

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA - FAEN**

**PROJETO DE UMA DE FONTE DE ÁGUA DO TIPO
CHAFARIZ COM ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA UTILIZANDO
PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UM LAGO**

LUCAS MATHAEUS ALMEIDA DE MELO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021**

PROJETO DE UMA DE FONTE DE ÁGUA DO TIPO CHAFARIZ COM ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA UTILIZANDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UM LAGO

Lucas Mathaeus Almeida de Melo

Orientador: Prof. Dr. Liomar de Oliveira Cachuté

Artigo apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: 3.05.00.00-1 Engenharia Mecânica.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE

ANEXO D - AVALIAÇÃO FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aluno: **LUCAS MATHAEUS ALMEIDA DE MELO**

Título do trabalho e subtítulo (se houver): **PROJETO DE FONTE DE
ÁGUA DOTIPO CHAFARIZ COM ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA
UTILIZANDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UM LAGO**

BANCA EXAMINADORA

1. Presidente (orientador):

Prof. Dr. Liomar de Oliveira Cachuté, Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

2. Membro:

Prof. Dr. Rafael Ferreira Gregolin, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD

3. Membro:

Prof. Dr. Rodrigo Borges Santos, Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

De acordo com o grau final obtido pelo aluno, nós da banca examinadora, declaramos **Aprovado** o aluno acima identificado, na componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso (TCC-II) de Graduação no Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Grande Dourados.

Dourados, 19 de novembro de 2021.

Prof. Dr. Liomar de Oliveira Cachuté

Assinatura do avaliador
Prof. Dr. Rafael Ferreira Gregolin

Prof. Dr. Rodrigo Borges Santos

RESUMO

Este trabalho final de conclusão de curso, diz respeito a implementação de uma fonte de água do tipo chafariz, com alimentação elétrica utilizando painéis fotovoltaicos localizado no lago Antenor Martins de Dourados/MS. O objetivo é implementar o projeto com atribuição do sistema de painéis fotovoltaicos e instalação da fonte de água do tipo chafariz totalmente independente, cuja mesma produzirá sua própria energia para realizar a operação diária e com isso realizará o melhoramento da qualidade de oxigenação da água. O método aplicado foi a busca por pesquisas referentes às condições da água, a fim de identificar possíveis poluentes existentes, habitação de seres vivos, atividades já realizadas no lago, quantidade de irradiação solar no país e na cidade, orientações sobre os painéis e sobre a perda de rendimento para cada componente do sistema. A partir disso, foi realizado o levantamento da área territorial do lago e quantidade volumétrica de água, dimensionamentos de bomba d'água, painéis fotovoltaicos e inversor de tensão e criação dos escopos do sistema e da fonte. O projeto é capaz de realizar 100% da troca gasosa de toda água do lago durante o ano, garantindo melhor oxigenação da água, melhor climatização do ambiente e inovação ao ponto turístico local.

Palavras chave: Fonte de água. Painéis Fotovoltaicos. Inovação. Parque Antenor Martins.

ABSTRACT

This final course completion work concerns the implementation of a fountain-type water source, with electrical power using photovoltaic panels located in Lake Antenor Martins de Dourados/MS. The objective is to implement the project with assignment of the photovoltaic panel system and installation of a totally independent fountain-type water source, which will produce its own energy to carry out the daily operation and will improve the oxygenation quality of the water. The method applied was the search for research on water conditions, in order to identify possible existing pollutants, housing of living beings, activities already carried out in the lake, amount of solar irradiation in the country and in the city, guidance on the panels and on the loss of performance for each component of the system. From this, a survey of the lake's territorial area and volumetric amount of water, sizing of water pumps, photovoltaic panels and voltage inverter and creation of system and source scopes was carried out. The project is capable of carrying out 100% of the gas exchange of all the water in the lake throughout the year, ensuring better water oxygenation, better climate control and innovation in the local tourist spot.

Keywords: Water source. Photovoltaic panels. Innovation. Antenor Martins Park.

PROJETO DE UMA DE FONTE DE ÁGUA DO TIPO CHAFARIZ COM ALIMENTAÇÃO ELÉTRICA UTILIZANDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM UM LAGO

Lucas Mathaeus Almeida de Melo¹, lucas.melo056@academico.ufgd.edu.br¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados - Itahum, Km 12-Cidade Universitária-CEP 79804970.

Resumo. Este trabalho final de conclusão de curso, diz respeito a implementação de uma fonte de água do tipo chafariz, com alimentação elétrica utilizando painéis fotovoltaicos localizado no lago Antenor Martins de Dourados/MS. O objetivo é implementar o projeto com atribuição do sistema de painéis fotovoltaicos e instalação da fonte de água do tipo chafariz totalmente independente, cuja mesma produzirá sua própria energia para realizar a operação diária e com isso realizará o melhoramento da qualidade de oxigenação da água. O método aplicado foi a busca por pesquisas referentes às condições da água, a fim de identificar possíveis poluentes existentes, habitação de seres vivos, atividades já realizadas no lago, quantidade de irradiação solar no país e na cidade, orientações sobre os painéis e sobre a perda de rendimento para cada componente do sistema. A partir disso, foi realizado o levantamento da área territorial do lago e quantidade volumétrica de água, dimensionamentos de bomba d'água, painéis fotovoltaicos e inversor de tensão e criação dos escopos do sistema e da fonte. O projeto é capaz de realizar 100% da troca gasosa de toda água do lago durante o ano, garantindo melhor oxigenação da água, melhor climatização do ambiente e inovação ao ponto turístico local.

Palavras chave: Fonte de água. Painéis Fotovoltaicos. Inovação. Parque Antenor Martins.

Abstract. This final course completion work concerns the implementation of a fountain-type water source, with electrical power using photovoltaic panels located in Lake Antenor Martins de Dourados/MS. The objective is to implement the project with assignment of the photovoltaic panel system and installation of a totally independent fountain-type water source, which will produce its own energy to carry out the daily operation and will improve the oxygenation quality of the water. The method applied was the search for research on water conditions, in order to identify possible existing pollutants, housing of living beings, activities already carried out in the lake, amount of solar irradiation in the country and in the city, guidance on the panels and on the loss of performance for each component of the system. From this, a survey of the lake's territorial area and volumetric amount of water, sizing of water pumps, photovoltaic panels and voltage inverter and creation of system and source scopes was carried out. The project is capable of carrying out 100% of the gas exchange of all the water in the lake throughout the year, ensuring better water oxygenation, better climate control and innovation in the local tourist spot.

