

---

# O CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA E A PRODUÇÃO INDUSTRIAL NOS ESTADOS BRASILEIROS: EVIDÊNCIAS PARA O PERÍODO 2003-2019

*The cost of electricity and industrial production in Brazilian states: evidence for the period 2003-2019*

**Reisoli Bender Filho**

Economista. Doutor em Economia Aplicada. Professor do Departamento de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Maria. reisoli.bender@ufsm.br

**Matheus Saraiva dos Santos**

Economista. Mestrando em Economia pela Universidade Federal de Santa Catarina. matheus.saraivadosantos@gmail.com

---

**Resumo:** A energia elétrica é parte relevante dos custos de produção do setor industrial, de forma que variações nesses gastos provocam impactos negativos na produção da indústria e perdas econômicas. Contudo, esses efeitos tendem a ser diferenciados entre as regiões, em decorrência de heterogeneidades produtivas e estruturais, além de políticas tributárias locais. Essa discussão subsidiou o objetivo de analisar o impacto do custo da energia elétrica sobre a produção industrial dos estados brasileiros, no período de 2003 a 2019, a partir da aplicação de um modelo de dados em painel. Os resultados corroboram o efeito redutor das tarifas de energia elétrica sobre a produção industrial dos estados, enquanto a tributação não demonstrou efeito determinante. Também, constatou-se a existência de um efeito multiplicador para o tamanho de mercado, como também que a aglomeração espacial é relevante para a produção industrial. Essas evidências fomentam implicações para políticas energética e industrial quanto às especificidades regionais, uma vez que os estados possuem padrões de consumo de energia, estruturas tributárias e dotações fatoriais diferenciados.

**Palavras-chave:** produção industrial, tarifa energia elétrica, tributação.

**Abstract:** Electricity is a significant part of the industrial sector's production costs, so variations in these costs have a negative impact on industrial production and economic losses. However, these effects tend to differ between regions due to production and structural heterogeneities, as well as local tax policies. This discussion supported the objective of analyzing the impact of the cost of electricity on the industrial production of Brazilian states from 2003 to 2019, using a panel data model. The results corroborate the reducing effect of electricity tariffs on the industrial production of the states, while taxation had no determining effect. There is also a multiplier effect for market size, and spatial agglomeration is relevant to industrial production. This evidence raises implications for energy and industrial policies in terms of regional specificities, since states have different energy consumption patterns, tax structures and factor endowments.

**Keywords:** industrial production, electricity tariffs, taxation, Brazilian states.

**JEL Classification:** L11, C33.

# 1 INTRODUÇÃO

A energia desempenha papel central na dinâmica produtiva e, conseqüentemente, no crescimento econômico, pois é a fonte primária à produção, distribuição e consumo (Brandão; Divino, 2020). A ampliação da capacidade produtiva, o desenvolvimento de infraestrutura, os estímulos à inovação e a atuação do comércio são influenciados pela disponibilidade de fontes energéticas (Li; Leung, 2021; Dai et al., 2022). Essas condições fazem com que a relação entre a produção econômica e o custo de energia tenha permeado os debates científico e econômico nas últimas décadas.

Essa relação tem sido discutida, predominantemente, a partir de duas abordagens. A primeira, baseada na hipótese de crescimento, argumenta que a energia é parte fundamental do processo de expansão econômica, enquanto a segunda, pautada na hipótese de conservação, considera que a energia exerce influência mínima ou mesmo é neutra no processo de crescimento econômico (Ghali; Sakka, 2004; Stern, 2011).

A partir de Kraft e Kraft (1978), diversos estudos foram desenvolvidos nas últimas décadas, contudo, as evidências são conflitantes e não conclusivas entre o custo da energia e a produção econômica (Lee; Chang, 2007; Korsakiene et al., 2014; Streimikiene; Kasperowicz, 2016). As discussões foram intensificadas como respostas aos crescentes desequilíbrios entre oferta e demanda, o que Ferreira Neto et al. (2016) justificam devido ao fato de que os países possuem diferentes padrões de consumo e fontes de energia, como também por alterações crescentes nos custos da energia elétrica em função de crises hídricas, o que exige a utilização de fontes energéticas mais caras (Tabosa et al., 2019; Ikeda, 2020).

Essas discussões fundamentaram o objetivo de analisar o impacto do custo da energia elétrica sobre a produção industrial dos estados brasileiros, no período de 2003 a 2019. As contribuições seguem dois pontos principais: (i) ampliar o debate acerca da relação entre o custo de energia elétrica estadual, a partir da análise do fornecimento e da tributação, com o crescimento da atividade industrial; e (ii) apresentar as diferenças dessa relação para os estados brasileiros, ainda escassa em termos empíricos.

Para a economia brasileira, ainda são encontrados estudos em número reduzido e com enfoques diversos, caso de Irfi et al. (2009), de Santos (2012), de Gadelha e Cerqueira (2014), de Ferreira Neto et al. (2016), de Tabosa et al. (2019), de Brandão e Divino (2020) e de Barbosa e Mattos (2021). Nessa direção, as discussões sobre a referida relação têm implicações políticas, como exposto por Ferreira Neto et al. (2016) e Brandão e Divino (2020), como também em função das disparidades regionais crescentes, as quais têm, entre seus argumentos, as condições para o desenvolvimento do processo produtivo, o qual está associado com o custo e com a capacidade de fornecimento de energia (Stern, 2011; Korakiene et al., 2014).

Além da complexidade dos referidos aspectos, a relação não conclusiva entre o custo da energia elétrica e a produção industrial, somados à escassez de pesquisas à indústria nacional, são razões que corroboram a justificativa de discutir, com maior profundidade, o quanto a produção industrial local é impactada pelo custo da energia elétrica e se isso permite explicar os diferenciais produtivos como também a concentração/aglomeração industrial.

## 2 ESTRUTURA INDUSTRIAL E CONSUMO DE 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 aspectos estruturais e econômicos. Ainda, nesse conjunto, encontram-se os diferenciais de dotação de recursos naturais, como o mineral. Nesse 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).

No Brasil, a maior parte da energia consumida origina-se de usinas hidrelétricas, as quais têm apresentado seguidos aumentos nos custos da geração e distribuição, em decorrência de uma persistente crise hídrica (Tabosa et al., 2019). Sobre isso, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) apresentou um levantamento das perdas econômicas, nos anos de 2020 e 2021, em função do aumento das tarifas. Esse aumento implica uma redução na renda para o consumo de outros bens, reduzindo a demanda que,

quando somada ao aumento nos custos de produção das indústrias intensivas em energia elétrica, tem pressionado ainda mais para uma diminuição da produção industrial (CNI, 2021).

