

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores**

**O GIRASSOL COMO COMPONENTE DE PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS DE ALTO DESEMPENHO**

**THE SUNFLOWER AS A COMPONENT OF SOLAR THERMAL PANELS HIGH PERFORMANCE**

Cilione Gracieli Santor, Adalberto Lovato e Leandro Cantorski da Rosa

**RESUMO**

A energia solar térmica tem aumentado sua participação na matriz energética. A construção dos equipamentos tem visado preponderantemente o ganho e eficiência, e as pesquisas não tem focado na utilização de materiais ecológicos e de baixo impacto ambiental. Os materiais naturais já são utilizados como isolantes térmicos na construção civil. O presente estudo aborda a construção de placas de isolamento térmica para uso em painéis solares térmicos de alta eficiência, utilizando casca de arroz, talo de girassol, juta e gesso. Medidas de desempenho foram realizadas e revelaram perspectivas promissoras.

**Palavras-chave:** energia solar; painéis solares térmicos, isolamento térmica, casca de arroz; talos de girassol.

**ABSTRACT**

Thermal solar energy is consistently increasing its share in the energy matrix around the world. However, equipment construction has mainly aimed efficiency and researches had not focused on the use of environmentally friendly or low environmental impact materials. Natural materials has since long time been used in civil construction for thermal insulation. This study addresses the use of sunflower stalk, rice hulk, jute and gypsum to compose the insulation of high efficiency thermal solar panels. Performance measures that has been taken disclose promising perspectives.

**Keywords:** solar energy, solar panels; thermal insulation, rice husk, sunflower stalks.

## **1. INTRODUÇÃO**

O aumento da população mundial e a inserção de um percentual maior da população no mercado consumidor tem aumentado a demanda por energia. Essa evolução fez emergir dois problemas, a preocupação com a futura escassez dos combustíveis fósseis e os problemas ambientais provocados pelas tradicionais fontes de energia. No caso dos combustíveis fósseis o problema está no efeito estufa, no caso da energia atômica está nos riscos de cataclismas como já ocorrido em Fukushima, Chernobyl e Three Mile Island, e no caso das hidrelétricas a inundação de grandes áreas florestais ou agricultáveis.

As alternativas de geração eólica e aproveitamento da energia solar vêm sendo desenvolvidas. A utilização desta última vem crescendo, com equipamentos que podem ser classificados em dois grandes grupos: aqueles que transformam a luz solar em eletricidade e aqueles que a transformam em calor. Em ambos os casos as pesquisas tem focado no aumento de eficiência.

Embora esses equipamentos sejam efetivamente geradores de energia limpa sem qualquer prejuízo para o ambiente, a sua construção pode demandar o uso de materiais que não o sejam. No caso dos painéis solares térmicos, a fabricação dos componentes metálicos, do vidro, do isolante térmico e de sua estrutura demanda quantidade significativa de energia.

No caso particular do isolamento térmico tradicionalmente tem sido utilizados a lã de rocha ou lã de vidro que implicam na fusão das matérias-primas a temperaturas superiores a 1000°C.

A literatura apresenta resultados de pesquisa de compósitos naturais para aplicação nas construções de engenharia civil. (KOCAMAN *et al.*, 2011; PAIVA *et al.*, 2011; NAVROSKI *et al.*, 2010; FAROQUE *et al.*, 2009; KARAMAN *et al.*, 2006; ROSSI *et al.*, 2005; OLIVIER, 2004; YOUNGQUIST, *et al.*, 1993). No campo de painéis solares, no entanto, existe uma carência de pesquisas na utilização de materiais naturais para isolamento térmico.

Os painéis solares térmicos podem ser divididos em três categorias: alta temperatura, acima de 400°C, média temperatura, entre 100°C e 400°C e baixa temperatura, até 100°C (KENENEDY, 2002). Para estes últimos é perfeitamente plausível a pesquisa de materiais naturais, que poderia reduzir substancialmente a quantidade de energia necessária na construção de um painel solar térmico ao substituir lã de rocha ou lã de vidro.

Neste sentido, a presente pesquisa teve como objetivo construir uma placa isolante térmica de compósitos naturais e testar a hipótese de que seu desempenho é igual ou maior que a lã de vidro.

