

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

SISTEMAS HÍBRIDOS: UTILIZAÇÃO MULTIFUNCIONAL DA ENERGIA SOLAR

HYBRID SYSTEMS: MULTIFUNCTIONAL USE OF SOLAR ENERGY

Joice Eloisa Wille, Roberta Mulazzani Doleys Soares e Fernanda Cristine Bruinsma

RESUMO

O aproveitamento da energia solar em edificações ocasiona diminuição do consumo de energia elétrica e conforto térmico nos períodos de frio. Considerando que trata-se de uma energia renovável e disponível, usufruí-la de forma adequada resulta em edificações mais eficientes. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma pesquisa bibliográfica de sistemas híbridos que utilizam a energia solar para diversas funções, visando economia. A partir dos estudos realizados, coletaram-se dois sistemas multifuncionais, o primeiro consiste em um modelo misto, inserido em uma residência, para o aquecimento de água e calefação de ambientes por dutos aéreos e o segundo refere-se a um sistema aplicado em casas populares para o aquecimento de água e geração de energia elétrica. Deste modo, os resultados comprovaram eficiência, redução do consumo de energia, além de estimularem a criação de novas tecnologias ambientalmente sustentáveis.

Palavras-chave: energia solar, sistemas híbridos, tecnologias ambientalmente sustentáveis.

ABSTRACT

The use of solar energy in buildings causes a decrease in the consumption of electric energy and thermal comfort in periods of cold. Considering that it is a renewable and available energy, enjoying it properly results in more efficient buildings. In this context, the present work aims to carry out a bibliographical research of hybrid systems that use solar energy for several functions, aiming for economy. From the studies carried out, two multifunctional systems were collected, the first consisting of a mixed model inserted in a residence for the heating of water and heating of rooms by air ducts and the second one refers to a system applied in houses popular for water heating and electric power generation. In this way, the results have proven efficiency, reduced energy consumption, and stimulated the creation of new environmentally sustainable technologies.

Keywords: solar energy, hybrid systems, environmentally sustainable technologies.

1 INTRODUÇÃO

O modelo de sociedade atual está baseado no consumo de combustíveis fósseis e não renováveis o que conforma um problema a ser resolvido: o abastecimento de energia mundial. Vive-se o desafio de continuar atendendo as necessidades do homem, acompanhando o desenvolvimento tecnológico e econômico, e preservando o meio ambiente para as próximas gerações (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Um edifício é considerado energeticamente mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições de conforto ambiental ao usuário com o menor consumo de energia (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Deste modo, visa-se eficiência energética nas edificações para evitar o desperdício e estimular novas tecnologias.

Conforme Costa (2002), as fontes de energia renováveis são uma boa solução para atender ao crescimento do consumo mundial de energia, destacando-se dentre essas formas, a energia solar. O aproveitamento dessa energia é uma das alternativas energéticas mais promissoras por ser abundante e permanente.

Os sistemas de condicionamento de ar estão entre os principais responsáveis pelos gastos de energia elétrica no país e no mundo. Esse consumo elevado, além de não ser econômico sob ponto de vista financeiro, possui um alto custo ambiental, prejudicando o meio ambiente devido à necessidade de aumento de fornecimento de energia elétrica.

Dessa forma, o presente trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica a fim de realizar um levantamento dos sistemas híbridos que captam a energia solar utilizando-a para diversas finalidades, como a geração de energia elétrica, aquecimento de água e condicionamento térmico dos ambientes, ou seja, conhecer sistemas inovadores que aliam conforto térmico e eficiência energética.

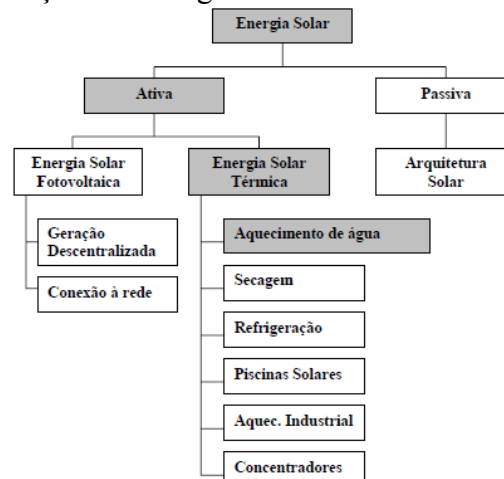
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é uma energia eletromagnética de onda curta, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera (FROTA e SCHIFFER, 2003), cerca de 47% dessa energia chega a superfície da Terra após passar pela atmosfera. ‘Essa radiação pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para o aquecimento de fluidos, ambientes e para geração de potência mecânica e/ou elétrica (BAPTISTA, 2006)’.

