

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO TÉRMICA EM TELHAS COM MATERIAL
RECICLADO PARA SEREM UTILIZADAS EM CONSTRUÇÕES
RURAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Allison Fernando Severo Aquino

Alegrete, 2017

**AVALIAÇÃO TÉRMICA EM TELHAS COM MATERIAL RECICLADO
PARA SEREM UTILIZADAS EM CONSTRUÇÕES RURAIS**

Allison Fernando Severo Aquino

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

Orientadora: Prof. Eracilda Fontanela

Alegrete, RS, Brasil

2017

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Curso de Engenharia Agrícola

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**AVALIAÇÃO TÉRMICA EM TELHAS COM MATERIAL RECICLADO
PARA SEREM UTILIZADAS EM CONSTRUÇÕES RURAIS**

elaborado por

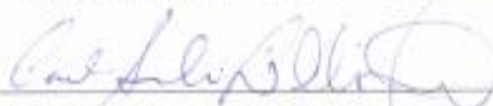
Allison Fernando Severo Aquino

Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA



Eracilda Fontanela, Dra. (Presidente/Orientadora)



Carlos Aurélio Dilli Gonçalves, Me. (UNIPAMPA)



Adamo de Souza Araújo, Dr. (UNIPAMPA)

Alegrete, 29 de novembro de 2017.

A657 a

Aquino, Allison Fernando Severo

Avaliação térmica em telhas com material reciclado para serem utilizadas em construções rurais / Allison Fernando Severo Aquino.

35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)—Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2017.

“Orientação: Eracilda Fontanela”.

1. Construções rurais. 2. Telha reciclada. 3 Engenharia Agrícola. I. Título.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Engenharia Agrícola

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS, Brasil

Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

AValiação Térmica em Telhas com Material Reciclado para Serem Utilizadas em Construções Rurais

AUTOR: ALLISON FERNANDO SEVERO AQUINO

ORIENTADORA: ERACILDA FONTANELA

Alegrete, 29 de novembro de 2017

Na atualidade, é notável e crescente a necessidade de recuperação do meio ambiente e os recursos naturais, tornando a reciclagem e reutilização de materiais uma das soluções mais adequadas e utilizadas, dando origem a produtos considerados ecológicos, que são aplicados em diversas áreas, incluindo a construção civil e suas respectivas divisões, como a engenharia para fins rurais. Nesse contexto, torna-se importante o conhecimento de diversos produtos utilizados nessa área, como a telha fabricada com material reciclado a partir de embalagens longa vida ou Tetra Pak. A embalagem Tetra Pak apresenta inúmeras características, sendo asséptica e composta por camadas com diferentes materiais, que atuam como barreira, impedindo a entrada de luz, ar, água e microrganismos e também evita a saída do aroma dos alimentos da embalagem. É extremamente importante o conhecimento de diversas características de telhas fabricadas a partir de embalagens recicladas, sendo o objetivo deste trabalho avaliar o conforto térmico da telha considerada ecológica em comparação com a telha metálica e fibrocimento. O experimento foi realizado na Área Experimental da Universidade Federal do Pampa, onde foram construídos modelos de estruturas em escala reduzida para os três diferentes tipos de telhas. Verificou-se que a telha fabricada com material reciclado pode ser utilizada em construções rurais com conforto térmico no seu uso, em cumprimento às normas técnicas, pois apresenta valores de temperatura menores em seu interior, comparados aos modelos de telhas tradicionais.

Palavras-chave: Telha ecológica; Reciclagem; Construções rurais.

ABSTRACT

Course Competition Assignment

Agricultural Engineering

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS, Brazil

Universidade Federal do Pampa, RS, Brazil

THERMAL EVALUATION ON TILES WITH RECYCLED MATERIAL TO BE USED IN RURAL CONSTRUCTIONS

AUTHOR: ALLISON FERNANDO SEVERO AQUINO

SUPERVISOR: ERACILDA FONTANELA

Alegrete, November 29 th 2017.

At present, the need for recovery of the environment and natural resources is remarkable and growing, making recycling and reuse of materials one of the most suitable and used solutions, giving rise to products considered ecological, which are applied in several areas, including construction and its respective divisions, such as engineering for rural purposes. In this context, it becomes important the knowledge of several products used in this area, such as tile made from recycled material from long-life packaging or Tetra Pak. The Tetra Pak packaging has many characteristics, being aseptic and composed of layers with different materials, which act as a barrier, preventing the entry of light, air, water and microorganisms and also prevents the aroma of the food from coming out of the packaging. It is extremely important the knowledge of several characteristics of tiles made from recycled packages, the objective of this work being to evaluate the thermal comfort of the tile considered ecological in comparison with the metallic tile and fiber cement. The experiment was carried out in the Experimental Area of the Federal University of Pampa, where small scale structures were constructed for the three different types of roof tiles. It was verified that the tile made of recycled material can be used in rural constructions with thermal comfort in its use, in compliance with the technical norms, because it presents lower temperature values in its interior, compared to the traditional tiles models.

Keywords: Ecological tile; Recycling; Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Tipos de Coberturas.....	11
Figura 2- Montagem de um telhado com telhas cerâmicas	14
Figura 3- Telha Brasilit (A), Telha Fibrotex (B) e Telha Kalhetão 90 (C).	16
Figura 4- Embalagem em Tetra Pak.	18
Figura 5- Amostra de telhas ecológica (A) e fibrocimento (B).	20
Figura 6- Estrutura base de cada modelo	23
Figura 7- Modelo construído para o experimento..	24
Figura 8- Vista geral do experimento.	24

SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2. Revisão de Literatura	11
2.1. Coberturas	11
2.2. Telhas	12
2.2.1. Telhas Cerâmicas	13
2.2.2. Cerâmica estrutural	14
2.2.3. Telhas de fibrocimento	14
2.2.4. Telhas Metálicas	16
2.3. Inclinação e quantidade de telhas	16
2.4. Uso de materiais recicláveis no Brasil	17
2.5. Embalagem Tetra Pak	18
2.6. Reciclagem de Embalagens Tetra Pak	19
2.7. Produtos ecológicos na construção civil	19
2.8. Telha ecológica	20
2.9. Conforto térmico.....	21
3. Metodologia	23
3.1. Construção de modelos em escala reduzida	23
3.2. Análise estatística	25
4. Resultados e discussão	26
4.1. Variação de temperatura para cada tipo de telha	26
5. CONCLUSÃO	29
5 Referências	30

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é crescente a preocupação da sociedade com a produção e destinação de resíduos sólidos, bem como o impacto destes resíduos com o meio ambiente. Para a maior parte das pessoas, estes resíduos sólidos não são aproveitados e precisam ser descartados rapidamente, pois se acredita não possuir mais serventia. Logo, são necessárias diversas medidas para a redução da quantidade e toxicidade dos resíduos, incluindo embalagens, pois essas representam cerca de um terço dos resíduos sólidos urbanos (NEVES & CASTRO, 2012).

Embalagens Tetra Pak, ou longa vida, são formadas por diversas camadas, com diferentes materiais, como papel, polietileno de baixa densidade e alumínio. A reciclagem é uma destinação adequada para essas embalagens após o seu uso, pois a sua própria composição multifoliada dificulta a sua decomposição em condições naturais, além de haver o desperdício de matérias primas nobres, como o alumínio e o papel cartão. Ainda é uma importante fonte de matéria-prima, sendo possível a fabricação de telhas, promovendo benefícios ambientais e aproveitando toda a embalagem. As telhas podem substituir as de fibrocimento, principalmente em prédios, áreas cobertas e instalações rurais.

A telha fabricada com material reciclado possui uma alta resistência ao tempo, atuando também na reflexão da luz solar, pois é aluminizada, evitando a formação do efeito estufa em ambientes, gerado pelas altas temperaturas. A telha é leve, pesando metade do modelo convencional de fibrocimento, gerando inúmeras facilidades. Em canteiro de obras, a telha possui alta resistência, pois se cair não irá quebrar. É notável, também, a redução no gasto com mantas isolantes térmicas, pois o alumínio da telha chega a isolar a temperatura de 25 a 30% (ARAÚJO, et al., 2008).

Além disso, as embalagens Tetra Pak podem ser utilizadas como subcoberturas ou forros em telhados, promovendo a redução do fluxo de calor para o interior da instalação. Em construções rurais e zootécnicas, deve-se optar por materiais que proporcionem condições ambientais favoráveis aos animais, a fim de promover o seu desenvolvimento e produtividade, haja vista que o telhado influencia consideravelmente o ambiente térmico de uma instalação, também em função da grande área de interceptação de radiação solar (PAIVA, 2013).

A ambiência de uma instalação está diretamente ligada ao tipo de cobertura utilizado na mesma, logo torna-se necessário o planejamento e investimento de uma cobertura adequada, pois a produção animal é diretamente proporcional ao conforto térmico. Por

consequente, para grande parte das criações de animais, somente se alcançará o melhor rendimento zootécnico mediante uma cobertura que seja satisfatória para os mesmos, sendo o tipo de telha utilizado o grande responsável pelo maior ou menor conforto animal em uma instalação destinada ao abrigo de animais.

Portanto, objetiva-se com este trabalho avaliar a resistência térmica em telhas fabricadas com material reciclado em comparação com as telhas metálicas e de fibrocimento, com a finalidade de sua aplicação em construções rurais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Coberturas

Define-se por cobertura todo o conjunto destinado ao abrigo das intempéries (LOGSDON, 2002), sendo formada por telhas, estrutura secundária de apoio às telhas, chamada de armação ou trama, estrutura principal, que pode ser maciça, e também por estruturas secundárias, chamadas de contraventos. Ao conjunto formado pela estrutura principal, trama e contraventos dá-se o nome de telhado. As coberturas podem ser de diferentes tipos, de acordo com o número de planos para o escoamento das águas, podendo ser de uma ou mais águas, cúpula, abóbada, *shed*, entre outras (Figura 1).

Para Peralta (2006), a cobertura é parte fundamental em uma edificação, pois protege a estrutura e também os usuários dos efeitos adversos do clima, devendo apresentar um bom desempenho estrutural, acústico, térmico, impermeabilidade e proteção contra incêndios.

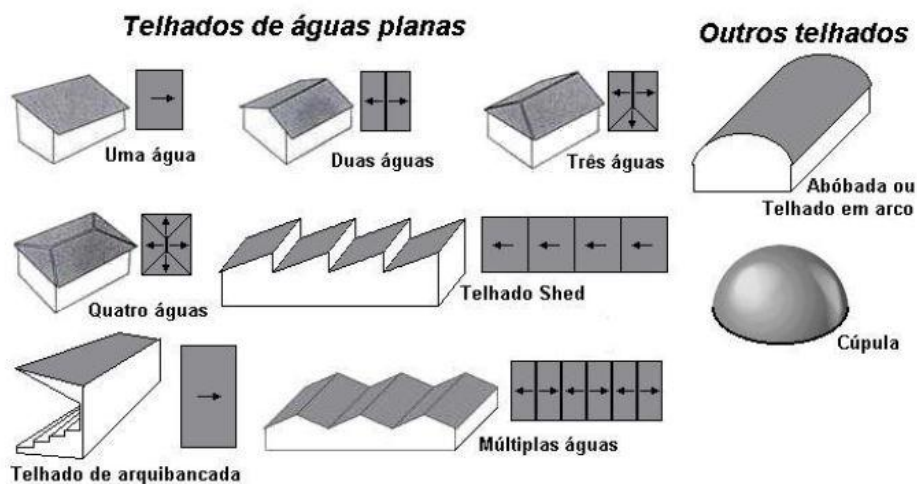


Figura 1- Tipos de Coberturas. Fonte: Calil Júnior, (1995).

