



**EFICIÊNCIA SOCIAL ENTRE REGIÕES MINERADORAS E NÃO
MINERADORAS EM MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE POR MEIO DO ÍNDICE
DE MALMQUIST**

***SOCIAL EFFICIENCY BETWEEN MINING AND NON-MINING REGIONS IN MINAS
GERAIS: AN ANALYSIS USING THE MALMQUIST INDEX***



Amanda Raphaela SILVA E SILVA¹
e-mail: amanda.raphaela@aluno.ufop.edu.br



Alan BUENO²
e-mail: alan.bueno@unesp.br



Diogo FERRAZ³
e-mail: diogoferraz@usp.br

Como referenciar este artigo:

Silva, A. R. S., Bueno, A., & Ferraz, D. (2025). Eficiência social entre regiões mineradoras e não mineradoras em Minas Gerais: Uma análise por meio do índice de Malmquist. *Revista GEPROS*, 20, e025003. DOI: 10.15675/gepros.3018.



| **Submetido em:** 24/04/2024
| **Aprovado em:** 18/08/2025
| **Publicado em:** 23/09/2025

Editora: Profa. Dra. Paula de Camargo Fiorini

¹Bacharelado em Economia, Departamento de Economia – UFOP, Brasil.

² Mestrado em Economia Aplicada, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP/UNESP), Bauru, São Paulo, Brasil.

³ Professor da Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de Lorena, Departamento de Engenharia Química e de Produção (DEQUI), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP/UNESP), Lorena, São Paulo, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Comparar a eficiência social entre municípios mineradores e não mineradores do estado de Minas Gerais para os anos de 1990, 2000 e 2010. **Metodologia/Abordagem:** Utiliza-se uma combinação de parâmetros agrupados pelo método de Análise Envoltória de Dados (DEA) e pelo Índice de Malmquist. **Resultados:** São apresentadas as regiões com melhor e pior performance em eficiência social em Minas Gerais. Os resultados foram divididos entre regiões com atividade mineradora e sem atividade mineradora. Não foram encontrados impactos relevantes, positivos ou negativos, causados especificamente pela atividade de mineração sobre a eficiência social. **Contribuições, implicações práticas e sociais:** Este artigo contribui para a formulação de políticas públicas para o desenvolvimento humano em municípios mineradores e não mineradores. Dentre as implicações práticas, verificou-se que são necessárias políticas públicas para melhorar a eficiência na utilização dos recursos financeiros, a fim de promover o desenvolvimento humano. Dentre as implicações sociais, espera-se que a análise da eficiência social melhore o impacto de outros programas sociais (i.e., habitação, saúde e educação) nos municípios analisados. **Originalidade/Valor:** Há escassez de estudos que analisem a eficiência social em municípios mineradores e não mineradores em países em desenvolvimento, o que torna este artigo pioneiro no tema.

Palavras-chave: Análise Envoltória de Dados. Índice de Malmquist. Desenvolvimento Humano. Mineração. Brasil. Minas Gerais.

ABSTRACT

Purpose: Compare the social efficiency indexes in the Minas Gerais state from 1990 to 2010. **Methodology/Approach:** This study uses a combination of parameters grouped by the method of data envelopment analysis (DEA) and by the Malmquist Index. **Findings:** We presented the top and bottom-ranked regions among the Minas Gerais municipalities. We analyzed these results by dividing them through regions with mining and no-mining regions. We found no relevant impacts, positive or negative, caused specifically by the mining activity on social efficiency. **Research, practical & social implications:** This article contributes to the formulation of public policies for human development in both mining and non-mining municipalities. Among the practical implications, the findings indicate the need for public policies aimed at improving the efficiency of financial resource allocation to promote human development. Regarding social implications, it is expected that the analysis of social efficiency will enhance the impact of other social programs (e.g., housing, health, and education) in the municipalities under study. **Originality/ Value:** There is a scarcity of studies analyzing social efficiency in mining and nonmining municipalities in developing countries, making this article a pioneer on the topic.

Keywords: Data Envelopment Analysis. Malmquist Index. Human Development. Mining. Brazil. Minas Gerais state.

Introdução

O desenvolvimento econômico, pouco a pouco, provou-se insuficiente para medir o progresso de um município, estado ou país de forma satisfatória. Essa insuficiência criou oportunidade para que novas abordagens fossem desenvolvidas na tentativa de responder a perguntas complexas, como: qual o objetivo de um ser humano? O que o ser humano mais valoriza em sua vida? Existe uma resposta universal a essa pergunta ou ela depende de fatores culturais? (Mariano, 2019). No caso dos municípios mineradores, encontrar esse resultado mostraria o impacto da atividade econômica na região, ajudando as prefeituras a tomarem decisões que mitiguem os pontos negativos e potencializem os pontos positivos das consequências geradas, em especial em regiões em desenvolvimento.

Minas Gerais (MG) é um dos estados brasileiros que possui o território moldado pela mineração. De acordo com a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG, 2022), o estado extrai, por ano, mais de 300 milhões de toneladas de minério de ferro, o que corresponde a 40% da produção de minerais metálicos e 50% de todo o ouro produzido no país. Vale destacar ainda que, dentro dos quase 587.000 km², são obtidas as maiores produções de zinco, fosfato, grafita, lítio e calcário (CODEMIG, 2022).

Além da visão extrativista, observa-se um local com 20,87 milhões de habitantes que detém o 3º maior Produto Interno Bruto (PIB) e o 7º maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do país (IBGE, 2023). O IDH coloca MG em uma posição favorável, pois a longevidade, a média de anos de educação formal e o poder de compra dos mineiros são aspectos com boa manutenção na esfera estadual. O mesmo não ocorre para todos os municípios mineiros, pois, dentro do estado, os valores sofrem variações para cima ou para baixo, a depender dos limites territoriais analisados.

O desafio da gestão pública está em captar e gerir recursos de acordo com os serviços requeridos pela sociedade local. Uma das formas estabelecidas para arrecadação de impostos é a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM).

Estabelecida pela Constituição de 1988, a CFEM é a contrapartida financeira paga pelas empresas mineradoras à União, aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios pela utilização dos recursos minerais nos respectivos territórios. A receita bruta da CFEM é a receita bruta das operações de venda, deduzindo-se apenas os tributos que incidem sobre a comercialização, não sendo permitida, portanto, a dedução das despesas com frete e seguro. Em toda e qualquer exportação, a base de cálculo estará sujeita a teste pelo Preço sob Cotação de Exportação (PECEX) ou pelo valor de referência, a ser fixado pela Agência Nacional de Mineração. O valor

apurado servirá como base mínima de cálculo da CFEM nas exportações, independentemente do valor declarado pelo contribuinte. Os contribuintes usufruem de uma redução de 50% no valor a pagar de CFEM nos casos de venda de rejeitos e estéreis de minerais associados e utilizados em outras cadeias produtivas (AMIG, 2022).

Os valores arrecadados pela CFEM são calculados mensalmente e individualmente para cada mineradora com base nas operações de venda. Do montante total, 65% devem ser repassados ao município, 23% ao estado e 12% à União. Esses valores mostram que o rastreamento da utilização dos recursos é exigível, uma vez que a maior parcela fica no município e que as prefeituras são órgãos com maior restrição de capital humano qualificado para gerir recursos. Essa quantia é direcionada a projetos para melhorar a qualidade de vida da comunidade local, como melhorias na infraestrutura, meio ambiente, saúde e educação. É proibido o uso da CFEM para quitar dívidas ou realizar pagamentos destinados à manutenção do quadro de funcionários públicos fixos (Decreto n.º 01, de 11/12/1991).

Há significativa disparidade de recursos entre cidades mineradoras e não mineradoras em Minas Gerais. Ademais, não há garantias de que os recursos da CFEM promovam adequadamente o desenvolvimento humano. Isso porque pode ocorrer desperdício dos recursos financeiros em projetos que não impactem a sociedade carente do município de forma relevante. Nesse sentido, urge a necessidade de desenvolver uma ferramenta objetiva, a fim de mensurar a conversão dos recursos financeiros da CFEM em desenvolvimento humano local, bem como testar empiricamente a discrepância do desenvolvimento humano entre municípios mineradores e não mineradores. Neste sentido, este artigo busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: *a atividade mineradora tem influência sobre o desenvolvimento humano dos municípios de Minas Gerais?* Para respondê-la, o objetivo é mensurar índices de desenvolvimento humano em três períodos (1990, 2000, 2010). Frente ao exposto, este estudo busca contribuir com a literatura para que os resultados sejam utilizados por órgãos públicos na formulação de políticas públicas mais eficientes na conversão dos recursos financeiros adicionais da mineração em desenvolvimento humano.

Vale destacar que não foram encontrados estudos que abordem diretamente o tema do desenvolvimento humano em municípios mineiros que tenham ou não a mineração como atividade econômica principal. Todavia, Magalhães et al. (2010) avaliaram a eficiência dos gastos públicos em Minas Gerais, e Romero et al. (2009) analisaram a eficiência social em cidades históricas de Minas Gerais. O presente artigo avança ao comparar o desenvolvimento humano entre municípios mineradores e não mineradores, o que contribui para a formulação de

políticas públicas no estado de Minas Gerais e em outros estados com presença significativa da mineração.

