

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS – CCSH  
CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Matheus Saraiva dos Santos

**O CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA E A PRODUÇÃO INDUSTRIAL NOS  
ESTADOS BRASILEIROS (2003-2019)**

Santa Maria, RS  
2023

Matheus Saraiva dos Santos

**O CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA E A PRODUÇÃO INDUSTRIAL NOS  
ESTADOS BRASILEIROS (2003-2019)**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Ciências Econômicas**.

Orientador: Prof. Dr. Reisoli Bender Filho

Santa Maria, RS

2023

**Matheus Saraiva dos Santos**

**O CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA E A PRODUÇÃO INDUSTRIAL NOS  
ESTADOS BRASILEIROS (2003-2019)**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Ciências Econômicas**.

Aprovada em 20 de dezembro de 2023.

---

**Reisoli Bender Filho, Dr. (UFSM)**  
**(Presidente/Orientador)**

---

**Dieison Lenon Casagrande, Dr. (UFSM)**

---

**Paulo Ricardo Feistel, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, RS

2023

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais André e Linda pelo apoio e sustento durante esses anos acadêmicos que vivi, também sou grato à minha amável namorada Julya por ter me ajudado a vencer com alegria e muito amor este período difícil.

Também não posso deixar de agradecer ao meu orientador e professor Reisoli que me auxiliou, me deu a oportunidade de trabalhar como bolsista conjuntamente com meu amigo Gean já formado, para o qual sou grato também.

Além disso, não posso deixar de agradecer por fim, ao pai divino, seus anjos e minha amada e falecida avó Marlene que quando viveu me apoiou e tinha o sonho de me ver formado.

## RESUMO

### O CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA E A PRODUÇÃO INDUSTRIAL NOS ESTADOS BRASILEIROS

AUTOR: Matheus Saraiva dos Santos

ORIENTADOR: Prof. Dr. Reisoli Bender Filho

O custo da energia elétrica é significativo para as indústrias, pois seu uso intensivo como insumo produtivo no uso do capital, torna indispensável a contabilização da energia nos custos, cuja oferta é distinta tanto em termos de custos produtivos como em tributação, entre os estados brasileiros. Condição essa que subsidiou o objetivo de analisar o impacto do custo da energia elétrica sobre a produção industrial dos estados, no período de 2003 a 2019. Metodologicamente, foi aplicado um modelo de dados em painel com efeitos fixos. Os resultados indicaram que as tarifas impõem custos para a produção industrial, cada aumento percentual de 1% gera uma queda média de 0,10%. Ademais, verificou-se a existência de um efeito multiplicador para o tamanho de mercado, onde o crescimento populacional em 1% multiplica o produto industrial em 1,02%. Por fim, também foi evidenciado que a aglomeração espacial é significativa, sendo que o acréscimo no número de indústrias retorna uma produção adicional de 0,19%.

**Palavras-chave:** Dados em painel, energia elétrica, aglomeração espacial, efeito multiplicador.

## ABSTRACT

### THE COST OF ELECTRIC POWER AND INDUSTRIAL PRODUCTION IN THE BRAZILIAN STATES

AUTHOR: Matheus Saraiva dos Santos  
ADVISOR: Prof. Dr. Reisoli Bender Filho

The cost of electrical energy is significant for industries, as its intensive use as a productive input in the use of capital, makes it essential to account for energy in costs, the supply of which is different both in terms of production costs and taxation, between Brazilian states. This condition supported the objective of analyzing the impact of the cost of electricity on the industrial production of the states, from 2003 to 2019. Methodologically, a panel data model with fixed effects was applied. The results indicated that tariffs impose costs on industrial production, with each percentage increase of 1% generating an average drop of 0.10%. Furthermore, the existence of a multiplier effect for market size was verified, where population growth of 1% multiplies industrial product by 1.02%. Finally, it was also shown that spatial agglomeration is significant, with the increase in the number of industries returning an additional production of 0.19%.

**Keywords:** Panel data, electric power, spatial agglomeration, multiplier effect.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 ABORDAGENS SOBRE A RELAÇÃO ENTRE POLÍTICA FISCAL, ATIVIDADE ECONÔMICA E TARIFAS: BREVE REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
2.1 POLÍTICA FISCAL NO BRASIL .....	10
2.2 ATIVIDADE ECONÔMICA E POLÍTICAS FISCAIS .....	10
<b>3 ESTRUTURA DE OFERTA, DIFERENCIAIS NO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS .....</b>	<b>12</b>
3.1 A ESTRUTURA DE OFERTA E CUSTOS DA ENERGIA NOS ESTADOS BRASILEIROS.....	12
3.2 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS SOBRE O CUSTO DA ENERGIA .....	18
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
4.1 CONSTRUÇÃO DOS DADOS E VARIÁVEIS.....	20
4.2 MODELO ANALÍTICO.....	22
4.3 FONTES DOS DADOS.....	25
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>27</b>
5.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS .....	27
5.2 TESTES ESTATÍSTICOS DE DIAGNÓSTICO .....	30
5.3 DETERMINANTES DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL: ANÁLISE ECONÔMICA....	31
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia é um insumo central para a produção industrial, pois é a fonte que alimenta a transformação das matérias-primas consumidas no processo produtivo das indústrias em bens industriais. Isto porque essa transformação está associada com o uso intensivo do capital, no qual este por constituir-se de muitos componentes eletrônicos em sua composição, se torna dependente da energia elétrica para seu funcionamento. Então há evidentemente como consequência, um repasse dos aumentos do custo elétrico para os bens industriais, alterando a oferta final de bens industriais. Quando essa relação é analisada sob a ótica regional, o impacto pode ser amplificado, prejudicando o desenvolvimento industrial dos estados, visto as diferenças dotacionais em recursos energéticos, em infraestrutura geracional de energia, bem como vantagens comparativas referentes à estrutura produtiva.

Ao passo que conforme abordado, a relação entre a produção econômica e o uso da energia tem permeado o debate científico ou econômico, conforme debatido por Chang e Lee (2007), De Gadelha e Cerqueira (2014), tanto a investigação acerca da relação direta entre o custo energético e a produção industrial nos estados, como a análise dessa distribuição desse custo, ainda é escassa. O relatório elaborado pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) é uma dessas análises escassas sobre o assunto, discutindo extensivamente a questão, embora a nível apenas regional ou federal, mas não estadual, demonstrando o quanto a produção industrial no período em que configurou a crise hídrica, entre 2020 e 2021, reagiu negativamente aos aumentos no custo da energia elétrica.

Diante da literatura escassa e o desafio imposto à produção econômica em vista dos aumentos decorrentes no custo da energia, surge a problemática e os objetivos desta monografia. A problemática a ser investigada é o impacto na produção industrial estadual conforme os diferentes custos da energia defrontados em cada estado. Nesta linha, o objetivo geral é investigar a relação entre o produto industrial e o custo pelo consumo energético nos estados brasileiros, no período entre 2003 e 2019.

Partindo das informações expostas, derivam-se as justificativas, a própria escassez na literatura econômica à despeito do assunto, surgindo a oportunidade de contribuir com esta monografia, e as implicações para a política energética dos estados ao considerar que os aumentos no custo da energia podem afetar o comportamento industrial.

Estruturalmente, o trabalho está organizado em outros cinco capítulos além dessa introdução. No segundo é feita uma revisão literária sobre a ligação entre a política fiscal e o



custo da energia elétrica. No terceiro é realizada revisão empírica e uma contextualização sobre a oferta e o custo da energia elétrica nos estados brasileiros. No quarto apresenta-se a metodologia de dados em painel. E no quinto e no sexto, são analisados os resultados, além de delineadas as principais conclusões.

## **2 ABORDAGENS SOBRE A RELAÇÃO ENTRE POLÍTICA FISCAL, ATIVIDADE ECONÔMICA E TARIFAS: BREVE REVISÃO DE LITERATURA**

Este capítulo aborda os principais insights teóricos fornecidos pela literatura sobre políticas fiscais, enfatizando a estrutura da política fiscal (seção 2.1), e a relação com a atividade econômica e industrial (seção 2.2).

### **2.1 POLÍTICA FISCAL NO BRASIL**

A política fiscal é a decisão econômica tomada pelo Estado, cujo objetivo está em modificar o nível dos gastos públicos ou a carga tributária, objetivando equilibrar as finanças públicas. No contexto brasileiro, muitas das decisões sobre o nível de gastos ou impostos está descentralizada, conferindo-as aos estados, o que introduz uma camada adicional de complexidade à política tributária (MUSGRAVE, 1959). Isto porque o sistema federativo do Brasil, forjado na Constituição de 1988, estabelece um modelo de autonomia fiscal aos estados, concedendo-lhes a prerrogativa de moldar suas políticas tributárias conforme suas realidades locais (OATES, 1972).

Essa atribuição concedida aos estados, da capacidade de instituir impostos estaduais, como o ICMS e o IPVA, traduz-se em uma diversidade de alíquotas que reflete as distintas realidades regionais. Estados industrializados podem adotar alíquotas estratégicas de ICMS para promover a produção local, enquanto estados agrícolas podem buscar incentivos fiscais alinhados ao setor primário. A variação nessas abordagens destaca a necessidade de considerar não apenas as características econômicas, mas também as demandas sociais e as estratégias de desenvolvimento regional (GIAMBIAGI et al., 2009).

### **2.2 ATIVIDADE ECONÔMICA E POLÍTICAS FISCAIS**

Entretanto, as mudanças no rumo da política fiscal, alterando os tributos e gastos públicos, pode alterar o nível de demanda agregada, o investimento e, por conseguinte, a produção industrial (BARRO, 1997).

