

# CONFORTO TÉRMICO - VIABILIDADE DO ISOLAMENTO TÉRMICO DE COBERTURAS ATRAVÉS DO REAPROVEITAMENTO DE EMBALAGENS TETRA PAK®.

Guilherme Henrique Godoy Lemos Ulchak<sup>1</sup> (CUCR)

Ayres Siqueira Silva<sup>2</sup> (CUCR)

## RESUMO

Estudos e experimentos que abordam o uso das embalagens cartonadas Tetra Pak® na confecção de telhas, forros e mantas térmicas, foram consultados e seus resultados analisados para avaliar as características destes produtos alternativos em comparação às opções tradicionais mais populares no mercado. O trabalho a seguir busca evidenciar a importância do conforto térmico para o ser humano em seu cotidiano, e verificar se alternativas de baixo custo para o isolamento térmico residencial, produzidas a partir de embalagens recicladas, alcançam resultados satisfatórios que justifiquem seu uso. Os dados apresentados demonstram que a composição deste tipo de embalagem tornam telhas produzidas através do seu reaproveitamento resistentes o bastante para serem mais duráveis do que as telhas de fibrocimento, e ainda se mostram até mesmo mais eficientes na proteção contra chuvas. Como isolante térmico, as embalagens cartonadas também demonstraram-se eficientes, reduzindo significativamente a troca de calor entre o ambiente isolado e o exterior, sendo o responsável por essa característica a folha de alumínio presente na embalagem, material excelente para dificultar a troca de energia por radiação. O uso da Tetra Pak® nas coberturas residências é capaz de entregar satisfação para os ocupantes do imóvel no que diz respeito ao conforto térmico, e além disso tem um importante papel sócio-ambiental, uma vez que é uma alternativa barata para pessoas carentes financeiramente e também contribui na redução de lixo descartado de maneira inadequada.

**Palavras-chave:** Conforto Térmico. Telhado. Tetra Pak. Isolante térmico. Reciclagem. Radiação Térmica.

## ABSTRACT

Studies and experiments that address the use of Tetra Pak® carton packs in the manufacture of tiles, linings and thermal blankets were consulted and their results analyzed to evaluate the characteristics of these alternative products in comparison to the most popular traditional options on the market. The following work seeks to highlight the importance of thermal comfort for human beings in their daily lives, and to verify whether low-cost alternatives for residential thermal insulation, produced from recycled packaging, achieve satisfactory results that justify their use. The data presented show that the composition of this type of packaging, being made of polyethylene, cardboard and aluminum foil, makes tiles produced by reusing these materials resistant enough to be more durable than fiber cement tiles, and still show even more efficiency in protecting against rain. As a

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Campo Real.  
eng-guilhermeulchak@camporeal.edu.br

<sup>2</sup> Professor orientador. Mestre em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.  
prof\_ayres@camporeal.edu.br

thermal insulator, the carton packs have also proved to be efficient, significantly reducing the heat exchange between the isolated environment and the outside, the aluminum foil present in the packaging being responsible for this characteristic, an excellent material to hinder the exchange of energy by radiation. The use of Tetra Pak® in residential roofs is able to deliver satisfaction to the occupants of the property with regard to thermal comfort, and in addition has an important socio-environmental role, since it is a cheap alternative for financially and needy people it also contributes to the reduction of waste disposed of inappropriately.

**Keywords:** Thermal comfort. Roof. Tetra Pak®. Thermal insulation. Recycling. Thermal radiation.

## 1 INTRODUÇÃO

No mundo pós moderno, tem-se tornado cada vez mais frequente o surgimento de doenças relacionadas ao estresse, como a insônia, transtornos compulsivos, depressão e problemas cardiovasculares. A Organização Mundial de Saúde (OMS) aborda a condição de saúde como aquela em que não só há a ausência de afecções e enfermidades, mas também demonstra-se bem-estar físico, mental e social. Uma forma de melhorar a qualidade de vida de um sujeito é inserindo-o em ambientes que lhe ofereçam conforto, incluindo nisso o conforto térmico, pois, sendo detectada condição térmica não adequada, o sistema de autorregulação do organismo do indivíduo entra em ação, consumindo energia e causando cansaço e fadiga (LAMBERTS et al., 2016).

Ao ser idealizado o projeto de uma edificação e executada sua construção, é comum a prioridade com as concepções estéticas e também com os parâmetros técnicos estruturais, muitas vezes deixando de lado adequações mais implícitas, como por exemplo a questão de conforto térmico e conservação de energia (RUAS, 1999). O problema se agrava nas residências habitadas por famílias de baixa renda, onde, devido ao baixo poder aquisitivo, utilizam-se materiais e mão de obra de qualidade inferior ou, em muitos casos, nem mesmo existe um projeto regular de engenharia. Em pesquisa realizada pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo e o Instituto Datafolha, entre os entrevistados que afirmaram já ter construído ou reformado um imóvel, 85% responderam que não utilizaram serviços de arquitetos e urbanistas ou engenheiros (CAU/BR, 2015).

Na configuração de imóveis residenciais, o componente que mais é submetido às ações dos raios solares é a cobertura, sendo então o maior agente de transferência de calor entre o ambiente externo e o interior da habitação (VIEIRA, 2010). Em propósito de melhorar o conforto térmico para os ocupantes, são empregados isolantes, e, de acordo com

Michels (2009), os mais comuns são do tipo que reduzem a transferência de calor por radiação, nomeados isolantes térmicos reflexivos, compostos geralmente de alumínio devido a suas propriedades de baixa emissividade e alta refletividade.

A precariedade de construção de residências das famílias que pertencem às classes sociais mais baixas, torna o uso de isolantes térmicos nesses locais praticamente inexistente. Ocorre, então, a necessidade de soluções econômicas para a melhoria da qualidade de vida desses indivíduos, sendo as embalagens do tipo Longa Vida, fabricadas principalmente pela Tetra Pak® um bom recurso para tal, devido à sua composição e alta disponibilidade.

Segundo a Tetra Pak®, as embalagens longa vida são compostas por três materiais, sendo: uma camada de papel-cartão, responsável pela estabilidade e resistência da embalagem; outra camada de polietileno, capaz de garantir proteção contra a umidade externa; e por fim uma folha de alumínio, que impede a passagem de oxigênio e luz, com a finalidade de conservar as propriedades nutricionais do alimento.

Uma forma de impedir que esses materiais causem danos ao meio ambiente após seu descarte é realizar a reciclagem, reaproveitando-os para a confecção de telhas ecológicas. Essa solução é explorada até mesmo pela Tetra Pak®, que em 2010 iniciou o “Projeto Telhado Verde” (Green Roof Project), que apoiou a Sociedade da Cruz Vermelha da Tailândia na produção de telhas onduladas a partir de suas embalagens, para a construção de residências para as vítimas de enchentes e outros desastres naturais no país.

De acordo com Araújo et al. (2008), ao serem realizados diversos testes em telhas ecológicas compostas a partir da reciclagem de embalagens Tetra Pak®, chegou-se à conclusão de que o produto apresenta qualidade superior às telhas comerciais de fibrocimento - que são maioria nas residências em bairros periféricos - tanto em caráter mecânico quanto também físico-químico.

Outro destino que pode ser dado às embalagens é a utilização como subcoberturas, também conhecidas como “forros”, sendo esse ainda mais econômico, uma vez que o processo de produção não exige maquinário como se faz necessário no caso das telhas.

O presente artigo tem por objetivo verificar se o desempenho das embalagens Tetra Pak® como isolante térmico em coberturas é satisfatório para servir como substituto aos isolantes comerciais, ou empregado em residências onde por questões financeiras nenhum tipo de tratamento térmico seria utilizado.