Ainda de acordo com Peralta (2006), a cobertura também é responsável pelo aumento da parcela da carga térmica, haja vista que é exposta permanentemente à radiação solar, onde

a telha é o elemento construtivo mais importante para o ganho ou perda de calor, pois interfere no conforto térmico e no consumo de energia. Para coberturas simples, somente a telha realiza a proteção contra o excesso de passagem de calor, portanto tornam-se importante as características e propriedades do material.

Para que exista um correto dimensionamento da cobertura, é necessário que o profissional da construção civil possua conhecimento sobre as variáveis climáticas de cada região, além das propriedades dos materiais, como isolamento térmico e acústico, impermeabilidade, leveza, durabilidade e resistência ao impacto (PERALTA, 2006).

2.2. Telhas

A escolha do tipo de telha é a primeira etapa para a construção de uma cobertura eficiente, devendo assegurar a segurança da residência contra a ação de diversas intempéries. A escolha do tipo de telha também determinará a inclinação das águas e o desempenho termoacústico da cobertura e, quando esse desempenho não for satisfatório, podem-se utilizar subcoberturas ou forros especiais que possuam material isolante na sua cobertura ou adotar telhas que possuam propriedades de isolamento termoacústico (CALIL JÚNIOR & MOLINA, 2010).

Para Cardoso (2000), o desempenho térmico e a estanqueidade representam os dois principais fatores para avaliar a utilização de um telhado. Entre as principais causas das falhas de adequabilidade estão: deslocamento das telhas devido a deformações excessivas das estruturas de sustentação; grande número de juntas; projeto inadequado de arremates; acúmulo de algas e transbordamento de calhas e rufos.

As telhas podem possuir os mais variados tipos, como telhas de alumínio, madeira, concreto, vidro, fibra vegetal, plástico, metal, aço corrugado, zinco, cerâmica e fibrocimento, sendo as telhas cerâmicas e de fibrocimento as mais utilizadas no Brasil (LOGSDON, 2002; CALIL JÚNIOR & MOLINA, 2010).

Existe uma grande variedade de telhas disponíveis no mercado, sendo compostas por diferentes tipos de materiais, além da existência de produtos fabricados com resíduos e que não desprendem substâncias nocivas, onde são considerados ecológicos (PERALTA, 2006).

2.2.1. Telhas Cerâmicas

Para Anfacer (2008), a cerâmica é muito antiga, com origem no período Neolítico ou da pedra polida, na época em que o homem começou a utilizar o barro endurecido pelo fogo, processo que evoluiu até os dias atuais. De acordo com Santos (1989), a cerâmica acompanha o homem desde as antigas civilizações, pois a argila possuía enorme importância para a fabricação de vasilhas para o armazenamento de água e alimentos.

As telhas de cerâmica são os modelos mais tradicionais e utilizados há mais tempo na construção civil. Segundo Spader (2009), há aproximadamente 2000 anos já existiam no Brasil populações que viviam próximas a rios e fabricavam produtos cerâmicos como potes, baixelas e outros artefatos.

Para Pavanelli (2013), as telhas cerâmicas apresentam diversas vantagens, como a boa relação custo-benefício, boa durabilidade e resistência mecânica, adaptação a diferentes tipos de climas, bom isolamento termoacústico e grande diversidade em cores.

A telha cerâmica é mais utilizada em residências, pois é mais facilmente encontrada no comércio, além de apresentar um melhor conforto térmico que as demais telhas.

Esse tipo de telha também absorve com maior facilidade a umidade e, entre as várias opções, as telhas esmaltadas oferecem maiores benefícios, como boa durabilidade, resistência e um melhor suporte à umidade, impedindo a formação de fungos e bolor.

Ainda de acordo com Pavanelli (2013), as principais desvantagens desse tipo de telha estão no fato de possuir um peso maior, além de serem mais permeáveis do que as demais e aumentarem o custo para a execução de um telhado. A fabricação também causa danos ao meio ambiente, pois gera poluição, além desse tipo de telha ser muito frágil e não permitir telhados com inclinações pequenas.

Para Calil Júnior (1995), os principais tipos de telha cerâmica são: Francesa, Romana, Portuguesa, Colonial, Plan, Paulista e Telhas para Cumeeira.

Para a montagem de um telhado com telhas cerâmicas (Figura 2) é preciso colocar as telhas no sentido do beiral para a cumeeira, além de observar a direção dos ventos dominantes, a fim de evitar o arranque das peças da cumeeira (MIRANDA CORRÊA, 2002).



Figura 2- Montagem de um telhado com telhas cerâmicas. Fonte: Cerâmica 7 (2002) apud Logsdon (2002) e Miranda Corrêa (2002).

2.2.2. Cerâmica estrutural

De acordo com Santos (1989), a cerâmica estrutural é o material a base de argila que é utilizado na construção civil, como telhas, tijolos, lajes cerâmicas e ladrilhos de pisos, sendo produzidos por extrusão, prensagem e produção manual. A temperatura de queima pode variar de 950°C a 1250°C.

Para Zandonadi e Jordão (2002), a cerâmica estrutural apresenta cor vermelha devido à oxidação dos compostos de ferro liberados pela argila durante a queima, tendo tonalidade mais forte ou fraca, dependendo do percentual de óxido de ferro e da presença de outros minerais nas argilas, além da variação da atmosfera oxidante do forno durante a queima.

2.2.3. Telhas de fibrocimento

A produção do fibrocimento se iniciou no século XIX, sendo descoberto por Ludwig Hatsch, ganhando posterior destaque no mercado, devido ao desenvolvimento da tecnologia e o aumento do seu desempenho (TONOLI, 2009). A produção de placas de fibrocimento ocorre através da superposição de lâminas finas formadas por uma suspensão composta por aditivos minerais, fibras, suspensão de cimento e água e, posteriormente, as lâminas são acumuladas em uma prensa cilíndrica e formam a espessura desejada.

O processo de fabricação do fibrocimento segue o modelo de produção Hatschek, onde 85% dos produtos de fibrocimento no mundo são obtidos através desse processo (TONOLI, 2009). O fibrocimento é amplamente utilizado atualmente para a fabricação de materiais de construção, como telhados, placas divisórias e reservatórios.