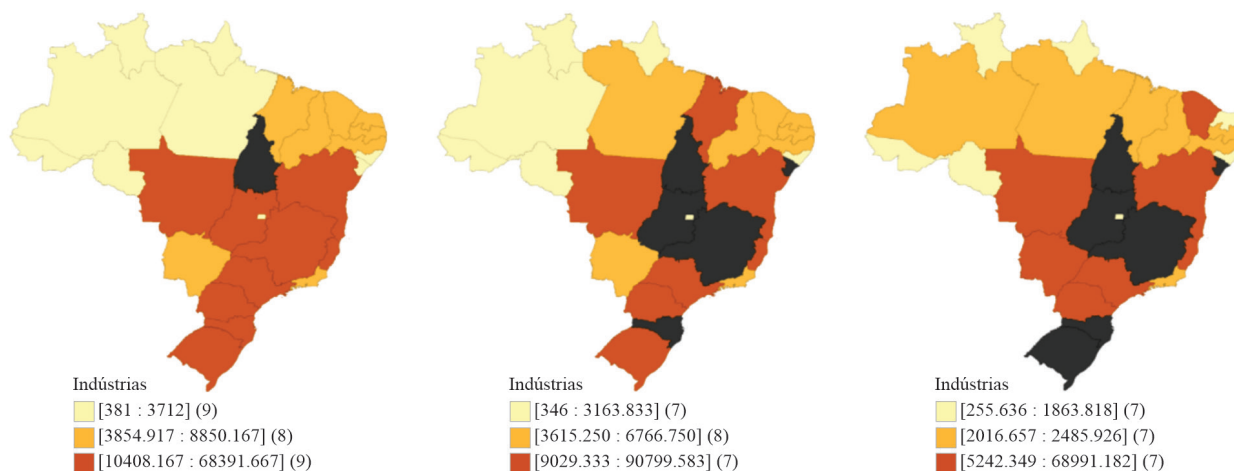
Além da relevância econômica e produtiva, as fontes, a disponibilidade e os custos de energia têm sido potencializados pelas desigualdades regionais, as quais se manifestam de diversas maneiras, como na distribuição de renda, acesso a serviços básicos e oportunidades de emprego (Santos, 2012).

Seguindo essa linha, contextualizando os estados brasileiros quanto à disponibilidade de recursos minerais, 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 o principal parque industrial do País, diversificado e de alta tecnologia, não dispõe de tais condições (Rocha, 2018).

Outras condições, como a qualidade da infraestrutura, principalmente a de geração energética, como também a logística distributiva, é igualmente importante para determinar a competitividade das indústrias estaduais. Como destacado por Sovacool e Dworkin (2015), 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. Ainda, cita-se a política fiscal, caso de estados que se utilizam de isenções e incentivos fiscais mais expressivos, buscando atrair maiores investimentos (Nascimento, 2009; Fazoli *et al.*, 2018).

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 (Santos; Silva, 2017). Outro fator que pode explicar a demanda por importação da energia seria o surgimento mais frequente de excessos de demanda. Com a expansão industrial, a energia demandada tem superado a capacidade gerada, pressionando a compra externa, conforme discute Rocha (2018). Esse resultado é confirmado ao analisar os estados que mais demandam o insumo energético, caso dos polos industriais do Sudoeste e do 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).

Figura 1 – Número de indústrias consumidoras de energia por estado, para os anos de 2003, 2013 (centro) e 2022



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da ANEEL (2024).

Nota: Nos anos de 2013 e 2022, a cor preta indica os estados que não apresentaram informações disponíveis nos respectivos anos.

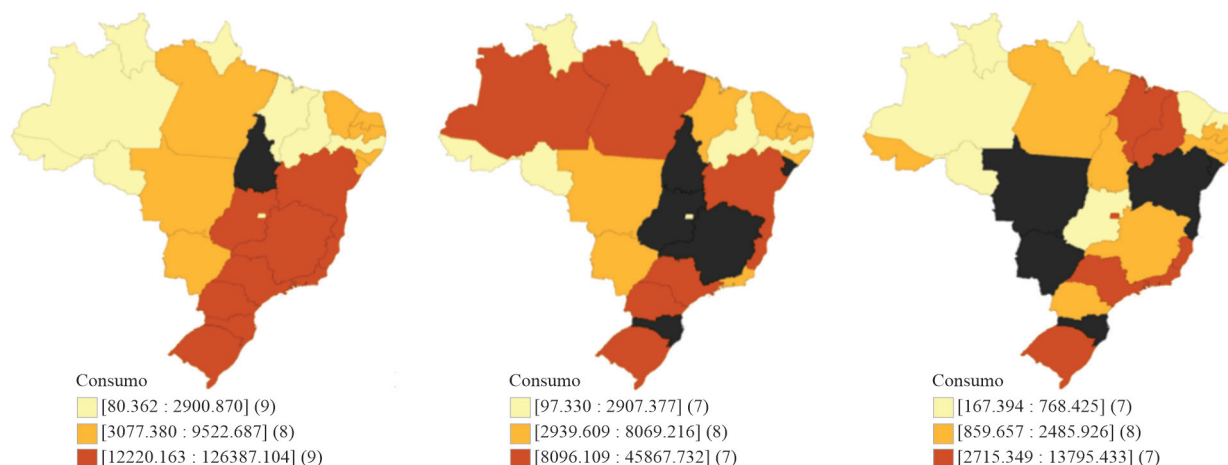
Considerando as condições naturais e estruturais, a produção e a distribuição da energia elétrica para as indústrias estaduais são heterogêneas, cada estado apresenta um dinamismo setorial e produtivo. As regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste possuem o maior número de indústrias consumidoras de energia elétrica (Figura 1), sendo que essa concentração está relacionada ao fato de elas serem polos industriais diversificados e de alta tecnologia. A respeito dessa concentração, Oliveira e Santos (2019) argumentam que a disponibilidade de capital humano qualificado e mais acessível se torna um importante determinante para a indústria.

Ao longo das duas últimas décadas, a partir dos 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 na Região Sudeste, no caso de Minas Gerais, em que as indústrias locais cresceram em número, nos anos recentes.

A recessão provocada pela crise sanitária, decorrente da Covid-19, ao ter interrompido a produção industrial, foi um fator intensificador também para a redução da indústria e queda no consumo com energia. Nesse período recente, somente dois estados, a Paraíba e o Rio Grande do Norte, abriram novas indústrias.

Quanto ao consumo mensal industrial de energia elétrica nos estados, considerando os três recortes (Figura 2), 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 elevaram. 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.

Figura 2 – Consumo mensal de energia elétrica por estado para os anos de 2003, 2013 (centro) e 2022, em MWh



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da ANEEL (2024).

Nota: Nos anos de 2013 e 2022, a cor preta indica os estados que não apresentaram informações disponíveis nos respectivos anos.

Essa realidade descreve o cenário 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), enquanto nas indústrias intensivas, nos estados em que a temperatura oscila entre os extremos, durante o inverno e verão, há a necessidade de maiores quantidades de energia tanto para o aquecimento quanto para o resfriamento (Davis; Gertler, 2015).

