas dentro de um canteiro de obra pode ser diminuída com a utilização das mesmas.

Atualmente o uso de telhas ecológicas não chega a ser superior ao uso das telhas convencionais, o processo de fabricação das mesmas exige muita mão de obra humana, tanto na reciclagem quanto na confecção das mesmas, mesmo sendo ecologicamente corretas, esses quesitos atingem diretamente no custo das telhas ecológicas deixando as mais caras que as convencionais.

Com a realização dessa pesquisa acadêmica pode se concluir que as telhas ecológicas, em especial a de Tetrapak são mais viáveis comparadas com as telhas de fibrocimento, pois elas são muito mais resistentes, com maior durabilidade, menor peso assim economizando no dimensionamento da estrutura que as comportaram na edificação e ainda com uma força de ruptura maior

As telhas ecológicas são muito pouco conhecidas no mercado da construção civil e acaba sendo julgada pelos seus preços elevados, a substituição das telhas convencionais de Fibrocimento por telhas ecológicas tem grandes vantagens, além de economias na estrutura da edificação o seu uso pode trazer muito menos prejuízo para a obra ela demonstram melhores resultados mecanicamente e fisicamente comparadas com as telhas de Fibrocimento.

O custo total em uma obra ao se adquirir um telhado ecológico é muito maior, mas as suas vantagens são melhores em relação a de fibrocimento. O mercado desse tipo de telha vem crescendo com o passar do tempo, e seu uso pode ser viabilizado por engenheiros que pouco

conhecem dessa tecnologia que pode reduzir os orçamentos de seus clientes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina - UNIEDU/FUMDES (Chamada Pública nº 1423/SED/2019) pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Cristiane Batista. **Utilização das telhas plásticas de MPVC na construção civil**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A9MJEE>. Acesso em: 03 out. 2022.

DE SOUZA, Lilian Cardoso; BRITO, Eliézer Rouze; DA SILVA, Alberto Nogueira. **TELHAS ECOLÓGICA DE PET GERENCIAMENTO DA QUALIDADE**, 2019. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/telha_ecologica_d_e_pet_gerenciamento_da_qualidade_-_ok.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

YOSHIMURA, Katia Schoepes de Oliveira; YOSHIMURA, Humberto Naoyuki; WIEBECK, Hélio. Avaliação do ciclo de vida de telha ecológica à base de papel reciclado. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 7, n. 2, p. 82-94, 2012. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/viewArticle/308>. Acesso em 12 nov. 2022.

VILAÇA, Márcio Luiz Corrêa. Pesquisa e ensino: considerações e reflexões. Revista e-escrita: **Revista do Curso de Letras da UNIABEU**, v. 1, n. 2, p. 59-74, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/268394813.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2022.

LIMA, Michel Lucas de et al., **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TELHA ECOLÓGICA E TELHA DE FIBROCIMENTO ONDULADAS DE 6MM**, 2020. 1. Ed. São Luís: Editora Pascal, 2020. Disponível em: <https://editorapascal.com.br/wp-content/uploads/2020/05/CONSTRU%C3%87%C3%83O-SUSTENT%C3%81VEL.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SILVA, Julierme Siriano da; SERRA, Juan Carlos Valdés; D'OLIVEIRA, Maria Carolina de Paula Estevam. Análise Mecânica E Físico-Química De Telhas Ecológicas Cartonadas Em Diferentes Idades De Utilização. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2016. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/11657>. Acesso em: 13 nov. 2022.

LIMA, Francisco Jordão Nunes de et al. **ANÁLISE DA QUALIDADE DAS TELHAS PRODUZIDAS NA CIDADE DE LIMOEIRO DO NORTE-CE**, 2018. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC' 2018, Limoeiro do Norte, Ceará, 2018. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/20_ad_qdtp.pdf Acesso em: 14 nov. 2022.

CARDOSO, Francisco Ferreira, OLIVEIRA, Luciana de, MARTINS, Marcelo Gustavo. **COBERTURAS EM TELHADOS**. 2000. Notas de Aula (Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2761045>. Acesso em: 14 nov. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15210-2: Telha ondulada de fibrocimento sem amianto – Ensaios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BOETTGER, Gabriela Corrêa; MARTINS, Peter Mendes. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TELHAS ONDULADAS DE FIBROCIMENTO E TELHAS ONDULADAS ECOLÓGICAS**. 2018. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4308/1/TCC%20Gabriela%20e%20Peter.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2022.