Keywords: Water source. Photovoltaic panels. Innovation. Antenor Martins Park.

1. INTRODUÇÃO

A procura de fontes sustentáveis é um dos temas mais falados nos últimos anos. Com o alto índice de aumento ao efeito estufa, redução de chuvas e aumento de demanda às termelétricas, foram designados alguns meios de estabilizar inconformidades com avanços de temperatura e economia nas contas de energia, realizando implementações de sistemas fotovoltaico para o aproveitamento dos índices altíssimo de raios solares.

Deste modo a busca e aquisições de recursos renováveis que carregam a flexibilização e sustentabilidade quando utilizado, tem se tornado mais procurado dentro da sociedade atual.

O número de empresas de energia solar tem se mostrado em grande avanço como observado no dia a dia, e isso ocorre e devido à alta incidência de radiação solar presente no território brasileiro e da alta demanda por interesses de aquisições de módulos fotovoltaicos.

O mercado de energia solar no Brasil corresponde a 1,7% de toda a matriz energética brasileira, alcançando a geração de 3 GW no mês de outubro de 2020, de acordo com a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e a ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica).

A utilização de energia solar possui um grande fator de contribuição ao ecossistema, e desse modo garante maior viabilidade em relação ao custo e manutenção de equipamento, proporcionando maior autonomia e viabilidade em sua utilização. Por se tratar de uma energia inesgotável, energia por captação de painéis solares, tem se tornado comumente ao cenário atual. A energia produzida por painéis fotovoltaicos é definida como a energia gerada pelo meio de conversão direta de partículas de raios solares em eletricidade, dado por meio do dispositivo de célula fotovoltaica atuante, utilizando princípio do efeito fotovoltaico.

De acordo com a CRESSEB-CEPEL (2014), o sol é a principal fonte de energia para a Terra, além disso, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de sua utilização por meios de conversão e armazenamento de energia, como por exemplo, a térmica e a elétrica.

Seguindo o raciocínio de Pinto, Soares e Ferraz (2015), toda energia elétrica produzida através de energia solar é possível através de células fotovoltaicas ou pelo aquecimento de um fluido. Nas células fotovoltaicas, onde os painéis fotovoltaicos são constituídos por sílica, fósforo e boro recebem os raios solares, transformando energia térmica em energia elétrica, que pode ser armazenada em bateria ou injetada diretamente na rede elétrica através de um inversor, como podemos identificar na Figura 5, onde o painéis solares recebem a radiação solar, transformando esta irradiação recebida em forma de corrente contínua, onde é distribuída diretamente ao inversor, onde o mesmo é capaz de transformar a corrente contínua enviada das placas solares em corrente alternada, tornando-se uma energia apta para utilização.

Já a energia por aquecimento do fluido, são utilizados espelhos que concentram a luz solar para aquecer o mesmo, gerando vapor que produzem rotação a turbina à vapor e conseqüentemente produz eletricidade.

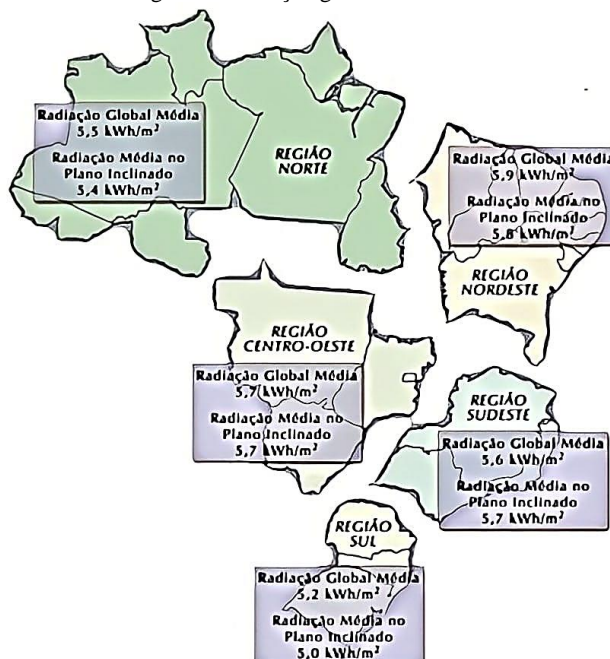
A implantação de painéis fotovoltaicos comerciais e residenciais, devem ser instalados em lugares fixos com um ângulo de inclinação exigido para cada região como especificado na Tabela 1 e Figura 4. Tais dados são designados para melhor captação de raios solares e melhor direcionamento, sendo usualmente apontados ao norte, para melhor captação de incidências de raios solares.

O território brasileiro mesmo com sua dimensão continental e apresentação de variáveis condições climáticas para 5 tipos de regiões, o Brasil possui um alto índice de incidência de radiação solar, o país apresenta alta condição de implantação/aproveitamento de geração de eletricidade através de incidência de raios solares. Segundo a INMET (2018), Brasil apresenta altos índices de radiação especialmente na região Norte e Nordeste por se encontrarem na chamada zona tropical, região caracterizada por médias anuais de temperatura em torno de 25°C.

Lidando com todos fatores citados, a indústria de fontes solares não especificamente em relação de energia renovável, mas sim em aspectos inesgotável em relações de tempo de vida do planeta terrestre, vem se destacando e se apresentando como a alternativa mais eficaz para produção e geração de energia elétrica na atualidade dentro do cenário brasileiro. Desta forma informações de grande conduta e confiabilidade sobre variabilidade são indispensáveis para suporte de desenvolvimento de projetos fotovoltaicos para cada canto do país. Para isto, contamos com sistemas de monitoramentos disponibilizados pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), o CRESESB (Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), para que tomada de decisões seja absolutamente condizente com o atual cenário.

Dados abaixo de registros feitos através de estudos de índices de radiação administrados pelo Atlas, tem nos mostrados à grande viabilidade de um sistema fotovoltaicos dentro do território nacional.