## 2 CONFORTO TÉRMICO

Seres humanos são homeotérmicos, o que significa que independente das alterações de temperatura no ambiente que o cerca, a temperatura corporal interna apresenta-se em um nível constante. Reações químicas internas, que utilizam dos alimentos e oxigênio consumidos, são responsáveis pela produção de energia do organismo. Este processo para conseguir energia é chamado de metabolismo, e traçando um paralelo entre o corpo humano e máquinas térmicas, o rendimento do organismo humano é muito baixo, pois aproximadamente 20% dessa energia é convertida em potencialidade de trabalho, sendo todo o restante transformado em calor, que por sua vez precisa ser transferido para o ambiente, para que o equilíbrio já citado seja mantido (FROTA; SCHIFFER, 2001).

A troca de calor entre ser humano e ambiente para manter o balanço térmico do corpo é um processo contínuo, e a noção de conforto térmico está correlacionada com o esforço necessário para a execução deste processo. As variáveis de conforto térmico podem ser descritas como variáveis humanas ou variáveis ambientais. No primeiro grupo se encaixam o metabolismo gerado pela atividade física, que varia de pessoa para pessoa, e a resistência térmica das vestimentas. Já no segundo, estão a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade do ar e a umidade relativa do ar (LAMBERTS, et al., 2006).

Segundo Frota e Schiffer (2001), estudos realizados em 1916 nos Estados Unidos constataram que para o trabalho físico, alterando a temperatura ambiente de 20°C para 24°C, o rendimento do trabalhador reduziu em 15%. Chegando aos 30°C, com umidade relativa de 80%, o rendimento era 28% menor. Ainda, estudos na Inglaterra demonstraram que a produtividade de um mineiro caía em 41% quando exposto a uma temperatura de 27°C, se comparado ao seu rendimento exposto à 19°C. Outras pesquisas também concluíram que em ambientes onde o trabalhador sentia-se desconfortável termicamente eram maiores os índices de acidentes no trabalho.

Em 2004, um estudo que tinha como amostra alunos de faixa etária entre 6 e 16 anos verificou que a redução da temperatura no ambiente ampliava a velocidade de resposta dos alunos em 28%, diminuía 10% erros de atenção e tornava os ritmos de leitura de textos 24% maiores (WARGOCKI et al., 2005 apud BATIZ et al., 2009).

Estes estudos realizados reforçam o fato que a eficiência humana reduz quando submetidos a condições de desconforto térmico, sendo o impacto não só físico, mas também mental.

## 2.1 DESCONFORTO LOCALIZADO

Uma das manifestações do desconforto térmico é o chamado desconforto localizado, no qual o indivíduo se sente desagradável com a temperatura em regiões específicas do corpo. São normas referentes ao conforto térmico a ISO 7730/2005 e ASHRAE 55/2010, e ambas possuem uma seção reservada ao desconforto localizado (LAMBERTS et al., 2016). Entre os principais causadores deste tipo de desconforto, dois tem relação direta com o isolamento térmico de telhados, sendo estes: a assimetria de radiação térmica, e a diferença na temperatura do ar no sentido vertical.

### 2.1.1 Assimetria de radiação térmica

A radiação é um fenômeno de transferência de energia de um local a outro, que ocorre tanto em um meio material quanto também no vácuo. De acordo com Tipler e Mosca (2011) a emissão e absorção de radiação por meio de ondas eletromagnéticas é uma característica de todo e qualquer objeto.

Bergman e Lavine (2019) propõem que se imagine um objeto cercado por vácuo, o qual se encontra em uma temperatura maior que a temperatura de sua vizinhança. Sabendo que a transferência de calor por condução e por convecção necessitam de um meio material para existir, nestas condições elas são nulas, mas ainda assim espera-se intuitivamente uma redução da temperatura do objeto com o passar do tempo, até que esse esteja em equilíbrio térmico com sua vizinhança. Radiação térmica é emitida pela superfície do objeto, ao mesmo tempo que ele também absorve energia emitida por radiação pela superfície da vizinhança – em menor quantidade devido a sua temperatura maior em relação a essa – e tal condição torna possível o equilíbrio entre ambas as partes.

Josef Stefan, em 1879, estabeleceu de maneira empírica que a taxa na qual um objeto emite energia por radiação é diretamente proporcional à área de sua superfície e à quarta potência de sua temperatura absoluta. A afirmação foi deduzida teoricamente por

Ludwig Boltzmann cerca de cinco anos mais tarde, e é conhecido atualmente como lei de Stefan–Boltzmann, descrito na equação 1.

$$P_r = e\sigma AT^4 \quad (\text{Equação 1})$$

$P_r$  é a energia irradiada por segundo,  $e$  é a emissividade da superfície que irradia, que depende da composição do objeto,  $A$  é a área da superfície e  $\sigma$  é a constante de proporcionalidade, também conhecida como constante de Stefan–Boltzmann ou apenas constante de Stefan e tem seu valor definido como  $\sigma = 5,6703 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K}^4)$ .

Parte da radiação eletromagnética que incide sobre um objeto é refletida e parte é absorvida, sendo que corpos coloridos refletem a maior parte de radiação e os escuros absorvem a maior parte dela. Uma variante da lei de Stefan (Equação 2) é utilizada para calcular quanto de radiação um corpo absorve.

$$P_a = e\sigma AT_0^4 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde  $e$  é a emissividade da superfície receptora e  $T_0$  é a temperatura da superfície emissora.

Sabendo calcular a energia irradiada por um corpo e a energia absorvida pelo mesmo, é possível determinar a potência resultante irradiada por ele:

$$P_{res} = P_r - P_a = e\sigma A(T^4 - T_0^4) \quad (\text{Equação 3})$$

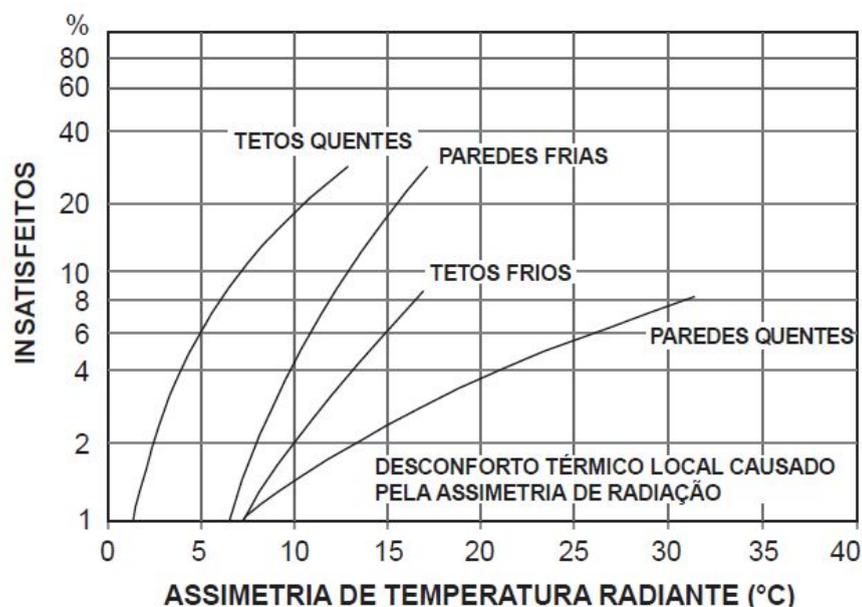
Observe que se a temperatura do corpo analisado é a mesma da sua vizinhança, configurando assim equilíbrio térmico entre ambos, significa que o corpo emite e absorve radiação na mesma taxa e a taxa resultante é nula.

A emissividade é uma propriedade que depende da superfície do corpo e de seu acabamento, sendo descrita como um valor entre 0 e 1. Um valor de emissividade 0 é o da superfície de um espelho, e 1 da superfície de um corpo negro teórico – material que absorveria 100% da radiação emitida sobre ele (TIPLER e MOSCA, 2011).