A Figura 1 apresenta a forma ativa e passiva de aproveitamento da energia solar.

Figura 1 – Esquema de aplicações da energia solar



Fonte: Baptista (2006).

“O aproveitamento da iluminação natural e do calor para o condicionamento dos ambientes, é proveniente da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se com isso a necessidade de iluminação e aquecimento” (ANEEL, 2002, p. 5). Para isso, deve-se atentar, por exemplo, para a orientação solar e os materiais constituintes da envoltória da edificação, pois eles são fundamentais para as condições internas, assim como, aproveitar a iluminação e o calor em tecnologias associadas a arquitetura.

Contudo, o aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito com o uso de coletores ou concentradores solares. Segundo Costa (2002), os coletores solares são mais utilizados em edificações residenciais para o aquecimento de água e os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas.

2.1.1 O aproveitamento da energia solar no Brasil

O Brasil está localizado, na sua maior extensão, na zona intertropical, ou seja, há grande potencial para o aproveitamento da energia solar. Segundo Bianchini (2013), o país possui atualmente cerca de 20 MW de capacidade de geração solar fotovoltaica instalada. Aproximadamente 99% destinada ao atendimento de sistemas isolados e remotos, principalmente em locais onde a extensão de energia elétrica não existe.

A Alemanha e a China são os países que mais investem na utilização da energia solar. Conforme Oliveira *et al.* (2013), de 2011 a 2012 a Alemanha obteve um aumento de 45% na produção de energia elétrica com a utilização de painéis fotovoltaicos. A disponibilidade de radiação solar no Brasil é 40% maior que na Alemanha, no estado do Rio Grande do Sul, pela sua posição geográfica, a disponibilidade de radiação solar global anual é a menor do Brasil, e mesmo assim, é superior que a da Alemanha.

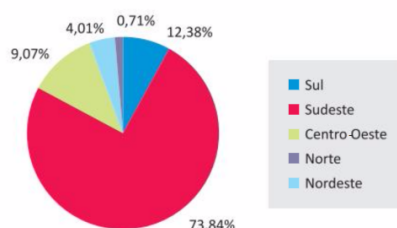
A média diária de radiação solar, no plano horizontal, disponível no Brasil varia de 4,25kWh/m² em alguns locais da região sul, podendo chegar até 6,5kWh/m² em locais da região nordeste (PEREIRA *et al.*, 2006).

Ainda, de acordo com Pereira *et al.* (2016), apesar da grande disponibilidade de energia solar, o Brasil possui a sétima maior área de coletores solares instalados no mundo: 3,1 milhões de metros quadrados, sendo desses 84% do setor residencial, 15% do setor terciário e apenas 1% no setor industrial. Medeiros *et al.* (2014) aponta que a taxa média de crescimento da energia solar no Brasil é de 14% ao ano, já no Canadá é 50%, na Alemanha 39% e na França 34%. Na Alemanha, em 2010, foram instalados cerca de 1,5 milhões de metros quadrados de coletores solares, deste valor, 50% foram de sistemas combinados para aquecimento da água que calefação.

A indústria de aquecimento solar no Brasil surgiu no ano de 1970 com a crise do petróleo, porém somente a partir de 1990 é que esse setor começou de apresentar certo crescimento, devido principalmente à implantação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO. Esta etiqueta estabeleceu critérios de comparação e avaliação dos coletores solares comercializados (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

A Figura 2 mostra a relação de divisão do mercado de aquecimento solar brasileiro, a região sudeste apresenta o maior mercado, com 73,84%.

Figura 2 – Vendas regionais no ano de 2012



Fonte: ABRAVA (2013).