Figura 1: Radiação global média no Brasil



Fonte: ATLAS Brasileiro de Energia Solar

Como ilustrado acima, a região nordeste apresenta uma radiação global média de 5,9 Kwh/m². Já a região centro-oeste aparece em segundo lugar com uma radiação global média de 5,7 Kwh/m². Em seguida estão as regiões sudeste com uma radiação global média de 5,6 Kwh/m² e a região norte com 5,5 Kwh/m², e pôr fim a região sul aparece como a região com pior radiação solar, com 5,2 Kwh/m². Logo, é visto uma diferença apenas de 0,7 Kwh/m² para a região mais ensolarada, que é a nordeste. Com dados disponibilizados de acordo com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o maior índice de raios solares presentes em território nacional, constituem do início do verão (21 de dezembro) até a segunda quinzena de março (21 de março), onde o país corresponde a estação de verão, más isso abrange apenas índice de maior eficiência de sistemas fotovoltaicos, não desfazendo da capacidade de produção solar durante os meses seguintes.

Em Pereira, Oliveira (2011), ressaltam que a média anual de irradiação solar global no Brasil oferece uma boa uniformidade, com níveis nacionais de irradiação solar global incidente entre 1300 kWh/m² e 2200 kWh/m², tais valores são superiores ao de países europeus que, de longa data fazem uso da tecnologia solar fotovoltaica para geração de energia elétrica em grande escala, como a Alemanha. A região com menor média anual de irradiação solar no Brasil apresenta valor equivalente ao nível máximo no território alemão.

De acordo com dados estabelecidos pelo CRESESB (Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), foi possível elaborar o desenvolvimento da irradiação solar para a região de Mato Grosso do Sul, especificamente para a cidade de Dourados/MS, com seus índices de irradiação apontados pela tabela abaixo:

O diferencial deste projeto não segue de acordo como citado por Pereira, Oliveira (2011), onde o armazenamento de energia elétrica através de baterias, é frequentemente utilizado em bombeamento de água, pois este sistema não há utilização de baterias, pelo fato da consideração de um projeto inteiramente sustentável e de baixo custo, deste modo, é possível estabelecer painéis de altíssimo desempenho em geração de energia, cujo fatores de manutenções preventivas devem ser considerados. Segundo Kazmerski et.al (2021) devem ser levados em consideração a limpeza dos painéis devido ao grande acúmulo de poeira, lamas e outras questões que levam à redução de sua eficiência. Esses fatores são baseados na geografia, no clima e na urbanização de uma região.

Entre as diversas aplicações para os painéis fotovoltaicos está o uso delas na geração de energia solar para irrigação e para equipamentos utilizados na irrigação. Durante o trato e preparo da cana de açúcar, os equipamentos do grupo operativo Hidro Roll, comumente conhecido por carretel enrolador, são responsáveis por irrigarem o campo com vinhaça, sendo a vinhaça, o subproduto inaproveitável durante a produção do etanol. Esses equipamentos possuem dois rotores para suas turbinas, que por sua vez são alimentadas por bateria elétrica. Sendo assim, a recarga da bateria é realizada diretamente do painel fotovoltaico, fazendo com que o equipamento tenha total funcionamento continuamente, tendo funcionalidade semelhante aos alternadores automotivos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Implementar uma fonte de água independente, cuja mesma será capaz de realizar sua produção de energia elétrica utilizando painéis fotovoltaicos instalados ao Parque do Lago Antenor Martins, de Dourados/MS, com finalidade de operar uma bomba submersa para a produção do chafariz, proporcionando conseqüentemente um aumento de oxigenação do lago, melhorando o habitat de seres vivos no lago e redução da taxa de doenças e mau cheiro em decorrência da água parada.

2.2. Objetivos Específicos

- Dimensionar um sistema de painéis fotovoltaicos;
- Instalar fonte de água do tipo chafariz totalmente independente;
- Promover evolução à cidade.

3. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado o estudo de condições em que a água do parque do lago Antenor Martins se encontrava, dados estabelecidos através de artigo científico apresentado por Lima et.al (2011), onde o principal objetivo do estudo científico era a execução de um biomonitoramento, utilizando teste de mutagenicidade por meio de micronúcleo písceo, aplicando alevinos da espécie *Astyanax sp.*, popularmente conhecido por "lambari", por serem mais suscetível aos poluentes. Os índices encontrados na água foram significativamente altos por agentes genotóxicos, responsáveis por danificarem o DNA das células. Sabendo do índice de agentes genotóxicos existentes na água do parque, foi realizado o reconhecimento visual diretamente no lago, para identificação de possíveis desaguamento de lixos e tóxicos, logo, não foi localizado nenhum tipo de irregularidade drástica que pudessem alterar fatores genéticos aos seres vivos presentes na água.

Considerando os fatores de poluentes, foi realizado o estudo de viabilidade de implantação da fonte do tipo chafariz ao lago, com base na evidenciação de sustentabilidade para o lago, onde foi possível estabelecer que uma implementação

seria essencial e de suma importância, pois a mesma teria grande funcionalidade de realizar a oxigenação da água, transferindo maior quantidade de oxigênio ao interior do lago, reduzindo dessa forma a quantidade significativa de genotóxicos presentes na água.

Com todos os fatores apresentados, foi realizado o estudo final da implementação da fonte de água independente, onde seu funcionamento corresponderia à partir do momento em que às placas fotovoltaicas identificassem presença de radiação solar, normalmente durante o período das cinco horas da manhã até às dezoito horas da tarde, transferindo a corrente contínua produzida através dos painéis a um inversor, que seria capaz de encaminhar em forma de corrente alternada à bomba, realizando o funcionamento do chafariz.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Bomba do Chafariz

As bombas d'água são divididas em alguns tipos sendo: submersas, submersíveis, centrífugas, autoaspirantes, periféricas e injetoras. Cada bomba possui funcionalidade específica em diferentes modos de trabalho, atuando completamente submersas no fluido ou em local seco.

A bomba ideal para succionar água de lagos são as bombas submersas, onde farão o recalque da água do lago até a sua superfície. A troca gasosa entre o meio interno do lago com o externo, ocorrendo dentro deste processo a melhor oxigenação da água e garantindo maior qualidade da mesma.

Durante a escolha da bomba ideal para o projeto, foram estabelecidos dados fundamentais para o seu dimensionamento, sendo: Área do lago, volume d'água no lago e bombeamento de água diário, estimado através dos cálculos empregados abaixo:

A área do lago mostrada na Figura 2, é mensurada utilizando a plataforma *Google Maps*, sendo obtido um valor médio de 57.427,04m².

