

## ESTUDO DE VIABILIDADE DE USINA REVERSÍVEL DE PEQUENO PORTE

Matheus Mageste Cunha<sup>1</sup> (IC), Antonio Carlos Zambroni de Souza (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI.

**Palavras-chave:** Armazenamento. Consumo. Geração. Fontes renováveis.

### Introdução

O avanço da tecnologia tem contribuído para o desenvolvimento de diversas áreas da engenharia, entre elas, o sistema de energia elétrica. O avanço da economia e demanda de energia elétrica contribuem para o aumento da utilização de energias renováveis. Entretanto, a implementação de fontes renováveis requer alguns cuidados, para um sistema elétrico é de extrema importância que a geração e o consumo estejam balanceados, o que se torna um problema quando se trata de fontes de energia limpa, uma vez que são intermitentes e dependentes de situações climáticas. Sendo assim, surge a necessidade de sistemas de armazenamentos acompanhados, como por exemplo, de uma usina fotovoltaica. O sistema de armazenamento irá assumir duas funções no sistema elétrico, em um primeiro instante funcionando como carga, armazenando a energia gerada, e no segundo momento como gerador, alimentando uma carga em algum pico de consumo da rede. Entre diversos métodos de armazenar energia, encontra-se a utilização de usinas reversíveis, que consiste no bombeamento de água de um reservatório inferior para um superior, em momentos de baixo consumo, e a água armazenada no reservatório superior utilizada para gerar energia através de turbinas hidráulicas.

A Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) contou com amplo desenvolvimento na área de energia solar nos últimos anos, o que torna a rede de energia do campus, não só mais consumidora, mas também unidade geradora. No entanto, o período de 12h até 13h30, horário na qual a universidade está sem aulas, desequilibra o consumo/geração de energia. O estudo então tem por objetivo estudar a viabilidade da energia gerada neste período ser utilizada em uma usina reversível, sendo consumidora de 12h às 13h30, e geradora à noite, período de maior consumo da universidade.

Considerando a utilização do lago da universidade como reservatório inferior, e a criação de um reservatório superior no bairro Agonia, encontrou-se uma altura de queda bruta de 34 metros, valor que será considerado nos cálculos.

Com base em dados de geração diária de placas fotovoltaicas instaladas na UNIFEI, a tabela 1 representa um exemplo de como os dados foram disponibilizados.

Tabela 1 : Histórico diário de geração inversor

Planta	UNIFEI ITAJUBÁ		
SN do inversor	9050KMTL209W0026		
hora	Modo de operação	Potência (W)	Geração Total(kWh)
07.06.2023 12:01:15	Normal	29875	50017,4
07.06.2023 12:02:01	Normal	29892	50017.9
07.06.2023 12:03:01	Normal	29930	50018.4
07.06.2023 12:04:01	Normal	29848	50018.9
07.06.2023 12:05:01	Normal	30042	50019.4
07.06.2023 12:06:01	Normal	30041	50019.9
07.06.2023 12:10:59	Normal	30417	50022.5
07.06.2023 12:12:13	Normal	30540	50023
07.06.2023 12:13:28	Normal	30519	50023.7

### Metodologia

07.06.2023 12:14:29	Normal	30456	50024.2
------------------------	--------	-------	---------

Utilizando o intervalo aproximado de 12h00 até 13h30, utilizou-se a coluna de geração total, encontrando o valor gerado (em kWh) para o intervalo de tempo empregado.

Deste modo, para cada tabela de inversor é necessário subtrair o valor de energia no instante final (13h30) pelo inicial (12h00). Somando todos os valores, encontra-se a energia total gerada pelo campus.

Após obter o valor total em kWh, multiplicou-se por  $3,6 \times 10^6$  para transformar essa energia em Joule.

Tem-se que:

$$E_{pg} = mgh$$

$E_{pg}$  - Energia potencial gravitacional (J)

$m$  - massa da água (kg)

$g$  = aceleração da gravidade local ( $m/s^2$ )

$h$  - altura (m)

É possível descobrir o valor da massa de água (em kg) que será transportada no processo.

$$m = E_{pg}/gh$$

Considerando 1 litro = 1 quilograma, obteve-se um valor de volume. Sendo assim:

$$1 \text{ litro} = 0,001 \text{ m}^3$$

Após obter o volume em metro cúbico, considerou-se um tempo de duas horas de funcionamento de bombeamento. Logo:

$$t = 2 * 60 * 60 = 7200 \text{ segundos}$$

A vazão é dada por :

$$Q = V/t = (m^3/s)$$

Após obter o dado de vazão necessária, consegue-se definir o tipo de turbina que será utilizado.

## Resultados e discussão

Somando os dados de todas as tabelas disponibilizadas, obteve-se:

$$E_t = 213,7 \text{ kWh}$$

Convertendo para Joule:

$$E_t = 213,7 * 3,6 * 10^6 = 0,76932 \text{ GJ}$$

Encontrando a massa (kg):

$$m = (0,76932 \text{ GJ}) / (34 * 9,81) = 2,3065 * 10^6 \text{ kg}$$

$$2,3065 * 10^6 \text{ kg} = 2,3065 * 10^6 \text{ l}$$

Basta dividir por mil para encontrar o valor do volume (V) em  $m^3$ .

$$V = 2306,5 \text{ m}^3$$

Sendo assim, obtém-se o valor da vazão:

$$Q = 2306,5/7200 = 0,3204 \text{ m}^3/s$$

Com os valores obtidos até o momento, percebe-se a necessidade de uma construção de reservatório superior com um volume de no mínimo  $2306,5 \text{ m}^3$ . Além disso, através do Google Earth Pro, calculou-se de maneira aproximada o volume do reservatório inferior já existente da UNIFEI, como o valor encontrado foi de aproximadamente  $20000 \text{ m}^3$ , assume-se que é suficiente para a aplicação estudada.

## Conclusões

Considerando a importância de sistemas de armazenamentos de energia, conclui-se que até o presente momento a implementação de uma usina reversível na Universidade Federal de Itajubá colabora para o equilíbrio de consumo e geração da rede, evitando gerações elevadas em horários de baixa carga e funcionando como suporte em horários de picos de consumo. Além disso, o desenvolvimento deste projeto pode-se tornar um laboratório real, dentro de uma universidade, para futuros estudos na área.

## Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Universidade Federal de Itajubá e a Fapemig pela oportunidade de desenvolver esse estudo e agregar positivamente em minha formação.

## Referências

RODRIGUES, Frank Wesley et al. A tendência de crescimento da energia fotovoltaica. 2017.

CANALES, F. A.; BELUCO, A.; MENDES, C. A. B.  
Usinas hidrelétricas reversíveis no Brasil e no mundo:  
aplicação e perspectivas/Pumped storage hydropower in  
Brazil and the world: application and perspectives. Revista  
Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental  
Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1230-1249, 2015.

SILVA, Marcel Tavares Coelho; QUINTINO, Luís  
Fernando; DELLA PIAZZA, Cesar Augusto.  
GERADORES SÍNCRONOS NA GERAÇÃO DE  
ENERGIA EM PEQUENAS CENTRAIS  
HIDRELÉTRICAS.