



**PROJETO APLICADO 4: SÉRIES TEMPORAIS – ENERGIA**

**Grupo Projeto Aplicado:**

**ISABEL DE FÁTIMA BATANETE RAMOS - 10056372**

**MAIARA DE SALES FAGUNDES RODRIGUES – 10407555**

**RENAN MOREIRA PEREIRA – 10407030**

**SÃO PAULO**

**2024**



## SUMÁRIO

### PARTE I

1. Resumo/Abstract.....	3
2. Motivações e Justificativa.....	4
3. Introdução.....	5
4. Referencial teórico.....	6
5. Definição da linguagem de programação usada no projeto .....	8
6. Metodologia .....	9
7. Descrição da base de dados.....	11
8. Análise exploratória da base de dados escolhida.....	12
9. Tratamento da base de dados, Preparação e treinamento. ....	13
10. Resultados Esperados (Objetivos).....	14
11. Conclusões e Trabalhos Futuros.....	15
12. Referências Bibliográficas.....	16
13. Cronograma de atividades.....	17
14. Github e YouTube.....	18



## **Resumo**

Este projeto explora a aplicação de técnicas de séries temporais para a análise de padrões na geração e consumo de energia renovável, alinhado ao ODS 7 da ONU, que visa garantir acesso universal à energia limpa e acessível. Utilizando dados históricos da ANEEL e do ONS, o objetivo é desenvolver modelos preditivos que permitam otimizar o uso de energia renovável, reduzindo a dependência de fontes não renováveis. A análise preditiva ajudará na tomada de decisões estratégicas em políticas públicas e gestão energética.

## **Abstract**

This project focuses on the application of time series analysis techniques to study patterns in renewable energy generation and consumption, in line with the UN's Sustainable Development Goal (SDG) 7, which promotes universal access to clean and affordable energy. Using historical data from ANEEL and ONS, the main objective is to develop predictive models to optimize renewable energy use, reducing reliance on non-renewable sources. Predictive analysis will support strategic decision-making in public policy and energy management..



## Motivações e Justificativas

Primeiramente, a motivação para este projeto está vinculada aos objetivos de carreira dos componentes deste grupo de estudo acadêmico. Além disso, nota-se uma necessidade urgente de transição para fontes de energia mais sustentáveis e no apoio a políticas públicas que promovam o acesso universal à energia limpa. Segundo dados da Agência Internacional de Energia (AIE), o investimento em energia renovável continua a crescer, mas a capacidade de armazenamento e a gestão eficiente da energia gerada são desafiadoras, especialmente devido à natureza intermitente das fontes renováveis.

A relevância do tema é destacada pela sua contribuição para a redução das emissões de gases de efeito estufa, melhoria da qualidade de vida e promoção de um desenvolvimento econômico sustentável. A aplicabilidade dos resultados deste projeto está diretamente ligada à capacidade de previsão da oferta e demanda de energia, auxiliando governos e empresas na tomada de decisões mais eficientes e estratégicas. A análise preditiva pode, por exemplo, informar quando é necessário aumentar a capacidade de armazenamento ou utilizar fontes de backup, garantindo que a energia esteja disponível nos momentos de maior demanda.



## Introdução

O mundo enfrenta um desafio crescente em equilibrar o fornecimento de energia com a sustentabilidade ambiental. De acordo com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 da ONU, é essencial garantir o acesso universal a energia limpa, segura e acessível. A geração de energia renovável tem um papel fundamental nesse processo, mas sua variabilidade apresenta desafios para o planejamento e a distribuição eficiente de recursos energéticos. A variabilidade das fontes de energia renovável, como solar e eólica, é diretamente influenciada por fatores externos, como as condições climáticas, que impactam a disponibilidade dessas fontes.

Este projeto concentra-se na aplicação de técnicas de análise de séries temporais para estudar dados históricos de geração e consumo de energia. A área de conhecimento envolvida é a modelagem preditiva em ciência de dados, com foco no uso de modelos estatísticos e de aprendizado de máquina para prever padrões futuros de geração e consumo de energia. A análise de séries temporais é particularmente relevante neste contexto, pois permite identificar padrões cíclicos e sazonais nos dados que podem informar a otimização de sistemas energéticos.



## Referencial Teórico

O presente trabalho se insere na interseção entre o campo de séries temporais e a temática de energia limpa e acessível, em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 das Nações Unidas. O estudo de séries temporais, uma técnica estatística aplicada na modelagem de dados que variam ao longo do tempo, desempenha um papel crucial na análise de padrões históricos e na previsão de eventos futuros, o que é particularmente relevante para a gestão de energia.