Figura 2 - Determinação da área do lago do parque



Fonte: Próprio autor

Com dimensionamento da área definido, é realizado o cálculo do volume por metros cúbicos do lago.

$$V = A \times H \quad (1)$$

$$V = 57,427.04 \times 1,6$$

$$V \approx 91.883 \text{ m}^3$$

Sendo:

A= Área [m²]

V = Volume [m³]

H = Altura [m]

Estabelecido o volume de 91.883m³ foi realizada a conversão de metros cúbicos, para litros, multiplicando o valor por 1000, obtendo o volume de 91.883.000L de água.

Com estes dados estimados, foi realizado a escolha da bomba de acordo com a necessidade para a construção do projeto, onde a prioridade foi a vazão de água bombeada durante o dia e o nível de ruído emitido pela bomba.

Sendo as prioridades estabelecidas, foi escolhido a bomba Bomba Submersa Boyu, Alta Vazão SPF – 48000, vazão 30000l/h, potência de 970W, altura de recalque 8m, tais valores contidos de vazão de operação e potência de operação, foram estabelecidos de acordo com o fabricante. Segundo Schweitzer e Rômulo(2014), este tipo de equipamento é amplamente utilizado em poços e cisternas no Brasil e se popularizaram devido ao baixo custo, simplicidade e confiabilidade.

O dimensionamento e escolha do motor e da bomba dependem um do outro, pois para cada aplicação existirá um conjunto motobomba que tenha um melhor desempenho de acordo com as condições de trabalho. Assim, é necessário conhecer os diferentes equipamentos disponíveis e entender que aplicação explora melhor suas características para optar sempre pela melhor opção em termos de eficiência e baixo custo (PINHO et al., 2014).

Utilizando a bomba submersa Boyu SPF-48000, foram desenvolvidos os cálculos, descritos abaixo, para avaliar o gasto mensal com seu custo de operação.

$$30.000l \times 11\text{horas/dia} \quad (2)$$

$$330.000l/\text{dia}$$

A bomba seria capaz de bombear cerca de 0,4% da capacidade de água do lago ao dia em trabalho máximo da bomba, operando por 11 horas diárias. E ao ano foi atribuído os cálculos através da seguinte equação:

$$330.000l/\text{dia} \times 365\text{dias} \quad (3)$$

$$120.450.000 \text{ l/ano}$$

Como identificado na Equação 3, a bomba submersa é capaz de succionar 120.450.000L/ano em sua capacidade máxima de trabalho, quantidade suficiente para bombear cerca de 136% da água do lago por ano, garantindo melhor oxigenação de água. Sabendo que o equipamento não operará em sua capacidade máxima, os resultados apresentados determinam bom rendimento do equipamento em relação ao tempo de operação.

De acordo com o site SNatural Ambiental (2021), estabelece que tanques e lagoas normalmente não sustentam adequadamente a existência de peixes em todo o volume de água pois estes necessitam níveis de oxigênio acima de 5 mg/l. Sendo assim, no fundo das lagoas, os valores se aproximam de 0-2 mg/l e que esta falta crônica leva a uma decomposição anaeróbica dos detritos que, por sua vez, gera acidez e gases tóxicos tornando a região inabitável. Sucede que, por ação de ventos fortes ou tempestades, estes gases podem emergir, por movimentação brusca da água, levando a população a uma mortandade repentina. A aeração é a única prática econômica de prevenção deste fenômeno.

Não menos importante, foi realizado o dimensionamento de horas operantes ao mês e gastos mensais em kW do equipamento, sendo:

$$\text{Horas Operantes} = 11 \frac{\text{horas}}{\text{dias}} \times 30 \text{ dias} \quad (4)$$

$$\text{Horas Operantes} = 330 \frac{\text{horas}}{\text{mês}}$$

Calculando gastos de kW/mês:

$$\text{Consumo Mensal} = \frac{P \times \text{Horas Operantes}}{1000} \quad (5)$$

$$\text{Consumo Mensal} = \frac{970W \times 330}{1000}$$

$$\text{Consumo Mensal} = 320 \frac{kW}{\text{mês}}$$

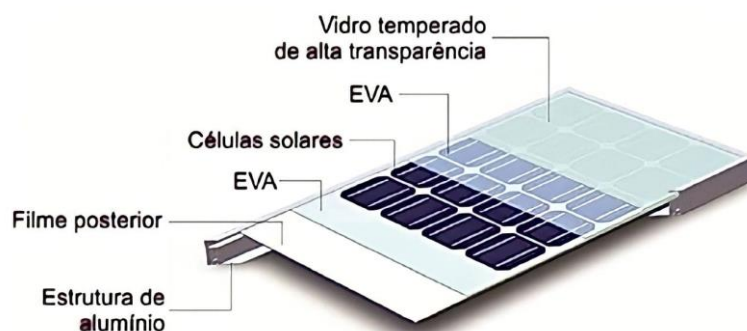
Sendo:

P = Potência do equipamento [W]

3.2. Painéis Fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são descritos como conjuntos de células fotovoltaicas interligadas entre si, onde é capaz de realizar a conversão de energia solar para energia elétrica conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Componentes de um painel fotovoltaico com células de silício.



Fonte: CRESESB

O conjunto de células forma um painel e o acoplamento de diversos painéis formam uma matriz de painéis. Células fotovoltaicas são relacionados eletricamente e encapsuladas para a formação de um painel fotovoltaico, que pode ser formado por um conjunto variante de 36 a 216 células fotovoltaicas, associadas em paralelo e/ou em série, sendo variado de acordo com parâmetros elétricos (Tensão, Corrente e Potência), mais adequados a utilização que o módulo se destina.

