



ESTUDO DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SUPERFÍCIES SOLARES COM A UTILIZAÇÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO NANOESTRUTURADO

Adrison Carvalho de Loreto – adrison2010@hotmail.com
Universidade de Santa Cruz do Sul
Avenida Independência n° 2293
96816-010 – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul

Felipe Rezes De Barros – feliperezesbarros@hotmail.com
Universidade de Santa Cruz do Sul
Avenida Independência n° 2293
96816-010 – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul

Bruna Grazielle Sins – brunagsins@gmail.com
Universidade de Santa Cruz do Sul
Avenida Independência n° 2293
96816-010 – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul

Adriane Lawisch Rodriguez – adriane@unisc.br
Universidade de Santa Cruz do Sul
Avenida Independência n° 2293
96816-010 – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul

Diosnel Antonio Rodriguez López – dlopez@unisc.br
Universidade de Santa Cruz do Sul
Avenida Independência n° 2293
96816-010 – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul

Resumo: A energia solar aparece como uma das melhores alternativas de obtenção de energia limpa devido ao seu baixo potencial poluidor, além de ser abundante, o que permite a descentralização e expansão do seu uso. Dentre as formas de utilização deste tipo de energia, os painéis fototérmicos tornam-se bastante promissoras, uma vez que no Brasil aproximadamente 30% da energia elétrica consumida é destinada ao aquecimento de água. Através destas prerrogativas o presente trabalho, tem por objetivo a agregação de Dióxido de Titânio nanoestruturado em tintas utilizadas na pintura de painéis fototérmicos de sistema de aquecimento solar de água, visando o aumento da eficiência de conversão de energia solar, concomitante a possível substituição do material estrutural de captação, diminuindo assim o elevado custo deste tipo de sistema. A síntese do Dióxido de Titânio nanoestruturado foi realizada pelo método sol-gel e posteriormente agregado em uma tinta preta fosca, comercialmente utilizada para pintura deste tipo de painel. Através da comparação em diferentes cenários, observou-se ganho de eficiência de conversão de energia solar de aproximadamente 5%, e com substituição do material estrutural por aço foi alcançada eficiência próxima a do material estrutural comercial, resultado este com bastante relevância, uma vez que há elevação do custo benefício com esta substituição.

Palavras-chave: Painel fototérmico, eficiência energética, dióxido de titânio, área superficial, energia solar.

REALIZAÇÃO



PUCRS



ORGANIZAÇÃO



www.officemarketing.com.br

INFORMAÇÕES

Fone +55 (51) 2108 3111
qualidade@officemarketing.com.br



Study of improving efficiency of solar surfaces with the use of nanostructured titanium dioxide

Abstract: *The solar energy stands out as one of the best ways to obtain clean energy due to their low pollution potential, in addition to being abundant, what allows decentralization and expansion of its use. Among such use forms this type of energy, the photothermal panels become very promising, since in Brazil approximate 30% of electricity consumed and aimed the water heating. Through these facts, the present work aims at the aggregation of titanium dioxide nanostructured paints used in painting photothermal panels of solar water heating system, aiming to increase solar energy conversion efficiency, concomitant the possible replacement of structural funding equipment thus reducing the high cost of this type of system. The synthesis of nanostructured titanium dioxide was held by sol-gel method and then added in matte black ink used commercially paragraph paint this type of panel. Through the comparison of different scenarios, there was gain solar energy conversion efficiency around 5% and replacement of the structural steel material has reached the commercial efficiency close structural material, a result quite important, since there is high cost benefit with this substitution.*

Key-words: *Photothermal panel, energetic efficiency, titanium dioxide, surface area, soil energy.*

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o aumento da demanda energética e consequente escassez de combustíveis fósseis, tem motivado a procura por energias limpas e não menos eficientes (GOMES, 2012). Através destas afirmativas, o uso da energia solar tem sido considerado significativamente importante. A sua maior vantagem quando comparada com outras formas de energia é a classificação da mesma como energia limpa, onde há o suprimento com baixo potencial geração de poluição (KALOGIROU, 2004).

O aquecimento solar de água tem sido tratado com prioridade em pesquisas devido aos ganhos ambientais e econômicos proporcionados pelo mesmo. Contudo, ainda existem dificuldades em relação à tecnologia dos equipamentos utilizados para a realização da conversão e manutenção da energia para o processo de aquecimento de água, que deverão ser solucionados para que possa haver uma proposta de substituição do uso da energia elétrica de matrizes fósseis pela energia solar.

