

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

SISTEMA SOLAR DE BAIXO CUSTO: UMA ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA PRODUÇÃO LEITEIRA

LOW COST SOLAR SYSTEM: AN ALTERNATIVE FOR REDUCING ELECTRIC POWER CONSUMPTION IN MILK PRODUCTION

Elisandro Alexandre e Alexandre Barin

RESUMO

A atividade leiteira é a principal fonte de renda de inúmeras famílias brasileiras. Para ampliar a qualidade do produto comercializado se faz necessária a higienização da sala de ordenha com água a uma temperatura de 75°C, o que demanda um elevado consumo de energia elétrica. Visando a implantação de uma alternativa sustentável e de baixo custo este trabalho apresenta um protótipo de aproveitamento solar para a redução do consumo de energia elétrica na produção leiteira. Os coletores solar deste protótipo são constituídos por materiais descartáveis e materiais de baixo custo facilmente encontrados no comércio em geral. A instalação dos coletores é relativamente simples, porém o devido funcionamento do sistema depende do correto dimensionamento da quantidade de coletores necessária para o volume de água que se deseja aquecer, bem como o cuidado com detalhes construtivos e de instalação, como o posicionamento e inclinação dos coletores. O protótipo construído propiciou um pré-aquecimento de água na atividade leiteira para o estudo de caso em questão. Apesar do sistema ainda não ter demonstrado a eficiência desejada, espera-se que nos próximos meses de radiação solar intensa o protótipo propicie uma redução significativa do consumo de energia elétrica na propriedade rural.

Palavras-chave: Aquecimento Solar, Baixo Custo, Radiação Solar.

ABSTRACT

Milk production is the main source of profits of many Brazilian families. For increasing the quality of the product sold it is needed to sanitize the milking parlor with water at 75 °C, which demands high consumption of electricity. Aiming at the implementation of a low cost and sustainable alternative, this work presents a solar prototype for reducing electricity consumption in milk production. The solar collectors of the prototype are made of disposable or inexpensive materials. The installation of the collectors is relatively simple, but the proper functioning of the system depends on correct planning of the number of collectors required for heating a precise volume of water, as well as concerning with installation and construction details, as the inclination of the solar collectors. The prototype built provided the preheating water for the proposed case study. Although the system has not yet shown the expected efficiency due to time of year in which it became operational, it is expected that in the coming months of intense solar radiation the prototype provides a reduction of energy consumption, completing the objective proposed in this work.

Keywords: Heating Solar, Low Cost, Solar Radiation.

INTRODUÇÃO

A demanda de energia elétrica no Brasil vem aumentando, isso ocorre devido ao crescimento populacional e ao constante desenvolvimento tecnológico no país. Em âmbito global há anos se comenta sobre eficiência energética e também em formas sustentáveis de transformar outras fontes de energia em energia elétrica. O marco histórico que pode-se citar foi a crise petrolífera de 1970, a qual impulsionou o desenvolvimento de equipamentos que utilizam a radiação solar como fonte de aquecimento de água.

O território brasileiro apresenta grande potencial energético para a implantação de aquecedores solar. Nos últimos anos esse crescimento foi bastante considerável, mas a disseminação dessa tecnologia ainda é lenta, muito se deve ao valor de implantação de um sistema que ainda encontra-se distante da realidade orçamentária de inúmeras famílias brasileiras. Ainda assim com o passar dos anos esse cenário aumentou consideravelmente, decorrente do aumento do poder aquisitivo da população brasileira que teve mais acesso a tecnologia e ainda de políticas públicas do Governo Federal, como é o caso do Programa “Minha Casa, Minha Vida” onde, em diversas unidades habitacionais, houve a implantação dos aquecedores solar.

Visando melhorar ainda mais esta realidade foram desenvolvidos sistemas de aquecimento solar de baixo custo, os quais não visam lucro, mas sim reduzir o consumo de energia elétrica em residências, resultando assim na diminuição dos gastos. Esta é uma boa alternativa para as referidas famílias, já que o Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) pode ser construído com materiais de custo reduzido e muitas vezes, dependendo do modelo, podem ser confeccionados a partir de materiais recicláveis.