No ano de 2009 o Brasil lançou o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA com objetivo de construir as bases necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações do país. O consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a 45% do consumo faturado, estima-se um potencial de redução de 50% para novas edificações e de 30% para edificações que promoverem reformas que contemplem o sistema de energia solar. Essas ações foram tomadas para promover a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais, reduzindo o desperdício e os impactos ambientais (PEREIRA *et al.*, 2006).

2.1.2 Consumo de energia elétrica no Brasil

O Balanço Energético Nacional (BEN) do ano de 2016 aponta que os setores que mais utilizaram a energia elétrica no país foram os setores industrial, transportes e residencial, correspondendo, respectivamente, a 32,5%, 32,2% e 9,6% do consumo do país.

A Tabela 1 ilustra a relação de participação de oferta de energia, observa-se que as energias não renováveis ainda dominam o mercado.

Tabela 1 – Relação de repartição da oferta interna de energia

Fonte	Porcentagem	Renovável	Não renovável
Biomassa de cana	16,9	X	
Hidráulica	11,3	X	
Lenha e carvão vegetal	8,2	X	
Lixívia e outros renováveis	4,7	X	
Petróleo e derivados	37,3		X
Gás natural	13,7		X
Carvão mineral	5,9		X
Urânio	1,3		X
Outras não renováveis	0,6		X

Fonte: Adaptado de BEN (2016).

Com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, mais de 7 mil quilômetros de litoral, o Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo. Porém, apenas duas fontes energéticas – hidráulica e petróleo – têm sido extensivamente aproveitadas (SAUER, 2002).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada fundamenta-se em uma pesquisa bibliográfica e descritiva que busca analisar dois sistemas híbridos desenvolvidos no Brasil, voltados para residências, e que envolvam energia solar, a fim de observar o seu funcionamento, composição, vantagens e desvantagens.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta etapa serão apresentadas as análises de sistemas híbridos que utilizam a energia solar para diversas funções. Todas as informações que compõem este item são provenientes de estudos realizados nos trabalhos dos autores.

4.1 SISTEMA SOLAR MISTO DE AQUECIMENTO DE ÁGUA E DE CONDIÇÃOAMENTO TÉRMICO

Russi (2012) elaborou um anteprojeto de sistema híbrido aplicado em um modelo de residência situada em Santa Maria-RS (Zona Bioclimática Brasileira 2), a proposta combina energia solar para o aquecimento de água e condicionamento térmico de ambientes por meio de calefação.

O sistema pode ser descrito como um projeto pensado basicamente em um elemento de captação da energia solar, a qual é utilizada para duas finalidades simultaneamente, condicionamento térmico e aquecimento de água. Essas finalidades são tratadas como subsistema de aquecimento de água de consumo e subsistema de aquecimento de ambientes (Figura 3).

Figura 3 – Esquema de interligação dos subsistemas

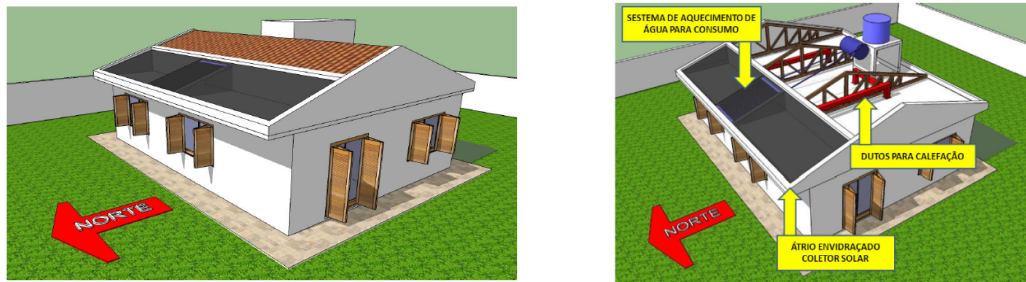


Fonte: Russi (2012).