Outrossim, a competitividade entre os estados também é frequentemente impulsionada por políticas de renúncia fiscal, destinadas a atrair investimentos e estimular o crescimento econômico, porém suscitando preocupações sobre questões como equidade ou sustentabilidade

no longo prazo. A necessidade de uma abordagem mais coordenada e padronizada para essas estratégias se torna evidente para evitar distorções na arrecadação e assegurar uma distribuição mais equitativa dos recursos (BALESTRIN, 2015).

Ademais, a política fiscal também pode ser empregada como ferramenta para promover o uso de fontes de energia renovável. Incentivos fiscais, como créditos tributários para investimentos em tecnologias verdes, podem moldar a matriz energética de um país e, por conseguinte, influenciar as tarifas. A literatura destaca a importância de estratégias fiscais que não apenas equilibrem as receitas governamentais, mas também incentivem práticas sustentáveis na produção de energia (BOVENBERG, 2008).

Então é possível concluir que a concessão de incentivos fiscais pelos estados pode influenciar diretamente a formação das tarifas de energia. Contudo, quando bem direcionados, esses incentivos têm o potencial de promover a eficiência energética e a utilização de fontes renováveis na matriz energética estadual. Também, há necessidade de avaliações rigorosas, garantindo que tais políticas não apenas reduzam as tarifas, mas também promovam práticas sustentáveis na indústria (PEREIRA et al., 2019).

Caso de estados como o Paraná, onde o investimento em políticas sustentáveis direcionadas ao uso energético, em que as fontes renováveis se tornaram mais econômicas para o setor industrial, os efeitos decorrentes das pressões crescentes exercidas pelos aumentos tarifários foram atenuados (ABRADEE, 2021). Conquanto o Paraná e o estado de São Paulo possuam uma matriz energética mais diversificada, o exemplo contrário, a dependência termoelétrica em muitos estados brasileiros, como o Amapá, amplifica as consequências dos aumentos tarifários (EPE, 2021).

Ainda, a relação entre política fiscal e tarifas de energia também se manifesta através de subsídios diretos ou indiretos. Subsídios governamentais podem ser uma ferramenta para manter tarifas acessíveis, mas a literatura adverte sobre os riscos de distorções no mercado e na eficiência alocativa, onde o desafio logo reside na formulação de políticas que garantam acesso universal à energia sem prejudicar a sustentabilidade financeira dos mercados, principalmente a indústria (IEA, 2019).

### **3 ESTRUTURA DE OFERTA, DIFERENCIAIS NO CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS**

Este capítulo tem por finalidade analisar como está distribuída a oferta de energia e as diferenças tarifárias nos estados, durante o período analisado, ou seja, entre 2003 e 2019 (seção 3.1), ressaltando as evidências empíricas sobre os custos da energia (seção 3.2).

#### **3.1 A ESTRUTURA DE OFERTA E CUSTOS DA ENERGIA NOS ESTADOS BRASILEIROS**

Existem diferentes explicações sobre estrutura industrial local que vão desde aspectos locais até de qualificação do capital humano, passando também pelos estruturais e econômicos. Ainda, neste conjunto, encontra-se os diferenciais de dotação de recursos naturais, como o mineral. Neste sentido, regiões relativamente mais abundantes em recursos energéticos, como petróleo, gás natural, carvão ou fontes renováveis, tendem a ter comprovadamente uma oferta mais expressiva de energia (KRUYT, 2016).

Seguindo essa linha, há a ocorrência de vantagens comparativas inter-regionais, caso de estados como o Pará, que possui vastas reservas minerais, que o destacam na produção mineral, sem comportar um parque industrial estruturado e diversificado, enquanto estados como São Paulo, que abriga uma indústria diversificada e de alta tecnologia, não dispõe de tais condições (ROCHA, 2018).

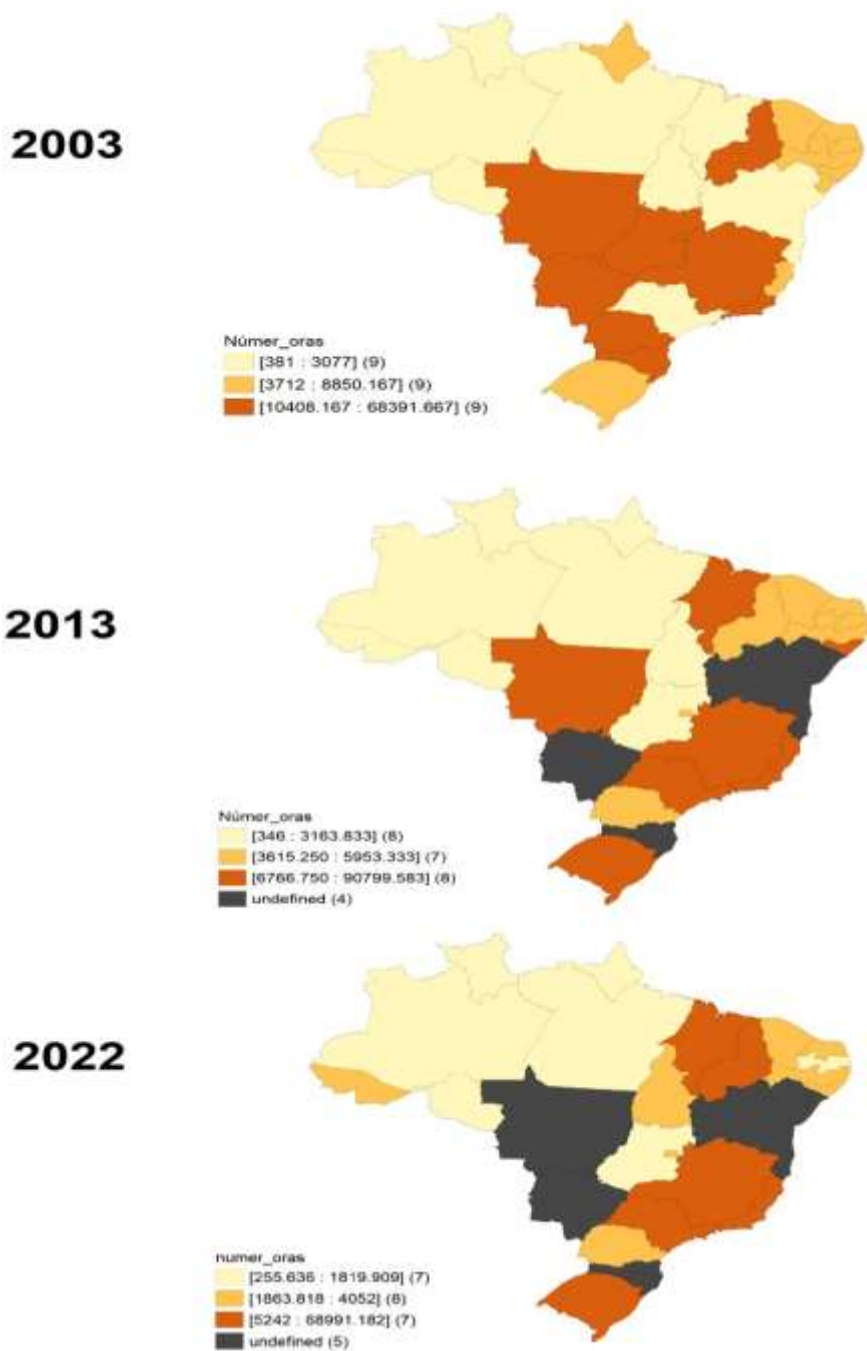
Outras condições, com o a qualidade da infraestrutura, principalmente a de geração energética como também a logística distributiva é também importante para determinar a competitividade das indústrias estaduais. Como destacado por Sovacool (2012), regiões com infraestruturas inadequadas podem resultar em acesso dificultado para a energia. Por sua vez, estados com portos eficientes, como o Rio de Janeiro, têm vantagem para exportar produtos para mercados internacionais, como destacado por Silva (2020). Ainda, cita-se a política fiscal, caso de estados que utilizam de incentivos fiscais mais expressivos, dispõem de maiores investimentos (ALMEIDA, 2017).

Além da produção local, é possível considerar a importação da energia como insumo produtivo. Essa demanda externa pode resultar em uma sazonalidade na geração, decorrente de condições climáticas, como estiagens, ou até a disponibilidade em relação aos recursos naturais são razões que justificam (SILVA; SANTOS, 2019). Outro fator explicando a demanda por

importação da energia seria o surgimento mais frequente de excessos de demanda. Com a expansão industrial, a energia demandada supera a capacidade gerada, pressionando a compra externa (ROCHA, 2018). Esse resultado é confirmado ao analisar os estados que mais demandam o insumo energético, caso dos polos industriais como o Sudoeste e Centro-oeste, além de estados como o Pará e a Bahia, que estão entre os maiores demandantes, em virtude dos maiores custos associados com a expansão industrial (EPE, 2020).

A produção e a distribuição da energia elétrica para as indústrias nas regiões são heterogêneas, cada estado apresenta um dinamismo setorial. As regiões Sudeste, Sul e Centro Oeste possuem o maior número de indústrias consumidoras de energia elétrica, sendo que essa concentração está relacionada ao fato delas serem polos industriais diversificados, conforme observado na Figura 1. A respeito dessa concentração, Santos (2019) argumenta que a disponibilidade de capital humano qualificado e mais acessível se torna um importante determinante para a indústria.

Figura 1- Número de indústrias consumidoras de energia por estado, para os anos de 2003, 2013 e 2022.

