

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
FACULDADE DE ECONOMIA**

CÉSAR MALAGUTI ANDRADE SOARES

**ANÁLISE ESPACIAL DA EFICIÊNCIA DO EFETIVO DA POLÍCIA MILITAR DE
MINAS GERAIS EM 2017**

**Governador Valadares
2019**

CÉSAR MALAGUTI ANDRADE SOARES

**ANÁLISE ESPACIAL DA EFICIÊNCIA DO EFETIVO DA POLÍCIA MILITAR DE
MINAS GERAIS EM 2017**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora, *campus* Governador Valadares, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Costa Soares

GOVERNADOR VALADARES - MG

2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Malaguti Andrade Sores, César.

Análise Espacial da Eficiência do Efetivo da Polícia Militar da Minas Gerais em 2017 / César Malaguti Andrade Sores. -- 2019.

53 f.

Orientador: Thiago Costa Soares

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, Faculdade de Economia, 2019.

1. Eficiência. 2. Criminalidade. 3. Segurança Pública. 4. Análise Espacial.
I. Costa Soares, Thiago, orient. II. Título.

CÉSAR MALAGUTI ANDRADE SOARES

**ANÁLISE ESPACIAL DA EFICIÊNCIA DO EFETIVO DA POLÍCIA MILITAR DE
MINAS GERAIS EM 2017**

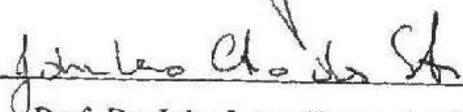
Trabalho de monografia aprovado como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel no curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, *Campus* Governador Valadares, pela seguinte banca examinadora:

Aprovado em 02 de dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Thiago Costa Soares



Prof. Dr. John Leno Castro dos Santos



Prof. Dr. Lucas Sabioni Lopes

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente ao meu pai Juarez e a minha mãe “Sãozinha”, por sempre me apoiarem nas minhas decisões, principalmente pelo amor incondicional que sentimos entre nós. Também agradeço a minha irmã Sara e meu sobrinho Francisco, que está por vir, e aos meus familiares, por me ensinarem novas formas possíveis de amor, de sabedoria e de reciprocidade.

Obrigado ao meu querido orientador Thiago, por acreditar e mostrar meu potencial, pelo apoio, confiança, estímulo e conhecimento oferecido, sendo essencial para completar essa etapa importante na minha vida. Agradeço também a todo crescimento acadêmico que a Universidade Federal de Juiz de Fora – Campus Governador Valadares me proporcionou, principalmente pelos professores do Departamento de Economia.

Na realidade, agradeço a todos os professores que tive, sem seus “ombros de gigantes” não seria possível chegar onde cheguei.

Agradeço também aos meus amigos e colegas, em especial ao João, que torceram por mim e me confortaram em momentos difíceis no decorrer da universidade.

Por fim, agradeço a Letícia, pelas palavras de apoio, pelo companheirismo, pelos “puxões de orelha”, por ser um dos exemplos que busco seguir e por propiciar momentos de felicidade nas coisas simples da vida.

Obrigado a todos!

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a relação espacial dos indicadores de eficiência do efetivo da Polícia Militar de Minas Gerais (PMMG) em 2017. Os índices de eficiência foram construídos pelo método de análise envoltória de dados (DEA, do inglês *data envelopment analysis*) “metafronteira”. O estudo espacial, por sua vez, foi elaborado por meio da técnica de análise exploratória de dados espaciais (AEDE). Os principais resultados identificaram baixos indicadores de eficiência nos municípios mineiros, sobretudo naqueles de pequeno porte populacional. Além disso, foi possível observar que, em média, a performance da PMMG de um determinado município está correlacionada com a eficiência da gestão da PMMG das regiões vizinhas. Nesse sentido, concluiu-se que a execução de boas práticas em localidades determinadas tende a transbordar regionalmente, abrindo possibilidades para a difusão de um modelo de segurança pública mais eficiente no estado.