A Nanociência e a Nanotecnologia entram como ferramentas fundamentais para uma proposta de ganho energético devido à capacidade de reestruturação e modificação de materiais, alterando assim suas características e capacidades (TORMENTO, 2015). O Dióxido de Titânio (TiO_2) tem sido estudado devido a diferenciação de suas propriedades em escala manométrica, as quais podem proporcionar aumento de eficiência de captação energética quando agregadas às tintas, fazendo com que se aumente a área de absorção de energia solar.

O presente trabalho tem como objetivo realizar modificações em superfícies coletoras (placas de absorção de energia solar) de um sistema de aquecimento solar de água, agregando Dióxido de Titânio nanoestruturado para a melhoria de eficiência energética do sistema, concomitante ao aumento da relação custo benefício proporcionada pela proposta de substituição de materiais na confecção da placa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Radiação solar

Segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica - CRESESB (2000), a radiação solar que atinge a superfície terrestre diariamente é aproximadamente 10 mil vezes o total de energia consumida em todo planeta. Contudo, o índice de incidência solar varia de acordo com a latitude de cada local. Tomando como referência o Atlas solarimétrico observa-se que o Brasil é irradiado por aproximadamente 18 MJ/m²-dia, tornando assim o uso de energia solar uma opção de primeira escala.

REALIZAÇÃO



PUCRS



ORGANIZAÇÃO



INFORMAÇÕES

Fone +55 (51) 2108 3111
qualidade@officemarketing.com.br

A escolha da inclinação do sistema de aquecimento solar está diretamente ligada a latitude do local onde o mesmo será usado. A inclinação ideal é obtida através do posicionamento do sistema igual à latitude do local + 15°, ou seja, a altura solar média no inverno ao meio dia (SIMÕES et al., 2012).

Uma vez que se tenha a absorção da radiação solar, o sistema de aquecimento solar de água é responsável por converter essa energia radioativa em energia térmica e consequentemente aquece a água.

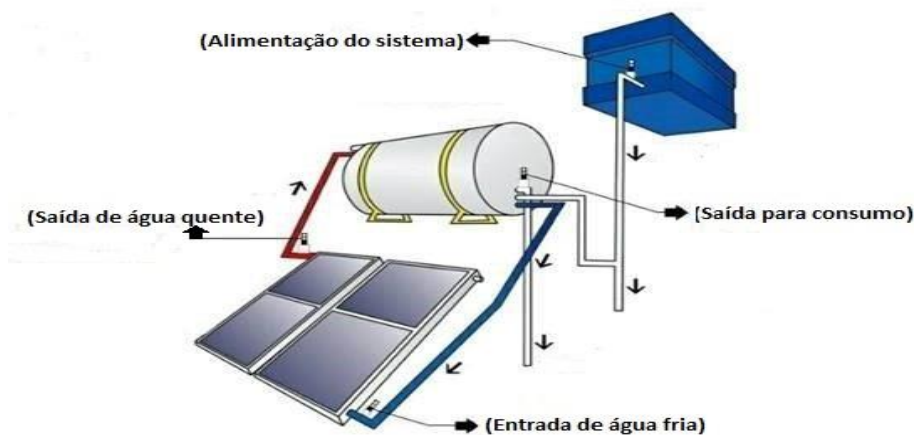
2.2 Sistema de absorção de calor

Os sistemas de aquecimento de água se classificam em um contexto geral como uma das principais formas de captação de energia, pois convertem a energia solar em térmica para o aquecimento de água. O processo empregado trabalha em torno de um corpo negro absorvedor. Assim como as cores claras refletem a radiação, as cores escuras as absorvem e essa absorção é tanto maior quanto mais próximas estiverem da cor negra. Com base nessa propriedade, as placas absorvedoras dos captadores planos são pintadas de preto fosco. A propriedade da superfície negra, aliada à propriedade que o vidro tem de recuperar grande parte da radiação emitida pela superfície negra quando a lâmina de vidro está colocada acima da placa absorvedora, é aproveitada para que haja conversão de energia radiante em energia térmica no coletor (MEDEIROS, 2012).