No ano de 2013 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) realizou uma revisão tarifária para 63 concessionárias de distribuição de energia, resultando na redução de 20,2% na conta de luz, entretanto, naquele mesmo ano a realidade hidrológica foi desfavorável, acarretando na necessidade de acionar as usinas termelétricas, as quais, tem um custo maior de operação do que as hidrelétricas. Em 2015, houve o aumento das bandeiras tarifárias, resultando em uma nova elevação na conta de luz (ANEEL, 2016).

Com essa realidade foram realizadas inúmeras campanhas para a redução do consumo de energia elétrica pela população, bem como a aquisição e utilização de equipamentos mais modernos capazes de apresentar maior eficiência consumindo menos energia. Neste cenário, cabe destacar um estudo realizado no Brasil, o qual demonstra que o chuveiro elétrico é o equipamento responsável por 43% do consumo de energia no horário de pico dos consumidores residenciais. O mesmo estudo apresenta como solução a adesão à tecnologia de aquecimento solar, o que resultaria em redução no consumo de energia elétrica, pois pré-aqueceria a água utilizada (O GLOBO, 2013).

Entretanto outros equipamentos também aparecem como grandes vilões em se tratando do consumo de energia elétrica, como exemplo os boilers que visam aquecer a água empregada na higienização de equipamentos utilizados na produção leiteira.

Neste contexto o presente trabalho analisou um modelo de aquecedores solar de baixo custo da seguinte forma: o modelo desenvolvido pela Sociedade do Sol e o criado pelo Sr. José Alcino Alano em parceria com a CELESC, produzindo um outro modelo que visa pré-aquecer a água para higienizar uma sala de ordenha.

Em suma, o referido projeto objetiva a redução do consumo de energia elétrica na atividade leiteira, focando a análise na atividade desenvolvida na propriedade do Sr. Paulo Hennerich – estudo de caso, onde a demanda de energia elétrica aumentou consideravelmente depois da instalação de um boiler de aquecimento de água, visto a necessidade de uma temperatura mínima de 75°C para que a higienização seja eficiente.

OBJETIVOS

Construção e instalação de um sistema de aquecimento solar de baixo custo como alternativa para a redução do consumo de energia elétrica no aquecimento da água utilizada na higienização da sala de ordenha em uma propriedade rural selecionada como estudo de caso. Como objetivos específicos, têm-se:

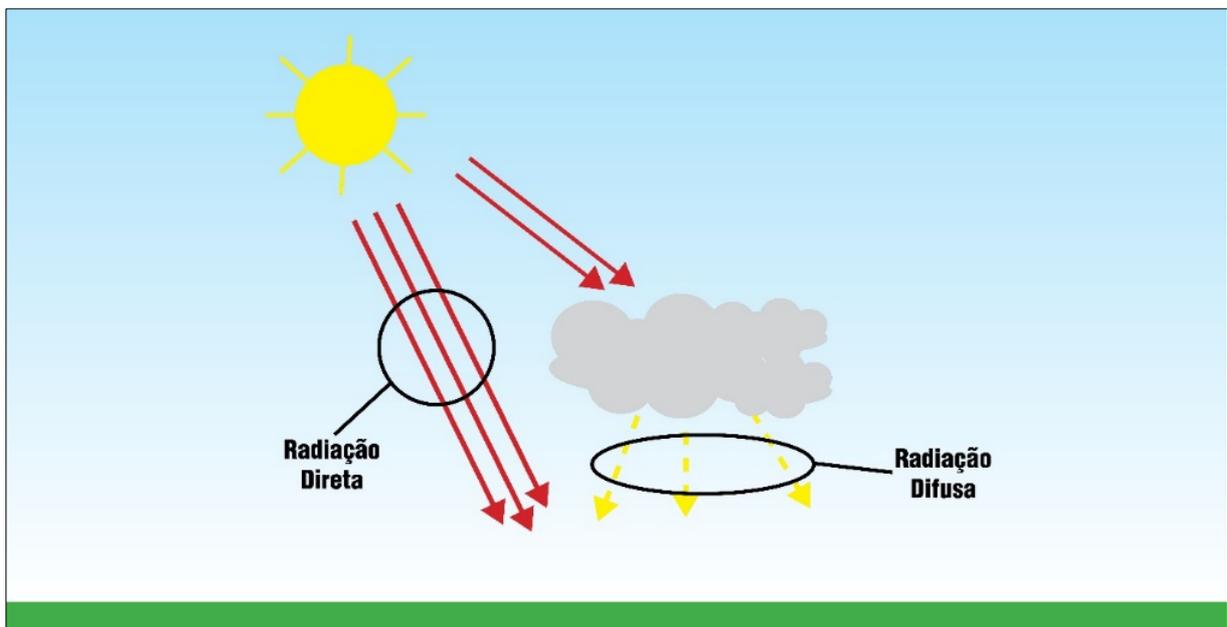
- a) Obter o pré-aquecimento da água utilizada para a higienização da ordenha;
- b) Analisar a eficiência do aquecedor solar de baixo custo;
- c) Obter uma redução do consumo de energia elétrica da propriedade;
- d) Reduzir o custo na produção do leite.