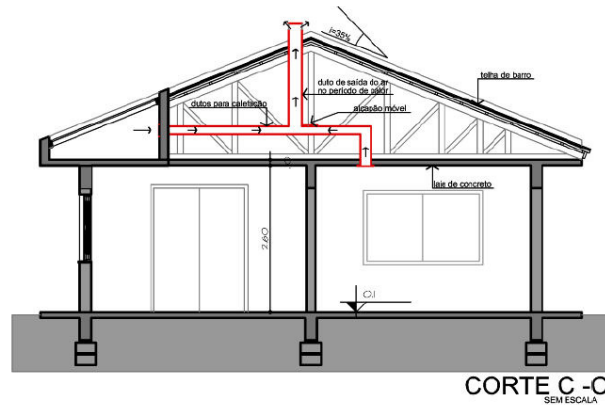
Os componentes do sistema combinado, apresentados na Figura 3, podem ser definidos como: captação da energia solar; coleta a energia solar e a fornece para todo o sistema, subsistema de aquecimento de água; aquece a água para o consumo e subdivide-se em subsistema de painel solar e subsistema de reservatório térmico, por fim, tem-se o subsistema de calefação; este utiliza a energia solar para a calefação dos ambientes, subdividindo-se em subsistema de captação de calor e subsistema de armazenamento, conduz o calor armazenado na cobertura para os ambientes da residência.

Na Figura 4 é apresentada a residência e um esquema de como o sistema é distribuído na edificação, conectando os subsistemas entre si. Verifica-se que o subsistema coletor de energia solar tem dois usos distintos: parte da energia é utilizada para o aquecimento de água de consumo, sendo direcionada para um reservatório térmico e o restante é insuflado por meio de exatores para o interior dos ambientes, aquecendo-os.

Figura 4 – Modelo de residência e apresentação do sistema



Fonte: Russi (2012).
Figura 5 – Chaminé



Fonte: Russi (2012).

A Figura 5 ilustra a chaminé presente na edificação, dessa forma, constata-se que também foi inserida na proposta uma estrutura responsável pela retirada do calor, flexibilizando o uso dos dutos aéreos e melhorando as condições internas no período de verão.

Russi (2012) realiza modelagem matemática e simulações computacionais com o *software Simulink* para a obtenção de dados e análise do sistema híbrido proposto.

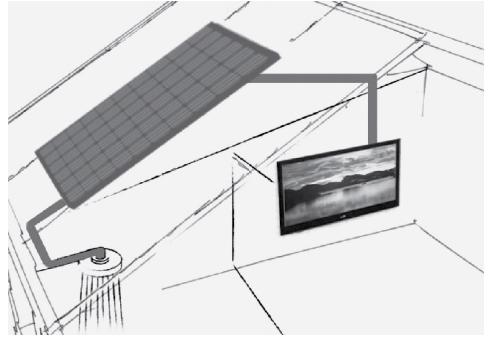
Diante disso, observou-se que com a calefação ativa, a temperatura interna da residência objeto de estudo atinge um pico de 27°C, enquanto que a temperatura máxima sem a presença do sistema chega em 20°C. Para o aquecimento de água, os resultados obtidos demonstraram que nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, a temperatura da água ultrapassou os 35°C, não necessitando de energia elétrica. No mês de julho, com a radiação solar bastante limitada, chega-se a uma temperatura de 24,5°C, o que é considerado um resultado positivo, pois haverá redução da demanda de energia elétrica para garantir a temperatura adequada do banho.

4.2 PAINEL SOLAR HÍBRIDO: TECNOLOGIA CAPAZ DE GERAR ELETRICIDADE E ÁGUA QUENTE EM UM SISTEMA ÚNICO DE ALTA EFICIÊNCIA

A proposta do painel solar híbrido foi desenvolvida por Hipólito (2015) sob orientação do professor Dr. Sergio Colle para o Prêmio Odebrecht do ano 2015, cujo estudo baseia-se no desempenho energético e da viabilidade econômica do painel solar híbrido para casas populares do Brasil.

Diante disso, trata-se de um painel para geração de eletricidade e aquecimento da água de consumo em um sistema de alta eficiência (Figura 6), reduzindo custos de material, instalação e manutenção.

Figura 6 – Desenho esquemático do sistema



Fonte: Hipólito (2015).

O sistema aproveita cerca de 80% da radiação solar em conversão de energia útil, sendo aproximadamente 17% em energia elétrica e em média 63% em energia térmica para o aquecimento da água. Dessa forma, um dos estímulos para a criação do painel solar híbrido foi o aumento da eficiência elétrica dos painéis convencionais.

Para as análises, desenvolveu-se um protótipo experimental (Figura 7) composto de um painel fotovoltaico convencional (245Wp), um reservatório térmico de 100L, um controlador de pressão, um banho térmico, um piranômetro, válvulas, tubos e 20 termopares instalados por toda bancada.