Segundo Tonoli (2009), o fibrocimento movimenta R\$ 2 bilhões ao ano, com uma capacidade produtiva de 2,5 milhões de toneladas de produtos. É notável a popularidade do fibrocimento, devido ao fato que as fibras celulósicas são encontradas em grande parte dos países em desenvolvimento, pois sua matéria prima tem origem em árvores madeireiras, tendo inúmeras vantagens, pois as fibras celulósicas possuem baixa densidade, sendo biodegradáveis e renováveis, além de serem versáteis e possuírem custo reduzido. Além disso, o emprego de compósitos de fibrocimento pode reduzir o déficit habitacional e de infraestrutura de países em desenvolvimento.

Em relação ao desgaste e deterioração, de acordo com Dias (2007), as telhas de fibrocimento podem sofrer deterioração, devido a agentes químicos, além de danos causados por tensões mecânicas, devido ao transporte, empilhamento e exposição às variações térmicas e climáticas. Além disso, a matriz cimentícia das telhas de fibrocimento também é danificada pela lixiviação, ocasionando uma deterioração e enfraquecimento no material e, devido à percolação, alguns materiais como gesso, etringita e portlandita podem ser removidos. A deterioração por chuva ácida nas telhas de fibrocimento pode ser ainda mais intensa do que a lixiviação, pois a lixiviação não compromete o desempenho mecânico das telhas.

A telha de fibrocimento é utilizada para coberturas industriais e residenciais, possuindo tamanho maior que as telhas cerâmicas. A telha ondulada é o tipo de telha de fibrocimento mais utilizada. Para a montagem de um telhado com telhas de fibrocimento deve-se sempre seguir as instruções e sequência recomendada pelo fabricante, além de observar a direção dos ventos dominantes, para evitar o arranque das telhas (LOGSDON, 2002).

Entre as vantagens das telhas de fibrocimento está o fato de permitir a execução com rapidez de telhados de custo reduzido e com boa resistência mecânica, porém apresenta um fraco desempenho como isolante térmico, problema que pode ser contornado com o projeto de beirais e pés-direitos maiores, assim como a pintura das telhas com tinta acrílica branca nas duas faces. Após o envelhecimento, ocorrem problemas de manutenção antes do que as telhas cerâmicas de mesma idade (CALIL JÚNIOR & MOLINA, 2010).

Entre os diversos modelos de telhas de fibrocimento, destacam-se o Brasilit, Fibrotex e Kalhetão 90 (Figura 3).



Figura 3- Telha Brasilit (A), Telha Fibrotex (B) e Telha Kalhetão 90 (C). Fonte: Telha Norte e Damale.

2.2.4. Telhas Metálicas

As telhas metálicas, que podem ser de alumínio ou aço galvanizado, podem ser encontradas em perfis ondulados e trapezoidais com dimensões variadas, apresentando diversas vantagens, como a redução no peso das coberturas, por serem telhas mais leves, maior facilidade no transporte, montagem e dimensionamento de terças e tesouras e elevada resistência à corrosão atmosférica, garantindo maior durabilidade ao produto. As telhas também são impermeáveis, possuindo um fácil manuseio e rapidez na montagem. Essas telhas não possuem necessidade de serem sobrepostas, pois são peças únicas com junções zipadas, diferentemente das telhas onduladas e trapezoidais e também permitem que a inclinação do telhado seja de até 0,5% e que a cumeeira não tenha necessidade de possuir uma altura elevada, reduzindo os custos da estrutura de apoio (CALIL JÚNIOR & MOLINA, 2010).

2.3. Inclinação e quantidade de telhas

A inclinação de cada tipo de telha varia com o seu tipo e o seu valor mínimo de inclinação irá garantir que o escoamento de água ocorra sem infiltrações e quanto maior o comprimento da água, maior deverá ser a inclinação, haja vista que o volume de água coletado durante as chuvas também será maior (Tabela 1). Em telhas cerâmicas e de concreto há uma inclinação máxima em que será necessário realizar a amarração das telhas com arames na estrutura de sustentação, para que as mesmas não percam sua estabilidade.

Tabela 1- Inclinações em telhas cerâmicas. Fonte: Produtos cerâmicos (2009).

Modelo da telha	Inclinação mínima (%)	Inclinação máxima (%)	Peso (kgf/m ²)
Colonial	20	25	65 a 78
Francesa	32	40	45 a 54
Paulista	20	25	69 a 83
Plan	20	30	72 a 86
Portuguesa	30	45	40 a 50
Romana	30	45	48 a 58

Em relação à quantidade de telhas por metro quadrado, o valor irá variar de acordo com o tipo e modelo escolhidos (Tabela 2) e para efetuar a compra das telhas, é recomendado adquirir 10% a mais que o valor calculado, devido à área das águas e também ao corte das telhas, que é diretamente proporcional ao número de águas do telhado, além da necessidade de existir uma reserva para futuras manutenções.

Tabela 2- Quantidade de telhas em cada modelo. Fonte: Montalvu (2009).

Modelo da telha	Quantidade de telhas (m ²)
Colonial	17
Francesa	18
Paulista	28
Plan	26
Portuguesa	16
Romana	17

2.4. Uso de materiais recicláveis no Brasil

Em relação à destinação dos resíduos sólidos, há uma grande preocupação da sociedade brasileira, pois pode ocorrer o comprometimento dos sistemas naturais, econômicos, além da saúde humana e animal. Para a maior parte das pessoas é visível a pressa para descartar rapidamente todo e qualquer resíduo que pode ser considerado lixo, porém, nem sempre é notável a preocupação com a destinação desses resíduos.