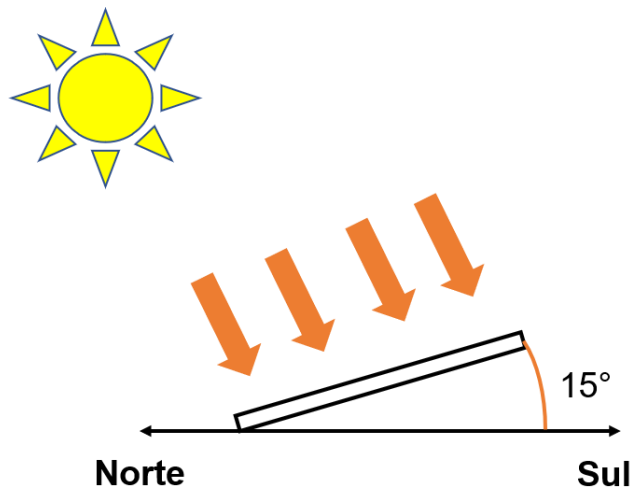
Os componentes dos painéis de Silício em específico os de silício (c-Si), ilustrado na Figura 3, segundo Dias (2015), são constituído: vidro temperado de alta transparência, Acetato Etil Vinila (EVA) estabilizado para a radiação ultravioleta, células fotovoltaicas e um filme posterior isolante, sendo um filme isolante com combinação de polímeros, tais como fluoreto de polivinila (PVF ou Tedlar), e tereftalato de polietileno (PET), dentre outros.

3.3. Orientações de Montagem dos Painéis

Segunda a CRESESB (Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), a orientação de inclinação ideal para instalação dos painéis, corresponde ao direcionamento dos painéis para coordenada norte, determinado pela letra N evidenciada na Tabela 1, onde a melhor aplicação do ângulo de inclinação é apresentado no ângulo da maior média anual, correspondendo a 19° N para a cidade de Dourados/MS.

Ao analisar os valores apresentados no plano horizontal de 0°N é possível identificar um aferimento relevante em relação ao mês de dezembro dentro do plano, com isso, é estabelecido uma redução de 2°N, para fixação das placas solares, adequando o melhor ângulo de orientação para a cidade de Dourados/MS de 15°N, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Ângulo de Inclinação Ideal Região de Dourados/MS.



Fonte: Elaborado pelo autor, segundo dados de CRESESB

Painéis fotovoltaicos fixos, são compostos por 32 módulos fotovoltaicos, agrupados e arranjados em ligações em série de quatro módulos cada, atingindo uma tensão de 48 Volts em CC (Corrente Contínua). Os oito grupos-série de quatro módulos são ligados paralelamente, possuindo um potencial total de 1450Wp (Watt-Pico).

3.4. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

O dimensionamento dos painéis e potência do inversor utilizado é o princípio base de condução para o dimensionamento final. O cálculo realizado consiste em relação à definição de energia, sendo: unidade de potência vezes o tempo, dado por:

$$E = P \times T \tag{6}$$

$$P = \frac{E}{T} \text{ kWp} \tag{7}$$

Sabendo que os painéis fotovoltaicos possuem uma perda de eficiência de energia associadas ao inversor, painéis e cabos, é atribuído um rendimento ao sistema, estabelecendo a equação de potência como:

$$P = \frac{E}{T \times \eta} \text{ kWp} \tag{8}$$

Sendo:

E = Energia de Geração [kWh/dia]

P = Potência Total dos Painéis [kWp] [Quilowatt Pico]

T = Tempo de Exposição ao Dia [h/dia]

η = Rendimento [%]

O passo inicial após a definição do equacionamento é recolher os dados de gastos estimados mensais, para definir a energia de geração (E), onde será descoberto a quantidade de energia necessária que o sistema gere diariamente. Sabendo que a bomba possui um consumo fixo já estimado ao mês de 320kW, será tratado este valor como base do cálculo, pois a média correspondente a todos os meses seria o mesmo.

É obrigatório o pagamento de taxa mínima em relação a classe do padrão que está sendo utilizado e da distribuição de serviço da companhia. Deste modo, mesmo se não for realizado o uso desta energia mínima, é pago a taxa. Contudo, o

valor da taxa de utilização mínima é abatido do valor de consumo mensal em kW, como forma de consumo dentro do sistema.

Portanto um padrão bifásico é pago a taxa mínima corresponde a 50kW, com isso obtemos o seguinte cálculo:

$$E = CM - LB \quad (9)$$

$$E = 320 \frac{kWh}{mês} - 50 \frac{kWh}{mês}$$

$$E = 270 \frac{kWh}{mês}$$

Com o valor de energia de geração mensal estabelecida através da Equação 9, o valor será substituído para geração diária, utilizando a Equação 9.

$$E = \frac{277 \text{ kwh}/mês}{30 \text{ dias}} \quad (10)$$

$$E = 9,0 \frac{kWh}{dia}$$

Sendo:

CM = Consumo Médio [kWh/mês]

LB = Ligação Bifásica [kWh/mês]

E = Energia de Geração por hora diária [kWh/dia]

O cálculo em relação ao tempo de exposição pelo qual os painéis deverão ficar recebendo irradiação solar diariamente, é definido através do HSP (Horas Sol Pico).

O conceito mencionado é baseado nos dados de irradiação solar ao longo do dia, ambos os dados retirados diretamente da plataforma CRESESB.

Os dados necessários para dimensionamento do tempo de exposição para a cidade de Dourados/MS estão evidenciados na Tabela 1, onde é analisado o valor médio de irradiação solar média mensal constado no plano horizontal, correspondendo a um HSP de 4,92 kWh/m².dia.

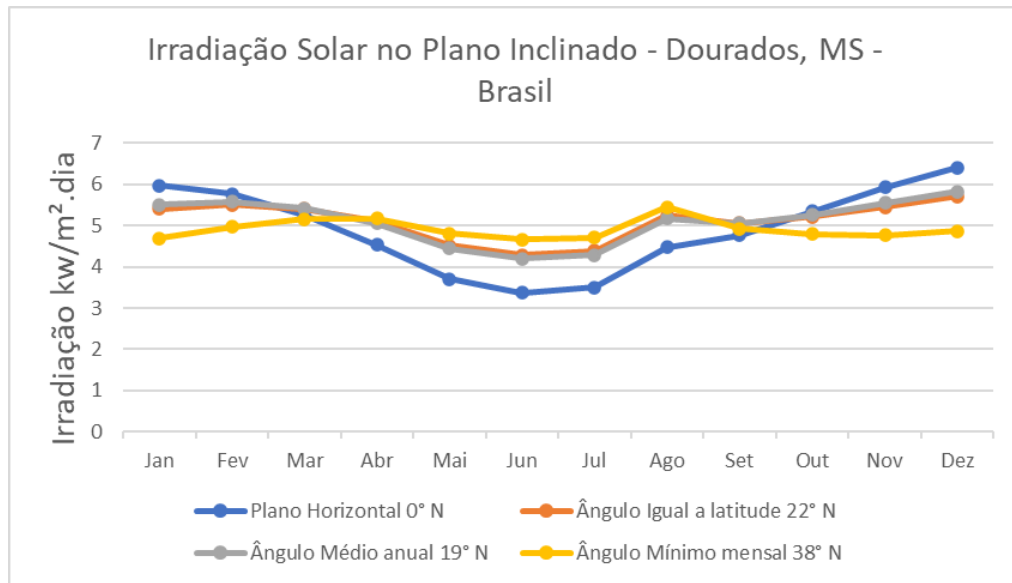
Tabela 1 - Irradiação solar média durante (2020-2021) em Dourados - MS