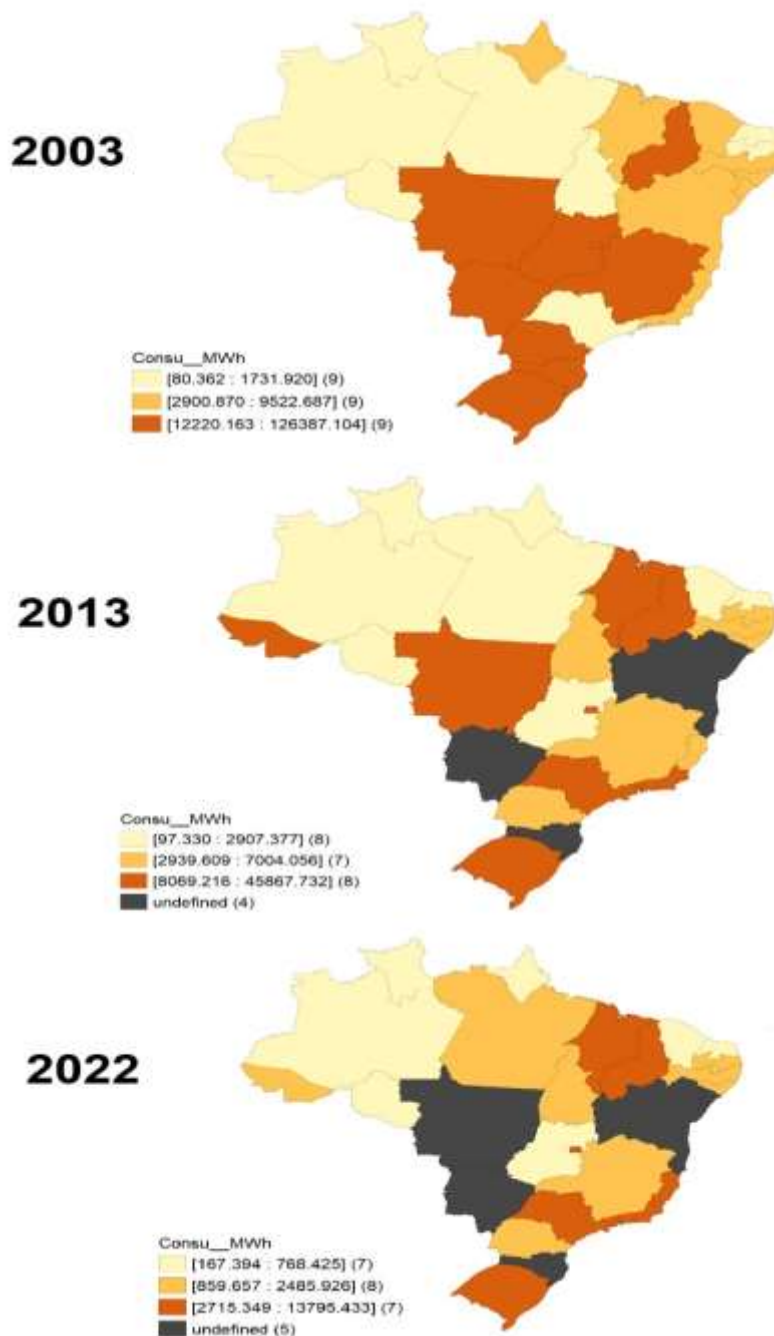


Fonte: ANEEL (2023).

Nos recortes temporais apresentados evidenciam-se reduzidas mudanças entre os estados, demonstrando que há uma estrutura industrial regional consolidada; exceções ocorreram na região Nordeste, caso do estado do Maranhão, e da região Sudeste, no caso de Minas Gerais, em que as indústrias locais cresceram em número.

A recessão pandêmica ao ter interrompida a produção industrial, foi um fator intensificador também para a redução da indústria e queda no consumo com energia como observado na Figura 2. Neste período, somente dois estados, a Paraíba e o Rio Grande do Norte, abriram novas indústrias.

Figura 2 - Consumo mensal de energia elétrica por estado para os anos de 2003, 2013 e 2022, em MWh.



Fonte: ANEEL (2023).

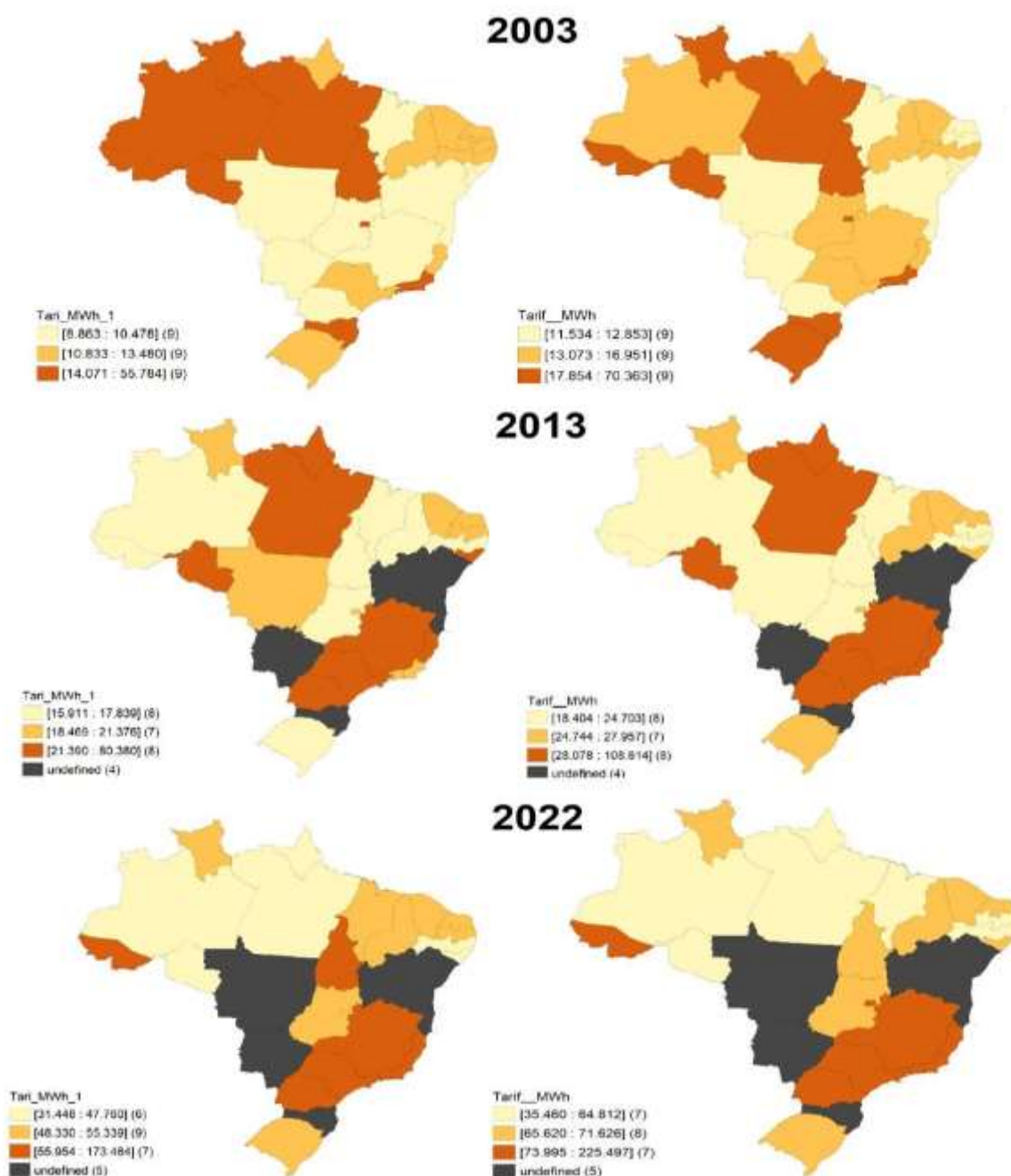
Quanto ao consumo mensal industrial de energia elétrica nos estados, considerando os três recortes, observa-se que ocorreu uma pequena redução no número de estados com maiores níveis de consumo, assim, como o número de estados com baixos níveis se elevou. Nas regiões Sudeste, Sul e Centro Oeste, os estados com maiores níveis mantiveram seu padrão de consumo, enquanto na região Nordeste ocorreu um aumento no número de estados com níveis elevados de consumo. Por sua vez, a região Norte apresenta os menores níveis mensais industriais de consumo de energia elétrica.

Essa realidade descreve o fato de que, em geral, os custos energéticos mantiveram-se elevados ao longo do tempo, característica determinística das desigualdades regionais e industriais, conforme as operações industriais vão se dinamizando e as infraestruturas urbanas desenvolvendo-se (JONES; KAMMEN, 2014). Outros dois fatores podem explicar as diferenças no consumo da energia: a abundância em insumos locais e as temperaturas com variações mais extremas. Regiões com acesso a recursos energéticos locais, como hidrelétricas, gás natural ou energia solar, podem ter uma fonte de energia mais barata e, portanto, consumir mais (BRENNAN, et al., 2017), e, nas indústrias intensivas, os estados em que a temperatura oscila entre os extremos, durante o inverno, pode ser consumida maiores quantidades de energia para o aquecimento, enquanto no verão para o resfriamento (DAVIS; GERTLER, 2015).

Complementando, são analisadas as tarifas de energia elétrica com e sem os impostos (Figura 3). No caso das regiões como a Nordeste e a Norte, a maior dotação mineral facilitou a concentração extrativista, principalmente no estado do Pará, onde a respectiva indústria se concentra e possui maiores custos sobre a energia. Entretanto essa realidade manteve-se apenas até o ano 2022.



Figura 3 - Tarifas estaduais sem (mapas à esquerda) e com (mapas à direita) impostos para os anos de 2003, 2013 e 2022, em R\$ por MWh consumido.



Fonte: ANEEL (2023).

Outrossim, apesar dessas circunstâncias regionais, observa-se, no horizonte temporal de quase duas décadas, a diminuição do consumo energético seguido pelo encolhimento da estrutura industrial, a alta na despesa com impostos e a substituição do consumo interno pelo consumo externo do fator energético pelos grandes polos industriais, principalmente no Centro-

oeste. A única exceção foi a região Norte, onde o consumo da energia cresceu, com destaque para o estado de Roraima.

