

Utilização de um sistema fotovoltaico em uma maternidade de suinocultura

Use of a photovoltaic system in a pig-growing maternity hospital

Emmanuel Zullo Godinho¹; Fernando de Lima Caneppele²; Ricardo Marques Barreiros³; Matheus Augusto Santos Antoniazzi¹;

¹Centro Universitário Sagrado Coração, Bauru/SP, Brasil.

²Universidade de São Paulo, Pirassununga/SP, Brasil.

³Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, Brasil.

E-mail (autor principal): emmanuel.godinho@unisagrado.edu.br

RESUMO

São muitos os estudos que apontam à significativa superioridade da utilização de energia fotovoltaica quando comparada às demais energias renováveis, no sentido do aproveitamento energético no que concerne à geração de eletricidade. Principalmente quando se trabalha com o agronegócio. Uma cadeia produtiva que necessita de energia elétrica constante é a suinocultura, principalmente a maternidade, pois os leitões necessitam de calor em seu estágio inicial de desenvolvimento. Diante disso, este trabalho teve como objetivo dimensionar um modelo de sistema gerador de energia solar fotovoltaica para suprir a demanda energética de uma maternidade na suinocultura no município de Pirassununga/SP. O estudo foi realizado na maternidade do setor de suínos do Câmpus Fernando Costa da Universidade de São Paulo, localizado na cidade de Pirassununga. Foram coletados dados externos e internos da granja para fim de mapear o projeto de implantação do sistema fotovoltaico. O trabalho apresentado, pode ser considerado como ponto de partida na utilização de energias renováveis, principalmente para o sistema fotovoltaico para abastecer o sistema elétrico maternidade de uma unidade produtora de leitões. Mesmo sendo um sistema autônomo de geração de energia e um custo total de R\$ 71.736,00, apresenta-se como um projeto viável tecnicamente e, principalmente por ser um sistema constante, ou seja, sofre poucas oscilações de produção de energia, resultando em uma estabilidade na temperatura ideal para os leitões.

Palavras-chave: células solares, energias renováveis, energia solar fotovoltaica, leitões.

ABSTRACT

There are many studies that point to the significant superiority of the use of photovoltaic energy when compared to other renewable energies, in the sense of energy use with regard to electricity generation. Especially when working with agribusiness. A production chain that needs constant electricity is pig farming, especially motherhood, because piglets need heat in their early stage of development. Therefore, this work aimed to size a model of photovoltaic solar energy generator system to meet the energy demand of a maternity in pig farming in the municipality of Pirassununga/SP. The study was carried out in the maternity of the pig sector of the Fernando Costa Campus of the University of São Paulo, located in the city of Pirassununga. External and internal data were collected from the farm in order to map the photovoltaic system implementation project. The work presented can be considered as a starting point in the use of renewable energies, mainly for the photovoltaic system to supply the maternity electric system of a piglet-producing unit. Even though it is an autonomous system of power generation and a total cost of R\$ 71,736.00, it presents itself as a technically feasible project and, mainly because it is a constant system, that is, it suffers few fluctuations in energy production, resulting in an ideal temperature stability for piglets.

Keywords: solar cells, renewable energy, photovoltaic solar energy, piglets

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade de grande importância em diversas regiões do mundo no âmbito socioeconômico, principalmente no Brasil que é o quarto maior produtor de carne do mundo com 4,3 milhões de toneladas produzidas em 2020 (EMBRAPA, 2021). O faturamento desta cadeia em 2019 foi de U\$ 77,9 milhões, em 2018, as exportações do setor totalizaram 732,9 mil toneladas, cerca de 47% a mais do que em 2017, gerando uma receita de US\$ 1,749 bilhão (ESALQ/USP/CEPEA, 2021).

A correta escolha das instalações aliadas ao controle climático do local está diretamente relacionada ao bem-estar animal, prevenindo doenças e consequentemente resultando em uma maior produção (Galvão et al., 2019). Outro parâmetro importante neste modelo de produção de carne é com o manejo com os leitões (Galvão et al., 2019). A maternidade suinícola é uma das etapas mais importantes na produção deste rebanho (Silva et al., 2016). Os mesmos autores classificam que durante essa fase, os leitões apresentam muita sensibilidade às variações de temperatura, de modo especial quando ocorre baixas temperaturas. Mesmo em climas tropicais como no Brasil, os leitões para estarem confortáveis do ponto de vista térmico, necessitam temperaturas iguais ou superiores aos 30°C, conforme Consoni et al. (2015), logo, sistemas de climatização é uma necessidade nesse tipo de ambiente.

