

HIDRELÉTRICAS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Realizado por

Gerência de Economia e Finanças Empresariais

Apoio técnico

Gerência de Energia

Conselho de Política Econômica - FIEMG

Abril de 2024

Sumário

PARTE I – A matriz energética do Brasil e os impactos econômicos e sociais do custo de energia

1. A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

2. IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA REDUÇÃO DOS CUSTOS COM ENERGIA

PARTE II - Caminhos para o desenvolvimento sustentável regional

1. A IMPORTÂNCIA DAS HIDRELÉTRICAS PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

1.1 ESTUDO DE CASO: HIDRELÉTRICA DE FUNIL

2. A IMPORTÂNCIA DAS HIDRELÉTRICAS PARA XXX



PARTE I

A MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL E OS IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DO CUSTO DE ENERGIA



1. A matriz energética brasileira

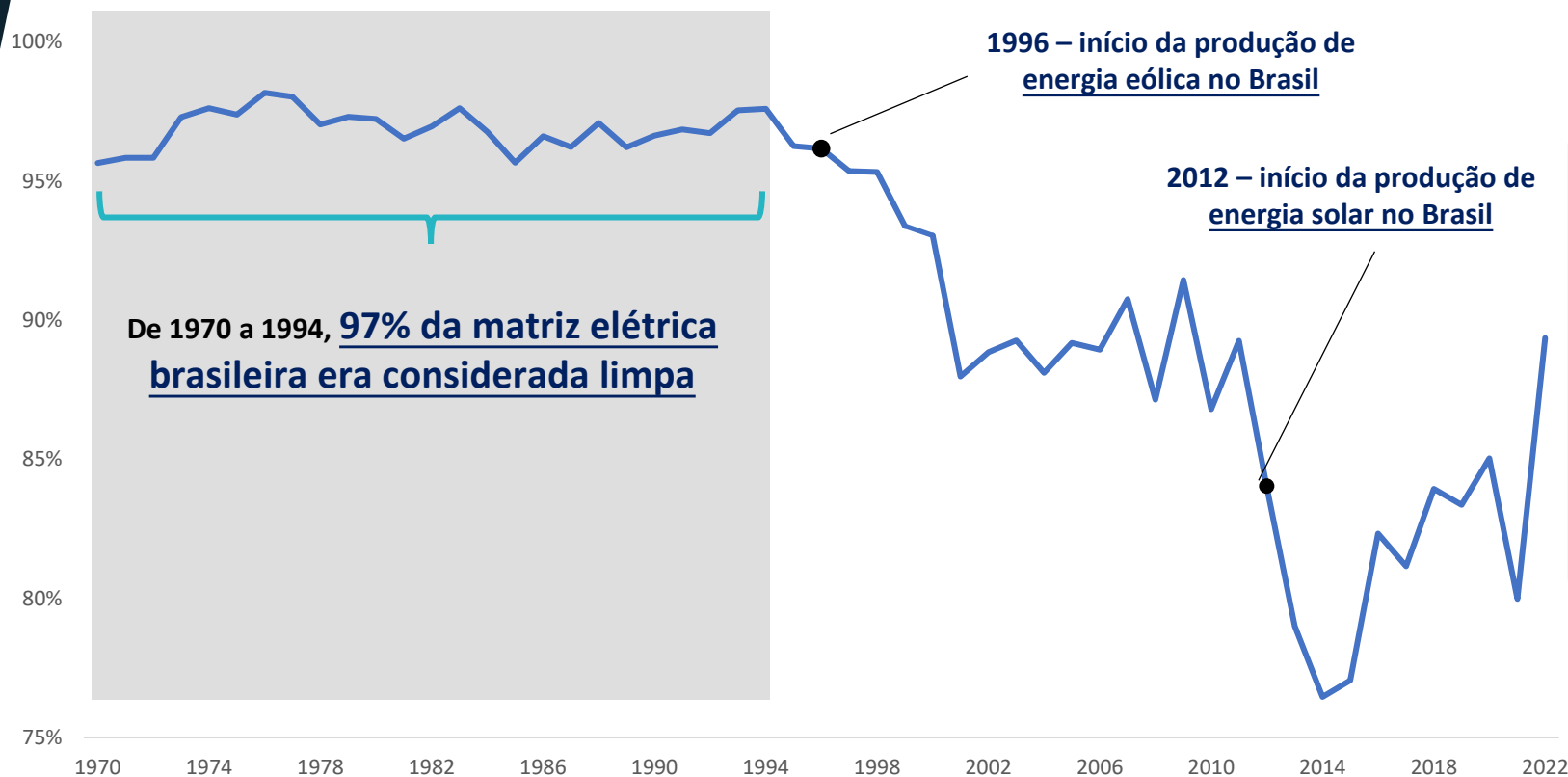


A matriz energética brasileira

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



Percentual de Energia Limpa na Matriz Energética Brasileira



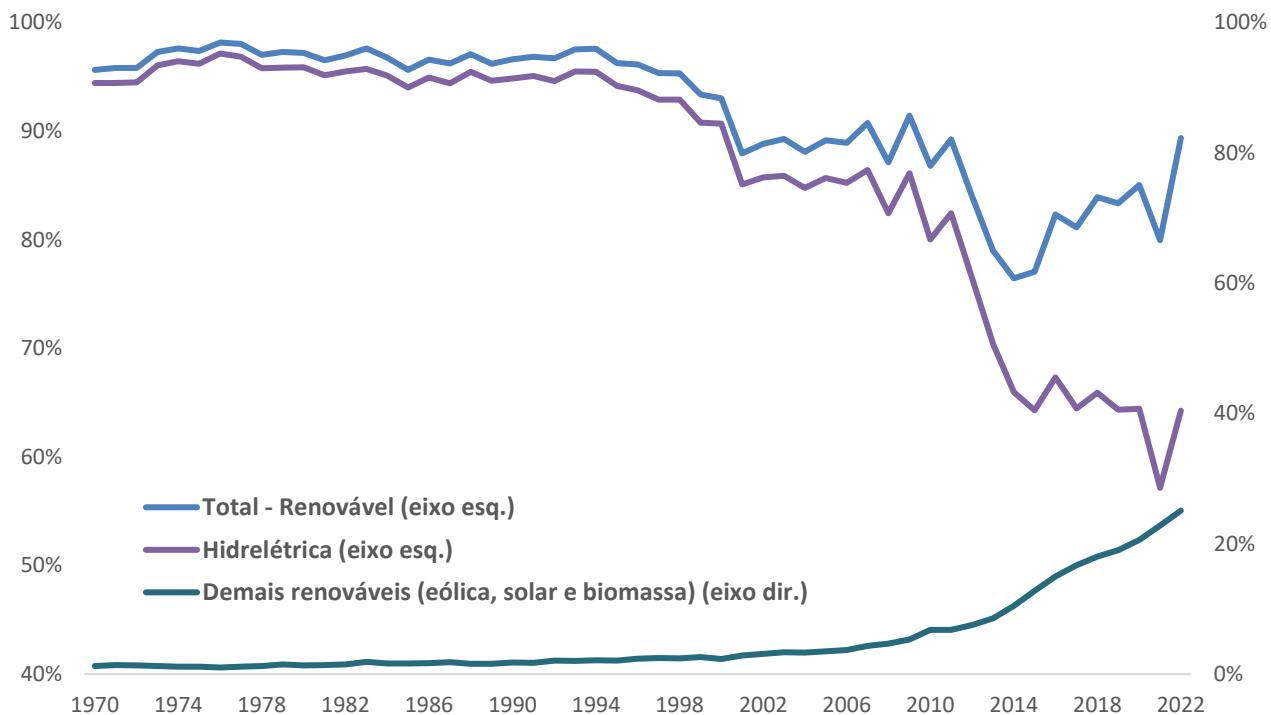
Por que diminuiu a participação de energia limpa?