Em um ambiente fechado, pela existência de superfícies próximas com temperaturas elevadas ou baixas, ou por conta da radiação direta dos raios solares, é possível que a radiação térmica ao redor do indivíduo não seja uniforme. A diferença de

radiação, se presente, causa o desconforto local, reduzindo assim o nível de satisfação térmica no ambiente. O gráfico 1 demonstra que não só a divergência de temperatura, mas também a causa dessa diferença radiante têm relação direta com o desconforto. Um fato importante de se notar aqui é que, geralmente, um ocupante é mais sensível às radiações assimétricas que tem como causa um telhado quente (FELIX et al., 2012).

Gráfico 1. Desconforto térmico local causado por assimetria de radiação. ASHRAE 55 (2013).



Fonte: LAMBERTS et al. (2016, pg 17)

### 2.1.2 Diferença da temperatura do ar no sentido vertical

Segundo Lamberts et al. (2004, apud VIEIRA, 2010), em residências de até 2 pisos os receptores da maior parte de energia recebida por meio da radiação solar são os telhados. Dessa forma é possível constatar nos imóveis temperatura da superfície superior interna – teto – maior do que a temperatura da superfície inferior interna – piso.

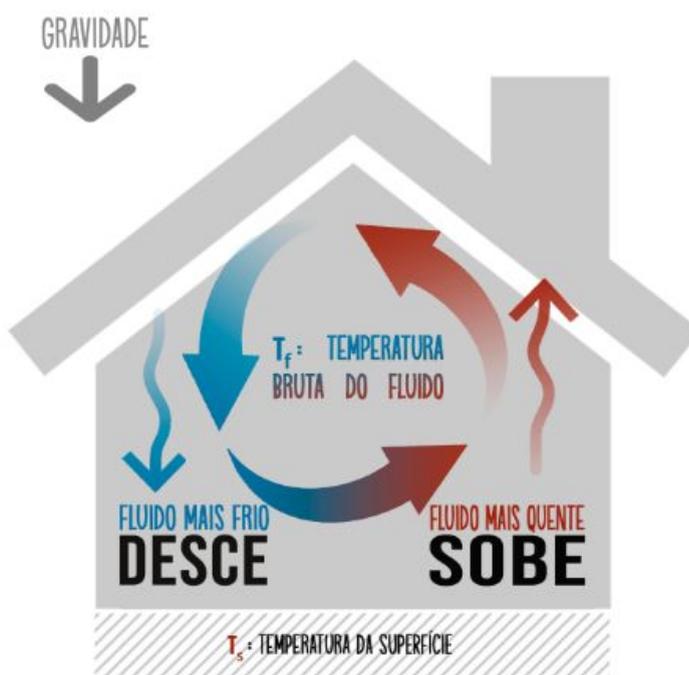
É possível notar também no interior da residência uma diferença da temperatura vertical do ar, por conta do mecanismo de transferência de calor por convecção. Segundo Moran et al. (2018 p. 45), denomina-se convecção “a transferência de energia entre uma superfície sólida a uma temperatura  $T_b$ , e um gás ou líquido adjacente em movimento a uma outra temperatura  $T_f$ ”.

Ainda que a Lei dos Gases tenha sido deduzida para gases ideais, ela pode ser empregada de maneira coerentemente precisa para o estudo da atmosfera, que se trata de

uma mistura de gases. A forma da Lei dos Gases que não depende das dimensões do sistema é  $P = \rho RT$ , onde:  $P$  é a pressão,  $\rho$  é a densidade,  $R$  é a constante do gás e  $T$  é a temperatura. Através da equação descrita, é possível verificar que sob condições de pressão constante, a densidade e a temperatura do gás são inversamente proporcionais.

Conforme uma camada de fluido adjacente à superfície aumenta de temperatura, a densidade deste diminui, tornando-o mais leve. Outra camada de fluido próxima da superfície, com menor temperatura e por esta razão mais densa, tenderá a substituir a ocupação do fluido quente, formando assim um padrão de circulação, como demonstrado na figura 1.

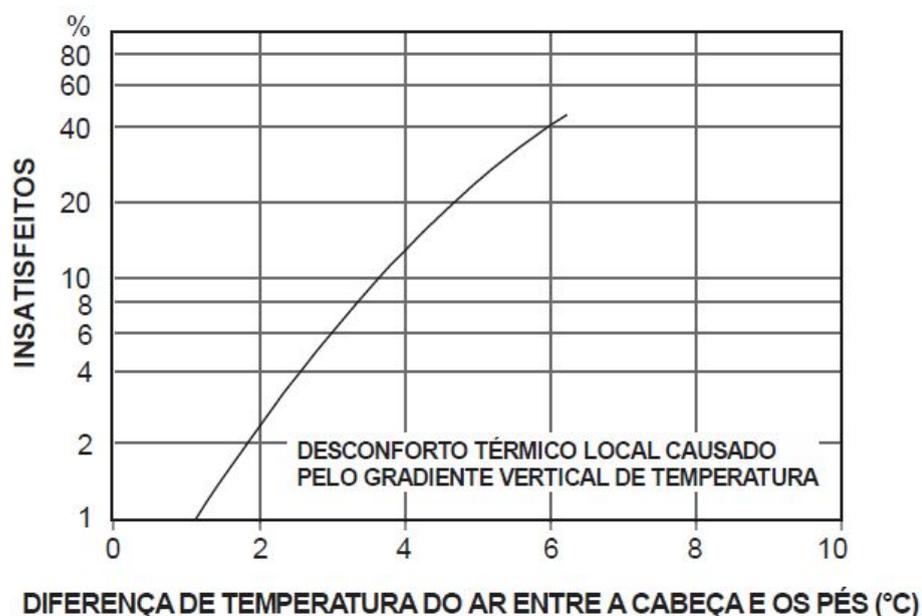
Figura 1. Esquema de transferência de calor por convecção.



Fonte: Autor (2020)

A diferença de temperatura do nível dos pés do indivíduo ao nível da cabeça é responsável por provocar desconforto local. De acordo com as normas ASHRAE 55 e ISO 7730, é previsto um limite máximo de 3° C de assimetria térmica do ar nos níveis dos pés e da cabeça, para que o conforto não seja afetado (FELIX, 2010). O gráfico 2 demonstra a evolução da insatisfação térmica em relação ao aumento da diferença da temperatura vertical.

Gráfico 2. Desconforto térmico local causado pelo gradiente vertical de temperatura. ASHRAE 55 (2013)



Fonte: LAMBERTS et al. (2016, pg 18)

## 2.2 APLICAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS PARA A MELHORIA DO CONFORTO

Uma vez que um telhado quente é a principal fonte de insatisfação térmica quando se trata de assimetria de radiação, e também que a diferença de temperatura entre chão e teto deve ser a menor possível para o bem estar daquele que ocupa o ambiente, tornam-se necessárias medidas de isolamento térmico entre cobertura e interior.

Uma maneira de realizar o isolamento é alcançada utilizando materiais com propriedades de alta refletância, de modo que a absorção da energia recebida pela radiação solar seja diminuída; ou materiais com baixa emissividade, a fim de minimizar a porção de energia térmica de onda longa irradiada para a parte interna da residência (VITTORINO et al., 2003). O material usualmente utilizado como isolante neste caso é o alumínio.

Um projeto social conhecido como “Projeto Brasil Sem Frestas” na cidade de Chapecó/SC (ClicRDC, 2018), utilizou embalagens Tetra Pak® para confeccionar placas que serviram como isolante térmico e bloqueador de vento e água para as paredes em residências de madeira de famílias de baixa renda. Um possível uso para essas placas poderia ser também instalar as mesmas como uma espécie de forro abaixo do telhado.

Figura 2. Projeto Brasil Sem Frestas. A - paredes sem o revestimento de Tetra Pak<sup>®</sup>. B - paredes com o revestimento de Tetra Pak<sup>®</sup>.