## **2. Materiais naturais de isolamento térmica**

Muitos são os materiais naturais de isolamento térmica, alguns mais eficientes, outros menos. Entre os que a literatura tem abordado destacam-se a fibra de coco, sisal, juta, maravalhas de madeira, casca de arroz, plumagens de animais, lã, curauá. No presente estudo são abordados casca de arroz, talos de girassol, juta e também gesso.

### **2.1 Isolamento térmico**

A função do isolamento térmico é criar uma barreira à transmissão do calor, a aplicação de um material de baixa condutividade térmica diminui a propagação e a perda de calor para o meio (SPRENGER, 2007).

Entre os principais materiais isolantes utilizados na indústria nacional estão, lã de rocha e lã de vidro (BOABAID NETO, 2009; SARTORI, 2009; SPRENGER, 2007).

A NBR 15220-2 de 2005 traz no item B.3 as propriedades térmicas dos materiais, com dados sobre a condutividade térmica ( $\lambda$ ) e o calor específico (c) para diversos materiais em função de sua densidade de massa aparente ( $\rho$ ). As características dos materiais isolantes térmicos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Densidade de massa aparente ( $\rho$ ), condutividade térmica ( $\lambda$ ) e calor específico (c) dos materiais.

Isolantes térmicos	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/(m.K))	C(kJ/(kg.K))
Lã de rocha	20-200	0,045	0,75
Lã de vidro	10-100	0,045	0,7
Espuma rígida de poliuretano	30-40	0,03	1,67
Gesso (placa de gesso; gesso cartonado)	750-1000	0,35	0,84

Fonte: Adaptado de ABNT: NBR 15220-2:2005.

As propriedades desses materiais isolantes são assim definidas (SPRENGER, 2007; CATAI *et al.*, 2006):

A lã de rocha é fabricada a partir de rochas basálticas e outros minerais, que aquecidos à cerca de 1500°C são transformados em filamentos que, aglomerados com soluções de resinas orgânicas. Utilizada em isolamento térmico de altas temperaturas.

A lã de vidro é um componente formado a partir de monofilamentos de vidro. A sua fabricação ocorre através da fundição de sucatas de vidro. Fundido, a alta temperatura, o mesmo passa através de fieiras, sofre estiramento e é resfriado com um jato de ar comprimido. Na sequencia é aglomerado em forma de mantas (KOSSAKA, 2004).

Sob o ponto de vista de segurança e saúde de trabalho a NBR 10004:2004 a insere na Classe IIA – não perigoso e não inerte. Mas sob o ponto de vista ambiental não pode ser descartado em terrenos baldios, em sistemas de esgoto ou próximos a cursos d'água. Apesar de sua funcionalidade, a lã de vidro gera também, no processo de fabricação, nos processo de construção de equipamentos e no fim de sua vida útil resíduo não biodegradável (CRUZ, 2009).

As fibras naturais estão sendo estudadas como alternativas nos isolamentos térmicos de baixa temperatura, isto é até 200°C ( KOCAMAN *et al.* , 2011; WEN *et al.*, 2010; KARAMAN *et al.*, 2006). Vêm sendo utilizadas como isolante térmico, por serem materiais cujo descarte não causa degradação ambiental. Se o material utilizado como isolante térmico proporcionar uma redução do passivo ambiental, haverá um diferencial em relação aos isolantes térmicos convencionais, sendo esta a principal causa da realização de pesquisas com estes materiais, para tal finalidade (NEIRA, 2005).

## 2.2 Casca de arroz

Como subprodutos do beneficiamento e processamento do arroz em casca, resultam o arroz quebrado, a casca e o farelo. O processo de beneficiamento de arroz apresenta 65 a 75% de grãos polidos (inteiros e quebrados), 19 a 23% de casca, 8 a 12% de farelo e 3 a 5% de impurezas (EMBRAPA, 2005).

A casca é um subproduto que pode causar danos ambientais, quando simplesmente descartado como resíduo (WALTER e ROSSATO, 2010). Uma alternativa comumente

utilizada é a utilização como fonte de combustível em diversos tipos de indústria. Porém segundo a Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul – FEPAM (2011), a casca de arroz e as cinzas resultantes da queima de casca de arroz são resíduos caracterizados como fontes de poluição e contaminação, quando gerenciados e/ou destinados de forma inadequada.

