

Documentação

A Vanguarda Industrial Verde: Identificando os Setores Campeões da Descarbonização

O tema visa investigar a transição energética onde ela é mais complexa e diversa: dentro das fábricas.

- **A História (Storytelling):** Frequentemente, a discussão sobre energia foca em carros e na conta de luz. Mas o "chão de fábrica" é um consumidor voraz de energia. A história aqui é descobrir quais setores industriais no Brasil são os heróis anônimos da sustentabilidade, usando biomassa e eletrificando seus processos, e quais ainda estão presos à era dos combustíveis fósseis. É uma história de competição e inovação.
- **Métricas e KPIs Principais:**
 1. **Índice de Renovabilidade Setorial (%):** Para cada setor industrial (ex: Papel e Celulose, Alimentos e Bebidas, Siderurgia), calcular:
$$\frac{\text{Consumo de Biomassa} + \text{Elettricidade de fontes limpas}}{\text{Consumo Total de Energia do Setor}}$$
.
 2. **Intensidade de Carbono Industrial:**
$$\frac{\text{Consumo de Gás Natural} + \text{Óleo Combustível}}{\text{Produção Física ou Receita do Setor}}$$
. Requereria cruzar dados do BEN com dados de produção de carbono (procurar fonte de dados).
 3. **Taxa de Substituição de Biomassa:** Medir como o uso de biomassa (bagaço, lenha, lixívia) evoluiu em comparação com o óleo combustível, o "vilão" histórico da indústria.
- **A Análise Temporal:**
 - Usando os dados da **Matriz Aberta** (mais detalhados), criar um ranking dos setores industriais mais "limpos" em 2015 e comparar com o ranking de 2025. Quem subiu e quem desceu?
 - Focar em um estudo de caso: o setor de Papel e Celulose. Mostrar com um gráfico de área como ele é quase autossuficiente energeticamente usando Lixívia (resíduo do processo).
 - Comparar com a Siderurgia, mostrando sua dependência do carvão e do gás.
- **O "Pulo do Gato" (Data Science Extension):**

- **Análise de Cluster (Clusterização):** Usar um algoritmo como o K-Means para agrupar os diferentes setores industriais com base em seu perfil de consumo energético (ex: % de eletricidade, % de biomassa, % de fósseis). Você poderia descobrir "clusters" naturais como os "Gigantes da Biomassa", os "Viciados em Gás" e os "Eletrificados".

Métricas de Desempenho

1. Participação na Matriz (%): A métrica mais básica.

- *O que mede:* A porcentagem de cada fonte (hidrelétrica, solar, petróleo, etc.) no total da Matriz Energética ou da Matriz Elétrica.
- *Exemplo:* Criar gráficos de pizza ou de barras empilhadas para mostrar a composição da matriz brasileira e compará-la com a de outros países ou com a média mundial.

2. Potência Instalada (MW ou GW):

- *O que mede:* A capacidade máxima de geração de uma usina ou conjunto de usinas. É o "potencial" do sistema.
- *Exemplo:* Analisar o crescimento da potência instalada de fontes renováveis (eólica, solar) ao longo do tempo para mostrar o avanço da transição energética.

3. Geração de Energia (MWh ou GWh):

- *O que mede:* A quantidade de energia efetivamente produzida e injetada na rede em um período. É a "realidade" da produção.
- *Exemplo:* Comparar a Geração com a Potência Instalada para calcular o Fator de Capacidade (veja abaixo). É mais importante que a potência para entender a contribuição real de uma fonte.

4. Fator de Capacidade (%):

- *O que mede:* A eficiência operacional de uma usina. É a razão entre a energia gerada e a energia máxima que poderia ter sido gerada se operasse 100% do tempo na sua potência máxima.

**ENERGÊS**

ENTENDA O FATOR DE CAPACIDADE

CONCEITOS BÁSICOS



ENERGIA

- MEDIDA: kWh, MWh, GWh
- POTÊNCIA X TEMPO
- CONCEITO CHAVE



POTÊNCIA

- MEDIDA: kW, MW, GW
- CAPACIDADE INSTALADA
- GERAÇÃO MÁXIMA



HORAS

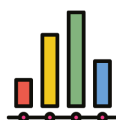
- 1 MÊS: 730 h (MÉDIA)
- 1 ANO: 8760 h

3 MOTIVOS PARA SABER CALCULAR O FC



SIMPLES

MELHOR INDICADOR DE
PRODUTIVIDADE DE UM
SISTEMA DE GERÇÃO



MEDIÇÃO

IDENTIFICADOR DE
POSSÍVEIS PROBLEMAS
NA GERAÇÃO BASEADO
EM COMPARAÇÕES



PROSPECÇÃO

É POSSÍVEL ESTIMAR O
FC PARA ESCOLHER O
MELHOR LOCAL DE UM
PROJETO

COMO CALCULAR O FC?