### 1. Séries Temporais

As séries temporais são sequências de dados observadas ao longo do tempo em intervalos regulares. Sua análise é fundamental em diversos campos, como finanças, economia, climatologia e, no contexto deste projeto, na energia. Box e Jenkins (1970) são amplamente reconhecidos por seus estudos iniciais sobre métodos de modelagem de séries temporais, particularmente o modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). Este modelo, entre outros, é utilizado para identificar padrões e prever valores futuros com base em comportamentos passados.

Em energia, a análise de séries temporais permite a identificação de sazonalidades e tendências no consumo e na geração de energia, fornecendo informações valiosas para a otimização de processos e a tomada de decisões estratégicas. Os modelos de séries temporais ajudam a antecipar picos de demanda, gerenciar a intermitência das fontes renováveis e melhorar a eficiência no uso dos recursos energéticos.

### 2. Energia Renovável

A energia renovável, derivada de recursos naturais que são constantemente reabastecidos, como solar, eólica, hidráulica e biomassa, tem ganhado importância crescente no cenário global. De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), as fontes renováveis representaram quase 30% da produção global de eletricidade em 2020. No Brasil, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), mais de 80% da energia elétrica gerada provém de fontes renováveis, com destaque para a hidrelétrica.

No entanto, a variabilidade intrínseca de fontes como solar e eólica exige uma gestão eficaz para garantir a estabilidade da rede elétrica. Nesse sentido, a previsão precisa através de séries temporais é essencial para mitigar os impactos das variações na produção e evitar o desperdício de energia.



### 3. ODS 7 – Energia Limpa e Acessível

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) visa garantir acesso a uma energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos até 2030. Este objetivo é parte da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, estabelecida pela ONU em 2015. A promoção de energia limpa está diretamente ligada à mitigação das mudanças climáticas, redução da pobreza energética e melhoria da qualidade de vida das populações.

Para atingir as metas do ODS 7, é essencial investir em inovação tecnológica e em melhores práticas de gestão energética. Nesse contexto, a aplicação de técnicas de séries temporais para otimizar a geração e o consumo de energia renovável pode contribuir significativamente para alcançar essas metas, garantindo que o fornecimento de energia se torne mais sustentável e eficiente.

### 4. Aplicação de Modelos Preditivos em Energia

O uso de modelos preditivos na gestão energética é uma tendência crescente, especialmente com o avanço de metodologias baseadas em aprendizado de máquina e inteligência artificial. Métodos como Redes Neurais Artificiais (RNAs), Modelos ARIMA e LSTM (Long Short-Term Memory) são amplamente aplicados em estudos preditivos para energia, oferecendo uma abordagem eficaz para antecipar variações na demanda e na geração de energia.

Estudos de casos específicos, como o de Mena et al. (2018), que aplicaram modelos preditivos na gestão de sistemas de energia eólica, demonstram a viabilidade e a eficácia dessas técnicas em cenários de alta variabilidade. Essas ferramentas fornecem previsões que auxiliam na otimização da operação de usinas de energia renovável, contribuindo para uma rede elétrica mais estável e eficiente.



## Definição da linguagem de programação usada no projeto

A linguagem de programação usada no projeto aplicado é o Python versão 3.12. O grupo utilizará diversas bibliotecas para manipulação e visualização de dados. A seguir, apresenta-se uma breve descrição de cada uma delas:

- **pandas:** O pandas é uma biblioteca de análise de dados em Python que fornece estruturas de dados eficientes e fáceis de usar, como DataFrames, que permitem a manipulação e análise de dados de forma rápida e eficiente.
- **numpy:** O numpy é uma biblioteca em Python que fornece suporte para arrays multidimensionais e funções matemáticas de alto desempenho. É amplamente utilizado em computação científica e análise numérica de dados.
- **seaborn:** O seaborn é uma biblioteca de visualização de dados baseada no matplotlib que fornece uma interface de alto nível para a criação de gráficos estatísticos atraentes e informativos. Ele é especialmente útil para a criação de gráficos de distribuição, gráficos de regressão e mapas de calor.
- **matplotlib:** O matplotlib é uma biblioteca de plotagem em Python que fornece uma API orientada a objetos para a criação de gráficos estáticos, interativos e animados. Ele é altamente personalizável e oferece suporte a uma ampla variedade de estilos de plotagem.

Provavelmente outras bibliotecas serão utilizadas ao longo do projeto. Desta forma, as atualizações serão efetuadas nas próximas entregas.





## Metodologia

A metodologia aplicada para a análise de séries temporais de energia renovável seguirá uma abordagem estruturada, dividida em várias etapas a seguir listadas e explicadas:

Definição do Problema: A primeira etapa é entender claramente o problema do contexto energético atual e da necessidade de analisar dados temporais para melhorar a eficiência, acessibilidade e sustentabilidade da energia.

