#### PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

NÚCLEO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Pós-graduação Lato Sensu em Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina

# Rede Neural com predições de volume útil do reservatório de Funil (RJ) baseado em variáveis climáticas

**Marina Micas Jardim** 

marinamicas@gmail.com

Rio de Janeiro - 15 de Abril de 2022



# Sumário

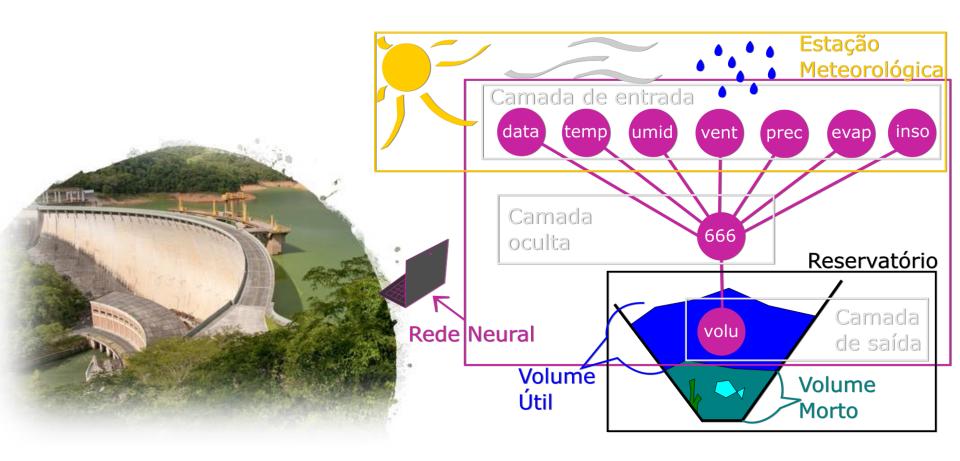
- . Contextualização
- 2. <u>Definição do Problema</u>
- 3. <u>Algoritmos, técnicas e ferramentas</u> <u>de aprendizado de máquina</u>
- 4. <u>Desenvolvimento da Solução</u>
- 5. <u>Discussão dos Resultados</u>
- 6. Considerações Finais
- 7. Referências Bibliográficas





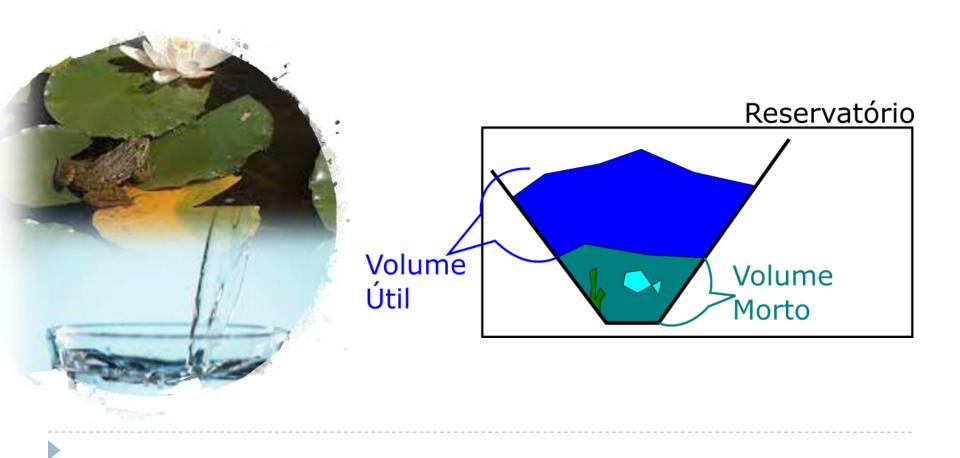
### Contextualização

Planejamentos do **volume útil** de reservatórios com a estimativa de variáveis climáticas através da **inteligência artificial**.