Olivier (2004) destaca que testes ASTM conduzidos pelo R&D Service de Cookville, Tennessee, revelam que a casca de arroz não queima com facilidade, é altamente resistente à penetração de umidade e decomposição fúngica, não é um bom condutor de calor, não emite gases, e não é corrosiva com respeito a cobre, alumínio ou aço.

A avaliação térmica de placas produzidas com argamassa de cimento, areia e casca de arroz em diferentes proporções, demonstrou que o composto com a casca de arroz se mostrou um bom isolante térmico, ao ser empregado como piso em viveiros (ROSSI *et al.*, 2005).

### 2.3 Juta

As fibras de juta, linho, rami e sisal são fibras com percentuais altos de celulose, sendo indicadas para uso como material de reforço em compósitos (SANTOS, 2006). A fibra de juta apresenta baixa densidade, comportamento não abrasivo, estabilidade dimensional, e na forma de tecido é de baixo custo, está disponível em abundância, facilidade de transportar (DOAN, 2006). Da fiação resultam fios relativamente grossos e conseqüentemente o tecido apresenta baixa densidade de fios por polegada. Esta característica é conveniente pois deixa bastante espaço para o elemento aglutinante do compósito.

Ainda conforme Santos (2006), os percentuais elevados de lignina nas fibras de juta e sisal habilitam-nas a terem comportamento adicional de fortalecimento dos compósitos, principalmente daqueles submetidos a processos de aquecimento.

### 2.4 Talo de girassol

Seiler (1997), apresenta o girassol (*Heliantus annuus L.*) cultivado com uma planta incomum. Ele pode ser distinguida de todas as outras plantas cultivadas por sua única haste com uma inflorescência muito grande. Características quantitativas, tais como altura da planta, diâmetro da cabeça, tamanho do aquênio e dias para o florescimento variam muito, dependendo do ambiente em que as plantas crescem. Muitas das características quantitativas determinam como as plantas de girassol são usadas. Sementes são usados para óleo comestível, alimento para pássaros e para pessoas e também como componente de ração animal. Ainda pode ser utilizado na floricultura por causa da cor, estrutura das pétalas e seu tamanho.

Sob o ponto de vista econômico a importância quase exclusiva é da semente para uso na fabricação de óleo e como componente de alimentos para humanos e animais. Os componentes de maior participação na produção de massa do girassol são o caule e o capítulo, os quais estão condicionados ao número de plantas por unidade de área. Mas os componentes de maior participação na produção de massa do girassol são o caule e o capítulo, que são tratados como resíduos sem valor após a colheita (EVANGELISTA e LIMA, 2001).

Também a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, caracteriza o girassol com uma oleaginosa bastante utilizada para extração de óleo e é considerado como um dos óleos de melhor qualidade nutricional e organoléptica (aroma e sabor). Além disso, a massa resultante da extração do óleo é transformada em uma torta altamente protéica, usada

na produção de ração. É importante fonte de proteínas, sendo utilizado na silagem para alimentação animal (EMBRAPA, 2012).

Para Werlang (2011), na etapa de colheita são produzidos alguns resíduos sólidos que são incorporados ao solo como adubação verde. Em função da qualidade destes resíduos, é necessário agregar maior valor a este subproduto, e assim, oportunizar ao produtor possibilidades de comercializar mais partes dos seus produtos.

O núcleo do caule de girassol não é apenas aparentemente diferente, comparando as estruturas externas e internas, pois ambas têm propriedades mecânicas significativamente diferentes. A parte interna do caule apresenta uma estrutura chamada cortex que noutras plantas existe na raiz (ESAUL, 1977 *apud* SEILER, 1997). Esse córtex por sua vez no girassol apresenta uma estrutura chamada aerenquima caracterizada por grandes cavidades irregulares contendo ar.

Esta estrutura foi estudada mais detalhadamente por Wen *et al.*, (2006), que confirmou a existência das câmaras de ar e a chamou de polímero natural. Suas técnicas mais modernas de microscopia permitiam estabelecer uma estrutura como a mostrada na Figura 1, onde os espaços vazios são envolvidos por estruturas de celulose.

