

Produtividade Total dos Fatores dos Municípios de Minas Gerais: Uma análise de 2011 a 2020

Pablo Miranda Guimarães¹
Humberto Francisco Silva Spolador²
Marcelo José Braga³

Resumo

O presente estudo realiza uma análise de decomposição da produtividade total dos fatores (PTF) em nível municipal para o estado de Minas Gerais entre 2011 e 2020, incorporando variáveis econômicas, institucionais e espaciais em um modelo de fronteira estocástica. Os resultados evidenciam fortes assimetrias regionais e destacam o papel da especialização setorial e dos ganhos de escala como vetores centrais do desempenho produtivo. A pesquisa contribui ao debate sobre desenvolvimento regional ao demonstrar que avanços em eficiência e produtividade requerem políticas territorialmente orientadas, capazes de articular estrutura produtiva, capital humano e gestão pública local.

Palavras – Chaves: Produtividade Total dos Fatores, Minas Gerais, Municípios

Classificação JEL: R10, R11, R19, O4

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um padrão marcante de concentração produtiva, com infraestrutura, capital humano e capacidades tecnológicas fortemente polarizados em poucos centros urbanos e industriais. Essa configuração espacial evidencia a persistência das desigualdades regionais, que permanecem como uma das principais marcas estruturais do desenvolvimento econômico nacional. Os distintos contextos sociais, econômicos e institucionais condicionam formas heterogêneas de uso dos recursos produtivos, as quais influenciam os níveis de eficiência e produtividade observados entre regiões distintas. (TSIAPA, TZEREMES, TZEREMES, 2025).

A especialização produtiva, a diversidade econômica e a capacidade de adaptação frente a mudanças do ambiente econômico são elementos de destaque no desempenho regional. Esses fatores se articulam a características locais endógenos e exógenos e condicionam a dinâmica do crescimento econômico regional (PIKE, RODRIGUEZ-POSE, TOMANEY, 2016). Ao mesmo tempo, a baixa eficácia na difusão territorial de políticas públicas e investimentos acentua os desequilíbrios regionais, criando um padrão de desenvolvimento desigual e de difícil reversão sem intervenções coordenadas e sensíveis à dimensão espacial dos fenômenos econômicos (BANERJEE e MOLL, 2010).

A literatura internacional tem apontado que a desaceleração da produtividade total dos fatores (PTF) decorre, em grande parte, de limitações da difusão tecnológica, da heterogeneidade institucional e da capacidade desigual de incorporação de inovações entre regiões. Tsiapa et al.

¹ Instituto Três Rios - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (ITR/UFRRJ)

² Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)

³ Universidade Federal de Viçosa (UFV)

(2025) destacaram que as regiões mais periféricas enfrentam dificuldades persistentes para acompanhar os centros mais avançados, mesmo diante de políticas de integração. Adicionalmente, elementos inerentes ao local, como saúde pública, investimento em pesquisa e desenvolvimento e capacidade administrativa têm sido destacados como determinantes relevantes da produtividade regional (ALEXA, 2016). Complementarmente, a eficiência dos governos locais varia consideravelmente dentro dos países, afetando diretamente o desempenho econômico de seus territórios (AGASISTI e PORCELLI, 2022; CORDEIRO et al., 2017). Em contextos marcados por desigualdade, como no caso sul-africano, Espoir e Ngepah (2020) analisaram que os efeitos diretos negativos da desigualdade sobre a produtividade local, embora seja possível estabelecer externalidades positivas em regiões vizinhas por meio de mecanismos de transbordamento.

No Brasil, o baixo crescimento da produtividade nas últimas décadas tem sido atribuído tanto a entraves estruturais quanto à persistente heterogeneidade regional. O desempenho recente da PTF indica uma estagnação preocupante, especialmente quando se considera o papel limitado da mudança estrutural como motor do crescimento (VELOSO et al., 2023). Estudos mostram que, apesar de avanços pontuais em setores como serviços, a produtividade agregada tem evoluído de forma lenta e desigual (JACINTO e RIBEIRO, 2015). No plano estadual, Canedo-Pinheiro e Barbosa Filho (2011) avaliaram que o crescimento da produtividade se dá, em grande parte, dentro dos próprios setores, e não por meio da realocação de recursos entre setores mais e menos produtivos. A análise da eficiência técnica dos municípios brasileiros revela que o desempenho tende a variar conforme o porte das localidades, com municípios menores apresentando níveis de eficiência mais baixos — o que pode ser explicado por fatores como economias de escala e uso subótimo de recursos públicos (SOUZA e STOSIC, 2005). Esses resultados ajudam a contextualizar os achados sobre Minas Gerais, onde a dinâmica econômica tem sido fortemente influenciada por choques de produtividade, embora choques fiscais também tenham desempenhado papel relevante na explicação dos ciclos econômicos regionais (SOUZA, CUNHA e DUARTE, 2022). Considerando essas evidências, torna-se ainda mais relevante investigar os determinantes regionais da produtividade no estado, tendo em vista suas especificidades institucionais, fiscais e setoriais.

Apesar dos avanços, literatura brasileira sobre produtividade concentra suas análises em escalas geográficas mais agregadas — seja no plano nacional, regional ou estadual. Os estudos na esfera municipal, onde efetivamente são estabelecidas as decisões produtivas e se operacionalizam políticas públicas, ainda permanece relativamente negligenciada. A ausência de um enfoque local compromete a robustez explicativa dos diagnósticos econômicos e restringe a capacidade de formular políticas públicas eficazes e contextualmente apropriadas às especificidades. Conforme apontou Siqueira (2019), é justamente no nível municipal que se articulam a estrutura produtiva, as capacidades institucionais e os resultados econômicos, conferindo a essa escala uma centralidade estratégica para compreender os padrões de eficiência regional. Adicionalmente, sob o ponto de vista metodológico, a presença do Problema da Unidade Areal Modificável, quando observada a questão da renda regional, também leva à questão da relevância das análises em níveis menores de agregação (GUIMARÃES; ALMEIDA, 2017).