Palavras-chave: Eficiência. Criminalidade. Segurança Pública. Análise Espacial.

ABSTRACT

In this paper, we analyzed the spatial relation among the Police Officers (PMMG) efficiency indicators in Minas Gerais state, in 2017. The efficiency indexes were constructed by employing the data envelopment analysis (DEA) “metafrontier” method. The spatial correlation index was obtained by using the exploratory spatial data analysis (AEDE) procedure. The main results identified low efficiency indicators in Minas Gerais, especially in the smaller municipalities. Moreover, it was observed that the performance of the PMMG is correlated with the efficiency of neighboring regions. In this sense, it was concluded that the implementation of good practices in a specific locality tends to overflow regionally, which open possibilities for diffusion of a more efficient public security standard in the state.

Keywords: Efficiency. Criminality. Public Safety. Spatial Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Função de produção de curto prazo da segurança pública.....	19
Figura 2 - Metafronteira e fronteiras dos subgrupos.....	23
Figura 3 - <i>leverages</i> da eficiência dos gastos em segurança.....	31
Figura 4 - Distribuição espacial da eficiência gerencial.....	39
Figura 5 - Gráfico da regressão entre eficiência e defasagem espacial.....	41
Figura 6 - Clusters de eficiência dos municípios de Minas Gerais.....	42
Apêndice A1 - Mapa de conectividade baseado na matriz rainha de pesos espaciais.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos municípios por porte populacional.....	24
Tabela 2 – Descrição das variáveis.....	29
Tabela 3 – Indicadores de eficiência por grupos, em 2017.....	32
Tabela 4 – Médias das variáveis insumo e produtos, por faixas de eficiência (GTE).....	34
Tabela 5 – Indicadores dos cinco mais eficientes dentro dos grupos.....	36
Apêndice A2 - Tabela das variáveis socioeconômicas escolhidas.....	50
Apêndice A3 – Indicadores de municípios “AA” e “BB”.....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
3 A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA SEGURANÇA PÚBLICA	19
4 METODOLOGIA	21
4.1 Construção dos indicadores de eficiência da polícia militar	21
4.1.1 <i>o problema da sensibilidade do DEA a outliers</i>	21
4.1.2 <i>o problema da heterogeneidade tecnológica e o DEA meta-fronteira</i>	22
4.1.3 <i>o problema da fronteira determinística</i>	24
4.1.4 <i>o problema da escala produtiva</i>	25
4.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais da eficiência da Polícia Militar	27
4.3 Descrição e Tratamento dos Dados	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6 CONCLUSÕES	43
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
8 APÊNDICES	50

1. INTRODUÇÃO

A criminalidade é uma manifestação social multifacetária (MERLON, 1938; BECKER, 1968; ZHANG, 1997) que vem impactando negativamente a qualidade de vida dos brasileiros e introduzindo crescentes prejuízos físicos, psicológicos e financeiros (SANTOS; KASSOUF, 2008). Por essa razão, este fenômeno está entre os maiores problemas sociais enfrentados atualmente no Brasil (FILHO; TANNURI-PIANTO; SOUSA, 2010)

Para exemplificar, dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) revelam que a taxa de homicídios por 100 mil habitantes aumentou de 26,6 para 30,3 entre 2006 e 2016 no país (aumento de 14%). Esses números o colocam entre os 10% mais violentos do mundo, junto com nações como Congo, República Dominicana, Ruanda e África do Sul (UNODC – Escritório das Nações Unidas para Drogas e Crimes).

Ao considerar as perdas históricas de capital humano e os valores monetários despendido com seguros e seguranças, privada e pública, os custos da criminalidade no Brasil representaram cerca de 5% do PIB, dos quais 30% são de responsabilidade do setor público (CERQUEIRA *et al.*, 2007).