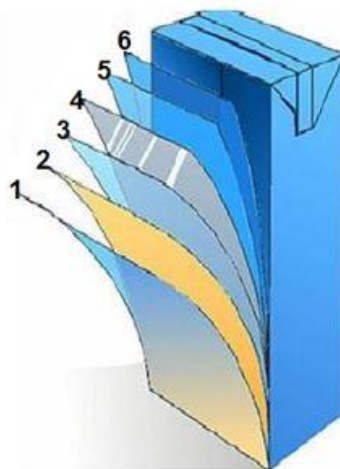
Nesse ínterim, existe a necessidade da reciclagem dos resíduos de Tetra Pak, haja vista que essas embalagens representam 1,0 % do total de resíduos gerados no Brasil e a sua decomposição torna-se difícil, devido à composição multifoliada da embalagem (CASAGRANDE et al., 2005 apud ARAÚJO et al., 2008)).

O reaproveitamento e reciclagem de resíduos geram diversos benefícios ambientais e econômicos, como a valorização de matéria-prima dos materiais e uma redução nos espaços em aterros sanitários (PAIVA, 2013).

Segundo Guimarães (2011), ser reciclável não é o mesmo que ser reciclado. Diversos materiais recicláveis não chegam a ser reciclados por ausência de coleta seletiva, falta de indústrias de reciclagem e outros fatores.

2.5. Embalagem Tetra Pak

Esse tipo de embalagem é utilizado para embalar produtos lácteos, alimentos industrializados e bebidas, sendo composto por 75% de papel, que fornece estabilidade e resistência, 20% de plástico, protegendo contra a umidade exterior e 5% de alumínio, que funciona como barreira contra a passagem de oxigênio e luz (Figura 4).



1: Polietileno; 2: Papel; 3: Camada de aderência de Polietileno; 4: Folha de alumínio; 5: Camada de aderência de Polietileno; 6: Proteção de Polietileno.

Figura 4- Embalagem em Tetra Pak. Fonte: Zuben (2013).

2.6. Reciclagem de Embalagens Tetra Pak

De acordo com Marchi (2011), a reciclagem das embalagens ocorre com a separação do papel, alumínio e polietileno, em empresas que usam energia elétrica para aquecer a mistura, transformando o alumínio em lingotes, o plástico em parafina e o papel sendo destinado às empresas de papel.

Para Herrera (2008), a alternativa é a retirada somente das fibras de papel das embalagens, através de um equipamento especial, semelhante a um liquidificador em forma de tanque cilíndrico e rotor giratório ao fundo, chamado hidrapulper. Após a retirada das fibras de papel restam as camadas de plástico (polietileno) e metal (alumínio) para serem processadas, sendo matéria-prima para a etapa secundária da reciclagem, que faz o beneficiamento das outras camadas, resultando em materiais que podem ser utilizados para a fabricação de telhas recicladas, móveis e forros.

Segundo Xie et al. (2011), os resíduos de embalagens Tetra Pak podem ser utilizados para a fabricação de materiais alternativos de construção, que submetidos a testes e ensaios apresentaram alta resistência ao calor e baixa absorção de água.

2.7. Produtos ecológicos na construção civil

O Brasil apresenta um bom potencial para a fabricação e utilização de produtos ecológicos na construção civil, como telhas recicladas, tintas à base de silicatos de potássio e tijolos de solo cimento. Porém, o mercado para esse tipo de produto ainda é pouco expressivo no país, haja vista que ainda não existem normas técnicas para esse tipo de material, diferentemente do que ocorre com os materiais convencionais e a competitividade entre os dois tipos de produtos fica prejudicada. Logo é notável a importância das pesquisas realizadas em universidades através de ensaios, testes e monitoramentos.

Em relação às diversas pesquisas realizadas no Brasil para a avaliação do desempenho dos chamados “eco-produtos”, tem-se encontrados bons resultados para esse tipo de material, quando comparados aos materiais convencionais utilizados na construção civil.

Oliveira et al. (2003) realizaram diversos experimentos utilizando um isolante térmico alternativo fabricado com casca de fibra de coco, onde verificou-se um baixo coeficiente de

condutividade térmica (0,041 W/m.k), valor semelhante ao dos isolantes térmicos sintéticos encontrados no mercado.

Labaki et al. (2003) utilizaram embalagens tipo “longa vida” como isolante térmico em telhas de fibrocimento e verificaram que o melhor resultado foi obtido para a embalagem armada com presença da câmara de ar.

Vecchia (2005) apud Peralta (2006) comparou sistemas tradicionais de coberturas com uma cobertura verde leve, que após o monitoramento da temperatura interna, verificou um desempenho térmico satisfatório para a cobertura verde leve, haja vista que apresentou uma amplitude térmica menor em relação ao sistema tradicional de cobertura.

2.8. Telha ecológica

Para Araújo (2003), produto ecológico é todo artigo que, artesanal, manufaturado ou industrializado de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, seja não poluente, não tóxico, notadamente benéfico ao meio ambiente e à saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável.

A telha ecológica fabricada com material reciclado apresenta boa resistência e durabilidade, quando comparada à telha convencional, podendo ser empregada para cobertura ou fechamentos laterais (Figura 5). Essa telha atua na reflexão da luz solar, promovendo maior refrescância ao ambiente, devido ao fato de ser aluminizada (ALTIDES et al., 2008).

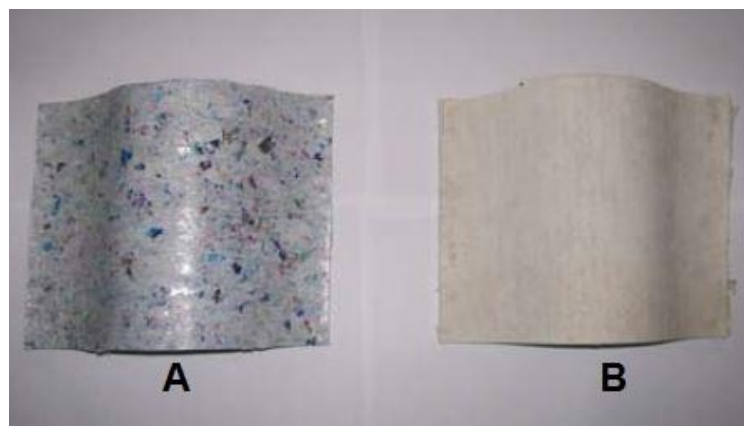


Figura 5- Amostra de telhas ecológica (A) e fibrocimento (B). Fonte: Araújo (2008).