Fonte: Instituto Sétima Onda /Divulgação (2018)

Figura 3. Projeto Brasil Sem Frestas. A - paredes sem o revestimento de Tetra Pak<sup>®</sup>. B - paredes com o revestimento de Tetra Pak<sup>®</sup>.



Fonte: Instituto Sétima Onda /Divulgação (2018)

## 2.3 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DESCARTADOS

É evidente a presença de uma tendência de crescimento, em âmbito mundial, de políticas que incentivam o reaproveitamento de produtos descartados no lixo, tanto para a reutilização em seu emprego original, quanto para a confecção de novos objetos. Em tempos de impactos ambientais cada vez mais visíveis, a reciclagem tem um importante papel na preservação de recursos não renováveis (FONSECA, 2013).

De acordo com Nalini (2008), a atividade de reciclagem é um meio para a criação de valor econômico, empregos e renda, através da recuperação de produtos já antes utilizados. Relaciona-se com fatores não só ambientais, mas também econômicos e sociais.

Na construção civil, a presença de produtos provenientes de reciclagem é crescente. Por exemplo, telhas confeccionadas a partir de embalagens cartonadas – compostas de papel cartão, folha de alumínio e polietileno – já podem ser encontradas no mercado, como solução para isolamento térmico, uma vez que o alumínio presente na embalagem é capaz de isolar a temperatura de 25% a 30% (ARAÚJO et al., 2008).

O alumínio comercial é um material obtido com o processamento do mineral bauxita, e, segundo Nalini (2008) trata-se de um material 100% e infinitamente reciclável, sendo o reaproveitamento do alumínio capaz de economizar até 95% da energia que seria necessária para sua produção através do mineral. Para cada tonelada reciclada de alumínio, 5 toneladas de minério que seriam extraídas são poupadas.

## **3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CONSTRUÇÃO DE TELHAS DE TETRA PAK®**

Realizando uma observação pelos bairros mais afastados dos centros das cidades, é possível notar que a cobertura mais comum utilizada nas residências são as telhas de fibrocimento. Já existem no Brasil fábricas que produzem telhas onduladas a partir do reaproveitamento de embalagens Tetra Pak®, que tem se mostrado tão boas quanto, ou até mesmo superior às telhas padrão de fibrocimento.

### 3.1 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

Submetendo dois tipos de corpos de prova a testes, sendo um composto de fibrocimento e o outro de resíduos sólidos provenientes de embalagem longa vida, Araújo et al. (2008) demonstraram que a telha produzida através da reciclagem apresenta maior resistência à tração e flexão. Em ambos os ensaios a tensão de ruptura – tração – e a carga de ruptura – flexão – demonstraram-se maiores para a telha de embalagem cartonada em comparação à telha de fibrocimento, sendo então a opção ecológica mais resistente.

Tabela 1 - Resistência à tração e flexão da telha ecológica e da telha de fibrocimento.

Ensaio		Resultados obtidos	
		Telha ecológica	Telha Fibrocimento
Resistência à Tração	Força(N)	1724,25	480,43
	Tensão na ruptura(MPa)	14,39	5,16
Resistência à Flexão	Força(N)	88,46	24,27
	Carga na ruptura (MPa)	4,27	1,28
	Módulo da Flexão (MPa)	1,5	0,83

Fonte: Adaptado de ARAÚJO et al. (2008)

### 3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Uma característica importante para um telhado, uma vez que é exposto à condições de chuva, é referente a sua capacidade de impedir a passagem de umidade para o interior da residência. Cerqueira (2004) realizou testes de absorção de água em telhas de polietileno e alumínio, confeccionadas a partir de embalagens cartonadas, e comparou o resultado com os parâmetros para telhas de fibrocimento da NBR 7581.

Tabela 2 - Absorção de água da telha ecológica e da telha de fibrocimento.

Ensaio	Parâmetros para telha de fibrocimento	Resultado obtido para telhas de plástico/alumínio
Absorção de água (%)	37	6,5

Fonte: Adaptado de CERQUEIRA (2004)

Em decorrência da sua origem plástica, a telha ecológica dificulta bastante a absorção de água, sendo um produto interessante para evitar a umidade, pois cumpre este objetivo de maneira bem satisfatória em comparação à telha de fibrocimento. Araújo et al. (2008) também realizaram testes de absorção de água em telhas de embalagem longa vida e de fibrocimento, e também obteve resultados positivos, sendo uma absorção de 0,53% para o primeiro tipo e 23,43% para o segundo.

#### **4 CAPACIDADE DE USO DE EMBALAGEM TETRA PAK® NÃO PROCESSADA COMO ISOLANTE TÉRMICO**

A folha de alumínio presente nas embalagens cartonadas – em conjunto do papel cartão e polietileno – tem por finalidade proteger o alimento contra o oxigênio e luz, de forma a preservar suas propriedades nutricionais. Na construção civil, o material tem grande potencial para ser reutilizado como uma barreira térmica.

O alumínio é um material que possui característica de baixa emissividade. De acordo com Incropera e DeWitti (2003), à 300 K – ou 27°C – uma película de alumínio polida tem uma emissividade de 0,04. A critério de comparação, para o concreto, material bastante utilizado na construção civil, este valor varia entre 0,88 e 0,93.

Observando a Lei de Stefan (Equação 1) e suas variações, é possível verificar que a taxa de transferência de energia resultante por meio de radiação em um objeto é diretamente proporcional à emissividade de sua superfície. Sendo assim, o alumínio por conta de sua emissividade baixa, é um material que oferece grande resistência a trocas de calor por radiação.

##### **4.1 APLICAÇÕES COTIDIANAS DA EMBALAGEM CARTONADA COMO ISOLANTE TÉRMICO**

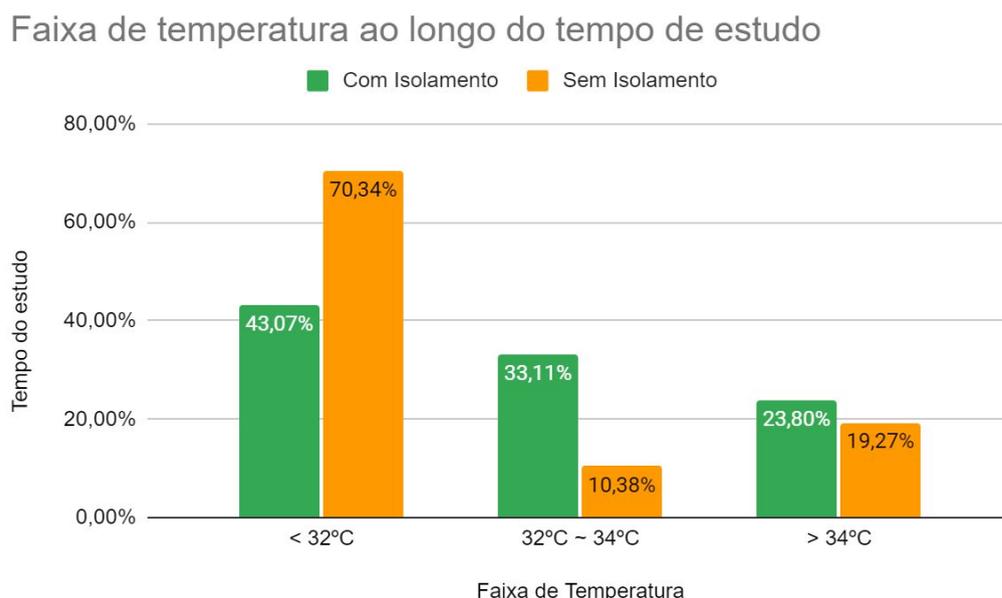
Sartor et al. (2015) conduziram experimentos para verificar a eficiência das embalagens Tetra Pak® como isolante térmico em escamoteadores – local destinado ao aquecimento e proteção de leitões – a fim de melhorar o conforto térmico dos animais. Para o experimento em campo, foram revestidos com embalagens Tetra Pak® escamoteadores

de alvenaria, deixando a face aluminizada da embalagem voltada para o interior do abrigo. Foram utilizados 12 escamoteadores, sendo cada um deles considerado uma repetição, onde metade foi revestido com o isolante e outra metade não, totalizando então 6 repetições para cada tratamento. Como fonte de calor foi utilizado uma lâmpada incandescente de 150W em cada abrigo.