Revisão de Literatura

Este tópico apresenta a revisão do arcabouço teórico deste artigo. Primeiro, discute-se a definição de desenvolvimento humano. Segundo, aborda-se o conceito de eficiência social. Finalmente, apresentam-se dados sobre o desenvolvimento econômico de Minas Gerais.

Desenvolvimento Humano

Amartya Sen é uma importante fonte científica para a literatura internacional sobre o desenvolvimento humano. Sen (2010) relata que o desenvolvimento humano deve ser compreendido pelo aumento das liberdades individuais. Ele considera verdadeiramente livres os indivíduos que possuem condições de atingir os próprios objetivos. Entender o cidadão na condição de agente possibilita que o indivíduo se torne um “ser social” mais completo e com existência enriquecida, permitindo-lhe colocar em prática os anseios e aspirações, além de influenciar o mundo ao seu redor (Mariano, 2019). Nesse aspecto, a Teoria das Capacidades, desenvolvida por Sen (2010), propõe uma abordagem alternativa ao bem-estar e ao desenvolvimento econômico, deslocando o foco dos recursos físicos e dos resultados materiais para as capacidades reais que os indivíduos possuem para promover a vida que valorizam. Assim, o bem-estar deve ser avaliado com base nas oportunidades concretas que os indivíduos possuem para alcançar funcionamentos essenciais, como viver com saúde, ter acesso à educação e participar ativamente da sociedade. Essas capacidades são influenciadas por fatores como condições sociais, políticas públicas e contextos culturais. A teoria enfatiza a liberdade como elemento central do desenvolvimento, entendendo que expandir as escolhas disponíveis às pessoas é tanto um meio quanto um fim para melhorar a qualidade de vida e reduzir desigualdades (Sen, 2010).

Neste sentido, surge o conceito de desenvolvimento humano, que, desde a década de 1950, correspondia apenas à análise do PIB. Em 1993, passou a ser medido pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e, desde então, tem sido publicado anualmente pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), no Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH). O IDH é composto por três indicadores principais: expectativa de vida ao

nascer, média de anos de educação formal e renda, enquanto poder de compra. As vantagens do IDH são: (a) basear-se na ideia de que o desenvolvimento se relaciona com a ampliação das escolhas de um ser humano; (b) incluir um número reduzido de variáveis; (c) agrupar diversas informações em um único valor; (d) avaliar aspectos econômicos e sociais; (e) ser flexível e gradualmente aprimorado com o tempo (Haq, 1995). Sua implantação foi fundamental, pois representou evolução em relação ao modelo anterior, embora esse indicador ainda sofra críticas relativas ao método.

Uma das principais vantagens do IDH é a simplicidade. Entretanto, essa característica pode mascarar a complexidade do desenvolvimento humano ao reduzir múltiplas dimensões a uma única métrica composta por saúde, educação e renda. Isso ignora aspectos importantes, como desigualdades dentro dos países, questões ambientais, segurança e participação política (Ferraz et al., 2021). Além disso, o peso igual dado às três dimensões é considerado arbitrário e pode não refletir as prioridades de diferentes contextos (Mariano et al., 2021). Críticos apontam que a dependência de médias nacionais oculta disparidades regionais e sociais, especialmente em países com alta desigualdade. O uso de indicadores limitados, como expectativa de vida, anos de escolaridade e PIB per capita, pode não capturar nuances importantes do bem-estar humano. Ademais, estudiosos como Mahlberg e Obersteiner (2001) afirmam que o problema está no peso atribuído a cada uma dessas dimensões.

A crítica sobre os pesos do IDH pode ser solucionada por meio de novos índices calculados pela Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA). Esta técnica tem sido utilizada e explicada nas últimas décadas (Despotis, 2005b; Mariano et al., 2015; Tofallis, 2013; Zhou et al., 2010; Ferrari & Mariano, 2016). As duas opções alternativas para apontar o desenvolvimento humano, DEA e Índice de Malmquist (IM), levam em consideração a conversão de riqueza em outras dimensões (Chen & Iqbal Ali, 2004; Zofio, 2007; Zrelli et al., 2020). O Índice de Malmquist foi utilizado para mensurar eficiência, como na indústria de plásticos na Jordânia (Al-Refaie et al., 2015) e no setor de energia na China (Walheer, 2022). Tohidi e Razavyan (2013) unem a técnica de DEA ao Índice de Malmquist, ao criar o índice de produtividade de Malmquist de lucro global circular (PMG). O índice PMG proposto é aplicável quando os custos de entrada e os preços de saída são conhecidos e quando os produtores procuram maximizar o lucro total de suas unidades de tomada de decisão (DMUs), conectando mudanças de produtividade ao longo do tempo. Essa flexibilidade e mudança de ponto de vista são necessárias para acompanhar o acúmulo de conhecimento ao longo dos anos, além de considerar que os seres humanos são complexos e não podem ser resumidos, ou pelo menos

não tanto quanto o IDH propunha. A proposição de índices mais abrangentes deve ser contínua e inovadora, a partir da necessidade, ao longo da existência humana.

Eficiência Social

O conceito de eficiência social foi criado por Mariano e Rebelatto (2014) e Mariano (2019), em resposta à abordagem prévia de Despotis (2005a, 2005b). A eficiência social mensura o quão eficientes são as regiões em converter recursos financeiros (i.e., Produto Interno Bruto) em desenvolvimento humano (educação, saúde e outras variáveis sociais) (Mariano & Rebelatto, 2014). A ideia de analisar a conversão de riqueza em aspectos sociais parte da premissa de que a economia não pode ser fundamentada somente na maximização das utilidades e da renda. A qualidade de vida passa a ser o foco principal, inserindo na discussão considerações de justiça e de eficiência social. Assim, a eficiência social utiliza o conceito de eficiência, que se refere à obtenção do melhor desempenho possível das unidades analisadas por meio da menor utilização dos recursos, gerando o melhor resultado possível.

Despotis (2005a) realizou as primeiras análises sobre a performance dos países em converter riqueza em desenvolvimento humano. O autor utilizou como input o PIB per capita, enquanto os outputs corresponderam às variáveis educação e expectativa de vida. Despotis (2005b) avançou nessa literatura ao analisar a eficiência social dos países da Ásia e do Pacífico em 2000. Morais e Camanho (2011) ampliaram a ideia de mensurar a eficiência social, verificando dimensões sobre a vida cívica, educacional e ambiental de 284 cidades europeias. Mariano e Rebelatto (2014) analisaram 101 países para discutir a capacidade de um Estado-nação de converter a riqueza produzida em qualidade de vida. Os resultados apontaram que: 1) os países desenvolvidos, apesar de apresentarem elevados indicadores sociais, não se destacam na eficiência; 2) os países do sul da África possuem a pior condição social e ineficiência; e 3) as ex-repúblicas soviéticas e os países de passado socialista tiveram o melhor desempenho. Gimenes et al. (2018) analisaram os principais índices de liberdade com projeção global, relacionando-os com o IDH. Como resultado, demonstrou-se a necessidade de explorar de maneira mais robusta as relações entre liberdade geral e desenvolvimento humano da sociedade, considerando uma gama maior de índices e dimensões contempladas por eles. Ferraz et al. (2020) criaram o *Capability Index Adjusted by Social Efficiency* (CIASE) para mensurar eficiência social por meio de DEA no Brasil. Os resultados apontam que as regiões pobres apresentam desempenho relativamente melhor em termos de eficiência social do que em termos

de desenvolvimento humano absoluto, enquanto várias regiões ricas apresentam desempenho relativamente pior em eficiência social do que em valores absolutos.

Ainda no contexto brasileiro, Ferraz, Alves, Vaz et al. (2021a) mensuraram o Indicador *Deprivation and Financial Responsibility Based Prioritization Index* (DFRP) para o estado do Pará. O objetivo do estudo foi apontar quais microrregiões devem ser priorizadas na distribuição de recursos públicos para educação, saúde, habitação e emprego. Castanhal foi a cidade com maior necessidade de priorização no recebimento de recursos para promoção do desenvolvimento humano. Por outro lado, a cidade mineradora Parauapebas ocupou a pior posição no ranking, indicando que o município não utiliza adequadamente os recursos para gerar desenvolvimento humano local. O artigo também discute a ausência de uma ferramenta que auxilie a tomada de decisão dos formuladores de políticas públicas. Ferraz, Alves, Correa et al. (2021b) mensuraram a eficiência social da região amazônica, revelando a performance social das microrregiões analisadas, considerando também os pontos fortes do desenvolvimento local por meio do DEA. O resultado apontou que 63,22% das microrregiões amazônicas estão localizadas no pior quartil do ranking de eficiência social, evidenciando a necessidade de atenção governamental.

Campoli et al. (2017) discorreram sobre a eficiência social dos municípios do interior paulista com mais de 100 mil habitantes. Segundo os autores, Americana, Araçatuba, Araraquara, Assis, Birigui, Campinas, Jaú, Jundiá, Marília, Ourinhos, Presidente Prudente, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto são municípios socialmente eficientes. Os autores destacam que muitos municípios possuem PIB elevado, mas não são considerados eficientes porque não promovem incremento nos indicadores sociais. Vale destacar que Ferraz et al. (2017) avaliaram a relação entre proxies da sofisticação da estrutura produtiva e as variáveis do desenvolvimento humano por meio de regressões lineares múltiplas do tipo Cobb-Douglas ajustadas, para 49 países entre 2010 e 2013. O resultado mostrou-se favorável à correlação com significância estatística em relação ao desenvolvimento humano.