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar média mensal [kWh/m ² .dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	5,97	5,77	5,26	4,53	3,7	3,37	3,5	4,47	4,76	5,34	5,93	6,41	4,92
Igual a latitude	22° N	5,4	5,51	5,4	5,11	4,52	4,29	4,38	5,24	5,06	5,21	5,44	5,7	5,11
Médio anual	19° N	5,51	5,58	5,42	5,06	4,44	4,19	4,29	5,17	5,05	5,26	5,54	5,83	5,11
Mínimo mensal	38° N	4,69	4,97	5,15	5,17	4,8	4,66	4,71	5,44	4,93	4,79	4,77	4,87	4,91

Fonte: Elaborado pelo autor, segundo dados de CRESESB

Os dados estabelecidos acima, demonstram à média anual de irradiações mensal para cada respectivo mês do ano, e como de esperado e especificado em texto anteriormente, pode ser identificado e concluído que às maiores taxas de irradiações correspondem a estação climática do verão, onde às incidências solares são mais fortes, garantindo assim maior eficiência dos painéis fotovoltaicos. Como evidenciado na tabela de irradiação, é realizado a média de irradiação anual em um plano horizontal com ângulo zero com posicionamento ao norte (0° N), este plano é utilizado para estabelecer o HSP (Horas de Sol Pico), médio mensal de cada mês, mas apenas a média anual que nos auxilia para o cálculo do equipamento e quantidade de painéis que devem ser utilizado, enquadrando deste modo uma taxa média de 4,92 kWh/m².dia durante o ano, média que garante grande satisfação e proventos para aquisições de painéis fotovoltaicos.

Gráfico 1 - Irradiação solar média mensal durante (2020-2021) em Dourados – MS



Fonte: Elaborado pelo autor, segundo dados de CRESESB

Os dados necessários para dimensionamento do tempo de exposição para a cidade de Dourados/MS estão evidenciados na Tabela 1, onde é analisado o valor médio de irradiação solar média mensal constado no plano horizontal, correspondendo a um HSP de 4,92 kWh/dia.

Em seguida é encontrada a variável de rendimento, sendo definida por diversos fatores com dados estabelecidos de acordo com o *data sheet* de cada componente para atribuição de percentual variável. Deste modo é possível arbitrar às estimativas de rendimento proporcional para cada região e para cada modo de aplicação.

Como exemplo: dentro da Linha 4 na Tabela 2, identificamos um percentual de perda de rendimento em cabos de 0,5% a 1,0% de acordo com o fabricante, contudo, o cabeamento é de grande comprimento, ocorrendo uma perda considerável máxima para tal situação de aplicação.

Tabela 2: Dados de perda de rendimento dos componentes do sistema

Perdas	Percentual (%)	Estimativa (%)	Rendimento Global (%)
Perdas por Temperatura	7,0 - 18,0	11,50	88,50
Incompatibilidade Elétrica	1,0 - 2,0	1,50	98,50
Acúmulo de Sujeira	1,0 - 8,0	2,00	98,00
Cabeamento CC	0,5 - 1,0	1,00	99,00
Cabeamento AC	0,5 - 1,0	1,00	99,00
Inversor	2,5 - 5,0	4,00	96,00

Fonte: Próprio autor, adaptada do *Data Sheet* dos componentes

Como ilustrado na Tabela 2, foi atribuído o percentual de perda de cada item relacionado no sistema, de acordo com o *data sheet* (Lista de dados), e atribuído sua estimativa de perda.

O rendimento global de cada item se realiza através da subtração do rendimento total menos a estimativa estabelecida, identificado na Coluna 4 da Tabela 2, sendo o cálculo definido como:

$$RG = E_{fT} - Est \quad (11)$$

$$RG = 100\% - 11,50\%$$

$$RG = 88,50\%$$

Sendo:

RG – Rendimento Global [%]

EfT – Eficiência Total [%]

Est – Estimativa [%]

Atribuído o rendimento global de cada item, estabelece o rendimento total global, definido por:

$$\text{RGT} = \text{Multiplicação de cada RG} \quad (12)$$

$$\text{RGT} = 88,5\% \times 98,5\% \times 98\% \times 99\% \times 99\% \times 96\%$$

$$\text{RGT} = 80\%$$

Sendo:

RGT – Rendimento Global Total [%]

Com todas as variáveis definidas, o cálculo da potência total dos painéis pode ser definido através da equação (8), sendo:

$$PT_{\text{painéis}} = \frac{E}{T \times \eta} \quad (13)$$

$$PT_{\text{painéis}} = \frac{9,0 \text{ kWh/dia}}{4,92 \text{ h/dia} \times 0,8}$$

$$PT_{\text{painéis}} = 2,3 \text{ kWp}$$

Através do valor de potência total calculado, é estabelecido que a soma de potência individual de cada painel, necessita de cerca de 2,3 kWp para gerar 9,0 kWh/dia. Contudo a potência de 2,3 kWp representa a potência máxima que os painéis fotovoltaicos podem fornecer para o inversor.

Através da potência total dos painéis é estabelecida a quantidade de placas necessárias para construir o sistema, sendo os painéis mais comumente utilizados inseridos na Tabela 4.