Conforme pode ser observado no gráfico 3, foi registrado no experimento que no ambiente sem isolamento (STPK) a temperatura se manteve boa parte do tempo (70,34% do total) abaixo dos 32°C, que trata-se da faixa mínima para condição de conforto aos suínos. Uma redução significativa nessa condição é vista com a aplicação da embalagem Tetra Pak® (TPK), caindo para 43,07% do tempo total de análise a presença de temperatura inferior a 32°C.

Ainda no gráfico 3, pode-se verificar que a temperatura ambiente registrada em 33,11% do tempo total da análise foi maior que 34°C – o limite superior para a condição de conforto para os suínos (Bridi, 2006) – quando observado os escamoteadores com isolamento com Tetra Pak®. Nos abrigos sem isolante, esse tempo reduziu-se para apenas 10,38%. Com esta informação e a do parágrafo acima é possível constatar que a face aluminizada da embalagem foi suficiente para uma queda drástica da perda de energia do abrigo para a vizinhança através de radiação.

Gráfico 3. Distribuição percentual da temperatura ambiente interna do abrigo escamoteador, no período de estudo. TPK: isolamento com Tetra Pak®; STPK: sem isolamento com Tetra Pak®.



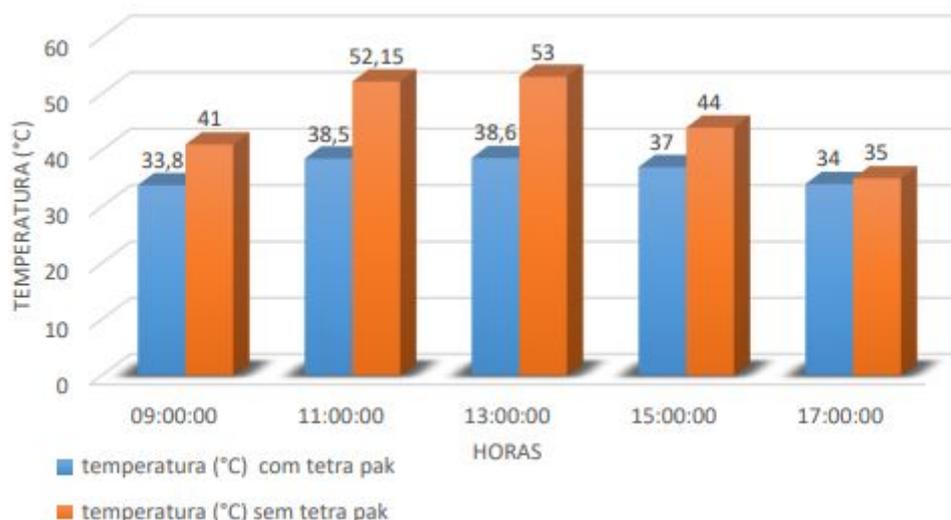
Fonte: Adaptado de SARTOR et al. (2015 p. 1455)

Enquanto a fonte de calor for mantida ligada, e não ocorram mudanças significativas da temperatura externa, é esperado que nos abrigos isolados a temperatura se mantenha crescente. Dessa forma, é possível obter economia nos abrigos com isolante, desligando por alguns períodos a fonte de calor, até como sugerem Sartor et al. (2015) que nesse caso seja utilizado um controlador de temperatura para que o calor não se torne excessivo e prejudique o bem estar dos animais. Em contrapartida nos abrigos tradicionais, apenas com alvenaria, o gasto com energia para obter temperaturas ideais se torna maior, pois a fonte deve ser mantida ligada a quase todo instante e talvez até maximizada.

Quanto a condição apropriada de conforto para os suínos, temperatura ambiente entre os 32°C e 34°C, o gráfico 3 demonstra que em 23,8% do tempo este estado foi verificado nos abrigos com isolamento e 19,27% do tempo nos abrigos sem a presença das embalagens. Conforme foi abordado no parágrafo anterior, um automatizador que desligasse a fonte de calor numa faixa adequada de temperatura já seria capaz de aumentar em muito a condição de conforto nos abrigos revestidos de Tetra Pak®. Dessa forma, os 33,11% do tempo que este tipo de abrigo esteve acima dos 34°C podiam ser convertidos para a faixa de conforto, enquanto que para os abrigos tradicionais seria necessário o emprego de uma fonte de calor mais potente, gastando mais energia, para tentar transferir alguma parte do significativo período (70,34% do total) que estes ambientes estiveram abaixo dos 32°C.

Filho et al. (2018) fizeram o uso de embalagens cartonadas para a confecção de placas, utilizadas como manta térmica em residências de comunidades carentes, instaladas abaixo do telhado com a face aluminizada voltada para cima. Utilizando um termômetro infravermelho, realizaram medições da temperatura da superfície do telhado onde não foi instalado as placas, e da superfície das próprias placas onde essas estavam presentes. As temperaturas apontadas pelo termômetro estão demonstradas no gráfico 4.

Gráfico 4. Relação das temperaturas medidas na superfície do telhado e na superfície da placa.



Fonte: FILHO et al. (2018 s. p.)

É possível notar que nos horários próximos ao meio dia, momento de maior intensidade da radiação solar, a temperatura da superfície superior interna das residências apresentou uma elevada diferença comparando os locais com a presença da manta térmica de Tetra Pak e os locais sem essa forragem alternativa. Considerando as paredes, objetos e pessoas dentro da residência como vizinhança do teto, transferência de calor será realizada entre este e a vizinhança até um equilíbrio térmico ser alcançado, portanto sem a proteção das embalagens cartonadas um indivíduo ocupando a casa estaria sujeito a sensações fisiológicas de maior calor.

Cembranel et al. (2019) conduziram um experimento semelhante ao de Filho et al. (2018), porém a manta térmica de embalagem cartonada foi instalada em protótipo e não residenciais reais. O protótipo foi testado em ambiente fechado, e para simular a energia térmica do sol utilizou-se 4 lâmpadas incandescentes de 200W de potência. Abaixo da lâmpada instalou-se a telha de fibrocimento, e abaixo desta uma embalagem Tetra Pak aberta com a face aluminizada voltada para cima, suportada por um forro de pvc. A critério de comparação, os autores utilizaram 3 protótipos, um com a configuração já descrita, outro com um isolante térmico comercial no local da embalagem longa vida e um terceiro sem isolamento nenhum.

Foram realizadas medições de temperatura simultâneas em três níveis do protótipo, sendo o primeiro nível S1 entre a fonte de calor e o telhado, o segundo nível entre

o telhado e o forro/isolante S2, e o terceiro nível abaixo do forro S3, como pode ser visto na figura 4.

Figura 4. Protótipo para estudo da temperatura com diferentes tipos de isolamento. C: camada; S: sensor.



Fonte: CEMBRANEL et al. (2019 p. 393)

Os resultados obtidos no primeiro sensor S1 foram relativamente semelhantes para os 3 protótipos. Já no sensor S2 foi possível verificar uma diferença entre as curvas de temperatura ao longo do tempo dos protótipos com isolante comercial e de Tetra Pak – que assemelham-se muito – em relação à curva do protótipo sem isolamento. Passados 60 minutos com a fonte de calor ligada, a temperatura com uso da embalagem cartonada foi de 35,34°C, seguido por 35,56°C como uso de isolante comercial e por fim 39,12°C na cobertura convencional com telhado e forro PVC apenas. No sensor S3 também demonstraram-se curvas semelhantes para ambos os isolantes, sendo a curva do protótipo sem isolamento divergente destas apresentando valores superiores de temperatura. Para Cembranel et al. (2019, p. 401):

Pode-se afirmar que ITTP (Isolante Térmico de Tetra Pak - T1) e o isolante comercial (T2) apresentam, estatisticamente, a mesma condição de isolamento

térmico, e que as temperaturas médias nos tratamentos T1 e T2 são estatisticamente inferiores às temperaturas do tratamento T3 (sem nenhum isolante).