REVISÃO DA LITERATURA

RADIAÇÃO SOLAR

Para Mendonça e Danni-oliveira (2007) a radiação é o principal modo de propagação de energia no Sistema Superfície-Atmosfera, uma vez que é por meio da radiação que a energia do Sol chega à Terra. A radiação solar corresponde à emissão de energia sob a forma de ondas eletromagnéticas que se propagam à velocidade da luz. A radiação solar pode interagir com a atmosfera em duas maneiras: direta e difusa, conforme a direção dos raios solar. A contribuição total de radiação solar que atinge a superfície terrestre é consequentemente a soma das radiações difusa e direta. A Figura 1 representa o que é radiação difusa e radiação direta.

Figura 1 - Esquema representativo da radiação direta e difusa.



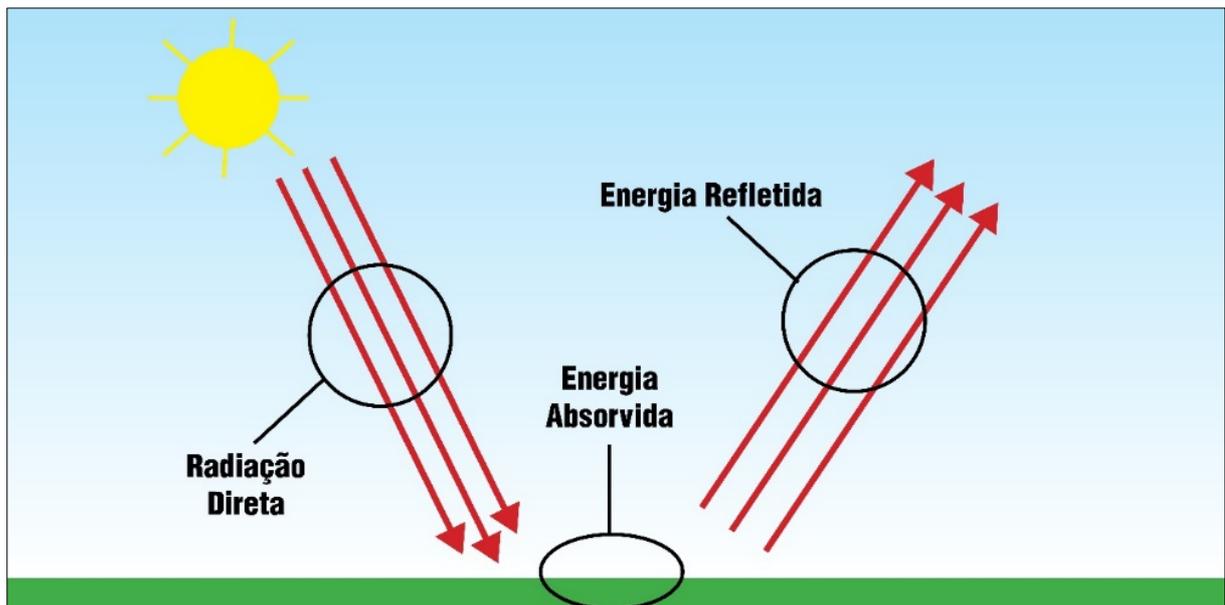
Fonte: O autor.

A radiação direta corresponde a fração da radiação solar que atravessou a atmosfera sem ser espelhada ou absorvida e seus raios continuam sendo unidirecionais. Em dias sem nebulosidade 80% da radiação solar que incide sobre a atmosfera é constituída por radiação solar direta. A radiação difusa corresponde a fração da radiação solar que chega a superfície terrestre após interagir-se com os constituintes da atmosfera. Seus raios chegam em diversas direções, ou seja, multidirecionais. Em dias com alta nebulosidade predomina a radiação difusa.