Figura 7 – Protótipo



Fonte: Hipólito (2015).

Foram realizados testes em dias que o céu estava sem nuvens e com o sol a pino, para evitar variações meteorológicas e, conseqüentemente, erros de medições. O experimento consistiu em estabelecer diferentes temperaturas de entrada de água no painel com auxílio do banho térmico e assim, monitorar a temperatura de saída, os dados de radiação, a temperatura ambiente e a potência elétrica gerada.

A partir dos dados obtidos foram geradas curvas de eficiência elétrica por meio do *software* MATLAB, resultando em parâmetros que determinam o desempenho elétrico e térmico do painel. Esses parâmetros definiram um modelo computacional que permite simular, utilizando o *software* TRNSYS, diversas instalações em diferentes locais do país e do mundo.

4.2.1 Estudo de caso – casas populares

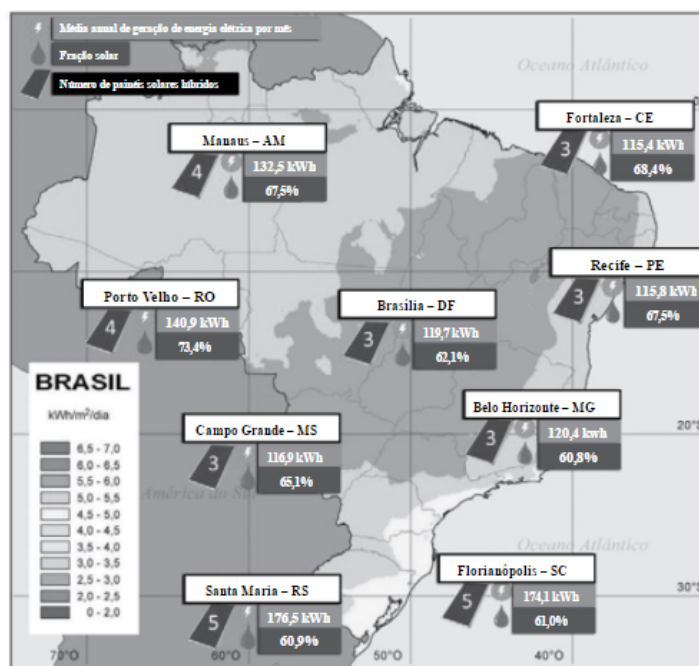
Hipólito (2015, p. 51) salienta que “a possibilidade de aproximar a população com menor poder aquisitivo de fontes limpas de energia que atendam às suas demandas de

eletricidade e de água quente motivou o estudo da utilização de painéis solares híbridos para casas populares”.

Deste modo, as simulações foram realizadas a fim de determinar o número necessário de painéis solares híbridos para suprir a demanda energética de casas populares em todo o país. Para melhor representar a diversidade do clima brasileiro foram escolhidas as seguintes cidades para simulações: Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campo Grande (MS), Florianópolis (SC), Fortaleza (CE), Manaus (AM), Porto Velho (RO), Recife (PE) e Santa Maria (RS).

Os resultados das simulações mostraram que para atender a demanda de energia elétrica e água quente necessita-se de 3 a 5 painéis solares híbridos (Figura 8).

Figura 8 - Demonstração nacional



Fonte: Hipólito (2015).

Com o estudo focado na cidade de Belo Horizonte, Hipólito (2015) analisa ainda a viabilidade econômica da instalação do sistema. Nesta instalação, observou-se uma geração mensal média de 120,4 kWh de energia elétrica e 289,4 kWh de energia térmica. Além disso, constatou-se um crescimento de 4,8% na geração de energia elétrica quando comparado ao sistema convencional.

O custo para a transformação de um painel convencional em um híbrido é muito baixo, considerando que o custo por painel seja de 60,00 reais, para o caso de Belo Horizonte, resultaria em um total de 180,00 reais. Tratando-se do custo para fabricação de um sistema convencional, para promover a mesma quantidade de energia térmica, seria necessário em média cinco vezes mais o valor apresentado anteriormente. Desta forma, comparando somente os custos dos sistemas já se tem uma economia de 670,00 reais.

