

# O impacto da chuva na geração de energia elétrica na usina hidrelétrica de ITAIPU

## The impact of rain on electricity generation at the ITAIPU hydroelectric plant

<sup>(1)</sup>Diego Luiz Torres Barros, diegoluitorres123@hotmail.com

<sup>(1)</sup>Edmar Jean Donizete, edmarjean35@gmail.com

<sup>(1)</sup>Fábio Luís Figueiredo, fabiofepi@yahoo.com.br

<sup>(1)</sup>Felipe Gonçalves de Arantes, felipearantes471@gmail.com

<sup>(1)</sup>Gabriel José Silva Procópio, gabriel.procopio11@gmail.com

<sup>(1)</sup>Tainan Arruda Rosa, tainan1056@gmail.com

<sup>(1)</sup> Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Av. Dr. Antônio Braga Filho, n° 687, Varginha, Itajubá – Minas Gerais

Recebido em: 26 de Fevereiro de 2021; Aprovado em: 14 de Abril de 2021

### RESUMO

Comumente, acredita-se que quando chove pouco a geração de energia elétrica tende a diminuir bruscamente, acarretando na falta de fornecimento de energia. De forma que, afim de correlacionar o impacto da chuva na produção de energia elétrica, foi feito um estudo estatístico para analisar e concluir que existe de fato grande correlação entre os dois fatores. Para esta análise, foram feitos testes estatísticos com dados fornecidos pelo INPE-Instituto Nacional de Pesquisa Espacial e Relatórios Anuais da Usina Hidrelétrica de Binacional de ITAIPU. Com isso foi observado que existe correlação entre os dois fatores em análise, mas que não é tão alta como se imaginava. Ademais, conclui-se que apesar da chuva ser um fator importante na geração de energia, pequenas estiagens não impactam bruscamente na geração de energia. Portanto, a energia elétrica para ser gerada, possivelmente depende de outros fatores além da chuva.

**Palavras-chave:** Precipitação, Geração de Energia Elétrica, Correlação.

### ABSTRACT

It is commonly believed that when it rains a little, electricity generation tends to decline sharply, resulting in a lack of energy supply. So that, in order to correlate the impact of rain on the production of electricity, a statistical study was carried out to analyze and conclude whether there is indeed a strong correlation between the two factors. For this analysis, statistical tests were performed with data provided by INPE-National Institute for Space Research and Annual Reports of the Binacional Hydroelectric Power Plant of ITAIPU. Thus, it was observed that there is a correlation between the two factors under analysis, but that it is not as high as imagined. Furthermore, it is concluded that although rain is an important factor in the generation of energy, small droughts do not have an abrupt impact on the generation of energy. Therefore, the electrical energy to be generated depends on several other points besides the rain.

**Keywords:** Precipitation, Electricity Generation, Correlation.

## INTRODUÇÃO

Neste artigo será apresentado o estudo estatístico da precipitação de chuva e o impacto que a mesma causa na geração de energia elétrica em uma hidrelétrica, no caso deste artigo a planta de ITAIPU.

Segundo a EPE – Empresa de Pesquisa Elétrica (2020), apresenta no BEN – Balanço Energético Nacional de 2019 que 64,9% da matriz energética brasileira é composta por hidrelétricas. Esse grande valor de energia gerada é devido a enorme quantidade de recursos hídricos presentes no território brasileiro. O Brasil é o terceiro maior país no mundo com este potencial, entretanto mesmo com tantos investimentos na área e tendo grande representatividade na matriz energética nacional, apenas 25% deste potencial é explorado (SOMAR METEOROLOGIA 2018). Faz-se então necessário o estudo do tema em questão para que este potencial hídrico seja mais bem aproveitado no país.

Basicamente, em uma usina hidrelétrica, transforma-se a energia cinética que é gerada através da força da água, fluindo em tubos interligados às turbinas e movimentando a pá do gerador, visando a obtenção da energia elétrica (ALIANÇA 2017), sendo necessário o represamento de um rio.