Para que ocorram as diferentes transferências de calor a partir da absorção de radiação pela qual o sistema é submetido, faz-se necessário o cuidado com determinados parâmetros de grande influência nesse processo. Primeiramente, a radiação incidente ultrapassa o vidro que se localiza acima do corpo negro que compõe a superfície absorvedora e atinge o corpo negro. A passagem da radiação pelo vidro no primeiro instante proporciona uma alteração no comprimento de onda, causando um aprisionamento dos raios solares dentro da placa absorvedora e consequentemente aquecendo o sistema.

O corpo negro é aquecido pela radiação e por condução aquece a água que flui dentro do sistema. Quanto maior for a capacidade de aquecimento do corpo negro, maior será o aquecimento da água por transferência de calor e consequentemente, melhor eficiência terá o sistema.

Figura 1: Funcionamento sistema de aquecimento solar de água.



2.3 Dióxido de Titânio

O Dióxido de Titânio (TiO_2) atua como agente principal na composição de tintas em um âmbito geral. Um terço dos materiais que compõem as tintas é advindo do Dióxido de Titânio (CONCEIÇÃO, 2006). Este material é responsável pelo aumento da alvura e opacidade da tinta sem prejudicar outras propriedades como brilho e viscosidade da tinta.

A síntese de nanomateriais tem ganhado espaço no mundo da pesquisa devido às propriedades adquiridas através do uso das mesmas em função a redução da escala em que se encontra o material.

Essas propriedades estão basicamente ligadas à diferença da área superficial de uma nano-partícula quando comparada com a área de uma partícula convencional. Uma partícula é nanoestruturada desde que a granulometria da mesma se enquadre entre 0,1 - 100 nanômetros. Desta forma a adição do TiO₂ nanoestruturado em tintas proporciona um aumento significativo na captação de energia solar em função do material nanoestruturado possuir um ganho de área superficial (TORMENTO, 2015).

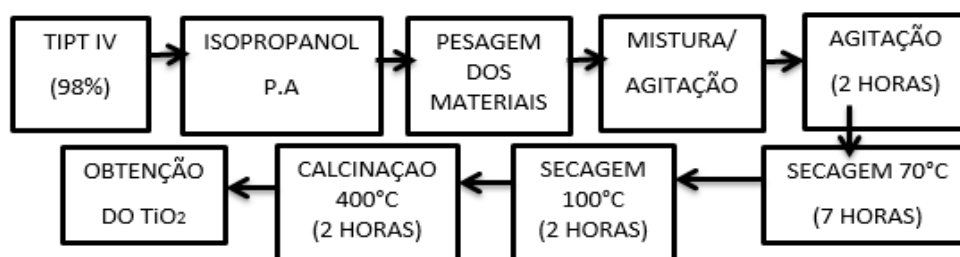
3. METODOLOGIA

Considerando as informações citadas a respeito do potencial de utilização da energia solar, assim como as vantagens obtidas referentes ao aquecimento de água através da energia solar, o presente trabalho propõe alterações relacionadas aos componentes da placa coletora de um sistema de aquecimento de água, objetivando o aumento do calor absorvido e proporcionando assim, melhor eficiência no sistema.

3.1 Síntese do Dióxido de Titânio nanoestruturado

A síntese de TiO₂ nanoestruturado para ser agregado juntamente a tinta preta fosca, foi realizada conforme fluxograma da Figura 2.

Figura 2: Fluxograma da metodologia para obtenção de TiO₂.



3.2 Elaboração dos diferentes cenários

Após ter sido realizada a síntese de produção do TiO₂, diferentes porcentagens do mesmo foram agregadas em tinta preta fosca, a qual foi utilizada para pintar placas de metal com o objetivo de realizar pré-testes de eficiência energética conforme Tabela 1.

As porcentagens foram selecionadas a partir das informações obtidas na literatura cujas descrevem que ao utilizar valores de Titânio nano estruturado maiores que 5% em uma massa de tinta, as propriedades advindas do mesmo são afetadas e causa instabilidade na tinta, o que conseqüentemente não proporciona aumento na capacidade de absorção da radiação solar (ANGHINETTI, 2012).

Tabela 1: Descrição dos Cenários submetidos ao teste de eficiência energética.