GERAÇÃO ANUAL

$$FC = \frac{E_t}{P \times t} = \frac{E_{\text{anual}}}{P \times 8760}$$

E - ENERGIA (MWh)
P - POTÊNCIA (MW)
t - TEMPO (h)

OU

GERAÇÃO HORÁRIA (GH)

$$1 \text{ GH} = \frac{\text{GERAÇÃO MENSAL}}{\text{HORAS DO MÊS}}$$

$$2 \text{ FC} = \frac{\text{GH}}{\text{POTÊNCIA}}$$

- *Exemplo:* Comparar o fator de capacidade das eólicas no Brasil (**que é um dos maiores do mundo**) com o de outros países. Mostrar que usinas solares têm fator de capacidade menor que hidrelétricas, por exemplo.

5. Emissões de GEE (tCO₂eq):

- *O que mede:* A quantidade de gases de efeito estufa (convertida para o equivalente em CO₂) emitida por uma fonte de energia ou por um país.
- *Exemplo:* Métrica fundamental de sustentabilidade. Comparar as emissões do setor elétrico brasileiro com as do setor de transportes, ou comparar as emissões per capita do Brasil com as de países com matrizes mais sujas.

6. Intensidade Energética (Energia/PIB):

- *O que mede:* A quantidade de energia necessária para gerar uma unidade de riqueza (PIB).
- *Exemplo:* Um indicador de eficiência de um país. Uma intensidade energética decrescente ao longo do tempo significa que o país está produzindo mais riqueza com menos energia, o que é um sinal positivo.



Unidade de medida “universal” que pode ser usada: *tep* (tonelada equivalente de petróleo), ela é amplamente adotada por pesquisadores da área.

Fonte de dados

▼ EPE - Empresa de Pesquisa

Energética: Esta é a sua **fonte principal** para dados consolidados e históricos sobre o Brasil.

- **Produto Principal: Balanço Energético Nacional (BEN).** É um relatório anual completo, mas o mais importante é que eles disponibilizam todas as tabelas e dados históricos em formato Excel.
- **Onde encontrar:** [Página do BEN na EPE](#)
- Neste link [Aqui](#) é possível baixar o dataset de 1970 a 2022, clicando em “Tabelas” e baixando o documento [“Anexo IX - Balanços Consolidados \(em tep\) 1970 a 2024”](#)
- **O que você vai baixar:** Arquivos `.xlsx` com dezenas de abas contendo séries históricas de consumo, oferta, produção por fonte, por setor, etc.

▼ Preços dos Combustíveis na

Bomba (ANP): Esta fonte servirá como título de comparação entre consumo e preço final

- **Descrição da fonte:** A ANP realiza pesquisas semanais de preços em milhares de postos de gasolina por todo o Brasil. Este dataset contém os preços médios, mínimos e máximos de venda ao consumidor para Gasolina Comum, Etanol Hidratado e Óleo Diesel S10, por município, estado e data. Os dados são extremamente granulares e estão disponíveis desde 2004.
- **Link direto:** [ANP - Série Histórica de Preços de Combustíveis](#) (Os dados estão em formato `.csv` e são atualizados regularmente).



Notas da exploração das fontes de dados

Setor de energia (indústria de mineração, química e petroquímica):

O consumo geral de energia teve uma redução de 9,04% ao longo de 10 anos, especialmente na produção de gás natural.

O bagaço de cana (energia renovável) se tornou mais da metade do consumo deste setor ao longo dos 10 anos. Ele representa atualmente 54% do consumo total, seguido pelo gás natural (16%), eletricidade (13%) e outras fontes secundárias de petróleo (13%).

Setor Agropecuário (Bens Intermediários?)

A maior renovação energética nos últimos 10 anos foi a transição do diesel para o biodiesel, ele aumentou o consumo de diesel (16%) porém cresceu 41,8% no consumo de biodiesel.

Vamos precisar se debruçar nas divisões dos setores da industrial que constam no relatório de BEN, ele aglutina vários setores da industrial diferente da nossa organização, especialmente nos setores que produzem energia e de bens de consumo. Pontos para observar: Setor industrial - cimento, ferro-gusa e aço, mineração e pelotização, química, têxtil, alimentos e bebidas, papel e celulose, cerâmica

Colunas do Dataset (As Fontes de Energia)

Cada coluna é um tipo de combustível ou fonte de energia. Podemos agrupá-las para facilitar:

▼ Indústria Química e Petroquímica:

- Produzem químicos, plásticos, fertilizantes e combustíveis a partir do petróleo e gás natural.

