

ESTUDO DA VIABILIDADE DE AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE COLETORES SOLARES TÉRMICOS COMO FORMA DE DIVERSIFICAR A MATRIZ ENERGÉTICA PELA PRODUÇÃO DE SUPERFÍCIES SELETIVAS DE ALTA EFICIENCIA

Data de submissão: 10/12/2023

Data de aceite: 01/02/2024

Luiz Carlos de Lima

Universidade Estácio de Sá
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/9446570774878019>

Guilherme Fialho Moreira

Universidade Estácio de Sá
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/3693289548691924>

Gevanir Patricio de Oliveira Junior

Universidade Estácio de Sá
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/4024587600758138>

Rafael dos Santos Cruz Paula

Nanotex
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/0438673276285724>

Renata Antoun Simão

Universidade Federal do Rio de Janeiro –
Departamento de Engenharia Metalurgica
e de Materiais
Rio De Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/7450433597868881>

diretamente relacionado com esse crescimento. O índice desse aumento é maior nas regiões norte e nordeste do país. Nos últimos anos, os brasileiros se depararam com os termos “bandeira tarifária amarela” e “bandeira tarifária vermelha” na conta de luz, que são taxas relacionadas à geração de energia elétrica. Fatores climáticos como escassez de chuvas também podem interferir diretamente no custo da geração de energia.

No Brasil, a posição geográfica e o clima são fatores que privilegiam a geração de energia por hidrelétricas. Pesquisas recentes da ONS-BR mostram que o maior vilão no consumo de eletricidade em uma residência é o chuveiro, consumindo cerca de 25% da demanda de energia chegando até 13% da demanda nacional durante o horário de pico, entre 18 às 22 horas. No entanto, ainda existem regiões que não possuem acesso à energia elétrica, sendo substituída por processos térmicos de geração de energia, tal como a queima de derivados do petróleo ou cana de açúcar.

No contexto de buscar soluções para aumentar a oferta de energia, a viabilidade do uso de energias renováveis limpas, que não emitem outros poluentes no meio ambiente, passa a ser bastante questionado

RESUMO: O Brasil atualmente passa por um período de crescimento populacional, o aumento do número de novas residências e o consumo de energia elétrica está

e vislumbrado como uma alternativa para diversificar a matriz energética de forma a diminuir a dependência do regime de chuvas, sustentar o crescimento do país e atender áreas onde a geração de energia é realizada por queima de derivados do petróleo e cana.

PALAVRAS-CHAVE: sustentabilidade, energia limpa, educação ambiental, energia renovável.

STUDY ON THE VIABILITY OF INCREASING THE EFFICIENCY OF SOLAR THERMAL COLLECTORS AS A WAY OF DIVERSIFYING THE ENERGY MATRIX THROUGH THE PRODUCTION OF HIGH-EFFICIENCY SELECTIVE SURFACES

ABSTRACT: Today Brazil is going through a period of population growth. The increase in the number of new homes and consumption of electricity is directly related to this growth. Regions where this increase is greatest are the north and northeast of the country.

In recent years, Brazilians have come across the terms yellow and red tariff flag on their electricity bills, which are fees related to the generation of electrical energy. Climatic factors such as lack of rainfall can directly affect the cost of energy generation.

In Brazil, the geographic position and the climate are factors that privilege the generation of energy hydroelectric. Recent research by ONS-BR shows that the biggest villain in consumption of electricity in a home is the electric shower, consuming around 25% of energy demand or up to 13% of electric energy during peak hours, between 6 pm and 10 pm. However, there are still regions that do not have electricity, where are using burn of petroleum and sugarcane derivatives.

In the context of solutions to increase energy supply, the viability of using clean renewable energy is now widely questioned and seen as an alternative to diversify the energy matrix, reducing dependence on rainfall, to sustain the country's growth and serve areas where energy is produced by burning petroleum derivatives and sugarcane.

KEYWORDS: sustainability, clean energy, environmental education, renewable energy.

PROBLEMATIZAÇÃO E SOLUÇÕES EM ENERGIA SOLAR TÉRMICA

O Brasil atualmente passa por um período que o consumo de energia elétrica tem aumentado gradativamente. Em 2021 este aumento correspondeu a 5,2% do consumo de energia do ano anterior. A classe comercial registra o maior valor de consumo desde abril de 2021, expansão de 6,7% em relação ao mesmo período de 2020. A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) demonstrou que o Brasil registrou, no primeiro trimestre de 2022, uma alta de 0,9% em relação ao mesmo período de 2021.