A definição deste problema é relevante para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, uma vez que a previsão precisa do comportamento da energia ao longo do tempo é essencial para assegurar o fornecimento contínuo e eficiente de energia limpa. Além disso, essa análise tem aplicabilidade prática em governos e empresas, auxiliando na tomada de decisões sobre investimento em infraestrutura, políticas de incentivo a energias renováveis e estratégias de mitigação de impactos ambientais.

O estudo de séries temporais permite identificar padrões que não são perceptíveis apenas pela observação direta dos dados, contribuindo assim para uma melhor gestão dos recursos energéticos e a promoção de uma economia mais verde e sustentável.

Limpeza de dados: A limpeza de dados envolverá a remoção de valores ausentes, tratamento de valores anômalos e a padronização dos dados para facilitar a análise posterior.

Análise Exploratória de Dados (EDA): A análise exploratória de dados será realizada para entender as características dos dados. Isso incluirá a visualização dos dados ao longo do tempo, a identificação de tendências, sazonalidades e possíveis padrões de autocorrelação.

Técnicas como gráficos de linha, gráficos de autocorrelação (ACF) e gráficos de deconvolução (detrended) serão aplicadas para ajudar a identificar padrões relevantes.

Modelagem de Séries Temporais: Para a modelagem, será utilizada uma abordagem estatística baseada no modelo ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) ou SARIMA (Seasonal ARIMA), caso os dados apresentem componentes sazonais.

Os parâmetros dos modelos serão ajustados usando técnicas como a Função de Autocorrelação (ACF) e Função de Autocorrelação Parcial (PACF).

Modelos mais avançados, como Redes Neurais Recorrentes (RNN) ou Long Short-Term Memory (LSTM), podem ser considerados para capturar padrões mais complexos.

Validação e Avaliação do Modelo: Os modelos serão validados utilizando técnicas como a divisão dos dados em conjuntos de treino e teste, além da validação cruzada, para garantir a precisão das previsões.



Métricas como o Erro Médio Absoluto (MAE), o Erro Quadrático Médio (MSE) e o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) serão utilizadas para avaliar o desempenho dos modelos.

Aplicação dos Modelos e Interpretação dos Resultados: Após a escolha do melhor modelo, ele será aplicado para prever a produção futura de energia renovável, gerando insights para a gestão de recursos energéticos.

Os resultados serão interpretados no contexto da ODS 7, destacando como a previsão de geração de energia pode contribuir para o planejamento e desenvolvimento sustentável.

Relatório e Discussão dos Resultados: Os resultados obtidos serão documentados e discutidos, destacando o impacto das previsões de séries temporais no setor de energia renovável e nas metas do ODS 7. Sugestões para futuras pesquisas também serão apresentadas, caso seja possível.



## Descrição da base de dados

A base de dados a ser utilizada neste trabalho do grupo de Projeto Aplicado 4, é composta por informações sobre o consumo e a geração de energia renovável e não renovável no Brasil, coletadas por fontes como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Esta base de dados inclui:

Tipo de energia: Identificação da fonte energética (solar, eólica, hidrelétrica, térmica, etc.).

Consumo de energia: Dados agregados e segmentados por região geográfica e setores econômicos.

Geração de energia: Volume de energia gerado por cada tipo de fonte renovável e não renovável.

Dados climáticos: Informações sobre temperatura, precipitação, e velocidade do vento, que impactam a geração de energia renovável.

Os dados abrangem um período de cinco anos, com coletas diárias e mensais, permitindo uma análise detalhada dos padrões de curto e longo prazo. A estrutura dos dados é majoritariamente tabular, com registros organizados em uma série temporal. Além disso, será considerado o uso de bases de dados públicas sobre mudanças climáticas e indicadores econômicos, que possam influenciar a oferta e a demanda de energia.



**Análise exploratória da base de dados escolhida**

Conforme descrito na metodologia, apresentam-se abaixo as evidências da análise de dados realizadas sobre a base de dados escolhida pelo grupo.

Este capítulo será apresentado nas próximas etapas.



## **Tratamento da base de dados, Preparação e treinamento**

Em relação ao tratamento da base de dados, expõem-se a seguir as evidências da metodologia previamente informada.

Este capítulo será apresentado nas próximas etapas



## Resultados Esperados (Objetivo)

O objetivo principal deste projeto é desenvolver e implementar modelos preditivos de séries temporais para analisar e prever padrões de geração e consumo de energia renovável. A intenção é reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis, promovendo um sistema energético mais eficiente e sustentável. O projeto pretende alcançar os seguintes objetivos específicos:

**Identificação de padrões:** Analisar dados históricos para identificar tendências e padrões cíclicos na geração e no consumo de energia.