- Produção de Energia elétrica:
Fornecimento de eletricidade por fontes como hidrelétricas, termelétricas e renováveis, crucial para o funcionamento da economia.

▼ Indústrias de Base

- Mineração:
Exploração de recursos naturais como minério de ferro, petróleo e gás natural.
- Siderurgia e Metalurgia:
Transformam minérios em aço e ligas metálicas, essenciais para diversas outras indústrias.

▼ Indústrias de Bens Intermediários:

- Produção de Maquinário e Equipamentos: Fornecem máquinas para a agricultura e outras indústrias.
- Componentes Automotivos: Produzem peças para a indústria automotiva.

▼ Indústrias de Bens de Consumo:

- Alimentos e Bebidas: Produtos acabados para o consumidor final.
- Automotiva: Montagem de veículos.
- Construção Civil: Produção de materiais e construção de edifícios e infraestruturas.
- Têxtil e Vestuário: Produção de roupas e calçados.
- Móveis: Produção de mobiliário para residências.
Eletrônicos e Eletrodomésticos: Produção de equipamentos como TVs e geladeiras.

▼ Fontes Primárias Não Renováveis:

- PETRÓLEO , GÁS NATURAL , CARVÃO VAPOR , URÂNIO (U3O8) . São as fontes extraídas da natureza que não se renovam.

▼ Fontes Secundárias:

- **ELETRICIDADE**, **ETANOL** (Hidratado e Anidro), **BIODIESEL**, **GASOLINA**, **ÓLEO DIESEL**, etc. São energias que foram **transformadas** a partir de uma fonte primária (ex: Petróleo vira Gasolina; Bagaço vira Eletricidade).

▼ Fontes Primárias Renováveis:

- **HIDRÁULICA**, **LENHA**, **PRODUTOS DA CANA** (que se divide em **CALDO**, **MELAÇO**, **BAGAÇO**), **LIXÍVIA**, etc. São as fontes que vêm da natureza e se renovam. (*Eólica e Solar entram na geração de Eletricidade*).



TOTAL: Esta é a coluna mais importante. Ela **soma todas as fontes de energia** em uma unidade única, a **"tep" (tonelada equivalente de petróleo)**. Isso permite comparar a energia de 1 litro de gasolina com 1 GWh de hidrelétrica, por exemplo.

Página 1: Painel Estratégico (O Panorama Geral)

Objetivo: Dar a resposta principal em 30 segundos. Um executivo ou diretor precisa bater o olho aqui e entender o estado geral da descarbonização industrial no Brasil.

Título Sugerido: "Termômetro da Indústria Verde no Brasil"

Visualizações e Layout:

1. **KPIs em Destaque (Scorecards):** No topo da página, coloque os números mais importantes do ano mais recente.
 - **Índice de Renovabilidade Geral da Indústria (%):** O número principal, bem grande.
 - **Consumo Total de Energia Fóssil (em tep):** O "vilão" quantificado.
 - **Setor Destaque (Mais Renovável):** O nome do setor campeão, com seu índice de renovabilidade.
 - **Setor de Atenção (Menos Renovável):** O nome do setor mais dependente de fósseis.
2. **Gráfico de Pizza ou Rosca (Donut Chart):** "Matriz Energética Industrial do Brasil (Ano Atual)"
 - Mostra a fatia de cada fonte de energia (Biomassa, Eletricidade, Gás Natural, Derivados de Petróleo, Carvão) no consumo total da indústria.

Isso estabelece o cenário.

3. **Gráfico de Barras Horizontais:** "Ranking de Renovabilidade por Setor"

- **Eixo Y:** Nomes dos setores industriais.
- **Eixo X:** *Índice de Renovabilidade Setorial (%)*.
- Use cores para destacar os 3 melhores (verde) e os 3 piores (vermelho/laranja). Isso responde diretamente à pergunta "quem são os heróis e vilões?".

4. **Filtros Principais:**

- Um filtro proeminente para **Ano**. Permita que o usuário veja o "retrato" de qualquer ano no seu dataset.

Página 2: Análise de Evolução (A Competição ao Longo do Tempo)

Objetivo: Mostrar a dinâmica da transição. Quem está melhorando? Quem está ficando para trás? Aqui a dimensão do tempo é a protagonista.

Título Sugerido: "A Corrida pela Descarbonização: Evolução Setorial"

Visualizações e Layout:

1. **Gráfico de Linhas:** "Evolução do Índice de Renovabilidade (2015-2025)"

- **Eixo X:** Anos.
- **Eixo Y:** *Índice de Renovabilidade Setorial (%)*.
- Cada linha representa um setor industrial. Dê ao usuário a capacidade de selecionar/desselecionar setores para evitar poluição visual. Este é o gráfico principal para mostrar a tendência.