Fonte: Balanço Energético Nacional – EPE.

A matriz energética brasileira

Energia Limpa – % por tipo de fonte



Fonte: Balanço Energético Nacional – EPE.



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%**.

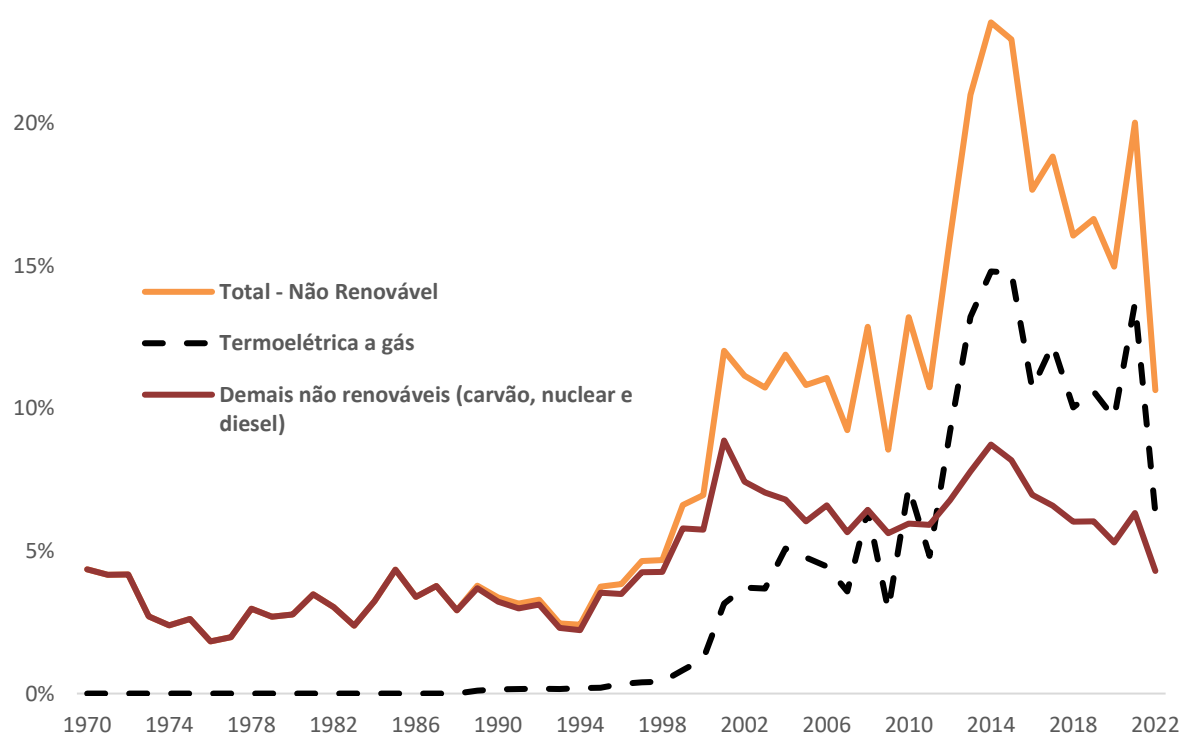


Queda expressiva no percentual de utilização das **hidrelétricas**: de **96%** para **64%** no período.



A matriz energética brasileira

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



Fonte: Balanço Energético Nacional – EPE.



O que explica a expansão da produção das termelétricas?



Houve um aumento da produção de energia não renovável.

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

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

A intermitência: um desafio ao sistema elétrico nacional

Intermitência: quando a produção enfrenta redução na capacidade de geração de energia e é afetada por oscilações de tensão e frequência ao longo do dia.