Cenário	Descrição
A	Tinta preta fosca
B	Tinta preta fosca + 3% TiO ₂ comercial
C	Tinta preta fosca + 5% TiO ₂ comercial
D	Tinta preta fosca + 3% TiO ₂ nanoestruturado
E	Tinta preta fosca + 5% TiO ₂ nanoestruturado

3.3 Realização de pré-testes em escala de bancada

Os sistemas foram expostos à radiação solar durante 7 horas consecutivas, onde foram realizadas as leituras de temperatura de cada um dos cenários em um intervalo de 30 minutos. Os resultados apresentados na Figura 3 são representados pela rampa de aquecimento dos diferentes cenários em função do período de medição.

Figura 3: Sistema de comparação das formulações de tintas com diferentes porcentagens de TiO_2 .



3.4 Modificações em um protótipo de sistema de aquecimento solar de água

As propostas de modificações necessárias em um sistema aquecimento solar de água foram realizadas em um protótipo de um sistema de aquecimento solar de água (Figura 4) fabricado na Universidade de Santa Cruz do Sul, cujo mantém a escala de um sistema de aquecimento solar industrial em tamanho real. As modificações realizadas levaram em consideração todos os fatores que podem contribuir para a eficiência do processo.

Os sistemas de aquecimento solar de água que são comercializados utilizam o cobre como principal material constituinte da placa de absorção de energia solar para o aquecimento da água devido ao seu alto potencial de absorção. No entanto, a utilização do cobre faz do sistema de aquecimento de água um produto de alto custo. Por esta razão, além da agregação do titânio na tinta componente da placa absorvedora, foram realizados testes de comparação entre o cobre e o aço galvanizado como materiais componentes da superfície absorvedora.

Figura 4: Protótipo Sistema de aquecimento de água.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

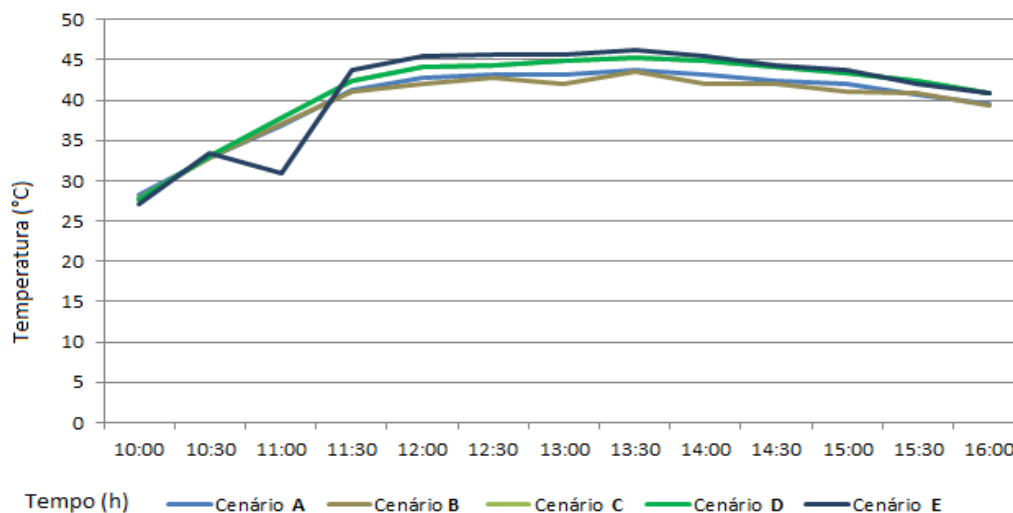
4.1 Caracterização do Dióxido de Titânio nanoestruturado

Análise de área superficial mostrou que o TiO_2 produzido pela rota apresentada possui área de $82 \text{ m}^2/\text{g}$, compatível com valores encontrados na literatura (GÓES et al., 2011) para este tipo de material produzido pelo método sol-gel. Este valor de área superficial favorece a sua agregação em tinta fosca para uma maior absorção de radiação solar em função de sua elevada área superficial, se comparada ao material em escala que não a nanométrica.

4.2 Resultados de eficiência das placas nos testes de bancada

Analisando os resultados obtidos através da Figura 5, observa-se que nas primeiras duas horas de teste, o cenário **E** obteve maiores valores na rampa de aquecimento. Assim como, durante as últimas quatro horas de medições, o cenário **E** apresentou maior decaimento de temperatura, demonstrando assim, melhor condução de energia térmica em relação aos outros cenários.