### 3.2 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS SOBRE O CUSTO DA ENERGIA

A literatura sugere que há evidências preliminares entre o custo da energia e a produção total da economia. Durante a escassez hídrica ocorrida entre 2020 e 2021, a indústria brasileira, sofreu perdas produtivas com os aumentos sobre a tarifa de energia, principalmente em setores intensivos no uso energético, a metalurgia de metais não ferrosos, a fabricação de peças e acessórios para veículos automotores, siderurgia e madeira, pressionando inclusive a demanda por importações de energia em nações vizinhas como a Argentina e o Uruguai. A substituição da procura por energia no mercado interno para a procura no mercado externo, impõe custos às distribuidoras de energia, obrigando-as a repassarem os custos para o consumidor final, que percebendo a menor renda disponível consequente, reduzirá o consumo dos bens industriais no mercado doméstico, gerando uma pressão para redução nos custos operacionais, onde muitos operários são desligados neste processo, consequentemente fazendo decair ainda mais a demanda com a diminuição da renda associada à mão de obra desempregada (CNI, 2021).

As outras evidências sugerem que os custos energéticos certamente afetam a atividade econômica, considerando como a energia é vital para o processo produtivo. Quando choques na oferta são propagados sobre esse processo, como quando as alíquotas são elevadas em virtude de efeitos sazonais da afluência hídrica se manifestarem (alterações no volume pluviométrico), a necessidade de construir reservatórios com grande capacidade acumulativa tornam o sistema de geração elétrica vulnerável a situações em que a escassez energética se torna um problema.

Isto resulta em efeitos adversos, afetando a atividade econômica. Esses efeitos são a queda na renda nacional, racionamento do consumo elétrico e consequentemente queda também no produto industrial (GADELHA; CERQUEIRA, 2014). Queda que pode ser explicada ao analisar o aumento nos custos operacionais em resposta às variações no custo energético, resultando na redução das margens lucrativas, impacto este ainda mais pronunciado quando considerado que existe um ambiente competitivo entre os estados (AUFFHAMMER; WOLFRAM, 2014).

Ambiente competitivo este que está ancorado nos diferentes custos tarifários, tornando os investimentos mais ou menos atrativos conforme os custos, o que também está ligado ao

quão intensivo é o uso da energia feito pelas indústrias em determinada localidade geográfica. Estados com tarifas mais altas, como o Rio de Janeiro, podem enfrentar desafios na atração de indústrias intensivas em energia. Em contrapartida, estados com custos mais baixos, como Santa Catarina, podem se tornar destinos mais atrativos para investimentos industriais, criando assimetrias na distribuição geográfica da produção (FIESC, 2019).

## 4 METODOLOGIA

Este capítulo está dividido em três seções. A primeira abordando as variáveis utilizadas, bem como as referências, as descrições e o impacto esperado sobre a variável objetivo, a produção industrial. Na segunda são detalhados os modelos econométricos para analisar dados em painel, e ainda o modelo ajustado para o problema definido por esta monografia. Quanto a última seção, são abordadas as fontes onde os dados foram coletados, além dos tratamentos feitos sobre as variáveis.

### 4.1 CONSTRUÇÃO DOS DADOS E VARIÁVEIS

Foram selecionadas variáveis com o objetivo de explicar o impacto dos custos com energia elétrica na produção industrial estadual. A partir disso, utilizou-se como variável dependente produção industrial dos estados, o tamanho do mercado usando como *proxy* a quantidade populacional, as tarifas de energia e os tributos pagos pela energia consumida e quantidade de unidades fornecedoras (usada para capturar o efeito da aglomeração espacial) como variáveis explicativas. O detalhamento das variáveis encontra-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Variáveis selecionadas e relação com a produção industrial dos estados

<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>	<b>Definição</b>	<b>Sinal Esperado</b>	<b>Referências</b>
PIB Industrial	Variável dependente que descreve todo o fluxo em milhões de bens e serviços produzidos na indústria em um ano.	$\ln PIB_{it}$		CNI(2021)

População	Utilizada como variável determinante para o tamanho do mercado consumidor local de acordo com a literatura; onde a maior disponibilidade de recursos flexíveis ou móveis, como trabalhadores, entre indústrias, à produção (retornos crescentes de escala) está presente.	<i>Imp o p</i>	Positivo	Rosenthal e Strange (2004) Krugman (2000) Candido (2018)
Tarifa de Energia	Observada a partir das informações contidas nas bases de dados disponibilizadas pela ANEEL acerca dos valores arrecadados e cobrados pelas distribuidoras de energia de cada estado, representa a tarifa média em R\$ por MWh consumido de energia sem os impostos, impactando no ritmo produtivo industrial, logo, em perdas produtivas.	<i>Int a r i f</i>	Negativo	Lee e Chang (2007) Gadelha e Cerqueira (2014) Neto, Corrêa e Perobelli (2016) CNI (2021)
Impostos sobre a energia	É a diferença entre a tarifa de energia sem os impostos e a tarifa de energia com os impostos, obtendo assim apenas os tributos pagos sobre a energia em R\$, como impostos municipais, federais e principalmente estaduais que incidem sobre a conta de energia das indústrias. Somados à tarifa, provocam perdas produtivas.	<i>Ini m p</i>	Negativo	Balestrin(2015) Giambigi et al(2009)
Número de indústrias	Extraído conjuntamente com as tarifas, apresenta a quantidade total de indústrias em cada estado, necessário para capturar o efeito da aglomeração espacial sobre a produção.	<i>Ini n d</i>	Positivo	Marshall e Paley (1879) Hoover (1936) Galarraga (2012)

				Da Silva e Neto (2011)  Candido (2018)
--	--	--	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

No conjunto de variáveis relacionadas à produção industrial dos estados, a variável população foi utilizada, seguindo a proposição de Krugman (2000), Rosenthal e Strange(2004) ou Candido(2018), para capturar os ganhos associados ao tamanho do mercado consumidor e a quantidade de fatores produtivos flexíveis disponíveis para a produção industrial.

Para o custo de energia, que é composto pela tarifa cobrada sobre o uso da energia e os impostos pagos, existem evidências preliminares demonstrando uma relação negativa entre o custo de energia e a produção industrial. Conforme o relatório do Conselho Nacional das Indústria (CNI) já mencionado na revisão de literatura desta pesquisa, os aumentos tarifários geram prejuízos ao setor industrial, especialmente por ser dependente unicamente da geração hidrelétrica de energia. Especialmente sobre os tributos, Balestrin (2015) e Giambiagi et al(2009), enfatizam a importância de analisar as diferenças tributárias que variam entre estados, uma vez que essas diferenças estaduais resultam em desestímulos produtivos, especialmente nos estados onde os tributos são maiores.

E o número de indústrias encontra evidências de que a aglomeração espacial pode ser um fator diferencial para as indústrias, conforme já abordado em estudos realizados na literatura econômica teórica neoclássica como Marshall e Paley(1879) ou mais contemporânea e empírica como em Hoover(1936), Galarraga(2012), Da Silva e Neto (2011), confirmando as preposições teóricas abordadas em Krugman (2000) e a Nova Geografia Econômica, tornando indispensável sua inclusão para análise pretendida por esta pesquisa.

#### 4.2 MODELO ANALÍTICO

Para verificar o efeito do custo da energia elétrica sobre o crescimento industrial dos estados brasileiros foi utilizado um modelo de dados em painel, conforme detalhado em Baltagi (1995), Wooldridge (2003) e Greene (2012). A escolha por essa modelagem se dá pelo fato de o estudo utilizar os estados como unidades de análise e as observações em um horizonte temporal.

Estruturalmente, a modelagem de dados em painel pode apresentar duas especificações: de efeitos fixos e de efeitos aleatórios. Na primeira, é possível controlar as variáveis que são constantes ao longo do período, mas que se diferenciam entre as unidades de estudo. O “efeito fixo” se dá pelo fato de que o intercepto de cada unidade, apesar de diferentes entre si, não variar com o tempo. O modelo de efeitos fixos apresenta a forma funcional em (1).

$$Y'_{it} = \alpha_i + \beta_i X'_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

em tal modelo,  $i$  representa as unidades ou painéis,  $t$  o período analisado;  $\alpha$  os interceptos, representado como um efeito não observável no modelo, sendo esse um termo fixo no decorrer do período e; o termo de erro é representado por  $\varepsilon_{it}$ ;  $X$  representa a matriz contendo todos os valores observados das variáveis independentes para cada painel,  $\beta$  são os coeficientes associados ao efeito causal de cada um sobre a matriz dos valores observados  $Y$  para cada painel. A Equação (1) também pode ser decomposta na forma matricial como em (2).

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_m \end{bmatrix} \beta + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_m \end{bmatrix} \quad (2)$$

E no segundo modelo, presume-se que o intercepto das unidades varia ao longo do período. Para evitar a perda de graus de liberdade, o modelo de análise aleatória expressa as variáveis desconhecidas com o termo de erro. O modelo de efeitos aleatórios é apresentado em (3).

$$Y'_{it} = \beta_i X'_{it} + \mu_{it} \text{ com } \mu_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}. \quad (3)$$

Contudo, a natureza dos painéis pode ser desbalanceada ou balanceada, em que os primeiros consistem em painéis com dados incompletos ou faltantes, enquanto os segundos possuem uma quantidade igual de observações. Considerando que esses painéis desbalanceados apresentam problemáticas relacionadas às lacunas temporais; pois há séries descontinuadas ou dados não registrados (BALTAGI, 1995).

No caso desta pesquisa, é constatado a presença de um painel desbalanceado, uma vez que há séries descontínuas para determinados estados como Santa Catarina, Goiás, Sergipe e Minas Gerais, no que concerne aos dados sobre energia elétrica.