Magalhães et al. (2010) verificaram as ações desenvolvidas pelo poder público na promoção de práticas ambientalmente e socialmente corretas, visando à maximização do bem-estar. Como resultado, dezessete municípios foram considerados com eficiência máxima, e variáveis como densidade populacional, proporção entre população urbana e existência de conselho municipal de meio ambiente mostraram-se relevantes na explicação do score. Soares et al. (2019) analisaram a relação espacial da eficiência social em 853 municípios mineiros em 2010. Os resultados revelaram problemas na aplicação dos recursos e elevado montante relativo

de gastos, principalmente nos municípios de pequeno porte. Romero et al. (2009) analisaram o IDH de 23 cidades históricas mineiras e, por meio do método DEA, apontaram como resultado que: 1) em 69% das cidades, o nível de escolaridade é explicado pela variação do PIB; 2) duas cidades apresentam IDH menor que 0,7 (Conceição do Mato Dentro e Serro); e 3) São João Del Rey é a mais promissora no quesito desenvolvimento humano.

Desenvolvimento econômico em Minas Gerais

O território atualmente ocupado por Minas Gerais foi descoberto no século XVI, quando bandeirantes procuravam ouro e pedras preciosas. Inicialmente, fazia parte de São Paulo, sendo uma única capitania em 1709, mas foi desmembrada uma década depois, formando capitania própria. No século XVIII, passou a ser um importante centro econômico para Portugal, após ser povoada, sofrendo rígidas formas de arrecadação de impostos. Essa rigidez desencadeou a Inconfidência Mineira, um movimento político que teve Joaquim José da Silva Xavier (Tiradentes) como principal ator.

A mineração no estado restringiu o desenvolvimento de outras atividades, como a cafeicultura, que, ao ser introduzida no século XIX, rapidamente assumiu o protagonismo econômico, impulsionando um período de prosperidade. No entanto, basear a economia em uma única atividade não se mostra eficaz, pois as especializações produtivas regionais modificam a matriz econômica, influenciam as dinâmicas locais, alteram as relações sociais de produção e impactam a apropriação dos territórios (Eskinazi & Souza, 2013). Embora a especialização possa trazer vantagens, como negociações mais equilibradas entre interesses públicos e privados e a redução do tempo gasto em processos produtivos, os desafios são mais numerosos. A falta de diversificação da mão de obra, por exemplo, dificulta a realocação dos trabalhadores em momentos de escassez de empregos, seja por envelhecimento, mudanças no mercado ou pela escolha de uma nova carreira. Além disso, a especialização regional tende a homogeneizar os espaços produtivos, ao mesmo tempo em que acentua as desigualdades entre eles (Joly, 2007).

Na Educação, o estoque de capital humano, mensurado pelos anos médios de estudo, tende a elevar as exigências da população sobre a qualidade dos serviços prestados e a aplicação dos recursos (Daniel & Gomes, 2015). Esse movimento melhora a saúde, uma vez que a elevação da renda e da educação garante melhores recursos para esse setor (Soares et al., 2019). Na saúde, pequenas regiões são, em média, mais ineficientes na gestão dos gastos públicos.

Regiões de pequeno porte populacional não têm, em geral, acesso ágil e integral aos atendimentos de saúde necessários. Para suprir parte da demanda, são investidos recursos no sistema de saúde na forma de pequenos estabelecimentos, que normalmente funcionam com alto custo fixo médio. Por esse motivo, entre outros, municípios pequenos tendem a ser mais ineficientes, visto que não há escala suficiente para ofertar diversos atendimentos em saúde. Assim, os investimentos realizados elevam o gasto per capita em comparação aos municípios de maior porte. Por exemplo, a região norte do estado possui indicadores de cobertura vacinal acima de 90% (em média, 95%), porém baixos indicadores de expectativa de vida do IDHL, expondo o principal reflexo dos gargalos na oferta dos serviços de saúde. Nas cidades ineficientes, um a cada quatro domicílios não possui coleta de lixo (Soares et al., 2019).

Método

Os dados para o desenvolvimento deste artigo foram extraídos do Censo Demográfico Brasileiro, correspondentes aos três últimos censos disponíveis (IBGE, 1990, 2000 e 2010). Esses anos foram escolhidos devido à disponibilidade de dados para os municípios selecionados. As variáveis foram selecionadas com base na literatura de eficiência social, a fim de analisar a conversão do PIB (input) em variáveis relevantes para o desenvolvimento humano (i.e., saúde e educação) (outputs) (Despotis, 2005a, 2005b; Moraes & Camanho, 2011; Ferraz et al., 2020). Este estudo diferencia-se de Ferraz et al. (2020) por se restringir aos municípios de Minas Gerais. A Tabela 1 resume as variáveis das cinco dimensões representadas por 14 variáveis sociais.

Tabela 1*Variáveis analisadas.*

	Variável	Dimensão	Revisão da Literatura
Input	Produto Interno Bruto (PIB)	Riqueza	(Despotis, 2005a, 2005b)
	Pessoas alfabetizadas	Educação	(Despotis, 2005a, 2005b; Raab et al., 2000)
	Crianças em creches	Educação	(Morais & Camanho, 2011)
	Casas com eletricidade	Habitação	(Morais & Camanho, 2011)
Outputs	Casas com água encanada	Habitação	(Morais & Camanho, 2011)
	Número de pessoas vacinadas	Saúde	(Morais & Camanho, 2011)
	Expectativa de vida	Saúde	(Despotis, 2005a, 2005b)
	Empregos formais	Economia	(Morais & Camanho, 2011)

Um ponto negativo da análise por meio de municípios é que muitos deles não possuem autonomia em áreas de atuação, como, por exemplo, na saúde. Os municípios de pequeno porte dependem, geralmente, de cidades de médio porte ou da capital, que oferecem suporte básico à população do entorno. O ponto positivo, e compensatório, do DEA é conseguir agregar informações relevantes de forma simples e direta para os formuladores de políticas públicas (Ferraz et al., 2020).

Análise de envolvimento de dados (DEA)

A técnica DEA é amplamente utilizada para avaliar a eficiência social, incorporando variáveis que influenciam o desenvolvimento municipal e estadual. Esta seção está embasada no livro *Progresso e Desenvolvimento Humano* (Mariano, 2019), que apresenta conceitos relevantes acerca do DEA e do desenvolvimento humano. Proposta por Charnes et al. (1978), essa abordagem caracteriza-se como um método matemático não paramétrico baseado em programação linear. A aplicação permite mensurar o desempenho de unidades tomadoras de decisão (DMUs) por meio da construção de uma fronteira linear segmentada.

Segundo Mariano (2019), os resultados obtidos pelo DEA indicam a quantidade máxima de outputs sociais que podem ser gerados a partir de determinados inputs. A técnica ranqueia

cada região, que é classificada conforme o desempenho, variando entre 1 (máximo desempenho) e 0 (mínimo desempenho). Para definir essa fronteira de eficiência, o método foca nos pontos fortes de cada unidade analisada, atribuindo pesos ótimos para maximizar a eficiência relativa (Mariano et al., 2015). Na formulação do DEA, Thanassoulis (2001) estrutura o modelo considerando a relação entre inputs (recursos utilizados), outputs (resultados obtidos) e problemas de programação linear. Além disso, estabelece a conexão entre os modelos primal e dual, resultando em oito representações distintas dos modelos CCR e BCC, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2

Discriminação dos tipos de modelos matemáticos associados com suas distintas orientações.

DEA	CCR	Input	Primal
			Dual
		Output	Primal
			Dual
	BCC	Input	Primal
			Dual
		Output	Primal
			Dual

Nota. Adaptado de Almeida et al. (2006).

O conceito de fronteira de eficiência refere-se ao conjunto de pontos que delimitam os limites máximos de produtividade, representando uma unidade produtiva ideal que opera com máxima eficiência técnica (Mariano, 2019). Essa fronteira estabelece um parâmetro de comparação para avaliar o desempenho de outras unidades produtivas dentro do mesmo contexto. O termo DMU é utilizado para designar empresas, organizações ou unidades produtivas analisadas em estudos de eficiência. As DMUs devem atender a três critérios fundamentais: (a) serem comparáveis entre si, (b) operar sob condições equivalentes e (c) utilizar os mesmos tipos de inputs e outputs, diferenciando-se apenas pela escala de produção (Mariano, 2019). Com base nessa estrutura metodológica, as DMUs são classificadas como eficientes ou ineficientes, dependendo de seu desempenho relativo em relação à fronteira estabelecida.

Para abordar a eficiência social, serão construídos dois indicadores primários e um indicador composto. Primeiro, foi construído um indicador primário chamado Eficiência Social

Padrão (ESP), que revela as regiões que obtêm melhores resultados em converter os gastos públicos em desenvolvimento humano. Segundo, foi criado um indicador chamado ESI, que mostra quais regiões apresentam os piores resultados. O ESI é necessário para diminuir os empates entre os municípios analisados (Leta et al., 2005; Yamada et al., 1994). Esta técnica é chamada de Fronteira Invertida, pois mede a eficiência usando inputs em vez de outputs e vice-versa. Ela fornece um indicador mostrando as fraquezas da região e uma fronteira das piores práticas, ou seja, o contrário da fronteira tradicional, que se baseia nos pontos mais fortes.