Como a hidrelétrica é um recurso de energia renovável por utilizar do ciclo da água, ela depende diretamente de um fator extremamente importante: o clima. Como será apresentado neste artigo, a incidência de chuva está ligada diretamente na produção de energia elétrica, como supracitado, a usina hidrelétrica depende da movimentação das turbinas geradas pela vazão dos rios, ou seja, se chove muito a vazão dos rios é maior e conseqüentemente a produção de energia é alta, em contrapartida se chove pouco a vazão é pequena e a produção é baixa. A fim de conferir a veracidade das hipóteses acima, será realizado uma análise estatística descritiva através de tabelas e gráficos, e a estatística explorativa dos dados através da correlação de Pearson e do teste comparativo dos postos médios de Kruskal-Wallis em relação a incidência de chuva e geração de energia mensal em ITAIPU para verificar se existe relação entre incidência de chuva em relação a geração de energia elétrica, e no caso do comparativo de postos pretende-se verificar quais meses possuem maior ou menor incidência de chuva, e quais meses possuem maior ou menor geração de energia elétrica.

O objetivo deste trabalho é determinar a média de precipitação

pluvial mensal através de um estudo observacional da variabilidade espaço-temporal. Sendo assim, serão utilizados os dados estatísticos de precipitação pluvial do período de 2015 a 2019 (60 meses), fornecidos pelo Instituto de Pesquisa Espacial (INPE, 2019) para estabelecer uma comparação com a geração de energia mensal dos mesmos meses, coletados dos Relatórios Anuais de ITAIPU. A finalidade será analisar o impacto da incidência de chuva na produção de energia elétrica na usina de ITAIPU.

## **METODOLOGIA**

Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quantitativa a partir de dados secundários referentes aos relatórios anuais da usina hidrelétrica de ITAIPU, sendo coletados entre janeiro de 2015 a dezembro de 2019 visando a obtenção de um estudo mais qualificado.

Para realização deste artigo foi desenvolvido uma análise comparativa verificando-se a correlação da média de precipitação de chuva nos meses estudados utilizando dados fornecidos pelo Instituto de Pesquisa Espacial (INPE, 2019), além da relação entre a geração de energia elétrica através do site da empresa ITAIPU BINACIONAL, para que haja a

possibilidade de identificar o impacto dentre as variáveis citadas.

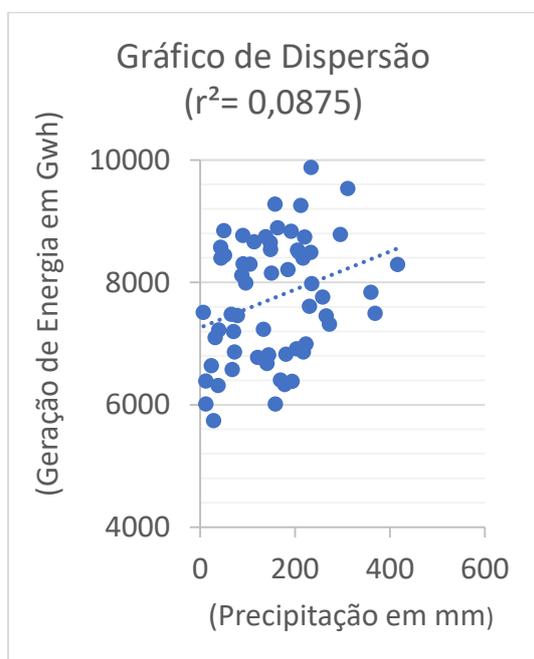
A partir destes dados coletados, foi necessário a realização de uma análise estatística identificando as variações referentes a energia elétrica, calculando-se a média e o desvio padrão, levando em consideração três tipos de períodos, tais como: estiagem, chuva moderada e chuva volumosa. E assim verificado a aleatoriedade e a normalidade dos dados, levando em consideração o tamanho de amostra em cada mês.

Para a realização do estudo, 60 meses são suficientes para estimar a média de precipitação pluvial, levando em consideração um erro de estimação igual a 45% da média estimada, com grau de confiança de 95%. Com estes dados pretende-se analisar em tese se a precipitação possui impacto na geração de energia elétrica.

A análise dos dados descritivos foi feita através do programa Excel enquanto a análise dos dados exploratórios e os testes foram realizados pelos programas Minitab e BioEstat. Os resultados foram advindos dos seguintes testes: Análise de variância (Kruskal-Wallis) e correlação de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de verificar a correlação entre a precipitação e geração de energia elétrica produzida, foi realizado o teste de correlação onde constatou-se um resultado que aponta ser significativo ( $p = 0,0217$ ), porém fraco ( $r = 0,2958$ ), com 95% de confiabilidade. Conforme citado acima, a correlação é fraca ( $r^2 = 0,0875$ ), de forma que aproximadamente apenas 9% da precipitação explica a produção de energia elétrica, resultando em que para cada milímetro de chuva, é acrescido 3,11 GWh a mais na geração de energia mensal. Além disso, os dados obtidos apresentam linearidade, conforme ilustra a figura 1.