A partir disso, faz-se necessário definir o modelo mais adequado considerando as variáveis utilizadas. Frequentemente utiliza-se o teste de Hausman procurando identificar qual o modelo mais adequado para o ajuste das variáveis explicativas e a variável cujo comportamento se quer explicar, dado que com as variáveis estão associadas características não observadas, podendo permanecer constantes (efeitos fixos) ou variarem com o tempo (efeitos aleatórios). Então o teste procura validar ou rejeitar a  $H_0$  cujo atesta a correlação do erro não observado (efeitos individuais) com as variáveis explicativas, indicando que o modelo de efeitos aleatórios é mais adequado, do contrário é trivial afirmar que o modelo de efeitos fixos se torna mais apropriado.

E para garantir a robustez dos resultados, é preciso avaliar a estrutura dos dados e as pressuposições do modelo, nesse sentido, foi necessário verificar certos pressupostos como a ausência de autocorrelação e homocedástica. Além disso, investigar qual comportamento as variáveis demonstraram no tempo, verificando se estas possuíam médias e variâncias constantes(estacionárias).

Para verificar a estrutura das séries temporais foi aplicado o teste de raiz unitária de Fisher, proposto por Choi (2001), que tem em  $H_0$  a presença de raiz unitária. Como ressaltado por Ribeiro (2018), esse é o teste que melhor se adequa a painéis curtos com dimensão *cross-section* N e temporal T finitos, caso do conjunto de dados utilizados. E para as análises diagnósticas foram aplicados o teste de autocorrelação de Wooldridge, que tem em  $H_0$  a ausência de autocorrelação, e o teste de Wald para heterocedasticidade, que tem em  $H_0$  evidência favorável à homocedasticidade.

Após as descrições teóricas definidas e as variáveis selecionadas para investigar o impacto da energia, estruturou-se o modelo analítico, conforme Equação em (4).

$$PIBind_{it} = \alpha_1 + \beta_2 lnimp_{it} + \beta_3 lntarif_{it} + \beta_4 lnpop_{it} + \beta_5 lnind_{it} + e_{it} \quad (4)$$

com  $i$  representando cada estado e  $t = 2003, \dots, 2019$  o período analisado em anos,  $e$  sendo o termo de erro,  $\alpha$  e  $\beta$  os parâmetros a serem estimados e  $\mu$  o termo de erro. A variável



explicada é o *PIB ind*, enquanto  $\beta_2$  e  $\beta_3$  são os parâmetros definidos para capturar o efeito dos tributos pagos sobre a tarifa e a tarifa de energia sem os tributos, já os demais parâmetros,  $\beta_4$  e  $\beta_5$ , denotam os efeitos exercidos pela aglomeração espacial (número de indústrias) e o tamanho do mercado sobre a produção industrial local (população).

Confirmando a necessidade de ajustes para heterocedasticidade e autocorrelação serial, o modelo estimado por meio método dos quadrados generalizados (MQO) realiza as correções para esses problemas. Supondo que  $\Omega$  seja a matriz variância da perturbação ( $\varepsilon\varepsilon'$ )  $m \times m$ , decomposto em (5), a correção para a heterocedasticidade e autocorrelação serial ocorre por meio da multiplicação inversa com as variáveis independentes, resultando no estimador MQG para efeitos fixos apresentados nas Equações em (5) e (6).

$$\Omega = \begin{bmatrix} \sigma_{1,1}\Omega_{1,1} & \sigma_{1,2}\Omega_{1,2} & \dots & \sigma_{1,m}\Omega_{1,m} \\ \sigma_{2,1}\Omega_{2,1} & \sigma_{2,2}\Omega_{2,2} & & \sigma_{2,m}\Omega_{2,m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sigma_{m,1}\Omega_{m,1} & \sigma_{m,2}\Omega_{m,2} & & \sigma_{m,m}\Omega_{m,m} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\beta_{MQG} = (X'\Omega^{-1}X)^{-1}X'\Omega^{-1}Y \quad (6)$$

#### 4.3 FONTES DOS DADOS

O produto agregado industrial dos estados foi obtido no sítio do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA); já os valores das tarifas sem tributos (valor em R\$ da energia consumida em MWh) e dos impostos em R\$ correspondentes a diferença entre os valores médios das tarifas de energia com e sem tributos para cada unidade federativa, como também do número de indústrias, foram obtidos a partir de série histórica encontrada no site da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). É válido registrar que muitos valores estavam incompletos, distorcidos ou até destoavam em relação à média, tornando a mediana uma alternativa viável para obter o valor médio das tarifas.

As variáveis monetárias foram deflacionadas utilizando o Índice Geral de Preços ao Mercado (IGP-M), com base o ano 2019, fornecido pelo IPEADATA, estando inclusas nesta lista a tarifa, o imposto, bem como o PIB industrial. A escolha do IGP-M foi baseada no pressuposto de que esse índice captura a variação dos preços referentes aos produtos industriais pela incorporação do Índice de Preços ao Produtor Amplo (IPA).

Cabe ressaltar também que as variáveis foram coletadas em nível, mas posteriormente transformadas em logaritmo, procurando facilitar a análise dos resultados ao visualizar os coeficientes em números percentuais, justamente porque as variáveis estavam em escalas diferentes.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem por finalidade descrever as estatísticas descritivas e analisá-las (seção 5.1), analisar também os testes de diagnóstico para ajuste do modelo e verificar a natureza das variáveis (seção 5.2); além disso, apresentar o modelo estimado para então realizar uma discussão sobre os resultados (seção 5.3).

### 5.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

Primeiramente é feita uma análise da estatística descritiva das variáveis utilizadas no modelo, considerando o horizonte temporal. Na Tabela 1 são apresentadas as medidas descritivas de média, desvio padrão, mínimos e máximos.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas centrais

<b>Variável</b>	<b>Observações</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<i>PIB_ind</i>	467	14,000,000,000	26,500,000,000	30,800,000	146,000,000,000
<i>Pop</i>	465	7,284,546	8,508,581	357,302	45,900,000.00
<i>Nind</i>	408	10,590.64	16,398.04	303	91764.25
<i>Tarif</i>	408	488.72	284.56	243.92	2567.12
<i>Imp</i>	408	161.05	107.69	0	700.7

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

Observa-se uma pequena variação na amostra para as tarifas de energia e impostos, sendo a primeira mais acentuada. Em média, os impostos assumiram o menor valor amostral, embora tenham atingido um pico de R\$700,70, no ano correspondente a 2019. Quanto à tarifa, apesar da variação superior se comparado com os impostos, apresentou também ligeira variância. A distribuição dos valores para a população, número de indústrias e PIB industrial, apresentaram enormes desvios, característica própria considerando que existem muitas diferenças regionais produtivas entre cada estado.

Essas estatísticas são complementadas pela análise das tarifas e dos impostos por estado, objetivando assim verificar os padrões e diferenças, conforme Tabelas 2 e 3. A média nacional

anual foi de R\$488.72 por MWh consumido, sobretudo as tarifas dos estados destoam em menor ou maior valor em relação à esta média, em R\$284.56. A maior média nacional encontrada em 2006 pode ser ilustrada pelo aumento no consumo industrial, influenciado pelo alto consumo na região Sudeste e os apagões no ano anterior ao aumento, em 2005(EPE, 2007), enquanto em 2012, as tarifas foram influenciadas para níveis mais baixos por um subsídio implementado no governo Dilma Rousseff (BERNARDINO, 2021), exceto nos estados da Bahia e Rio Grande do Norte como observa-se na Tabela 2.

Quanto ao estado com as menores tarifas médias anuais, observando toda série histórica foi o Amapá, com R\$377,22. Por outro lado, o maior valor pertence à São Paulo, em 2007, onde foram pagos, em média, R\$2567.12 em tarifas por MWh, sendo o estado com os maiores tributos em todo horizonte temporal.

Tabela 2 - Tarifas em R\$ por MWh consumido entre 2003 e 2019.

	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2009</b>	<b>2012</b>	<b>2015</b>	<b>2019</b>	<b>Média</b>
<b>SP</b>	1725.76	1881.86	1895.05	1642.79	1937.18	1777.72	1810.06
<b>AC</b>	490.47	674.79	674.40	521.80	469.44	456.44	547.89
<b>RR</b>	490.05	641.03	662.17	478.35	359.78	552.13	530.58
<b>RJ</b>	392.45	568.33	544.25	413.80	540.77	634.31	515.65
<b>MT</b>	454.99	545.76	501.69	485.98	496.60	523.09	501.35
<b>TC</b>	465.70	579.11	536.64	440.76	465.22	505.21	498.77
<b>RO</b>	457.35	551.61	542.53	437.14	484.97	490.68	494.05
<b>AM</b>	485.99	595.65	549.27	419.21	304.09	573.71	487.99
<b>MS</b>	417.02	567.44	480.04	447.94	478.88	512.28	483.93
<b>RS</b>	463.90	519.83	491.12	444.43	500.88	440.23	476.73
<b>MA</b>	423.56	502.54	506.26	447.77	435.25	533.28	474.78
<b>ES</b>	299.77	454.40	470.90	394.21	508.26	533.11	443.44
<b>PE</b>	361.30	496.90	400.17	388.00	454.12	511.27	435.29
<b>PI</b>	354.17	498.71	397.87	390.10	452.50	473.22	427.76
<b>DF</b>	343.95	521.94	336.51	367.89	463.09	516.08	424.91
<b>PA</b>	379.74	439.47	393.73	372.39	419.96	529.92	422.53
<b>CE</b>	393.42	493.12	397.34	367.05	429.54	417.37	416.31
<b>BA</b>	377.89	505.66	385.65	395.92	356.04	438.11	409.88
<b>PR</b>	347.30	405.71	346.34	324.81	508.20	489.97	403.72
<b>AL</b>	320.46	429.49	405.63	329.37	421.18	463.54	394.94
<b>PB</b>	291.70	435.03	415.18	352.96	344.42	452.43	381.95
<b>RN</b>	335.14	411.03	364.71	370.11	356.35	437.40	379.12
<b>AP</b>	489.47	361.84	371.16	312.14	348.76	379.92	377.22
<b>Média Total</b>	459.20	568.75	524.72	458.47	501.54	549.63	510.39

SC, MG, GO e SE foram excluídos por série descontinuada.  
 Fonte: Resultado da pesquisa (2023).