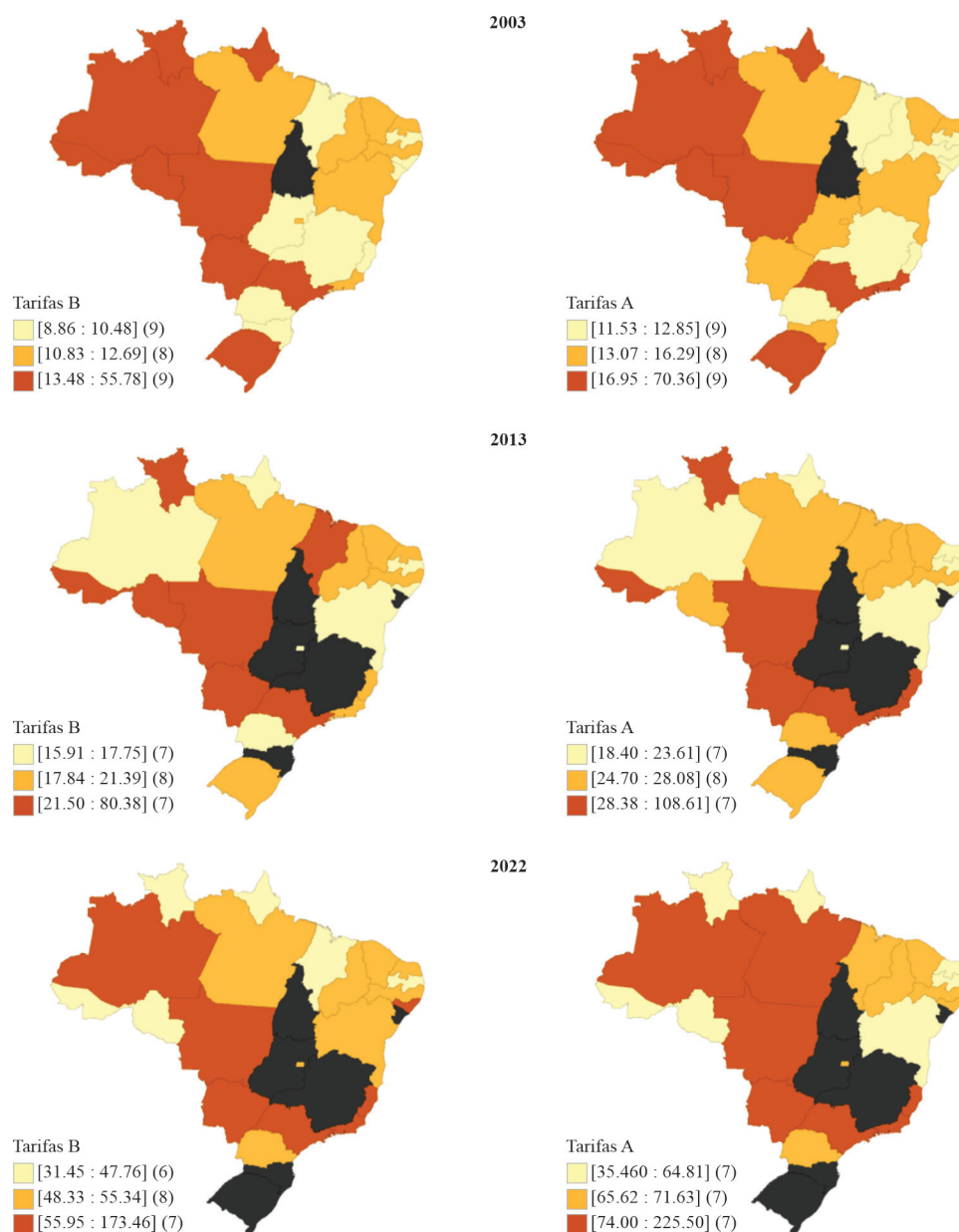
Complementando, são analisadas as tarifas de energia elétrica com e sem os impostos (Figura 3). No caso das tarifas sem impostos, que correspondem aos valores arrecadados e cobrados pelas distribuidoras de energia, de forma geral, verifica-se o aumento nos estados com os maiores custos, os quais estão nas regiões Centro-Oeste e Norte, com exceção de alguns estados, e no estado de São Paulo. Por outro lado, nas regiões Nordeste e Sudeste, observam-se custos mais baixos, com mudanças entre os estados. Já na Região Sul, os custos têm apresentado tendência de queda ao longo dos últimos anos.

Ao considerar a incidência dos tributos, entre os anos de 2003 e 2013, verifica-se um deslocamento dos maiores custos dos estados da Região Norte para os estados das regiões Centro-Oeste e Sudeste. Todavia, em 2022, há um avanço nas tarifas com a predominância dos estados das regiões Norte, Centro-

Oeste e Sudeste com as maiores tarifas. De outro lado, os estados nordestinos mantiveram-se com as menores tarifas, enquanto os da Região Sul apresentaram mudanças com tendência de redução.

Considerando a evolução dos custos tarifários, observa-se uma leve tendência de aumento ao longo dos anos, considerando os recortes analisados. Resultado decorrente da escassez de energia devido à incerteza do regime das chuvas, o que torna esse sistema vulnerável e implica o problema da utilização intertemporal da energia acumulada nos reservatórios, processo que tem aumentado o custo da geração de energia, principalmente desde 2014 (Gadelha; Cerqueira, 2014; Tabosa *et al.*, 2019). Isso implica que, nas classes de consumo com fator de carga maior, aqueles cuja parcela de custos incorridos com geração de energia é maior, houve uma tendência de elevação de tarifas mais acentuada do que nas outras classes, caso das tarifas industriais (IAB, 2020).

Figura 3 – Tarifas estaduais sem (Tarifas B) e com impostos (Tarifas A) para os anos de 2003, 2013 e 2022, em R\$ por MWh consumido



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da ANEEL (2024).

Nota: Nos anos de 2013 e 2022, a cor preta indica os estados que não apresentaram informações disponíveis nos respectivos anos.

Outrossim, apesar dessas circunstâncias regionais, observa-se, no horizonte temporal de quase duas décadas, a diminuição do consumo energético, seguida pelo encolhimento da estrutura industrial, pela

substituição do consumo interno pelo externo em polos industriais, principalmente na Região Centro-Oeste e pela elevação nas despesas com impostos. Nessa evolução, a única exceção foi a Região Norte, onde o consumo da energia cresceu, com destaque para o estado de Roraima.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia empregada está desenvolvida em três subseções. Na primeira é apresentada a construção das variáveis, na segunda estruturada a modelagem econométrica e, na terceira, a detalhada a fonte dos dados.

#### 3.1 Construção dos dados e variáveis

Foram selecionadas variáveis com o objetivo de explicar o impacto dos custos com energia elétrica sobre a produção industrial estadual. Definiu-se como variável dependente a produção industrial dos estados, enquanto 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. As variáveis estão detalhadas no Quadro 1.

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

Variável	Descrição	Definição	Fonte dos dados	Sinal Esperado	Referências
PIB Industrial	Variável dependente que descreve todo o fluxo em milhões de bens e serviços produzidos na indústria em um ano.	<i>lnPIBind</i>	IPEADATA		CNI (2021)
População	Utilizada como variável determinante para o tamanho do mercado consumidor local.	<i>lnpop</i>	IBGE	Positivo	Rosenthal e Strange (2004); Krugman (2000); Raiher e Candido (2018)
Tarifa de Energia	Observada a partir das informações contidas nas bases de dados disponibilizadas pela ANEEL, correspondente aos 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 o ritmo produtivo industrial.	<i>lntarif</i>	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)	Negativo	Lee e Chang (2007); Gadelha e Cerqueira (2014); Korsakienea, Tvronavicienea e Sma-liukienea (2014); Ferreira 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.	<i>lnimp</i>	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)	Negativo	Balestrin (2015); Giambiagi, Além e Loureiro. (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 industrial.	<i>lnind</i>	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)	Positivo	Hoover (1936); Martinez-Galarraga (2012); Raiher e Candido (2018)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No conjunto de variáveis relacionadas à produção industrial dos estados, a população foi utilizada, seguindo a proposição de Krugman (2000), Rosenthal e Strange (2004) e Raiher e Candido (2018), para capturar os ganhos associados ao tamanho do mercado consumidor e a quantidade de fatores produtivos flexíveis disponíveis para a produção industrial. As evidências demonstraram efeitos positivos dos fatores populacionais sobre a produção industrial e a produtividade (Amarante; Silva, 2016). Esse efeito seria consequência direta da concentração de mão de obra mais qualificada (Raiher; Candido, 2018).

