

Combatendo as Mudanças Climáticas: A Matriz Elétrica e as Estratégias para um Futuro mais Sustentável

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais

Gerência de Meio Ambiente

Gerência de Energia

Setembro de 2024

SUMÁRIO

1

OS DESAFIOS SOCIAIS E ECONÔMICOS DA TRANSFORMAÇÃO CLIMÁTICA

Responsabilidade técnica: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

1.1

OS DESAFIOS DA TRANSFORMAÇÃO CLIMÁTICA EM CURSO

Realizado por: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

1.2

O PAPEL DAS HIDRELÉTRICAS NA MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CLIMÁTICOS

Realizado por: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

1.3

A HIDRELÉTRICA DE TRÊS MARIAS E O CASO DO RIO GRANDE DO SUL

Realizado por: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

2

A MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: ENERGIA LIMPA PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL

Responsabilidade técnica: Gerência de Economia e Finanças Empresariais e Gerência de Meio Ambiente

2.1

TRANSFORMAÇÕES NA ESTRUTURA DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Realizado por: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

2.2

EMISSÕES CICLO DE VIDA E O PAPEL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NA DESCARBONIZAÇÃO

Realizado por: Gerência de Meio Ambiente

3

O CUSTO DA ENERGIA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO COM ENERGIAS RENOVÁVEIS

Responsabilidade técnica: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

3.1

IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA REDUÇÃO DOS CUSTOS COM ENERGIA

Realizado por: Gerência de Economia e Finanças Empresariais



SUMÁRIO

4

AS HIDRELÉTRICAS E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL

Responsabilidade técnica: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

4.1

A IMPORTÂNCIA DAS HIDRELÉTRICAS PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

Realizado por: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

4.2

ESTUDO DE CASO: HIDRELÉTRICA DE FUNIL

Realizado por: Gerência de Economia e Finanças Empresariais

5

CONCLUSÕES

6

PROPOSTAS E MEDIDAS ESTRATÉGICAS PARA UM FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL

Responsabilidade técnica: Gerência de Economia e Finanças Empresariais e Gerência de Meio Ambiente

6.1

PROPOSTA ESTRATÉGICA PARA UM FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL

6.2

MEDIDAS ESTRATÉGICAS PARA UM FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL

7

NOTA TÉCNICA E REFERÊNCIAS



1. OS DESAFIOS SOCIAIS E ECONÔMICOS DA TRANSFORMAÇÃO CLIMÁTICA

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais

Setembro de 2024

1.1 OS DESAFIOS DA TRANSFORMAÇÃO CLIMÁTICA EM CURSO

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais



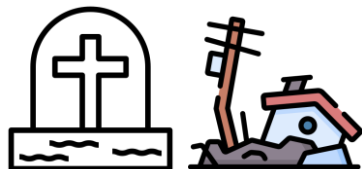
Os desafios da transformação climática em curso

A transformação climática global já provoca consequências significativas no mundo, com a intensificação de eventos extremos como secas, ondas de calor e chuvas torrenciais. Esses fenômenos afetam o meio ambiente, a sociedade e a economia, exigindo respostas rápidas e eficazes.



AMBIENTAL

A transformação climática altera ciclos naturais e fragiliza habitats, impactando ecossistemas inteiros. Chuvas intensas causam inundações, erosão do solo e deslizamentos, agravando a perda de biodiversidade e levando à degradação irreversível de áreas naturais.



HUMANO E SOCIAL

Comunidades, especialmente aquelas em áreas vulneráveis, enfrentam os maiores riscos durante episódios de chuvas intensas. A perda de vidas humanas, a destruição de lares e a desarticulação de comunidades inteiras são consequências diretas.



ECONÔMICO E PRODUTIVO

O setor econômico sente fortemente os efeitos das transformações climáticas. A destruição de infraestruturas críticas, como rodovias, redes de transporte e parques industriais, interrompe cadeias produtivas inteiras, gerando prejuízos para a sociedade.



Os desafios da transformação climática em curso



IMPACTOS NOS SERES VIVOS

Os animais, tanto aquáticos quanto terrestres, são altamente vulneráveis às mudanças climáticas. A elevação das temperaturas e as alterações nos ciclos hidrológicos afetam a disponibilidade de recursos, como alimento e abrigo, levando à migração de espécies e alterando a dinâmica dos ecossistemas. Animais que dependem de ambientes aquáticos para sua sobrevivência, como anfíbios, répteis e aves, podem sofrer ainda mais com a destruição de seus habitats e com a redução da biodiversidade. Isso pode resultar em desequilíbrios ecológicos, com a perda de espécies-chave e a reorganização das cadeias alimentares.



BIOTA AQUÁTICA

O aumento das temperaturas da água pode levar a alterações nas áreas de distribuição das espécies ou, em cenários extremos, à extinção de algumas delas. A toxicidade de poluentes comuns, como organofosfatos e metais pesados, também aumenta em águas mais quentes, afetando diretamente os peixes. Nas áreas tropicais, os impactos das mudanças climáticas são ainda mais severos, com enchentes intensas e secas prolongadas. Essas variações extremas no fluxo de água ameaçam o equilíbrio da biota de água doce, afetando processos vitais como a reprodução e a sucessão das espécies, reestruturando comunidades aquáticas em rios, lagoas e lagos, além de transformar seus habitats naturais (Carere et al., 201; Roland et al., 2012; e Roland et al., 2012).



Desastres no Brasil – 1991 a 2023

OCORRÊNCIAS



Total
67.230

MORTES



Total
5.142

DANOS MATERIAIS

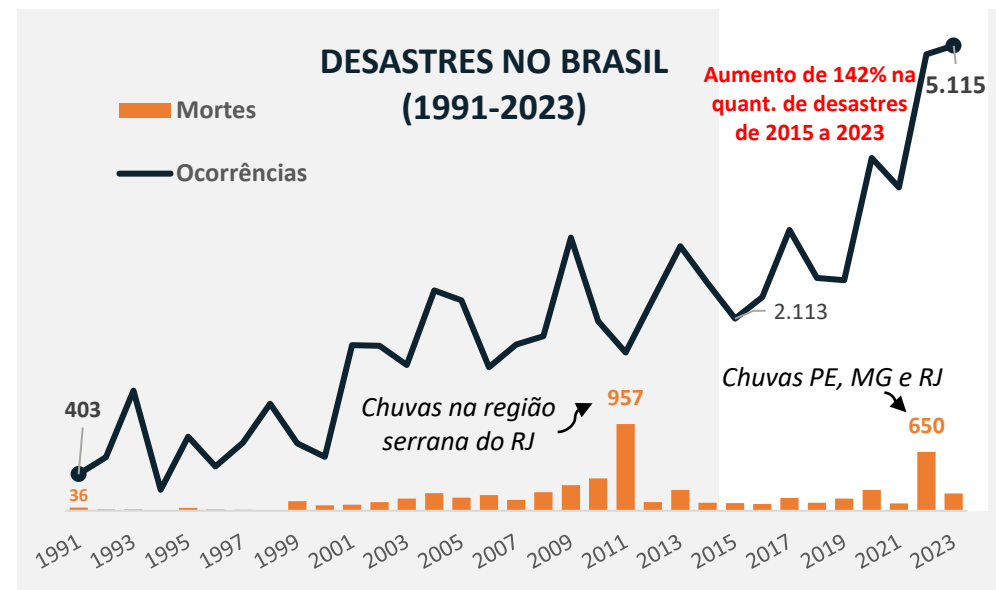


Total
R\$ 132 bi

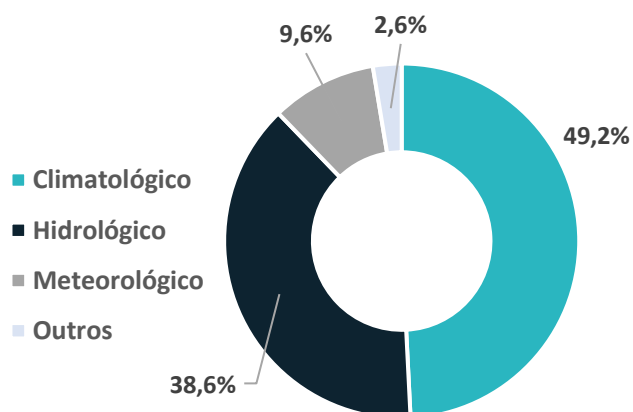
PREJUÍZOS TOTAIS*



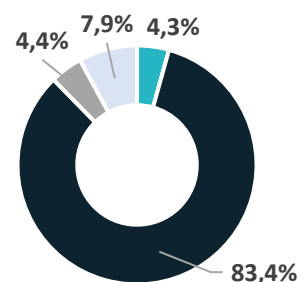
Total
R\$ 792,7 bi



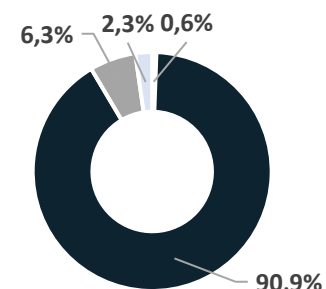
% POR TIPO DE OCORRÊNCIA



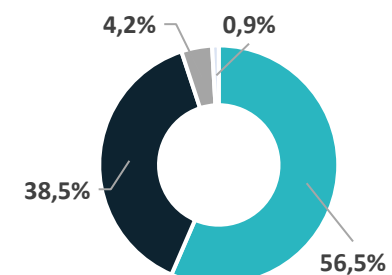
% MORTES



% DANOS MATERIAIS



% PREJUÍZOS TOTAIS



Embora cerca de 39% dos desastres no Brasil sejam de origem hidrológica, esses eventos são responsáveis por mais de 83% das mortes e por 91% dos danos.

*Os prejuízos totais incluem: danos materiais, prejuízos públicos e privados.

Desastres no Brasil – 1991 a 2023

HIDROLÓGICOS

OCORRÊNCIAS



Total

25.935

DANOS HUMANOS E SOCIAIS

MORTOS



Total
4.286

DESABRIGADOS



Total
8,8 mi

FERIDOS



Total
665,6 mil

AFETADOS



Total
92,9 mi

DANOS MATERIAIS E PREJUÍZOS

DANOS MATERIAIS



Total
R\$ 120 bi

PREJUÍZOS PÚBLICOS



Total
R\$ 26 bi

PREJUÍZOS PRIVADOS



Total
R\$ 124 bi

TOTAL DE PERDAS

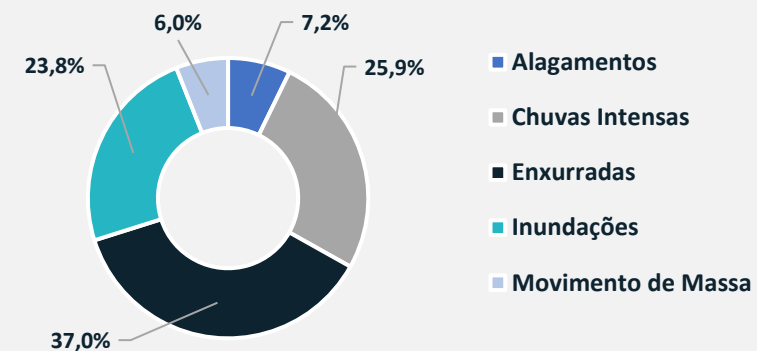


Total
R\$ 270 bi

DESASTRES HIDROLÓGICOS NO BRASIL (1991 A 2023)



% POR TIPO DE DESASTRE HIDROLÓGICO



É possível conter os danos?



1.2 O PAPEL DAS HIDRELÉTRICAS NA MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS CLIMÁTICOS



O papel das hidrelétricas na mitigação dos impactos climáticos

HIDRELÉTRICAS



As hidrelétricas, além de serem uma fonte de energia limpa e renovável, desempenham um papel importante na gestão de recursos hídricos.

Elas podem atuar como importantes ferramentas de mitigação de desastres naturais, contribuindo para minimizar os impactos das chuvas torrenciais e enchentes.

Como as hidrelétricas
minimizam um desastre?



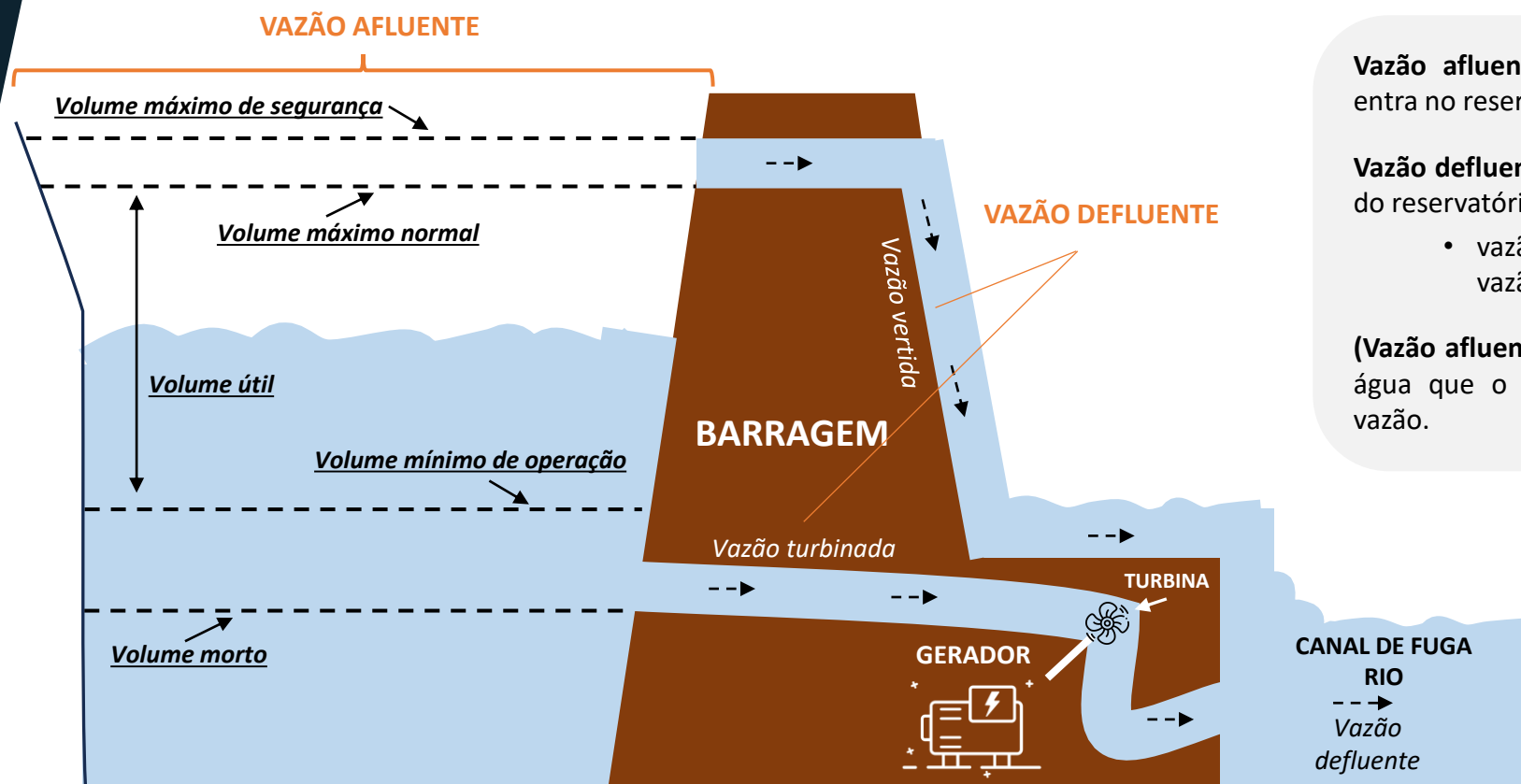
O papel das hidrelétricas na mitigação dos impactos climáticos



Durante períodos de chuvas intensas, as hidrelétricas desempenham um papel importante como **reservatórios**, regulando a vazão das águas.