Tabela 3 - Tabela de placas comumente utilizadas no mercado

Potência das Placas (W)	Dimensionamento (m)
260 / 265 / 275	1,6 x 1,0
310 / 315 / 320	1,95 X 1,0

Fonte: Autoria própria

Para este projeto, serão utilizados painéis de 265W, logo para encontrar a quantidade de painéis, é atribuído a seguinte equação:

$$Qtd_{\text{painéis}} = \frac{PT_{\text{painéis}}}{P_{\text{placas}}} \quad (14)$$

$$Qtd_{\text{painéis}} = \frac{2,3 \text{ kWp}}{265W}$$

$$Qtd_{\text{painéis}} \approx 9 \text{ painéis}$$

Sendo:

$Qtd_{painéis}$ = Quantidade de Painéis [UN]

$PT_{painéis} = P$ = Potência Total dos Painéis [kWp]

P_{placas} = Potência da placa [W]

Esta quantidade de painéis estabelecidas é aproximada e arredondada para o valor mais próximo, com isso é necessário realizar o recálculo da potência total dos painéis ($PT_{painéis}$):

$$PT_{painéis} = 9 \times 265W \quad (15)$$

$$PT_{painéis} = 2,4kWp$$

O valor de potência dos painéis passa de 2,3 kWp, para a potência de 2,4kWp, devido ao novo dimensionamento, com isso, pode ser definido o valor do inversor de acordo com a potência total dos painéis ($PT_{painéis}$), sendo este valor respeitado ao máximo 20% da potência das placas (2,9kWp) e ao mínimo 20% (1,9Wp), para que o mesmo não fique subdimensionado. Com isso foi realizado a tabela abaixo com inversores mais utilizados no mercado, sendo:

Tabela 4 - Modelo de inversores comumente utilizados no mercado

Modelos	Potência kWp
FRONIUS	4 / 5 / 6 / 8,2
Growatt	2 / 3,6 / 4,2 / 5
PHB	1,5 / 3 / 4,6 / 14
SMA	1,1 / 3,8 / 4,6 / 5

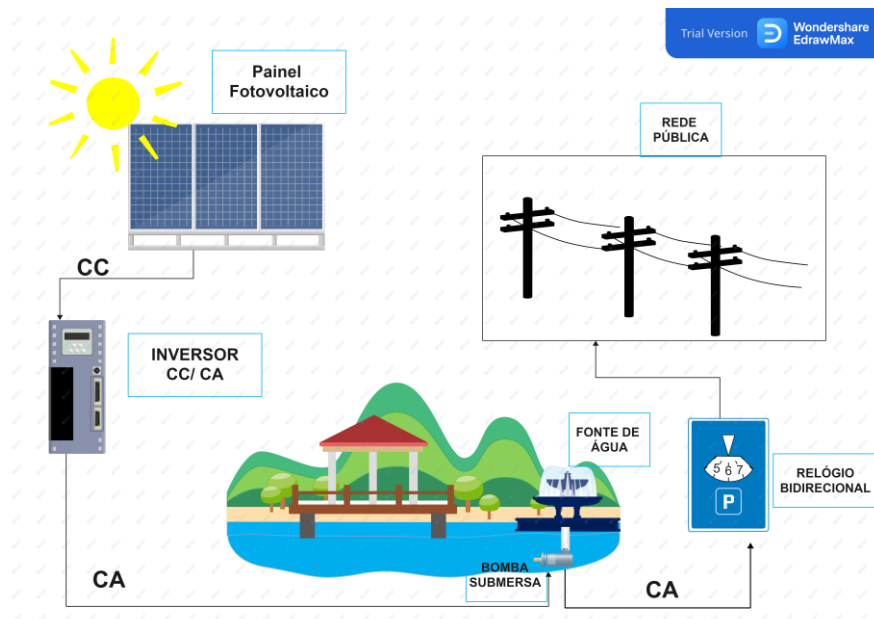
Fonte: Autoria Própria

Com os modelos de inversores mais comumente utilizado no mercado evidenciados acima e os respectivos valores atribuídos, a escolha do inversor ideal será da marca Growatt com potência de 2kWp, onde estaria dentro da faixa mínima e máxima estipulada para não ocorrência de subdimensionamento do sistema.

3.5. Escopo do Projeto

O escopo do projeto realizado através do software online *Edraw Max*, onde foi possível evidenciar o plano de instalação dos painéis, inversores, bomba submersa, fonte d'água do tipo chafariz e relógio bidirecional ilustrados na Figura 5.

Figura 5 - Escopo do Projeto



Fonte: Autorial própria

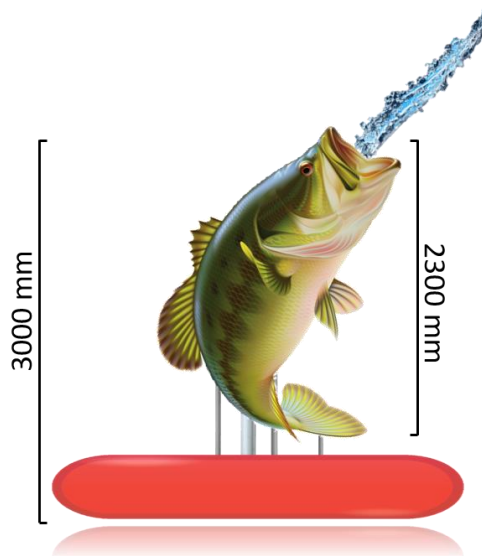
Este projeto trabalhará de forma independente, não havendo necessidade de energia externa para realização de operação da fonte. Desta forma, quando não apresentado radiações solares, o sistema não estará operando, com isso pode ser concluído que o sistema não irá operar em períodos diurnos e sim somente durante o período 05:00 as 18:00 horas, realizando uma operação de 11 horas diárias.

Em dias de baixa radiação o sistema terá seu funcionamento reduzido, pelo fato de os índices de incidência estarem reduzidos, porém, o sistema de painéis fotovoltaicos não necessita exclusivamente de raios solares para realizar seu funcionamento, bastando apenas o aquecimento dos painéis para geração de corrente.

Com o esquema do projeto ilustrado com sua simulação de funcionamento na Figura 5, o projeto da fonte que será implementada no lago é mostrado na Figura 6.

A fonte chafariz retrata a simbologia da cidade e sua origem de criação, representada pelo peixe dourado, onde formará o chafariz com a passagem de água por uma tubulação interna dentro do seu corpo e jorrando água através de sua boca e atingindo o lago.