Uma certa quantidade de radiação solar em uma determinada área é denominada irradiação solar e para ser definida em uma superfície horizontal se faz necessário avaliar a latitude geográfica, bem como a hora, o dia e o dia do ano (INCROPERA et al., 2011).

Absorção é a radiação incidente na superfície que é absorvida e que causa um aumento na temperatura da partícula, possibilitando maior emissão de energia por ela. Já a reflexão corresponde ao processo no qual a radiação incidente na superfície das nuvens e de partículas é dispersa em uma ou várias direções. Através desse processo a radiação incidente na superfície da partícula volta ao meio com alteração da sua direção, mas sem ocorrer modificação no comprimento de onda (Figura 2).

Figura 2 - Esquema representativo da energia absorvida e refletida.



Fonte: O autor.

APROVEITAMENTO TÉRMICO E PRINCIPAIS COMPONENTES PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

Existem diferentes formas de aproveitamento da energia solar. Para a geração de energia elétrica são utilizadas placas fotovoltaicas ou concentradores solar; para o aproveitamento térmico desta fonte são utilizados os coletores solar. O aproveitamento térmico ocorre devido a transferência de calor por radiação térmica como resultado das transições de energia de moléculas, átomos e elétrons da substância/corpo. A temperatura é um fator importante, sendo que a taxa de emissão de radiação térmica aumenta com a elevação da temperatura, ou seja, quanto maior for a temperatura maior será a eficiência do sistema (ÇENGEL, 2012).

Os sistemas de aquecimento solar para aproveitamento térmico correspondem à tecnologia que visa o aquecimento de água através de coletores solar e posterior armazenamento da água aquecida em reservatórios térmicos. Podem ser encontrados comercialmente ou podem ser construídos com materiais de baixo custo. Para o devido funcionamento de ambos os sistemas é necessário que ocorra a incidência adequada da radiação solar sobre a superfície dos coletores.

O reservatório é a unidade fundamental no sistema de aquecimento solar, pois é nela que será armazenada a água aquecida nos coletores para posterior utilização. Os reservatórios são isolados termicamente de modo a evitar que a água aquecida sofra mudança de temperatura

decorrente do ambiente externo. Conforme a ABNT-NBR 15.569 (2008), os sistemas de armazenamento devem ser capazes de operar nas faixas de pressão, temperatura e demais condições especificadas em projeto, incluindo resistência de exposição direta à radiação solar. Os denominados Boilers são equipamentos que tem por finalidade manter a água aquecida em uma temperatura pré-estabelecida. Essas estruturas são utilizadas para diversos fins, tanto para indústrias quanto para residências. São de grande importância em locais que se necessita de água aquecida constantemente e vêm sendo utilizados na produção leiteira para aquecer a água a uma temperatura média de 75°C, afim de higienizar a sala de ordenha. Os boilers são geralmente fabricados de chapa de aço inox e são isolados com espumas de poliuretano. O aquecimento da água em seu interior se dá através de resistências elétricas que ficam em contato direto com a água.

Coletores solar segundo a ABNT-NBR 12.269 (2006) correspondem aos equipamentos capazes de absorver a radiação solar incidente, transferindo-a para o fluido a ser aquecido sob a forma de energia térmica. A ABNT-NBR 15.569 (2008) destaca que os coletores devem apresentar a capacidade de operar nas faixas de pressão, temperatura e demais condições especificadas em projeto, incluindo resistência de exposição direta à radiação solar. Os coletores solar são estruturas que tem por finalidade a absorção da radiação solar, fazendo com que a água circulante em seu interior seja aquecida. No mercado estão disponíveis inúmeros modelos de coletores solar, contudo os mais vendidos são o Coletor Solar Plano e o Coletor Tubo de Vácuo, visto que a escolha do coletor para a instalação deve ocorrer levando em consideração a temperatura e o fluido a ser aquecido (PROCOBRE, 2009).

Os coletores solar de baixo custo que integram o protótipo proposto neste trabalho tomam como base o sistema desenvolvido em CELESC (2009) construídos através de tubulações de PVC, garrafas PET e caixas tetra pak. As colunas que absorvem termicamente a radiação solar são tubulações de PVC geralmente utilizados em instalações hidráulicas de água fria. As garrafas PET visam substituir a caixa metálica, protegendo o interior dos coletores de interferências externas. O calor absorvido pelas caixas tetra pak, pintadas em preto fosco, fica retido no interior das garrafas e é transferido para a água pelas colunas de PVC, também pintadas de preto.