## 5 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste artigo se deu primeiramente através de levantamento bibliográfico, utilizando-se como fonte de informação artigos acadêmicos publicados em revistas, assim como livros técnicos publicados por editoras tradicionais. As ferramentas para localização dos artigos foram a biblioteca eletrônica SciELO® e o sistema de pesquisa Google Acadêmico®, enquanto que para acesso aos livros foi utilizada a biblioteca virtual integrada do Centro Universitário Campo Real – Minha Biblioteca®.

De acordo com Fonseca (2002, p. 32):

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se como uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto.

Gil (2002, p. 44) descreve que “a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”.

Construída a base bibliográfica, foi realizado um experimento, a fim de comparar os resultados obtidos com pesquisa bibliográfica com os resultados de uma pesquisa experimental.

No estudo de caso, construiu-se dois protótipos cúbicos de aresta 50cm, totalizando  $0,125\text{cm}^3$  de volume, com placas de isopor de 35mm de espessura. O isopor é um material bastante utilizado para isolamento térmico, sendo encontrado por exemplo em caixas para manter bebidas resfriadas, por isso a escolha do material na confecção dos protótipos. Tendo as paredes e o piso isolados do ambiente com o isopor, (podemos considerar essas paredes adiabáticas), o telhado se torna a única fonte de transmissão de calor da vizinhança para o interior do protótipo.

Em ambos os protótipos foi instalado um telhado de fibrocimento, porém apenas um recebeu uma subcobertura de embalagens Tetra Pak, com a face aluminizada voltada para cima (Figuras 5 e 6).

Figura 5. Placas confeccionadas de embalagem Tetra Pak.



Fonte: Autor (2020)

Figura 6. Protótipos para experimentação. À esquerda sem isolamento e à direita com isolamento.



Fonte: Autor (2020)

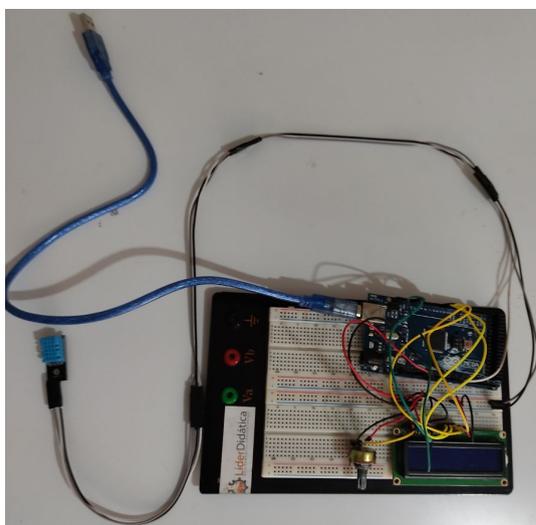
Figura 7. Protótipos para experimentação com telha de fibrocimento instalada.



Fonte: Autor (2020)

Para a captação e registro dos dados utilizou-se um sensor de temperatura e umidade DHT11, integrado a um arduino modelo MEGA, sendo este material cedido pelo Centro Universitário Campo Real (Figura 8). O sensor tem uma escala de temperatura entre 0 a 50°C e de 20-90% para a umidade relativa do ar (UR), com erro aleatório na faixa de  $\pm 2^\circ\text{C}$  para a temperatura do ar, e  $\pm 5\%$  para a umidade relativa do ar. A leitura dos dados foi programada para acontecer em um intervalo de 30 segundos, dessa forma em um período de 1 hora 120 dados de temperatura eram coletados. O diagrama elétrico e a programação utilizada podem ser facilmente encontrados na internet, e neste caso foram consultados do blog Auto Core Robótica.

Figura 8. Equipamento utilizado para medição.



Fonte: Autor (2020)

Através de uma abertura feita em uma das paredes de cada protótipo, de aproximadamente 5x5cm, o sensor DH11 foi inserido dentro dos mesmos. Para que essa abertura não se tornasse uma fonte de calor, o pedaço de isopor cortado foi novamente encaixado nela.

Figura 9. Monitoramento da temperatura interna dos protótipos.



Fonte: Autor (2020)

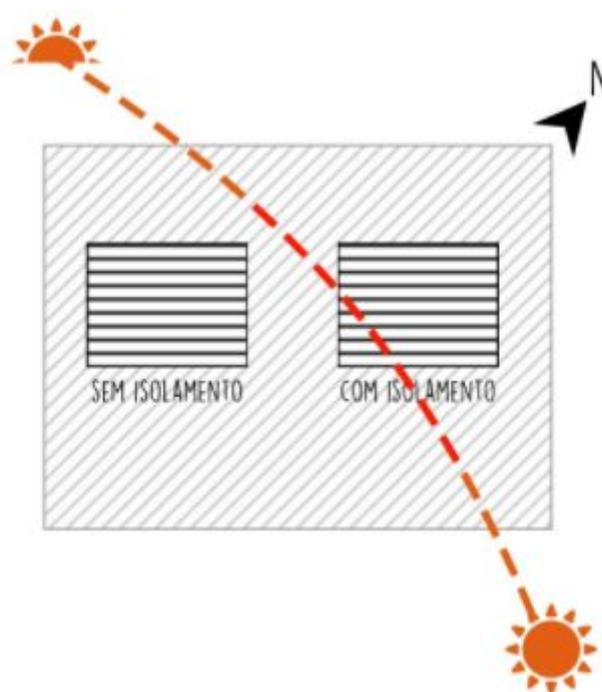
Para salvar os dados captados pelo sensor, foi necessário manter conectado o arduino a um computador. Os protótipos foram colocados em ambiente externo, sob a incidência direta da luz solar, em 3 dias diferentes. A figura 11 representa a posição solar ao longo do experimento atuando sobre os protótipos. Ao início e término do experimento traçando uma reta entre os protótipos e o sol, tem-se uma relação diagonal, dessa forma a intensidade da radiação acaba sendo menor pois pode ter sombra de objetos como residências, muros, árvores, etc. Já durante o intervalo de tempo “central” do experimento, o sol está diretamente acima dos protótipos, interrompendo a radiação intensa apenas quando alguma nuvem vem a cobri-lo.

Figura 10. Realização do experimento



Fonte: Autor (2020)

Figura 11. Planta baixa esquemática da posição solar durante a realização do experimento.