Figura 6: Chafariz da Fonte



Fonte: Autorial Própria

3.6. Especificações de Segurança

É de suma importância o zelo de toda população, sabendo de fato que o equipamento irá proporcionar um ambiente mais aconchegante, climatizado e sustentável. Sabendo dos fatos de mal uso indevido do equipamento, o mesmo poderá trazer alguns riscos indevidos em circunstâncias do mal estado de utilização/conservação, tais como:

- O descuido inadequado aos reparos preventivos, podem vir gerar curtos circuitos na fiação, gerando uma descarga elétrica na água, colocando todos os seres vivos presentes no local em um risco elevado;
- Falta de conscientização com o patrimônio público, podem acarretar danos severos e incidentes drásticos como citado acima;
- Não adequação e implementações vigentes em normas regulamentadoras (NR), facilitam incidentes inoportunos.

3.7. Normas Empregadas

O referente projeto segue os devidos procedimentos e adequações como estabelecidos em normas, sendo:

- NBR 16690: Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos;
- NR 18: Estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção.

3.8. Custos do Projeto

A relação de custo estimado dentro da Tabela 5, contempla quantidade de componentes totais, unidades de medidas referentes, custo por unidade e custo total da soma entre às unidades que deverá ser utilizada para compor o projeto de uma fonte de água do tipo chafariz com alimentação elétrica por painéis fotovoltaicos.

Como identificado em penúltima linha, é estabelecido um valor de honorários de 30% em relação ao custo do projeto, para que o mesmo tenha fundos suficientes para possíveis retrabalhos ou falta de materiais caso necessário, onde não implicaria em uma nova geração de requisição ao município para finalização do projeto.

Tabela 5 - Relação de custos estimados totais do projeto

Equipamentos e Componentes do sistema	Quantidade	Unidade de Medida	Custo por Unidade [R\$]	Custo Total [R\$]
Painéis Solar 60 Células 265W	9	UN	755,00	6.790,00
Inversor Solar Fotovoltaico Growatt (68208-4) 2kw	1	UN	3500,00	3.500,00
String Box 2 Entradas E 2 Saídas Standart	1	UN	1300,00	1.300,00
Cabo Solar 4mm2 1,5/1,8kV ABNT NBR 16612 Preto	50	m	6,80	340,00
Cabo Solar 4mm2 1,5/1,8kV ABNT NBR 16612 Vermelho	50	m	6,80	340,00
Conector MC4 Acoplador Par Macho/Fêmea	5	UN	25,00	250,00
Kit Estrutura 2 Placas Fotovoltaica Solar Telha Cerâmica/cim	5	UN	385,00	1.925,00
Bomba Submersa Boyu Alta Vazão SPF-48000 30000l/h	1	UN	4.600,00	4.600,00
Monumento de fibra com formato de peixe 3m	1	UN	6.600,00	6.600,00
Estrutura de concreto para fixação do monumento	1	UN	15.000,00	15.000,00
Mão de obra indireta	2	UN	8000,00	16.000,00
Mão de obra direta / 30 dias	10	UN	2500,00	25.000,00
Custo do Projeto (SEM HONORÁRIOS)				81.645,00
Honorários = 30% do custo do projeto				24.493,50
Total			R\$ 43.433,60	106.138,50

Fonte: Próprio autor, cotações referentes ao mês de novembro de 2021.

4. CONCLUSÃO

A energia por irradiação solar, vem ganhando reconhecimento e representatividade na matriz energética brasileira dia após dia, porém, seu alto custo de mercado, leva-se um alto valor de investimento para adaptação em residências populares. Contudo, por demonstrarem grandes interesses de aquisições, agências bancárias facilitam compra destes sistemas atualmente, promovendo meios de pagamento do sistema fotovoltaico com possibilidades de parcelamento com valores acessíveis.

Realizando a análise de custo do projeto de tamanha estrutura implementada, é possível estabelecer que será possível realizar o pagamento do sistema em relação aos gastos mensais com energia elétrica convencional em 222 meses, considerando um custo de R\$1,15/kW, para 320kW/mês com pagamentos de R\$368,00/mês.

Este projeto eleva o índice de desenvolvimento para cidade de Dourados/MS, proporcionando inovação ao ponto turístico, melhor climatização e cuidados com a água do lago Antenor Martins, deste modo, será possível entregar um sistema de grande capacidade de geração de energia e bombeamento de água, respeitando todas as especificações de segurança para melhor funcionamento e durabilidade do sistema.

Sugere-se como trabalhos futuros, a implantação do parque inteiramente sustentável, onde será possível o funcionamento da rede elétrica do parque inteiramente por painéis fotovoltaicos e até mesmo automação de sistema de alimentação aos peixes.

5. REFERÊNCIAS

- CRESSEB-CEPEL, 2014. “Centro de pesquisas de energia elétrica - grupo de trabalho de energia solar. manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos”. Rio de Janeiro.
- DIAS, E.P.R., 2015. “Caracterização e reciclagem de matérias e módulos fotovoltaicos (painéis solares)”. pp. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Dissertação de Mestrado.
- INMET, 2018. “Temperatura média anual”. recuperado 27 de junho de 2019 - [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/search?searchabletext=temperatura20% anual](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/search?searchabletext=temperatura20%+anual)”.
- Kazmerski, S., Costa, L. and Cardoso Diniz, A.S., 2021. “Impact of soiling on si and cdte pv modules: Casestudy in different brazil climate zones”. Energy Conversion and Management: X, Vol. 10, p. 100084. doi:10.1016/j.ecmx.2021.100084.
- Lima, L., Fatori, L., Rissi, D., Vaini, J. and Grisolia, A., 2011. “Biomonitoramento da qualidade de Água do lago do parque antenor martins -dourados/ms, por meio do teste de micronúcleo píceo”.
- PEREIRA, F. and OLIVEIRA, M., 2011. “Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica”. In Porto: Publindústria. Porto, Portugal.
- PINTO, C., SOARES, L. and FERRAZ, V., 2015. “Energia solar - projeto feup, pag. 8”. Porto, Portugal.
- PORTALSOLAR, 2021. “Dados do mercado de energia solar no brasil”. <<https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>>.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A.. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES). CEPEL–DTE–CRESESB, 2014.
- SCHWEITZER, RÔMULO. Sistema de bombeamento de água empregando bomba vibratória submersa alimentada por meio de módulos fotovoltaicos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis SC, 2014.
- SNATURAL-AMBIENTAL. Aeração e Manutenção de Lagos. <<https://www.snatural.com.br/criacao-peixe-aeradores-aeracao-tanques-lagos/>>

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.