Estudos da Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) mostram a diferença entre a matriz energética mundial e a matriz energética brasileira, concluindo que fontes de energias renováveis ainda são pequenas comparadas com outras formas de geração de energia no Brasil, principalmente quando se pontua o volume da geração de energia elétrica a partir de fonte solar.

A energia solar pode ser convertida de dois modos, fotovoltaica ou fototérmica. Na primeira é gerada energia elétrica a partir da conversão direta da luz do sol em eletricidade, para tanto a tecnologia mais utilizada são placas formadas por células de poli-silício. Na segunda há uma conversão da luz do sol em energia térmica, através de uma superfície absorvedora que retém grande parte do calor, transmitindo-o a um fluido.

Em sistemas de energia fototérmica, a energia é captada através de painéis solares térmicos, também chamados de coletores solares. Coletores solares são sistemas simples, econômicos e conhecidos por converter a luz do sol em energia térmica que transmite esse calor para fluidos, ou seja o coletor solar é o principal componente dentro de um sistema de aquecimento solar. Esses coletores solares são classificados como coletores de baixa, média e alta temperatura, dependendo da configuração projetada. Coletores solares atuais fornecem calor útil a temperaturas abaixo de 65 graus Celsius. Atualmente no Brasil são utilizados em casas e hotéis para o aquecimento de água para banho em chuveiros e piscinas. Coletores de temperaturas médias são dispositivos que concentram a radiação solar para fornecer calor útil a uma temperatura mais alta, geralmente entre 100°C e 400°C. Podem ser aplicados a Indústria, condomínios, hospitais, entre outras. Por possuírem eficiência superior na conversão térmica, estes coletores de média temperatura podem ser aplicados em demandas de baixa temperatura, como é o caso da aplicação residencial, porém com uma redução significativa na área de coleta solar, ou seja na quantidade de coletores necessários para o mesmo sistema de aquecimento. Coletores de alta temperatura trabalham em temperaturas acima de 400°C. Eles são utilizados em Usinas Heliotérmicas, para geração de energia elétrica por movimentação de turbinas, por exemplo.

No entanto, para conseguir atender à crescente demanda de geração de energia na forma de calor, a indústria de energia solar precisa avançar na pesquisa e desenvolvimento em três grandes áreas:

- (i) novas tecnologias de armazenamento de calor;
- (ii) novos materiais para aumentar a eficiência dos coletores solares;
- (iii) melhorar os projetos atuais, segundo estudo realizado pela ESTTP.

Neste contexto, o desenvolvimento de superfícies seletivas é um dos caminhos para compor as Aletas Seletivas (componente responsável no coletor solar pela conversão da radiação solar em energia térmica na forma de calor), para substituição das aletas normais utilizadas atualmente no mercado (produzidas por tintas automotivas) e sua adaptação em Coletores Solares formando uma nova linha de coletores solares nacionais: Coletores Seletivos com uso da tecnologia de revestimento nanestruturado, baseadas em estruturas de óxidos nano-particulados de titânio, alumínio e outros metais, com alta estabilidade e condução térmica, gerando um aumento na sua eficiência na captação e geração de energia.

Essa substituição de aletas pode levar ao aumento considerável da eficiência de conversão energética, podendo atingir temperaturas de 400°C, dependendo do design e arquitetura do coletor solar. Nesse caso o coletor solar pode ser aplicado a novos mercados como pequenos condomínios, indústrias, hospitais e novos produtos.

Dados apontam que 77% de toda a demanda de energia residencial é do tipo térmica, ou seja, para aquecer ou resfriar ambientes, e apenas 23% necessita de energia elétrica.

O segmento industrial é o maior consumidor de energia, respondendo por mais de um terço da demanda global de energia (31% do consumo final total de energia). No entanto, apesar do grande potencial para atender demanda de energia industrial com fontes renováveis, pouco progresso foi feito para uma transição do consumo de energia do segmento para as energias renováveis, especialmente para processos de baixa temperatura na faixa de 50°C a 200°C, que representam cerca de 35% de toda a demanda por energia térmica da indústria, conforme figura 1.