Baptista et al. (2011) destacam que o consumo de energia elétrica se faz de maneira ininterrupta uma vez que no período diurno, os sistemas de ventilações atuam internamente para exaurir as temperaturas elevadas para o meio externo, pois alta temperatura pode interferir no manejo das matrizes em relação aos leitões. Em contrapartida, quando as temperaturas nas creches forem mais baixas, o sistema elétrico precisa ser acionado para aumentar o aquecimento para as matrizes e dos leitões (Almeida et al., 2020).

Por isso, a busca por uma fonte de energia elétrica sustentável é determinante, sabendo que o mundo está atuando fortemente com energias renováveis Mathijssen et al. (2020), como é o caso da energia solar fotovoltaica. Lopes et al. (2019) mostraram que aproximadamente 70% das emissões de gases do efeito estufa provêm do setor energético principalmente dos combustíveis fósseis.

Objetiva-se, neste trabalho dimensionar um modelo de sistema gerador de energia solar fotovoltaica para suprir a demanda energética de uma maternidade na suinocultura no município de Pirassununga/SP.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na maternidade do setor de suínos do Câmpus Fernando Costa da Universidade de São Paulo, localizado na cidade de Pirassununga de latitude 21°94'99" S e longitude 47°45'47" W.

Para a coleta dos dados de energização do local utilizou-se um analisador e registrador de grandezas elétricas portátil P54, este equipamento de análise permite compilar dados de parametrizações do medidor em questão no formato Excel.

Bases Matemáticas

Para o cálculo do consumo diário de energia da maternidade, considerou-se os dados coletados pelo analisador, que se manteve instalado entre os dias 02 de dezembro de 2015 até o dia 24 de fevereiro de 2016 no local. Os modelos matemáticos foram citados por Boquimpani et al. (2019), através da Eq. (1)

$$C_d = \frac{C_m}{d_f} \quad (1)$$

sendo o consumo mensal do local; o número de dias de funcionamento; o consumo diário.

Para o cálculo da potência de pico do sistema foi utilizada a Eq. (2)

$$P_{pico} = \eta * \frac{E_d}{H_{sol}} \quad (2)$$

sendo a potência de pico, em Watts; o rendimento total do sistema, em %; a energia consumida diariamente, em Watts. Hora, a horas de sol, em mês.

Ferramentas computacionais são responsáveis por obter, de forma precisa, a incidência de radiação solar nos painéis. Em paralelo a isso, é dada continuidade no dimensionamento através da obtenção do rendimento total do sistema, que é descrito na Eq. (3)

$$\eta = \eta_{pv} * \eta_{pvbat} * \eta_{cc} * \eta_{dist} * \eta_{inv} \quad (3)$$

sendo o rendimento total do sistema, o rendimento do painel, as perdas de queda de tensão nos cabos, o rendimento do controlador de cargas, as perdas nos cabos de distribuição, o rendimento do inversor.

Sabendo que, para todos os itens descritos na Eq. (3) devem-se usar o modo adimensional. Para o rendimento do painel utilizou-se 80% do valor. A porcentagem utilizada nas perdas de tensão nos cabos é de 2%, ou seja, com um rendimento de 98%, o mesmo ocorrendo para o rendimento do controlador de cargas e nas perdas dos cabos de distribuição. Para o rendimento do inversor, foi utilizado um valor de 90% (Gabriel Filho et al., 2012).

A escolha do painel, se deu relacionando custo versus potência, onde foi utilizado o painel de 265W da Canadian, que vem acoplado a um certificado da Inmetro Classe A e uma eficiência de 16,47% (ENERGIA TOTAL, 2021).

Com isso, tornou-se possível encontrar o número de painéis que são necessários para suprir a demanda energética do local, através da Eq. (4)

$$N_{total} = \frac{P_{pico}}{P_{painel}} \quad (4)$$

sendo o número de painéis, a potência total exigida pelo sistema, Watts, a potência do painel escolhida, em Watts.

O valor definido como resultado de é a soma de 1 à parte inteira do número decimal encontrado.