Para o custo de energia, que é composto pela tarifa cobrada sobre o uso da energia e os impostos pagos, existem evidências demonstrando uma relação negativa entre o custo de energia e a produção industrial (Korsakienea *et al.*, 2014; Ferreira Neto *et al.*, 2016). Essa relação foi encontrada por Lee e Chang (2007) ao analisarem a relação entre os preços da energia e a produção industrial em Taiwan, como também por Streimikiene e Kasperowicz (2016), os quais, quando analisaram o efeito das políticas energéticas e regulamentações sobre a produção industrial na União Europeia, encontraram que a eficiência energética está relacionada à redução dos custos de energia para impulsionar a produção. Na

mesma linha, o Conselho Nacional das Indústrias (2021) evidenciou que os aumentos tarifários geram prejuízos à indústria, especialmente porque o setor é dependente da geração de energia hidrelétrica.

E sobre a relação dos tributos, Giambiagi et al. (2009) e Balestrin (2015) enfatizam a importância de analisar as diferenças tributárias entre estados, uma vez que essas variações resultam em desestímulos produtivos, especialmente para os estados onde os tributos apresentam alíquotas mais elevadas. A relação negativa da tributação sobre a produção industrial, além do efeito direto sobre o custo de produção, dado que grande parte dos setores industriais são intensivos no consumo de energia elétrica em seus processos produtivos, de modo que um encarecimento da energia eleva significativamente seus custos, provoca efeitos indiretos reduzindo a competitividade industrial brasileira (CNI, 2021).

Complementando, quanto ao número de indústrias, há evidências de que a aglomeração espacial pode ser um fator diferencial para o setor industrial, como já tratado por Marshall (1890), como também encontrado nos trabalhos de Alves e Neto (2011), Martínez-Galarraga (2012) e Sobrinho e Azzoni (2014), e alinhadas com as preposições teóricas da Nova Geografia Econômica discutidas por Krugman (2000). O processo de aglomeração industrial tem sido tratado como um fator importante na expansão produtiva pelos efeitos de transbordo de conhecimento, inovação e tecnologia (Porto; Brito, 2010; Raiher; Candido, 2018), como também pelas diferenças de produtividade industrial (Steingraber; Gonçalves, 2015).

### 3.2 Modelagem de dados em painel e 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 encontrado em Baltagi (1995), Wooldridge (2003) e Greene (2012). A escolha por essa modelagem deve-se ao fato de o estudo utilizar os estados como unidades analíticas e as observações em um horizonte temporal definido.

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; o termo de erro é representado por  $\varepsilon_{it}$ ;  $X$  representa a matriz de variáveis independentes para cada painel, e  $\beta$  são os coeficientes associados ao efeito causal de cada um sobre a matriz dos valores observados de  $Y$  para cada painel.

E no segundo, presume-se que o intercepto das unidades varia ao longo do período. Esse modelo de componentes de erro ou erro composto, conforme ressalta Marques (2000), introduz a heterogeneidade individual no termo de perturbação que poderá ser dividido em duas partes: uma comum, com média nula e variância  $\sigma_\varepsilon^2$ , e uma individual, também com média zero, mas com variância  $\sigma_\alpha^2$  e que se assumem independentes. O modelo de efeitos aleatórios é estruturado conforme Equação em (2).

$$Y'_{it} = \beta_i X'_{it} + \mu_{it} \text{ com } \mu_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}. \quad (2)$$

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 (Baltagi, 1995).

A partir dessas definições, na etapa seguinte, faz-se necessário escolher o modelo mais adequado considerando as variáveis utilizadas. Frequentemente, utiliza-se o teste de Hausman, que procura validar ou rejeitar a  $H_0$  que identifica a existência de correlação do erro não observado (efeitos individuais) com as variáveis explicativas. Em caso de não rejeição da hipótese nula, o modelo de efeitos aleatórios é mais adequado; do contrário, emprega-se o modelo de efeitos fixos.

E, para garantir a robustez dos resultados, é preciso avaliar a estrutura dos dados (estacionariedade) e as pressuposições do modelo (autocorrelação e de heterocedasticidade). Para verificar a estrutura das séries temporais, foi aplicado o teste de raiz unitária de Fisher, proposto por Choi (2007), que tem em  $H_0$  a presença de raiz unitária. A escolha desse teste deu-se em função de as séries serem descontinuadas para determinados estados, caso de Santa Catarina, Goiás, Sergipe e Minas Gerais, no que concerne aos dados da energia elétrica. E às 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 e as variáveis selecionadas para investigar o impacto da energia, estruturou-se o modelo analítico, conforme Equação em (3).

$$PIBind_{it} = \alpha_1 + \beta_2 \ln imp_{it} + \beta_3 \ln tarif_{it} + \beta_4 \ln pop_{it} + \beta_5 \ln ind_{it} + e_{it} \quad (3)$$

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  $PIBind$ , enquanto  $\beta_2$  e  $\beta_3$  são os parâmetros definidos para capturar o efeito dos tributos pagos sobre a energia elétrica e a tarifa de energia sem os tributos (custo de produção), 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, a variância é não constante e a estimativa por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) deixa de ser eficiente, condições essas que fazem necessário aplicar transformações e métodos generalizados. O método dos quadrados generalizados (MQG), ao realizar transformações na matriz de variâncias, promove correções para os referidos pressupostos. Nesse caso, supondo que  $\Omega$  seja a matriz variância da perturbação ( $\varepsilon\varepsilon'$ )  $m \times m$ , 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 (Wooldridge, 2003; Greene, 2012).

### 3.3 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 à diferença entre os valores médios das tarifas de energia com e sem tributos para cada estado, como também do número de indústrias, foram obtidos a partir de séries históricas encontradas 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. E a população foi obtida do sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

As variáveis monetárias foram deflacionadas utilizando o Índice Geral de Preços ao Mercado (IGP-M), tendo como base o ano 2019, fornecido pelo Ipeadata, estando incluídas nessa lista a tarifa, o imposto e 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). Ainda, cabe ressaltar 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.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados estão estruturados em três etapas. A primeira apresenta as estatísticas descritivas, a segunda os testes de ajustamento do modelo e a terceira os determinantes da produção industrial regional.

## 4.1 Estatísticas descritivas

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

Tabela 1 – Estatísticas descritivas

Variável	Obs.	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
<i>PIB_ind</i>	467	14.000.000.000,00	26.500.000.000,00	30.800.000,00	146.000.000.000,00
<i>Pop</i>	465	7.284.546,00	8.508.581,00	357.302,00	45.900.000,00
<i>Nind</i>	408	105.901,00	16.398,00	303,00	91.764,00
<i>Tarif</i>	408	488,72	284,56	243,92	2.567,12
<i>Imp</i>	408	161,05	107,69	0,00	700,70

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

Observa-se que as variações às tarifas de energia e impostos foram reduzidas. Comparativamente, as tarifas apresentam média cerca de três vezes maior que os impostos, enquanto o desvio-padrão foi pouco superior a 2,5 vezes. Já os extremos evidenciaram maiores diferenças, com uma relação superior a 3,5 vezes, sugerindo que há estados com custos de produção com diferenças relevantes, resultando em distorções nos valores da energia elétrica. A população, o número de indústrias e o PIB industrial apresentaram desvios elevados, caracterizando a heterogeneidade dos estados e a existência de diferenças regionais produtivas.