METODOLOGIA

LOCAL DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural localizada em Honório Serpa, município situado ao sudoeste do Estado do Paraná (Figura 3). Segundo dados do IBGE (2016) o município apresenta uma área total de 502,235 km², o Bioma predominante é caracterizado como Mata Atlântica e no ano de 2010 apresentava 5.955 mil habitantes.

O município localiza-se a aproximadamente 432,5 km da capital Curitiba, encontrando-se a uma altitude de 842 metros, latitude 26° 8' 28" sul e longitude 52° 23' 13" oeste, sendo forte produtor de grãos e leite.

Figura 3 - Mapa de localização de Honório Serpa no Estado do Paraná.



Fonte: O Autor/ArcMap 10.1.

MONTAGEM DOS COLETORES

Na primeira parte da montagem dos coletores foi realizado o corte de 20 barras de cano de PVC medindo 1,5 m de comprimento cada, sendo posteriormente soldado com cola aquatherm, as conexões em “T” nas extremidades de cada uma das 20 barras e, por fim, todas as tubulações foram lixadas visando facilitar a aplicação de tinta preta. Posteriormente foi realizada a montagem de 4 módulos contendo 5 tubulações cada para facilitar o transporte até o local de implantação do sistema. Para ligar uma tubulação na outra foram cortados pedaços de cano PVC medindo 5 cm cada. Teve-se o cuidado no corte das tubulações visando o correto encaixe na hora da montagem.

INSTALAÇÃO DO SISTEMA

O sistema foi instalado nos dias 19 e 20 de março de 2016. Primeiramente foi constatado que o reservatório o qual iria abastecer os coletores solar e posteriormente receberia a água aquecida, encontrava-se embaixo de uma cobertura em um galpão que abriga a sala de ordenha. Assim foi necessário a instalação de um suporte, construído em madeira, para que o coletor apresentasse um desnível em relação ao reservatório, bem como uma inclinação em relação a parte plana, sendo depois anexado na parede para receber o coletor solar como apresentado na Figura 4. Em seguida foi efetuada a instalação da placa de zinco sobre o suporte e após realizada a montagem dos coletores sobre a placa de zinco.

Figura 4 - Local de instalação dos coletores



Fonte: O autor.

POSICIONAMENTO DOS COLETORES SOLAR

Conforme CELESC (2009) os coletores devem ser instalados preferencialmente voltados para o Norte magnético, sendo que a eficiência do sistema vai depender também da inclinação do coletor conforme a latitude do local.

Seguindo a recomendação da literatura revisada, os coletores solar foram posicionados direcionados ao norte com inclinação de 26° baseada na latitude do município de Honório Serpa. Para a realização do cálculo de inclinação, foram utilizados os princípios de trigonometria - Equação 1.

$$Tg \theta = \frac{CO}{CA} \quad (1)$$

A Equação 1 foi utilizada para dimensionar a inclinação ideal dos coletores, para a região de instalação do projeto, onde CO refere-se a medida oposta ao ângulo e CA representa a medida adjacente ao ângulo de inclinação.