Para Beer (1995), a telha reciclada pode ter até metade do peso do modelo convencional de fibrocimento, gerando facilidade, principalmente no seu transporte.

É notável também a redução no gasto com mantas isolantes térmicas devido ao alumínio presente na telha, que chega a isolar a temperatura de 25 a 30%.

Logo, torna-se importante o uso de embalagens longa vida na fabricação de placas e telhas.

2.9. Conforto térmico

O índice de conforto térmico dentro de uma instalação é um parâmetro importante, principalmente quando essa instalação abriga animais, pois a temperatura interna da estrutura interfere diretamente na produção zootécnica, além da própria sobrevivência dos animais. Logo esse conforto térmico é alvo constante de pesquisas que visam materiais de cobertura mais adequados e que possam fornecer melhores resultados para esse índice.

No período de verão, ocorrem altas temperaturas na área interna de uma instalação, devido ao superaquecimento das coberturas, causada pela radiação solar (SADAUSKIENÉ et al., 2009 apud DA SILVA, 2015). Logo, o telhado, em virtude da grande área de interceptação solar, passa a ser o elemento construtivo mais importante em uma instalação (SAMPAIO et al., 2001). De acordo com Nâãs (2001), o fluxo de calor que atravessa o mesmo pico de calor é da ordem de cinco vezes maior que aquele disperso no ambiente interno.

Santos et al. (2004) realizaram a avaliação de telhas cerâmicas, cimento-amianto e fibrocimento, que são utilizadas para coberturas zootécnicas no período de inverno, na cidade de Viçosa/MG, e observaram que as coberturas que apresentaram os melhores índices de conforto térmico foram as telhas de cerâmicas e de alumínio.

Para Fiorelli et al. (2009), após a realização de ensaios com telhas recicladas, cerâmicas e fibrocimento, foi constatado que as telhas fabricadas com material reciclável podem ser uma boa opção de cobertura em instalações rurais, haja vista que apresentaram índices de conforto térmico semelhantes aos encontrados em outros materiais de coberturas, além de ser fabricada em material reciclável, a partir de embalagens Tetra Pak.

Seguindo a mesma ideia de comparação de telhas, Herrera et al. (2010) apud Da Silva (2015) fizeram o experimento com telhas cerâmicas, fibrocimento e telhas produzidas a partir

de embalagens Tetra Pak, onde o protótipo coberto com telhas recicladas foi o que obteve menores valores de temperatura de superfície, resultando em um melhor conforto térmico.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado na área experimental Engenharia Agrícola, localizada na Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) - Campus Alegrete, RS, durante a estação de primavera, no mês de novembro de 2017.

3.1. Construção de modelos em escala reduzida

Foram construídos modelos em escala reduzida, em virtude do alto custo e inviabilidade de construção de modelos em escala real, além da dificuldade de sua implantação e manejo a campo. Para a realização do experimento foram fabricados modelos de instalações, com diferentes coberturas: telha de fibrocimento, telha de aluzinco e telha de material reciclável (Tetra Pak).

As telhas recicladas utilizadas no experimento foram fornecidas pela Empresa Ecodita. Trata-se de um material 100% reciclável que utiliza caixas do tipo Tetra Pak, na sua composição.

Para a base da estrutura, foram serradas ripas de madeira, para a fixação superior das telhas (Figura 6). As telhas foram cortadas para obter dimensões de 0,80 m de largura e 0,90 m de comprimento.



Figura 6- Estrutura base de cada modelo. Fonte: SEVERO, 2017.

A estrutura para cada tipo de telha foram construídos com 0,61 m de pé direito, 0,90 m de largura e 0,60 m de comprimento, além de um beiral de 0,10 m e inclinação do telhado de 10° (Figura 7).



Figura 7- Modelo construído para o experimento. Fonte: SEVERO, 2017.

Após a construção, os modelos foram colocados em terreno plano, livre de sombreamento, com grama aparada e distanciados 1,5 m um do outro, orientados no sentido a assegurar a maior incidência de radiação solar ao longo do dia (Figura 8).



Figura 8- Vista geral do experimento. Fonte: SEVERO, 2017.

As leituras foram realizadas somente em dias ensolarados, por um período de 12 dias de coleta, em quatro horários distintos (8h, 11h, 14h e 17h), e três repetições de cada tipo de telha. Foram coletadas leituras de temperatura do ar sob as estruturas construídas, com o auxílio de um termômetro digital, a uma altura de 0,45 m da superfície do solo, fixado por um período médio de cinco minutos, abaixo de cada uma das estruturas.

3.2. Análise estatística

O experimento foi montado utilizando-se o delineamento em blocos, com três tratamentos (telha aluzinco, fibrocimento e telha recicladas), três repetições para cada tipo de telha e doze blocos, onde cada bloco corresponde a um dia de coleta. Foram analisados quatro horários de medição diária (8h, 11h, 14h e 17h), dentro de cada bloco. Os dados foram interpretados por meio da análise de variância, empregando o teste “F”. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do software livre ASSISTAT.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Variação de temperatura para cada tipo de telha

Na tabela 3 estão apresentadas as médias entre as temperaturas para cada tratamento em função dos horários de medição. Em relação aos tratamentos nos quatro horários analisados, houve diferença significativa entre os três tipos de telhas, sendo que as maiores temperaturas foram registradas nas telhas em aluzinco, seguido das telhas em fibrocimento e, por último, as telhas recicladas.

Tabela 3- Média entre as temperaturas (°C) para cada telha nos diferentes horários de medição.