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

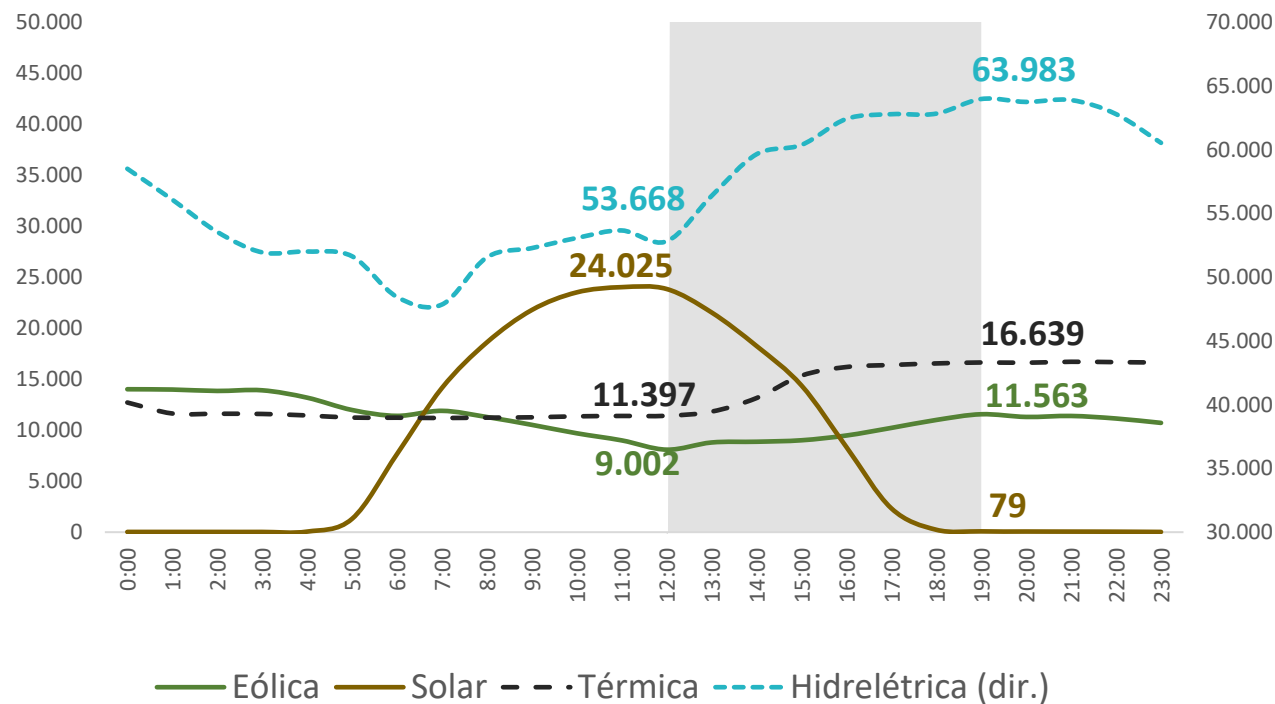


Ao meio-dia, a energia solar chega a participar com **25%** da geração de energia.



Energias de base: para atender às oscilações das fontes intermitentes, as **fontes hídricas e térmicas complementam o sistema e aumentam a produção de energia.**

Geração de energia (Mwmed) por hora*



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

*Dia 17 de novembro de 2023.

As energias de base: hidrelétricas e termelétricas

Nos últimos anos, o país não tem dado a devida importância às hidrelétricas como uma fonte vital para sustentar o crescimento das fontes intermitentes, **resultando no aumento da utilização das termelétricas.**

Crescimento na geração de energia elétrica por fonte – 2006 a 2022



131%

Termelétricas



22%

Hidrelétricas



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



As hidrelétricas e sua importância econômica e social

Além dos danos ambientais, **as termelétricas provocam prejuízos econômicos** quando comparadas às hidrelétricas.

Custo médio para produção de energia em 2021

Fonte	LCOE* médio (R\$/Mwh)
Hidrelétrica	193
Não Renováveis (NR)	
Gás Natural	419
Carvão	373
Nuclear	375
Diesel	600
Média Não Renováveis	442

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

O preço médio da energia fornecida pelas hidrelétricas é menor

R\$ 193 < R\$ 442

56% mais barata

Custos

↑ **Termelétrica** ↓ **Hidrelétrica**

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

*Levelized Cost of Energy.

As hidrelétricas e sua importância econômica e social

Custo por fonte de energia em 2021

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



	Fonte	Custo por fonte (R\$)	Custo hipotético - se fosse atendido por hidrelétrica (R\$)	Variação %
Renováveis	Eólica	9.324.890.758	9.324.890.758	-
	Solar	2.496.089.850	2.496.089.850	-
	Hidráulica	70.023.961.061	70.023.961.061	-
	Biomassa	13.763.885.250	13.763.885.250	-
Não Renováveis	Gás Natural	36.435.094.927	16.782.752.556	-53,9%
	Carvão	6.559.233.484	3.393.919.738	-48,3%
	Nuclear	5.514.220.349	2.837.985.406	-48,5%
	Diesel	4.723.983.424	1.519.548.001	-67,8%
Total		148.841.359.104	120.143.032.622	-19,3%

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

Essa possível troca no fornecimento de energia implicaria em uma queda no custo total com energia* de **19,3%**.

Economia de R\$ 28,7 bilhões.

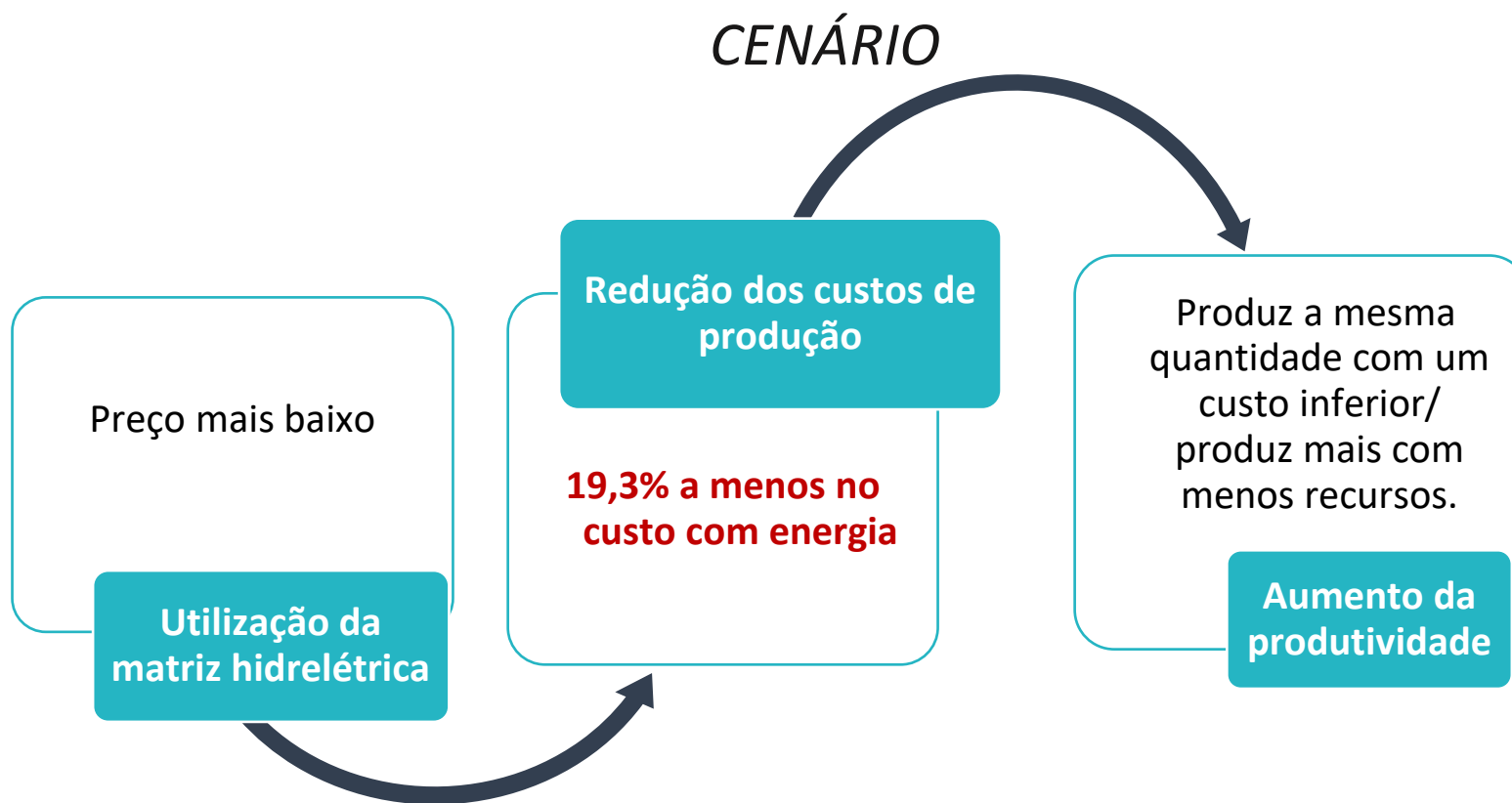
*Considerando o custos com energias renováveis e não renováveis.