**Modelagem preditiva:** Desenvolver modelos preditivos utilizando técnicas de séries temporais, como ARIMA, redes neurais recorrentes (RNN) e redes neurais de longa memória de curto prazo (LSTM).

**Simulação e otimização:** Simular cenários futuros de oferta e demanda energética, otimizando o uso de fontes renováveis e minimizando o desperdício de energia.



## **Conclusões e Trabalhos Futuros**

Este capítulo será apresentado em etapas futuras



### **Referências Bibliográficas**

MORETTIN, P. A., & TOLOI, C. M. C. "Análise de Séries Temporais." Edusp, São Paulo, 2006. Disponível online em <https://doceru.com/doc/ncx81cv>. Acesso em: 29 ago. 2024

Organização das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 30 ago. 2024.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Base de dados de consumo energético. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/>. Acesso em: 30 ago. 2024.

Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Dados sobre geração de energia. Disponível em: <http://www.ons.org.br/>. Acesso em: 30 ago. 2024.

ALMEIDA, M. P.; SILVA, J. C. *Modelagem de séries temporais para previsão de demanda energética*. Revista Brasileira de Energia, v. 25, n. 3, p. 45-62, 2023.

MENA, R., GIL, E., TORO, N., et al. *Short-term wind power forecast based on ARIMA model in a wind farm in Antofagasta, Chile*. Renewable Energy, v. 123, p. 119-127, 2018. DOI: 10.1016/j.renene.2018.02.043





**Cronograma de atividades**

<b>PERÍODO</b>	<b>DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE</b>	<b>STATUS</b>
De 01-08 a 20-02	Definição do grupo	Concluído
De 21-02 a 26-08	Definição do tema	Concluído
De 27-08 a 05-09	Desenvolvimento da primeira entrega	Concluído
De 04-09 a 05-09	Criação do GITHUB	Concluído
De 04-09 a 05-09	Revisão e aprovação dos itens de capa, sumário, introdução, coleta de dados, resultados esperados, cronograma e demais requerimentos sobre o trabalho a ser desenvolvido	Concluído
De 05-09 a 05-09	Subida dos dados no repositório	Concluído
Dia 06-09	Entrega do Aplicando Conhecimento 1	Concluído
De 07-09 a 26-09	Desenvolvimento da segunda entrega	Em desenvolvimento
De 07-09 a 20-09	Desdobramento da proposta analítica e análise exploratória	Em desenvolvimento
De 20-09 a 24-09	Construção dos scripts da análise exploratória em Python ou R ou métodos baseados em regras de associação, classificação ou agrupamento	Em desenvolvimento
De 25-09 a 29-09	Atualização do repositório, projeto e documentos	Em desenvolvimento
Dia 30-09	Entrega do Aplicando Conhecimento 2	Em desenvolvimento
De 01-10 a 20-10	Desenvolvimento da terceira entrega	Em desenvolvimento
De 01-10 a 05-10	Esboço do Storytelling	Em desenvolvimento
De 06-10 a 16-10	Scripts da Análise Exploratória Revisados no GitHub	Em desenvolvimento
De 20-10 a 27-10	Atualização do repositório, projeto e documentos	Em desenvolvimento
Dia 28-10	Entrega do Aplicando Conhecimento 3	Em desenvolvimento
De 29-10 a 15-11	Desenvolvimento da quarta entrega	Em desenvolvimento
De 03-11 a 05-11	Revisão do projeto total e divisão para speakers	Em desenvolvimento
De 06-11 a 07-11	Subida do projeto final no GitHub	Em desenvolvimento
De 07-11 a 09-11	Gravação da apresentação do YouTube com link no Github ou outro onde o prof. orientar	Em desenvolvimento
De 10-11 a 17-11	Revisão e correção da gravação, se necessário	Em desenvolvimento
Dia 18-11	Entrega do Aplicando Conhecimento 4	Em desenvolvimento



## GITHUB e YouTube

Para aqueles interessados em explorar mais a fundo os aspectos técnicos e metodológicos do projeto aqui apresentado, serão disponibilizados todos os metadados coletados, bem como o desenvolvimento do algoritmo e a aplicação do projeto, em nosso repositório no GitHub. O repositório pode ser acessado através do seguinte link: <https://github.com/BelBatanete/Projeto-Aplicado-4>. Este repositório oferece uma visão detalhada de cada etapa do desenvolvimento, desde a coleta e pré-processamento dos dados até a implementação e resultados finais.

Além disso, um vídeo explicativo será criado para facilitar a compreensão do trabalho realizado. Este vídeo estará disponível no YouTube e pode ser acessado pelo link que será informado futuramente. No vídeo, serão abordadas as técnicas utilizadas e os resultados obtidos.