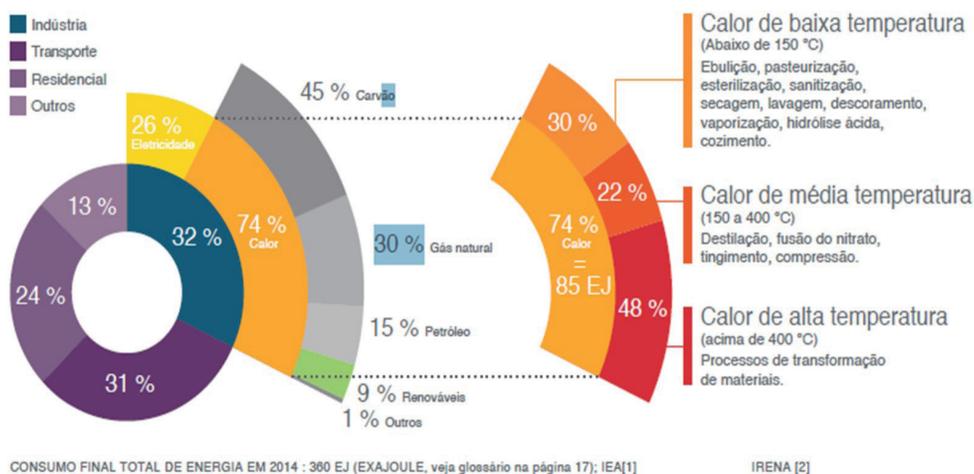


Figura 1: consumo final de energia [14].

A participação de energia renovável na indústria aumentou apenas 3,6 pontos percentuais entre 2011 e 2019, chegando a 16,1%. Enquanto isso, o uso de energia no setor cresceu 1% ao ano em média durante 2010-2019.

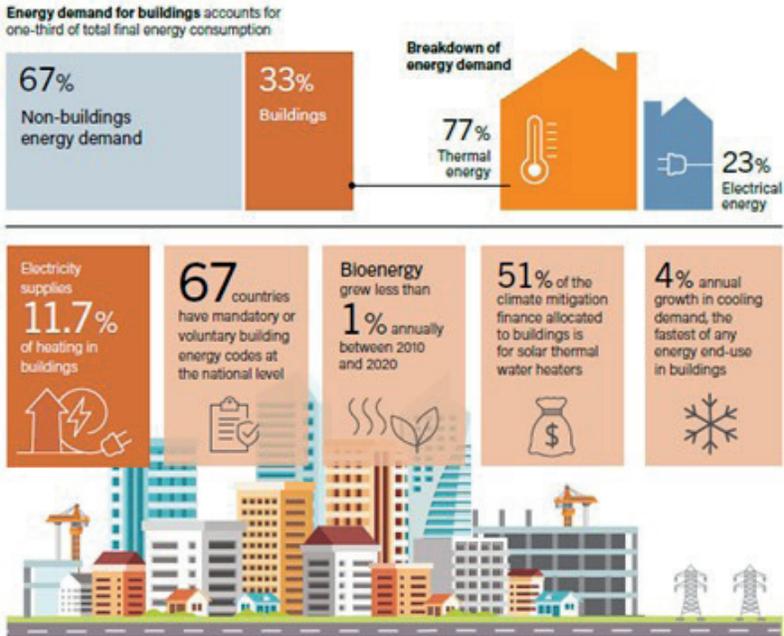


Figura 2: Demanda de energia residencial no mundo [15]

Para finalizar, observa-se que, apesar das imensas demandas por energia térmica em todo o mundo, tanto no mercado residencial quanto no industrial, a pouco crescimento do mercado, que se refletem nos baixos investimentos em 2021, conforme figura abaixo:

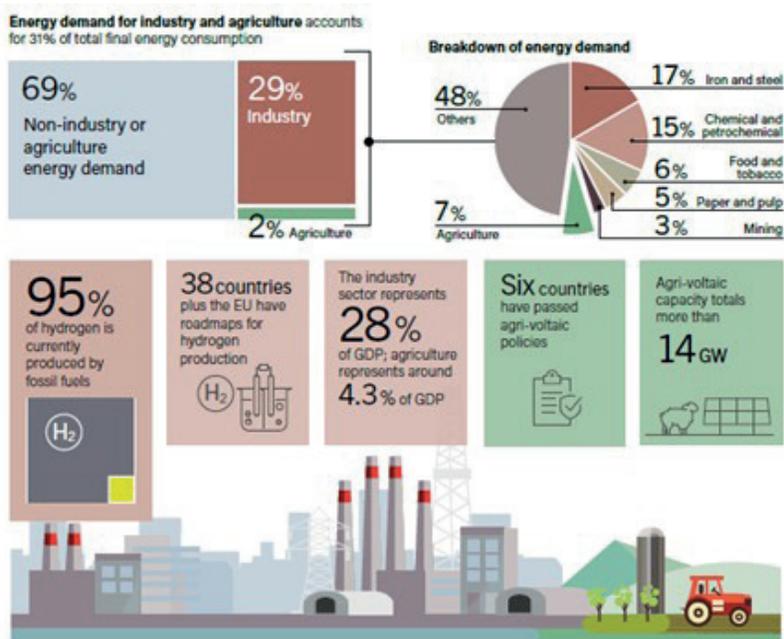


Figura 02: Energia renovável na indústria e agricultura [15]