*2. Impactos econômicos e
sociais da redução dos custos
com energia*

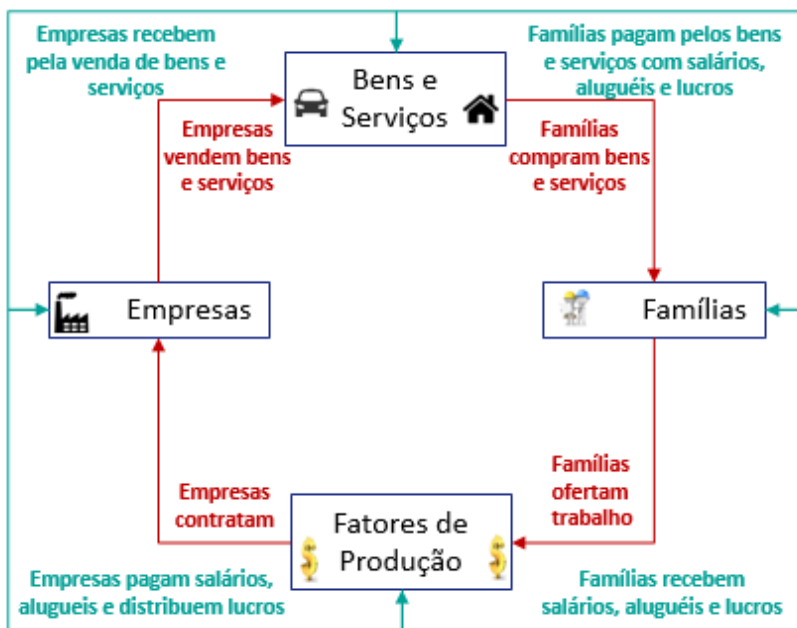


Impactos econômicos e sociais da redução dos custos – hipótese e cenário

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

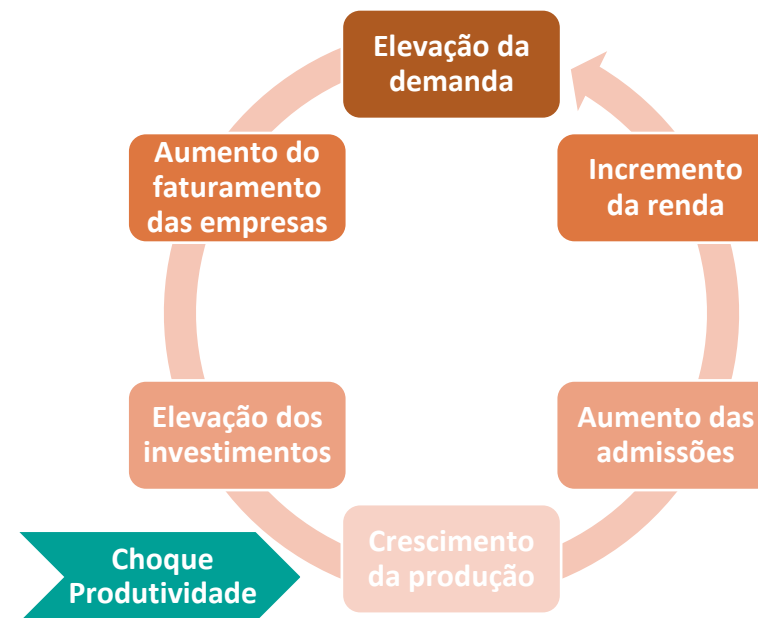


Modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC)



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 **0,9%**.

Conclusões

A ampliação do uso de energias renováveis – eólica e solar – torna necessária a utilização de energias complementares.

Para além dos malefícios ambientais, o uso da matriz termelétrica em detrimento da matriz hidrelétrica eleva os custos de produção de energia.

Substituir o uso das termelétricas pelo uso das hidrelétricas reduz em 19,3% os custos totais com energia.

A redução dos custos gera impactos econômicos significativos:

- ✓ Crescimento do PIB em 0,9% (R\$ 305 bilhões);
- ✓ Ampliação da competitividade;
- ✓ Aumento do emprego e da renda.