2. **Gráfico de "Bump" (Bump Chart) ou Gráfico de Encosta (Slope Chart):**

"Mudança no Ranking de Setores Limpos (2015 vs. 2025)"

- Este é um gráfico de alto impacto visual. Ele mostra o ranking de cada setor em 2015 de um lado e o ranking em 2025 do outro, com linhas conectando as posições. É a melhor forma de visualizar "quem subiu e quem desceu".

3. **Gráfico de Barras Empilhadas (100%):** "Substituição de Fontes: Biomassa vs. Óleo Combustível"

- **Eixo X:** Anos.
- **Eixo Y:** Percentual do consumo (%).
- As barras são empilhadas com a proporção de Biomassa e Óleo Combustível. O usuário seleciona um setor no filtro e vê claramente se a fatia da biomassa está "comendo" a fatia do óleo ao longo do tempo. Isso materializa a sua *Taxa de Substituição*.

4. Filtros:

- Filtro de **Setor Industrial** (para o gráfico de substituição).
- Filtro de **Intervalo de Anos** (slider).

Página 3: Estudos de Caso (O Mergulho Profundo)

Objetivo: Ilustrar os extremos da sua história. Pegar o "herói" e o "vilão" identificados nas páginas anteriores e mostrar *por que* eles estão nessas posições.

Título Sugerido: "Estudos de Caso: Papel e Celulose vs. Siderurgia"

Visualizações e Layout: (Divida a página em duas seções claras)

Seção 1: Papel e Celulose - O Gigante Autossuficiente

1. **Gráfico de Área Empilhada:** "Perfil de Consumo Energético do Setor de Papel e Celulose"
 - Como você mesmo sugeriu, este é o gráfico perfeito.
 - **Eixo X:** Anos.
 - **Eixo Y:** Consumo de energia (tep).
 - As áreas empilhadas representam as fontes (Lixívia, Bagaço, Eletricidade, etc.). Ele vai mostrar visualmente o domínio da biomassa e a autossuficiência do setor.
2. **Caixa de Texto com Insights:** Um pequeno parágrafo explicando o sucesso do setor, mencionando o uso de resíduos do próprio processo (Lixívia) como combustível.

Seção 2: Siderurgia - O Desafio do Carbono

1. **Gráfico de Área Empilhada:** "Perfil de Consumo Energético da Siderurgia"

- Mesmo tipo de gráfico, mas aqui ele mostrará a enorme dependência de Carvão Mineral e Gás Natural.
2. **Gráfico de Barras Comparativo:** "Intensidade de Carbono: Siderurgia vs. Média da Indústria"
 - Duas barras, lado a lado, mostrando a *Intensidade de Carbono Industrial* da Siderurgia e a média de todos os outros setores. O contraste será gritante e poderoso.
 3. **Caixa de Texto com Insights:** Explique a dependência de fontes fósseis por conta dos processos de alta temperatura e os desafios para a descarbonização deste setor.
-

Página 4: Segmentação Avançada (O Pulo do Gato)

Objetivo: Apresentar o resultado da sua análise de cluster. Revelar os "perfis" ou "tribos" de consumo energético que não são óbvios à primeira vista.

Título Sugerido: "Clusters de Consumo: Os Perfis Energéticos da Indústria"

Visualizações e Layout:

1. **Gráfico de Dispersão (Scatter Plot):** "Identificando os Clusters Industriais"
 - Este é o gráfico clássico para visualizar o resultado do K-Means.
 - **Eixo X:** % de Consumo de Fontes Fósseis .
 - **Eixo Y:** % de Consumo de Fontes Renováveis (Biomassa + Eletricidade Limpa) .
 - Cada ponto é um setor industrial.
 - **Cor dos pontos:** A cor de cada ponto é definida pelo cluster ao qual ele pertence.
 - Isso vai criar uma nuvem de pontos com grupos de cores distintas, representando seus clusters.
2. **Caixas de Texto Descritivas:** Ao lado ou abaixo do gráfico, crie uma caixa para cada cluster.
 - **Título:** Dê os nomes que você sugeriu: "Gigantes da Biomassa", "Viciados em Gás", "Os Eletrificados".
 - **Descrição:** Descreva brevemente as características de cada cluster. Ex: "Gigantes da Biomassa: Setores como Papel e Celulose e Alimentos, que possuem alta disponibilidade de resíduos orgânicos..."

- **Membros:** Liste os principais setores que pertencem àquele cluster.

3. **Tabela Detalhada:** "Métricas por Setor e Cluster"

- Uma tabela simples onde o usuário pode ver todos os setores, a qual cluster pertencem, e os valores exatos de suas métricas (% biomassa, % fósseis, Intensidade de Carbono, etc.).

Untitled