$$Tg 26^\circ = \frac{CO}{1,5m} = 0,73 m \quad (1)$$

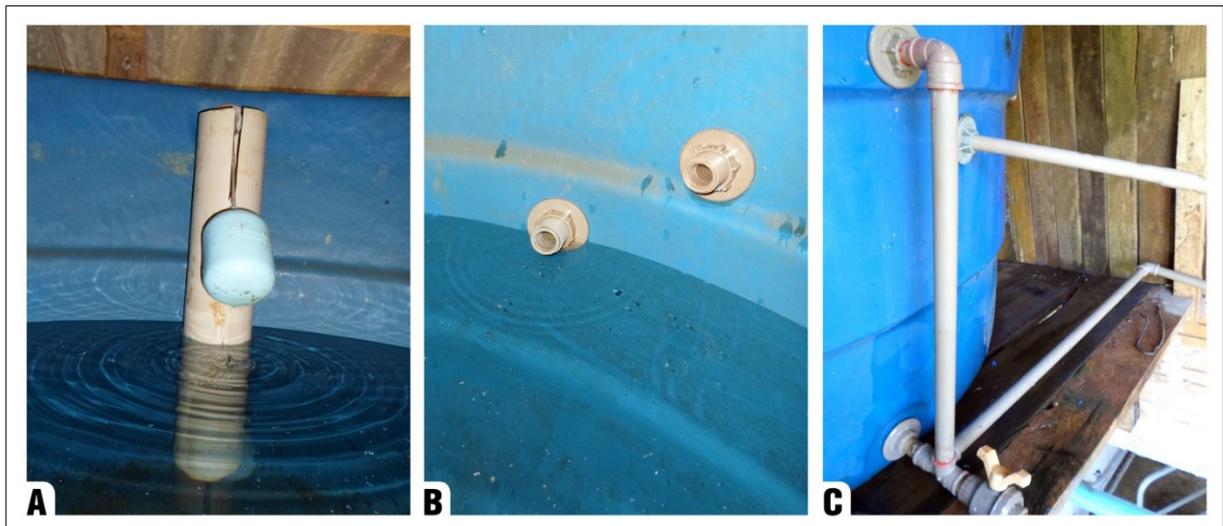
O resultado obtido de 0,73 m foi utilizado para projetar a altura do suporte, o qual, com o comprimento de 1,5 m da base do suporte, permitirá realizar uma inclinação de 26°.

ADAPTAÇÕES NO RESERVATÓRIO

No local encontrava-se instalada uma caixa utilizada para armazenar 1000 litros de água em temperatura ambiente, a qual abastecia o boiler. Para utilizar a mesma caixa no

abastecimento do coletor e posteriormente receber a água aquecida, foi necessário a realização de algumas adaptações (Figura 5). Primeiramente foi cortado uma tubulação em PVC de 80 mm, medindo 80 cm de comprimento, a qual foi anexada à boia fazendo com que a água fria que entra no reservatório seja direcionada para a parte inferior da caixa, já que na parte superior encontra-se a água aquecida. Isso ocorre devido a diferença de densidade, pois a água aquecida apresenta uma densidade menor que a água fria.

Figura 5 - Adaptações no reservatório. **A)** barra de cano de 80 mm para direcionar a água fria para a parte inferior. **B)** vista interna mostrando as flanges instaladas. **C)** vista externa, com tubulações instaladas.



Fonte: O autor.

Em seguida foram perfurados 3 orifícios de 20 mm cada para receber as flanges. As flanges foram instaladas em alturas diferentes. A flange que recebe a tubulação de água aquecida dos coletores foi instalada a 40 cm de altura. Já a flange que foi conectada na tubulação que direciona a água aquecida para o boiler foi instalada a 75 cm de altura.

PINTURA DOS COLETORES

A aplicação de tinta preta nos coletores visa a maior absorção da radiação solar, o qual é proposto na teoria dos copos negros (INCROPERA, 2011).

RESULTADOS INICIAIS

Ao ser concluída a etapa de construção e instalação do sistema de aquecimento solar de baixo custo, o qual foi proposto no presente trabalho, iniciou-se o processo de avaliação dos resultados obtidos bem como a análise do funcionamento do sistema.