Figura 5: Comparação entre as diferentes formulações de TiO_2 em escala de bancada.



Adotando como parâmetro a pequena variação entre os cenários **D** e **E**, bem como a menor quantidade de TiO_2 a ser agregado na tinta da placa, optou-se pela formulação do cenário **D**, para ser testada em placas de absorção solar de um protótipo de aquecimento solar de água fabricado na Universidade de Santa Cruz do Sul. A justificativa da escolha deste cenário se deu em função da menor quantidade de TiO_2 , pois por ser material nanoestruturado não se sabe exatamente o seu comportamento com relação ao seu descarte no meio ambiente.

4.3 Análise da Eficiência energética

A análise da eficiência térmica (N) das superfícies solares usadas neste trabalho, descritas na Tabela 2, foi realizada através da relação entre a quantidade de calor absorvido (Q_u) e a demanda de calor incidente (Q_i) pelo qual o sistema foi exposto durante os períodos de medições.

Alguns parâmetros adotados a fim de padronizar um sistema de equações, permitindo assim, a comparação entre os diferentes cenários. O fluxo mássico de água, por exemplo, foi calculado a partir do volume de água que circula dentro do sistema pelo período de 3600 segundos.

$$Q_u = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$c_p = 4189 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

$m = 3\text{kg}/3600\text{s} = 0,00083 \text{ kg/s}$

ΔT = Maior variação entre a entrada e saída da placa em 1 hora.

$$Q_i = A \cdot I \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$A = 0,05\text{m}^2$

I = Média da radiação no intervalo de 1 hora.

$$\text{Eficiência do Sistema: } N = \frac{Q_u}{Q_i} \quad (\text{Equação 3})$$

Tabela 2: Descrição dos cenários submetidos ao teste de eficiência.

Cenário	Material
0	Chapa de cobre + tinta comercial
1	Chapa de cobre
2	Chapa de aço galvanizado
3	Chapa de cobre + tinta comercial com 3% TiO ₂ nanoestruturado
4	Chapa de aço galvanizado + tinta comercial com 3% TiO ₂ nanoestruturado

As medidas foram realizadas entre Janeiro e Março de 2016. Os dados da radiação solar, foram disponibilizadas pela Estação Meteorológica da Universidade de Santa Cruz do Sul. Seguindo o sistema das equações 1, 2 e 3 foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 3.

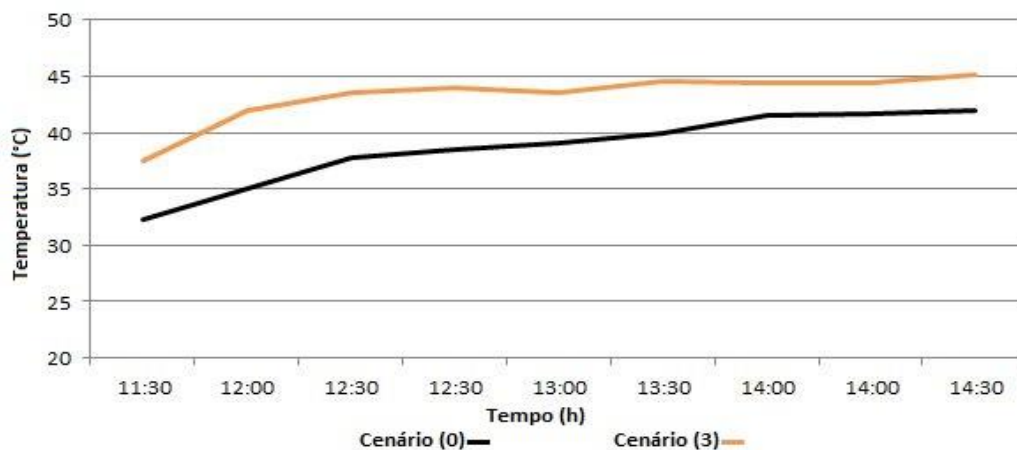
Tabela 3: Eficiência energética dos diferentes cenários.