A Eq. (5) demonstra como pode ser efetuado o cálculo da capacidade das baterias.

$$Q = \frac{C_d * A}{V * T * \eta_{inv} * \eta_{cabos}} \quad (5)$$

sendo a capacidade mínima da bateria, em Ah, o consumo diário de energia, e Watts.hora, número de dias de autonomia, a tensão do sistema, em Volts, limite de profundidade de carga de bateria, o rendimento dos cabos de distribuição com bases nas perdas.

No qual, utilizou-se 0,3 a 0,9 para o limite de profundidade de carga de bateria.

É importante ressaltar que é possível dimensionar o número de dias de autonomia da bateria de duas maneiras. Sendo uma com valor menor que três dias e no segundo acima de três, no primeiro caso, resulta em um menor tempo de vida útil da bateria e, no segundo, ocasiona um aumento considerável de custo do projeto, portanto, essa variável da (Equação 5) tem relação direta com as necessidades de carga do sistema (BOQUIMPANI et al., 2019).

A bateria escolhida para o projeto foi do tipo Estacionária Freedom DF 1000 (70Ah/60Ah), no qual possui uma capacidade de 70Ah para descarga em 100 horas, como também 60Ah em 20 horas (Freedom, 2021).

O número de baterias é encontrado pela divisão entre a capacidade de total das baterias e sua capacidade individual, como mostrado na Eq. (6).

$$N_{baterias} = \frac{Q}{Q_{ind}} \quad (6)$$

sendo o número de baterias, a capacidade mínima da bateria, em Ah, a capacidade mínima de bateria individual.

Reforçando que, o resultado definido para (6) foi a soma de 1 à parte inteira do primeiro valor encontrado na equação.

O inversor escolhido foi o Senoidal Epsolar SHI3000-22, que apresenta uma potência máxima de saída de 3000 W, juntamente com uma eficiência de 95% (LEADERSOLAR, 2021).

A Eq. (7) a seguir demonstra o cálculo do número de inversores.

$$\text{Número de Inversores} = \frac{P}{P_{inv}} \quad (7)$$

sendo a potência consumida pelas cargas CA, em Watts, a potência do inversor, em Watts, o consumo diário.

Em caso de um resultado decimal, o valor encontrado para o número de inversores é a soma de 1 à sua parte inteira. Ainda em relação a este equipamento, têm-se mais dois critérios a serem seguidos. A potência de saída de todo o sistema deve estar ajustada para a máxima carga CA e, paralelo a isto, a corrente nominal tem que ser superior a 30% da corrente máxima do painel.

A Eq. (8) indica que a corrente do controlador deve ser no mínimo superior a 25% da corrente de curto-circuito proveniente dos painéis, que está indicada no manual do modelo de painel escolhido (Boquimpani et al., 2019).

$$I_{controlador} = 1,25 * I_{cc\ painel} \quad (8)$$

sendo a corrente do controlador, em Ampere, a corrente do controlador de cargas, em Ampere.

O modelo escolhido para ser o controlador do projeto que possui 20A. Próximo passo deve ser calculado a corrente total de curto-circuito dos painéis, através da Eq. (9), que é a multiplicação entre o número total de painéis e sua corrente de curto-circuito.

$$I_{cc\ total} = N_{total} * I_{cc\ painel} \quad (9)$$

sendo a corrente total, em Ampere, o número total de painéis, a corrente do controlador de cargas, em Ampere.

Enfim, a Eq. (10) sugere como identificar o número total de controladores de carga do sistema.

$$Número\ de\ controladores = \frac{I_{cc\ total}}{I_{controlador}} \quad (10)$$

sendo a corrente total, em Ampere, a corrente do controlador de cargas, em Ampere.

Finalizando, novamente têm-se que o resultado gerado para é a soma de 1 à parte inteira do valor encontrado.

Para efeitos de cálculos finais de implantação do projeto, o painel fotovoltaico custou R\$ 899,00 a unidade, a bateria R\$ 399,00, o inversor R\$ 3.990,00 e o controlador de carga R\$ 299,00.

RESULTADOS

Contextualização dos Dados da Pesquisa

O resultado das medições no local teve um consumo energético equivalente a 2.658,7 kWh. O período em que o equipamento permaneceu instalado foi do dia 02 de dezembro de 2015 até o dia 24 de fevereiro de 2016, totalizando 82 dias de medições, sendo reduzido a 73 dias, tendo em vista as falhas técnicas no local, principalmente sobre as quedas de energia.