Se utilizarmos diretamente o calor em baixas temperaturas, cerca de aproximadamente 25,5 EJ podem ser convertidos diretamente em trabalho como ebulição, pasteurização, esterilização, sanitização, secagem, lavagem, descoramento, vaporização, hidrólise ácida, cozimento entre outras.

Além disto, torna-se indiscutível que fontes renováveis de energia são a resposta para a crescente demanda de energia do mundo de forma sustentável com a capacidade de redução da emissão de CO₂.

SUPERFÍCIES SELETIVAS

Aplicação de aquecedores solares térmicos em habitações de interesse social e industrial é vista hoje no Brasil como uma prática comum para a redução do consumo de energia elétrica. No entanto, a eficiência dos painéis para coletores solares ainda é baixa por falta de tecnologia nacional limitando as aplicações dos coletores. Ao se aplicar superfícies seletivas em coletores solares tradicionais com designers e geometrias diferenciadas pode-se de aumentar a eficiência de conversão energética

Apesar de o Brasil ser um país onde a taxa de irradiação solar é tão alta em relação à taxa encontrada em outros países é importante aumentar a eficiência de coletores e nacionalizar a tecnologia de produção de superfícies seletivas, visto que a crescente preocupação com crise energética faz com que a energia sustentável seja considerada uma alternativa promissora com papel cada vez mais importante [7].

Nos últimos anos tem se intensificado a busca por soluções que visam substituir as matrizes energéticas atuais por fontes de energia renovável. Nesse sentido a fototérmica torna-se uma das formas de energia mais desenvolvida, principalmente pelo crescente consumo de energia do uso residencial que pode se estender à indústria [7].

A eficiência dos coletores solares térmicos pode ser aumentada melhorando as propriedades da superfície que absorve e converte a luz solar em calor, tais como aumentando o coeficiente de absorvância no espectro visível (VIS - 0,3-2,5 μ m) e diminuindo as perdas térmicas utilizando materiais com baixa emitância na região do infravermelho (IR - 2,5-20 μ m)[7,9,11,12]. Superfícies com estas características são ditas superfícies seletivas e apresentam melhor performance atingindo temperaturas mais elevadas, aumentando a gama de aplicações passando a atender com grande eficiência a indústria como por exemplo no aquecimento de água para a produção de calor e atendendo condomínios de pequeno porte.

Materiais e combinações de materiais diferentes têm sido testados como superfícies seletivas com especial interesse no desenvolvimento de materiais micro ou nano estruturados compostos de pequenas partículas metálicas dispersas em uma matriz dielétrica [1-5]. Dependendo das condições de produção estes recobrimentos podem apresentar diferentes composições e até variações da quantidade de partículas metálicas ao longo

da espessura do recobrimento levando a propriedades físicas e químicas interessantes. É possível se obter superfícies com ótimas propriedades óticas (absortância maior que 96% e emitância térmica menor que 10%) e maior resistência à corrosão, dada pelo aumento da condutividade elétrica e a diminuição do campo elétrico no óxido. É reportado na literatura também um aumento da estabilidade térmica de óxidos mistos em relação à estabilidade de superfícies de óxidos cobre ou alumínio puros [7, 9, 11].

Dentre os possíveis modos de produção de óxidos mistos ou superfícies de óxidos nano estruturadas por partículas metálicas, a eletroquímica é uma técnica de produção barata e facilmente implementada em uma linha de produção. Por outro lado, gera um resíduo químico que contrapõe a natureza limpa característica da produção de energia renovável por absorção solar. Outra técnica que tem sido avaliada para produção de recobrimentos mistos em larga escala é a técnica de deposição física (PVD) por magnetron sputtering. Magnetron Sputtering reativo permite a produção de recobrimentos cerâmico-metálicos, ditos cermet, com uma porção definida de partículas magnéticas. Com essa técnica podem ser produzidas ligas de metais-óxidos [3], metais-nitretos e mesmo de metais-oxinitretos[6] sem gerar resíduo, de forma limpa e ambientalmente correta.