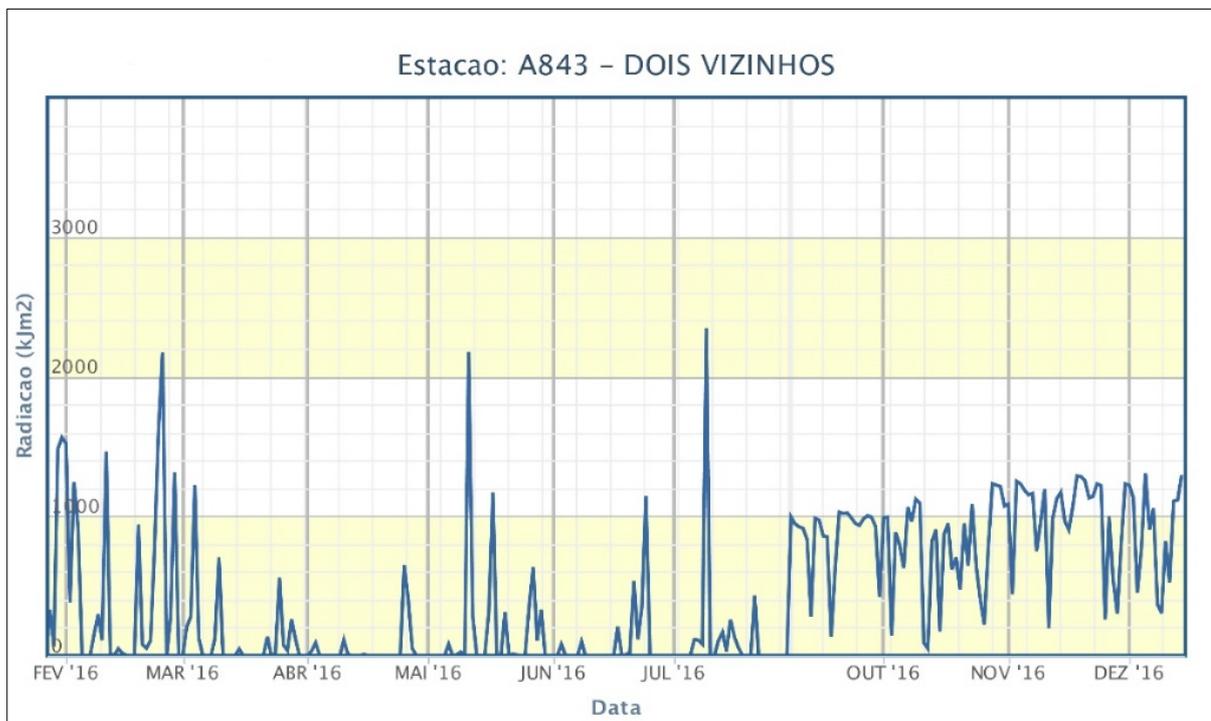
Logo após o sistema de aquecimento ter entrado em operação no dia 04 de abril de 2016, foi constatado através de um termômetro de mercúrio que na parte superior dos coletores a água aquecida chegava a uma temperatura de 42,3 °C. Tendo registrado a temperatura adequada, o objetivo inicial foi alcançado, pois o pré-aquecimento da água a ser utilizada para a higienização da ordenha foi obtido.

LIMITAÇÕES E VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO

A implantação do sistema proposto se torna viável devido ao baixo custo dos materiais utilizados, sendo que para a sua construção do sistema foi necessário um investimento de R\$ 138,25, o que representa um valor muito menor se comparado aos sistemas convencionas comercialmente utilizados, que possuem um valores acima de R\$ 2.000,00 (SOLARESOL, 2016). O modelo implementado neste trabalho pode fazer com que a água chegue a uma temperatura aproximada de 52 °C no verão (CELESC, 2009), sendo assim uma excelente alternativa para pré-aquecimento de água para a higienização de salas de ordenha.

Entretanto, os resultados parciais obtidos neste estudo não foram os esperados já que aparentemente o consumo de energia elétrica na propriedade rural em questão não foi reduzido consideravelmente. Isto pode ser justificado pela baixa incidência de radiação solar no recente período de operação do sistema, conforme apresentado na Figura 6. Além disso, verificou-se que no local de instalação foram realizadas obras de novas edificações dentro da propriedade rural, o que resultou em um consumo de energia elétrica acima do normal.

Figura 6 - Gráfico apresentando a radiação solar.



Fonte: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf

Na Figura 4 está ilustrada a incidência de radiação solar na estação automática do município de Dois Vizinhos-PR, a qual é a mais próxima do local de estudo, a aproximadamente 100 km de distância (Google/Maps, 2016). No gráfico da Figura 4, nota-se que a radiação registrada no meses de abril foi muito baixa se comparada com os meses anteriores, já em maio a incidência de radiação é maior embora ocorreu alguns picos de elevada radiação apenas. No mês de junho, a radiação registrada não teve picos tão altos, entre tanto manteve-se acima de 1000 KJ/m² com maior frequência. Se comparado com as faturas das contas de energia da propriedade exposto no quadro 1, verifica-se que justamente no mês de junho foi o mês no qual o consumo reduziu aproximadamente 59% em relação aos meses anteriores.

RECOMENDAÇÕES

O bom funcionamento do sistema, depende do dimensionamento da quantidade necessária de coletores para o volume de água que se deseja aquecer, bem como do cuidado na hora de estabelecer o posicionamento (latitude) e a inclinação dos coletores. Caso contrário pode haver o não funcionamento do princípio de termossifão, o qual tornará o sistema ineficiente. Os coletores também devem ser instalados direcionados ao norte recebendo a máxima radiação solar em um dia. Todas as tubulações que direcionam a água para o reservatório devem ser isoladas termicamente visando a manutenção da temperatura da água, até que esta chegue ao reservatório.