Cenário	Taxa de aquecimento em 1 hora	Eficiência Térmica
0	5,65 °C	54%
1	5,10 °C	46%
2	4,45 °C	40%
3	6,10 °C	59%
4	5,45 °C	52%

Ao analisar os resultados obtidos, pôde-se identificar a grande contribuição relacionada à agregação do dióxido de titânio nas tintas. A comparação entre os cenários compostos com cobre mostrados na Figura 6, mostra um aumento de 0,6 °C na absorção de temperatura durante uma hora, ao utilizar o titânio nanoestruturado no sistema, o que comprova a melhoria no potencial de absorção da radiação solar.

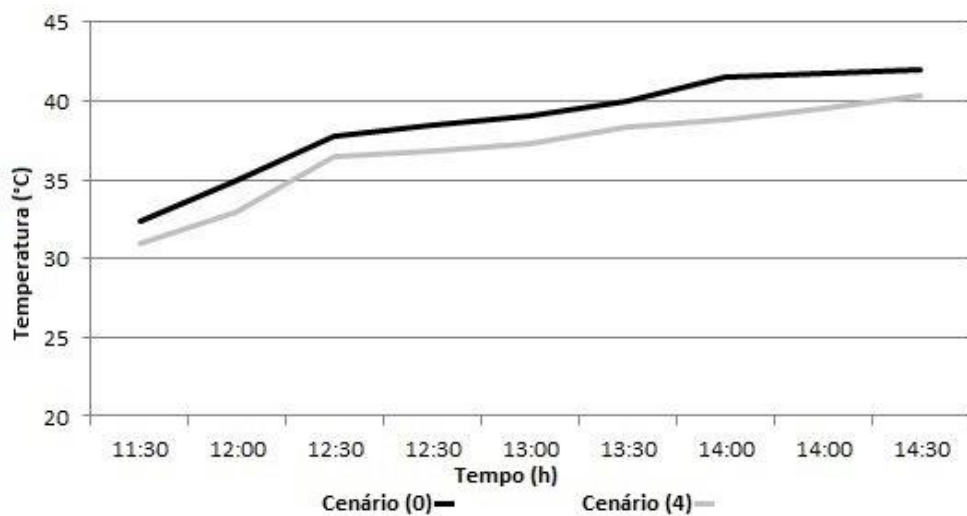


Figura 6: Comparação entre os cenários 0 e 3.



Considerando a diferença do potencial de absorção entre o aço e o cobre mostrado na Figura 7, o cenário 4 apresentou eficiência próxima ao cenário comercial. O comportamento da rampa de aquecimento ao utilizar a chapa de aço, pintada com tinta agregada com dióxido de titânio nanoestruturado, possibilitará a proposta de substituição do cobre pelo aço no sistema, o que consequentemente acarretará uma redução de custos para produção do mesmo.

Figura 7: Comparação entre os cenários 0 e 4.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, através dos testes realizados, conclui-se que a agregação do dióxido de titânio nanoestruturado em painéis fototérmicos, fornece um aumento significativo da absorção de energia solar, em função de sua maior área superficial, proporcionando melhor eficiência no potencial de aquecimento de água de um sistema de aquecimento solar de água. Os acréscimos de eficiência foram da ordem de 5% nas placas de cobre com a tinta agregada com dióxido de titânio nanoestruturado. Com a substituição do material estrutural por aço foi alcançada eficiência próxima a do material estrutural comercial, resultado este com bastante relevância, uma vez que há melhoria do custo benefício com esta substituição.



REFERÊNCIAS

- ANGHINETTI, I. Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias. Belo Horizonte, Jan. 2012.
- GÓES M. S., et al. Synthesis and characterization of mesoporous tio2 nanostructured films prepared by a modified sol-gel method for application in dye solar cells. Campinas, Set. 2011.
- KALOGIROU, S. A. Solar thermal collectors and applications. Progress in energy and combustion science, Melbourne, v. 30, n. 3, p. 231-295, Dez. 2004.
- MEDEIROS, M. Simulação e avaliação de um sistema de aquecimento solar de água utilizando balanço energético. Cascavel, Set. 2012.
- SIMÕES, F.; FERREIRA, T. Estudo sobre a produção, utilização e uso dos painéis solares como fonte de energia renovável. São Paulo, jan. 2012.
- TORMENTO, L. Uso de Nano ZnO em tintas. LT Químicos, 2015.

REALIZAÇÃO



PUCRS



ORGANIZAÇÃO



www.officemarketing.com.br

INFORMAÇÕES

Fone +55 (51) 2108 3111
qualidade@officemarketing.com.br