PARTE II

CAMINHOS PARA O DESENVOLVIMENTO REGIONAL

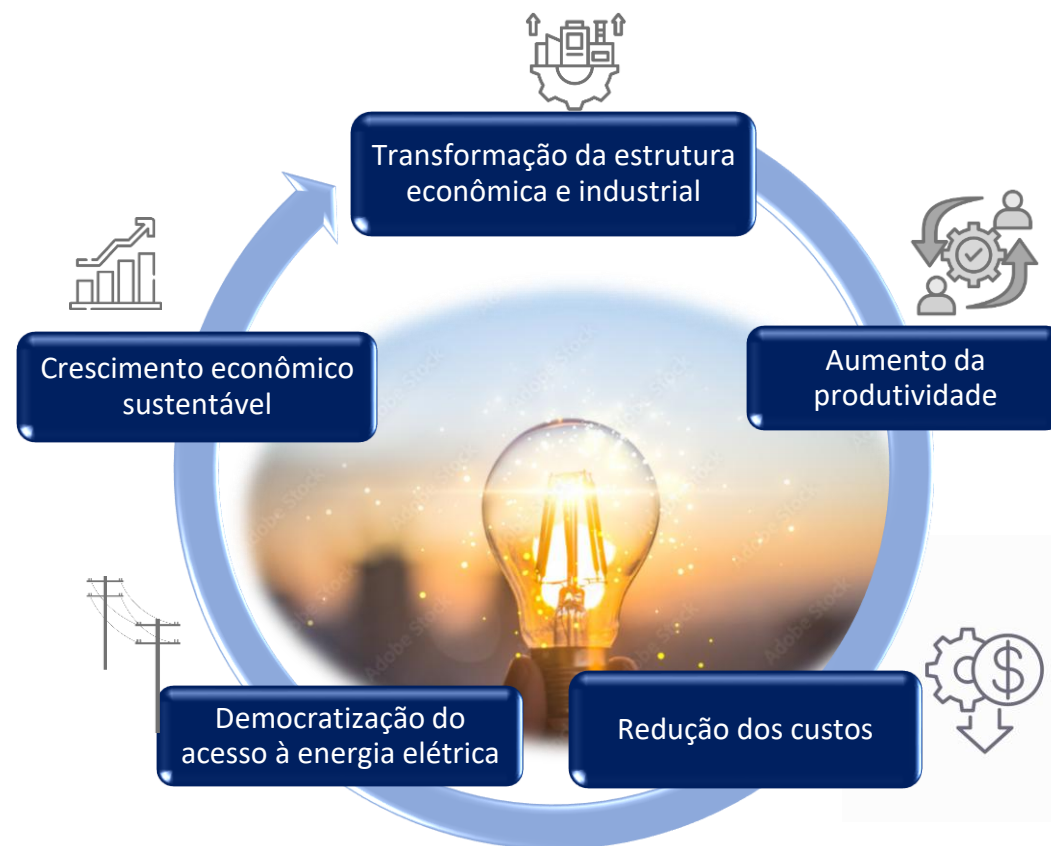


*1. A importância das hidrelétricas
para o desenvolvimento
econômico e social*



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 contribuir para o desenvolvimento social e econômico nas regiões em que estão inseridas?

Hidrelétricas e a importância para o Desenvolvimento Econômico Local – Evidências Internacionais

Estudo apontaram 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 ao longo do ano

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.

Hidrelétricas e a importância para o Desenvolvimento Econômico Local – Evidências Internacionais

Noruega



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

“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)

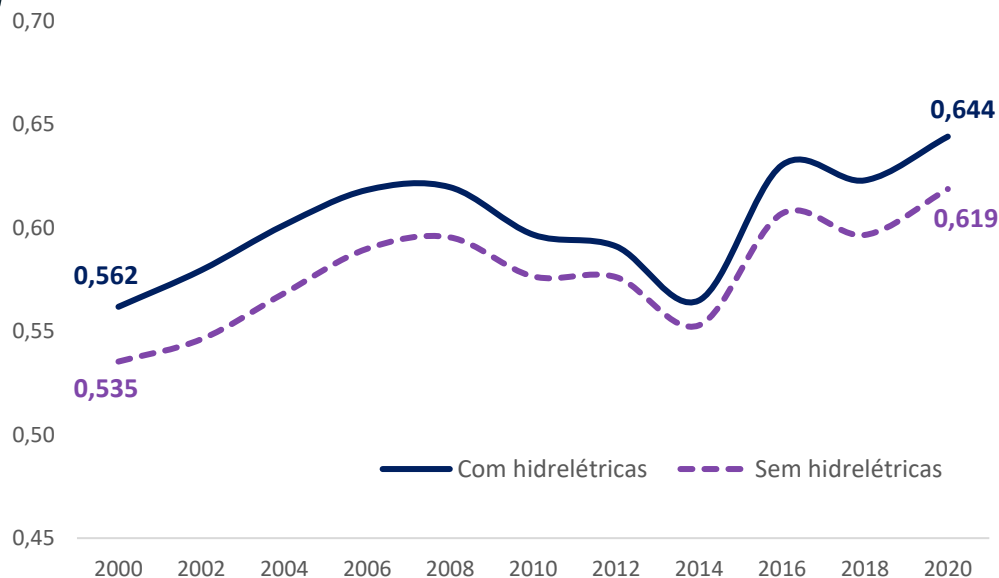
Fortalecimento industrial

Geração de riquezas e oportunidades

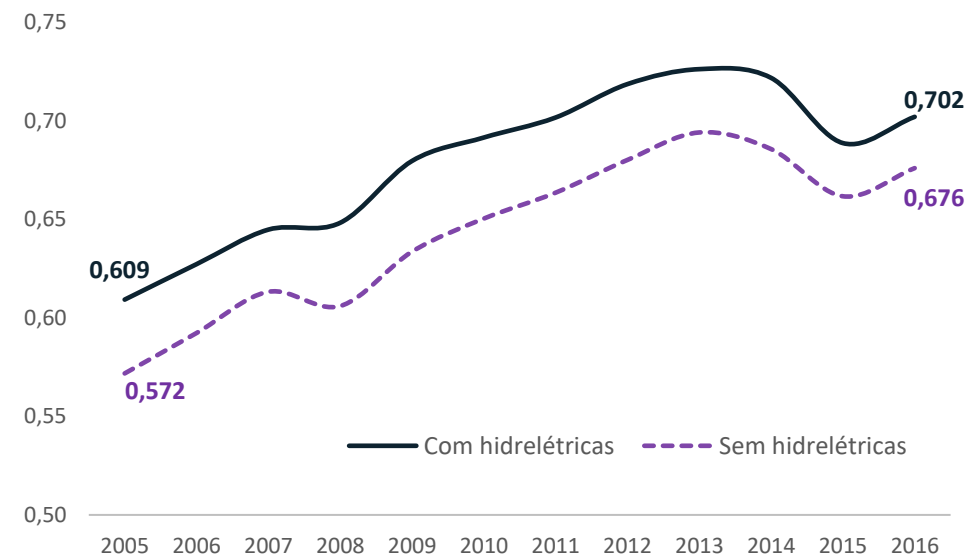
As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local

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.