O estado de Minas Gerais exemplifica de maneira clara esse desafio. O estado apresenta uma configuração econômica marcada por diversidade setorial e por intensas disparidades entre seus municípios. Essa heterogeneidade torna a análise da produtividade total dos fatores especialmente pertinente, não apenas para identificar variações de desempenho, mas também para investigar os elementos que favorecem — ou limitam — trajetórias de transformação produtiva no território.

Adicionalmente, evidências recentes indicam que choques de produtividade têm desempenhado um papel central na condução dos ciclos econômicos estaduais, superando, em impacto e persistência, os efeitos de natureza fiscal ou de demanda (SOUZA, CUNHA e DUARTE, 2022). Tal constatação reforça a ideia de que a eficiência produtiva deve ser compreendida não apenas como um atributo de competitividade, mas como um elemento estrutural do desenvolvimento regional.

A partir da literatura sobre produtividade regional no Brasil, este estudo avança na análise ao incorporar explicitamente a heterogeneidade regional e institucional dos municípios mineiros entre os anos de 2011 e 2020. Para isso, foram incorporadas variáveis econômicas, locacionais e institucionais diretamente na fronteira de produção estocástica, com o objetivo de estimar seus efeitos marginais sobre a produtividade municipal. A inserção de variáveis para além dos insumos produtivos tradicionais, tem como objetivo capturar de que modo o ambiente econômico local e os arranjos institucionais são capazes de deslocar a fronteira produtiva.

Adicionalmente, foi realizada uma decomposição do índice de produtividade total dos fatores (PTF) dos municípios mineiros, a fim de identificar os principais determinantes da dinâmica produtiva nos municípios. A decomposição considera os componentes de eficiência técnica, mudança tecnológica e eficiência de escala, além de captar os efeitos contextuais observáveis e não observáveis. Essa estratégia permite uma compreensão mais refinada das disparidades regionais, e oferece subsídios para a formulação de políticas públicas mais sensíveis às especificidades territoriais de Minas Gerais.

Além desta introdução, o artigo está organizado em seis seções. A Seção 2 apresenta um panorama geral da economia de Minas Gerais, destacando os principais desafios enfrentados por seus municípios e regiões. A Seção 3 discute o arcabouço teórico que fundamenta a análise e o modelo empírico, ao passo que a Seção 4 detalha os dados utilizados. Na Seção 5, são apresentados os resultados referentes à produtividade total dos fatores (PTF) e sua decomposição. Por fim, são apresentadas as conclusões do estudo e suas implicações para a análise sobre o desenvolvimento regional do estado.

2. MINAS GERAIS: Setores, Regiões e Produtividade

Concentrando cerca de 15,3% dos municípios brasileiros, o estado de Minas Gerais tem uma das economias mais relevantes do país. Ainda assim, sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) nacional vem apresentando leve retração: de 9,14% em 2011 para 8,66% em 2015 — reflexo da recessão que resultou em retração acumulada de 6,1% no biênio 2015–2016 — e alcançou 8,97% em 2020 (FJP, 2018). Com uma base produtiva diversificada, o estado combina atividades agropecuárias de grande escala, setor de serviços em expansão e indústria com forte presença da mineração. Essa configuração, no entanto, carrega limitações históricas ligadas à especialização em setores de baixa intensidade tecnológica e à vulnerabilidade externa derivada da concentração em commodities.

O avanço da mineração na década de 2000, impulsionado pela demanda internacional por minério de ferro, acentuou a reprimarização da economia mineira, ampliando sua dependência das flutuações do mercado global e comprometendo a formação de encadeamentos produtivos internos (JAYME JR.; CAMPOLINA; SALOMÃO, 2023). Embora gere superávits comerciais e receitas fiscais, esse modelo extrativista tem efeitos limitados sobre o dinamismo regional e a diversificação tecnológica. Municípios mineradores, por exemplo, nem sempre convertem essa renda em ganhos sociais efetivos (DENES; AMARAL; HERMETO, 2021).

A produtividade da economia estadual também é um ponto de atenção. Ferreira (2010) estimou que, se Minas Gerais operasse com a mesma eficiência produtiva de São Paulo, o PIB do estado poderia ser 41% maior. Essa defasagem está relacionada a gargalos estruturais como informalidade, infraestrutura deficiente e baixa qualificação média da força de trabalho. A superação desses entraves exige investimentos coordenados em capital humano, inovação e políticas industriais com foco em setores de maior conteúdo tecnológico (JAYME JR.; CAMPOLINA; SALOMÃO, 2023).

Ao mesmo tempo, o crescimento e o desenvolvimento em Minas Gerais apresentam importante componente territorial. Estudos sobre os municípios mineiros revelam que fatores locais como capital físico acumulado, densidade institucional e perfil demográfico influenciam fortemente os resultados econômicos (FIRME; SIMÃO FILHO, 2014). Em regiões com maior estoque de infraestrutura, os efeitos do capital humano sobre a renda são potencializados. Além disso, há evidências de fortes interações espaciais, em que municípios vizinhos compartilham externalidades positivas ou negativas, contribuindo para a formação de “clubes de convergência” e reforçando desigualdades regionais.