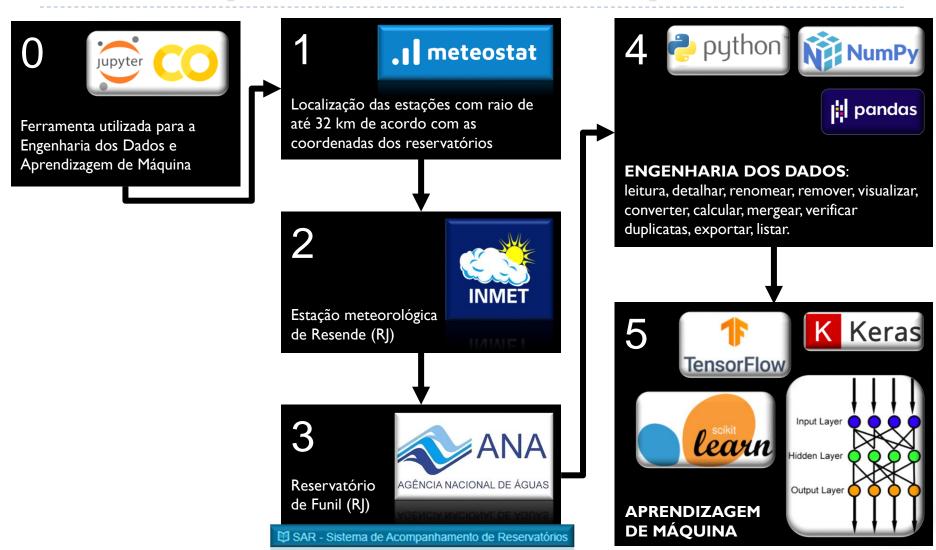


# Definição do Problema

O volume morto é uma margem de segurança para deixar o reservatório equilibrado.



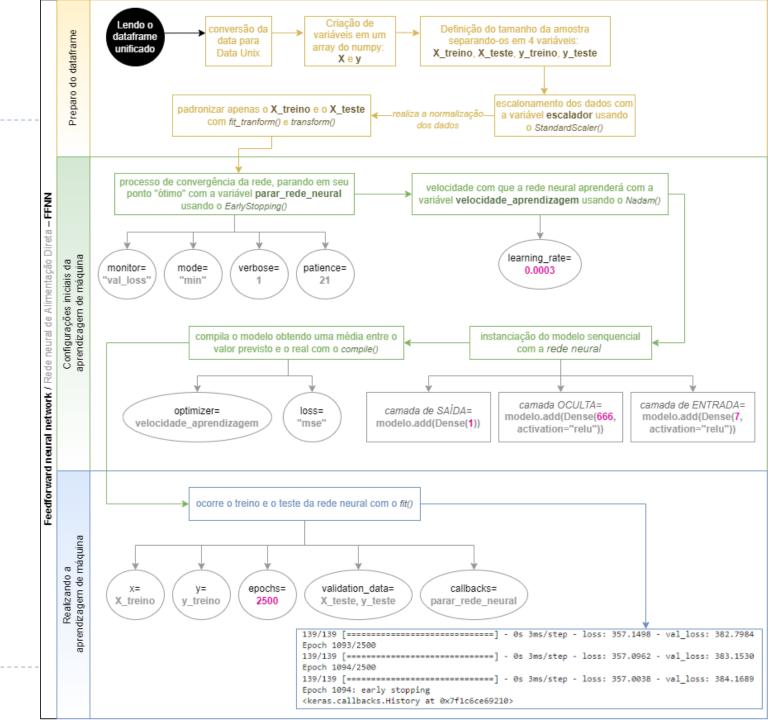
# Algoritmos, Técnicas e Ferramentas de Aprendizado de Máquina



#### Os textos em rosa nesta página são os

nesta página são os hiper parâmetros.

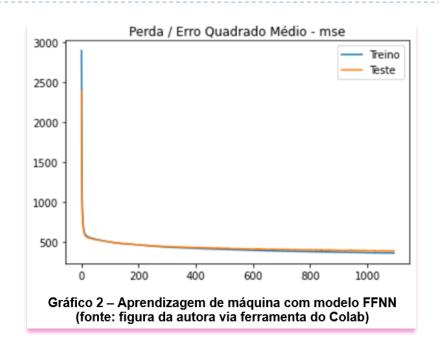
# esenvolvimento



#### Discussão dos Resultados

|      | Previsão da rede | Valores corretos |
|------|------------------|------------------|
| 0    | 45.38            | 38.817844        |
| 1    | 50.17            | 52.617275        |
| 2    | 12.20            | 20.334005        |
| 3    | 46.03            | 65.042511        |
| 4    | 47.21            | 61.835258        |
|      |                  |                  |
| 1468 | 45.33            | 38.289410        |
| 1469 | 14.16            | 26.554461        |
| 1470 | 27.05            | 59.906822        |
| 1471 | 62.68            | 49.801525        |
| 1472 | 64.53            | 55.381088        |

Tabela 3 – Aprendizagem de máquina com modelo FFNN (fonte: figura da autora via ferramenta do Colab)



| Método do sklearn              | Descrição da métrica             | Resultado  |
|--------------------------------|----------------------------------|------------|
| explained_variance_score       | Eficiência da rede neural        | 37%        |
| mean_squared_error com np.sqrt | Erro médio das previsões da rede | +/- 19.60% |

Tabela 4 - Métricas da Aprendizagem de máquina com modelo FFNN



# Considerações Finais

- Eficiência máxima obtida na rede neural FFNN foi de 37%.
- Continuidade deste trabalho através da otimização de hiper parâmetros com o Keras Tuner.
- Utilizar na fase de pré-processamento dos dados o recurso do conceito Fuzzy, pois remove a dependência de unidades ao normalizar os dados conforme relatam NAGASELVI e DEEPA (2015).