Benefícios das hidrelétricas para o desenvolvimento socioeconômico

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 brasileira



Geração de empregos



Responsabilidade ambiental



As usinas hidrelétricas contribuem para o 7º **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável** (ODS) da ONU – o fornecimento de energia limpa e acessível.

*1.1 Estudo de caso:
Hidrelétrica de Funil*



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.



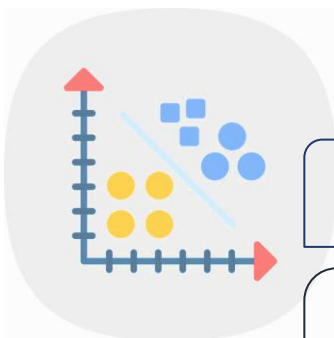
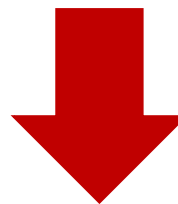
Área alagada:
40,49 km²

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?



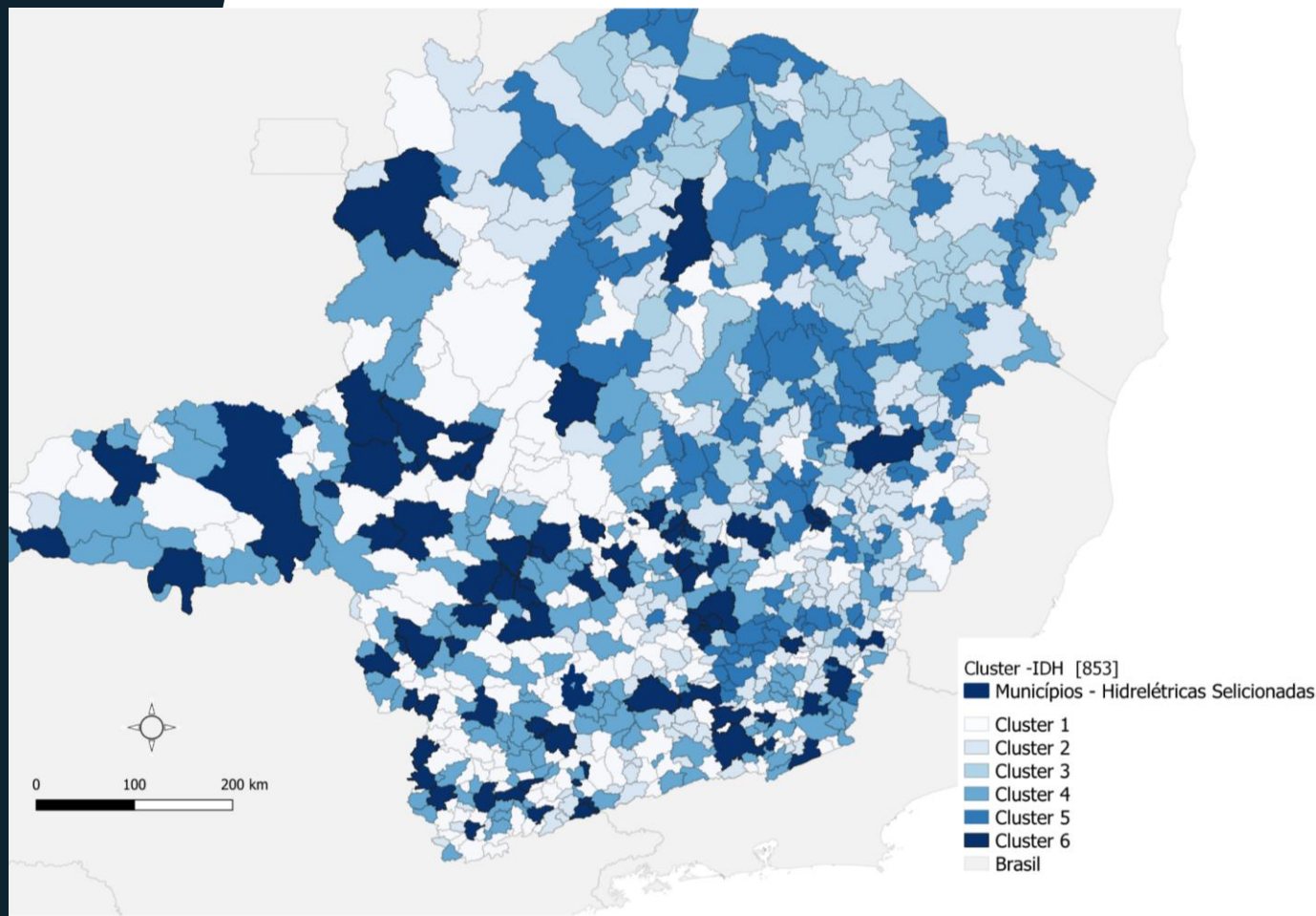
I - **Análise de Cluster:** identificar municípios similares.

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.