Em linha semelhante, Pinheiro e Firme (2022) identificaram que o desenvolvimento econômico municipal está frequentemente associado a fatores não econômicos, como a autonomia tributária local, a menor dependência de transferências federais e a presença de investimentos em áreas como cultura, habitação e lazer. Municípios menores e mais distantes dos grandes centros também tendem a apresentar melhores indicadores sociais, sugerindo que o desenvolvimento regional não segue, necessariamente, a lógica da concentração econômica.

Por fim, a economia mineira mantém forte interdependência com outras regiões do país, especialmente na aquisição de insumos. Esse padrão limita o impacto de políticas econômicas locais, ampliando os chamados "efeitos de transbordamento", e exigindo articulação federativa para maximizar os efeitos dos investimentos públicos (HADDAD; PEROBELI; SANTOS, 2005). Soma-se a isso a elevada sensibilidade da economia estadual a choques fiscais, que reforça a importância da estabilidade e da qualidade da política fiscal como vetor de sustentação do crescimento (SOUZA; CUNHA; DUARTE, 2022).

3. METODOLOGIA

Admitindo que existe a relação entre insumos e produtos que possam ser estabelecida de forma matemática, definida em termos do conjunto de produtos ($P(x)$) e do conjunto de insumos de produção ($L(x)$), estabelecida uma tecnologia⁴ (SHEPHARD, 1970; KUMBHAKAR; LOVELL, 2004), a função de produção é definida como:

$$f(x) = \max\{y: y \in P(x)\} = \max\{y: x \in L(x)\} \quad (1)$$

definindo que o maior montante de produto obtido com uma quantidade x de insumos, considerando adicionalmente que a lei da taxa marginal de substituição técnica é válida.

O presente estudo adota a análise da produtividade total dos fatores (PTF) como ferramenta para isolar a parcela do crescimento da produção (y) não explicada pelo aumento nos insumos produtivos ($L(x)$). A mensuração da PTF fornece indicações sobre eficiência alocativa e progresso técnico, sendo que seu aumento reflete maior produção com os mesmos recursos. Para a estimação

⁴ De acordo com Shephard (1970), uma tecnologia de produção consiste em meios alternativos, arranjos desses meios e usos de materiais e serviços pelos quais bens e serviços podem ser produzidos.

paramétrica da PTF, O'Donnell (2018) propõe o uso da Análise de Fronteira Estocástica que, em conjunto com uma função de produção, permite modelar estatisticamente a ineficiência e estimar o nível máximo de produto atingível.

Essa abordagem permite avaliar o desempenho produtivo dos municípios mineiros, identificando assimetrias na eficiência e revelando áreas com maior potencial de melhoria na alocação de recursos e no progresso técnico.

A partir do modelo proposto por Greene (2004), pode-se adaptar o modelo de fronteira estocástica de forma que:

$$\begin{aligned} y_{it} &= f(x_{it}, z_i) + v_{it} - u_{it}, & i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T \\ &= \alpha + \beta' x_{it} + \tau' z_i + v_{it} - u_{it}, & u_{it} \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

sendo y_{it} o Produto Interno Bruto do município i no ano t , x_{it} os vetores de insumos e z_i o vetor de características específicas dos municípios i .

O modelo de Fronteira Estocástica proposto por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) admite suposições quanto à distribuição de modo a criar um modelo empírico. O termo de erro composto é a soma de uma variável simétrica com distribuição normal (erro idiossincrático) e o valor absoluto de uma variável com distribuição normal (o termo de ineficiência técnica):

$$\begin{aligned} v_{it} &\sim N [0, \sigma^2] \\ u_{it} &= |U_{it}| \text{ sendo } U_{it} \sim N [0, \sigma^2] \perp v_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

Uma vez obtido os valores estimados de u_{it} , a eficiência técnica de cada município pode ser obtida por:

$$TE_i = \exp\{-\widehat{u}_{it}\} \quad (4)$$

Conforme Islam (1995), o uso de dados em painel é essencial para estudos sobre funções de produção e convergência de renda, pois permite controlar heterogeneidades específicas não observáveis entre unidades, como diferenças tecnológicas e institucionais. Ao contrário dos dados em corte transversal, essa abordagem melhora a robustez das estimativas ao reduzir o viés por variável omitida. Isso é especialmente relevante em contextos com forte diversidade regional, de modo que os dados em painel são mais adequados para capturar dinâmicas estruturais no crescimento econômico.

Assim foi adotada a forma funcional *Cobb-Douglas* para especificar a fronteira de produção, dada sua característica de estabelecer as relações insumos e produtos com uma análise exploratória múltipla. O modelo de fronteira estocástica com dados em painel foi estimado pelo estimador True Fixed Effect (TFE), de Greene (2004).

As variáveis representando o produto e os insumos foram transformadas em logaritmo e outros controles relacionados à produção, resultando na seguinte especificação de fronteira estocástica a partir da equação 2:

$$\ln Y_{it} = \lambda_1 P_{2it} + \lambda_2 P_{3it} + \sum_{k=1}^2 \beta_k \ln X_{kit} + \sum_{m=1}^8 \gamma_m Z_{mit} + \sum_{R=1}^{10} \alpha_R RP_R + \psi_i \text{Sudene}_i + v_{it} - u_{it} \quad (5)$$

onde Y_{it} é o PIB do município i no ano t , P_2 e P_3 são as variáveis de tendência no tempo representando os períodos de 2012-2016 e 2017-2020 respectivamente, X são os fatores tradicionais de produção, Z são as variáveis que influenciam a produção, RP são as *Dummies* das regiões de Planejamento e Sudene é a variável dummy de pertencimento na área de abrangência da Sudene. $\lambda_1, \lambda_2, \beta_k, \gamma_m, \alpha_R$ e ψ_i são os coeficientes a serem estimados.