Em relação à energia elétrica, 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\$ 510,39 por MWh consumido. A maior média nacional foi encontrada em 2006 (R\$ 568,75) e pode ser resultado do aumento do consumo industrial, influenciado pelo alto consumo na Região Sudeste e os apagões no ano anterior ao aumento, em 2005 (EPE, 2007). Já em 2012, as tarifas apresentaram os níveis mais baixos (R\$ 458,47) que, conforme Bernardino (2021), foram ocasionadas por um subsídio implementado no governo Dilma Rousseff, por meio da Medida Provisória 579, posteriormente transformada na Lei N. 12.783/2013 (CNI, 2018).

Quanto ao estado com as menores tarifas médias anuais, observando a série histórica, foi o Amapá, com R\$ 377,22, enquanto o maior valor pertence a São Paulo, em 2007, com média de R\$ 2.567,12 em tarifas por MWh. Ressalta-se que o estado de São Paulo possui um padrão tarifário divergente dos demais estados, com valores superiores a aproximadamente 3,5 vezes a tarifa do segundo estado. Por fim, em termos regionais, os estados do Norte, exceto o Amapá, apresentam os valores tarifários mais elevados comparativamente às demais regiões, enquanto os estados da Região Sul, os menores.

Considerando os impostos sobre a energia elétrica (Tabela 3), nos recortes apresentados, a média foi de R\$ 172,07, com os tributos dos estados variando entre R\$ 75,07 e R\$ 616,56. Todavia, se excluir o estado de São Paulo, cujo valor pago em tributos foi superior a 2,2 vezes o pago nos demais estados, a variação média ficou entre R\$ 75,07 (Amapá) e R\$ 278,51 (Rio de Janeiro). 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 a menor média ocorreu no ano de 2003, com R\$120,76, em valores nominais. Esse crescimento, conforme CNI (2018), é decorrente dos impostos e encargos setoriais crescentes associados ao modelo regulatório adotado.

Conquanto os maiores impostos também sejam do estado de São Paulo, as tarifas mais elevadas encontram-se na Região Norte, em estados como o Acre, Roraima, Rondônia, Amazonas e o Tocantins, configurando-se entre os dez estados em que a tarifa é a mais alta, juntamente com o 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, possivelmente influenciadas pelas isenções tributárias que incidem sobre a Zona Franca de Manaus.

Tabela 2 – Tarifas em R\$ por MWh consumido entre 2003 e 2019 por estado

Estado	2003	2006	2009	2012	2015	2019	Média
SP	1725.76	1881.86	1895.05	1642.79	1937.18	1777.72	1810.06
AC	490.47	674.79	674.40	521.80	469.44	456.44	547.89
RR	490.05	641.03	662.17	478.35	359.78	552.13	530.58
RJ	392.45	568.33	544.25	413.80	540.77	634.31	515.65
MT	454.99	545.76	501.69	485.98	496.60	523.09	501.35
TC	465.70	579.11	536.64	440.76	465.22	505.21	498.77
RO	457.35	551.61	542.53	437.14	484.97	490.68	494.05
AM	485.99	595.65	549.27	419.21	304.09	573.71	487.99
MS	417.02	567.44	480.04	447.94	478.88	512.28	483.93
RS	463.90	519.83	491.12	444.43	500.88	440.23	476.73
MA	423.56	502.54	506.26	447.77	435.25	533.28	474.78
ES	299.77	454.40	470.90	394.21	508.26	533.11	443.44
PE	361.30	496.90	400.17	388.00	454.12	511.27	435.29
PI	354.17	498.71	397.87	390.10	452.50	473.22	427.76
DF	343.95	521.94	336.51	367.89	463.09	516.08	424.91
PA	379.74	439.47	393.73	372.39	419.96	529.92	422.53
CE	393.42	493.12	397.34	367.05	429.54	417.37	416.31
BA	377.89	505.66	385.65	395.92	356.04	438.11	409.88
PR	347.30	405.71	346.34	324.81	508.20	489.97	403.72
AL	320.46	429.49	405.63	329.37	421.18	463.54	394.94
PB	291.70	435.03	415.18	352.96	344.42	452.43	381.95
RN	335.14	411.03	364.71	370.11	356.35	437.40	379.12
AP	489.47	361.84	371.16	312.14	348.76	379.92	377.22
<b>Média</b>	<b>459,20</b>	<b>568,75</b>	<b>524,72</b>	<b>458,47</b>	<b>501,54</b>	<b>549,63</b>	<b>510,39</b>

Fonte: Resultado da pesquisa (2023).

Nota: Os estados de SC, MG, GO e SE foram excluídos por apresentarem séries descontinuadas.

A diferença dos valores da Região Norte decorre principalmente de dois fatores intrínsecos às características da Região: (i) custos mais elevados de distribuição na Região que apresenta menor densidade demográfica; e (ii) maior índice de Perdas Não Técnicas (furtos e fraudes de energia) (IAB, 2020).

Por fim, analisando conjuntamente a tarifa e os impostos pagos sobre a energia elétrica consumida pelo setor industrial, como uma medida aproximada da tributação, a média da relação para os estados foi de 33,71%. Comparando com os estados com maiores e menores custos, verificam-se cenários distintos, enquanto em São Paulo a média foi de 34,06%, pouco superior à média nacional, no Amapá a média foi de 20,00%, aproximadamente 40% menor que a média do País. Esses resultados demonstram que tanto a tarifa quanto a política tributária estadual impactam os custos da energia elétrica, determinando, assim, custos de produção industriais igualmente distintos entre os estados.

Tabela 3 – Impostos em R\$ cobrados sobre a tarifa por estado

Estado	2003	2006	2009	2012	2015	2019	Média
SP	451.02	665.20	687.61	581.68	672.85	641.01	616.56
RJ	169.64	242.71	316.75	222.25	356.31	363.40	278.51
MT	196.75	304.65	278.82	234.00	257.81	246.62	253.11
AC	163.54	274.69	296.03	210.91	185.56	177.73	218.07
PR	142.72	203.10	197.03	133.87	242.43	265.44	197.43
CE	142.51	211.39	192.20	190.49	218.34	191.51	191.07
ES	84.61	207.07	211.46	176.90	242.29	222.48	190.80
PE	36.34	192.33	182.36	168.33	198.25	238.43	169.34
PA	120.31	163.86	135.94	131.63	182.71	242.93	162.89
PB	73.41	207.01	168.69	148.25	170.46	187.79	159.27
PI	33.27	196.91	178.69	166.29	194.10	151.71	153.49
MS	86.91	169.11	135.39	134.31	160.24	149.86	139.30
DF	99.78	163.28	105.62	118.36	155.68	179.94	137.11
MA	66.72	136.22	158.84	139.73	148.45	171.08	136.84
RR	100.37	163.73	183.83	126.14	86.65	127.26	131.33
RS	95.40	167.14	150.14	120.88	134.91	109.02	129.58
TC	156.60	165.60	129.08	77.65	77.04	140.43	124.40
RO	94.99	142.96	122.30	113.44	116.51	114.14	117.39
RN	69.28	127.52	105.44	110.11	119.33	137.14	111.47
BA	57.37	126.33	87.74	92.53	101.36	114.22	96.59
AP	107.83	76.09	105.35	66.28	77.07	99.00	88.60
AL	66.12	89.04	79.23	57.14	63.80	121.40	79.46
AM	161.98	0.00	100.42	77.76	53.02	57.24	75.07
<b>Média</b>	<b>120,76</b>	<b>191,13</b>	<b>187,35</b>	<b>156,48</b>	<b>183,27</b>	<b>193,47</b>	<b>172,07</b>

Fonte: Resultado da pesquisa (2023).