ESTRUTURA DE UMA HIDRELÉTRICA



Vazão afluente: é a quantidade de água que entra no reservatório.

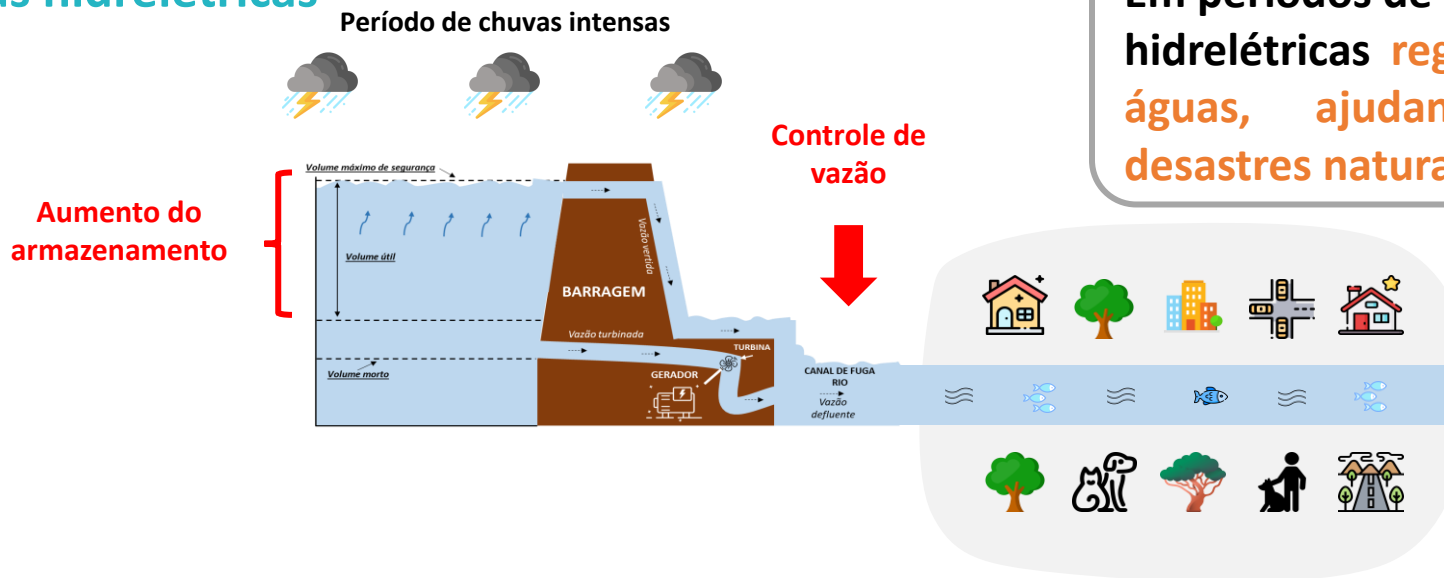
Vazão defluente: é a quantidade de água que sai do reservatório.

- vazão defluente = vazão turbinada + vazão vertida.

(Vazão afluente – vazão defluente) = volume de água que o reservatório conseguiu conter de vazão.

O papel das hidrelétricas na mitigação dos impactos climáticos

Com as hidrelétricas



Sem as hidrelétricas

Na ausência de hidrelétricas, a falta de controle da vazão das águas **pode aumentar o risco de desastres.**



1.3 A HIDRELÉTRICA DE TRÊS MARIAS E O CASO DO RIO GRANDE DO SUL

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais



A hidrelétrica de Três Marias



A Usina Hidrelétrica de Três Marias está situada na região central de Minas Gerais, abrangendo os municípios de São Gonçalo do Abaeté, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Biquinhas, Paineiras, Pompéu, Martinho Campos, Abaeté e Três Marias.

A usina está localizada no Rio São Francisco, uma das principais bacias hidrográficas do Brasil.

CARACTERÍSTICAS

INÍCIO DAS
OPERAÇÕES



1962

VOLUME DO
RESERVATÓRIO



19,5
trilhões de litros

POTÊNCIA
INSTALADA



396
megawatts

ALTURA



75
METROS

COMPRIMENTO

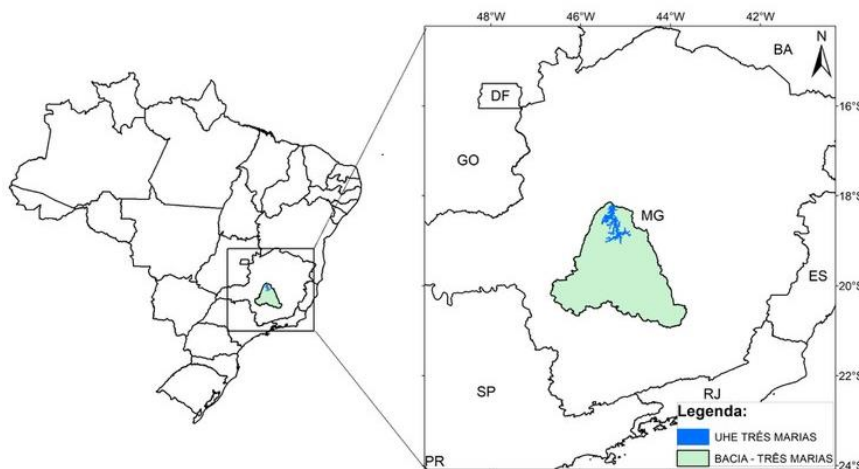


2.700
METROS

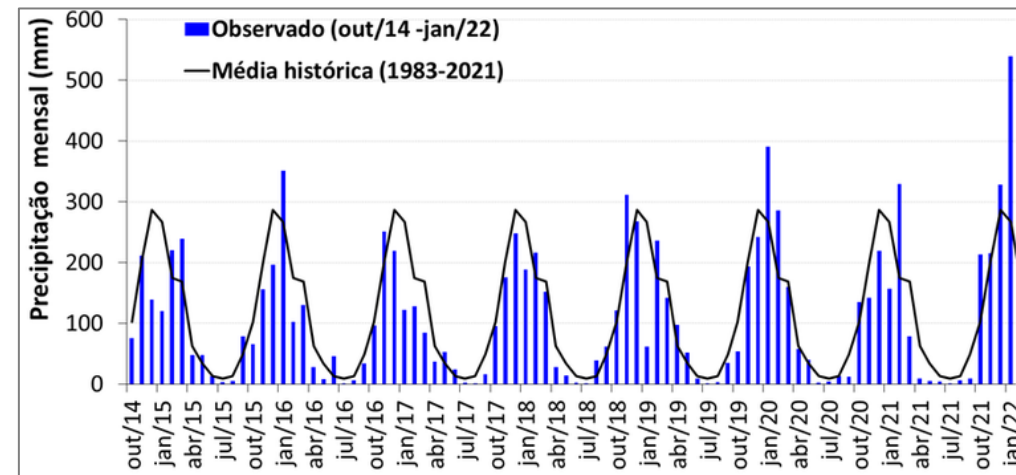
A hidrelétrica de Três Marias

Em janeiro de 2022, a bacia da Usina Hidrelétrica de Três Marias registrou 540 mm de chuva, **102% acima da média histórica de 267 mm**. A vazão foi de 3.812.000 litros por segundo, **178% acima da média do mês**, que é de 1.372.000 litros por segundo.

Mapa de localização da bacia de drenagem da Usina Hidrelétrica (UHE) Três Marias.

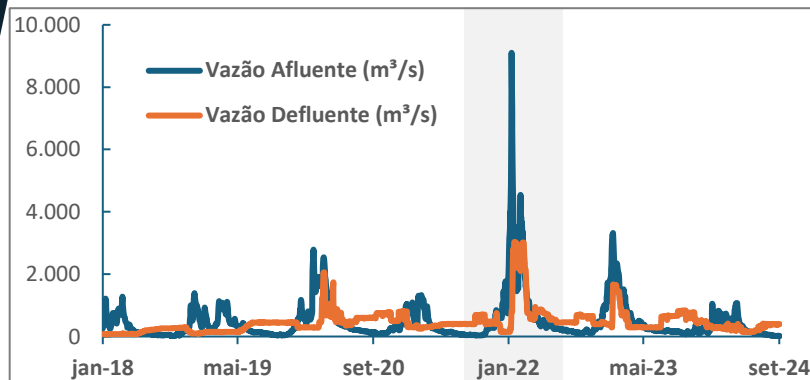


Precipitação mensal na bacia hidrográfica afluente - Hidrelétrica Três Marias

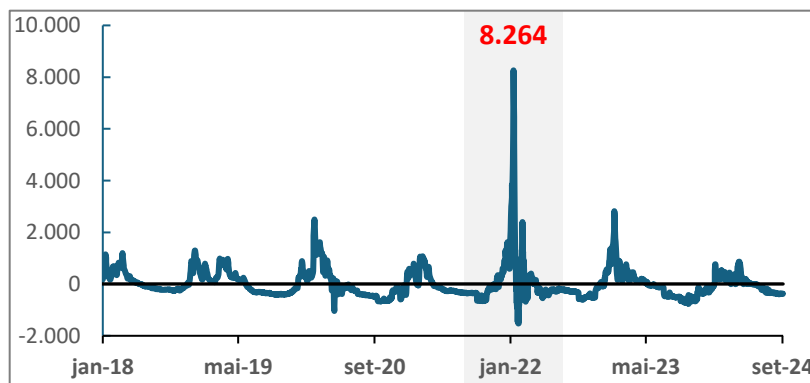


A hidrelétrica de Três Marias

Dados hidrológicos – Três Marias
(dados diários – m³/s)



(Vazão afluente – vazão defluente) – Três Marias
(dados diários – m³/s)



A diferença entre vazão afluente e vazão defluente
é o volume de água que o reservatório conseguiu conter de vazão.

Em 2022, a hidrelétrica de Três Marias conseguiu controlar mais de **8 mil metros cúbicos de água por segundo em único dia.**

Ou seja, **mais de 8 milhões de litros por segundo!!!**

Para se ter uma ideia:

Pense em caixas d'água comuns de 5.000 litros. Isso significa que, a cada segundo, a hidrelétrica estava retendo o equivalente a 1.600 caixas d'água cheias!

Pense no volume de uma piscina olímpica, que comporta cerca de 2.500 m³ de água. A hidrelétrica estava retendo, a cada segundo, um volume de água superior ao necessário para encher três piscinas olímpicas!



A hidrelétrica evitou uma grande tragédia na região de Três Marias.

O caso do Rio Grande do Sul – enchentes em 2024

Entre abril e maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul enfrentou um dos maiores desastres da sua história.



Os impactos totais ainda não foram contabilizados, mas já sabemos que:

- Mais de 180 pessoas perderam a vida; e
- Mais de 2 milhões de pessoas foram afetadas.



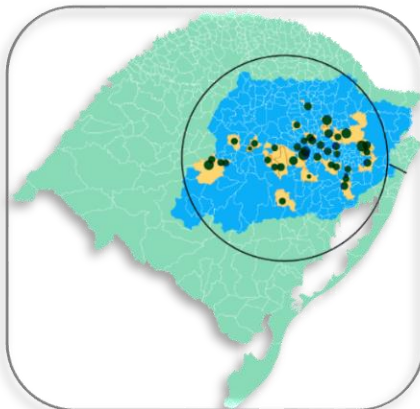
g1 - O portal de notícias da Globo
Maior desastre climático do Rio Grande do Sul em imagens
Enchentes deixaram mais de 160 mortos no Rio Grande do Sul e tiraram 629 mil pessoas de casa.
29 de mai. de 2024

g1 - O portal de notícias da Globo
Um mês de enchentes no RS: veja cronologia do desastre que atingiu 471 cidades, matou mais de 170 pessoas e expulsou 600 mil de casa | Rio Grande do Sul
As enchentes que tomaram o Rio Grande do Sul após os temporais que assolaram o estado completam um mês em 29 de abril.
29 de mai. de 2024

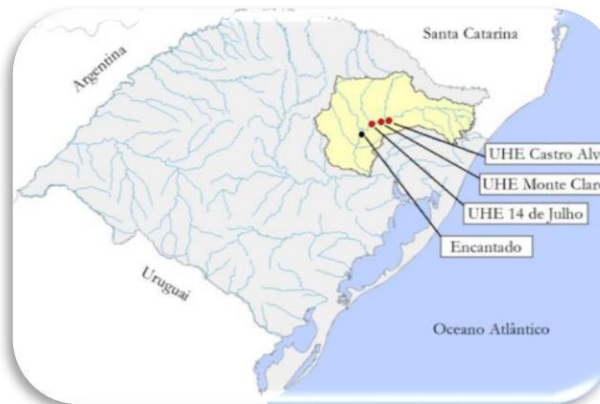
Correio Braziliense
Número de mortos no Rio Grande do Sul sobe para 182
O número de mortes no Rio Grande do Sul subiu para 182. Segundo boletim da Defesa Civil, divulgado nesta segunda-feira (8/7),...
8 de jul. de 2024

Hidrelétricas – Rio Grande do Sul

ÁREAS AFETADAS NO RIO GRANDE DO SUL



PRINCIPAIS HIDRELÉTRICAS DO RIO GRANDE DO SUL



CASTRO ALVES



MONTE CLARO



14 DE JULHO



CAPACIDADE

UHE CASTRO ALVES

ÁREA DO
RESERVATÓRIO



91 bilhões
de litros

POTÊNCIA
INSTALADA



130
megawatts

UHE MONTE CLARO

ÁREA DO
RESERVATÓRIO



11 bilhões
de litros

POTÊNCIA
INSTALADA



130
megawatts

UHE 14 DE JULHO

ÁREA DO
RESERVATÓRIO



55 bilhões
de litros

POTÊNCIA
INSTALADA



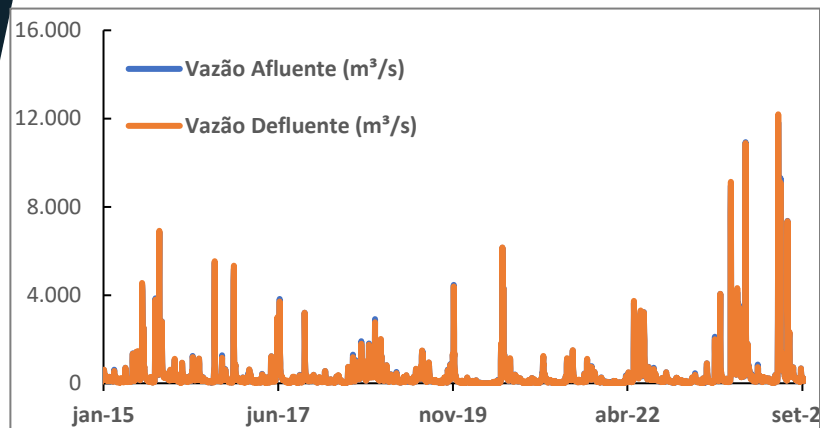
100
megawatts

A capacidade de armazenamento das hidrelétricas é muito menor do que a de Três Marias.