Os indicadores primários são calculados com o Indicador de Eficiência Social (IES), recomendado por Leta et al. (2005), que resulta em um índice composto, calculado como a média entre o indicador obtido na fronteira padrão (ESP) e o número um menos o indicador obtido com a Fronteira Invertida (ESI), conforme a Equação 1.

$$IES = \beta \cdot ESP + (1 - \beta) \cdot (1 - ESI) \quad (1)$$

Onde:

IES – Indicador de eficiência social;

ESP – Eficiência social padrão;

ESI – Eficiência social invertida;

$\beta = 0.5$

Índice de Malmquist

O Índice de Malmquist (IM) tem como propósito a análise comparativa de desempenho de um conjunto de DMUs, com seus respectivos inputs e outputs, dentro de um período base (Caves et al., 1982; Malmquist, 1953). Segundo Färe et al. (2004), a mudança nos fatores totais de produção é obtida por meio das mudanças nas fronteiras de eficiência, como descrito na Equação 2:

$$AFTP = AT \cdot AE \quad (2)$$

Em que:

AFTP – Alteração no Fator Total de Produção;

AE – Alteração de eficiência (medida pela mudança nas performances de DMUs);

AT – Alteração tecnológica (medida pela mudança da fronteira em um intervalo de tempo).

Ainda de acordo com Färe et al. (2004), é possível realizar uma integração entre o Índice de Malmquist e o DEA. Tal integração é calculada por meio da Equação 3:

$$IM = \sqrt{\frac{D^0(x^t v, y^t v)}{D^t(x^t v, y^t v)} \frac{D^0(x^0 v, y^0 v)}{D^t(x^0 v, y^0 v)}} \cdot \frac{D^t(x^t v, y^t v)}{D^0(x^0 v, y^0 v)} = AT \cdot AE \quad (3)$$

Em que:

IM – Índice de Malmquist;

D⁰ – Distância relativa do período 0 em relação a fronteira;

D^t – Distância relativa do período *t* em relação à fronteira;

y⁰v – Quantidade de DMUs outputs em relação ao período 0;

x⁰v – Quantidade de DMUs inputs em relação ao período 0;

y^tv – Quantidade de DMUs outputs em relação ao período *t*;

x^tv – Quantidade de DMUs inputs em relação ao período *t*;

AT – Alteração tecnológica;

AE – Alteração de eficiência.

A vantagem de se utilizar o IM é a possibilidade de comparação entre semelhanças e diferenças nos períodos referenciados, o que contribui para uma melhor compreensão do desenvolvimento humano.

Resultados e Discussão

Este artigo analisou 614 municípios do estado de Minas Gerais, por meio dos dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) para os anos de 1991, 2000 e 2010. A Tabela 3 apresenta os municípios com os piores Índices de Malmquist entre 1991 e 2000. Nota-se que o município Lagoa dos Patos obteve IM igual a 0,64. Isso significa que houve uma redução de 36% na conversão de renda em desenvolvimento humano entre 1991 e 2000. Outros municípios seguem a mesma dinâmica, a saber: São José da Safira (0,69), Maravilhas (0,70), Santa Maria do Suaçuí (0,70), Materlândia (0,74), Botumirim (0,75), Francisco Dumont (0,76), Campo Florido (0,78), Ubaí (0,79) e Datas (0,79).

Tabela 3*Piores IM entre 1991 e 2000.*

Ranking	Município	Microrregião	Macrorregião	Malmquist	AE	AT
614°	Lagoa dos Patos	Norte de Minas	Pirapora	0,64	0,43	1,51
613°	São José da Safira	Vale do Rio Doce	Governador Valadares	0,69	0,44	1,56
612°	Maravilhas	Metropolitana de Belo Horizonte	Sete Lagoas	0,70	0,44	1,59
611°	Santa Maria do Suaçuí	Vale do Rio Doce	Peçanha	0,70	0,45	1,54
610°	Materlândia	Vale do Rio Doce	Guanhães	0,74	0,50	1,48

Vale destacar que os municípios apresentados com as piores colocações no Índice de Malmquist não possuem atividade mineradora. Isso revela que o fato de ter a mineração como atividade econômica não é um fator relevante para explicar o mau desempenho no Índice de Malmquist para o período analisado. Ademais, observa-se que 4 dos 10 piores municípios situam-se no Norte de Minas Gerais e que 3 dos 10 piores municípios situam-se na região do Vale do Rio Doce. A Tabela 3 evidencia ainda que, apesar de haver incremento na AT, todos os municípios apresentam retrocesso no desenvolvimento humano, o que pode ser explicado pela queda da AE.

Na tentativa de complementar as informações, a Tabela 4 apresenta também os dados sobre as distâncias de cada município à sua macrorregião e à capital mineira, além de estabelecer a porcentagem de crescimento populacional e o número de habitantes registrados para o último ano (2000). Com essa investigação, observou-se que a distância média até Belo Horizonte é de 394,0 quilômetros, sendo Botumirim o município mais distante da capital (609 km) e Maravilhas, o município mais próximo (129 km).

Ademais, a distância média até o município com maior estrutura de apoio é de 74,94 quilômetros, sendo Ubaí o município mais distante da macrorregião (153 km) e Datas, o município mais próximo da macrorregião (34,4 km). Analisando o número de habitantes por região, observou-se que a média é de 6.642 habitantes por município, sendo Santa Maria do Suaçuí o município mais populoso em 2000 (14.337 habitantes) e São José da Safira, o menos populoso (3.906 habitantes). Vale destacar que a média do aumento populacional foi de 4,04% nesses 10 anos. Francisco Dumont apresentou o aumento populacional mais expressivo, com 0,24%, enquanto Ubaí teve a maior redução populacional, com queda de 0,22%.

Tabela 4

Piores IM entre 1991 e 2000 e a relação com a distância a cidades maiores e população.

Ranking Malmquist	Município	Distância à Macrorregião (km)	Distância à capital (km)	Crescimento populacional (%)	População em 2000
614°	Lagoa dos Patos	67,1	423,0	0,1	4476
613°	São José da Safira	90,1	398,0	0,06	3906
612°	Maravilhas	65,4	129,0	0,17	6285
611°	Santa Maria do Suaçuí	69,4	357,0	-0,21	14337
610°	Materlândia	52,6	300,0	0,05	4860

Não é possível estabelecer relação entre os resultados da Tabela 3 e da Tabela 4 no que diz respeito à distância entre a macrorregião e a capital, devido à amplitude dos dados analisados. Sobre a população, é interessante notar a baixa variação e o baixo número de habitantes, o que indica que não são municípios atraentes para migração, embora essa simples constatação não permita determinar se o fato é causa ou consequência do mau desempenho.

A Tabela 5 apresenta os municípios com os melhores Índices de Malmquist entre 1991 e 2000. Nota-se que o município Viçosa obteve IM igual a 6,05. Isso significa que houve um aumento de 505% na conversão de renda em desenvolvimento humano entre os 10 anos analisados. Outros municípios seguem a mesma dinâmica, a saber: Prata (5,03), Ouro Branco (3,10), Santa Luzia (2,73), Vieiras (2,65), Campestre (2,62), São José do Divino (2,57), Casa Grande (2,52), Santa (2,42) e Serra da Saudade (2,38).

Tabela 5*Melhores IM entre 1991 e 2000.*

Ranking	Município	Microrregião	Macrorregião	Malmquist	AE	AT
1º	Viçosa	Zona da Mata	Viçosa	6,05	3,74	1,62
2º	Prata	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	Uberlândia	5,03	2,86	1,76
3º	Ouro Branco	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	3,10	1,99	1,56
4º	Santa Luzia	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte	2,73	2,02	1,35
5º	Vieiras	Zona da Mata	Muriaé	2,65	1,66	1,60

Vale destacar que, dos municípios apresentados com as melhores colocações no Índice de Malmquist, apenas Santa Bárbara (9º) possui atividade mineradora. Isso revela que o fato de ter a mineração como atividade econômica não é suficiente para explicar o bom desempenho no Índice de Malmquist para o período analisado. Ademais, observa-se que 4 dos 10 melhores municípios situam-se na região Metropolitana de Belo Horizonte. A Tabela 5 evidencia ainda que houve incremento na AT e na AE em todos os municípios.

Na tentativa de complementar as informações sobre o IM, foram mapeados os dados sobre as distâncias de cada município à macrorregião e à capital mineira, além de estabelecer a porcentagem de crescimento populacional e apresentar o número de habitantes registrados para o último ano (2000), conforme a Tabela 6. Com essa investigação, observou-se que a distância média até Belo Horizonte é de 266,7 quilômetros, sendo Prata o município mais distante da capital (622 km) e Santa Luzia, o município mais próximo (18,2 km). Ademais, a distância média até o município com maior estrutura de apoio é de 56,52 quilômetros, sendo São José do Divino o município mais distante da macrorregião (135 km) e Viçosa o próprio município de apoio. Destaca-se ainda que a média populacional é de 36.375 habitantes por município, sendo Santa Luzia o mais populoso em 2000 (187.948 habitantes) e Serra da Saudade o menos populoso (874 habitantes). Nota-se que a média do aumento populacional foi de 10,20% durante a década analisada. Santa Luzia apresentou o aumento populacional mais expressivo (0,38%), enquanto São José do Divino registrou a maior redução populacional (-0,09%).