A análise de produtividade envolve a medição e explicação das variações da PTF (Produtividade Total dos Fatores), comparando a produtividade do município i no período t com a produtividade do município k no período s , resultando em um índice de PTF definido como $TFPI^M(x_{ks}, y_{ks}, x_{it}, y_{it})$. A partir de O'Donnell (2018), da expressão (5) pode-se obter o índice da produtividade total dos fatores, comparando com a PTF do município i no tempo t com a PTF do município k no tempo s , conforme a expressão (6):

$$\begin{aligned} & \mathbf{TFPI}^M(\mathbf{x}_{ks}, \mathbf{q}_{ks}, \mathbf{x}_{it}, \mathbf{q}_{it}) \\ &= \left(\frac{\exp(\lambda_1 P_{2it} + \lambda_2 P_{3it})}{\exp(\lambda_1 P_{2ks} + \lambda_2 P_{3ks})} \right) \frac{\exp(\sum_{m=1}^8 \gamma_m Z_{mit} + \sum_{R=1}^{10} \alpha_R RP_R + \psi_i \text{Sudene}_i)}{\exp(\sum_{m=1}^8 \gamma_m Z_{mks} + \sum_{R=1}^{10} \alpha_R RP_R + \psi_i \text{Sudene}_i)} \\ & \prod_{m=1}^M \left(\frac{x_{mit}}{x_{mks}} \right)^{\beta_m - b_m} \left(\frac{e^{-u_{it}}}{e^{-u_{ks}}} \right) \left(\frac{e^{v_{it}}}{e^{v_{ks}}} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

O índice multiplicativo de PTF, conforme definido por O'Donnell (2018), decompõe a produtividade em cinco componentes. O primeiro é a mudança tecnológica (OTI), que reflete deslocamentos da fronteira produtiva impulsionados por inovações nos processos. O segundo, fatores ambientais invariantes (OEI), captura condições estruturais não observáveis que afetam a produção de forma persistente. O terceiro componente, *mix* eficiência e escala (OSEI), representa mudanças associadas à economia de escala. O quarto termo, eficiência técnica (OTEI), mede o grau de utilização da capacidade produtiva, frequentemente associado à qualidade da gestão. Por fim, o ruído estatístico (SNI) isola variações aleatórias, sem vínculo com a tecnologia ou com os agentes produtivos.

4. BASE DE DADOS

Distintas fontes de dados secundários foram mescladas com o objetivo de estimar a Produtividade Total dos Fatores (PTF) de 775 municípios mineiros no período de 2011 a 2020. Em razão da limitação de dados sobre capital, a análise foi restrita aos municípios atendidos pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), cuja cobertura abrange 775 municípios. Apesar da restrição, essa amostra representa uma parcela expressiva da economia estadual, correspondendo a 94,68% do PIB mineiro em 2011 e 93,18% em 2020.

O conjunto de dados contempla, além do produto, dois insumos produtivos (capital e trabalho), bem como variáveis que influenciam diretamente a produção local, tais como: composição setorial da economia (participação relativa de agropecuária, indústria, serviços e administração pública), indicadores de educação, saúde, segurança pública e investimento público. Também foram incluídas variáveis de controle, como a região de planejamento a que pertence cada município e a classificação de sua localização dentro ou fora da área de abrangência da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), conforme critérios estabelecidos pelo IBGE.

A variável produto foi definida a partir do Produto Interno Bruto (PIB) municipal, fornecido pela Fundação João Pinheiro (FJP). Tanto o PIB quanto todas as variáveis financeiras foram deflacionadas pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e expressas em valores constantes de 2020.

O insumo capital foi representado pelo consumo de energia elétrica (em kWh) nos setores industrial, comercial, rural e público, considerando tanto o consumo do poder público quanto dos serviços públicos. Essa escolha se baseia na noção de que a intensidade energética é uma característica do capital e que, por sua irreversibilidade, a energia utilizada reflete um estoque de capital e não um fluxo (DÍAZ; PUCH, 2019). Barreto e Almeida (2009) também utilizaram o consumo de energia elétrica como *proxy* para o capital físico. No entanto, os autores empregam a participação percentual do consumo de energia elétrica pela indústria como variável de interesse.

Embora a adoção do consumo de energia seja válida e consolidada pela literatura, ela apresenta algumas limitações, particularmente no que diz respeito à mensuração precisa do uso industrial de capital físico. Em primeiro lugar, observa-se uma crescente adoção de geração própria de energia, especialmente por meio de fontes renováveis como a energia fotovoltaica, o que pode subestimar o consumo captado pelas estatísticas convencionais. Em segundo lugar, há a possibilidade de aquisição de energia elétrica por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN), o que dificulta a atribuição geográfica precisa do consumo à atividade produtiva local.

O insumo trabalho foi obtido a partir da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), fornecida pelo Ministério do Trabalho, abrangendo o total de trabalhadores formais registrados em cada município.

A caracterização do perfil econômico municipal segue a metodologia de Pinheiro e Firme (2022), com base na participação relativa do share dos setores (Agropecuário, Indústria, Serviços e Administração Pública) e é definido pela razão dos PIB's setoriais em relação ao PIB total, fornecidos pela FJP. Os dados de saúde e educação referem-se aos gastos públicos per capita com essas funções, enquanto os investimentos são expressos como percentual sobre a despesa total. A segurança pública é representado pela quantidades de habitantes por policial militar.