Nota: Os estados de SC, MG, GO e SE foram excluídos por apresentarem séries descontinuadas.

## 4.2 Testes estatísticos e 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 raiz unitária da variável correspondente ao número de indústrias foi corrigida por meio da aplicação de uma diferenciação.

Tabela 4 – Resultados do teste de estacionariedade de Fisher

Variável	Estatística	p-valor
<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**

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

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

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 (Tabela 5). E, quanto aos testes de diagnóstico de heterocedasticidade e autocorrelação, o resultado do teste Wald indica a rejeição da 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). Igualmente, o resultado do teste de Wooldridge indica a rejeição da hipótese nula, 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.

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.

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

Teste	Estatística	p-valor
<i>Wooldridge</i>	69.204	0.000***
<i>Wald</i>	160000.00	0.000***
<i>Hausman</i>	15.85	0.0032***

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

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

### 4.3 Determinantes da produção industrial

Objetivando compreender a dinâmica da produção industrial, apresentam-se as estimativas para o modelo definido na Equação em (3) (Tabela 6). As variáveis estão na forma logarítmica, permitindo analisar as estimativas como elasticidades e correspondem ao modelo ajustado para autocorrelação e heterocedasticidade. Os resultados possibilitam analisar alguns aspectos quanto à aglomeração das indústrias, o tamanho do mercado, os tributos e a variável alvo, o custo da energia.

Tabela 6 – Resultado das estimativas do modelo fixo por meio de mínimos quadrados generalizados à produção industrial dos estados

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

Fonte: Resultados da pesquisa (2023).

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

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, com o crescimento populacional mostrando-se elástico ao produto industrial – 1% de aumento na população eleva em 1,02% aproximadamente o produto industrial –, gerando um efeito multiplicador na economia, de acordo com o que é abordado em Krugman (2000), Rosenthal e Strange (2004) e Raiher e Candido (2018).

Esse crescimento do mercado consumidor também sinaliza os retornos crescentes existentes no setor industrial, dado que os fatores móveis, como o trabalho, estão mais amplamente disponíveis. Ademais, o maior mercado consumidor tende a ampliar a produtividade industrial, uma vez que o potencial em termos de compradores se torna maior em comparação com mercados menores onde tal externalidade positiva não está presente. Isso permite explicar, ainda, que, em certa medida, como os fluxos imigratórios crescentes nos estados localizados na Região Sudeste, como São Paulo, expandiram o produto industrial. Por outro lado, os fluxos emigratórios nos estados nordestinos sinalizam sobre a possível perda de potencial produtivo com a redução do mercado consumidor (Golgher, 2004).

Para o custo da energia elétrica, que corresponde à soma de todos os componentes do processo industrial de geração, transporte (transmissão e distribuição) e comercialização de energia elétrica, excluídos os tributos, obteve-se relação negativa e estatisticamente significativa de 0,10% na produção

industrial para aumento de 1% no custo do insumo. Nesses termos, a hipótese de que as tarifas (Itarif) impõem custos adicionais à produção industrial dos estados não pode ser descartada, confirmando os resultados de que a oferta de energia é fundamental no processo produtivo, conforme já destacado por Chang e Lee (2007), Santos (2012), Gadelha e Cerqueira (2014) e CNI (2021).

Esse resultado também informa potencialmente os riscos associados às altas tarifas registradas durante o período analisado, principalmente, para os estados da Região Norte, afastando, assim, o potencial desenvolvimento industrial daquela região. Ressalta-se que, embora as indústrias tenham crescido em número, a Região ainda é a que concentra o menor parque industrial do País, ao mesmo tempo em que enfrentou os maiores custos tarifários ao longo do período 2003-2019. Por outro lado, em contraste, nos estados nordestinos, onde as tarifas estão entre as menores, observa-se o crescimento no parque industrial (ANEEL, 2023).

Ainda, por representar um crescimento menor que o unitário, o resultado indica que a produção industrial é inelástica ou pouco sensível às mudanças nas tarifas, em linha com achados de Irffi et al. (2009) e Tabosa et al. (2019), resultado explicado pela alta necessidade (ou dependência) do consumo da energia elétrica para funcionamento das máquinas e equipamentos industriais, sendo um custo fixo impossível de evadir; assim, o setor elétrico enfrenta menores desafios com o aumento tarifário. Também, esse resultado reforça o argumento da alta dependência do setor industrial de energia elétrica, o que torna o setor suscetível às variações desta fonte energética.

Nesse processo, ainda cabe destacar os efeitos dos choques na oferta, os quais, quando são propagados, caso da elevação dos custos e/ou alíquotas em virtude de efeitos sazonais da afluência hídrica (alterações no volume pluviométrico), levam à necessidade de construir reservatórios com grande capacidade acumulativa, deixando o sistema de geração elétrica menos vulnerável às situações de escassez energética.

Isso resulta em efeitos adversos, impactando a redução na renda, o racionamento do consumo elétrico e, conseqüentemente, a retração do produto industrial (Gadelha; Cerqueira, 2014). Essa retração pode ser explicada ao analisar o aumento nos custos operacionais em resposta às variações no custo energético, resultando na redução das margens lucrativas, impacto ainda mais pronunciado quando considerado que existe um ambiente competitivo entre as regiões (Auffhammer; Wolfram, 2014).

De outro modo, a estimação dos tributos cobrados sobre a energia (limp) 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 esse resultado. Uma delas é encontrada em Giambiagi et al. (2009), e trata da complexidade tributária, em que o ICMS assume uma natureza seletiva, variando conforme o bem industrial considerado, afetando a análise generalista do produto industrial. A outra rescinde sobre as isenções tributárias destinadas ao setor industrial, as quais 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 industrial, apresentou relação positiva e significativa, conforme esperado, em linha com os achados de Alves e Neto (2011) e Sobrinho e Azzoni (2014). Para cada aumento de 1% no número de indústrias, a produção do setor se eleva em aproximadamente 0,19%, demonstrando uma relação inelástica.

Logo, nessas condições, o crescimento em quantidade torna o setor mais competitivo, como também estimula o produto industrial decorrente, uma vez que haverá mais conhecimento novo a ser compartilhado e aprendido entre os aglomerados industriais, além de menores custos com a realização do transporte dos bens industriais entre as unidades produtoras. Seguindo esse argumento, os grandes parques industriais localizados entre as regiões Sudeste e Sul tendem a ser favorecidos pela aglomeração espacial, não somente por possibilitar um maior compartilhamento de conhecimento entre as indústrias, mas também porque são economizadoras de custos associados ao transporte.