**Figura 1** – Verificação de linearidade.

Este resultado deve-se aos diversos fatores que impactam juntamente com a

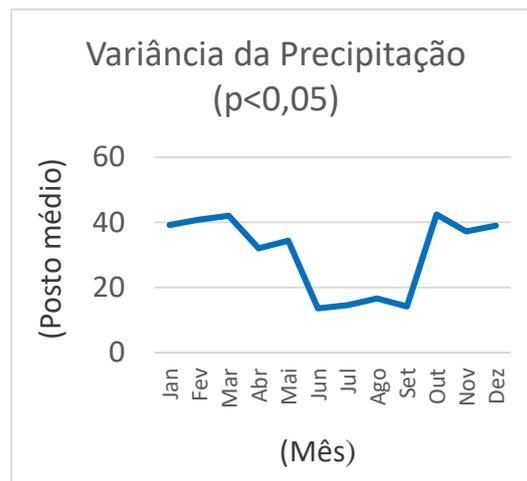
precipitação de chuva, por exemplo: A intensidade da chuva, pois se chove em excesso, parte da água é liberada no vertedouro de forma que não é convertida em energia elétrica, quantidade de turbinas disponíveis, pois caso não estejam, a usina não terá todo seu potencial de produção, a vazão, local onde choveu etc. Este artigo adotou apenas a precipitação do local, ou seja, de Foz do Iguaçu, entretanto o rio Paraná que abastece a usina de Itaipu recebe muitos afluentes, como o rio Tietê, Paranapanema, Iguaçu e Paraguai. Na bacia do alto Paraná (Nascente até o encontro com o rio Paraguai) o clima é quente e úmido, no verão há muitas chuvas, que ocasionalmente provocam enchentes (Britannica Escola 2020). Portanto, as chuvas que ocorrem durante todo seu percurso impactam diretamente na geração de energia, não somente a chuva local que foi a única levada em consideração nesta análise de dados estatísticos.

Com base na análise de variância, foi possível constatar que, em relação a geração de energia, não há uma variação significativa ( $p > 0,05$ ), com uma confiabilidade de 95% e conforme indica a tabela 1.

**Tabela 1** - Análise de variância da geração de energia elétrica.

Resultados	
H	13.6138
Graus de liberdade	11
(p) Kruskal-Wallis	0.2551

Porém, quando se trata da precipitação, evidencia-se que os postos médios de junho, julho, agosto e setembro são significativamente que os demais meses analisados estudados ( $p < 0,05$ ) durante os cinco anos de 2015 a 2019, como indicado na figura 1 e na tabela 2, mostrando que mesmo com a precipitação bem abaixo do padrão a geração se mantém dentro da faixa de correlação estabelecida anteriormente.



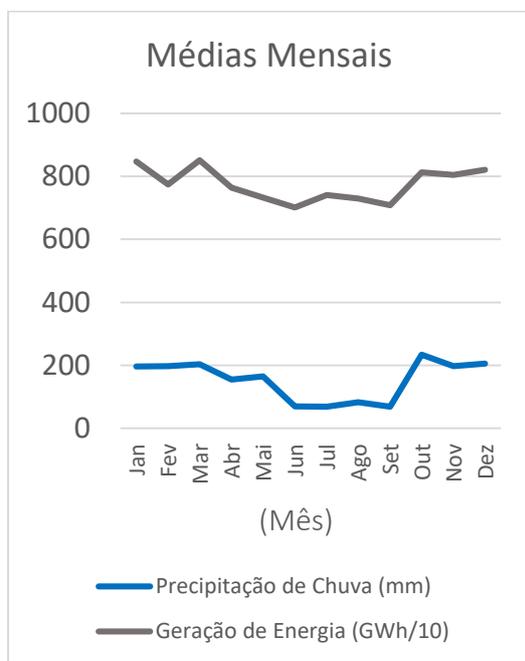
**Figura 2** – Análise dos postos médios mensais.

**Tabela 2** - Análise de variância da precipitação de chuva.

Resultados	
H	26,0256
Graus de liberdade	11
(p) Kruskal-Wallis	0,0064
Jan (posto médio)	39,20
Fev (posto médio)	40,80
Mar (posto médio)	42,00
Abr (posto médio)	32,00
Mai (posto médio)	34,40
Jun (posto médio)	13,60
Jul (posto médio)	14,60
Ago (posto médio)	16,60
Set (posto médio)	14,20
Out (posto médio)	42,40
Nov (posto médio)	37,20
Dez (posto médio)	39,00

Com intuito de demonstrar a correlação entre a precipitação e

geração de energia elétrica, foi realizado o cálculo das médias da energia produzida e da precipitação, baseando-se em 5 amostras para cada mês, entre 2015 e 2019, segundo ilustra a figura 2.