Tratamentos (Telhas)	Temperatura (°C)			
	8 horas	11 horas	14 horas	17 horas
Fibrocimento	23,38 b	26,84 b	29,81 b	29,86 b
Tetra Pak	22,94 c	26,31 c	29,33 c	29,53 c
Aluzinco	24,16 a	27,96 a	30,76 a	30,70 a
DMS	0,17841	0,14391	0,16048	0,15826

DMS- Diferença Mínima Significativa. Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si significativamente entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade de erro.

A maior temperatura registrada foi no horário das 14 horas para a telha aluzinco (30,76°C). Diante da tendência dos registros de temperatura, nota-se que a maior diferença mínima significativa (DMS) ocorreu no horário das 8 horas (0,17841) enquanto o menor valor (0,14391) foi observado no horário das 11 horas.

Observou-se que a telha Tetra Pak apresentou menores valores de temperatura em todos os doze blocos analisados, onde a maior diferença foi no horário de 11h, chegando a 5,9% inferior a telha de aluzinco, que apresentou maior valor de temperatura em todos os horários analisados, observando-se resultados semelhantes ao trabalho de Fiorelli et al. (2009) e de Herrera et al. (2010), onde o modelo construído com telha Tetra Pak também apresentou menores valores de temperatura em comparação com telhas metálicas e de fibrocimento.

Logo, a telha reciclada fabricada em material Tetra Pak é uma boa opção de cobertura para ser utilizada em instalações animais, haja vista que em todos os horários do dia em que foi realizada a medição, houve valores inferiores de temperatura em seu interior quando comparada às telhas de fibrocimento e telhas metálicas, fator que é extremamente importante em uma unidade de produção animal, que tem sua maior ou menor produção de acordo com o conforto térmico em que os animais estão sujeitos. Logo, torna-se viável investir em uma cobertura com material reciclável, que acarretará em bons valores de conforto térmico, além de ser uma opção ecologicamente correta, que reduz a quantidade de embalagens Tetra Pak, que anteriormente não tinha utilidade após o seu uso.

Na tabela 4, encontram-se os valores de temperatura para cada bloco (dia), em função dos diferentes horários de medição.

Tabela 4- Temperatura média de cada bloco nos diferentes horários de medição.

Blocos	Temperatura (°C)			
	8 horas	11 horas	14 horas	17 horas
1	23,57 d	24,87 d	26,76 h	26,26 i
2	22,53 e	24,52 d	27,76 g	28,34 g
3	24,40 b	26,43 c	30,23 dc	30,46 e
4	23,43 d	24,74 d	28,15 fg	27,35 h
5	20,21 f	24,90 d	28,48 f	27,74 h
6	22,58 e	28,56 b	32,10 b	31,62 cd
7	24,30 bc	26,20 c	29,91 e	31,42 d
8	23,81 cd	28,27 b	30,43 cd	29,54 f
9	23,42 d	28,36 b	30,24 de	29,54 f
10	23,68 d	28,50 b	30,81 c	31,96 c
11	24,56 b	29,46 a	32,64 a	33,44 a
12	25,44 a	29,65 a	32,14 b	32,82 b
DMS	0,50327	0,40594	0,45269	0,44642

DMS - Diferença Mínima Significativa. Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si significativamente entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que no horário das 8 horas, o bloco 12, correspondente ao décimo segundo dia de medições apresentou maior valor de temperatura (25,44°C). Em contrapartida, o menor valor foi registrado nos blocos 2 (22,53°C) e bloco 6 (22,58°C), não apresentando diferença significativa entre os dois blocos.

Em relação aos horários das 14 e 17 horas, observa-se a mesma tendência de maiores temperaturas no bloco 11, haja vista que foram observadas temperaturas ambientes com maiores amplitudes nos últimos dias de medição (últimos blocos) em comparação ao início das coletas de temperaturas (primeiros blocos).

Analisando todos os blocos, observou-se que houve diferença significativa entre os valores de temperatura, sendo a maior temperatura registrada no bloco 11, no horário de 17 horas (33,4°C), correspondente ao décimo primeiro dia de medição.

A maior diferença mínima significativa entre os blocos foi registrada no horário das 8 horas, correspondendo à 0,50327. Em contrapartida a menor DMS foi observada no horário das 11 horas para os doze dias avaliados.

5. CONCLUSÃO

Nesse estudo, a telha ecológica fabricada em material Tetra Pak é recomendada para utilização em construções e instalações zootécnicas, pois apresenta maior conforto térmico, além de ser uma ótima alternativa de reaproveitamento de material reciclável, configurando à cobertura da construção uma opção ecologicamente correta.

5 REFERÊNCIAS

ANFACER- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO. Disponível em < <http://www.anfacer.org.br/> > Acesso em: 19 mai. 2017.

ALTIDES, et al. Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n.2, p. 50-56, 2008.

ARAÚJO, D. C; MORAIS, C. R. S; ALTIDES, M. E. D. Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 3, n.2, p. 50-56, 2008.

ARAÚJO, M. **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável**. Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica- IDHEA. Disponível em: < <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23235.pdf> > Acesso em: 20 abr. 2017.

BEER, F. P. **Resistência dos Materiais**. São Paulo: Pearson Educativos do Brasil LTDA, 1995.

CALIL JÚNIOR, C. **Treliças de madeira para coberturas** - Notas de aula. SET 406 - Estruturas de Madeira. Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira. Departamento de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. Publicação 054/95. Reimpressão. São Carlos. 1995. 79 p.

CALIL JÚNIOR, C.; MOLINA, J. C. **Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo**. São Paulo: Pini, 2010. 207 p.

CARDOSO, F. P. **Coberturas em telhados**, 2000. 30 f. Notas de aula. Disponível em: < <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/f/fb/ApostilaCobertura.pdf> > Acesso em 20 jun. 2017.

CORRÊA, M. **Telhas e blocos cerâmicos**. 2002. Disponível em: <<http://www.mirandacorrea.com.br/portfolio/3c>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

DAMALE- SOLUÇÕES EM TELHAS. **Telhas Kalhetão 90**. Disponível em: < <http://www.damale.com.br/telha/fibrocimento/kalhetao-90/> > Acesso em: 22 jun. 2017.