A exceção do trabalho de Wen *et al.*, (2006), e fora da extensa bibliografia sobre genética, variedades, tratos culturais, óleo e ração, poucos estudos existem sobre a utilização do caule. Kocaman *et al.* (2011) e Karaman *et al.* (2006), avaliaram as propriedades de isolante térmico do compósitos com talo de girassol. Kocaman *et al.* (2011) estudou composições de talo de girassol particulado, casca de arroz, gesso e cimento em diversas proporções medindo a condutividade térmica e numa mistura de 10% de gesso, 45% de talo de girassol e 45% de casca de arroz obteve uma condutividade térmica de 0,057 w/mK, que é da mesma ordem de grandeza da condutividade da lã de vidro (0,45W/mK), apresentados na Tabela 1. No mesmo estudo substituindo o gesso por cimento chegou a uma condutividade térmica de 0,054 w/mK. Como o objetivo do estudo era de utilização em construção civil, havia também uma preocupação quanto à resistência mecânica. A norma TS 825 especifica que para um material ser classificado como isolante térmico, a sua condutividade térmica ( $\lambda$ ) deve ser inferior a 0,065 W/mK.

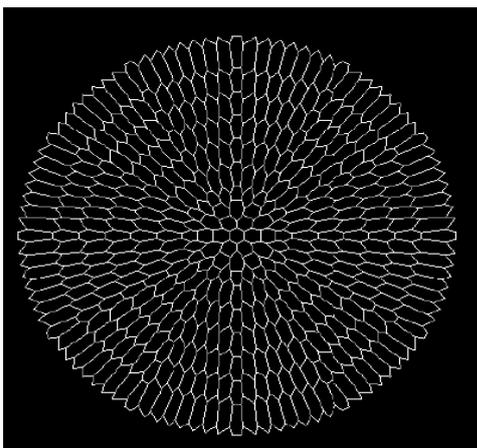


Figura 1: Diagrama da estrutura composta do talo de girassol

Fonte: Wen *et al.*, 2006, p. 3.

As pesquisas sobre girassol são praticamente restritas ao desenvolvimento de novas sementes, tratos culturais e produção e uso do óleo de girassol. São poucas as pesquisas sobre

a utilização do caule. Há pesquisas sobre uso do caule para fazer celulose e pesquisas recentes para uso como isolante térmico (KOCAMAN *et al.*, 2011; KARAMAN *et al.*, 2006).

Estudo sobre a estrutura, composição e performance de um polímero natural, no qual denomina-se o núcleo da haste de girassol com um tipo de polímero natural (WEN *et al.*, 2010). O caule de girassol foi empregado como material adsorvente para azul de metileno, apresentando características físico-químicas e de disponibilidade adequados para o estudo (WERLANG, 2011). As propriedades mecânicas e físicas de materiais compósitos compostos de talo de girassol e pedra-pomes triturada foram avaliadas. A união destes materiais apresentou taxas de aumento das propriedades térmicas e físicas, peso unitário baixo e bom isolamento térmico (KARAMAN *et al.*, 2006). Pesquisou-se a possibilidade de utilização de alguns compostos minerais orgânicos como material de isolamento térmico em edifícios rurais. Foram realizados testes em amostras com casca de arroz e caule de girassol como material principal e cimento e gesso como aglutinantes. Obtiveram-se resultados positivos para as duas composições, concluindo-se que estes compostos, nas proporções utilizadas na pesquisa, podem ser utilizados como materiais de isolamento térmico (KOCAMAN, 2011).

## 2.5 Gesso

O gesso é um mineral composto por sulfato de cálcio semi-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) de pouca dureza, de cor branca (SOARES, 2009). A temperatura de calcinação do gesso é baixa, resultando em um consumo de energia muito baixo reduzindo o impacto ambiental do seu processo produtivo. Durante a calcinação é liberada para a atmosfera grande quantidade de água, além dos resíduos do processo de combustão. Estas características fazem do gesso um dos aglomerantes menos agressivos ao ambiente (COSTA, 2007).

O gesso é um material ecológico em todas as suas fases de aproveitamento, desde a mineração da gipsita, sua matéria-prima, até a aplicação final dos sistemas de construção a seco baseados em chapas de gesso. Apresenta as seguintes características: atua como regulador do clima, mantendo o grau de umidade do ambiente em equilíbrio, é um isolante térmico e acústico natural, não inflamável, inodoro, livre de gases tóxicos, não agride a pele, tem baixa densidade e alta consistência, eletricamente neutro, não tem efeito cumulativo no organismo e sua extração não gera resíduos tóxicos (ABRAGESSO, 2012).