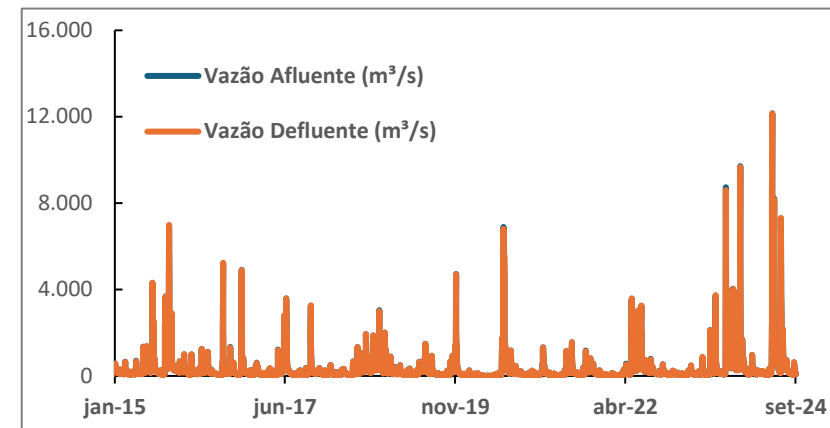


Hidrelétricas – Rio Grande do Sul

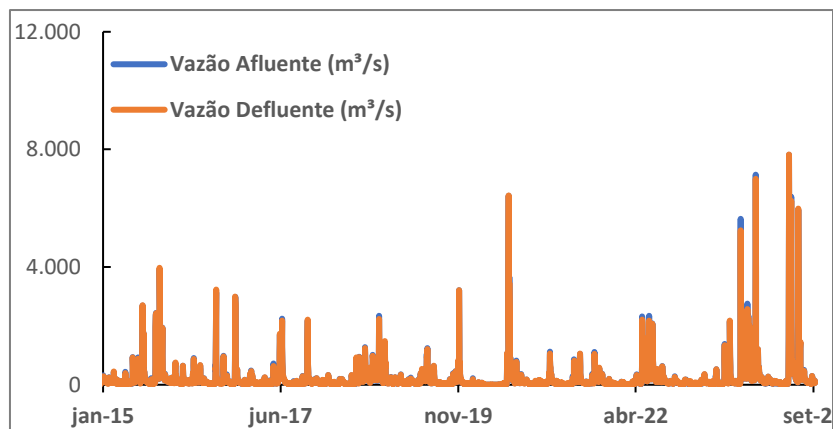
Dados hidrológicos – Castro Alves
(dados diários – m³/s)



Dados hidrológicos – 14 de Julho
(dados diários – m³/s)



Dados hidrológicos – Monte Claro
(dados diários – m³/s)



Devido ao porte reduzido, as hidrelétricas do Rio Grande do Sul não conseguiram conter a vazão de água e mitigar os impactos das enchentes.

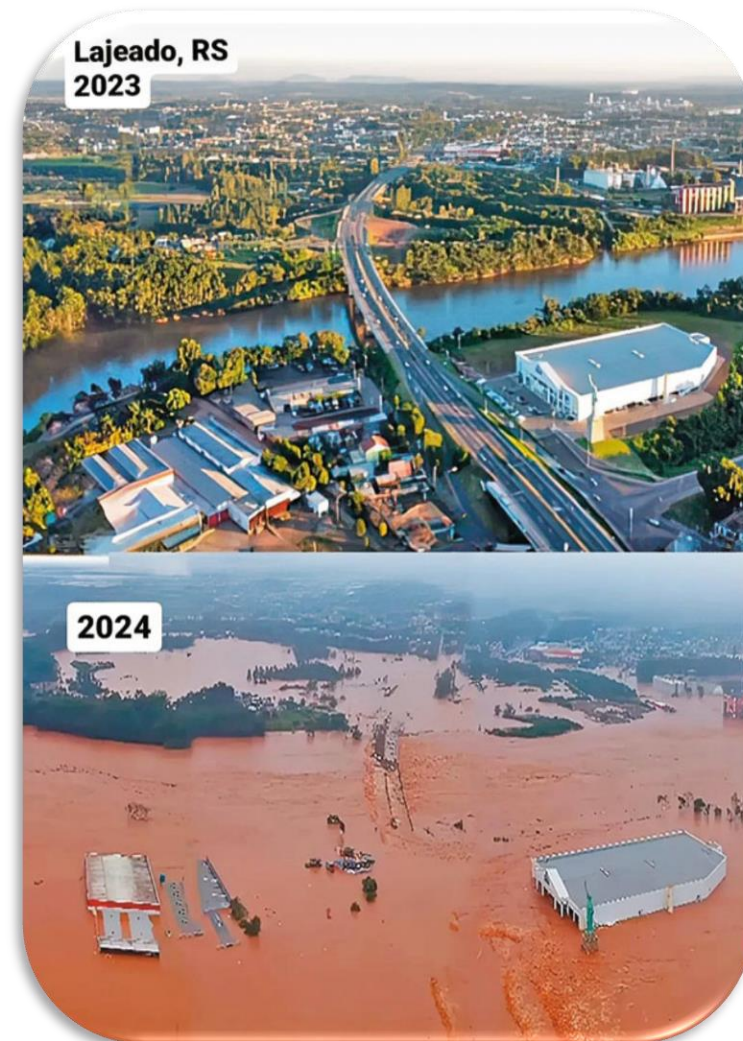
Com uma hidrelétrica de porte similar ao de Três Marias, os impactos no Rio Grande do Sul teriam sido menores?



Hidrelétricas – Rio Grande do Sul

Se houvesse uma hidrelétrica similar à de Três Marias na Bacia do Guaíba, o reservatório poderia ter controlado cerca de 67% da vazão

SIM!!!
OS IMPACTOS SERIAM
MUITO MENORES



2. A MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: ENERGIA LIMPA PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais

Gerência de Meio Ambiente

Setembro de 2024

2.1 TRANSFORMAÇÕES NA ESTRUTURA DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais



Os impactos das emissões de Co2

O aumento da emissão de Co2 é um dos principais agentes causadores das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global, e seus impactos reverberam por toda a sociedade:

Saúde humana



A poluição do ar resultante da queima de combustíveis fósseis amplia as doenças respiratórias e cardiovasculares. Além disso, intensifica a incidência de doenças infecciosas transmitidas por vetores, como dengue, malária e cólera.

Agricultura



A intensificação de eventos extremos – como secas e inundações – impacta a produção agrícola, afetando a oferta de alimentos e, conseqüentemente, causando o aumento dos preços. Esse fato compromete a segurança alimentar, sobretudo dos indivíduos mais pobres.

Precipitações pluviométricas



Em decorrência dos eventos extremos, há aumento de chuvas irregulares. Enquanto algumas regiões sofrem com chuvas mais intensas, outras podem enfrentar secas prolongadas. A intensidade das chuvas pode causar enchentes repentinas, afetando infraestruturas urbanas e áreas rurais. Inundações recorrentes prejudicam a qualidade do solo, destroem plantações e forçam o deslocamento de populações.



Os impactos das emissões de CO2

O aumento da emissão de CO2 é um dos principais agentes causadores das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global. Seus impactos reverberam por toda a sociedade, dentre eles:

Biota aquática



- ✓ Um pequeno aumento na temperatura da água pode resultar em uma mudança nas áreas de distribuição das espécies ou, no pior cenário, à extinção de espécies (Roland et al., 2012)
- ✓ A toxicidade de poluentes comuns (como organofosfatos e metais pesados) para os peixes geralmente aumenta em temperaturas mais elevadas (Carere et al., 2011);
- ✓ As áreas tropicais devem sofrer impactos mais severos das mudanças climáticas, como enchentes intensas ou secas prolongadas. Essas flutuações extremas no fluxo de água ameaçarão, em certa medida, o desempenho da biota de água doce tropical. Inundações e secas podem afetar negativamente a biota, tanto direta quanto indiretamente, devido às mudanças no ambiente. Pesquisas sugerem que a magnitude das mudanças hidrológicas pode ser aguda para as espécies, prejudicando a reprodução ou sucessão, alterando a distribuição e, por fim, reestruturando as comunidades bióticas em rios, córregos, planícies de inundação, lagoas e lagos (Sunardi & Wiegler, 2016).



As emissões de Co2 no Brasil

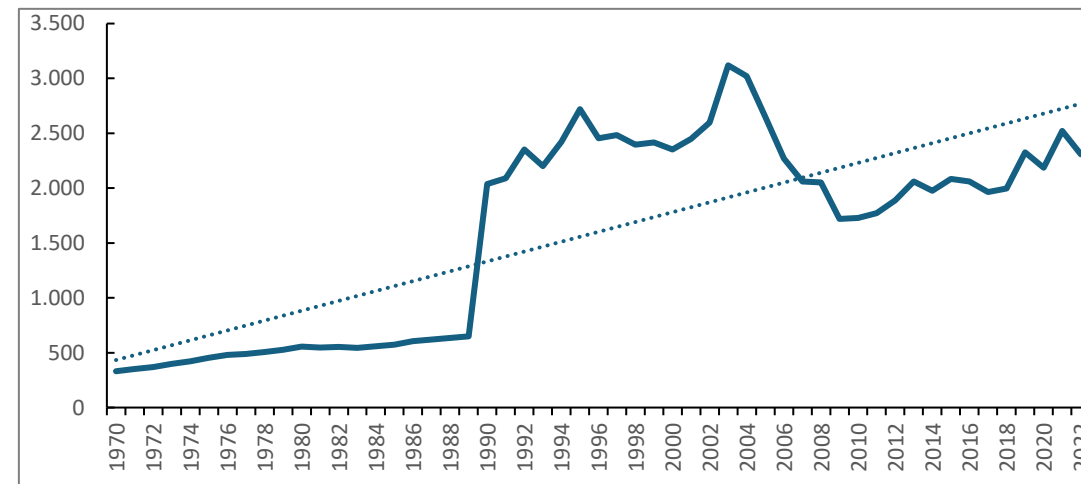
Houve um aumento expressivo nas emissões diretas de CO2.

Em 1970, eram 200 milhões de toneladas de CO2 equivalente (GWP-AR6). Já em 2022, esse número saltou para 2,3 bilhões de toneladas, refletindo o impacto crescente das atividades humanas no clima.

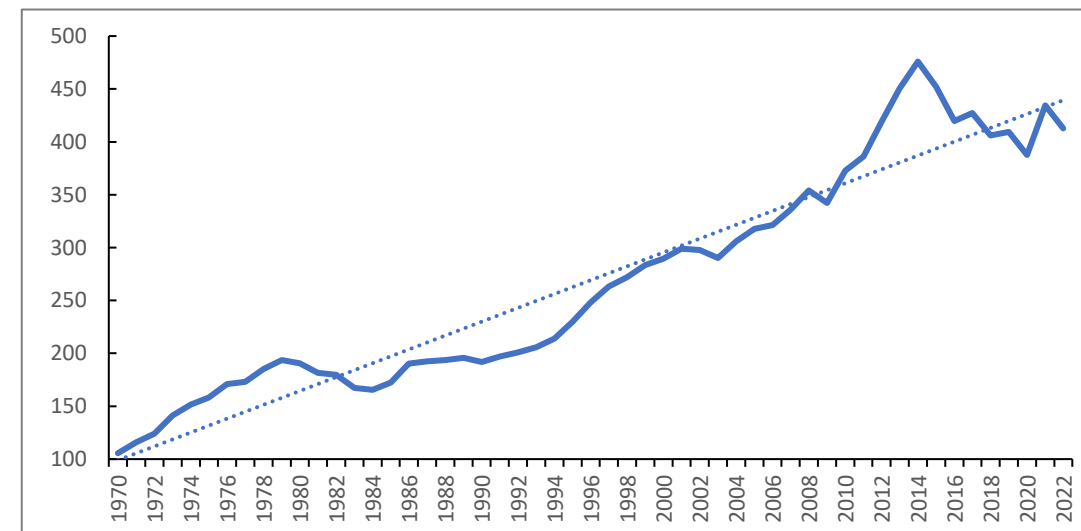


Esse aumento é parcialmente explicado pelo setor de energia elétrica, **cujas emissões cresceram 291% entre 1970 e 2022.**

Emissões totais
(CO2e (t) GWP-AR6 – em milhões)



Emissões totais - Energia
(CO2e (t) GWP-AR6 – em milhões)

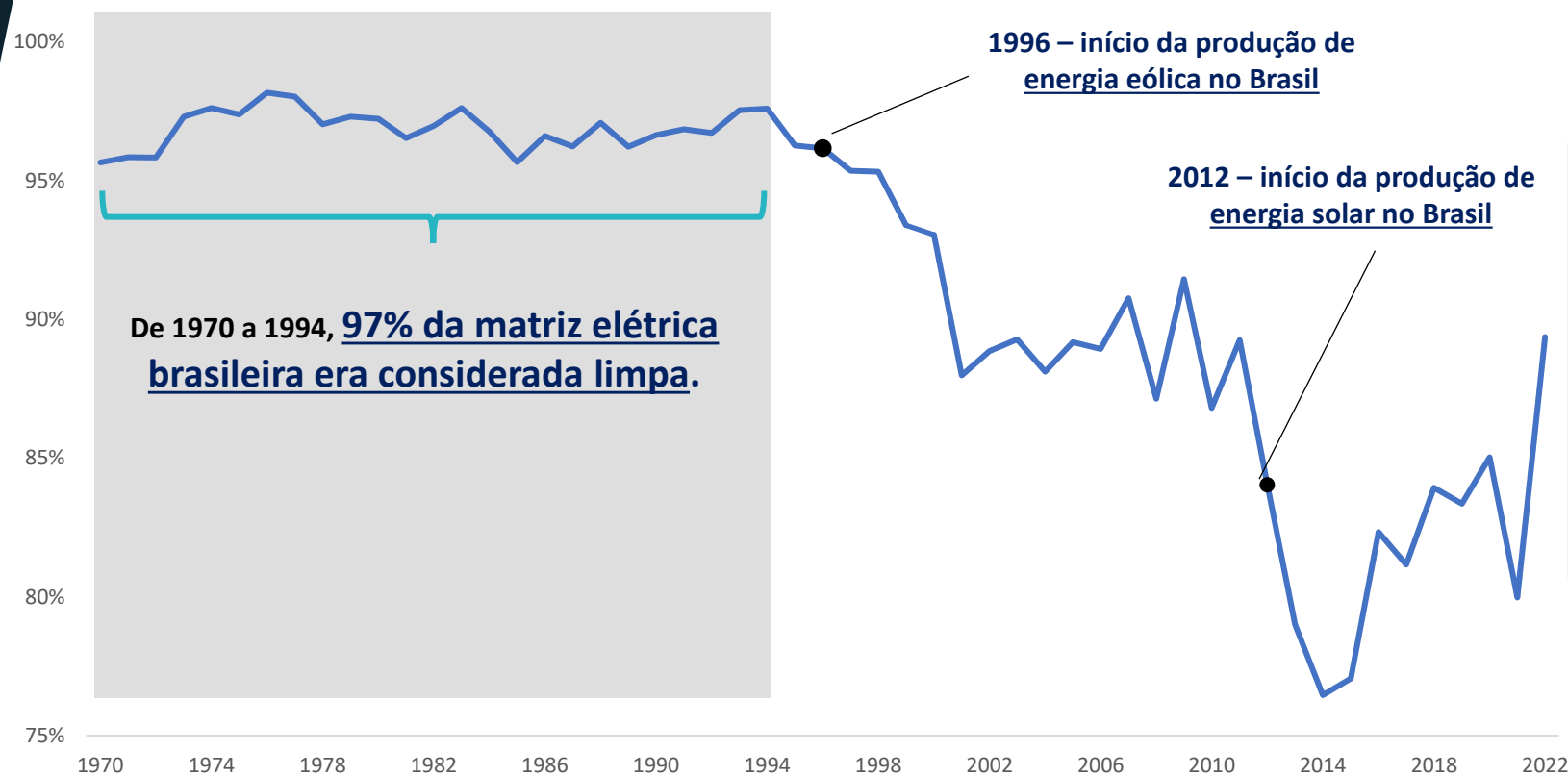


A matriz elétrica brasileira

De 1995 a 2022, o Brasil viu sua **matriz elétrica limpa** diminuir de 97% para 89%.