As variáveis que afetam diretamente a fronteira de produção foram obtidas a partir da base do Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS). As fontes primárias incluem o Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais (para dados de saúde, educação e investimentos), a Polícia Militar de Minas Gerais (segurança) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para dados populacionais. A classificação das regiões de planejamento segue os critérios oficiais do Governo do Estado de Minas Gerais.

Para controlar as heterogeneidades regionais foram inseridas variáveis de classificação dos municípios relativamente às suas regiões de Planejamento, que seguem os critérios estabelecidos pelo Governo do Estado de Minas Gerais⁵ e a presença dos municípios que estão sob a área de atuação da SUDENE, conforme a classificação definida pelo IBGE⁶.

Visando capturar os ciclos econômicos, foram inseridas variáveis *dummiess* de maneira a caracterizar períodos que contemplem a recessão econômica dos anos de 2015 e 2016. Dessa forma foram definidas três variáveis:

- Período 1 (P_1): refere-se ao ano de 2011
- Período 2 (P_2): refere-se aos anos de 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016
- Período 3 (P_3): refere-se aos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020.

⁵https://www.mg.gov.br/sites/default/files/paginas/arquivos/2016/ligminas_10_2_02_regplan_listamunicipios.pdf

⁶<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/34331-area-de-atuacao-da-sudene.html>

A tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para o primeiro e último ano da análise, contemplando o produto, os insumos e as variáveis que afetam a produção.

Tabela 1 – Estatística Descritivas - 2011 e 2020

	Unidade	Média	DP	Min	Max	Média	DP	Min	Max
Produto	R\$ 1.000,00	828506.10	4785029.00	18271.99	11.2 x 10 ⁷	830787.80	4491018.00	20242.57	10.3 x 10 ⁷
Capital	KwH	4.34 x 10 ⁷	18.7 x 10 ⁷	311538	261 x 10 ⁷	4.14 x 10 ⁷	14 x 10 ⁷	402174	251 x 10 ⁷
Trabalho	# de trabalhadores	5923.470	51135.500	66.000	1370942.000	5902.53.	45368.500	127.000	1200871.000
Share Agro	%	0.189	0.135	0.000	0.838	0.129	0.104	0.000	0.604
Share Indústria	%	0.141	0.146	0.020	0.882	0.130	0.134	0.019	0.083
Share Serviço	%	0.301	0.093	0.041	0.812	0.351	0.097	0.069	0.850
Share Adm. Publ.	%	0.308	0.147	0.020	0.652	0.321	0.144	0.028	0.657
Educação	R\$/hab	734.930	296.550	278.840	3221.050	702.020	324.050	221.860	4955.390
Saúde	R\$/hab	691.110	307.380	28.010	2659.420	977.450	390.830	220.560	3797.470
Investimento	%	11.860	5.450	1.130	48.270	11.350	5.880	1.380	62.470
Segurança	hab/# de PMMG	805.850	423.400	133.670	3796.750	597.270	204.600	77.600	1538.000

Fonte: Elaborado pelos Autores

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise da Fronteira Estocástica dos Municípios Mineiros (2011 a 2020)

A estimação do modelo de fronteira estocástica em painel, com correção para efeitos fixos (TFE), foi realizada por máxima verossimilhança no *Stata 15*. Conforme apresentado na Tabela 2, os resultados evidenciam que os grupos de insumos, as variáveis deslocadoras da fronteira e os fatores locais apresentam coeficientes estatisticamente significativos ao nível de 5%, sinalizando sua relevância na determinação da eficiência produtiva dos municípios analisados.

Os coeficientes dos insumos sugerem que a economia dos municípios de Minas Gerais é mais intensiva em trabalho do que em capital. Ao analisar as elasticidades do trabalho e do capital em relação ao produto, observa-se que um aumento de 10% no estoque de trabalho formal eleva o PIB municipal em aproximadamente 2,42%, enquanto uma elevação de mesma magnitude no consumo de energia — *proxy* utilizada para capital — resulta em um acréscimo de 1,24% no PIB. Tais resultados reforçam o caráter *labor-intensive* das economias locais, refletindo padrões estruturais típicos de regiões com menor grau de capitalização produtiva.

Ao se analisar o perfil econômico dos municípios, observa-se relativa homogeneidade nos retornos associados à especialização setorial, considerando os setores agropecuário, industrial e de serviços. O setor industrial apresenta o maior impacto estimado, com um aumento de 1 ponto percentual em sua participação no PIB municipal resultando em uma elevação de aproximadamente 6,68% no produto. No entanto, os setores agropecuário e de serviços também apresentam efeitos de magnitude semelhante. Esses resultados indicam que, independentemente da base produtiva predominante, a especialização setorial exerce influência significativa sobre o desempenho econômico local.

Tabela 2 – Resultados do Modelo SFA - 2011 e 2020

Variáveis	Coeficientes	95% IC
-----------	--------------	--------

Capital	0.124***	[0.1109 ; 0.1378]
Trabalho	0.242***	[0.2250 ; 0.2594]
Share Agrop.	6.085***	[5.8960 ; 6.2749]
Share Ind.	6.480***	[6.2837 ; 6.6767]
Share Serviço	6.075***	[5.8501 ; 6.2994]
Share Adm. Pública	3.334***	[3.1310 ; 3.5377]
periodo2	0.0133***	[0.0093 ; 0.1721]
periodo3	0.0338***	[0.0306 ; 0.0369]
Educação	0.000187***	[0.0001 ; 0.0002]
Investimento	-0.000568**	[-0.0010 ; - 0.0001]
Saúde	5.27e-05***	[0.00003 ; 0.00006]
Segurança	6.11e-06**	[0.0000 ; 0.00001]
Dummys Locacionais		
RP2	1.395***	[1.2689 ; 1.5208]
RP3	1.500***	[1.3746 ; 1.6244]
RP4	1.732***	[1.6046 ; 1.8602]
RP5	1.627***	[1.4956 ; 1.7588]
RP6	1.651***	1.5129 ; 1.7880]
RP7	1.462***	[1.3281 ; 1.5961]
RP8	1.002***	[0.8444 ; 1.1589]
RP9	1.003***	[0.8539 ; 1.1516]
RP10	1.408***	[1.2637 ; 1.5521]
SUDENE	1.030***	[0.9393 ; 1.1209]
U-Sigma	-5.314***	[-5.4406 ; -5.1866]
V-Sigma	-5.366***	[-5.4499 ; -5.2811]
Sigma u	0.7001***	[0.06585 ; 0.0747]
Sigma v	0.0683***	[0.0655 ; 0.0713]
Lambda	1.0262***	[1.019 ; 1.0328]