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho tem caráter qualitativo, pois fornece informações aprofundadas sobre determinadas características (HAIR, 2006). Também apresenta caráter quantitativo, pois os resultados podem ser expressos em números para atingir e objetivos muito específicos e com resultados concretos (MELLO *et al.*, 2012).

Os equipamentos utilizados no experimento foram dois coletores solares térmicos comerciais de dimensões de 1145x2070x90cm; volume de líquido 0,86 litros; estrutura tubular tipo harpa; com 9 tubos de coleta de calor; caixa em estrutura de fibra de vidro e chapa traseira em aço. A diferença entre os painéis foi no isolamento térmico: um deles com lã de vidro de densidade 15 kg/m<sup>3</sup> e outro com placas de compósito natural (Figura 2).



Figura 2: Coletores solares

Os coletores foram submetidos às mesmas condições no ambiente e monitorados por sensores nas extremidades de saída água quente, além de medições de temperatura na parte externa de cada coletor para verificar a perda de calor para o meio (Figura 3).



Figura 3 – Posição dos termômetros na parte posterior do painel solar

Os termômetros para medição de temperatura de saída foram colocados dentro de tubos ligados diretamente aos tubos de circulação de água na parte superior das placas. Os termômetros para medição da temperatura da chapa de aço da parte posterior do painel foram colocados em contato com a chapa e protegidos do ar externo por uma camada de poliuretano expandido de dimensão 20x70x100mm, conforme Figura 3. Os coletores através de um sistema de *tracking* seguiam o movimento relativo do sol. Os dados foram registrados por filmagem para posterior análise das temperaturas instantâneas.

As mensurações foram feitas com o seguinte regime de operação, o início da tomada de medidas se deu a 09 horas e 30 minutos.

Quando a temperatura da água chega à 90 °C a bomba é acionada automaticamente e transporta água fria para o coletor e a água quente retorna para o reservatório. A histerese foi fixada em 19°C portanto a bomba para de funcionar aos 71°C, de modo que a temperatura passa aumentar novamente iniciando um novo ciclo de aquecimento.

A constante de tempo dos sensores foi previamente determinada encontrando-se o valor de 6 segundos, portanto as temperaturas máximas medidas são um pouco superiores a 90°C devido a esta constante de tempo. Da mesma forma as temperaturas inferiores efetivamente medidas são menores que 71°C. Num intervalo de 5,5 horas obteve-se 34 ciclos,

levando cerca de 6 a 7 minutos para subir do mínimo ao máximo e 3 minutos para reduzir do máximo ao mínimo quando a bomba era acionada.

#### 4. RESULTADOS

As placas foram confeccionadas com as dimensões de 40,5 x 36,6 x 5,0cm, para ajustar-se perfeitamente ao tamanho do painel. Sua estrutura interna era composta de duas camadas de talos de girassol conforme mostrado na Figura 4. Os espaços vazios entre os talos de girassol que são cilíndricos foram preenchidos com casca de arroz aglutinado com gesso conforme mostram as Figuras 4 e 5.



Figura 4- Corte transversal de uma placa

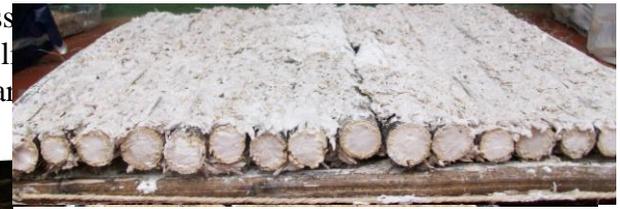


Figura 5- Disposição da casca de arroz na superfície



Figura 6 – Os talos de girassol estruturam a placa



Figura 7 – Cobertura de tecido de juta

O tecido de juta envolveu o núcleo de talo de girassol e casca de arroz aglutinado com gesso conforme Figura 8. O peso total de cada placa foi de 1,3 kg.



Figura 8 – O gesso aglutina o tecido de juta



Figura 9 – Os talos de girassol estruturam a placa

O material tem a seguinte composição: 50g de casca de arroz, 500g de talos de girassol, 110 g de juta, 400 g de gesso (dissolvido em 240 g de água). Foram elaboradas 12 placas nestas dimensões proporções além de 8 placas menores ajustadas às laterais do coletor solar (Figura 9).