Fonte: Autor (2020)

## 6 RESULTADOS

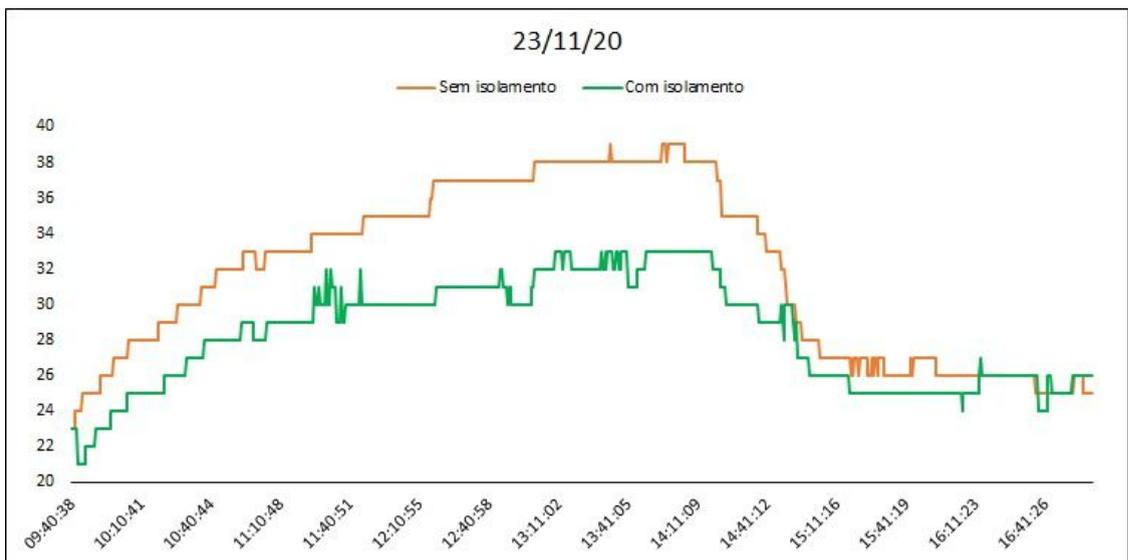
Os dados obtidos através do experimento compõem os gráficos 5, 6 e 7.

Gráfico 5. Registro da temperatura interna nos protótipos com e sem isolamento de Tetra Pak no dia 22/11/2020. No eixo horizontal tem-se o horário registrado e no eixo vertical a temperatura em °C.



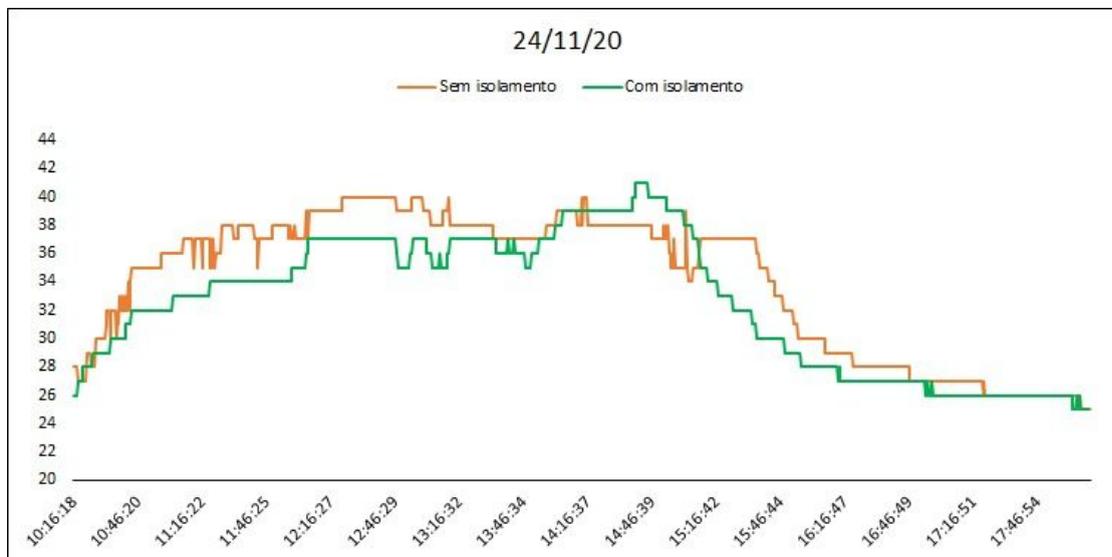
Fonte: Autor (2020)

Gráfico 6. Registro da temperatura interna nos protótipos com e sem isolamento de Tetra Pak no dia 23/11/2020. No eixo horizontal tem-se o horário registrado e no eixo vertical a temperatura em °C.



Fonte: Autor (2020)

Gráfico 7. Registro da temperatura interna nos protótipos com e sem isolamento de Tetra Pak® no dia 24/11/2020. No eixo horizontal tem-se o horário registrado e no eixo vertical a temperatura em °C.



Fonte: Autor (2020)

Assim como nos experimentos estudados na revisão bibliográfica, é possível verificar que a presença da camada isolante de Tetra Pak® faz com que a temperatura interna do protótipo seja inferior à apresentada no protótipo sem isolamento.

Constata-se também que a variação de temperatura no protótipo com isolamento ocorre em uma faixa maior. Dessa forma, durante o dia, com a presença do sol, a temperatura dentro de uma residência com o isolante é amena, melhorando seu conforto térmico. Assim como após o pôr do sol, a presença do isolamento faz com que a perda de calor para o ambiente externo ocorra à uma taxa menor, não provocando uma sensação abrupta de frio.

No primeiro dia de medição (Gráfico 5) tiveram alguns momentos de chuva onde o experimento precisou ser interrompido. Vale ressaltar também que ocorreu um erro durante a medição dos dados nos dias 22/11/2020 (Gráfico 5) e 24/11/2020 (Gráfico 6). Observando os gráficos, verifica-se que por volta das 15h00 ocorre um aumento da temperatura do protótipo com isolamento em relação ao protótipo sem isolamento. Isso ocorreu por conta da formação de sombra pela presença de um muro, que cobriu o protótipo sem isolamento durante esse horário. Assim que verificou-se esse fato, ambos os protótipos foram movidos a um lugar onde a luz solar atuou igualmente sobre os dois.

Os momentos onde ocorreram as maiores diferenças de temperatura nos 3 dias de monitoramento está descrito abaixo.

Tabela 3 - Momento nos ensaios onde ocorreu a maior diferença de temperatura entre os protótipos.

	Horário	Sem Isolamento	Com Isolamento
22/11	12h01	38°C	33°C
23/11	12h50	37°C	30°C
24/11	15h33	37°C	32°C

Fonte: Autor (2020)

Foi calculada a temperatura interna média em cada protótipo durante os 3 dias de ensaio, obtendo-se:

Tabela 4 - Temperatura média de cada ensaio.

<b>Ensaio 1</b>	Sem isolamento	34,7°C
	Com isolamento	33,2°C
<b>Ensaio 2</b>	Sem isolamento	31,8°C
	Com isolamento	28,3°C
<b>Ensaio 3</b>	Sem isolamento	34,1°C
	Com isolamento	32,6°C

Fonte: Autor (2020)

Como mencionado acima, ocorreu um erro nos ensaios 1 e 3, onde uma sombra atuou sobre o protótipo sem isolamento e fez com que a temperatura do protótipo com isolamento se mantivesse superior durante um certo período. Na tabela acima é possível verificar que a temperatura média nesses dias foi mais próxima entre os dois protótipos, com o protótipo sem isolamento apresentando um valor de temperatura média em ambos os dias de 1,5°C maior comparado ao protótipo que recebeu as embalagens cartonadas.

Já no ensaio 2, onde os protótipos foram movidos antes da atuação da sombra, fazendo assim com que os dois recebessem a todo momento a mesma intensidade de radiação solar, a temperatura média do protótipo sem isolamento se mostrou 3,5°C superior.

Os dados coletados por meio do experimento autoral se assemelham às informações obtidas através do estudo dos trabalhos descritos no tópico 4. Dessa forma, com a realização deste, foi possível uma confirmação satisfatória daquilo que foi produzido por outros autores e aqui estudado.

## **CONCLUSÕES**

O emprego de embalagens cartonadas para a fabricação de isolantes térmicos, sejam placas de forro, mantas térmicas, paredes ou telhas, mostra-se eficiente o bastante para que seu uso seja incentivado, tratando-se de uma solução barata, sustentável e com comportamento similar ou em alguns pontos superior às opções comerciais disponíveis no mercado.

Telhas produzidas com a reciclagem de embalagem Tetra Pak® não só trazem benefícios para o bem estar térmico dos ocupantes da residência, como também demonstram resistência superior comparadas com as telhas onduladas de fibrocimento – opção mais barata de telha disponível – sendo então desta forma uma cobertura alternativa mais durável que a principal concorrente tradicional.