Percentual de energia limpa na matriz elétrica brasileira

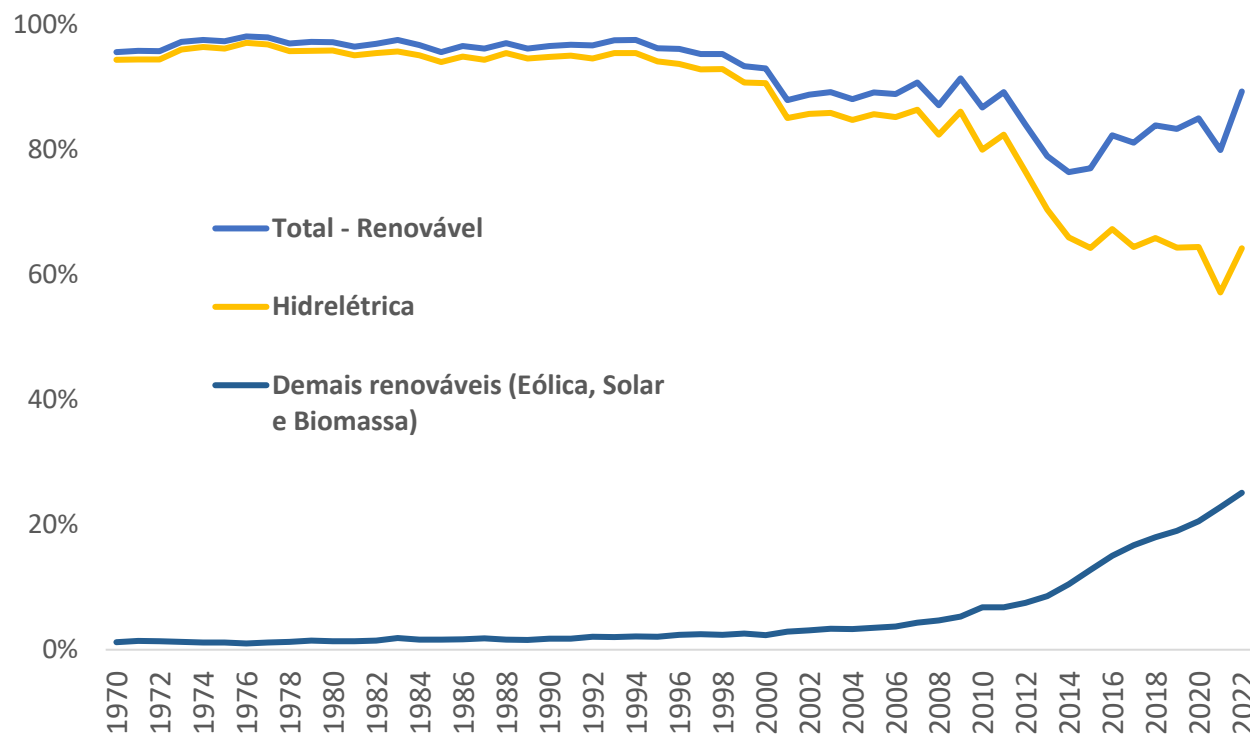


Por que diminuiu a participação de energia limpa?



A matriz elétrica brasileira

Energia limpa – % por tipo de fonte



A produção de energia não renovável tem sido ampliada?

Desde 2000, vem crescendo a produção de energia **eólica, solar e biomassa**.

Contudo, o percentual de **energia limpa** tem reduzido!
Na década de 1990, era de aproximadamente **97,6%**. Em **2022**, caiu para **89%**.

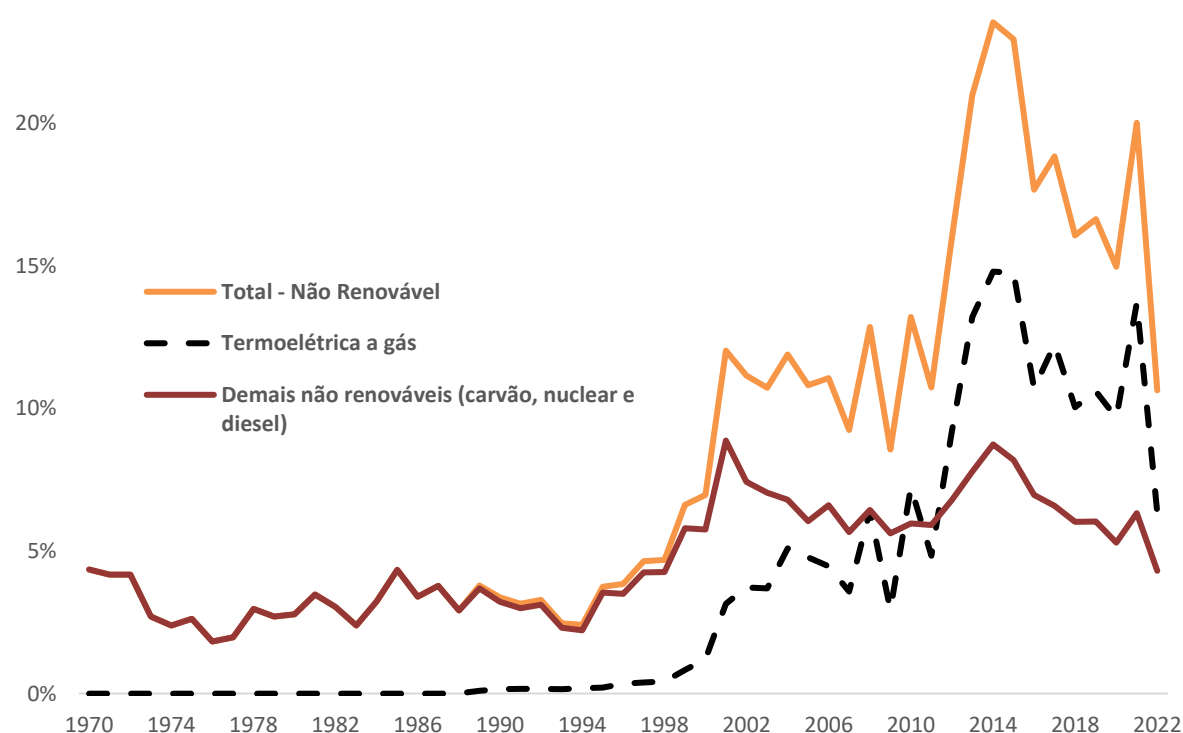


Houve **queda expressiva** no percentual de utilização das **hidrelétricas**: de **96%** para **64%** no período.



A matriz elétrica brasileira

25% **Energia não renovável - % por tipo de fonte**



Houve um aumento da produção de energia não renovável.

Esse aumento é mais expressivo pela produção das termelétricas a gás.



O que explica a expansão da produção das termelétricas?



**A intermitência das energias
eólica e solar
+
a queda da participação das
hidrelétricas.**

A matriz elétrica brasileira

O país não tem dado a devida importância às fontes renováveis para sustentar o crescimento do consumo de energia, **resultando no aumento da utilização das fontes não renováveis.**

Crescimento da geração de energia elétrica por fonte – 1995 a 2022

NÃO
RENOVÁVEIS



600%

RENOVÁVEIS



129%



A compensação por meio de termelétricas gera **impactos negativos**

Emissão de gases poluentes

Dependência de recursos naturais finitos

Ampliação dos custos com energia, que são repassados ao preço para o consumidor final

Por que o crescimento da energia solar e eólica ainda não atende plenamente à demanda?



A intermitência: um desafio ao sistema elétrico nacional

FONTES CONTÍNUAS

Conseguem ser controladas sob demanda, atendendo a variações do consumo, e da oferta das demais fontes.

Hidrelétricas



Geram energia constante usando a água armazenada em seus reservatórios.

Termelétricas

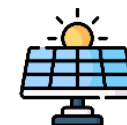


Queimam combustíveis (carvão, gás natural) para gerar calor, que vira energia.

FONTES INTERMITENTES

Garantem o abastecimento conforme as condições climáticas, variando durante o dia.

Solares



Geram eletricidade apenas quando há sol.

Eólicas



Geram eletricidade apenas quando há vento.

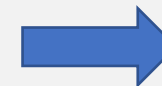
O dilema da intermitência:

As fontes intermitentes, como o sol e o vento, nem sempre estão disponíveis.



A solução: a combinação perfeita 100% renovável!

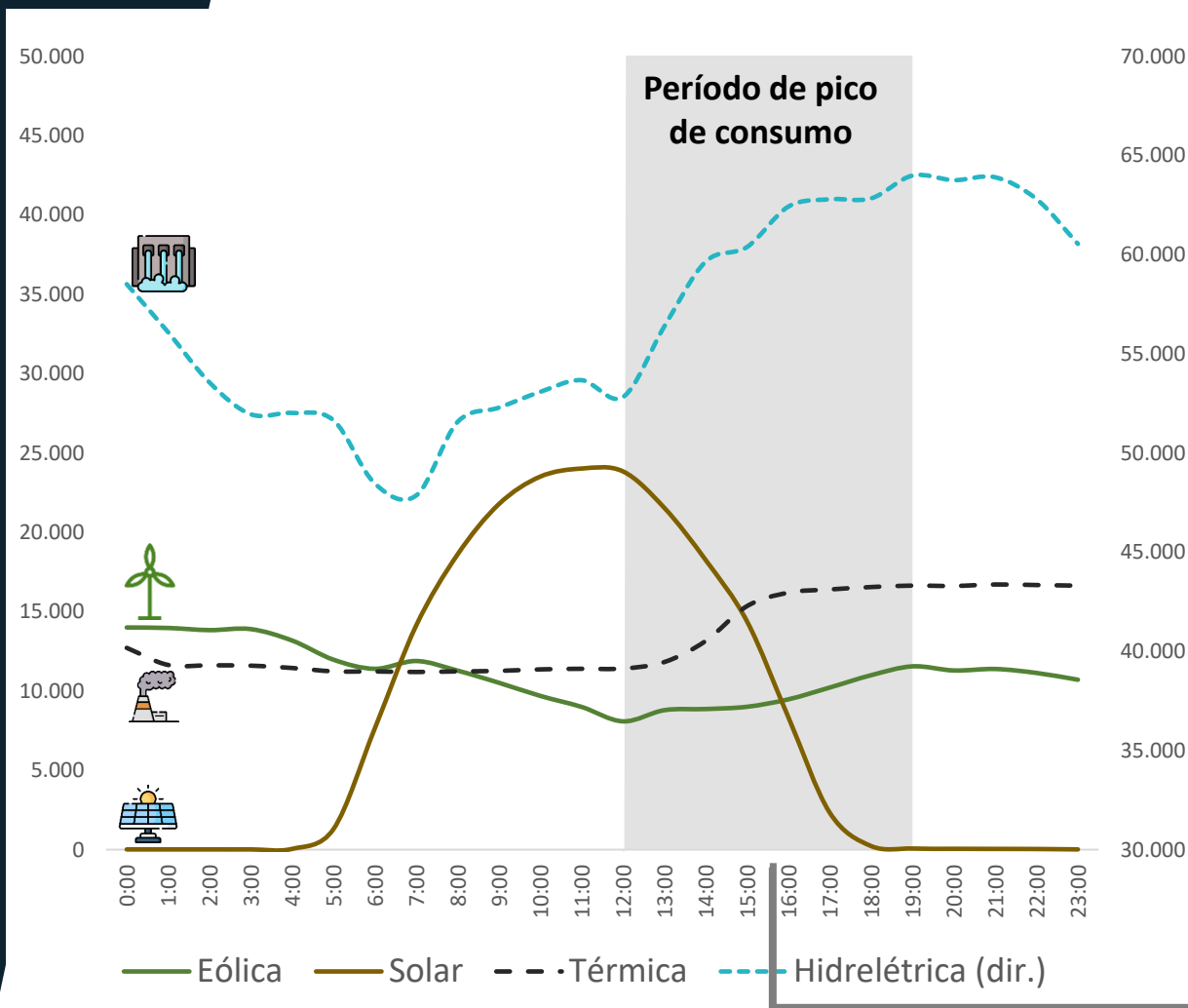
+ Hidrelétricas



+ Solar e Eólica

A intermitência: um desafio ao sistema elétrico nacional

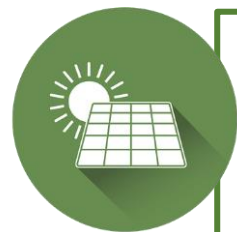
Geração de energia (MWmed) por hora*



*Dia 17 de novembro de 2023.



A geração de energia eólica chega a variar 73% ao longo do dia.



Ao meio-dia, a energia solar contribui com 25% da geração total de energia, mas essa participação cai para 0% ao anoitecer.



Para atender à variação da energia solar e eólica só há duas opções: hidrelétricas (limpas) ou termelétricas (sujas).

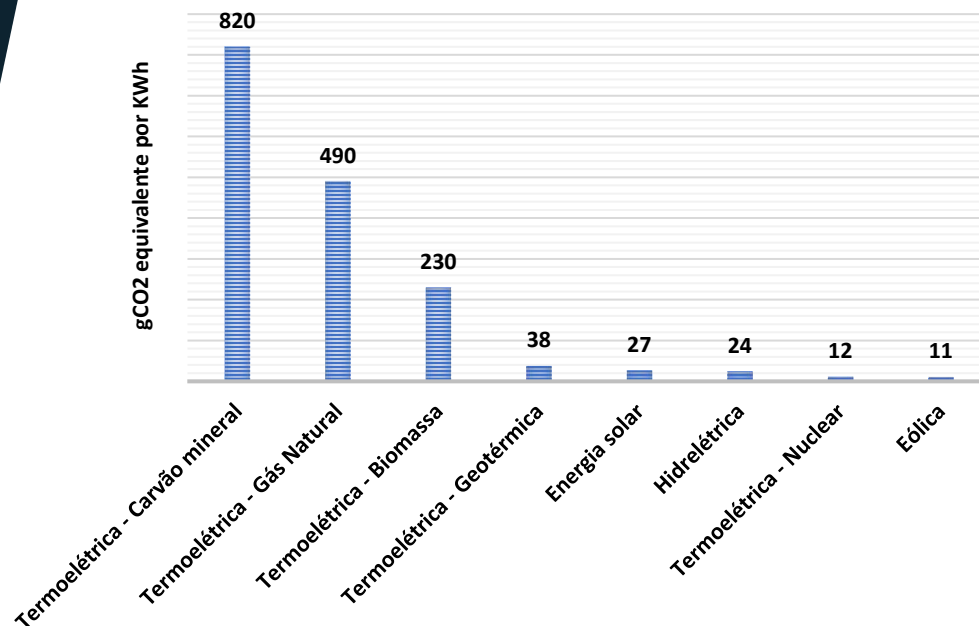
2.2 EMISSÕES CICLO DE VIDA E O PAPEL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NA DESCARBONIZAÇÃO

*Realizado por
Gerência de Meio Ambiente*



Emissões ciclo de vida por fonte de energia

Quando analisamos a emissão de gases de efeito estufa equivalentes no ciclo de vida para os diferentes tipos de produção de energia, podemos observar com clareza as vantagens da energia hidrelétrica.



Fonte: UM IPCC 5th assessment: Emissões médias de CO2 equivalente ao longo do ciclo de vida.