Observações 7750

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaborado pelos Autores

Para os coeficientes que medem os impactos de ambientes ou arranjos institucionais, embora tenham apresentado significância estatística, a magnitude do impacto gerando incrementos marginais foram muito baixos. A análise da variável de educação mostra que uma elevação em 1 p.p no gasto *per capita* com educação resulta em um impacto positivo no PIB dos municípios do estado. Embora o efeito seja quantitativamente modesto, ele se mostra estatisticamente significativo, o que sugere que os investimentos em capital humano geram retornos positivos, ainda que de natureza gradual e cumulativa ao longo do tempo. Firme e Simão Filho (2014) mostraram que aumentos no investimento em educação permite uma melhoria relativa na infraestrutura, gerando um crescimento econômico na região.

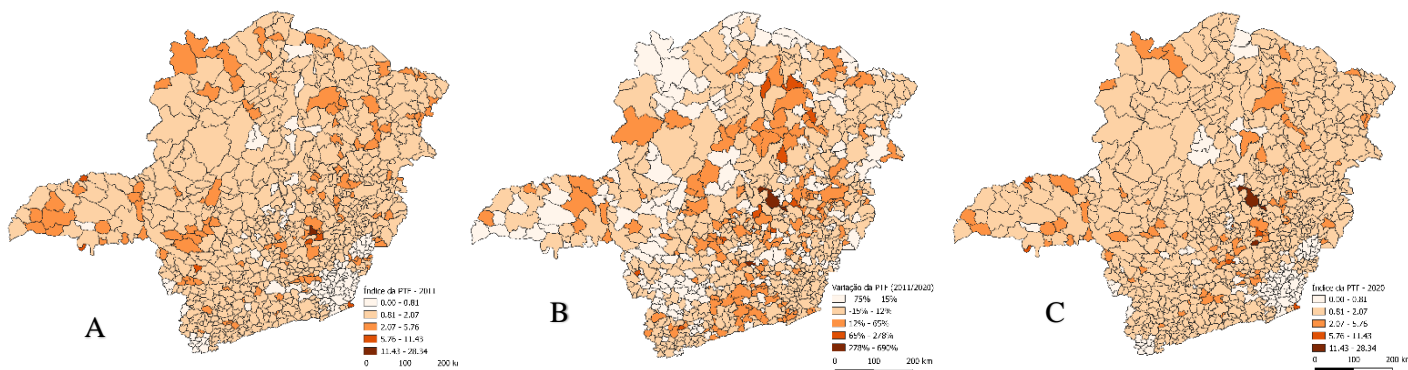
O coeficiente referente ao investimento apresenta um sinal contra intuitivo, pois espera-se que aumentos no investimento gerassem ganhos no PIB municipal, contudo o resultado indica um aumento em 1 p.p. na razão acarreta diminuição do PIB. Esse resultado pode indicar que os investimentos públicos realizados não têm produzido impacto direto imediato sobre o nível de produto, ou que parte dos municípios alocam recursos de investimento de forma ineficiente.

Quanto aos coeficientes que medem o progresso técnico, estes mostram que a taxa de progresso técnico foi de 1,33% e 3,38% em cada período em relação ao período de referência (2011).

5.2. Análise da Produtividade

A figura 1 apresenta o índice de Produtividade Total dos Fatores dos municípios de Minas Gerais em 2011 (A), sua variação percentual durante o período analisado (B) e seus valores em 2020 (C).

Figura 1 – PTF 2011 e 2020 e sua variação



Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme discutido por Denes, Amaral e Hermeto (2022), a indústria de mineração exerce efeitos positivos sobre a economia local dos municípios de Minas Gerais. Essa influência torna-se particularmente evidente ao se observar o grupo de municípios com as maiores taxas de crescimento da produtividade total dos fatores (PTF) no período de 2011 a 2020. Dos cinco municípios com os maiores avanços nesse indicador (Capitão Enéas, Jeceaba, Conceição do Mato Dentro, Igaratinga e Riacho dos Machados), apenas Igaratinga não possui estrutura econômica diretamente vinculada à atividade mineradora, o que reforça a importância do setor como vetor de dinamismo produtivo regional. Do ponto de vista econômico local, estes ganhos podem ser bem recebidos, desde que haja, por exemplo, uma capacidade de diversificação produtiva ou uma mitigação dos riscos gerados pela atividade de extração mineral.

A tabela 3 mostra a evolução do índice médio da PTF dos municípios pertencentes ao vale do Rio Doce. Adicionalmente à recessão econômica dos anos de 2015 e 2016, a atividade econômica dos municípios foram impactados, conforme destacam Castro e Almeida (2019).