Este ponto importante salienta que a em uma maternidade que ocorre com frequência alterações de temperatura, isto faz com que possa interferir negativamente a lactação dos leitões onde eles podem perder peso rapidamente, aumentando a taxa respiratória e consequentemente afetando o ganho de peso dos leitões (Manno et al., 2006; Silva et al., 2016).

O consumo mensal foi de 1.092,62 kWh aproximadamente, pois não houve um período em que a maternidade da suinocultura que tivesse inativa, ou seja, os dias de funcionamento totalizam 30 dias ao mês.

Utilizando a Eq. (3) obteve o rendimento total do sistema de 0,68. Dando sequência no cálculo da potência de pico, foi encontrada a quantidade de horas de sol verificada no por mês. Os dados foram retirados do programa Sundat, aplicando os dados de latitude e longitude da maternidade.

Dentre os meses do ano, o mês de julho é considerado o menor em taxa de irradiação, por isso, encontrou-se um total de 7 horas de sol diárias, através Ferreira et al. (2020), considerando a região da cidade de Pirassununga.

O valor da potência de pico do sistema, visto que todas as incógnitas tinham sido encontradas foi de 3,54 kW, conforme Eq. (2). Enfim, sabendo-se a potência do painel escolhido (65 W), calculou-se o número de painéis, Eq. (4), sendo necessário para o dimensionamento do sistema, resultando em 14 painéis.

O cálculo da capacidade das baterias Eq. (6) foi efetuado posteriormente, considerando 2 dias de autonomia e uma profundidade de carga de 80%, obtendo uma amperagem 8.602,6 Ah.

O número de baterias necessárias ao projeto foi de 123 baterias a 70Ah. Esta etapa do projeto avaliou quantos inversores foram necessários para suprir a demanda do sistema dimensionado.

Para a potência consumida pelas cargas, uma das incógnitas da Eq. (7), foi calculada pela multiplicação do número total de painéis (14) e sua potência (265 W), produzindo, assim uma energia de 3.710W.

Com estes dados de potência, calculou-se o número total de inversores, considerando a potência do modelo escolhido (3.000 W), derivando em 1,2 inversores. Conseqüentemente, isso implicou em uma escolha de 2 inversores para o projeto.

A corrente de curto-circuito dos painéis escolhidos é de 9,23 A. Logo, a corrente do controlador de carga deve ser no mínimo 25 % maior, resultando em 11,54 A. No mercado energético, esse tipo de equipamento possui características semelhantes ao modelo controlador de 20 A. Uma vez que o projeto possui 14 painéis, a corrente total de curto-circuito foi de 129,22 A, Eq. (9). Com estes dados, foi possível calcular o número de controladores necessários, levando em consideração a corrente de 20 A de cada um, portanto, obteve-se 6,46 controladores de carga.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação deste projeto se dá por diversos benefícios para a produção de suínos e o meio ambiente, pois ao utilizar um sistema renovável na granja, o produtor também tende a manter constante a capacidade de receber energia elétrica sem ter instabilidade do sistema.

Além disso, alguns citam que os leitões por possuírem uma característica fisiológica com pouca adaptação ao meio externo, podem sofrer flutuações térmicas ambientais, o que leva um malefício para a engorda dos mesmos (Da Silva et al., 2005). Já Silva et al. (2016), apresentou resultados sobre uma relação negativa entre alterações térmicas abruptas em relação ao consumo de ração, interferindo na fase de crescimento das leitegas.

Corroborando com estes resultados apresentados Grandini (2014) e Silveira et al. (2009), citam que os leitões devem ter estabilidades nas temperaturas na maternidade, sendo que nos primeiros dias de vida a temperatura deve variar entre 32 a 34°C, a partir do trigésimo quinto dia a temperatura deve manter entre 29 a 31°C, ou seja, para alterações de temperatura podem afetar o desenvolvimento dos leitões.

Portanto, com a utilização deste sistema (fotovoltaico), as maternidades tendem a ter maiores estabilidades térmicas, que tende a aumentar a produtividade do rebanho. Com relação, aos números de equipamentos, foram instalados 14 painéis fotovoltaicos, 123 baterias, e inversores 7 controladores de carga, com um custo total de R\$ 71.736,00, isto sem aplicar os custos de mão-de-obra e manutenção.