Em síntese, o custo da energia constitui um fator importante para o complexo industrial, afetando diretamente o seu nível de produção e produtividade, como também um limitante do processo de crescimento econômico, em caso de racionamento Stern (2011). Contudo, os efeitos redutores não são lineares, dado que há importante dispersão espacial nas tarifas de energia elétrica, o que, além de contribuir para a redução do produto econômico, aumenta as desigualdades regionais, conforme discutido por Santos (2012).

Esse efeito também pode estar relacionado à alta dependência em geração hidrelétrica e uso intensivo da energia para o processo produtivo. No caso das variáveis tamanho populacional (população) e aglomeração espacial (número de indústrias), foi evidenciada a relação com o produto industrial, demonstrando um efeito multiplicador para o primeiro e um aumento marginal para o segundo. Conquanto não tenha sido encontrada significância para os tributos, percebem-se ainda diferenças entre os estados, as quais estão associadas à política fiscal local, muitas vezes associada ao próprio custo tarifário, quando subsidiado o uso de energias alternativas, como abordado por Bovenberg (2008), ou características propriamente locais, conforme Oates (1972).

## 5 CONCLUSÕES

A relação entre o custo da energia elétrica e a produção industrial estadual, no período de 2003 a 2019, consistiu no objetivo central e foi avaliada a partir de um modelo de dados em painel com efeitos fixos, estimado por método de mínimos quadrados generalizados. As relações obtidas possibilitaram atender ao objetivo proposto ao corroborar as hipóteses teóricas e empíricas à relação custo da energia elétrica e produção industrial, conquanto os resultados da tributação tenham divergido do esperado.

Os resultados evidenciaram que o custo da energia elétrica desempenha um papel crítico na produção industrial e, por extensão, na atividade econômica, distorcendo os custos de produção e impactando a produtividade industrial. Essa relação se torna ainda mais evidente quando se consideram os custos tarifários, os quais potencializam as distorções provocadas pela matriz energética, que tem na energia elétrica, a qual exige custos mais elevados, a principal fonte. Situação que é aprofundada pelo sistema tributário vigente, conquanto não tenha demonstrado significância, tende a agravar as diferenças regionais, com as alíquotas sobre a energia elétrica, resultando em perdas importantes à produção da indústria.

De forma complementar, o tamanho de mercado e a aglomeração espacial favorecem positivamente a produção industrial local. O efeito multiplicador para o tamanho do mercado, conforme cresce a população estadual, demonstra o potencial aumento produtivo quando ocorrem migrações pelo aumento do mercado consumidor. E, para o efeito da aglomeração espacial da indústria, a concentração também apresentou um efeito marginal sobre o produto industrial. O que sugere que, em estados com maior número de indústrias, como aqueles localizados entre as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, o surgimento de uma nova indústria pode contribuir com a produção das demais indústrias já instaladas.

Essas evidências têm implicações importantes para a política energética e econômica. A gestão adequada dos custos e da oferta de energia elétrica é fundamental para promover o crescimento econômico sustentado e o uso eficiente dos recursos. Além disso, cabe destacar a necessidade de considerar as especificidades regionais, uma vez que diferentes estados têm padrões de consumo de energia distintos, como também diferentes estruturas tributárias e dotações fatoriais. Essa heterogeneidade quanto à oferta energética ocasionou diferentes perdas quando avaliados os períodos em que o preço da energia se alterou significativamente, sendo os locais onde a energia é mais cara à indústria os mais afetados.

Essa situação é agravada também pelas condições climáticas e hídricas e estruturais dos estados, o que, necessariamente, pressiona os custos tarifários. Para mitigar o impacto desse reajuste, fazem-se necessárias políticas para o setor elétrico, seja subsidiando o uso de energias alternativas ou fornecendo infraestrutura geracional adequada para gerar energia destinada ao uso industrial. Ainda, a diversificação da matriz energética é condição necessária para reduzir a dependência hidroelétrica, assim evitando uma possível escassez hídrica e o desfavorecimento dos estados em regiões com menor capacidade de armazenamento.

Por fim, torna-se latente que a indústria avaliará os impactos causados pelas variações no custo tarifário, alocando recursos e promovendo investimentos em locais cujo custo-benefício é mais elevado. Assim sendo, o setor industrial poderá minimizar seu custo com as decisões do setor elétrico relacionadas à tarifa energética e maximizar seu potencial produtivo, como também avaliará a instalação de suas operações em um local onde a população e o número de indústrias sejam maiores, sem, obviamente, desconsiderar as vantagens locais.

A despeito de os 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

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

ALVES, J. S.; NETO, R. M. S. Impacto das externalidades de aglomeração no crescimento do emprego: o caso do cluster de confecções em Pernambuco. **Revista Econômica do Nordeste**, n. 42, v. 2, p. 333-350, 2011.

AMARANTE, P.; SILVA, M. Economias de aglomeração nas atividades econômicas dos municípios brasileiros nos anos de 2000 e 2009: evidências a partir de equações salariais. **Revista Brasileira de Economia de Empresas**, v. 16, n. 1, p. 25-51, 2016.

AUFFHAMMER, M.; WOLFRAM, C. Powering Up China: Income Distributions and Residential Electricity Consumption. **American Economic Review**, v. 104, n. 5, p. 575-580, 2014.

BALESTRIN, A. Políticas de Desenvolvimento Regional e Competitividade Inter-Regional no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 6, p. 1465-1489, 2015.

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

BARBOSA, P. A. M.; MATTOS, L. B. Relação Entre Consumo de Energia Elétrica e Crescimento Econômico no Brasil: Uma Análise a Nível Setorial. In: XXIV ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL. Florianópolis. **Anais...**, 2021, Florianópolis - SC. Disponível em: [https://www.anpec.org.br/sul/2021/submissao/files\\_I/i2-4cdb96673194f50a0e68b021b119b3fa.pdf](https://www.anpec.org.br/sul/2021/submissao/files_I/i2-4cdb96673194f50a0e68b021b119b3fa.pdf). Acesso em: 10 dez. 2023.

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

BERNARDINO, F. **Tomando partido: A briga de Dilma Rousseff (2011-2016) pela redução do preço da energia à indústria**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://sdpsc.fflch.usp.br/sites/sdpsc.fflch.usp.br/files/inline-files/Fellipe%20Bernardino%20-%20Tomando%20Partido%20-%20A%20briga%20de%20Dilma%20Rousseff%20pela%20redu%20%C3%A7%C3%A3o%20do%20pre%20%C3%A7o%20da%20energia%20%C3%A0%20ind%C3%A9ria%20-%20Semin%C3%A1rio%20Discente%20-%20DCP%20USP%20-%20Fellipe%20Bernardino.pdf>. Acesso em: 14 out. 2023.

BOVENBERG, A. L. Green tax reforms and the double dividend: an updated reader's guide. **International Tax and Public Finance**, v. 15, n. 5, p. 563-601, 2008.

BRANDÃO, L. G. L.; DIVINO, J. A. Uma análise da dinâmica do setor elétrico brasileiro utilizando VAR em painel. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 51, p. 2, p. 47-64, 2020.

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, 2017.

CHOI, I. Unit root tests for panel data. **Journal of international money and Finance**, v. 20, n. 2, p. 249-272, 2007.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Energia Elétrica: custos e competitividade**. Brasília: CNI. 2018. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/d9/a2/d9a29a77-b3a9-4377-b9fd-81946023158d/energia\\_eletrica\\_web.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/d9/a2/d9a29a77-b3a9-4377-b9fd-81946023158d/energia_eletrica_web.pdf). Acesso em: 14 jan. 2024.