Tabela 6

Melhores IM entre 1991 e 2000 e a relação com a distância a cidades maiores e população.

Ranking Malmquist	Município	Distância à Macrorregião (km)	Distância à capital (km)	Crescimento populacional (%)	População em 2000
1°	Viçosa	-	225,0	0,29	65708
2°	Prata	87,5	622,0	0,01	23507
3°	Ouro Branco	21,6	100,0	0,13	30574
4°	Santa Luzia	18,2	18,2	0,38	187948
5°	Vieiras	45,8	355,0	0,05	3962

Não é possível estabelecer relação entre os resultados das Tabela 5 e da Tabela 6 no que diz respeito à distância entre a macrorregião e a capital, devido à amplitude dos dados. Sobre a população, observa-se baixa variação e pequeno número de habitantes, o que indica que, apesar de serem municípios atraentes para migração, mantêm a média populacional estável.

A Tabela 7 apresenta os municípios com os piores Índices de Malmquist entre 2000 e 2010. Nota-se que o município Nova Serrana obteve IM igual a 0,80. Isso significa que houve uma redução de 20% na conversão de renda em desenvolvimento humano entre os 10 anos analisados. Outros municípios seguem a mesma dinâmica, a saber: Luminárias (0,83), Munhoz (0,85), Monjolos (0,89), Papagaios (0,89), Jacutinga (0,90), Monte Sião (0,90), Novo Cruzeiro (0,90), Serra da Saudade (0,91) e Divino das Laranjeiras (0,91).

Tabela 7

Piores IM entre 2000 e 2010.

Ranking	Município	Microrregião	Macrorregião	Malmquist	AE	AT
614°	Nova Serrana	Oeste de Minas	Divinópolis	0,80	0,67	1,18
613°	Luminárias	Campo das Vertentes	Lavras	0,83	0,69	1,19
612°	Munhoz	Sul/Sudoeste de Minas	Pouso Alegre	0,85	0,70	1,20
611°	Monjolos	Central Mineira	Curvelo	0,89	0,71	1,25
610°	Papagaios	Metropolitana de Belo Horizonte	Sete Lagoas	0,89	0,75	1,19

Vale destacar que nenhum município entre as piores colocações no Índice de Malmquist 2000–2010 possui atividade mineradora. Isso revela que o fato de ter a mineração como atividade econômica não é suficiente para explicar o mau desempenho no Índice de Malmquist para o período analisado. Ademais, observa-se que 3 dos 10 piores municípios situam-se no

Sul/Sudoeste de Minas. A Tabela 7 evidencia ainda que, apesar de haver incremento na AT, todos os municípios apresentam retrocesso no desenvolvimento, provocado pela queda da AE.

Na tentativa de complementar as informações, a Tabela 8 apresenta também os dados sobre as distâncias de cada município à sua macrorregião e à capital mineira, além da porcentagem de crescimento populacional e do número de habitantes registrados para o último ano (2010). Com essa investigação, observou-se que: 1) A distância média até Belo Horizonte é de 339,7 quilômetros, sendo Monte Sião o município mais distante da capital (478 km) e Nova Serrana, o município mais próximo (124 km); 2) A distância média até o município com maior estrutura de apoio é de 82,18 quilômetros, sendo Monte Sião o mais distante da macrorregião (120 km) e Luminárias o mais próximo (42,6 km); 3) A média populacional é de 18.237 habitantes por município, sendo Nova Serrana o município mais populoso em 2010 (73.699 habitantes) e Serra da Saudade o menos populoso (815 habitantes); 4) A média do aumento populacional foi de 11,76% nos 10 anos analisados. Nova Serrana apresentou o aumento populacional mais expressivo (0,9%), enquanto Monjolos registrou a maior redução (-0,08%).

Tabela 8

Piores IM entre 2000 e 2010 e a relação com a distância a cidades maiores e a população.

Ranking Malmquist	Município	Distância à Macrorregião (km)	Distância à capital (km)	Crescimento populacional (%)	População em 2010
614°	Nova Serrana	44,6	124,0	0,9	73699
613°	Luminárias	42,6	278,0	-0,01	5422
612°	Munhoz	97,6	472,0	-0,07	6257
611°	Monjolos	90,9	230,0	-0,08	2360
610°	Papagaios	76,0	143,0	0,12	14175

Não é possível estabelecer relação entre os resultados das Tabela 7 e da Tabela 8 no que diz respeito à distância à macrorregião e à capital, devido à grande amplitude dos dados. Sobre a população, observa-se baixa variação e pequeno número de habitantes, o que indica que não são municípios atraentes para migração, embora a simples constatação não determine se o fato é causa ou consequência do mau desempenho.

A Tabela 9 apresenta os municípios com os melhores Índices de Malmquist entre 2000 e 2010. Nota-se que o município Jequitibá obteve IM igual a 2,94. Isso significa que houve um aumento de 194% na conversão de renda em desenvolvimento humano entre os 10 anos

analisados. Outros municípios seguem a mesma dinâmica, a saber: Juruiaia (2,35), Pouso Alto (2,24), Chiador (2,22), Itaverava (2,17), Senador Cortes (2,16), Coronel Xavier Chaves (2,12), Itacambira (2,12), Conceição da Barra de Minas (2,12) e Salinas (2,11).

Tabela 9

Melhores IM entre 2000 e 2010.

Ranking	Município	Microrregião	Macrorregião	Malmquist	AE	AT
1º	Jequitibá	Metropolitana de Belo Horizonte	Sete Lagoas	2,94	2,37	1,24
2º	Juruiaia	Sul/Sudoeste de Minas	São Sebastião do Paraíso	2,35	1,86	1,26
3º	Pouso Alto	Sul/Sudoeste de Minas	São Lourenço	2,24	1,85	1,21
4º	Chiador	Zona da Mata	Juiz de Fora	2,22	1,85	1,20
5º	Itaverava	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	2,17	1,77	1,23

Vale destacar que nenhum município entre as melhores colocações no Índice de Malmquist possui atividade mineradora. Isso revela que o fato de ter a mineração como atividade econômica não é suficiente para explicar o bom desempenho no Índice de Malmquist para o período analisado. Ademais, observa-se que as microrregiões estão igualmente distribuídas, apresentando dois municípios de destaque no Norte de Minas, Zona da Mata, região Metropolitana de Belo Horizonte, Campos das Vertentes e Sul/Sudeste. A Tabela 9 evidencia ainda que houve incremento na AT e na AE em todos os municípios.

Para complementar as informações, a Tabela 10 apresenta também os dados sobre as distâncias de cada município à sua macrorregião e à capital mineira, além de estabelecer a porcentagem de crescimento populacional e o número de habitantes registrados para o último ano (2010). Com essa investigação, foi possível observar que: 1) A distância média até Belo Horizonte é de 324,4 quilômetros, sendo Salinas o município mais distante da capital (651 km) e Jequitibá o mais próximo (114 km); 2) A distância média até o município com maior estrutura de apoio é de 38 quilômetros, sendo Itacambira o município mais distante da macrorregião (108 km) e Salinas seu próprio município de apoio; 3) A média populacional é de 8.260 habitantes por município, sendo Salinas o mais populoso em 2010 (39.178 habitantes) e Senador Cortes o menos populoso (1.988 habitantes); 4) A média do aumento populacional foi de 1,56% nesses

10 anos. Juruiaia apresentou o aumento populacional mais expressivo (0,19%), enquanto Itaverava registrou a maior redução (-0,09%).

Tabela 10

Melhores IM entre 2000 e 2010 e a relação com a distância a cidades maiores e a população.

Ranking Malmquist	Município	Distância à Macrorregião (km)	Distância à capital (km)	Crescimento populacional (%)	População em 2010
1°	Jequitibá	39,2	114,0	0	5156
2°	Juruiaia	96,1	407,0	0,19	9238
3°	Pouso Alto	22,0	409,0	-0,08	6213
4°	Chiador	78,0	336,0	-0,06	2785
5°	Itaverava	24,9	123,0	-0,09	5799

Não é possível estabelecer relação entre os resultados das Tabela 9 e da Tabela 10 no que diz respeito à distância à macrorregião e à capital, devido à grande amplitude dos dados. Sobre a população, observa-se baixa variação e pequeno número de habitantes, o que indica que, apesar de serem municípios atraentes para migração, mantêm a média populacional estável.

A Tabela 11 apresenta os valores do Índice de Malmquist para os municípios mineradores entre 1991 e 2000. Nota-se que o município de Santa Bárbara obteve IM igual a 2,42. Isso significa que houve aumento de 1,42 na conversão de renda em desenvolvimento humano entre os 10 anos analisados. Outros municípios seguem a mesma dinâmica, a saber: Entre Rios de Minas (1,72), Caeté (1,64), Nova Lima (1,64), Desterro de Entre Rios (1,52), Belo Vale (1,52), Piracema (1,47), Jeceaba (1,44), Brumadinho (1,39), Itaúna (1,38), São Tiago (1,36), Dom Joaquim (1,35), Prados (1,33), Itabirito (1,30), Ouro Preto (1,30), Diamantina (1,29), Morro do Pilar (1,26), Guanhães (1,21), Coronel Fabriciano (1,20), Pains (1,18), Governador Valadares (1,16), Mariana (1,15), Paracatu (1,15), Itabira (1,14), Conceição do Mato Dentro (1,14), Barão de Cocais (1,14), Congonhas (1,11) e Porteirinha (1,06).