CONCLUSÃO

O trabalho apresentado, pode ser considerado como ponto de partida na utilização de energias renováveis, principalmente para o sistema fotovoltaico para abastecer o sistema elétrico maternidade de uma unidade produtora de leitões.

Mesmo sendo um sistema autônomo de geração de energia e um custo total de R\$ 71.736,00, apresenta-se como um projeto viável tecnicamente e, principalmente por ser um sistema constante, ou seja, sofre poucas oscilações de produção de energia, resultando em uma estabilidade na temperatura ideal para os leitões.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. DE et al. Efeito do processamento térmico e da forma física de dietas para leitões no período de creche. *Archives of Veterinary Science*, v. 25, n. 5, p. 113, 2020. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v15i5.76312>.
- BAPTISTA, R. I. A. DE A.; BERTANI, G. R.; BARBOSA, C. N. Indicadores do bem-estar em suínos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1823–1830, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000133>.
- BOQUIMPANI, C. L. et al. Eficiência energética: sistemas de iluminação com LEDs, distribuídos em corrente contínua e utilizando energia fotovoltaica. *Ambiente Construído*, v. 19, n. 4, p. 303–316, dez. 2019. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000400357>.
- CONSONI, W. et al. Análise produtiva e econômica de suínos criados nos sistemas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 33, p. 1087–1095, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8036>.
- DA SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; PIEDADE, S. M. S. Uso da zootecnia de precisão na avaliação do comportamento de leitões lactentes submetidos a diferentes sistemas de aquecimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 1, p. 220–229, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000100026>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Produção, exportação e consumo de aves de corte no Brasil e no Mundo**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves>. Acesso em: 04 abr. 2021.
- ESALQ/USP/CEPEA. **Mercado de março**. Boletim Suíno, n. 12, p. 9, 2021.
- ENERGIA TOTAL. **Painel Solar Fotovoltaico - Placas Solares de 10W a 450W**. Disponível em: <https://www.energiatotal.com.br/painel-solar>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- FERREIRA, P. S. et al. Avaliação do Potencial de Geração de Energia Fotovoltaica pela Medição da Radiação Solar Incidente em Superfície na Estação Meteorológica da Ilha do Fundão – RJ. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, v. 43, p. 374–385, 2020.
- FREEDOM. **Bateria Estacionária Heliar Freedom DF1000 (70Ah / 60Ah)**. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/loja/bateria-estacionaria-freedom-df1000-70ah-60ah.html>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- GABRIEL FILHO, L. R. A. et al. Mathematical analysis of maximum power generated by photovoltaic systems and fitting curves for standard test conditions. *Engenharia Agrícola*, v. 32, n. 4, p. 650–662, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000400004>.

GALVÃO, A. T. et al. Bem-estar animal na suinocultura. *PUBVET*, v. 13, n. 3, p. 1-6, 2019. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n3a289.1-6>.

GRANDIN, T. Animal welfare and society concerns finding the missing link. *Meat Science*, v. 98, n. 3, p. 461-469, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.011>.

LEADERSOLAR. Inversor Epever SHI3000-22 24v - para 220v/230 3000w e Onda Senoidal Pura. Disponível em: <https://www.leadersolar.com.br/inversor-epever-shi3000-24v-para-220v-3000w-onda-senoidal-pura-pico-6900w>. Acesso em: 04 abr. 2023.

LOPES, K.; MARTINS, E. M.; MIRANDA, R. L. DE. A Potencialidade Energética da Biomassa no Brasil. *Revista Desenvolvimento Socioeconômico em Debate - RDSD*, v. 5, n. 1, p. 94-106, 2019. <http://dx.doi.org/10.18616/rdsd.v5i1.4829>.

MANNO, M. C. et al. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 2, p. 471-477, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000200019>.

MATHIJSEN, D. et al. Potential impact of floating solar panels on water quality in reservoirs; pathogens and leaching. *Water Practice and Technology*, v. 15, n. 3, p. 807-811, 2020. <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.062>.

SILVA, C. A. DA et al. Fatores que afetam o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 51, n. 10, p. 1780-1788, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001000010>.

SILVEIRA, N. A. et al. Ambiência aérea em maternidade e creche de suínos. *Engenharia Agrícola*, v. 29, n. 3, p. 348-357, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000300002>.