\_\_\_\_\_. **Impacto do aumento econômico do aumento no preço da energia**. Brasília: CNI. 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2021/11/Impacto-economico-prec%CC%A7o-energia-cni.pdf>. Acesso em: 08 set. 2024.

DAI, L.; JIA, R.; WANG, X. Relationship between Economic Growth and Energy Consumption from the Perspective of Sustainable Development. *Journal of Environmental and Public Health*, v. 20, p. 2022:6884273. <https://doi.org/10.1155/2022/6884273>. Retraction in: **J Environ Public Health**. 2023 Jun 28; 2023:9847034. PMID: 35910754; PMCID: PMC9328951.

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, 2015.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Boletim de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**, 2020.

FAZOLI, J. C. *et al.* Incentivos fiscais como política pública de desenvolvimento industrial: uma análise empírica dos efeitos econômicos da concessão de crédito presumido de ICMS para as indústrias têxteis do estado de Santa Catarina. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 17, n. 51, p. 59-74, 2018.

FERREIRA NETO, A. B.; CORREA, W. L. R.; PEROBELLI, F. S. Consumo de Energia e Crescimento Econômico: uma Análise do Brasil no período 1970-2009. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 34, n. 65, p. 181-204, 2016.

GADELHA, S. R. B.; CERQUEIRA, R. M. G. Consumo de eletricidade e crescimento econômico no Brasil, 1952-2010: Uma análise de causalidade. **Revista Faz Ciência**, v. 16, n. 24, p. 11-49, 2014.

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, 2004.

- GIAMBIAGI, F.; ALÉM, A. C.; LOUREIRO, P. R. **Finanças Públicas: Teoria e Prática no Brasil**. Editora Campus, 2009.
- GOLGHER, A. B. *et al.* **Fundamentos da migração**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2004.
- GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 7. ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 2012.
- HOOVER, E. M. The measurement of industrial localization. **The Review of Economic Statistics**, v. 18, n. 4, p. 162-171, 1936.
- IKEDA, Y. Power Grid with 100% Renewable Energy for Small Island Developing States. **Evolutionary and Institutional Economics Review**, v. 17, p. 183-195, 2020.
- IAB - INSTITUTO ACENDE BRASIL. **Evolução das tarifas de energia elétrica e a formulação de políticas públicas**. White Paper, 22. 2020. Disponível em: <https://acendebrasil.com.br/estudo/white-paper-22-evolucao-das-tarifas-de-energia-eletrica-e-a-formulacao-de-politicas-p-blicas/>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Ipeadata: dados macroeconômicos**. 2023. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- IRFFI, G. CASTELAR, I.; SIQUEIRA, M. L.; LINHARES, F. C. Previsão da demanda por energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime. **Economia Aplicada**, v. 13, n. 1, p. 69-98, 2009.
- JONES, C.; KAMMEN, D. M. Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities for US Households and Communities. **Environmental Science & Technology**, v. 48, n. 7, p. 3849-3856, 2014.
- KORSAKIENEA, R.; TVARONAVICIENEA, M.; SMALIUKIENEA, R. Impact of energy prices on industrial sector development and export: Lithuania in the context of Baltic States. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 110, p. 461-469, 2014.
- KRAFT, J.; KRAFT, A. On the relationship between energy and GNP. **Journal Energy Development**, v. 3, n. 2, p. 401-403, 1978.
- KRUGMAN, P. Where in the world is the 'new economic geography'. **The Oxford handbook of economic geography**, v. 23, p. 49-60, 2000.
- KRUYT, B. Resource Availability Limits on the Deployment of Renewable Energy Sources: the Case of Bioenergy. **Energy Policy**, v. 39, n. 1, p. 409-421, 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**, v. 29, n. 3, p. 212-220, 2007.
- \_\_\_\_\_. The impact of energy consumption on economic growth: Evidence from linear and nonlinear models in Taiwan. **Energy**, v. 32, n. 12, p. 2282-2294, 2007.
- LI, R.; LEUNG, G. C. K. The relationship between energy prices, economic growth and renewable energy consumption: Evidence from Europe. **Energy Reports**, v. 7, p. 1712-1719, 2021.
- MARQUES, L. D. **Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão da literatura**. Centro de Estudos Macroeconômicos e Previsão, Faculdade de Economia do Porto. 2000. Disponível em: <http://wps.fep.up.pt/wps/wp100.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.

- MARSHALL, A. **Princípios de economia: tratado introdutório**. São Paulo: Abril Cultural, n. 198, v. 2, 1890.
- MARTINEZ-GALARRAGA, J. The determinants of industrial location in Spain, 1856–1929. **Explorations in Economic History**, v. 49, n. 2, p. 255-275, 2012.
- NASCIMENTO, S. P. Guerra fiscal: uma análise quantitativa para estados participantes e não participantes. **Revista Economia**, v. 10, n. 2, p. 211-237, 2009.
- OATES, W. E. **Fiscal Federalism**. Harcourt Brace Jovanovich, 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, 2019.
- PORTO, E. C.; BRITO, L. A. L. Aglomeração industrial e seu efeito na taxa de crescimento das empresas brasileiras. **REAd**, Ed. 66, v. 16, n. 2, p. 446-480, 2010.
- 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**, v. 12, n. 1, p. 17-34, 2018.
- ROCHA, L. **Recursos Minerais e o Desenvolvimento Econômico do Estado do Pará**. Anais do Encontro Nacional de Economia, 2018. Disponível em: <https://en.anpec.org.br/previous-editions.php?r=encontro-2018>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- ROSENTHAL, S. S.; STRANGE W. C. Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies. In: HENDERSON, J. V; THISSE, J. F. (Eds.). **Handbook of Regional and Urban Economics**. Elsevier, v. 4, p. 2119-2171, 2004.
- SANTOS, G. F. Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira. **Revista do BNDES**, v. 37, p. 335-376, 2012.
- 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, 2017.
- SOBRINHO, E. M. G.; AZZONI, C. R. **Agglomerações industriais relevantes no Brasil**. Núcleo de Economia Regional e Urbana (NEREUS), 2014. Disponível em: [http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TD\\_Nereus\\_07\\_2014.pdf](http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TD_Nereus_07_2014.pdf). Acesso em: 04 dez. 2023.
- SOVACOOOL, B. K.; DWORKIN, M. H. Energy Justice: Conceptual Insights and Practical Applications. **Applied Energy**, v. 142, p. 435-444, 2015.
- STEINGRABER, R.; GONÇALVES, F. O. A influência da aglomeração e da concentração da indústria sobre a produtividade total dos fatores das empresas industriais brasileiras. **Nova Economia**, v. 25, n. 2, p. 349-368, 2015.
- STERN, D. I. The role of energy in economic growth. **Ecological Economics Reviews**, v. 1219, p. 6-51, 2011.
- STREMIKIENE, D.; KASPEROWICZ, R. Review of economic growth and energy consumption: A panel cointegration analysis for EU countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 1545-1549, 2016.
- TABOSA, F. J. S. *et al.* Análise da demanda por energia elétrica no meio rural do Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 52, n. 1, p. 149-188, 2019.
- WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of cross section and panel data**. 5 ed. Massachusetts: The MIT Press, 2003.