O volume expressivo de recursos alocados na segurança pública e as crescentes taxas de criminalidade observadas vêm direcionando a atenção da sociedade para a qualidade das ações de segurança do estado. Especificamente no ramo acadêmico, o crescimento do interesse no tema é perceptível, por exemplo, pelo aumento das pesquisas nacionais sobre o assunto nas últimas décadas (BEATO; REIS, 2000; CERQUEIRA; LOBÃO 2003; RESENDE; ANDRADE, 2011, e outras). Em geral, a literatura vem apontando que, para além do montante despendido, o estado poderia combater melhor a criminalidade se os recursos financeiros fossem alocados de forma mais eficiente, sistematizada, com planejamento operacional e coordenação das forças policiais (WOLPIN, 1978; FAJNZYLBER *et al.*, 1998; ENTORF; SPENGLER, 2000).

Diante do exposto, este estudo pretende construir e analisar especialmente indicadores municipais de eficiência técnica da Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (PMMG) em 2017. Este estado abarca o maior número de municípios nacionalmente (853) e é o segundo mais populoso do país, com 21 milhões de habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2017).

Diversos outros trabalhos buscaram analisar a eficiência da segurança pública no Brasil, em Minas Gerais e em outras regiões específicas do país. Para ilustrar, Filho, Tannuri-Pianto e Souza (2010) pesquisaram a eficiência da segurança pública para os estados brasileiros entre 2001 e 2006. Os autores verificaram que os estados com maior participação no mercado de drogas, maior percentual relativo de policiais militares em relação aos civis, maior taxa de abandono do ensino médio e desigualdade de renda foram mais ineficientes.

Scalco, Amorim e Gomes (2012) construíram e correlacionaram índices de eficiência da PMMG com variáveis socioeconômicas municipais em Minas Gerais. Os principais resultados mostraram que municípios com maior percentual de população urbana e densidade demográfica foram, em média, mais eficientes. Por outro lado, o percentual de adolescentes fora da escola se correlacionou negativamente ao índice de eficiência da PMMG.

Ervilha *et al.* (2015), por sua vez, analisaram a eficiência dos gastos públicos em segurança em Minas Gerais e detectaram baixos índices na maioria dos municípios estudados, especialmente os de pequeno porte populacional. Além disso, os autores sugeriram que os indicadores de eficiência dos gastos em segurança poderiam estar espacialmente correlacionados. Contudo, essa hipótese não foi formalmente testada.

Na literatura sobre eficiência do estado em segurança pública, há relevantes lacunas que ainda necessitam de atenção. Por exemplo, o estado tende a destinar maior esforço orçamentário em segurança a regiões que possuem taxas mais elevadas de criminalidade. Com efeito, localidades com altas taxas criminais podem apresentar maior volume de recursos, levando-as a ser ineficientes em determinado recorte temporal (problema da simultaneidade).

Além disso, diversos estudos têm apontado dificuldades para comparar a eficiência de localidades com características regionais e socioeconômicas heterogêneas (SARTORIS NETO, 2000; PEIXOTO, 2003; ALMEIDA *et al.*, 2005; SCALCO; AMORIM; GOMES, 2012). Scalco, Amorim e Gomes (2012) ilustram, a título de explicação, as diferentes realidades de atuação da polícia da capital mineira (Belo Horizonte) e dos pequenos municípios do interior do estado. Os autores argumentam que a heterogeneidade poderia introduzir problemas na mensuração dos indicadores de eficiência (problema da heterogeneidade).

Por fim, pouca atenção tem sido dada à distribuição espacial da eficiência do estado em segurança pública (problema da espacialidade). Em um estudo sobre a

eficiência da gestão pública em saúde, Soares, da Costa e Lopes (2019) mostraram que municípios ineficientes poderiam absorver as boas práticas executadas pelas regiões vizinhas (transbordamento tecnológico). Do mesmo modo, localidades cercadas de municípios ineficientes poderiam apresentar maior dificuldade para gerir os recursos públicos.