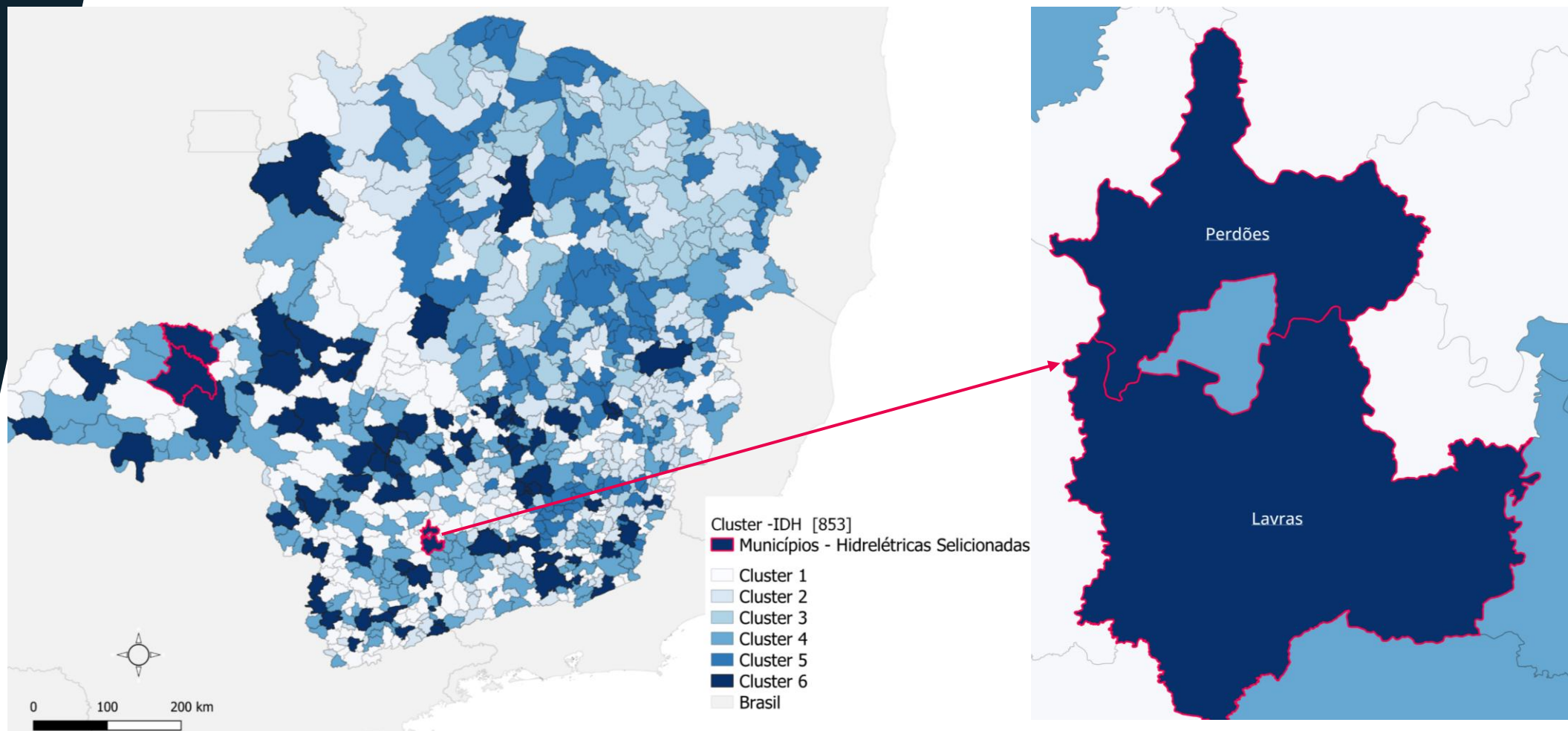
A característica utilizada foi o **Índice de Desenvolvimento Humano** antes do período das instalações das hidrelétricas.

A partir do IDH foram selecionados seis agrupamentos de municípios.

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

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

*Identificação dos clusters em Minas Gerais**



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

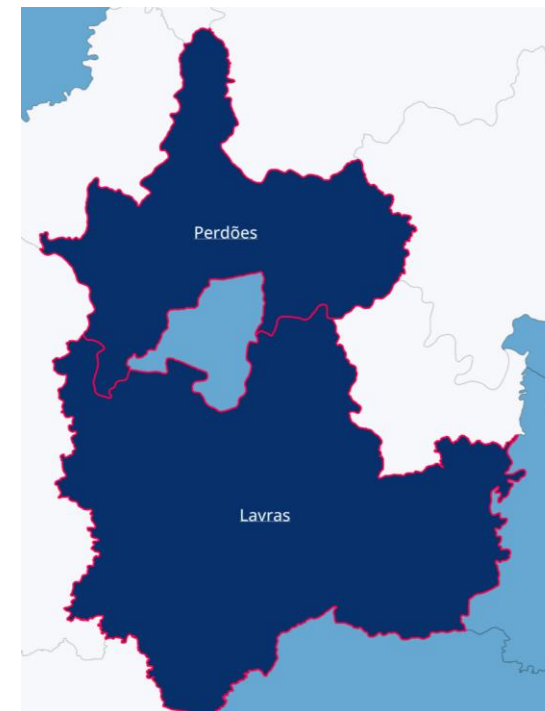
*Identificação dos clusters em Minas Gerais**

Com a identificação dos agrupamentos, foram selecionados **municípios que tiveram empreendimentos hidrelétricos de 2000 a 2006**, destacando-se dois municípios para o estudo de caso:

Lavras

Perdões

Hidrelétrica de Funil

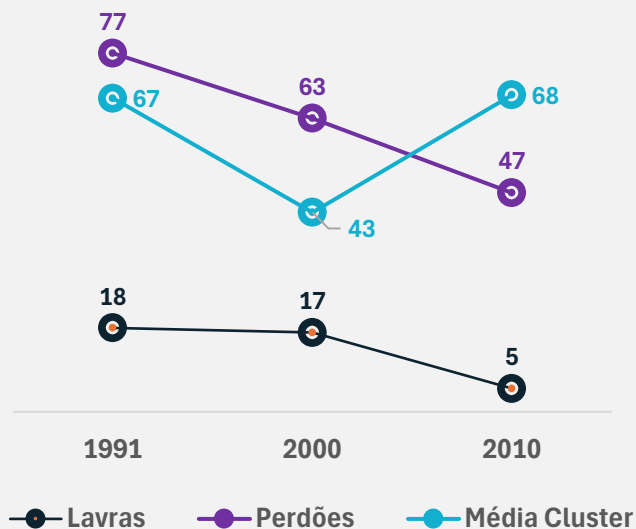


No estudo de caso, os municípios selecionados foram comparados com a média do cluster ao qual pertencem. Essa média foi calculada excluindo os municípios que possuíam hidrelétricas e aqueles que representavam *outliers*.