Considerando os impostos sobre a energia elétrica (Tabela 3), a média para o período analisado foi de R\$172,07, com os tributos dos estados variando entre R\$75,07 e R\$278,51. O único estado em que a média destoa consideravelmente é São Paulo, onde foram pagos R\$616.56 em impostos. Observa-se também que, ao longo dos anos, os impostos demonstraram uma tendência de crescimento, com o ano de 2019 apresentando a maior média, de R\$193,47, enquanto que a menor média ocorreu no ano de 2003, com R\$120,76.

Conquanto os maiores impostos também sejam o do estado de São Paulo, observa-se que as tarifas são mais elevadas encontram-se na região Norte, em estados como o Acre, Roraima, Rondônia, Amazonas e o Tocantins, configurando entre os dez estados cujo a tarifa é a mais alta, juntamente com Rio de Janeiro, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e o Rio Grande do Sul. Por outro lado, as menores tarifas encontram-se no estado Amazonense (que também possui o menor valor histórico para as tarifas, em 2006 de R\$0,00) possivelmente influenciadas pelas isenções tributárias que incidem sobre a Zona Franca de Manaus. O valor nulo para a tarifa encontrado em 2006 pode ser justificado por duas razões: a própria estrutura dos dados ou as isenções tributárias presentes em Manaus.

Tabela 3 - Impostos em R\$ cobrados sobre a tarifa.

	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2009</b>	<b>2012</b>	<b>2015</b>	<b>2019</b>	<b>Média</b>
<b>SP</b>	451.02	665.20	687.61	581.68	672.85	641.01	616.56
<b>RJ</b>	169.64	242.71	316.75	222.25	356.31	363.40	278.51
<b>MT</b>	196.75	304.65	278.82	234.00	257.81	246.62	253.11
<b>AC</b>	163.54	274.69	296.03	210.91	185.56	177.73	218.07
<b>PR</b>	142.72	203.10	197.03	133.87	242.43	265.44	197.43
<b>CE</b>	142.51	211.39	192.20	190.49	218.34	191.51	191.07
<b>ES</b>	84.61	207.07	211.46	176.90	242.29	222.48	190.80
<b>PE</b>	36.34	192.33	182.36	168.33	198.25	238.43	169.34
<b>PA</b>	120.31	163.86	135.94	131.63	182.71	242.93	162.89
<b>PB</b>	73.41	207.01	168.69	148.25	170.46	187.79	159.27
<b>PI</b>	33.27	196.91	178.69	166.29	194.10	151.71	153.49
<b>MS</b>	86.91	169.11	135.39	134.31	160.24	149.86	139.30
<b>DF</b>	99.78	163.28	105.62	118.36	155.68	179.94	137.11
<b>MA</b>	66.72	136.22	158.84	139.73	148.45	171.08	136.84
<b>RR</b>	100.37	163.73	183.83	126.14	86.65	127.26	131.33
<b>RS</b>	95.40	167.14	150.14	120.88	134.91	109.02	129.58

<b>TC</b>	156.60	165.60	129.08	77.65	77.04	140.43	124.40
<b>RO</b>	94.99	142.96	122.30	113.44	116.51	114.14	117.39
<b>RN</b>	69.28	127.52	105.44	110.11	119.33	137.14	111.47
<b>BA</b>	57.37	126.33	87.74	92.53	101.36	114.22	96.59
<b>AP</b>	107.83	76.09	105.35	66.28	77.07	99.00	88.60
<b>AL</b>	66.12	89.04	79.23	57.14	63.80	121.40	79.46
<b>AM</b>	161.98	0.00	100.42	77.76	53.02	57.24	75.07
<b>Média Total</b>	120.76	191.13	187.35	156.48	183.27	193.47	172.07

SC, MG, GO e SE foram excluídos por série descontinuada.

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

## 5.2 TESTES ESTATÍSTICOS DE DIAGNÓSTICO

A análise do impacto do custo da energia elétrica sobre a produção industrial estadual inicia-se com a identificação das propriedades das séries utilizadas. A estacionariedade foi avaliada pelo teste de Fisher (Tabela 4). Verifica-se que todas as séries, exceto a do número de indústrias, são estacionárias, pela rejeição da hipótese nula de não estacionariedade (presença de raiz unitária); portanto, os valores estão constantes em torno da média no horizonte temporal analisado. A não estacionariedade na variável correspondente ao número de indústrias foi corrigida via diferenciação de primeira ordem, atestando sua natureza estacionária ao rejeitar a hipótese nula em que consta raiz unitária presente.

Tabela 4 - Resultados do teste de estacionariedade de Fisher

<b>Variável</b>	<b>Estatística</b>	<b>p-valor</b>
<i>LnPIBind</i>	149.8321	0.0000***
<i>Lnpop</i>	110.9008	0.0000***
<i>Lnind</i>	55.5887	0.3412
<i>D.lnind</i>	191.7027	0.0000***
<i>Lnimp</i>	90.8577	0.0007***
<i>Lntarif</i>	76.1407	0.0162**

\*\*\*, \*\* e \* indicam a significância de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

Seguindo, foi aplicado o teste de Hausman para identificar a adequação do modelo, o qual indicou que o modelo de efeitos fixos é mais adequado, pela rejeição da hipótese nula. E os testes de diagnóstico de heterocedasticidade e autocorrelação (Tabela 5). A partir do resultado do teste Wald rejeita-se a hipótese da distribuição normal do erro, indicando a

presença de erros heterocedásticos, o que inviabiliza a estimação dos modelos padronizados onde os pesos atribuídos às variações para cada valor do regressor são iguais, sendo mais eficaz a alternativa do método dos mínimos quadrados generalizados (MQG). E quanto ao teste de Wooldridge, o resultado indica a rejeição da hipótese nula ao nível de 5%, o que não permite afastar a hipótese de que os resíduos possuem algum grau de correlação serial, de forma que se faz necessário aplicar modelos considerando correções para autocorrelação serial.

Tabela 5 - Resultados dos testes de Wooldridge, Wald e Hausman

<b>Teste</b>	<b>Estatística</b>	<b>p-valor</b>
<i>Wooldridge</i>	69.204	0.0000
<i>Wald</i>	160000.00	0.0000
<i>Hausman</i>	15.85	0.0032

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

Considerando a estrutura das variáveis e os problemas de autocorrelação serial e heterocedasticidade, são necessários ajustes. Para tanto, estimou-se o modelo de dados em painel com efeitos fixos considerando a correção por meio do método dos quadrados generalizados (MQG) e ajuste para autocorrelação de primeira ordem AR(1) nos painéis.

### 5.3 DETERMINANTES DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL: ANÁLISE ECONÔMICA

Objetivando compreender a dinâmica da produção industrial, apresenta-se as estimativas para o modelo definido na Equação em (4), conforme Tabela 6. As variáveis estão na forma logarítmica permitindo analisar as estimativas como elasticidades e as estimativas correspondem ao modelo ajustado para autocorrelação e heterocedasticidade.

No modelo a variável correspondente ao número de indústrias (*lnind*) está em primeira diferença, como exemplificado na análise da estacionariedade, a fim de eliminar a tendência, provavelmente proveniente do extenso tempo para que as empresas registrem suas atividades. Acerca dos resultados é possível discutir quais as implicações regionais quanto a aglomeração das indústrias, o tamanho do mercado, os tributos e a variável principal desta pesquisa, o custo da energia.

Tabela 6 - Resultado das estimativas do modelo fixo via mínimos quadrados generalizados à produção industrial dos estados

<b>Variável</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Prob.</b>
<i>lnpop</i>	1.749209 (0.0448625)	0.000***
<i>lnind</i>	0.1917078 (0.0674245)	0.004***
<i>ln tarif</i>	-0.1034732 (0.0451075)	0.022**
<i>ln imp</i>	0.0150673 (0.0299989)	0.615
<i>cons</i>	-4.19395 (0.6907517)	0.000***

\*\*\*, \*\* e \* indicam a significância de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

Os resultados, estão em sua maioria, coerentes com as relações teóricas esperadas e possuem significância estatística, demonstrando que o modelo apresentou ajuste adequado. Quanto ao tamanho de mercado, a relação mostrou-se positiva e altamente significativa, estando de acordo com o que é abordado em Krugman (2000), Rosenthal e Strange(2004) ou Candido(2018), onde o crescimento na população em 1% tende a multiplicar em 1,02% aproximadamente o produto industrial, gerando um efeito multiplicador na economia. Este crescimento mais que unitário, elástico, do mercado consumidor, também sinaliza os retornos crescentes existentes no setor industrial porque os fatores móveis como o trabalho estão mais amplamente disponíveis. Ademais, o maior mercado consumidor tende a ampliar a produtividade industrial, dado o potencial em termos de compradores ser maior em comparação com mercados menores onde tal externalidade positiva não está presente. Isso permite inferir que os fluxos imigratórios crescentes nos estados localizados na região norte e sudeste do país (GOLGHER, 2004), como São Paulo, Pará e Rondônia, acabaram por expandir o produto industrial nesses estados. Contudo, os fluxos emigratórios nos estados nordestinos, conforme exposto pelo pesquisador, sinalizam sobre a possível perda em potencial produtivo com o potencial mercado consumidor perdido.