DA SILVA, K. C.P. et al. **Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak em coberturas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n.1, p. 58-63, 2015.

DIAS, C. M. R; CINCOTTO, M. A. Envelhecimento de longo prazo de telhas onduladas de fibrocimento- o efeito da carbonatação, lixiviação e chuva ácida. **Revista Science Direct**, 2007.

FIORELLI, J. I. et al. Avaliação da eficiência térmica da telha reciclada à base de embalagens longa vida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 2, p. 204-209, 2009.

GUIMARÃES, G. C. Consumo sustentável para a minimização de resíduos sólidos urbanos. 2011. 121 p. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

HERRERA, Q. J. A. Aplicação da climatologia dinâmica ao estudo do comportamento térmico das edificações, caso específico: telhas produzidas a partir da reciclagem de caixas acartonadas. 2008. 142 p. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

LABAKI, L. C et al. **A reutilização de embalagens tipo "longa vida" como isolante térmico para coberturas de fibrocimento sem forro**. São Carlos, SP. 2013. 11 p. Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis 3. São Carlos, SP, 2003.

LOGSDON, Norman B. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/97**. Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá, MT. 2002. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~zacarias/Telhados.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2017.

MARCHI, C. M. D. F. **Cenário mundial dos resíduos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa**. Perspectivas em Gestão & Conhecimento, João Pessoa, v.1, n. 2, p. 118-135, 2011.

MONTALVU. **Telhados e coberturas**. Disponível em: <<http://www.telhados.srv.br/tiposdetelhas.htm>>. Acesso em: 16 mai. 2017.

NÂÂS, L. A.; MOURA, W.; LAGANA, C. A. Amplitude térmica e seu reflexo na produtividade de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1, 1994, São Paulo, Anais. 1994, p. 203-205.

NEVES, A. C. R. R; CASTRO, L. O. A. Separação de materiais recicláveis: panorama no Brasil e incentivos à prática. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.8, n.8, p. 1734-1742, 2012.

OLIVEIRA, M. M. F. et al. **Isolamento térmico de coberturas através de fibra vegetal**. Curitiba, PR. 2003. Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído. Conferência latino-americana sobre conforto e desempenho energético de edificações. Curitiba, PR, 2003.

PAVANELLI, L. **Vantagens e desvantagens de telhas cerâmicas- Reforma fácil**. Disponível em: <<http://reformafacil.com.br/produtos/coberturas-e-telhados/telhas-de-ceramica-vantagens-e-desvantagens/>> Acesso em: 10 abr. 2017.

PERALTA, G. Desempenho térmico de telhas: Análise de monitoramento e normalização específica. 2006. 131p. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

PRODUTOS CERÂMICOS. Disponível em:< <http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~>> Acesso em: 19 abr. 2017.

SAMPAIO, C. A. P. et al. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p. 230-236, 2011.

SANTOS, P. de S. **Ciência e tecnologia de argilas**. V. 1, 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 1989. 406 p.

SANTOS, R. C. et al. Análise de coberturas com telhas de barro e alumínio, utilizadas em instalações animais para duas distintas alturas de pé direito. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 6, n.1, p. 142-146, 2002

SPADER, R. Z. **Introdução de novos materiais em massas de telhas cerâmicas**. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2009. Disponível em <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000040/000040CF.pdf>> Acesso em 15 jun. 2017.

TELHA NORTE. **Telhas Brasilit**. Disponível em: < <http://www.telhanorte.com.br/telha-ondulada-de-fibrocimento-244x110cm-5mm-residencial-cinza-brasilit-49220/p>> Acesso em: 22 jun. 2017.

TELHA NORTE. **Telhas Fibrotex**. Disponível em: < <http://www.telhanorte.com.br/telha-ondulada-fibrotex-220x100cm-5mm-residencial-cinza-fibrotex-49880/p>> Acesso em: 22 jun. 2017.

TONOLI, G. H.D. Fibras curtas de Eucalipto para novas tecnologias em fibrocimento. **Tese de Doutorado**. São Carlos, 2009.

XIE, M. et. al. A comparative study on milk packaging using life cycle assessment: From PA-PE-A1 laminate and polyethylene in China. **Journal of Cleaner Production**. Amsterdam, v.19, n. 17/18, p. 2100-2106, 2011.

ZANDONADI, A.R; JORDÃO, M.A. P. **Cerâmica Vermelha**. Anuário Brasileiro de Cerâmica. 2002.

ZUBEN, F. V. **Embalagens cartonadas Tetra Pak**. Disponível em < <http://www.tetrapak.com/br/packaging> > Acesso em: 15 mai. 2017.

APÊNDICES

Apêndice 1: Análise de variância para o horário das 8 horas.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	27.60074	13.80037	138.1316**
Blocos	11	171.89074	15.62643	156.4091**
Tratamentos x Blocos	22	24.61481	1.11886	11.989**
Resíduo	72	7.19333	0.09991	
Total	107	231.29963		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$).

Apêndice 2: Análise de variância para o horário das 11 horas.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	51.45574	25.72787	395.8134**
Blocos	11	381.79296	34.70845	533.9762**
Tratamentos x Blocos	22	13.37537	0.60797	9.3534**
Resíduo	72	4.680000	0.06500	
Total	107	451.30407		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$).

Apêndice 3: Análise de variância para o horário das 14 horas.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	38.09722	19.04861	235.6529**
Blocos	11	344.74111	31.34010	387.7126**
Tratamentos x Blocos	22	11.45833	0.52083	6.4433**
Resíduo	72	5.82000	0.08083	
Total	107	400.11667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$).

Apêndice 4: Análise de variância para o horário das 17 horas.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	26.23574	13.11787	166.8704**
Blocos	11	513.43185	46.67562	593.7535**
Tratamentos x Blocos	22	22.90426	1.04110	13.2437**
Resíduo	72	5.66000	0.07861	
Total	107	568.23185		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$).