Tabela 3 – Índice médio da PTF dos municípios da Bacia do Vale do Rio Doce

Fonte: Elaborado pelos Autores

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1,934	1,967	1,925	1,825	1,641	1,796	1,711	1,690	1,814	1,814

Ao analisar a evolução da produtividade total dos fatores (PTF) das regiões de planejamento entre os períodos 2 e 3 (tabela 4), que correspondem aos momentos anterior e posterior à recessão econômica da década passada, observa-se um avanço expressivo da Região de Planejamento Norte. Apesar de ser marcada por uma economia estruturalmente menos dinâmica e de baixo nível de desenvolvimento, o crescimento da PTF nesse intervalo pode estar associado à expansão da fruticultura, especialmente nas cadeias produtivas de banana, limão, mamão, manga e uva.

A Região de Planejamento Central apresentou uma dinâmica econômica fortemente influenciada pela atividade mineradora. Municípios situados no Quadrilátero Ferrífero, como também Jeceaba, Conceição do Mato Dentro e outros com estrutura produtiva vinculada à mineração, exercem papel central na configuração econômica da região.

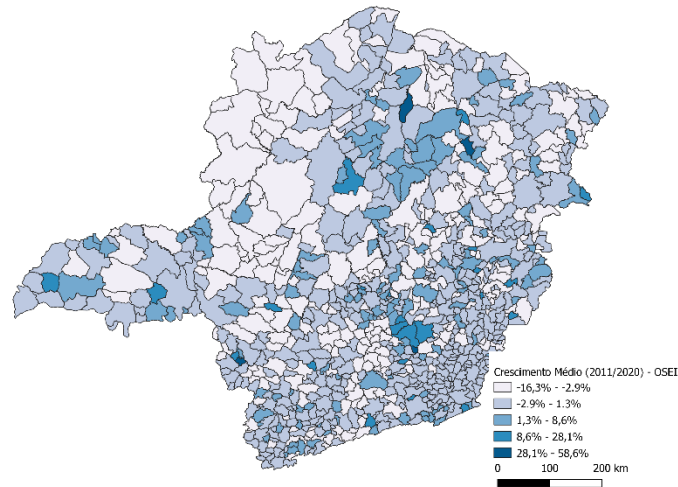
Tabela 4 – Crescimento Médio da PTF dos Municípios

		2012/2016	2017/2020
I	Central	0,02%	5,20%
II	Mata	3,18%	1,65%
III	Sul de Minas	3,30%	-0,73%
IV	Triângulo	3,98%	-3,87%
V	Alto Paranaíba	-5,53%	-1,63%
VI	Centro-Oeste	5,34%	2,27%
VII	Noroeste	-8,35%	0,58%
VIII	Norte	-14,80%	4,43%
IX	Jequitinhonha-Mucuri	0,72%	2,36%
X	Rio Doce	2,44%	2,25%

Fonte: Elaborado pelos Autores

Ao analisar a decomposição da produtividade total dos fatores, observa-se que o componente de maior impacto foi o Índice de Escala (OSEI). Conforme ilustrado na Figura 2, os municípios que apresentaram os maiores ganhos de produtividade associados a economias de escala ao longo da década estão concentrados nas regiões Norte e Jequitinhonha-Mucuri.

Figura 2 – Crescimento Médio da PTF dos Municípios



Fonte: Elaborado pelos Autores

6. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam que a estrutura produtiva dos municípios de Minas Gerais é predominantemente intensiva em trabalho, com forte influência da composição setorial sobre o desempenho econômico local. Os setores agropecuário, industrial e de serviços demonstram uma homogeneidade e destacada relevância quando ao nível de produto gerado.

As evidências também sugerem que os investimentos públicos, quando considerados como proporção da despesa total, apresentam impacto negativo sobre o produto, possivelmente em razão de alocações ineficientes ou de projetos com baixa capacidade de indução econômica no curto prazo. Em contrapartida, os gastos em educação, ainda que com efeitos quantitativamente modestos, demonstram impacto positivo e estatisticamente robusto, apontando para os retornos graduais e cumulativos associados ao capital humano.

A análise da produtividade total dos fatores (PTF) reforça esse diagnóstico, ao revelar que os ganhos mais expressivos estão associados à eficiência de escala, com destaque para os municípios das regiões Norte e Jequitinhonha-Mucuri — territórios tradicionalmente marcados por menor dinamismo econômico.

Nesse contexto, o desafio do desenvolvimento regional em Minas Gerais é simultaneamente estrutural e territorial: ampliar a eficiência produtiva dos municípios e reduzir as disparidades regionais. A superação dessas barreiras exige políticas públicas integradas, que articulem inovação, infraestrutura, qualificação da gestão e valorização das potencialidades locais. Mais do que diferencial, a incorporação das especificidades territoriais deve ser entendida como uma condição necessária para que o crescimento econômico se converta em progresso social amplo e duradouro.

Para trabalhos futuros, propõe-se estabelecer as relações espaciais da PTF, por meio de uma fronteira estocástica espacial.