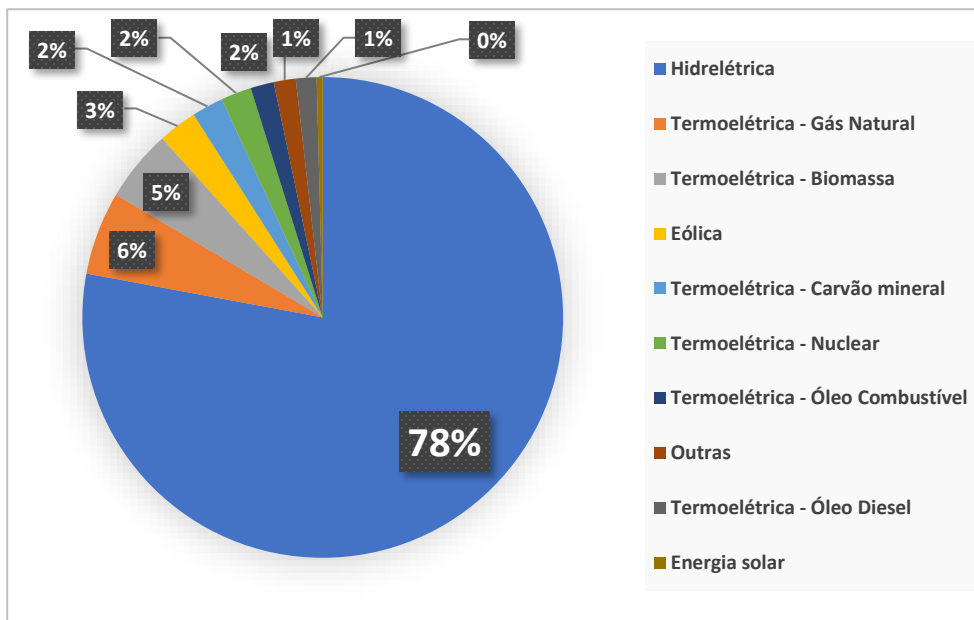
Comparativo - emissões em relação às hidrelétricas

Termelétrica - Carvão mineral	34 vezes mais
Termelétrica - Gás Natural	20 vezes mais



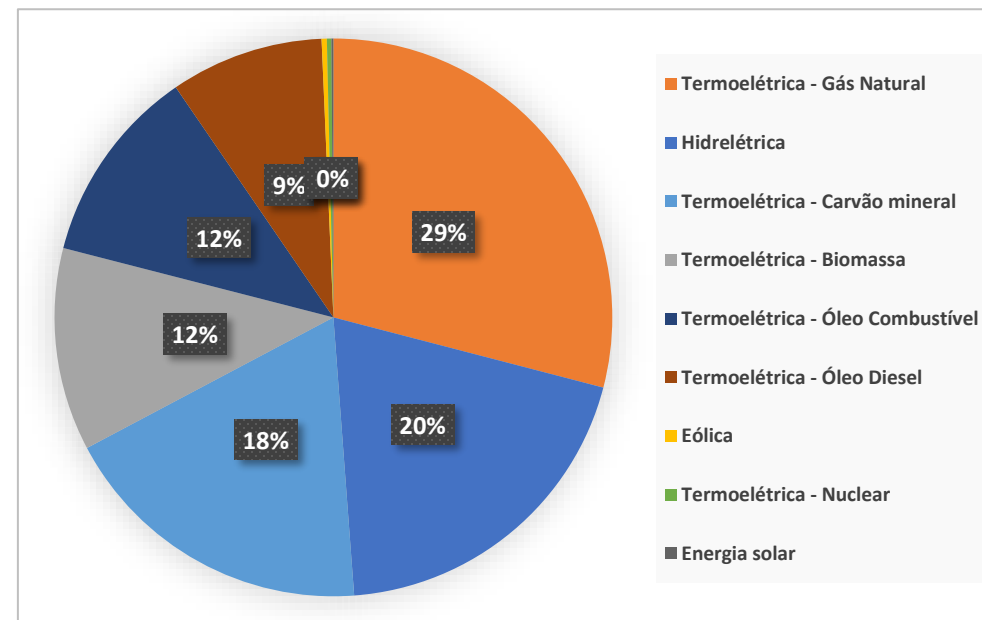
Gerações por fonte de energia

Geração de energia elétrica
1970-2022 (GWh)

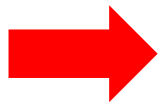


Fonte: Empresa de Pesquisa Energética - EPE

Emissão de gases de efeito estufa (GEE)
1970-2022 (GWh)



Renováveis – 87% da energia gerada e 32% das emissões de GEE no ciclo de vida



Termelétricas não renováveis – 13% da energia gerada e 68% das emissões de GEE no ciclo de vida

Metas Brasileiras de Redução e as Emissões da Matriz Elétrica

- ✓ O Brasil instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187/2009, que define o compromisso nacional voluntário de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE).
- ✓ A quantificação do indicador de referência é o total de emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE) no ano de referência de 2005, sobre a qual o Brasil se compromete à uma redução de emissões de GEE de 53% (a Contribuição Nacionalmente Determinada – NDC), em 2030 em comparação com 2005.
- ✓ Se considerarmos o último ano com dados de geração de energia elétrica (2022), ao substituímos toda a energia TERMOELÉTRICA não renovável por energia renovável (solar, hidrelétrica, eólica e biomassa), essa substituição corresponde a uma redução de 53% das emissões da matriz elétrica, idêntica às NDC's acordadas para o ano de 2030.

Fonte: UM IPCC 5th assessment: Emissões médias de CO₂ equivalente ao longo do ciclo de vida, Inventário UTE IEMA; EPE – Balanço Energético Nacional, NDC (MMA, 2023)

(*) Último ano com dado de geração de energia.

Emissões de gases de efeito estufa em 2022

Considerando as últimas emissões de GEE levantadas do **SETOR INDUSTRIAL** (2022) e as informações de Geração de Energia elétrica deste mesmo ano, o ciclo de vida das emissões das **TERMOELÉTRICAS** não renováveis geraram o correspondente a **42%** do total de toda emissão de gases de efeito estufa da **INDÚSTRIA BRASILEIRA**.



Fonte: UM IPCC 5th assessment: Emissões médias de CO₂ equivalente ao longo do ciclo de vida, Inventário UTE IEMA; EPE – Balanço Energético Nacional e Plataforma SEEG Brasil.

Elaboração: Gerência de Meio Ambiente - FIEMG.

Emissões de gases de efeito estufa no período 1970-2022

Em um cenário hipotético em que toda a energia termelétrica não renovável fosse energia renovável no período analisado, teríamos uma queda na geração de gases de efeito estufa que passaria de:

1.6 bi tCO₂eq no período de 1970 a 2022 para **593 mi** tCO₂eq,

correspondendo a uma redução de **63%** das emissões no período.

Essa redução corresponde à 83% das emissões brasileiras no ano de 2010. Fonte: Quarta Comunicação

Nacional do Brasil à UNFCCC (MCTI)

Fonte: UM IPCC 5th assessment: Emissões médias de CO₂ equivalente ao longo do ciclo de vida, Inventário UTE IEMA; EPE – Balanço Energético Nacional.

Elaboração: Gerência de Meio Ambiente - FIEMG.

Projeção das emissões de gases de efeito estufa

Ao utilizarmos o ano-base de energia gerada em 2022 para realizarmos a projeção de um cenário futuro de emissões, considerando que os percentuais por tipo de energia não sejam alterados, teremos o seguinte cenário para o período 2023-2050:

1.6 bi tCO₂eq emitidos

Se projetarmos o mesmo cenário de 2023-2050, onde toda fonte de **ENERGIA TERMELÉTRICA NÃO RENOVÁVEL** seja substituída por **ENERGIA RENOVÁVEL**, teremos então:

750 mi tCO₂eq emitidos

Correspondendo a uma redução de **53%** das emissões no período ou a aproximadamente **11 anos** de emissões da produção industrial do Brasil (período de 2012 a 2022).

Outros Impactos das Termelétricas

- ✓ Poluição do ar> Chuva ácida e doenças respiratórias: As termelétricas emitem poluentes como óxidos de enxofre (SOx), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado, que podem causar problemas respiratórios, cardiovasculares e outras doenças devido à má qualidade do ar.
- ✓ Poluição térmica> Diminuição do nível de oxigênio na água: O processo de resfriamento nas termelétricas libera água aquecida nos rios, lagos ou mares, consequentemente causando a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido em água.
- ✓ Utilização do recurso hídrico em grandes quantidades: As termelétricas utilizam grandes quantidades de água no seu processo.
- ✓ Geração de resíduos: Os resíduos de termelétricas são gerados na fase de construção, na fase de funcionamento e também na manutenção das termelétricas.
- ✓ Poluição sonora: O ruído produzido pelas termelétricas pode causar impactos à saúde humana como distúrbios de sono, estresse e até a perda de audição em casos extremos. Esse tipo de poluição também pode ser prejudicial à fauna local, interferindo nos padrões de comportamento e comunicação



Transição energética

O Brasil é país signatário do Acordo de Paris. O governo brasileiro se compromete em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês) a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 48% até 2025 e em 53% até 2030, em relação às emissões de 2005. Assim, o Brasil se compromete com metas graduais mais robustas de redução de emissões com vista a alcançar a emissão líquida zero em 2050.

Além disso, o painel da ONU para mudanças climáticas (UNFCCC) lançou o programa Race to Zero, um plano com metas de curto prazo para redução de emissões de 20 setores da economia global. O Race to Zero (Corrida ao Zero) é uma campanha global para reunir apoio de empresas, investidores e gestores públicos para alcançar emissões líquidas zero de gases de efeito estufa até meados do século. Minas Gerais é um dos estados signatários do programa.

O Acordo de Paris é um tratado global, adotado em dezembro de 2015 pelos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, acrônimo em inglês), durante a 21ª Conferência das Partes (COP21). Esse acordo rege medidas de redução de emissão de dióxido de carbono a partir de 2020, e tem como objetivos fortalecer a resposta à ameaça da mudança do clima e reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos gerados por essa mudança.

Nesse sentido, a transição energética utilizando a **FONTES RENOVÁVEIS** será de fundamental importância para o cenário climático.



Transição energética - First Global Stocktake (Primeiro Balanço Global) – GST*

O relatório de Balanço Global, de outubro de 2023, destaca quatro áreas em que é necessário progresso para manter as temperaturas globais dentro da faixa de 2°C em relação às médias pré-industriais, de acordo com as metas firmadas no Acordo de Paris.

Dentre as ações de mitigação podemos destacar:

- ✓ Escalar as energias renováveis e reduzir a dependência de combustíveis fósseis.
- ✓ Acelerar esforços para desativar térmicas a carvão que não podem ter as suas emissões abatidas;
- ✓ Transição para sistemas de energia não baseados em combustíveis fósseis para alcançar-se net zero até 2050.

Fonte: UNFCCC

Hidrelétricas e a importância para o combate às mudanças climáticas

- ✓ Para atingir as metas de descarbonização mundiais a capacidade instalada de hidroeletricidade deveria dobrar até 2050 (*1).
- ✓ Atualmente no Brasil, no eixo disponível de PCH's e UHE's, entre 5 e 50 MW, temos 6.415 MW instalados e temos 9.585 MW aptas a curto Prazo para Leilão (*2).
- ✓ Considerando a geração de energia termoelétrica não renovável no ano de 2022: 6.649 MWm (*3), o potencial que temos a curto prazo para geração de hidrelétrica corresponde 144% do valor gerado com termoelétricas. Demonstrando o potencial de descarbonização da matriz elétrica brasileira ao substituirmos as termoelétricas.

Fonte: 1(*) IRENA – International Renewable Energy Agency: The changing role of hydropower (Fev2023).

2(*) Banco de dados SIGA/Aneel – Ago/2024

3 (*) NOS – Operador Nacional do Sistema Elétrico – Histórico de geração de energia (2022).

Benefícios ambientais das hidrelétricas

- ✓ Melhora a disponibilidade de água.
- ✓ Reduz o impacto das cheias.
- ✓ Possibilita usos múltiplos para energia, transporte e outros serviços através do controle do fluxo da água.
- ✓ Geram poucos resíduos sólidos.
- ✓ Não emite contaminantes tóxicos.



Hidrelétricas e a importância para o meio ambiente

- ✓ ***De acordo com a Nota Técnica do Plano Nacional de Energia 2030, “Potencial Hidrelétrico Brasileiro”, o Brasil encontra-se no grupo de países em que a produção de eletricidade é maciçamente proveniente de usinas hidrelétricas, pois esta representa cerca de 75% da potência instalada no país, e gerou 93% da energia elétrica requerida no Sistema Interligado Nacional em 2005.***
- ✓ ***Deve ser ressaltado, também, que cerca de apenas 30% do potencial hidrelétrico nacional já foi explorado, percentual bem menor do que o observado nos países industrializados.***

Os impactos ambientais das hidrelétricas têm natureza bem diversa dos das termelétricas. As térmicas que usam combustíveis fósseis impactam, principalmente, o ar e o clima global, na medida das emissões de gases de efeito estufa e da produção de óxidos de nitrogênio e enxofre, além de particulados.

Nesse sentido, o sistema elétrico brasileiro, predominantemente baseado em hidrelétricas e quase totalmente interligado, fornece uma situação favorável no que se refere às emissões de gases de efeito estufa.



3. O CUSTO DA ENERGIA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO COM ENERGIAS RENOVÁVEIS

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais

Setembro de 2024

3.1 IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA REDUÇÃO DOS CUSTOS COM ENERGIA

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais



Os custos da produção de energia elétrica no Brasil

Além dos danos ambientais, as fontes não renováveis provocam prejuízos econômicos quando comparadas às renováveis.

Custo médio para produção de energia – 2021

	Fonte	LCOE* Médio (R\$/Mwh)
Renováveis	Eólica	129
	Solar	149
	Hidráulica	193
	Biomassa	247
	Custo médio	179,5
Não Renováveis	Gás Natural	419
	Carvão	373
	Nuclear	375
	Diesel	600
	Custo médio	441,8

O preço médio da energia fornecida pelas fontes renováveis é menor

R\$ 179,5



R\$ 441,8

59,6% mais barata

Ao utilizar fontes não renováveis, há uma elevação nos custos de produção.

*Levelized Cost of Energy.

As energias elétricas renováveis e sua importância econômica e social

*Custo por fonte de energia
(2021 em R\$ bilhões)*

Fonte	Custo por fonte	Custo Hipotético - Se fosse atendido fonte renovável	Variação %
Renovável	95,61	95,61	-
Não renovável	53,23	22,82	-57,1%
Total	148,84	118,43	-20,4%

Fonte: Caderno de Preços da Geração 2021 – EPE e Engenho Consultoria.

Qual seria a economia se as fontes renováveis substituíssem a energia das fontes não renováveis?