MeusEstudos/RedesNeuraisFFNN: (github.com)



# Referências Bibliográficas

ANA - Agência Nacional de Águas. **SAR - SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO DE RESERVATÓRIOS.** Disponível em: <a href="https://www.ana.gov.br/sar/#:~:text=Lan%C3%A7ado%20oficialmente%20em%202014%2C%20o,(iii)%20Outros%20Sistemas%20">https://www.ana.gov.br/sar/#:~:text=Lan%C3%A7ado%20oficialmente%20em%202014%2C%20o,(iii)%20Outros%20Sistemas%20</a> H%C3%ADdricos>. Acesso em: 03 de abril de 2022.

ARAÚJO, M. **Nível do reservatório de Paraibuna, no Rio, atinge o volume morto.** Rio de Janeiro, 23 de janeiro de 2015. Disponível em: <a href="https://gl.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/01/nivel-do-reservatorio-de-paraibuna-no-rio-atinge-o-volume-morto.html">https://gl.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/01/nivel-do-reservatorio-de-paraibuna-no-rio-atinge-o-volume-morto.html</a>>. Acesso em: 21 de março de 2022.

A Voz da Cidade. **Represa do Funil mantém níveis satisfatórios de operação.** 2018. Disponível em: <a href="https://avozdacidade.com/wp/represa-do-funil-mantem-niveis-satisfatorios-de-operacao/">https://avozdacidade.com/wp/represa-do-funil-mantem-niveis-satisfatorios-de-operacao/</a>>. Acesso em: 24 de maio de 2022.

DICIONÁRIO TÉCNICO. **Resultados da busca para "Feed-forward Neural Network".** 2022. Disponível em: <a href="https://www.dicionariotecnico.com/traducao.php?termo=Feed-forward+Neural+Network">https://www.dicionariotecnico.com/traducao.php?termo=Feed-forward+Neural+Network</a>>. Acesso em: 17 de março de 2022.

EPOCH CONVERTER. **Epoch & Unix Timestamp Conversion Tools.** Disponível em: <a href="https://www.epochconverter.com/">https://www.epochconverter.com/</a>>. Acesso em: 31 de março de 2022.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Saiba mais sobre o volume morto.** 2015. Disponível em: <a href="https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/01/1574108-saiba-mais-sobre-o-volume-morto.shtml">https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/01/1574108-saiba-mais-sobre-o-volume-morto.shtml</a>>. Acesso em: 15 de março de 2022.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Volume morto é prefácio de clima cada vez mais extremo, diz ambientalista.** 2015. Disponível em: <a href="https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/12/1724210-volume-morto-e-prefacio-de-clima-cada-vez-mais-extremo-diz-ambientalista.shtml">https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/12/1724210-volume-morto-e-prefacio-de-clima-cada-vez-mais-extremo-diz-ambientalista.shtml</a>>. Acesso em: 14 de março de 2022.

GI, Rio de Janeiro. **Reservatório de Funil, no RJ, chega ao nível mais baixo desde 1969.** GLOBO.COM, 2015. Disponível em: <a href="https://gl.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/01/reservatorio-de-funil-no-rj-chega-ao-nivel-mais-baixo-desde-1969.html">https://gl.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/01/reservatorio-de-funil-no-rj-chega-ao-nivel-mais-baixo-desde-1969.html</a>. Acesso em: 06 de abril de 2022.

GI, São Paulo. **Entenda o que é o volume morto do Sistema Cantareira.** GLOBO.COM, 2014. Disponível em: <a href="https://gl.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/05/entenda-o-que-e-o-volume-morto-do-sistema-cantareira.html">https://gl.globo.com/sao-paulo/noticia/2014/05/entenda-o-que-e-o-volume-morto-do-sistema-cantareira.html</a>. Acesso em: II de março de 2022.

GITHUB. Where the world builds software. Disponível em: <a href="https://github.com/">https://github.com/</a>>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

GOOGLE. **Colaboratory.** Disponível em: < <a href="https://colab.research.google.com/">https://colab.research.google.com/</a>>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

GOVERNO DO BRASIL. **População brasileira chega a 213,3 milhões de habitantes, estima IBGE.** 27 de agosto de 2021. Disponível em: <a href="https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/populacao-brasileira-chega-a-213-3-milhoes-de-habitantes-estima-ibge">https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/08/populacao-brasileira-chega-a-213-3-milhoes-de-habitantes-estima-ibge</a>. Acesso em: 21 de março de 2022.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET.** Disponível em: <a href="https://bdmep.inmet.gov.br/">https://bdmep.inmet.gov.br/</a>>. Acesso em: 29 de março de 2022.