No mercado alimentício, a propriedade de vedação, tanto da passagem de líquidos quanto da passagem de oxigênio – podendo ser extrapolada para o ar atmosférico em geral – é o principal fator de popularidade do uso das embalagens Tetra Pak®, pois armazena e preserva diversos tipos de alimentos muito bem. Na construção civil essa propriedade pode ser bastante explorada também, no controle da passagem de ventos e chuvas.

No que diz respeito ao uso para melhoria do conforto térmico, a embalagem cartonada, principalmente pela sua camada de folha de alumínio, é uma boa alternativa como isolante térmico, que dificulta a perda de calor para a vizinhança quando é necessário manter um ambiente aquecido como no caso do estudo apresentado com os escamoteadores de leitões, como também em regiões de calor predominante é capaz de diminuir suficientemente a ação do calor da radiação solar no ambiente interno, melhorando em ambos casos o conforto térmico do ocupante.

Reutilizando as embalagens, obtêm-se de forma barata os benefícios do alumínio no que diz respeito à resistência na troca de calor por radiação, tipo de troca de calor que aquece o planeta Terra tendo o Sol como fonte dessa energia térmica. Além do

baixo custo, o reaproveitamento deste material é positivo para a redução de impacto ambiental, reduzindo a extração de recursos da natureza e minimizando o descarte irregular, questões que cada vez mais estão sendo – e devem ser – colocadas em pauta. O trabalho não teve por objetivo uma análise específica da redução de custos que o uso de materiais provenientes de reciclagem é capaz de causar, mas seria interessante que tal análise fosse elaborada, ficando inclusive como uma sugestão de tema para outros autores.

## REFERÊNCIAS

CONASEMS. **Encontro Internacional: “Direito à saúde, Cobertura Universal e Integralidade Possível”**. 2006.

[https://www.almg.gov.br/export/sites/default/acompanhe/eventos/hotsites/2016/encontro\\_internacional\\_saude/documentos/textos\\_referencia/00\\_palavra\\_dos\\_organizadores.pdf](https://www.almg.gov.br/export/sites/default/acompanhe/eventos/hotsites/2016/encontro_internacional_saude/documentos/textos_referencia/00_palavra_dos_organizadores.pdf)

LAMBERTS, R; et al. **Conforto e Stress Térmico**. Apostila Conforto Térmico. 2016.

[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico\\_2016.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico_2016.pdf)

RUAS, A. C. **Avaliação de Conforto Térmico. Contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. 1999. Dissertação de mestrado – Unicamp.

[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258055/1/Ruas\\_AlvaroCesar\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258055/1/Ruas_AlvaroCesar_M.pdf)

CAU/BR, DATAFOLHA. Diagnóstico sobre arquitetura e urbanismo no Brasil. 2015.

<https://www.caubr.gov.br/pesquisa2015/como-o-brasileiro-constroi/>

VIEIRA, M. S. **Avaliação de qualidade pelas coberturas residenciais**. Jul./Dez. 2010, v. 12, n. 2, p. 167-174.

<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/iccesumar/article/view/1094/1111>

MICHELS, C. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes**. 2007. Dissertação de Pós-Graduação – UFSC.

[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_Caren\\_Michels.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Caren_Michels.pdf)

TETRAPAK. **Material das embalagens cartonadas da TetraPak**.

<https://www.tetrapak.com/br/packaging/materials>

TETRAPAK. **Taxa de reciclagem das embalagens TetraPak é crescente**. 2014.

<https://www.tetrapak.com/br/about/newsarchive/taxa-reciclagem-embalagens-tetra-pak-crescente>

TETRAPAK. **O projeto Green Roof TetraPak**. 2016.

<https://www.tetrapak.com/br/sustainability/cases-and-articles/the-green-roof-project>

ARAÚJO, D. C.; et al. **Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.3.2 (2008) 50-56.

<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/viewFile/70/97>

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico : arquitetura, urbanismo**. 5. ed. São Paulo. Studio Nobel, 2001.

<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18350/material/ManualConfortoTERMICO.pdf>

LAMBERTS, R; et al. **Desempenho Térmico de Edificações**. UFSC, Florianópolis, 2016.

[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161\\_v2016.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf)

BATIZ, E. C.; et al. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória**. Produção, v. 19, n. 3, set./dez. 2009, p. 477-488.

<http://www.scielo.br/pdf/prod/v19n3/06.pdf>

FELIX, V. B.; et al. **Análise de desconforto térmico local em ambientes cirúrgicos com o uso de manequim, medição de variáveis ambientais e avaliação subjetiva**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 115-129, jan./mar. 2012.

<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n1/v12n1a08>

MORAN, J. M.; et al. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. Tradução Robson Pacheco Pereira [et al.] - 8. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2018.

FELIX, V.B.; et al. **Avaliação de conforto térmico em ambientes cirúrgicos utilizando método de Fanger e temperaturas equivalentes**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 69-78, out./dez. 2010.

<http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n4/a06v10n4.pdf>

VITTORINO, F.; et al. **Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas**. Encontro Nacional Sobre Conforto No Ambiente Construído, v. 7, p. 1277-1284, 2003.

<https://docplayer.com.br/16505676-Desempenho-termico-de-isolantes-refletivos-e-barreiras-radiantes-aplicados-em-coberturas.html>

**Projeto Brasil Sem Frestas reforma casas reutilizando caixas de leite.**

<https://clicrdc.com.br/categoria-geral/projeto-brasil-sem-frestas-reforma-casas-reutilizando-caixas-de-leite/>

FONSECA, L. H. A. **Reciclagem: o primeiro passo para a preservação ambiental**. Centro Universitário Barra Mansa, Barra Mansa, Rio de Janeiro, 2013.

NALINI, J. E. **Mercado de Reciclagem do Lixo no Brasil: Entraves ao Desenvolvimento**. São Paulo, 2008. Programa de Estudos Pós-Graduação em Economia Política PUC-SP.

<https://leto.pucsp.br/bitstream/handle/9356/1/Jose%20Eduardo%20Nalini.pdf>

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros, volume 1 : mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica.** Tradução e revisão técnica Paulo Machado Mors. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro : LTC, 2011.

BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Incropera fundamentos de transferência de calor e de massa.** Tradução e revisão técnica Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, Eduardo Mach Queiroz, André Luiz Hemerly Costa. - 8. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2019.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos da transferência de calor e massa.** 5ª edição, editora LTC. Rio de Janeiro, RJ, 2003 .

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** 4 ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

CERQUEIRA, M. H. **Placas y tejas producidas del reciclado del polietileno/aluminio presentes en los embalajes Tetra Pak.** Magazine Tecnología y Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Venezuela, 2004.  
<http://cempre.org.br/download.php?arq=b18xOTVhN2d0MjAxdWwwMW51YW5tYjFmZGhtNnZhLnppcA==>

SARTOR, K.; et al. **Utilização de embalagens Tetra Pak® como isolante térmico no revestimento de escamoteadores para leitões.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.67, n.5, p.1449-1456, 2015.

<https://www.scielo.br/pdf/abmvz/v67n5/0102-0935-abmvz-67-05-01449.pdf>

BRIDI, A. M. **Adaptação e aclimação animal.** Apostila de Bioclimatologia., v. 5, p. 05-15, 2006.

FILHO, N. S. C.; et al. **Sistema de isolamento térmico com embalagem Tetra Pak para residências de comunidades carentes.** Universidade Federal do Maranhão, 2018.  
<https://even3.blob.core.windows.net/anais/136286.pdf>

CEMBRANEL, A. S.; et al. **Embalagens Tetra Pak no Isolamento Térmico de Cobertura em Edificações.** R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 8, n. 1, p.388-404, jan/mar. 2019.  
[http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6404/4330](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6404/4330)