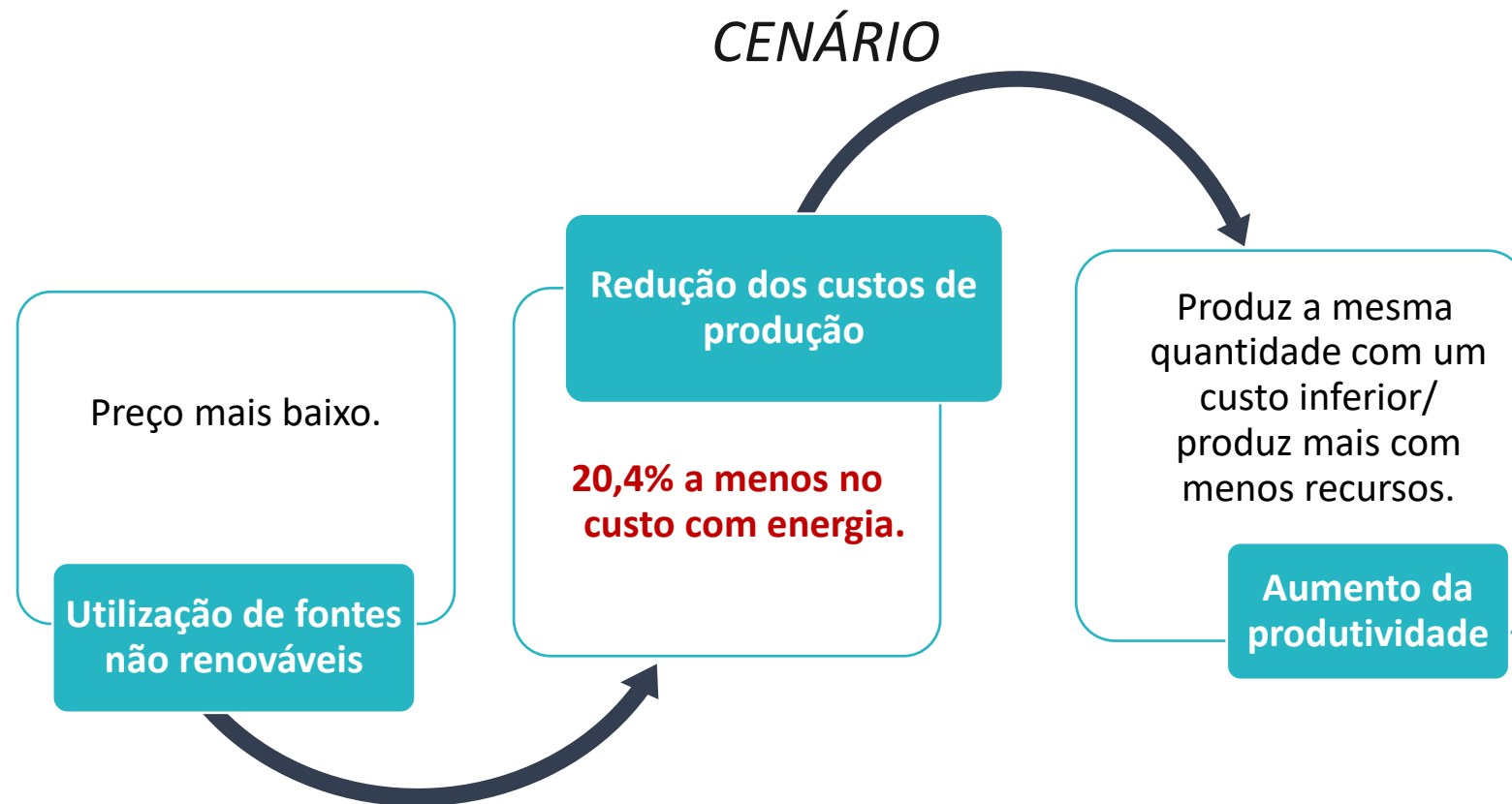
Essa possível troca no fornecimento de energia implicaria em uma queda de **20,4%** no **custo total com energia***.

Economia de R\$ 30,4 bilhões por ano.

*Considerando o custos com energias renováveis e não renováveis.

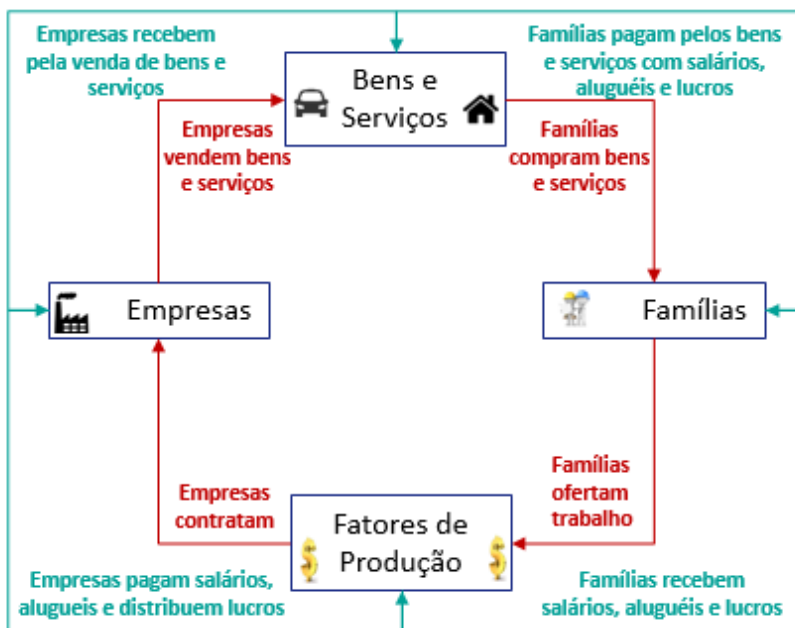
Impactos econômicos e sociais da redução dos custos – hipótese e cenário

Hipótese: a substituição das fontes de energia não renováveis por renováveis reduz os custos com energia.



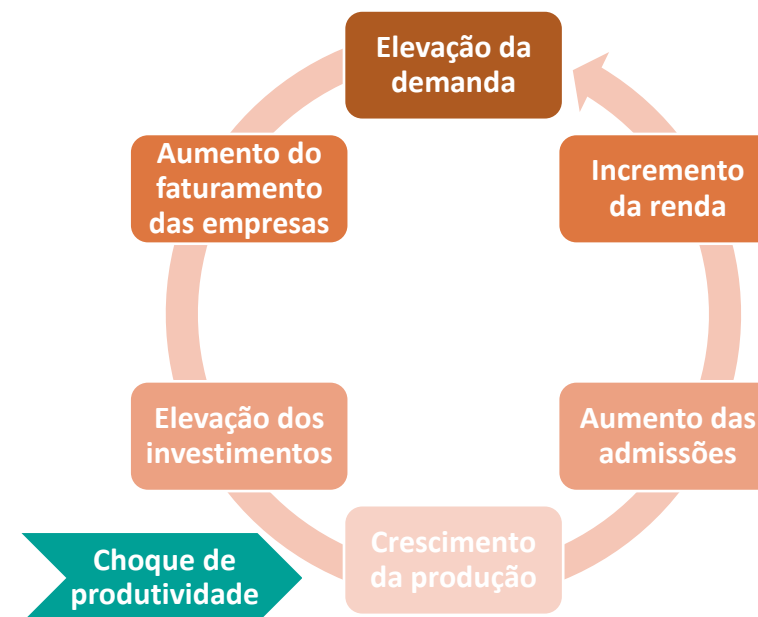
Metodologia

Modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC)

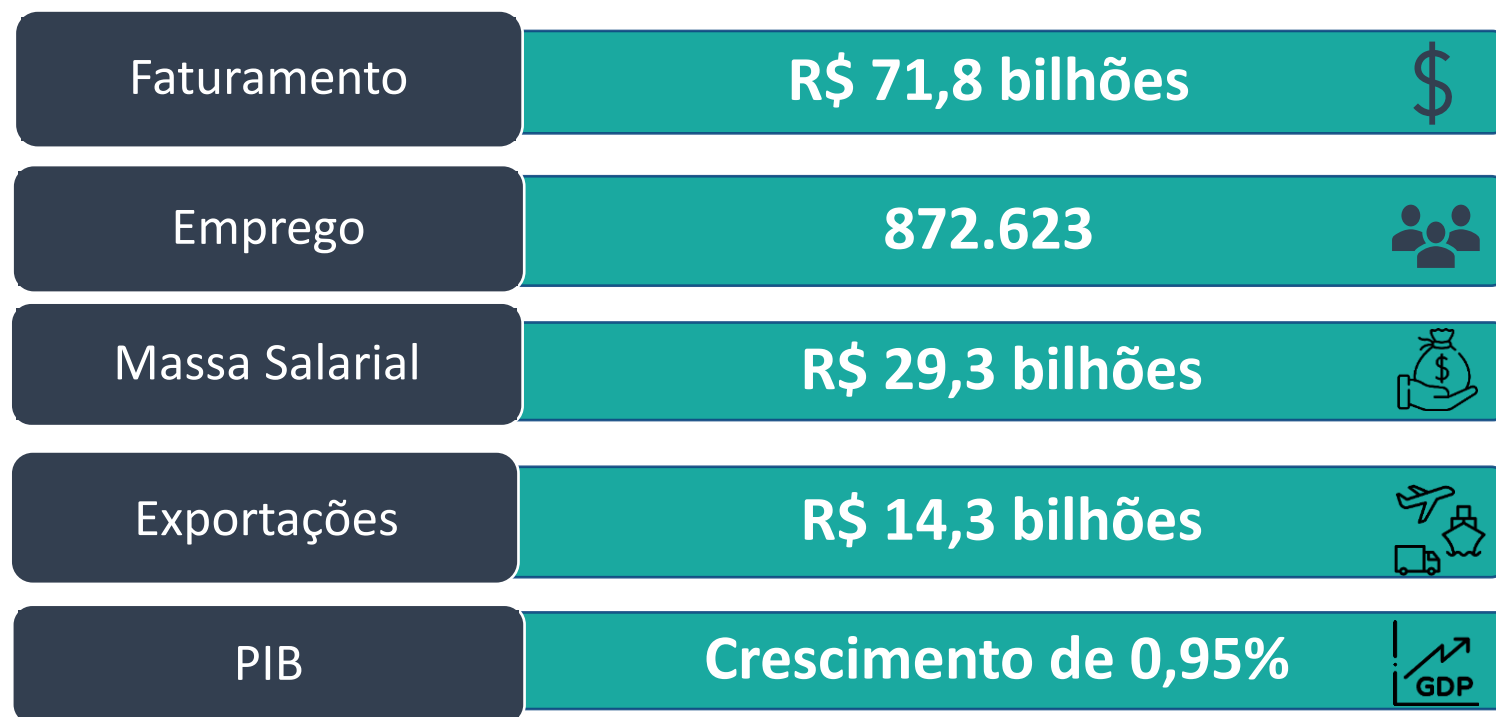


O modelo EGC representa uma fotografia da economia e de suas relações setoriais em um período de tempo.

Efeito Sistêmico



Impactos econômicos e sociais da redução dos custos - resultados



- O **número de empregos** que seriam gerados aproxima-se do **total de postos de trabalho formal em Fortaleza (CE)**;
- A **massa salarial** gerada equivaleria ao pagamento anual de **quatro milhões de benefícios do Bolsa Família**;
- O **menor preço da energia** geraria um **aumento no PIB** do Brasil de **0,95%**.



Qual seria a economia para as famílias se as fontes renováveis substituíssem a energia das fontes não renováveis?



Redução de **↓20,4%** na conta de luz

Redução de **↓2,9%** no preço do leite



Redução de **↓6,4%** no preço do material escolar

Redução de **↓3,2%** no preço da cesta básica



4. AS HIDRELÉTRICAS E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais

Setembro de 2024

4.1 A IMPORTÂNCIA DAS HIDRELÉTRICAS PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

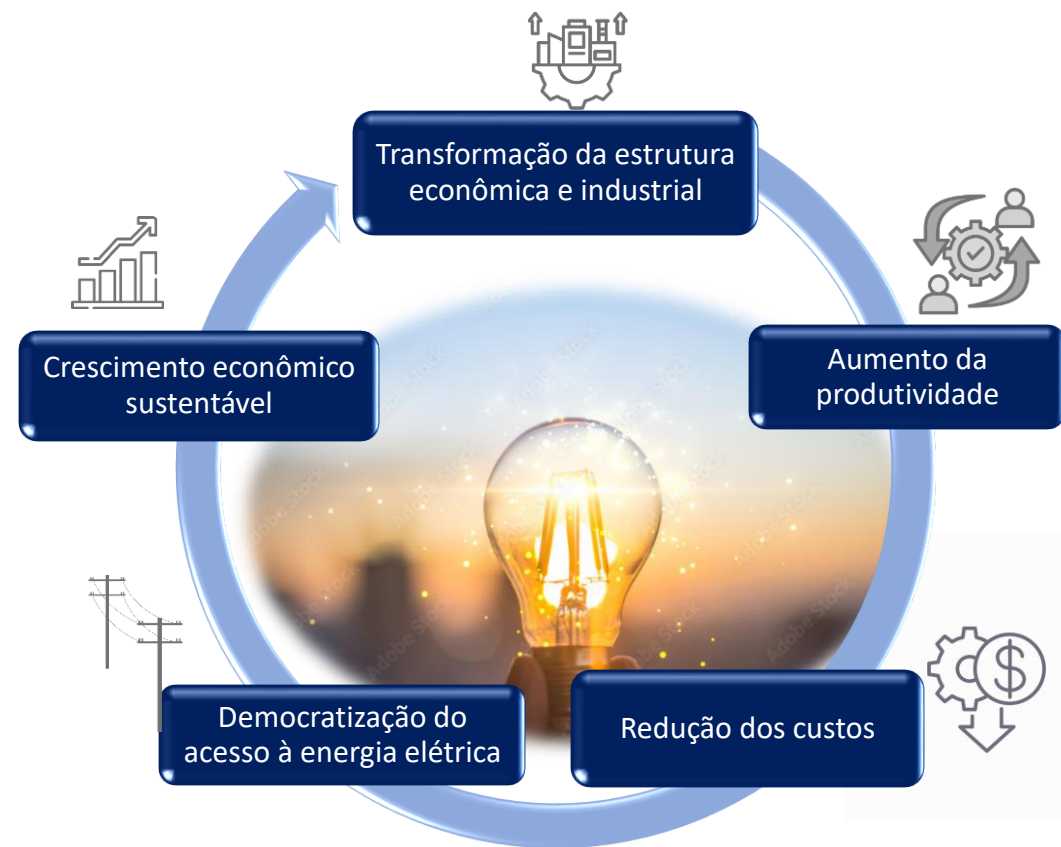
Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais



As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local

Estudos reunidos pelo **Banco Mundial** concluíram que **a construção de hidrelétricas nos anos 1960 e 1970 foi fundamental para o desenvolvimento do Brasil.**



Além de contribuir para o crescimento do país, as hidrelétricas podem promover o desenvolvimento social e econômico das regiões em que estão inseridas?

As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local – evidências internacionais

Estudos apontam que as hidrelétricas proporcionaram múltiplas contribuições para o desenvolvimento em determinados países.

Índia



Maior desenvolvimento local em relação às demais regiões do país.

Crescimento no rendimento dos trabalhadores e distribuição de renda nas comunidades locais.

Egito



Maior estabilidade e resiliência das atividades econômicas em todo o país.

Nepal



Maior disponibilidade de eletricidade.

Desenvolvimento da infraestrutura local.

Fonte: Smith, J., & Patel, R. (2022). Socio-Economic Impact of Small Hydropower Project (A case study of the Sunkoshi Small Hydropower Project, Sindhupalchok District, Nepal).

Fonte: Bhatia R., Cestti R., Scatista M. & Malik R., (2008). Indirect Economic Impacts of Dams: Case Studies From India, Egypt and Brazil. Academic Foundation for World Bank, New Delhi.

Elaboração: Gerência de Economia e Finanças Empresariais - FIEMG.

As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local – evidências internacionais

Noruega



Na Noruega, o quarto país mais rico do mundo, as hidrelétricas representam mais de 90% da geração de energia.

“A Noruega moderna foi construída e industrializada quando começamos a utilizar rios e cachoeiras para produzir eletricidade. A energia hidrelétrica ainda é a espinha dorsal do sistema energético norueguês e continuará sendo num futuro próximo”.

(Governo da Noruega)

Fortalecimento industrial.