As temperaturas máximas atingidas por ambas as placas nos 34 ciclos podem ser vistas na Figura 10.

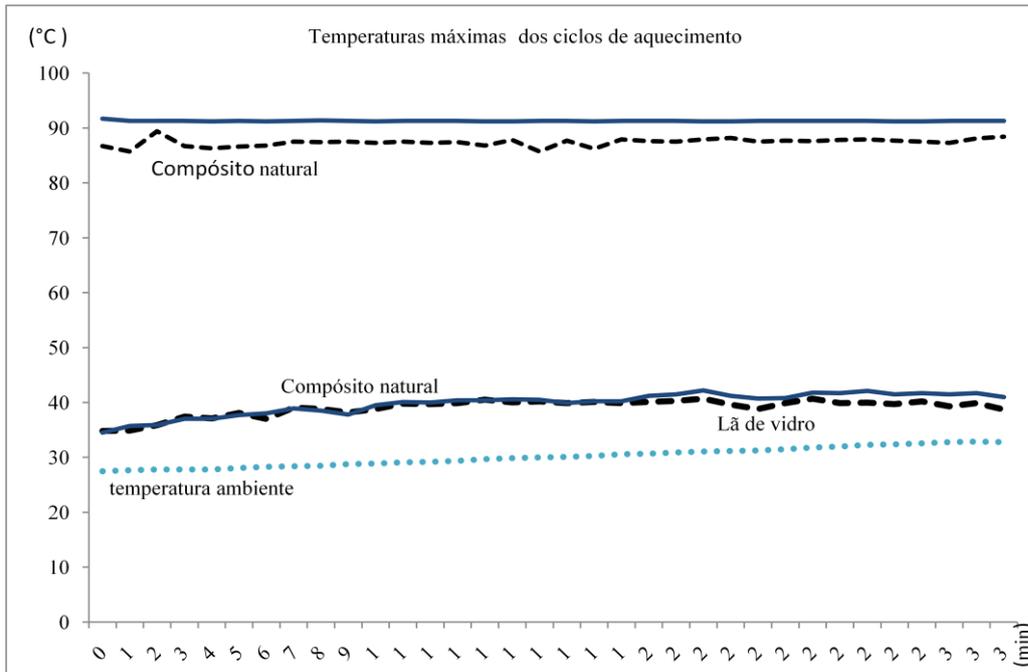


Figura 10: Temperaturas máximas dos ciclos de aquecimento

Na Figura 10, nota-se que as temperaturas máximas da água de saída são pouco menores na placa com isolamento de compósito natural. Com média de 87,4 enquanto que a placa de lã de vidro atingiu 91,3. Nota-se também que a temperatura externa da chapa posterior é praticamente a mesma com média de 39,8 e 39,1.