**Figura 3** – Análise das médias mensais entre geração de energia e precipitação de chuva.

Com isso, observa-se uma diminuição considerável da precipitação no intervalo de junho a setembro. Porém, por conta de a correlação ser fraca, conforme supracitado, a variação na geração de energia é baixa, com uma pequena queda que pode estar atrelada aos 9% de correlação encontrados no teste.

## CONCLUSÃO

O estudo teve como objetivo, estabelecer uma correlação entre a precipitação e geração de energia. Foi encontrada uma correlação de 9% entre os fatores citados acima, em virtude de que várias outras fontes contribuem para a geração de energia e não somente a chuva a qual foi levada em pauta no estudo.

Foi possível identificar também que, mesmo com a precipitação variando significativamente, não ofereceu impacto direto na produção de energia elétrica, evidenciando através das análises feitas em um estudo local, que a correlação se apresentou fraca e com isso comprovou-se que não impacta diretamente nos resultados anuais de produção energética.

Logo nota-se pelo resultado obtido que a usina de ITAIPU é uma usina muito bem projetada, ao passo que a estiagem não impacta em grande escala na produção da energia, ou seja, mesmo que a chuva indique ser uma das fontes mais importantes na geração, algum tempo sem grande volume de precipitação não gera um impacto tão significativo na geração de energia no caso estudado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIANÇA. **Como funciona uma usina hidrelétrica?**. [2017]. Disponível em:

<https://aliancaenergia.com.br/br/como-funciona-uma-usina-hidreletrica/#:~:text=As%20hidrel%C3%A9tricas%20funcionam%20por%20meio,turbinas%2C%20fazendo%2Das%20girar.&text=O%20volume%20de%20chuvas%20tem,usinas%20hidrel%C3%A9tricas%2C%20aumentando%20sua%20produ%C3%A7%C3%A3o> Acessado

em: Agosto de 2020.

Britannica Escola. **Rio Paraná**. [2020] Disponível em:

<https://escola.britannica.com.br/artigo/rio-Paran%C3%A1/483439>

Acessado em: Novembro de 2020.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz energética e elétrica**. [2020].

Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#TOPO>

Acessado em: Setembro de 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL.

**Monitoramento do Brasil**. [2019].

Disponível em:

<https://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>

Acessado em: Agosto de 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório anual**. [2015]. Disponível em:

[https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af\\_df/RelAnual-2015.pdf](https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af_df/RelAnual-2015.pdf)

Acessado em: Agosto de 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório anual**. [2016]. Disponível em:

[https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af\\_df/RelAnual-2016.pdf](https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af_df/RelAnual-2016.pdf)

Acessado em: Agosto de 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório anual**. [2017] Disponível em:

[https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/u26/RELATORIO%20ITAIPU%202017\\_27abril.pdf](https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/u26/RELATORIO%20ITAIPU%202017_27abril.pdf)

Acessado em: Agosto de 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório anual**. [2018] Disponível em:

[https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af\\_df/RELATORIO\\_ITAIPU\\_2018.pdf](https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af_df/RELATORIO_ITAIPU_2018.pdf)

Acessado em: Agosto de 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Produção ano a ano**. [2019]. Disponível em:

<https://www.itaipu.gov.br/energia/producao-ano-ano>

Acessado em: Agosto de 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Relatório anual**. [2019] Disponível em:

[https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af\\_df/RELATORIO\\_ANUAL\\_ITAIPU\\_2019.pdf](https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af_df/RELATORIO_ANUAL_ITAIPU_2019.pdf)

Acessado em: Agosto de 2020.

ITAIPU BINACIONAL. **Rio Paraná.**

[2019] Disponível em:

<https://www.itaipu.gov.br/energia/rio-parana>

Acessado em: Setembro de 2020

SOMAR METEOROLOGIA. **Energia hidrelétrica: como o clima interfere na geração de energia elétrica?.**

[2018] Disponível em:

<https://blog.somarmeteorologia.com.br/energia-hidreletrica-como-o-clima-interfere-na-geracao-de-energia-eletrica/>

Acessado em: Setembro de 2020.