INTEL. **CPU** versus **GPU:** qual é a diferença. Disponível em: <a href="https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/products/docs/processors/cpu-vs-gpu.html#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20uma%20GPU,dividida%20executada%20em%20muitos%20n%C3%BAcleos">https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/products/docs/processors/cpu-vs-gpu.html#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20uma%20GPU,dividida%20executada%20em%20muitos%20n%C3%BAcleos</a>. Acesso em: 06 de abril de 2022.

KERAS. **Keras Turner.** Disponível em: < <a href="https://keras.io/keras\_tuner/">https://keras.io/keras\_tuner/</a>>. Acesso em: 08 de abril de 2022.

MATPLOTLIB. **Matplotlib: Visualization with Python.** Disponível em: < <a href="https://matplotlib.org/">https://matplotlib.org/</a>>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

METEOSTAT. The Weather's Record Keeper. Canadá. Disponível em: <a href="https://github.com/meteostat">https://github.com/meteostat</a>>. 16 de março de 2022.

NAGASELVI, M.; DEEPA, Dr. T. Weather Forecasting using Deep Feed Forward Neural Network (DFFNN) and Fuzzy Outlier Removal. Journal on Science Engineering & Technology, 2015. Volume 2, No. 04. Disponível em: <a href="http://jset.sasapublications.com/wp-content/uploads/2017/10/6702690.pdf">http://jset.sasapublications.com/wp-content/uploads/2017/10/6702690.pdf</a>>. Acesso em: 21 de março de 2022.

NUMPY. The fundamental package for scientific computing with Python. Disponível em: <a href="https://numpy.org/">https://numpy.org/</a>>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

OLIVEIRA, S. S. Titanic Passo a Passo com 8 Modelos ML Pt-br. 2019. Disponível em: <a href="https://www.kaggle.com/code/samukaunt/titanic-passo-a-passo-com-8-modelos-ml-pt-br/notebook">https://www.kaggle.com/code/samukaunt/titanic-passo-a-passo-com-8-modelos-ml-pt-br/notebook</a>>. Acesso em: 06 de abril de 2022.

PANDAS. pandas is a fast, powerful, flexible and easy to use open source data analysis and manipulation tool, built on top of the Python programming language. Disponível em: <a href="https://pandas.pydata.org/">https://pandas.pydata.org/</a>>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

PLOTLY. Dash Enterprise. Disponível em: <a href="https://plotly.com/">https://plotly.com/</a>>. Acesso em: 07 de abril de 2022.

PYTHON. Python is a programming language that lets you work quickly and integrate systems more effectively. Disponível em: <a href="https://www.python.org/">https://www.python.org/</a>>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

RAY, R. **Re: Data and weather station distance.** 2017. Disponível em: <a href="https://www.researchgate.net/post/Data-and-weather-station-distance/594d2b50217e20b58d25659f/citation/download">https://www.researchgate.net/post/Data-and-weather-station-distance/594d2b50217e20b58d25659f/citation/download</a>. Acesso em: 06 de abril de 2022.

SAR – Sistema de Acompanhamento de Reservatórios. **Dados de operação dos reservatórios SIN – FUNIL. 01/01/1993 – 05/12/2017.**Disponível em:

SCIKIT-LEARN. Machine Learning in Python. Disponível em: <a href="https://scikit-learn.org/stable/">https://scikit-learn.org/stable/</a>>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

SEABORN. **seaborn: statistical data visualization.** Disponível em: <a href="https://seaborn.pydata.org/">https://seaborn.pydata.org/</a>>. Acesso em: 07 de abril de 2022.



SOUZA,V.A. de et al. Influência na variação dos volumes dos reservatórios na geração de energia: um estudo comparativo dos reservatórios do Nordeste – Sobradinho e Itaparica. 2017. Disponível em: <a href="https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/54617">https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/54617</a>>. Acesso em: 21 de março de 2022.

TENSORFLOW. **Keras.** Disponível em: <a href="https://www.tensorflow.org/guide/keras?hl=pt-br">https://www.tensorflow.org/guide/keras?hl=pt-br</a>>. Acesso em: 01 de abril de 2022.

WATANABE, R. M. **As partes de um reservatório**. 2015. Disponível em: <a href="https://www.ebanataw.com.br/talude/barragem.htm">https://www.ebanataw.com.br/talude/barragem.htm</a>>. Acesso em: 14 de março de 2022.

WIKIPEDIA, the free encyclopedia. **Era Unix**. 2022. Disponível em: <a href="https://pt.wikipedia.org/wiki/Era\_Unix">https://pt.wikipedia.org/wiki/Era\_Unix</a>>. Acesso em: 31 de março de 2022.

WIKIPEDIA, the free encyclopedia. **Feedforward neural network**. 2022. Disponível em: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Feedforward neural network">https://en.wikipedia.org/wiki/Feedforward neural network</a>>. Acesso em: 17 de março de 2022.