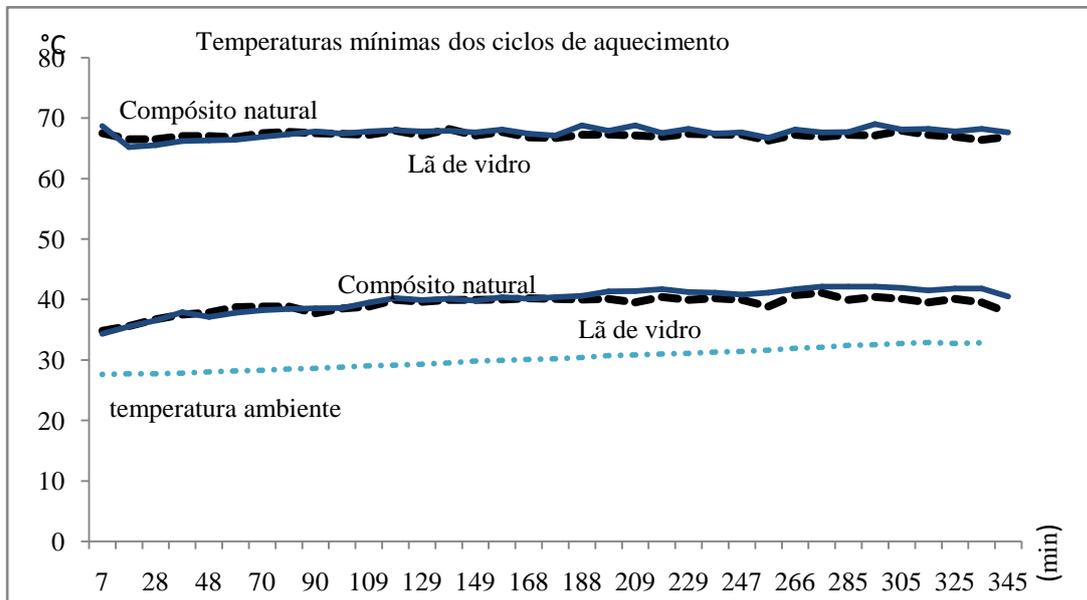


Figura 11: Temperaturas mínimas dos ciclos de aquecimento

A Figura 11 mostra as temperaturas mínimas no inicio de cada ciclo, pode-se notar que ambas são praticamente iguais com média de 67,6 e 67,2. Já a temperatura externa da chapa apresentou média de 39,9 e 39,2.

A integração da energia coletada do sol para os 34 ciclos, obtida pela somatória do produto da capacidade volumétrica de cada painel pela diferença de temperaturas máxima e mínima da água revelou um valor de 564 kcal e 684 kcal.

## 5. CONCLUSÃO

A placa de material compósito utilizando gesso como aglutinante, juta como elemento de estrutura e casca de arroz e talo de girassol como componentes de isolamento térmica, revelou-se factível, porém a hipótese de que a isolamento térmica seria igual ou superior a lã de vidro não foi corroborada.

No entanto há que considerar alguns aspectos, o primeiro deles sobre a limpeza do vidro que na manipulação para inserir as placas de compósito recebeu um pouco de resíduo de gesso sobre a superfície interna. Em segundo, a distribuição das quantidades de talo de girassol e casca de arroz não foi otimizada. Terceiro, os talos de girassol foram colocados no seu formato original, cilíndrico e irregular. Uma seleção visando a uniformidade dos diâmetros dos cilindros e uma operação de desbaste para melhor encaixe entre eles pode levar a uma melhora de desempenho. Quarto, o grau de compactação e de proporção entre o gesso e casca de arroz no preenchimento interno também poderia eventualmente levar a uma melhora no desempenho. E por fim, a substituição da casca de arroz por córtex do talo de girassol particulado merece ser considerado.

Como visto, a estrutura do talo de girassol é semelhante aquela de um polímero expandido revelando potencial de isolamento térmica. Estudos suplementares merecem ser realizados, sobre o tempo de vida do material no regime de operação de painéis solares térmicos de baixa temperatura; na seleção da variedade de girassol (*Helianthus annuus*) mais adequado para essa finalidade; nos tratamentos culturais agrônômicos e, inclusive, o desenvolvimento de variedades transgênicas adequadas à isolamento térmica.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. F. **Desenvolvimento de um sistema de posicionamento automático para painéis fotovoltaicos**. 2008, 168 fls. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual de São Paulo- UNESP. Botucatu – SP, 2008.

Associação Brasileira do Gesso – ABRAGESSO. Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/index1.php/19/meio-ambiente>>. Acesso em: 04 Fev. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220-2: 2005** desempenho térmico de edificações parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. ABNT, Rio de Janeiro, 2005. 34 p.

ALVES, C. *Ecodesign* of automotive components making use of natural jute fiber composites. **Journal of Cleaner Production** v.18, n. 4, p. 313–327, 2010.

BOABAID NETO, C. **Transferência de calor. vol. II - Isolamento térmico**. In: CURSO TÉCNICO EM REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO, São José: IF-SC, 2009, 17 p. Apostila.

DOAN, T. T. L. **Investigation on jute fibres and their composites based on polypropylene and epoxy matrices**. 2006, 138 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Técnica de Dresden, 2006.

CATAI, R. E.; PENTEADO, A. P.; DALBELLO, P. F. **Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico**. In: 17º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, 2006.

CAVALCANTI, W.S.; LIMA, A.G.B; CARVALHO, L.H. Sorção de Água em Compósitos de Poliéster Insaturado Reforçados com Tecido de Juta e Juta/Vidro: Modelagem, Simulação e Experimentação. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 20, n. 1, p. 78-83, 2010.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Girassol**. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=54](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=54)>. Acesso em: 12 Mar. 2013.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. Sistemas de Produção, 3 Versão Eletrônica. Nov./2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap18.htm>>. Acesso em: 28 Nov. 2012.