Quanto ao custo da energia elétrica, que foi considerado a partir da tarifa, correspondendo ao custo de oferta excluídos os tributos, obteve-se relação negativa e estatisticamente significativa. Nestes termos, valida-se a hipótese de que as tarifas (*tarif*) afetam a produção industrial brasileira, confirmando os resultados propostos por Chang e Lee (2007), De Gadelha e Ciqueira (2014) ou o CNI(2021), enfatizando que a oferta de energia é crucial para o processo produtivo.

O aumento tarifário de 1% ocasiona na perda estimada de aproximadamente 0,10% no produto industrial. Também informa potencialmente os riscos associados às altas tarifas registradas durante o período analisado, principalmente para os estados pertencentes à região Norte, afastando o potencial desenvolvimento industrial na região; pois, embora as indústrias tenham crescido em número, ainda é a região que concentra o menor parque industrial, pois enfrentando os maiores custos tarifários ao longo dos 17 anos analisados(2003-2019), muito produtos industriais em potencial que poderiam ser gerados foram perdidos com os aumentos na tarifa. Por outro lado, em contraste, nos estados nordestinos onde as tarifas estão entre as menores à nível nacional, observa-se o crescimento no parque industrial quando analisado os dados geográficos disponibilizados pela ANEEL (2023), reafirmando como o custo da tarifa representa um fator significativo. Porém, por representar um crescimento menor que unitário, informa como a oferta de bens industriais é inelástica ou então pouco sensível às mudanças nas tarifas, resultado este explicado pela alta necessidade do consumo elétrico para funcionamento das máquinas e equipamentos industriais, sendo um custo fixo impossível de evadir, assim, o setor elétrico não enfrenta desafios com o aumento tarifário.

De outro modo, a estimação dos tributos cobrados sobre a energia (*imp*) divergiu da relação esperada e não foi significativa. Embora a literatura internacional informe sobre as potenciais perdas produtivas para a indústria com as mudanças nos tributos, como encontrado em Barro(1997), destacam-se duas possíveis explicações para a não significância. Uma está é encontrada em Giambiagi et al. (2009), a complexidade tributária, em que o ICMS assume uma natureza seletiva, variando conforme o bem industrial considerado, afetando a análise generalista do produto industrial. Outra explicação seriam as isenções tributárias destinadas ao setor industrial, que acabam mitigando os impactos tributários sobre o produto industrial, conforme argumenta Balestrin (2015).

Por fim, o número de indústrias existentes em cada estado, utilizado para capturar o efeito da aglomeração espacial sobre a produção, apresentou relação positiva, conforme esperado, e foi significativa, corroborando com o discutido por Marshall e Paley (1879), Hoover

(1936) ou Da Silva, Silveira e Neto (2011), devido à alta densidade populacional favorecer na verdade o produto industrial. O crescimento no produto industrial para um aumento em 1% no número de indústrias é de 0,19%. Embora menos que unitário, representando uma ligeira sensibilidade ao crescimento industrial, ainda sinaliza a importância da concentração industrial para o produto industrial.

Logo, nestas condições, crescendo em número as indústrias nos estados, tornando assim o setor mais competitivo, maior tenderá ser o produto industrial decorrente, uma vez que haverá mais conhecimento novo a ser compartilhado e aprendido entre os aglomerados industriais, menores custos para realização do transporte dos bens industriais entre indústrias, além disso, benefícios no bem-estar do consumidor ao deparar-se com menores custos. Seguindo esse raciocínio, é cabível concluir que os grandes parques industriais localizados entre a região Centro-oeste e Sul, são favorecidos pela aglomeração espacial, não tão somente por possibilitar um maior compartilhamento entre as indústrias dos conhecimentos técnicos produzidos, mas também porque são economizados com custos associados ao transporte entre essas regiões.

Em síntese, o custo da energia constitui um fator importante para o complexo industrial, afetando diretamente o seu produto. Fundamentalmente, isso está relacionado à alta dependência em geração hidrelétrica e uso intensivo da energia para a produção. No caso das variáveis tamanho populacional (população) e aglomeração espacial (número de indústrias), foi evidenciado a relação com o produto industrial, em que existe um efeito multiplicador para o primeiro e um aumento marginal para o segundo. Conquanto não tenha sido encontrada significância para os tributos, percebe-se ainda diferenças entre os estados. As diferenças estão associadas à política fiscal desses estados, muitas vezes associada ao próprio custo tarifário, quando subsidiado o uso de energias alternativas, como abordado por Bovenberg (2018) ou características propriamente locais expostas por Oates (1972).

## 6 CONCLUSÕES

A relação entre o custo da energia elétrica e o a produção industrial estadual, no período de 2003 a 2019, consistiu no objetivo central, a qual foi avaliada a partir de um modelo de dados em painel com efeitos fixos, estimado por método de mínimos quadrados generalizados. As relações obtidas corroboraram com as hipóteses teóricas e apresentaram ajuste adequado em termos metodológicos.

As evidências demonstraram que as diferenças nos valores para a oferta de energia afetam o produto industrial, com potenciais impactos sobre a atividade produtiva da indústria, sendo que os estados com custos mais elevados enfrentam prejuízos ao seu desenvolvimento, uma vez que possuem maior escassez de energia, necessitando implementar políticas para subsidiar o uso de energias alternativas, a importação do insumo e, ainda, políticas de conservação energética. Caso dos estados ao Norte do Brasil, em que estão presentes as tarifas mais elevadas, já os estados da região Nordeste se beneficiam com baixos custos tarifários.

Para as alíquotas de impostos, não foram encontrados prejuízos em relação à produção industrial, assim, foi possível concluir que a complexidade tributária e as políticas fiscais focalizadas em incentivar o uso de energias alternativas e mais baratas, são responsáveis pela neutralização do efeito causado pelos tributos sobre o produto industrial.

O impacto positivo para o tamanho de mercado e a aglomeração espacial se constituem em determinantes da produção industrial. A existência de um efeito multiplicador para o tamanho do mercado, conforme cresce a população estadual, demonstra o potencial aumento produtivo quando ocorrem migrações ou novos nascimentos. Nesse sentido, com o fluxo migratório observados nos estados ao Norte do país, pode ter contribuído significativamente para o desenvolvimento industrial, porém, quando considerado o Nordeste brasileiro, todos os estados apresentam emigrações, gerando perdas no produto potencial do setor industrial. Para o efeito da aglomeração espacial, a concentração também apresentou um efeito marginal sobre o produto industrial. Em estados com maior número de indústrias, como aqueles localizados entre a região Sudeste, Centro-oeste e Sul, o surgimento de uma nova indústria local pode contribuir com a produção das demais indústrias já existentes.

Conclui-se então que o reajuste tarifário deve ser efetuado cautelosamente, considerando os impactos causados sobre a produção industrial, principalmente nas regiões mais escassas em recursos energéticos, com infraestrutura mais precária ou mão de obra pouco qualificada. Ainda, o tamanho do mercado e a concentração industrial precisam ser

contabilizadas no processo, para que a decisão pelo reajuste seja mais corroborada. Para mitigar o impacto do reajuste tarifário, a decisão recai sobre os agentes públicos, devendo elaborar políticas para o setor elétrico, seja subsidiando o uso de energias alternativas ou fornecendo uma infraestrutura geracional adequada para gerar energia destinada ao uso industrial. Outra alternativa está na diversificação das fontes energéticas, reduzindo a dependência hidroelétrica, assim evitando uma possível escassez hídrica e o desfavorecimento dos estados em regiões com menor capacidade hídrica.

Por fim, torna-se evidente que as indústrias brasileiras precisam avaliar os impactos causados pelas variações no custo tarifário, principalmente quando forem decidir qual estado instalarem suas operações, avaliando o custo-benefício, comparando outras variáveis, como a política fiscal para o uso das fontes alternativas, o tamanho do mercado, a concentração industrial local, dentre outras também relevantes, nas quais se destacam a disponibilidade de recursos para gerar energia, infraestrutura elétrica ou acesso ao mercado exterior. Assim, o setor industrial pode minimizar seu custo com as decisões do setor elétrico em mudar a tarifa energética e maximizar seu potencial produtivo, compreendendo a importância de estar sediada em um local onde a população e o número de indústrias é maior, sem obviamente, desconsiderar as vantagens locacionais mencionadas.

A despeito dos resultados evidenciarem relações consistentes, a não inclusão de variáveis para analisar o produto industrial como capital humano e físico ou infraestrutura, além de lacunas nos dados de alguns estados, limitam conclusões definitivas, restando assim oportunidades para futuras pesquisas, que ampliem as evidências sobre os impactos do custo energético sobre a produção industrial dos estados e sirvam de arcabouço para o desenvolvimento de políticas de incentivo ao setor produtivo nas diferentes regiões.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Perspectivas da Expansão da Oferta de Energia Elétrica no Brasil 2020-2029**. [S. l.], 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Relatório dos dados de receita, mercado de energia e número de unidades consumidoras (SAMP)**. [S. l.], 2023. Disponível em <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/cativo#!>>. Acesso em 5 de dez. 2022.

ALFRED, Marshall; PALEY, Marshall Mary. **The economics of industry**. [S. l.], 1879.

ALMEIDA, A. **Políticas de Incentivos Fiscais e Desenvolvimento Industrial nos Estados Brasileiros**. Revista de Economia Contemporânea, 21(3). [S. l.], 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). **Acesso à Energia: Diagnóstico e Propostas**. [Brasil], 2021.

AUFFHAMMER, M.; WOLFRAM, C.. **Powering Up China: Income Distributions and Residential Electricity Consumption**. American Economic Review, 104(5), 575-580.[S. l.], 2014.

BALESTRIN, A.. **Políticas de Desenvolvimento Regional e Competitividade Inter-Regional no Brasil**. Revista de Administração Pública, 49(6), 1465-1489. [Brasil], 2015.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. 8 ed., p. 3-6. Nova Iorque, 1995.

BARRO, R. J.. **Determinants of Economic Growth: A Cross-Country Empirical Study**. MIT Press. [S. l.], 1997.