Tendo em vista que a aplicação de coloração preta nas tubulações é necessária, aconselha-se que esta deve ser realizada antes da instalação dos coletores, o que irá facilitar a a finalização do protótipo.

CONCLUSÃO

Os gestores públicos e privados, bem como a população em geral, vêm construindo, ano pós ano, a ideia de que o aproveitamento de uma energia limpa e renovável, como é o caso da radiação solar, se faz necessário cada vez mais, visando não apenas a preservação ambiental mas também um consumo de energia de forma sustentável.

O aproveitamento energético da energia solar vem ganhando espaço ano pós ano, entretanto é notório que a adesão à esta fonte de energia no Brasil é baixa se comparado ao potencial que o país apresenta. Desde o início da implantação dos sistemas de aproveitamento da radiação solar como fonte de energia, na década de 70, até os dias atuais, muitas tecnologias foram desenvolvidas, visando a maior eficiência no aproveitamento da radiação solar em uma determinada região.

Entretanto, muitas famílias brasileiras não dispõem de renda para aquisição de sistemas de aquecimento de água. Neste contexto, foram desenvolvidos modelos capazes de aproveitar a radiação térmica para aquecer a água utilizando materiais de baixo custo de produção.

Muitos produtores rurais tem investido na qualidade do leite que produzem, mas todo o investimento tem um custo não só com a tecnologia adquirida mas também com as altas faturas de energia elétrica decorrente do consumo destes equipamento modernos. O protótipo construído neste trabalho corroborou a aplicação de sistemas de aquecimento de baixo custo como uma alternativa possível de aproveitamento solar, neste caso utilizada para o pré-aquecimento de água na atividade leiteira.

Embora o sistema apresentado neste trabalho não tenha mostrado a eficiência esperada de forma constante – o que se deu provavelmente em razão da época em que entrou em funcionamento, uma vez que não houve a incidência de radiação solar necessária para a operação adequada – espera-se que nos próximos meses de radiação solar intensa o protótipo alcance a eficiência desejada tal como constatado no dia da instalação, refletindo assim na redução do consumo de energia na propriedade rural em questão.

Este é um outro importante aspecto a ser discutido já que o consumo racional de energia, utilizando formas alternativas para o aquecimento de água por exemplo, pode substituir o uso de equipamentos resistivos com elevada demanda de energia elétrica. O uso de coletores solar para este fim pode ser aplicado não apenas em propriedades rurais, mas também em unidades urbanas para o aquecimento prévio da água posteriormente direcionada aos chuveiros, reduzindo assim a necessidade de uma maior potência elétrica para um banho agradável e, consequentemente, reduzindo o consumo mensal de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12269**: Instalação de Sistemas de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto - Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2006. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAvv0AJ/nbr-12269-aquecimento-solar>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15569**: Sistemas de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto - Projeto e Instalação. Rio de Janeiro: Abnt, 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFT8sAF/norma-abnt-nbr-15569>>. Acesso em: 03 jun. 2016.

CELESC. **Aquecedor Solar Composto de Produtos Descartáveis**: Manual de Construção e Instalação. Florianópolis - SC, 2009. 44 p. Responsável Técnico: José Alcino Alano. Disponível em: <<http://novoportal.celesc.com.br/portal/images/arquivos/manuais/manual-aquecedor-solar.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, AfshinJ. **Trasferência de Calor e Massa**: Uma Abordagem Prática. 4. ed. São Paulo: AMGH Editora Ltda, 2012. Tradução de: Fátima A. M. Lino e Revisão Técnica de: Kamal A. R. Ismail.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Paraná**: Honório Serpa. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410965&search=parana|honorio-serpa|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 01 maio 2016.

INCROPERA, Frank P. et al. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. Tradução e revisão técnica de: Eduardo Mach Queiroz e Fernando Luiz Pelligrini Pessoa.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia**: Noções Básicas e Climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

PROCOBRE – **Qualidade em Instalações de Aquecimento Solar**: Boas Práticas. São Paulo – 2009.

SOLARESOL, Kit Aquecimento Solar, Disponível em: <<http://www.solaresol.com.br/loja/kit-aquecimento-solar-400-litros.html?gclid=CJfUjevbrM0CFQMGkQoddosOyQ>>. Acesso em: 16 jun. 2016.