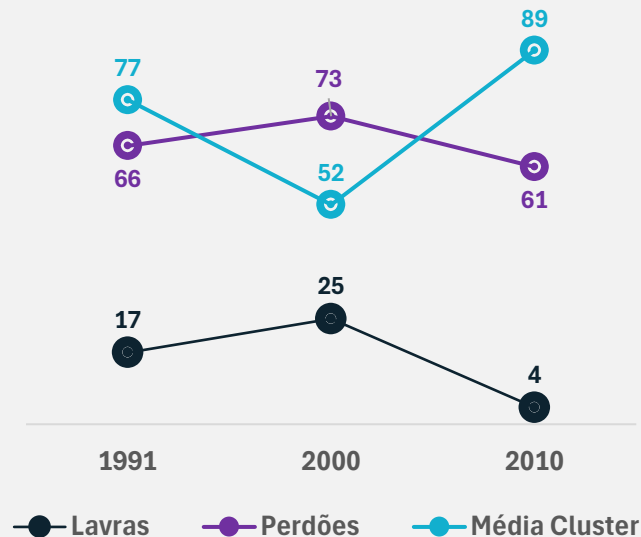
As usinas hidrelétricas e sua importância para o desenvolvimento econômico e social local

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

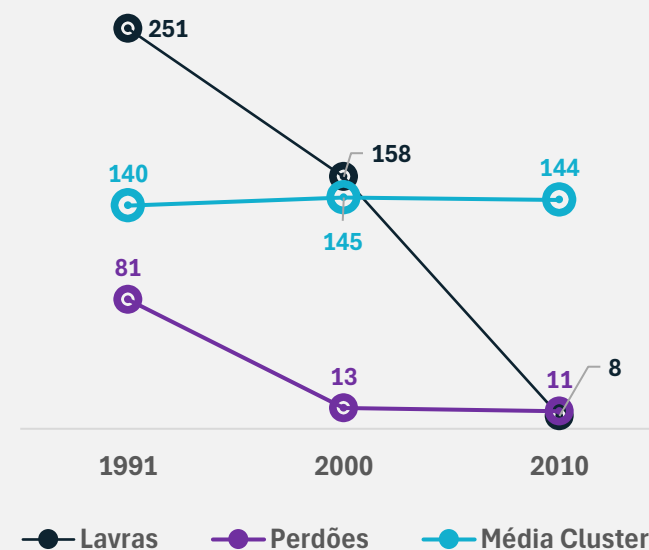
Rank – IDH



Rank – IDH Educação



Rank – IDH Longevidade



Desempenho
2000 - 2010

LAVRAS

↑ 12 posições

PERDÕES

↑ 16 posições

MÉDIA CLUSTER

↓ 25 posições

Desempenho
2000 - 2010

LAVRAS

↑ 21 posições

PERDÕES

↑ 12 posições

MÉDIA CLUSTER

↓ 37 posições

Desempenho
2000 - 2010

LAVRAS

↑ 150 posições

PERDÕES

↑ 2 posições

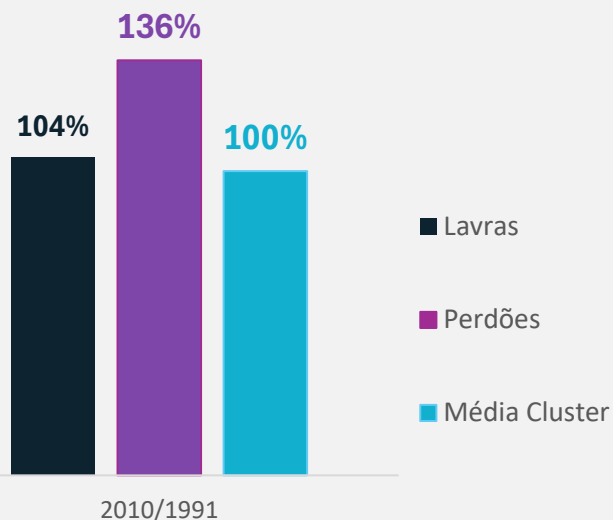
MÉDIA CLUSTER

↑ 1 posição

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

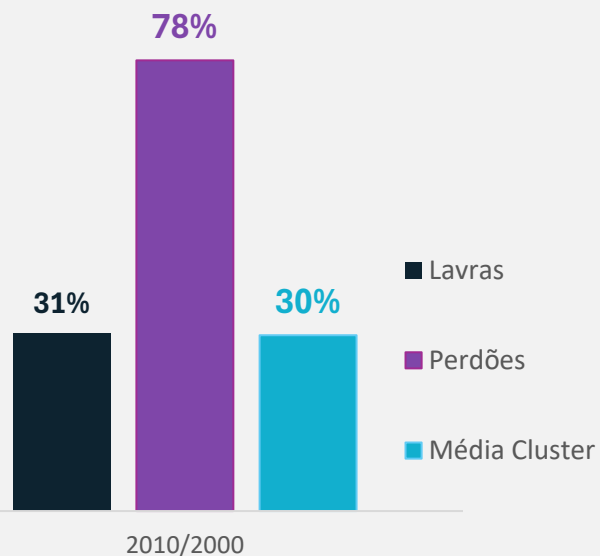
Estudo de caso - Hidrelétrica de Funil (municípios de Lavras e Perdões)

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.

2. A Importância das hidrelétricas para xxx



Conclusões

Municípios mineiros que possuem hidrelétricas se desenvolveram mais do que os que não possuem.

A Hidrelétrica de Funil auxiliou significativamente no desenvolvimento dos municípios de Lavras e Perdões.

Houve melhorias no desenvolvimento humano de Lavras e Perdões, principalmente em educação e longevidade.

Por meio da variação do PIB, constata-se que o desempenho econômico de Lavras e Perdões foi superior aos dos municípios similares.

As hidrelétricas representam uma força motriz para o desenvolvimento socioeconômico local.



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 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 de 2021 da EPE. Contudo, 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/>

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-termoeletricas-explica-por-que-a-conta-de-luz-subiu-tanto.ghml>

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

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/OE-MDC/ADVEC/WEOWORLD>.

Governo da Noruega. The History of Norwegian Hydropower in 5 minutes. Disponível em:
<https://www.regjeringen.no/en/topics/energy/renewable-energy/the-history-of-norwegian-hydropower-in-5-minutes/id2346106/>

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

REALIZAÇÃO

Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG

PRESIDENTE

Flávio Roscoe Nogueira

SUPERINTENDENTE DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA

Érika Morreale Diniz

RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Gerência de Economia e Finanças Empresariais

GERENTE/ECONOMISTA-CHEFE

João Gabriel Pio

ANALISTAS

Amanda Fernandez de Moraes

Juliana Moreira Gagliardi

Marcos Paulo Cardozo dos Santos Marçal

Walter Horta Motta Filho

APOIO TÉCNICO

Gerência de Energia

GERENTE

Tânia Mara Aparecida Costa dos Santos

CONSULTOR

Sérgio Luis Martins Pataca

CONSELHO DE POLÍTICA ECONÔMICA

Pedro Prates