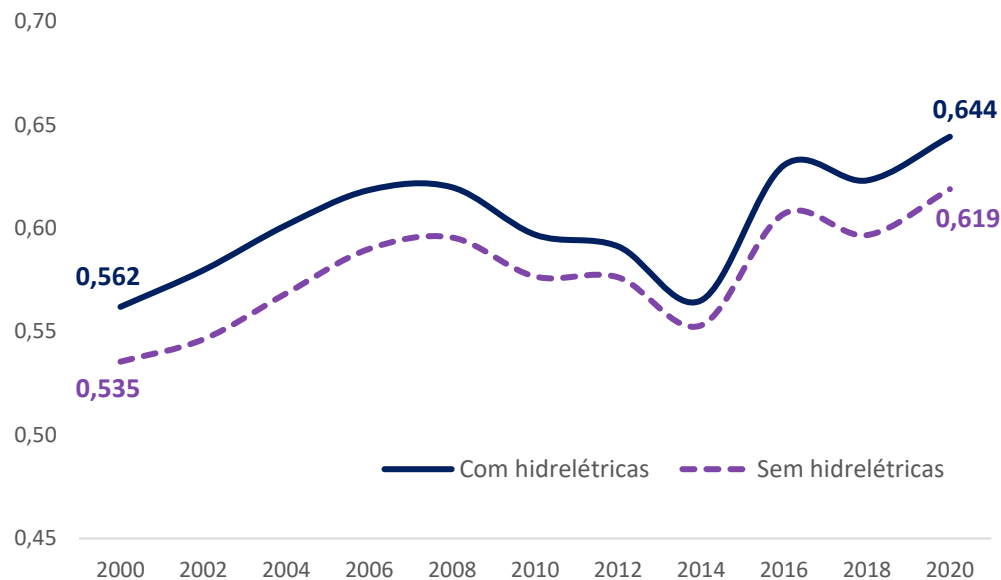
Geração de riquezas e oportunidades.



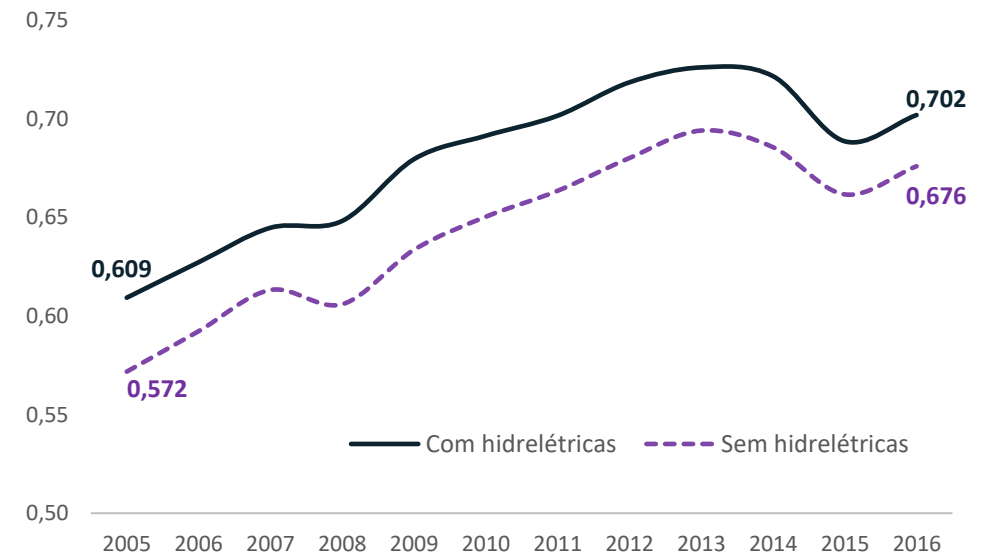
As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL

Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS)
Municípios de Minas Gerais



Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM)
Municípios de Minas Gerais



*Quanto mais próximo de 1, mais desenvolvido é o município.

Municípios com a presença de hidrelétricas registraram desenvolvimento superior ao do restante do estado.



A importância das hidrelétricas para o desenvolvimento econômico e social

As hidrelétricas são peças-chave para impulsionar o desenvolvimento da economia, fornecendo não apenas energia essencial, mas também uma série de benefícios econômicos e sociais.



Aumento da competitividade



Tecnologia 100% brasileira



Geração de empregos



Responsabilidade ambiental



As usinas hidrelétricas contribuem para três **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável** (ODS) da ONU – 7º, 8º e 13º – fornecimento de energia limpa e acessível; trabalho decente e crescimento econômico; e ação contra a mudança global do clima.



4.2 ESTUDO DE CASO: HIDRELÉTRICA DE FUNIL

*Realizado por
Gerência de Economia e Finanças Empresariais*



As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local

Análise da Usina Hidrelétrica de Funil, localizada entre os municípios de Lavras e Perdões (MG)

Obras realizadas de setembro de 2000 a julho de 2003. Usina com potência instalada de 180 MW, o suficiente para abastecer uma cidade de 685 mil habitantes.



Área alagada:
40,49 km²

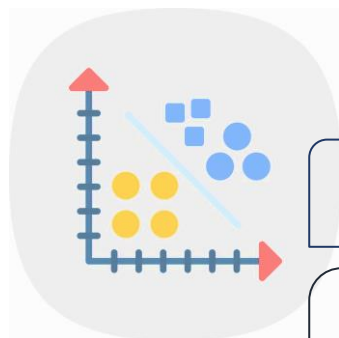
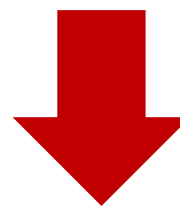
Capacidade de geração:
180 MW



As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local



Como mensurar o impacto da hidrelétrica na região de instalação?



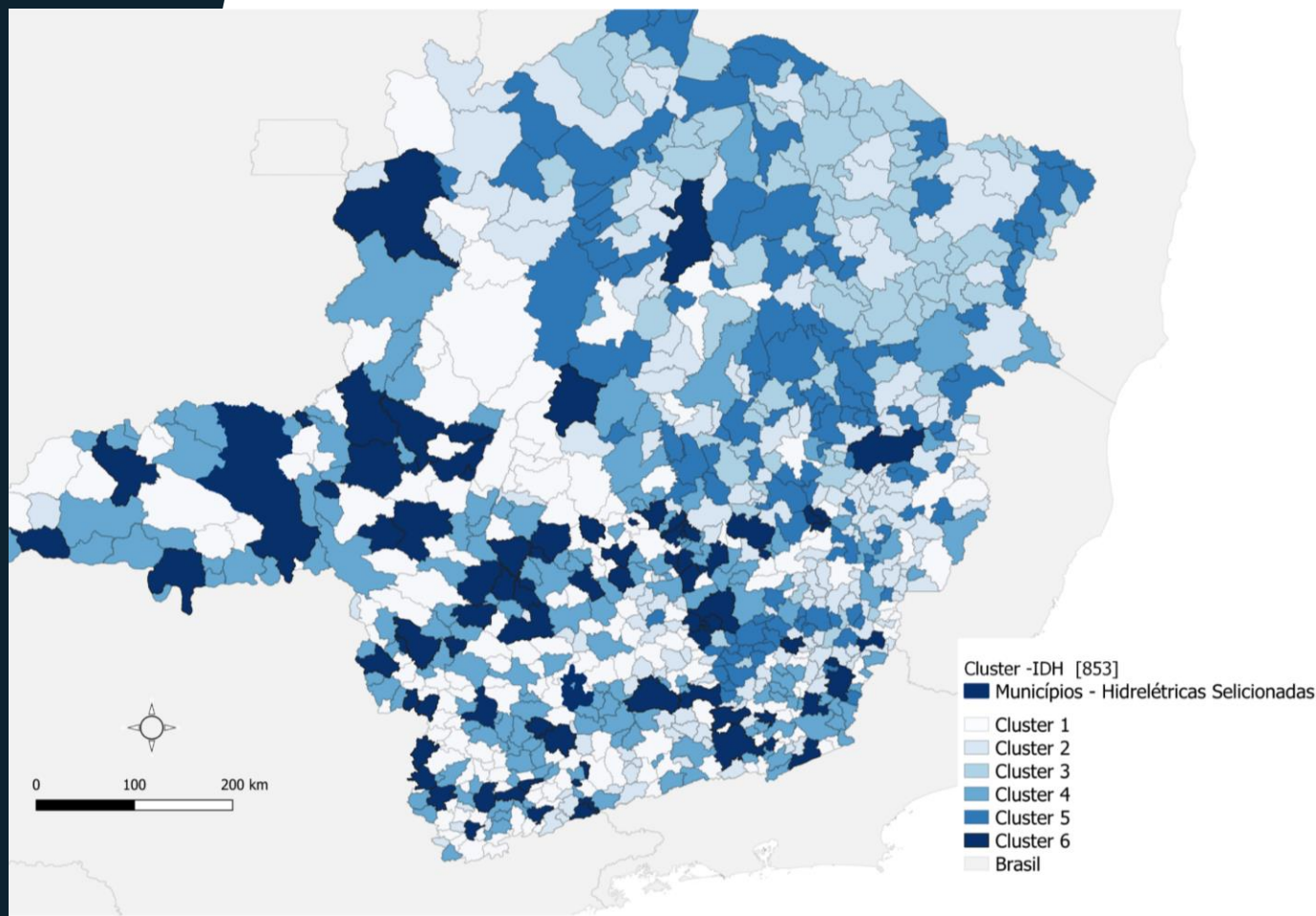
I - **Análise de Cluster:** identificar municípios similares.

II - **Comparar o desempenho** dos municípios similares antes e depois das instalações das hidrelétricas.



As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local

Identificação dos clusters em Minas Gerais*



Análise de Cluster: identificar agrupamentos de regiões similares a partir de determinadas características.

A característica utilizada foi o **Índice de Desenvolvimento Humano** antes do período das instalações das hidrelétricas.

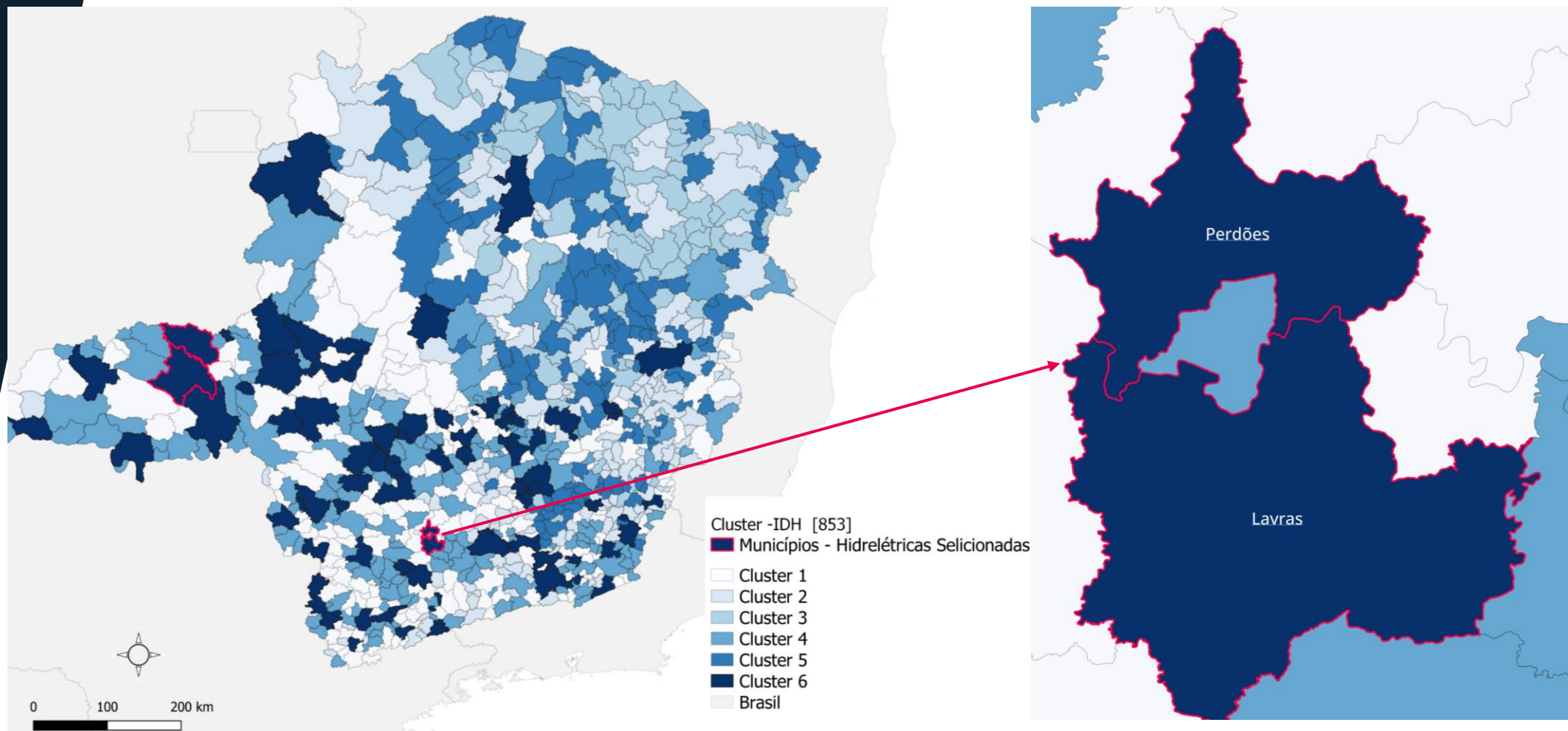
A partir do IDH, foram selecionados seis agrupamentos de municípios.

*Clusters: construção com base no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 2000.

Fonte: Atlas Brasil. Elaboração: Gerência de Economia e Finanças Empresariais - FIEMG.

As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local

Identificação dos clusters em Minas Gerais*



*No total, 77 municípios foram identificados nesse cluster.

Elaboração: Gerência de Economia e Finanças Empresariais - FIEMG.

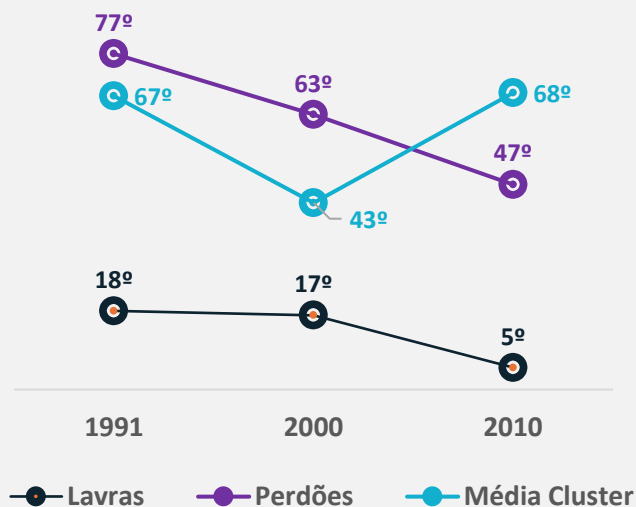
As usinas hidrelétricas e sua importância

POSIÇÃO NO RANK DE IDH
(Quanto menor a posição, melhor o IDH do município)

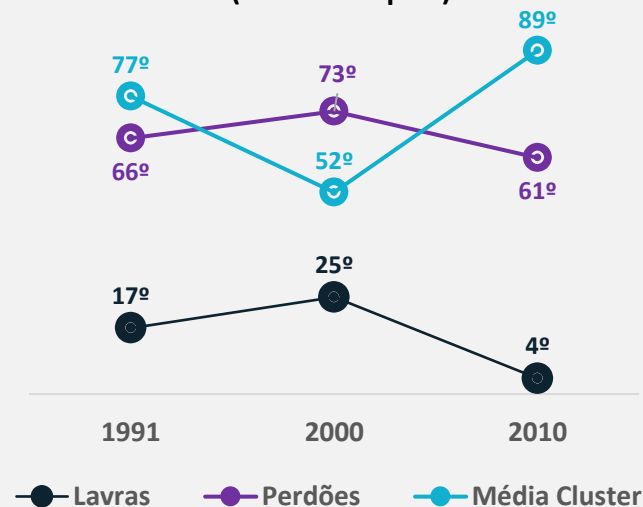


*Estudo de caso - Hidrelétrica de Funil (municípios de Lavras e Perdões)**

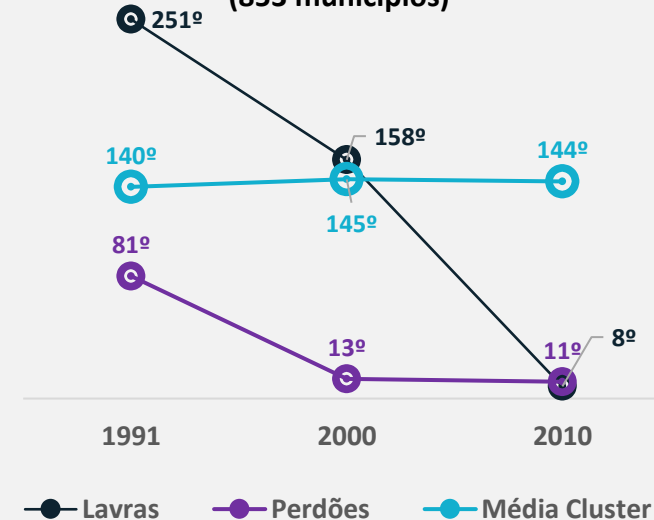
POSIÇÃO NO RANK – IDH
(853 municípios)