Superfícies seletivas de $Al_xTi_{1-y}(O_xN_{1-x})$ foram produzidas para validar o conceito de projeto de simulação desenvolvido por I. Heras e foi encontrado excelentes resultados confirmando que esse material pode ser aplicado à superfícies seletivas com boa estabilidade térmica até 800°C [8-9].

Filmes de Al dopado com fase CrN além de apresentar reflectância e absortância características de superfícies seletivas de TiN na região do espectro solar, entre 300 e 2600 μm , exibem características naturais de semicondutores e são indicados a materias para superfícies seletivas aplicados a alta temperatura com boa estabilidade térmica [11].

Geralmente essas superfícies podem ser depositadas sobre substratos de alumínio ou cobre, dependendo dos metais escolhidos para serem os conversores de luz em calor é necessário utilizar uma camada intermediária aglutinadora que faz com que haja adesividade e afinidade entre substrato e camada absorvedora. A camada absorvedora pode ser composta por diversos materiais ou seus óxidos e por fim uma camada anti-reflectiva para evitar as perdas térmicas.

IMPACTO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL

Aletas seletivas faz parte de uma tecnologia de Impacto em coletores solares para geração de energia térmica e elétrica com mais eficiência que os atuais em um só equipamento, reduzindo o tamanho de coletores e diminuindo gastos energéticos não renováveis, onde cada m^2 de coletor solar instalado gera uma economia média de 1.600 kWh/ano e evita a emissão de 2.000Kg/ano de CO_2 na atmosfera. Com isso a implementação dessa tecnologia aumenta a possibilidade de capacitação de mão de obra especializada e renda.

O Brasil é o quinto maior mercado mundial de coletores solares térmicos. De acordo com a ABRASOL em 2022 já tínhamos no Brasil 20 M de m² de coletores térmicos instalados com receita anual 1.4 B. de reais. Segundo a ABRASOL são instaladas 170 mil soluções anualmente no Brasil, fazendo com que este mercado movimente mais de 2.1 bilhões de reais por ano. Em 2023 pela primeira vez na história do Brasil, a energia solar térmica apareceu no mapa da matriz energética brasileira, com significativos 0,7% de toda energia gerada no país.

No Brasil a Nanotex, empresa do setor de pesquisa em nanotecnologia, tem buscado soluções para diversificar o mercado nacional no que se refere a modificação de superfícies com nanotecnologia para produção de novas aletas seletivas.

CONCLUSÕES

Nesse artigo foi discutido sobre a viabilidade de se adaptar coletores solares térmicos já existentes no mercado substituindo as aletas comuns por aletas seletivas formando uma nova linha de produto capaz de diversificar a matriz energética do país em acordo com as ODS propostas pela ONU.

Para a implementação dessas aletas seletivas ainda falta investimentos para sua produção em escala industrial no país, mas já em andamento por uma empresa privada.

Resultados dos estudos preliminares mostraram favoráveis a introdução desse material para a diversificação do mercado e com isso uma nova linha de produtos.

REFERÊNCIAS

1. A. G. Munõz et al, Thin Sol. Films 460 (2004) 143
2. Anika Himmler et al, Surface & Coatings Tech. 336 (2018) 123-127
3. C. Nunes et al, Vacuum 67 (2002) 623
4. C. Nunes, Thin Sol. Films 442 (2003) 173
5. Chengzhu ke et al, Vacuum 152 (2018) 114-122
6. E. E. Chain et al., Thin Sol. Films. 83 (1981) 387
7. Hae-jun Seok et al, Journal of Alloy and Comp. 775 (2019) 853-864
8. H Yang et al Energy 145 (2017) 206-216
9. I. Heras et al, Sol Energy Mat. Solar Cells 176 (2018) 81-92
10. Jianlin Chen et al, Mat. Letters 133(2014) 71-74

11. L. Li, Sol Energy Mat. Solar Cells 64 (2000) 279
12. Mingke Hu et al, Energy 155 (2018) 360-369
13. R. Escobar-Galindo et al, Sol Energy Mat. Solar Cells 185 (2018) 183-191
14. Rodríguez-Carvajal, Ricardo Alberto cap. 03 (2019) 22 – 35
15. Renewable Energy Data in perspective (2022) - 19
16. S. Sützer et al, Sol Energy Mat. Solar Cells 52 (1998) 55