Tabela 11*IM de municípios mineradores entre 1991 e 2000.*

Ranking	Município	Microrregião	Macrorregião	Malmquist	AE	AT
9º	Santa Bárbara	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	2,42	1,56	1,55
56º	Entre Rios de Minas	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	1,72	1,08	1,59
79º	Caeté	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte	1,64	1,04	1,58
81º	Nova Lima	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte	1,64	1,04	1,58
116º	Desterro de Entre Rios	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	1,52	0,96	1,58
117º	Belo Vale	Metropolitana de Belo Horizonte	Itaguara	1,52	0,94	1,61
143º	Piracema	Oeste de Minas	Oliveira	1,47	0,92	1,60
160º	Jeceaba	Metropolitana de Belo Horizonte	Itaguara	1,44	0,89	1,62
200º	Brumadinho	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte	1,39	0,89	1,57
214º	Itaúna	Oeste de Minas	Divinópolis	1,38	0,88	1,57
231º	São Tiago	Campo das Vertentes	São João Del Rei	1,36	0,84	1,62
236º	Dom Joaquim	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,35	0,91	1,48
254º	Prados	Campo das Vertentes	São João Del Rei	1,33	0,82	1,61
283º	Itabirito	Metropolitana de Belo Horizonte	Ouro Preto	1,30	0,80	1,62
286º	Ouro Preto	Metropolitana de Belo Horizonte	Ouro Preto	1,30	0,83	1,56
297º	Diamantina	Jequitinhonha	Diamantina	1,29	0,82	1,58
320º	Morro do Pilar	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,26	0,82	1,55
372º	Guanhães	Vale do Rio Doce	Guanhães	1,21	0,78	1,56
381º	Coronel Fabriciano	Vale do Rio Doce	Ipatinga	1,20	0,80	1,51
402º	Pains	Oeste de Minas	Formiga	1,18	0,74	1,59
418º	Governador Valadares	Vale do Rio Doce	Governador Valadares	1,16	0,97	1,20
425º	Mariana	Metropolitana de Belo Horizonte	Ouro Preto	1,15	0,74	1,56
436º	Paracatu	Noroeste de Minas	Paracatu	1,15	0,75	1,54
445º	Itabira	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	1,14	0,75	1,51

446°	Conceição do Mato Dentro	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,14	0,72	1,58
448°	Barão de Cocais	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	1,14	0,73	1,56
455°	Congonhas	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	1,11	0,70	1,58
494°	Porteirinha	Norte de Minas	Janaúba	1,06	0,67	1,59
536°	Serro	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,00	0,64	1,56
561°	Taquaraçu de Minas	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	0,94	0,58	1,63
562°	Itambé do Mato Dentro	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	0,94	0,62	1,51
593°	São Gonçalo do Rio Abaixo	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	0,85	0,55	1,56

Vale destacar que todos os municípios apresentados possuem atividade mineradora, ocupando posições entre o 9° e o 593° no Índice de Malmquist entre 1991 e 2000. Isso revela que o fato de ter a mineração como atividade econômica não é suficiente para explicar o bom ou mau desempenho no Índice de Malmquist para o período analisado.

Ademais, observa-se que as microrregiões estão distribuídas da seguinte forma: 21 municípios na região Metropolitana de Belo Horizonte, 3 municípios no Oeste de Minas, 3 municípios no Vale do Rio Doce, 2 municípios nos Campos das Vertentes, 1 município no Jequitinhonha, 1 município no Noroeste de Minas e 1 município no Norte de Minas. A Tabela 11 evidencia ainda que, dos 32 municípios mineradores, 3 municípios tiveram redução no desenvolvimento humano (Taquaraçu de Minas, Itambé do Mato Dentro e São Gonçalo do Rio Abaixo), 28 municípios apresentaram aumento no desenvolvimento humano durante o período analisado, e 1 município não sofreu qualquer alteração no desenvolvimento humano (Serro). Dos 28 municípios mineradores que registraram aumento no desenvolvimento humano, apenas 4 (Santa Bárbara, Entre Rios de Minas, Caeté e Nova Lima) também apresentaram aumento na AE. Todos os 32 municípios mineradores tiveram aumento na AT.

Para complementar as informações, a Tabela 12 apresenta também os dados sobre as distâncias de cada município à sua macrorregião e à capital mineira, além da porcentagem do crescimento populacional e do número de habitantes registrados para o último ano (2000). Com essa investigação, foi possível observar que: 1) A distância média até Belo Horizonte é de 166,50 quilômetros, sendo Governador Valadares o município mais distante da capital (315 km) e Nova Lima o município mais próximo (22,9 km); 2) A distância média até o município com maior estrutura de apoio é de 39,6 quilômetros, sendo Jeceaba o município mais distante da

macrorregião (135 km), e Ouro Preto, Diamantina, Guanhães, Paracatu, Governador Valadares e Itabira os seus próprios municípios de apoio, respectivamente; 3) A média populacional é de 37.752 habitantes por município, sendo Governador Valadares o município mais populoso em 2000 (248.205 habitantes) e Itambé do Mato Dentro o menos populoso (2.571 habitantes); 4) A média do aumento populacional foi de 7,61% nesses 10 anos. Brumadinho apresentou o aumento populacional mais expressivo (0,41%) e Porteirinha registrou a maior redução (-0,29%).

Tabela 12

IM de municípios mineradores entre 1991 e 2000 e a relação com a distância a cidades maiores e a população.

Ranking Malmquist	Município	Distância à Macrorregião (km)	Distância à capital (km)	Crescimento populacional (%)	População em 2000
9°	Santa Bárbara	75,4	109,0	-0,06	24314
56°	Entre Rios de Minas	51,0	124,0	0,08	13170
79°	Caeté	48,3	48,3	0,11	36496
81°	Nova Lima	22,9	22,9	0,26	65162
116°	Desterro de Entre Rios	84,0	156,0	0	6806
117°	Belo Vale	65,4	73,4	0,06	7454
143°	Piracema	72,5	124,0	0,08	6538
160°	Jeceaba	135,0	113,0	-0,09	6054
200°	Brumadinho	54,8	54,8	0,41	27087
214°	Itaúna	41,1	79,6	0,17	77539
231°	São Tiago	48,8	196,0	0,07	10284
236°	Dom Joaquim	33,4	198,0	-0,05	4681
254°	Prados	29,1	185,0	0,05	7724
283°	Itabirito	47,1	58,7	0,2	38277
286°	Ouro Preto	-	102,0	0,08	66520
297°	Diamantina	-	291,0	0,01	44256
320°	Morro do Pilar	27,5	151,0	-0,03	3726
372°	Guanhães	-	248,0	0,12	28000
381°	Coronel Fabriciano	17,8	215,0	0,13	98099

402°	Pains	35,4	217,0	-0,03	7781
418°	Governador Valadares	-	315,0	0,08	248205
425°	Mariana	14,4	116,0	0,24	47262
436°	Paracatu	-	502,0	0,22	76021
445°	Itabira	-	107,0	0,16	99145
446°	Conceição do Mato Dentro	-	163,0	0	18632
448°	Barão de Cocais	63,8	96,5	0,17	23592
455°	Congonhas	23,1	80,3	0,19	41637
494°	Porteirinha	38,5	600,0	-0,29	37949
536°	Serro	63,5	229,0	0,1	21120
561°	Taquaraçu de Minas	74,2	55,1	0,04	3498
562°	Itambé do Mato Dentro	62,6	117,0	-0,05	2571
593°	São Gonçalo do Rio Abaixo	34,8	88,2	0,02	8471

Não é possível estabelecer relação entre os resultados da Tabela 11 e da Tabela 12 no que diz respeito à distância à macrorregião, à distância à capital, ao número de habitantes e ao crescimento populacional, devido à grande amplitude dos dados.

A Tabela 13 apresenta os Índices de Malmquist para os municípios mineiros entre 2000 e 2010. Observa-se que o município de Nova Lima obteve IM igual a 1,99. Isso significa que houve um aumento de 0,99 na conversão de renda em desenvolvimento humano entre os 10 anos analisados. Outros municípios seguem a mesma dinâmica, a saber: Belo Vale (1,79), Serro (1,75), São Gonçalo do Rio Abaixo (1,75), Brumadinho (1,74), Prados (1,70), Congonhas (1,69), Itabirito (1,56), Barão de Cocais (1,55), São Tiago (1,52), Itambé do Mato Dentro (1,52), Piracema (1,52), Guanhães (1,52), Pains (1,52), Desterro de Entre Rios (1,51), Conceição do Mato Dentro (1,48), Taquaraçu de Minas (1,47), Mariana (1,42), Entre Rios de Minas (1,40), Ouro Preto (1,39), Itabira (1,36), Porteirinha (1,35), Jeceaba (1,34), Dom Joaquim (1,33), Itaúna (1,32), Diamantina (1,29), Coronel Fabriciano (1,27), Paracatu (1,22), Santa Bárbara (1,18), Caeté (1,09), Governador Valadares (1,08) e Morro do Pilar (1,08).

Tabela 13

IM de municípios mineradores entre 2000 e 2010.