7. REFERÊNCIAS

- AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, v. 6, n. 1, p. 21–37, jul. 1977.
- AGASISTI, T; PORCELLI, F. Local governments' efficiency and its heterogeneity: empirical evidence from a SFA of Italian municipalities (2010–2018). *Socio-Economic Planning Sciences*, [S. l.], v. 82, 101089, 2022.
- ALEXA, D. Total factor productivity, health and spatial dependence in some European regions. *Procedia Economics and Finance*, [S. l.], v. 39, p. 548–556, 2016.
- BANERJEE, Abhijit V.; MOLL, Benjamin. Why does misallocation persist?. *American Economic Journal: Macroeconomics*, v. 2, n. 1, p. 189-206, 2010.
- BARRETO, R.C.S.; ALMEIDA, E.S. A contribuição do capital humano para o crescimento econômico e convergência espacial do PIB *per capita* no Ceará. *Trabalhos Vencedores do 2º Prêmio IPECE de Economia*. Fortaleza: IPECE, 2009.
- CANEDO-PINHEIRO, Marcelo; BARBOSA FILHO, Fernando de Holanda. Produtividade e convergência entre estados brasileiros: exercícios de decomposição setorial. *Texto para Discussão*, IPEA, n. 1650, 2011.
- CASTRO, Lucas Siqueira; ALMEIDA, Eduardo Simões. Desastres e desempenho econômico: avaliação do impacto do rompimento da barragem de Mariana. *Geosul*, v. 34, n. 70, p. 406-429, 2019.
- CORDEIRO, João et al. Efficiency assessment of Portuguese municipalities using a conditional nonparametric approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, [S. l.], v. 58, p. 14–26, 2017.
- DÍAZ, Antonia; PUCH, Luis A. Investment, technological progress and energy efficiency. *The BE Journal of Macroeconomics*, v. 19, n. 2, p. 20180063, 2019.
- DENES, G. ; AMARAL, Pedro Vasconcelos Maia; Hermeto, Ana. Análise do Impacto da Mineração no Desenvolvimento dos Municípios Mineiros e Paraenses em 2000 e 2010. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 15, p. 416-439, 2022.
- ESPOIR, Delphin; NGEPHAH, Nicholas. The effects of inequality on total factor productivity across districts in South Africa: A spatial econometric analysis. *Economic Analysis and Policy*, [S. l.], v. 67, p. 117–129, 2020.
- FERREIRA, P. Eficiência e produtividade total dos fatores em Minas Gerais. Rio de Janeiro: FGV/EPGE, 2010.
- FIRME, V. A. C.; SIMÃO FILHO, J. Análise do crescimento econômico dos municípios de Minas Gerais via modelo MRW com capital humano, condições de saúde e fatores espaciais, 1991–2000. *Economia Aplicada*, v. 18, n. 4, p. 679–716, 2014.
- FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Sistema de Contas Regionais de Minas Gerais – Indicadores consolidados até 2020. Belo Horizonte: FJP, 2018.
- HADDAD, E.; PEROBELLI, F.; GUIMARÃES, P. M.; ALMEIDA, E. S. . A análise de convergência de renda no Brasil e o problema de escala espacial. *ENSAIOS FEE (ONLINE)*, v. 37, p. 899-924, 2017.
- HADDAD, E.A.; PEROBELLI, F.S.; SANTOS, R.A.C. Inserção econômica de Minas Gerais: uma análise estrutural. *Nova Economia*, v.15, n.2, p.63-90, 2005.
- ISLAM, N. Growth empirics: a panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 110, n. 4, p. 1127-1170, 1995.
- JACINTO, P. A.; RIBEIRO, E. Crescimento da produtividade no setor de serviços e da indústria no Brasil: dinâmica e heterogeneidade. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, v. 14, n. 2, p. 297–326, 2015.

JAYME JR., F. G.; CAMPOLINA, B.; SALOMÃO, F. Economia mineira em um mundo em transformação: atrasos tecnológicos e recentes dilemas. *Nova Economia*, v. 33, n. 3, p. 569–600, 2022.

KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

O'DONNELL, C. J. *Productivity and Efficiency Analysis*. Singapore: Springer Singapore, 2018.

PIKE, Andy; RODRÍGUEZ-POSE, Andrés; TOMANEY, John. Shifting horizons in local and regional development. In: *Transitions in regional economic development*. Routledge, 2018. p. 82-102.

PINHEIRO, C. B.; FIRME, V. A. C. O efeito de políticas públicas e de características locais sobre o desenvolvimento econômico: uma análise empírica baseada nos municípios de Minas Gerais. *Nova Economia*, v. 32, n. 3, p. 803–831, 2022.

SANTOS, R. Inserção econômica de Minas Gerais: uma análise estrutural. *Nova Economia*, v. 15, n. 2, p. 63-90, 2005.

SHEPHARD, Ronald William. *Theory of cost and production functions*. Princeton University Press, 1970.

SIQUEIRA, Kleyton José da Silva Pereira et al. *Produtividade e eficiência dos municípios brasileiros: um olhar para as heterogeneidades regionais*. 2019. Tese (Doutorado em Economia — área de concentração: Economia Regional e Urbana) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SOUZA, Michel C. de; CUNHA, Ramon G.; DUARTE, Joicy M. E. Os efeitos de choques fiscais e de produtividade sobre os ciclos econômicos de Minas Gerais. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p. 219–254, 2022.

SOUZA, Maria da C. S. de; STOSIC, Borko. Technical efficiency of the Brazilian municipalities: correcting nonparametric frontier measurements for outliers. *Journal of Productivity Analysis*, [S. l.], v. 24, p. 157–181, 2005.

SOUZA, M.; CUNHA, R.; DUARTE, J. Os efeitos de choques fiscais e de produtividade sobre os ciclos econômicos de Minas Gerais. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 52, n. 2, p. 220-243, 2022.

TSIAPA, Maria; TZEREMES, Panagiotis; TZEREMES, Nickolaos G. Productivity slowdown and regional productivity heterogeneity. *Regional Studies*, [S. l.], 2025.

VELOSO, F.; FEIJÓ, J.; BARBOSA FILHO, F.H.; RUHE, A.P. Índice De Capital Humano (ICH) Anual. FGV IBRE. 2023 Disponível em:
https://ibre.fgv.br/sites/ibre.fgv.br/files/arquivos/u65/ich_anual_final.pdf