FAROOQUE, K. N.; ZAMAN, M.; HALIM, E.; ISLAM, S.; HOSSAIN, M.; MOLLAH, Y. A.; MAHMOOD, A. J.; Characterization and Utilization of Rice Husk Ash (RHA) from Rice Mill of Bangladesh. **Bangladesh Journal of Scientific. Industrial Research**. v.44, n. 2, p. 157-162, 2009.

FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 2ª ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 2010. 242p.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler do rio Grande do Sul – FEPAM. **Diretriz Técnica Nº 002/2011: gestão de resíduos caracterizados como casca de arroz e cinzas resultantes do processo de queima da casca**. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/Diret\\_Tec\\_02\\_2011.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/Diret_Tec_02_2011.pdf)>. Acesso em: 22 Nov. 2012.

HAIR, J. F. P. J.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SOMOUEL, P. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. 1. ed. São Paulo: Bookman, 2006.

KARAMAN, S.; SAHIN, S.; GUNAL, H.; ORUNG, I.; ERSAHIN, S. Use of sunflower stalk and pumice in gypsum composites to improve thermal properties. **Journal of Applied Sciences**. v. 6, n. 6, p. 1322-1326, 2006

KENNEDY, C. E. **Review of mid-to-high temperature solar selective absorber materials**. Oak Ridge: National Renewable Energy Laboratory. 2002, 58p.

KOCAMAN, I.; SISMAN, C. B.; GEZER, E. Investigation the using possibilities of some mineral-bound organic composites as thermal insulation material in rural buildings. **Scientific Research and Essays**. v.6(7), pp. 1673-1680, 2011.

KOSSAKA, J. **Método de reciclagem de espuma rígida de poliuretano de refrigeradores e congeladores de uso doméstico**. 68 fls. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e Processos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

MELLO, C. H. P.; Turrioni, J. B.; XAVIER, A. F.; CAMPOS, D. F. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.

NAVROSKI, M. C.; LIPPERT, D. B.; CAMARGO, L.; PEREIRA, M. O.; HASELEIN, C. R. Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. **Ciência da Madeira**, v. 01, n. 01, p. 41-51, 2010.

NEIRA, D. S. M. **Fibra de sisal (*Agave Sisalina*) como isolante térmico de tubulações**. 2005, 80 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

OLIVIER, P. A. The Rice Hull House. **The Last Straw Journal**. n.47, p. 16-17, Full 2004.

ROLLWAGEN, J. R. **Dimensionamento de Coletores Solares para Aquecimento de Água no Centro de Apoio à Criança com Câncer (CACC) Santa Maria/RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ROSSI , L. A, CARDOSO, P. R. BERALDO, A. L. Avaliação térmica de placas de argamassa de cimento e casca de arroz aquecidas por resistência elétrica. **Engenharia Agrícola Jaboticabal**, v.25, n.1, jan./abr. 2005. p.37-45

SOARES, M. S. **Ensaio de Compressão do Gesso.** Universidade Federal do Pará. Marabá. 2009. 9 p.

SEILER, G. J. **Anatomy and Morphology of Sunflower.** In: Sunflower Technology and Production. Org. SCHNEITER, A.A. 1997, 834p.

SPRENGER, R. L. **Aplicação do sistema fechado no aquecedor solar de Água de baixo custo para reservatórios residenciais Isolados termicamente: concepção e comissionamento de um sistema-piloto de testes.** 2007, 105 fls. Dissertação (mestrado em construção civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

WALTER, J. P.; ROSSATO, M. V. **Destino do resíduo casca de arroz na microrregião de Restinga Seca - RS:** um enfoque à responsabilidade sócio ambiental. VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2010.

WEN, J.; WANG, Q.; JIN, Q.; PAN, Z. Study on the structure, composition and performance of natural polymer. **Functional Materials Letters.** v. 3, n. 3, p. 207–212, 2010.

WERLANG, E. B.; SANTOS, J. M.; RODRIGUEZ, A. L. W.; SCHNEIDER, R. C. S. **Avaliação do material produzido a partir do caule de girassol como adsorvente de azul de metileno.** In: 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Florianópolis, 2011.