POSIÇÃO NO RANK – IDH
EDUCAÇÃO
(853 municípios)



POSIÇÃO NO RANK – IDH
LONGEVIDADE
(853 municípios)



Desempenho
1991 - 2010

LAVRAS

↑ 13 posições

PERDÕES

↑ 30 posições

MÉDIA CLUSTER

↓ 1 posição

Desempenho
1991 - 2010

LAVRAS

↑ 13 posições

PERDÕES

↑ 5 posições

MÉDIA CLUSTER

↓ 12 posições

Desempenho
1991 - 2010

LAVRAS

↑ 243 posições

PERDÕES

↑ 70 posições

MÉDIA CLUSTER

↓ 4 posições

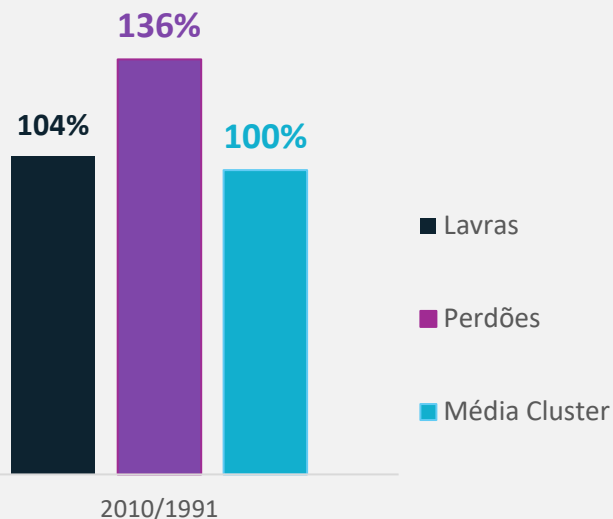
*No total, 77 municípios foram identificados nesse cluster.

Fonte: Atlas Brasil. Elaboração: Gerência de Economia e Finanças Empresariais - FIEMG.

As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local

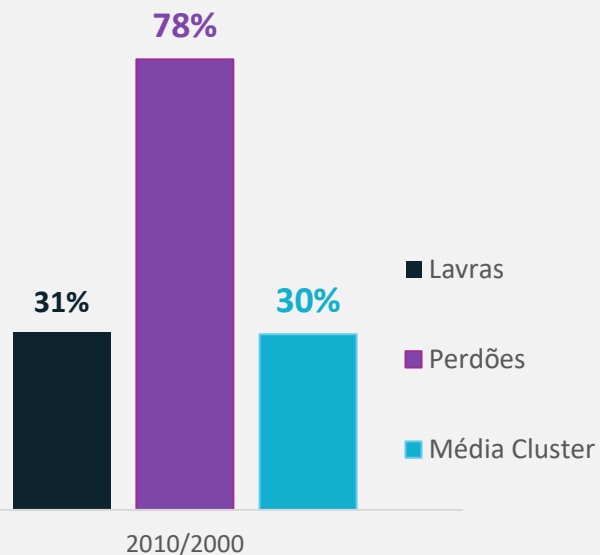
*Estudo de caso - Hidrelétrica de Funil (municípios de Lavras e Perdões)**

Variação da renda (2010/1991)



De 1991 a 2010, a **variação da renda de Lavras e de Perdões foi superior à da média do cluster.**

Variação do PIB per capita (2010/2000)



O crescimento do PIB foi maior nos municípios onde a Hidrelétrica de Funil foi instalada.

*No total, 77 municípios foram identificados nesse cluster.

5. CONCLUSÕES

Setembro de 2024

Conclusões

As energias elétricas renováveis (hidrelétricas, eólicas, solares e biomassa) desempenham um papel crucial no combate às mudanças climáticas, ao fornecerem energia limpa e renovável, e impulsionam o desenvolvimento socioeconômico nas regiões onde estão instaladas, tornando-se essenciais para um futuro energético sustentável e mais competitivo. Em especial, as hidrelétricas ainda contribuem para a gestão dos recursos hídricos.

O Papel das energias elétricas renováveis (hidrelétricas, eólicas, solares e biomassa) na Mitigação dos Impactos Climáticos:

- As energias elétricas renováveis (hidrelétricas, eólicas, solares e biomassa) contribuem diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa, gerando energia limpa e renovável.
- Além de fornecer energia sustentável, as hidrelétricas, em especial, atuam como reservatórios que ajudam a controlar a vazão dos rios, mitigando os efeitos de enchentes e desastres naturais.
- A expansão da capacidade hidrelétrica é essencial para alcançar as metas de descarbonização até 2050.

Impactos Econômicos e Sociais das energias elétricas renováveis (hidrelétricas, eólicas, solares e biomassa) :

- As energias elétricas renováveis (hidrelétricas, eólicas, solares e biomassa) promovem o desenvolvimento socioeconômico nas regiões onde estão instaladas, aumentando a renda local e gerando empregos.
- Municípios com hidrelétricas apresentam indicadores de desenvolvimento superiores aos que não possuem esse tipo de empreendimento.
- A substituição de fontes de energia não renováveis por energias elétricas renováveis (hidrelétricas, eólicas, solares e biomassa) pode reduzir significativamente o custo da energia, impulsionando a competitividade e produtividade do Brasil





6. PROPOSTAS E MEDIDAS ESTRATÉGICAS PARA UM FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL



Setembro de 2024

*6.1 PROPOSTA ESTRATÉGICA PARA UM
FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL*



Proposta para o combate às mudanças climáticas e para contribuir com o desenvolvimento sustentável do país

SUBSTITUIR TODAS AS TERMELÉTRICAS NÃO RENOVÁVEIS DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA POR ENERGIAS RENOVÁVEIS (HIDRELÉTRICAS, SOLARES, EÓLICAS E BIOMASSA) ATÉ 2035, COM O OBJETIVO DE CONTRIBUIR COM O CUMPRIMENTO DA META BRASILEIRA INTERMEDIÁRIA DE REDUÇÃO DE 53% DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA



6.2 MEDIDAS ESTRATÉGICAS PARA UM FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL



Proposta de emenda ao PL Federal 2159/2021

Emenda Aditiva ao PL 2.159/2021 (Lei Geral de Licenciamento Ambiental)

Insira-se o seguinte § 5º ao artigo 17 do Projeto de Lei nº 2159, de 2021:

“Art. 17 (...)

§ 5º As atividades de sistemas de geração e transmissão de energia hidrelétrica serão submetidas ao licenciamento ambiental pelos procedimentos simplificado, nas modalidades de fase única ou por adesão e compromisso, ou corretivo, observado o § 1º deste artigo.”



Proposta de alteração da legislação estadual de MG

Art. 1º – Fica acrescentado à Lei nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016, o seguinte art.26-A:

“Art.26-A – As atividades de infraestrutura de sistemas de geração e transmissão de energia hidrelétrica, inclusive as centrais geradoras hidrelétricas – CGH, serão submetidas ao licenciamento ambiental nas seguintes modalidades:

I – Licenciamento Ambiental Simplificado, nas modalidades de Cadastro ou Relatório Ambiental Simplificado – LAS/Cadastro ou LAS/RAS; ou

II – Licenciamento Ambiental Concomitante em uma única fase – LAC1.

§ 1º O enquadramento do licenciamento ambiental das atividades descritas no caput será definido em observância à sua tipologia, ao seu porte e potencial poluidor/degradador, e sua modalidade estabelecida por meio da conjugação da classe e dos critérios locais de enquadramento, ressalvadas as renovações.”



Proposta de alteração da legislação estadual de MG

§ 2º As atividades descritas no caput deste artigo que forem enquadradas nas modalidades de Licenciamento Ambiental Trifásico – LAT ou Licenciamento Ambiental Concomitante em duas fases – LAC2 serão licenciadas na modalidade de Licenciamento Ambiental em uma única fase – LAC1.

Art. 2º – O interessado que detenha processo administrativo ainda em trâmite cuja modalidade do licenciamento ambiental já foi orientada ou formalizada poderá requerer, no prazo de 30 (trinta) dias a partir da publicação desta lei, a reorientação da modalidade de acordo com o art. 1º desta Lei.

Art. 3º – Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.



Propostas para o apoio ao fomento de energias renováveis

Linha de financiamento BNDES – Geração de energia elétrica renovável

Objetivo: apoiar a construção de usinas de geração de energia elétrica renovável no âmbito da iniciativa privada, visando a sustentabilidade energética dos empreendimentos e promover a redução de emissões dos gases de efeito estufa.

Condições de financiamento:

- . Prazo: até 300 meses e carência de até 96 meses
- . Taxa de juros: IPCA
- . Participação: até 100% do valor do projeto

Financiamento por meio de Fundo de Fomento à Infraestrutura

Criação de um Fundo Estadual (ou Nacional) de Fomento à Infraestrutura, específico para construção de usinas de geração de energia elétrica renovável, de pequeno, médio e grande portes, público e privadas.

Objetivo do fundo: financiar a construção de usinas de geração de energia elétrica renovável para atender as demandas dos setores produtivos privados, podendo ser um empreendimento específico ou grupo de empresas.

Os recursos do fundo seriam provenientes do Estado (ou União), contando com aportes regulares de empresas privadas, com o estado oferecendo além de recursos incentivos fiscais para a construção.



7. NOTA TÉCNICA E REFERÊNCIAS

Setembro de 2024

Nota técnica

Modelo de Equilíbrio Geral Computável

As estimativas deste estudo têm um horizonte de curto prazo (12 a 18 meses) e foram desenvolvidas utilizando-se a metodologia de Equilíbrio Geral Computável (EGC), que foi calibrada com base na Matriz Insumo-Produto de 2015 do IBGE. Os efeitos econômicos e sociais examinados estão diretamente relacionados à redução do custo da energia elétrica, especialmente no setor de “eletricidade, gás e outras utilidades”, conforme classificação do Sistema de Contas Nacional (SCN).

Os efeitos diretos representam os ganhos dos setores afetados inicialmente pelo aumento da produtividade, enquanto os efeitos indiretos estão relacionados aos ganhos gerados como reflexo dos encadeamentos produtivos. Para cada um dos 67 setores econômicos no Brasil, foram analisados os impactos nos seguintes aspectos:

- Faturamento (valor bruto da produção);
- Emprego (número de postos de trabalho);
- Massa salarial;
- Exportações; e
- PIB.

Análise de Cluster

A Análise de Cluster é uma técnica de exploração de dados que organiza itens com base em sua similaridade, com o objetivo de que os elementos dentro de cada conjunto sejam mais parecidos entre si do que com os de outros conjuntos.

Essa metodologia foi empregada para detectar grupos de municípios em Minas Gerais que possuam características similares às dos municípios de Lavras e Perdões – onde está situada a Hidrelétrica de Funil. A variável escolhida para identificação dos agrupamentos foi o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para o ano de 2000 – período anterior à instalação da Hidrelétrica de Funil.

Após a identificação dos municípios que compõem o cluster no qual se inserem Lavras e Perdões, realizou-se um ajuste para remover os *outliers* econômicos e os municípios com empreendimentos hidrelétricos. No total, 77 municípios foram identificados nesse cluster.

Para compreender o desenvolvimento das regiões que tiveram empreendimentos hidrelétricos *vis-à-vis* as que não tiveram, realizou-se uma análise dos principais indicadores socioeconômicos para Lavras, Perdões e para a média do cluster em diferentes anos:

- Rank IDH;
- Rank IDH Educação;
- Rank IDH Longevidade;
- Renda; e
- PIB per capita.



Nota técnica

Preços por fonte de energia

Para calcular o *Levelized Cost of Energy* (LCOE) em R\$/MWh para cada fonte de geração, utilizamos a média dos intervalos descritos no Caderno de Preços e Geração da Empresa de Pesquisa Energética de 2021. Para a fonte de energia diesel, adotamos o valor de R\$ 600/MWh, conforme estimativas da Engenho Consultoria.

Referências Bibliográficas

Aliança Energia. Usina Hidrelétrica de Funil. Disponível em: <https://aliancaenergia.com.br/parque-gerador/uhe-de-funil/>

Atlas Brasil. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/>

Atlas Digital. - <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/index.xhtml>

Cemaden. - <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/monitoramento-hidrologico/relatorio-tres-marias/situacao-atual-e-projecao-hidrologica-para-reservatorio-tres-marias-11-02-2022-ano-06-no53>

Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig). - <https://www.cemig.com.br/usina/tres-marias/>

Cia Energética do Rio das Antas (Ceran). - <https://ceran.com.br/usinas/usina-monte-claro/>

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Caderno de Preços da Geração 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-de-precos-da-geracao>

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Balanço Energético Nacional 2021: Ano base 2020/Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2021.

Engenho Consultoria – Reportagem: Jornal Nacional. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2021/08/20/uso-acima-da-media-de-usinas-termeletricas-explica-por-que-a-conta-de-luz-subiu-tanto.ghtml>

Consultoria EXAnte 2022. Os impactos dos preços da energia elétrica e do gás natural no crescimento e desenvolvimento econômico.

FIRJAN, Evolução do IFDM Geral - 2005 A 2016. 2018. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/ifdm/consulta-ao-indice/>

Flaticon – Imagens. <https://www.flaticon.com>

Fundação João Pinheiro (FJP). Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS) – 2000 a 2020. Disponível em: <https://imrs.fjp.mg.gov.br/>

FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL (FMI). GDP per capita. Disponível em: <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD>.

Governo da Noruega. The History of Norwegian Hydropower in 5 minutes.

Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Disponível em: <https://www.ons.org.br/>

REUTERS. Norway boosts hydropower, challenging effort to fill reservoirs. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/energy/norway-boosts-hydropower-challenging-effort-fill-reservoirs-2022-08-17/>



FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

O futuro se faz juntos

Gerência de Economia e Finanças Empresariais

Contato: gec@fiemg.com.br

Telefone: 3263-4387

Gerência de Meio Ambiente

Contato: meioambiente@fiemg.com.br

Telefone: 3263-4509

Gerência de Energia

Contato: assessoriaadeenergia@fiemg.com.br

Telefone: 3263-7749

REALIZAÇÃO

Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG

PRESIDENTE

Flávio Roscoe Nogueira

SUPERINTENDENTE DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA

Érika Morreale Diniz

RESPONSABILIDADE TÉCNICA

GERENTE/ECONOMISTA-CHEFE

João Gabriel Pio

ANALISTAS DE ESTUDOS ECONÔMICOS

Aguinaldo de Lima Assunção

Daniela Araujo Costa Melo Muniz

Juliana Moreira Gagliardi

GERENTE DE MEIO AMBIENTE

Thiago Rodrigues Cavalcanti

ANALISTA DE MEIO AMBIENTE

Priscila Gonçalves Couto Sette Moreira

GERENTE DE ENERGIA

Tânia Mara Aparecida Costa dos Santos

CONSULTOR DE ENERGIA

Sérgio Luis Martins Pataca

CONSELHO DE POLÍTICA ECONÔMICA

Pedro Prates