BAUMOL, W. J.; BLINDER, A. S. **Macroeconomics: Principles and Policy**. Cengage Learning. [S. l.], 2011.

BECK, N.; KATZ, J. N. **What to do (and not to do) with time-series cross-section data.** American Political Science Review, n. 89, p. 634-647, [S. l.], 1995.

BERNARDINO, Fellipe. **Tomando partido: A briga de Dilma Rousseff (2011-2016) pela redução do preço da energia à indústria.** São Paulo, 2021.

BOVENBERG, A. L.. **Green tax reforms and the double dividend: an updated reader's guide.** International Tax and Public Finance, 15(5), 563-601. [S. l.], 2008.

BRENNAN, M. et al. **The Local and Global Benefits of Wind and Solar Energy in the United States.** Nature Sustainability, v. 1, n. 1, p. 44-49, [S. l.], 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Impacto do aumento econômico do aumento no preço da energia.** Brasília: CNI. 2021.

DAVIS, L. W.; Gertler, P. J. **Contribution of Air Conditioning Adoption to Future Energy Use under Global Warming.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 112, n. 19, p.5962-5967, [S. l.], 2015. Disponível em: <<https://www.nber.org/papers/w8119>>. Acesso em: 25/08/2023.

DA SILVA ALVES, Janaina; NETO; Raul da Mota Silveira. **Impacto das externalidades de aglomeração no crescimento do emprego: o caso do cluster de confecções em Pernambuco.** Revista Econômica do Nordeste, v. 42, n. 2, p. 333-350, Pernambuco, 2011.

DE BRITO GADELHA, Sérgio Ricardo; CERQUEIRA, Renata Miyabara Gagliardi. **CONSUMO DE ELETRICIDADE E CRESCIMENTO ECONÔMICO NO BRASIL, 1952-2010: UMA ANÁLISE DE CAUSALIDADE.** Revista Faz Ciência, v. 16, n. 24, p. 11-11. [S. l.], 2014.

DURANTON, G., & PUGA, D.. **Micro-foundations of urban agglomeration economies.** Handbook of Regional and Urban Economics, 4, 2063-2117. [S. l.], 2004.

DURANTON, Gilles; OVERMAN, Henry G. **Testing for localization using micro-geographic data.** The Review of Economic Studies, v. 72, n. 4, p. 1077-1106. [S. l.], 2005.

ELETROBRAS. **Estatísticas Básicas de Energia Elétrica - 2020.** Eletrobras. [Brasil], 2020. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anualproduto.html>> Acesso em 01 out, 2023.

ELLISON, Glenn; GLAESER, Edward L. **Geographic concentration in US manufacturing industries: a dartboard approach.** Journal of political economy, v. 105, n. 5, p. 889-927, [Estados Unidos], 1997.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Boletim de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.** [S. l.], 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional 2021.** [Brasil], 2021.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA (FIESC). **Cenário da Indústria de Santa Catarina.** [Santa Catarina], 2019.

FERGUSON, Glenys J. **Industrial economics: issues and perspectives.** Bloomsbury Publishing. [S. l.], 2016.

GARCIA, A. B.; MARTINEZ, E. B.; PEREZ, C. D. **Energy efficiency practices and their impact on industrial production.** Energy Economics, v. 85, p. 104537, [S. l.], 2020.

GHALI, K. H.; EL-SAKKA, M. I. T. **Energy use and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis.** Energy Economics. v.26, p. 225-238, [Canada], 2004.

GIAMBIAGI, F.; ALÉM, A. C.; LOUREIRO, P. R.. **Finanças Públicas: Teoria e Prática no Brasil.** Editora Campus. [Brasil], 2009.

GOLGHER, André Braz et al. **Fundamentos da migração**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2004.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 7.ed. Nova Jersey: Prentice Hall, [S. l.: s. n.] 2012.

HANUSHEK, E. A.; WOESSMANN, L. **The role of cognitive skills in economic development**. *Journal of Economic Literature*, v. 46, n. 3, p. 607-668. [S. l.], 2008.

HOOVER, Edgar M. **The measurement of industrial localization**. *The Review of Economic Statistics*, p. 162-171, [S. l.], 1936.

HOWELLS, M., et al. **Integrated Analysis of Climate Change, Land use, Energy and Water Strategies**. *Nature Climate Change*, 3(7), 621-626. [S. l.], 2013.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy Subsidies**. [S. l.], 2019.

JONES, C.; KAMMEN, D. M. **Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities for US Households and Communities**. *Environmental Science & Technology*, v. 48, n. 7, p. 38493856, [S. l.], 2014.

JONES, M. P.; BROWN, D. L. **Manufacturing agglomeration and plant-level productivity in the United States**. *Regional Science and Urban Economics*, v. 40, n. 3, p. 199-211, [S. l.], 2010.

JORGERSON, D. W.; Stiroh, K. J.. **Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age**. *Brookings Papers on Economic Activity*, 125-235. [S. l.], 2000.

KRAFT, J.; KRAFT, A. **On the relationship between energy and GNP**. *Journal Energy Development*, v. 3, n. 2, p. 401-403, [S. l.], 1978.

KRUGMAN, P. **Geography and Trade**. Leuven University Press. [S. l.], 1991.



KRUGMAN, Paul. **Where in the world is the ‘new economic geography’**. The Oxford handbook of economic geography, v. 23, p. 49-60. [S. l.], 2000.

KRUYT, B.. **Resource Availability Limits on the Deployment of Renewable Energy Sources: the Case of Bioenergy**. Energy Policy, 39(1), 409-421. [S. l.], 2016.

LEE, C. C., & CHANG, C. P.. **Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data**. Resource and Energy Economics, 29(3), 212-220. CHOI, I. Unit root tests for panel data. Journal of international money and Finance, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 249-272. [S. l.], 2007.

LEE, C.C.; CHANG, C.P. **The impact of energy consumption on economic growth: Evidence from linear and nonlinear models in Taiwan**. Energy, v. 32, n. 12, p. 2282–2294, [S. l.], 2007.

MARTINEZ-GALARRAGA, Julio. **The determinants of industrial location in Spain, 1856–1929**. Explorations in Economic History, v. 49, n. 2, p. 255-275. [S. l.], 2012.

MODI, V., MCDADE, S., LALLEMENT, D., & SAGHIR, J.. **Energy Services for the Millennium Development Goals**. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), World Bank. [S. l.], 2005.

MUELLER, N. D. et al. **Cooling Demand for Electricity in the United States Residential Sector**. Environmental Research Letters, v. 13, n. 4, p. 044010. [S. l.], 2018.

MUSGRAVE, R. A.. **The Theory of Public Finance: A Study in Public Economy**. McGraw-Hill. [S. l.], 1959.

NASCIMENTO, SP do. **Guerra fiscal: uma análise quantitativa para estados participantes e não participantes**. Revista Economia, p. 211-237, [Brasil], 2009.

OATES, W. E.. **Fiscal Federalism**. Harcourt Brace Jovanovich. [S. l.], 1972.

OLIVEIRA, R. S.; SANTOS, M. J. **Energy supply disruptions and industrial production: New evidence for Brazil using daily data.** *Energy Economics*, v. 84, p. 104513. [S. l.], 2019.

PEREIRA, L.; LIMA, J.; OLIVEIRA, C.. **Incentivos fiscais para energia solar no Brasil: uma análise dos benefícios e desafios.** *Revista de Economia e Agronegócio*, 17(2), 235-256. [Brasil], 2019.

PIA-Empresa: Pesquisa Industrial Anual. Disponível  
IBGE. **Sistema de Contas Regionais: PIB pela Ótica de Produção(2002-2020).** [Brasil]. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-dobrasil.html>. Acesso em 01 out, 2023.

RAIHER, A. P.; CANDIDO, M. J. **Aglomerações produtivas da região sul do Brasil e sua relação com a produtividade industrial.** *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 17–34, 2018. Disponível em: <https://revistaaber.emnuvens.com.br/rberu/article/view/255>. Acesso em: 9 dez. 2023.

RIBEIRO, Rafael. **Testes de Raiz Unitária para Dados em Painel.** Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). [Minas Gerais], 2018.

ROCHA, L.. **Recursos Minerais e o Desenvolvimento Econômico do Estado do Pará.** *Anais do Encontro Nacional de Economia*, 46. [Brasil], 2018.

ROSENTHAL, S. S., STRANGE W. C.. **Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies.** In J. V. Henderson & J. F. Thisse (Eds.), *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 4, Part A, pp. 2119–2171). Elsevier. [Estados Unidos], 2004

SANTOS, P. H.; SILVA, M. A. **Energy subsidies and industrial competitiveness: Empirical evidence from a panel of manufacturing industries.** *Energy Economics*, v. 68, p. 282-291. [S. l.], 2017.

SCHLEICH, J.; Gassmann, X. **Rebound Effects in United States Residential Electricity Consumption: An Analysis of Metered Data.** *Energy Policy*, v. 107, p. 111-120. [S. l.], 2017.

SILVA, E. S., & da SILVA, G. **Electricity Import and Growth in Brazilian States: A Panel Data Analysis.** *Energy Economics*, 81, 554-563. [S. l.], 2019.

SILVA, M. **Infraestrutura e Competitividade da Indústria no Estado do Rio de Janeiro.** *Revista Brasileira de Economia*, v. 74, n. 3. [S. l.], 2020.

SMITH, J. D.; YONEZAWA, H.; MANAGI, S. **Energy productivity, efficiency and economic growth in China.** *Energy Economics*, v. 72, p. 340-355. [S. l.], 2018.

SOVACOOOL, B. K.; Dworkin, M. H. **Energy Justice: Conceptual Insights and Practical Applications.** *Applied Energy*, v. 142, p. 435-444. [S. l.], 2015.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of cross section and panel data.** The MIT Press, 5.ed. Massachusetts, 2003.