Ranking	Município	Microrregião	Macrorregião	Malmquist	AE	AT
15°	Nova Lima	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte	1,99	1,67	1,19
34°	Belo Vale	Metropolitana de Belo Horizonte	Itaguara	1,79	1,39	1,29
43°	Serro	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,75	1,33	1,31
44°	São Gonçalo do Rio Abaixo	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	1,75	1,46	1,20
47°	Brumadinho	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte	1,74	1,43	1,22
59°	Prados	Campo das Vertentes	São João Del Rei	1,70	1,42	1,19
62°	Congonhas	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	1,69	1,39	1,22
123°	Itabirito	Metropolitana de Belo Horizonte	Ouro Preto	1,56	1,30	1,20
126°	Barão de Cocais	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	1,55	1,29	1,21
147°	São Tiago	Campo das Vertentes	São João Del Rei	1,52	1,27	1,20
148°	Itambé do Mato Dentro	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,52	1,13	1,35
150°	Piracema	Oeste de Minas	Oliveira	1,52	1,25	1,21
153°	Guanhães	Vale do Rio Doce	Guanhães	1,52	1,23	1,23
155°	Pains	Oeste de Minas	Formiga	1,52	1,27	1,20
160°	Desterro de Entre Rios	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	1,51	1,22	1,24
190°	Conceição do Mato Dentro	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,48	1,14	1,30
192°	Taquaraçu de Minas	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	1,47	1,16	1,27
234°	Mariana	Metropolitana de Belo Horizonte	Ouro Preto	1,42	1,17	1,22
252°	Entre Rios de Minas	Metropolitana de Belo Horizonte	Conselheiro Lafaiete	1,40	1,17	1,20
269°	Ouro Preto	Metropolitana de Belo Horizonte	Ouro Preto	1,39	1,14	1,21
297°	Itabira	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	1,36	1,11	1,22
309°	Porteirinha	Norte de Minas	Janaúba	1,35	0,96	1,40
324°	Jeceaba	Metropolitana de Belo Horizonte	Itaguara	1,34	1,09	1,23

338°	Dom Joaquim	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,33	1,06	1,25
346°	Itaúna	Oeste de Minas	Divinópolis	1,32	1,10	1,21
376°	Diamantina	Jequitinhonha	Diamantina	1,29	1,05	1,23
401°	Coronel Fabriciano	Vale do Rio Doce	Ipatinga	1,27	1,02	1,25
457°	Paracatu	Noroeste de Minas	Paracatu	1,22	0,98	1,24
492°	Santa Bárbara	Metropolitana de Belo Horizonte	Itabira	1,18	0,78	1,51
550°	Caeté	Metropolitana de Belo Horizonte	Belo Horizonte	1,09	0,89	1,22
554°	Governador Valadares	Vale do Rio Doce	Governador Valadares	1,08	0,84	1,29
560°	Morro do Pilar	Metropolitana de Belo Horizonte	Conceição do Mato Dentro	1,08	0,88	1,22

Vale destacar que todos os municípios apresentados possuem atividade mineradora, ocupando entre o 15° e o 593° lugar no Índice de Malmquist entre 2000 e 2010. Isso revela que o fato de ter a mineração como atividade econômica não é suficiente para explicar o bom ou mau desempenho no Índice de Malmquist para o período analisado. Ademais, destaca-se que as microrregiões estão distribuídas da seguinte forma: 21 municípios na região Metropolitana de Belo Horizonte, 3 municípios no Oeste de Minas, 3 municípios no Vale do Rio Doce, 2 municípios nos Campos das Vertentes, 1 município no Jequitinhonha, 1 município no Noroeste de Minas e 1 município no Norte de Minas. A Tabela 13 revela ainda que todos os 32 municípios mineradores tiveram aumento no desenvolvimento humano para o período analisado e que, desses, apenas 5 apresentaram redução na AE. Todos os 32 municípios mineradores tiveram aumento na AT.

Na tentativa de complementar as informações, foram mapeados também os dados a respeito das distâncias de cada município à sua macrorregião e à capital mineira, além de estabelecer a porcentagem do crescimento populacional e apresentar o número de habitantes registrados para o último ano (2010) na Tabela 14.

Com essa investigação, foi possível observar que: 1) a distância média até Belo Horizonte é de 166,50 quilômetros, sendo Governador Valadares o município mais distante da capital (315 km) e Nova Lima, o município mais próximo (22,9 km); 2) a distância média até o município com maior estrutura de apoio é de 39,6 quilômetros, sendo Jeceaba o município mais distante da macrorregião (135 km), e Ouro Preto, Diamantina, Guanhães, Paracatu, Governador Valadares e Itabira, os seus próprios municípios de apoio, respectivamente; 3) a

média é de 41.334 habitantes por município, sendo Governador Valadares o município mais populoso em 2010 (263.689 habitantes) e Itambé do Mato Dentro, o menos populoso em 2010 (2.283 habitantes); 4) a média do aumento populacional foi de 6,84% nesses 10 anos. Brumadinho teve o aumento populacional mais expressivo, com 0,25%, e Itambé do Mato Dentro e Jeceaba tiveram, igualmente, a maior redução populacional, com queda de 0,11%.

Tabela 14

IM de municípios mineradores entre 2000 e 2010 e a relação com a distância a cidades maiores e a população.

Ranking Malmquist	Município	Distância à Macrorregião (km)	Distância à capital (km)	Crescimento populacional (%)	População em 2010
15°	Nova Lima	22,9	22,9	0,24	80998
34°	Belo Vale	65,4	73,4	0,01%	7536
43°	Serro	63,5	229,0	-0,01	20835
44°	São Gonçalo do Rio Abaixo	34,8	88,2	0,15	9777
47°	Brumadinho	54,8	54,8	0,25	33973
59°	Prados	29,1	185,0	0,09	8391
62°	Congonhas	23,1	80,3	0,17	48519
123°	Itabirito	47,1	58,7	0,19	45449
126°	Barão de Cocais	63,8	96,5	0,21	28442
147°	São Tiago	48,8	196,0	0,03	10561
148°	Itambé do Mato Dentro	62,6	117,0	-0,11	2283
150°	Piracema	72,5	124,0	-0,02	6406
153°	Guanhães	-	248,0	0,12	31262
155°	Pains	35,4	217,0	0,03	8014
160°	Desterro de Entre Rios	84,0	156,0	0,03	7002
190°	Conceição do Mato Dentro	-	163,0	-0,04	17908
192°	Taquaraçu de Minas	74,2	55,1	0,08	3794
234°	Mariana	14,4	116,0	0,15	54219
252°	Entre Rios de Minas	51,0	124,0	0,08	14242
269°	Ouro Preto	-	102,0	0,06	70281
297°	Itabira	-	107,0	0,11	109783

309°	Porteirinha	38,5	600,0	-0,01	37627
324°	Jeceaba	135,0	113,0	-0,11	5395
338°	Dom Joaquim	33,4	198,0	-0,03	4535
346°	Itaúna	41,1	79,6	0,1	85463
376°	Diamantina	-	291,0	0,04	45880
401°	Coronel Fabriciano	17,8	215,0	0,06	103694
457°	Paracatu	-	502,0	0,11	84718
492°	Santa Bárbara	75,4	109,0	0,15	27876
550°	Caeté	48,3	48,3	0,12	40750
554°	Governador Valadares	-	315,0	0,06	263689
560°	Morro do Pilar	27,5	151,0	-0,09	3399

Não é possível estabelecer relação entre os resultados da Tabela 13 e da Tabela 14 no que diz respeito à distância à macrorregião, distância à capital, número de habitantes e crescimento populacional, pois apresentam grande amplitude.

Conclusão

De forma geral, este artigo demonstrou que, dentre os 614 municípios, entre 1991 e 2000, 79 municípios tiveram redução no desenvolvimento humano, o que corresponde a 12,87% do total de regiões analisadas. Os 535 municípios restantes tiveram incremento no desenvolvimento humano. Entre 2000 e 2010, dos 614 municípios analisados, 29 apresentaram redução no desenvolvimento humano para o período, correspondendo a 4,72% do total. Os 585 municípios restantes apresentaram aumento no desenvolvimento humano. O município de Belo Horizonte, entre 1991 e 2000, teve redução na capacidade de conversão de renda em desenvolvimento humano. Neste período, a AE não sofreu variação, sendo que a AT foi responsável pela queda. Entre 2000 e 2010, a capital mineira apresentou aumento na capacidade de conversão de renda em desenvolvimento humano. Neste período, a AE não sofreu variação, sendo que a AT foi responsável pelo incremento.

Vale destacar que a maioria dos municípios mineradores está em posições piores no ranking do Índice de Malmquist para as duas décadas analisadas. Entretanto, não foi possível estabelecer relação, positiva ou negativa, entre a atividade mineradora e o desenvolvimento humano nos municípios de Minas Gerais por meio do Índice de Malmquist. Entre 1991 e 2000, foram encontrados municípios com piora ou nenhuma alteração na capacidade de

transformação de renda em desenvolvimento humano (5 dos 32 municípios mineradores). Entre 2000 e 2010, todos os municípios mineradores apresentaram aumento no Índice de Malmquist. Vale destacar que, na comparação dos resultados entre 1991-2000 e 2000-2010, a melhor colocação do município minerador caiu de 9º (1991-2000) para 15º (2000-2010), e a pior colocação subiu de 593º (1991-2000) para 560º (2000-2010).