Por fim, destacou-se que todos os custos de projeto, logística, instalação e manutenção serão reduzidos a apenas um sistema. Assim, considerando o desempenho do painel solar híbrido, e todas as economias de custos que o sistema proporciona, estima-se uma diminuição de no mínimo um ano no tempo de retorno sobre o investimento, quando comparado com um sistema convencional.

5 CONCLUSÃO

O crescimento da demanda de energia elétrica no país e no mundo tornou-se motivo de preocupação e, com isso, coloca-se em foco a necessidade de um uso mais racional e eficiente da energia. Dessa forma, torna-se válido o desenvolvimento de habitações e tecnologias que utilizem os recursos naturais renováveis e priorizem a preservação do meio ambiente.

O setor residencial é um dos setores que mais impacta no cenário energético, contudo, sabe-se que há diversos sistemas disponíveis no mercado que por meio da energia solar aquecem água ou geram energia elétrica.

O custo inicial de implantação dessas soluções ainda é uma barreira, porém deve-se considerar o retorno do investimento, a economia obtida com o tempo, isso também é válido para os sistemas híbridos.

A pesquisa desenvolvida atentou para o estudo e exposição de sistemas inovadores, cuja principal característica é a multifuncionalidade, conduzindo para propostas que dinamizam a utilização da energia térmica, pois verifica-se que essa flexibilidade potencializa a economia de energia.

Os sistemas abordados são facilmente aplicados as edificações, porém como toda a estratégia sustentável, esta deve ser inserida juntamente com a concepção projetual, a fim de resultados mais satisfatórios.

Outro fator importante de ser analisado é o impacto estético dos sistemas nas edificações. Muitas tecnologias, apesar dos benefícios gerados, não são aplicadas nas construções por questões estéticas, sobretudo, constatou-se que as tecnologias apresentadas dificilmente iriam influenciar de forma negativa na composição das residências.

Diante disso, os sistemas híbridos evidenciam a importância de contemplar e integrar ao projeto arquitetônico alternativas que priorizem a eficiência energética a fim de promover um satisfatório desempenho energético e conforto térmico.

REFERÊNCIAS

ABRAVA, Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. Cresce Produção de Coletores Solares e Reservatórios Térmicos. **Revista Sol Brasil**, São Paulo, 16, 6-7, Maio de 2013.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002. 153p.

BAPTISTA, Alessandra Sleman Cardoso. **Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

BEN, Balanço Energético Nacional. **Relatório Síntese - Ano base 2015**. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/informe/img/63socios7.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

BIANCHINI, Henrique Magalhães. **Avaliação comparativa de sistemas de energia solar**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia elétrica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, E. R. **Limitações no uso de coletores solares sem cobertura para sistemas domésticos de aquecimento de água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** São Paulo: Studio Nobel 2003. 243p.

HIPÓLITO, Henrique Luis. **Painel solar híbrido: tecnologia capaz de gerar eletricidade e água quente em um sistema único de alta eficiência.** Prêmio ODEBRECHT, 2015.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R., **Eficiência energética na arquitetura.** 3ª ed. São Paulo: PW, 2014.

MEDEIROS, Jesus Marlinaldo; FÉLIX, Wesley Macedo; SILVA, Márcio Gomes; MEDEIROS, Marinaldo José; BRAGA, Andrei Hudson Guedes. **Avaliação técnica e viabilidade econômica de um sistema de aquecimento solar em um edifício residencial.** Revista Principia, nº 24, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/145/115>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

OLIVEIRA, Jivago Schumacher de; BURIOL, Galileo Adeli; SWAROWSKY, Alexandre; ESTEFANEL, Valduino. **Disponibilidade de irradiância solar para geração de energia elétrica na Alemanha e no estado do Rio Grande do Sul.** *Disciplinarum Scientia*, Santa Maria, v. 14, n.2, p. 205-212. 2013.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. – **Atlas brasileiro de energia solar.** São José dos Campos: INPE, 2006.

RUSSI, Madalena. **Projeto e análise da eficiência de um sistema solar misto de aquecimento de água e de condicionamento térmico de edificações para Santa Maria – RS.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

SAUER, I. L. **Um Novo Modelo para o Setor Elétrico Brasileiro.** São Paulo: Universidade de São Paulo/ USP/IEE, dez. de 2002.