Em resumo, as receitas da atividade mineradora não melhoraram nem pioraram a eficiência do retorno em desenvolvimento humano, principalmente ao analisar os melhores índices de Malmquist, nos quais os municípios mineradores possuem mais recursos, mas não estão bem posicionados. Essa grande dispersão nos rankings de eficiência social demonstra que os recursos da atividade mineradora foram convertidos de forma muito diferente em cada município. Nesse sentido, são necessárias políticas públicas para melhorar a conversão dos recursos da mineração em desenvolvimento humano. Por exemplo, os formuladores de políticas públicas devem avaliar os programas de habitação, saúde e educação de municípios não mineradores de alta performance no ranking de eficiência social, utilizando-os como benchmark para que municípios ineficientes desenvolvam programas similares, a fim de elevar o desenvolvimento humano local. Ademais, o Poder Público deve desenvolver legislação que envolva melhores métricas de avaliação do uso dos recursos da mineração, a fim de garantir a utilização mais eficiente dos recursos disponíveis.

Finalmente, embora este artigo tenha apresentado alguns avanços para a análise do desenvolvimento humano em Minas Gerais, algumas limitações foram enfrentadas. Primeiro, os dados analisados correspondem às informações disponíveis de 2010, o que não permite uma análise da realidade de Minas Gerais durante a década seguinte. Segundo, há limitações na comparação dos dados entre 1991 e 2010, devido às mudanças metodológicas entre os Censos Demográficos. Terceiro, sugere-se que estudos futuros utilizem outras variáveis, como, por exemplo, a qualidade da educação. Embora apresente limitações, o objetivo de demonstrar a evolução do desenvolvimento humano em Minas Gerais foi atendido, em especial ao analisar padrões nos rankings do IM por meio de municípios mineradores e não mineradores.

REFERÊNCIAS

- Almeida, M., Mariano, E., & Rebelato, D. (2006). Análise por envoltória de dados: Evolução e possibilidade de aplicação. *Anais do IX Simpósio de Administração de Produção, Logística e Operações Internacionais*
- AMIG, A. dos M. M. de M. G. e do B. (2022). *AMIG – Associação dos Municípios Mineradores de Minas Gerais e do Brasil*. www.amig.org.br
- Campoli, J., Ferraz, D., Milani Zambianco, W., Melo, I., & Rebelatto, D. (2017). A eficiência do bem-estar social dos municípios paulistas: Uma análise envoltória de dados (DEA). *Anais do XXIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. XXIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, 50(6), 1393–1414. <https://doi.org/10.2307/1913388>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Chen, Y., & Iqbal Ali, A. (2004). DEA Malmquist productivity measure: New insights with an application to computer industry. *European Journal of Operational Research*, 159(1), 239–249. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00406-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00406-5)
- CODEMIG, – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. (2022). *CODEMIG – Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais*. www.codemig.com.br
- Daniel, L. P., & Gomes, A. P. (2015). Eficiência na oferta de serviços públicos de saúde nos municípios do estado de Mato Grosso. *Reflexões Econômicas*, 1(1), Artigo 1.
- Despotis, D. K. (2005a). A reassessment of the human development index via data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 56(8), 969–980. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601927>
- Despotis, D. K. (2005b). Measuring human development via data envelopment analysis: The case of Asia and the Pacific. *Omega*, 33(5), 385–390. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.07.002>
- Eskinazi, B., & Souza, J. (2013). Especialização produtiva e homogeneização territorial: A monocultura de eucalipto no Vale do Paraíba Paulista e as transformações nas dinâmicas de produção. *PEGADA – A Revista da Geografia do Trabalho*.
- Färe, R., Grosskopf, S., & Hernandez-Sancho, F. (2004). Environmental performance: An index number approach. *Resource and Energy Economics*, 26(4), 343–352. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2003.10.003>
- Ferrari, V., & Mariano, E. (2016). Índice de desenvolvimento humano com contribuições relativas iguais: Uma proposta com a análise envoltória de dados. *XXIII SIMPEP –*

Simpósio de Engenharia de Produção.

- Ferraz, D., Alves, R., Correa, J., & Santiago, B. (2021, novembro). Eficiência Social na Amazônia Brasileira. *Anais do XXVIII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. XXVIII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção.
- Ferraz, D., Alves, R., Vaz, D., & Santos, V. (2021). Privação social e responsabilidade financeira no estado do Pará/Brasil. *Anais do XXVIII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. XXVIII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção.
- Ferraz, D., Mariano, E. B., Rebelatto, D., & Hartmann, D. (2020). Linking Human Development and the Financial Responsibility of Regions: Combined Index Proposals Using Methods from Data Envelopment Analysis. *Social Indicators Research*, 150(2), 439–478. <https://doi.org/10.1007/s11205-020-02338-3>
- Ferraz, D., Moralles, H., Oliveira, F., & Rebelatto, D. (2017). Complexidade econômica e desenvolvimento humano: Uma análise econométrica. *Anais do XXIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*. XXIV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção.
- Gimenes, F. P., Angelo, M., & Mariano, E. (2018). A mensuração da liberdade e sua relação com o desenvolvimento humano. *XXV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção*.
- Haq, M. (1995). *Reflections on Human Development*. Oxford University Press.
- IBGE. (2023). *Sistema IBGE de Recuperação Automática—SIDRA* [Dataset]. SIDRA - IBGE. www.ibge.gov.br
- Joly, C. (2007). Especialização produtiva do território e o circuito espacial produtivo de celulose em Eunápolis – BA. *GEOUSP – Espaço e Tempo*.
- Leta, F. R., Soares de Mello, J., Gomes, E. G., & Angulo Meza, L. (2005). Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. *Investigação Operacional*, 25(2), 229–242.
- Magalhães, E., Wakim, V., & Gomes, A. (2010). Análise de eficiência dos municípios de Minas Gerais: Uma abordagem sobre o IMRS no ano de 2010. *Anais do XIV Seminário sobre Economia Mineira*. 14º Seminário sobre Economia Mineira, Diamantina, MG, Brasil.
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference curves. *Trabajos de Estadística*, 4(1), 209–242.
- Mahlberg, B., & Obersteiner, M. (2001). Remeasuring the HDI by data envelopment analysis. Available at SSRN 1999372.
- Mariano, E. (2019). *Progresso e desenvolvimento humano: Teorias e indicadores de riqueza, qualidade de vida, felicidade e desigualdade* (1ª Edição). Alta Books.
- Mariano, E. B., & Rebelatto, D. A. D. N. (2014). Transformation of wealth produced into quality of life: Analysis of the social efficiency of nation-states with the DEA's triple

- index approach. *Journal of the Operational Research Society*, 65(11), 1664–1681. <https://doi.org/10.1057/jors.2013.132>
- Mariano, E. B., Sobreiro, V. A., & Rebelatto, D. A. do N. (2015). Human development and data envelopment analysis: A structured literature review. *Omega*, 54, 33–49. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.01.002>
- Mariano, E. B., Ferraz, D., & de Oliveira Gobbo, S. C. (2021). The human development index with multiple data envelopment analysis approaches: A comparative evaluation using social network analysis. *Social Indicators Research*, 157, 443–500.
- Morais, P., & Camanho, A. S. (2011). Evaluation of performance of European cities with the aim to promote quality of life improvements. *Omega*, 39(4), 398–409. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.09.003>
- Raab, R., Kotamraju, P., & Haag, S. (2000). Efficient provision of child quality of life in less developed countries: Conventional development indexes versus a programming approach to development indexes. *Socio-Economic Planning Sciences*, 34(1), 51–67. [https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0121(99)00013-0)
- Romero, W., Fortes, M., & Martins, E. (2009). Uma análise do desenvolvimento humano das cidades históricas mineiras por meio da técnica DEA. *Reúna. Revista de Economia da UNA*.
- Sen, A. (2010). *Desenvolvimento como liberdade*. Companhia das Letras.
- Soares, T. C., Costa, J. B. da, & Lopes, L. S. (2019). Análise espacial da eficiência dos gastos públicos em saúde em Minas Gerais. *Análise Econômica*, 37(72), Artigo 72. <https://doi.org/10.22456/2176-5456.70816>
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1407-7>
- Tofallis, C. (2013). An automatic-democratic approach to weight setting for the new human development index. *Journal of Population Economics*, 26(4), 1325–1345. <https://doi.org/10.1007/s00148-012-0432-x>
- Yamada, Y., Matui, T., & Sugiyama, M. (1994). New analysis of efficiency based on DEA. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 37(2), 158–167.
- Zhou, P., Ang, B. W., & Zhou, D. Q. (2010). Weighting and Aggregation in Composite Indicator Construction: A Multiplicative Optimization Approach. *Social Indicators Research*, 96(1), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s11205-009-9472-3>
- Zofio, J. L. (2007). Malmquist productivity index decompositions: A unifying framework. *Applied Economics*, 39(18), 2371–2387. <https://doi.org/10.1080/00036840600606260>
- Zrelli, H., Alsharif, A. H., & Tlili, I. (2020). Malmquist Indexes of Productivity Change in Tunisian Manufacturing Industries. *Sustainability*, 12(4), Artigo 4. <https://doi.org/10.3390/su12041367>