O fenômeno espacial, visualizado em Ervilha *et al.* (2015), mas não testado, poderia ocorrer na gestão dos recursos em segurança pública. Concretamente, a literatura correlata aponta que o crime tende a se propagar geograficamente (ARAÚJO; FAJNZYLBBER, 2000; HADDAD; HEWINGS, 2005; OLIVEIRA 2005). Por essa razão, regiões circunvizinhas estariam mais propensas a enfrentarem realidades similares e a adotarem estratégias de ação comuns. Desse modo, em âmbito regional, é natural supor que a eficiência de determinado município no combate à criminalidade esteja espacialmente correlacionada com a eficiência de seus vizinhos. A identificação dessas regiões poderia dar maior suporte para efetivas ações de segurança pública em Minas Gerais.

Não foram identificados trabalhos na literatura consultada que tenham se atentado a todos os aspectos mencionados. Desse modo, este estudo buscou se inserir na vasta literatura sobre criminalidade ao construir índices de eficiência da PMMG que consideram explicitamente os problemas de simultaneidade, devido fenômeno de endogeneidade, heterogeneidade dos dados e ao analisar a correlação espacial dos indicadores para uma amostra ampla de localidades. Os índices de eficiência foram construídos pela técnica não paramétrica de análise envoltória de dados (DEA, do inglês *data envelopment analysis*) metafronteira. O estudo espacial, por sua vez, foi realizado por meio da técnica de análise exploratória de dados espaciais (AEDE).

Este trabalho está organizado em outras cinco seções, além desta introdução. Na segunda seção, é apresentada uma revisão literária com os principais artigos que exploram a temática da criminalidade, bem como da segurança pública. A terceira descreve o modelo teórico que embasa a construção de fronteiras de eficiência do efetivo da PMMG. A quarta seção define a metodologia do estudo e descreve a base de dados. A quinta discute os resultados encontrados. E, por último, a sexta reporta as conclusões do estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Viapiana (2006), a criminalidade é um fenômeno complexo que exige análises multidisciplinares e, na vertente das ciências econômicas, Becker (1968) foi um dos pioneiros. Em seu trabalho, Becker (1968) argumentou que o comportamento criminoso está associado à utilidade esperada do crime e pode ser influenciado pelo ganho financeiro, probabilidade de prisão, rigor da legislação e outros aspectos.

O conceito de utilidade aplicado à escolha criminal é também conhecido como “modelo de portfólio”. Esse modelo baseia-se nos princípios de maximização das escolhas propostos por Jeremy Benthan (COHEN; FELSON, 1979). Cohen e Felson (1979) argumentam que a base dessa linha de pensamento está na hipótese de que todo indivíduo, em certo grau, está propenso a se desviar da lei. Tais conceitos constroem a linha introdutória do pensamento de Becker (1968).

A escolha determinada pela utilidade, segundo Becker (1968), decorre de uma avaliação racional, envolvendo os benefícios e custos esperados do ato criminal. Porém, a eficácia do combate ao crime é diretamente relacionada à complexidade do tema abordado, dado que as diferenças comportamentais se associam com os diversos possíveis eventos. Crimes como roubo estão vinculados com os possíveis benefícios monetários que os indivíduos podem adquirir, enquanto homicídios são crimes que costumam ser associados à irracionalidade, ao uso excessivo de álcool e drogas, às decisões passionais, e outras formas que desordenam o juízo do autor, que certamente dificultam a ação policial.

O estudo de Becker (1968) motivou outros autores a examinar a criminalidade sob a ótica do ambiente de inserção dos indivíduos (EHRlich, 1973; BLOCK; HEINECKE, 1975; LEUNG, 1995). Para ilustrar, Ehrlich (1973) estudou os efeitos da desigualdade de renda sobre a criminalidade e encontrou evidências de uma relação positiva, sobretudo com os crimes contra bens e propriedades. O autor reportou ainda que a falta de oportunidades de emprego pode pesar sobre a escolha pelos crimes, pois se reduz a expectativa de renda proveniente do trabalho legal. Sutherland (1973) acrescenta que o emprego aumenta o custo de oportunidade e torna as pessoas menos propensas a praticar crimes. Ainda nesse sentido, Block e Heinecke (1975) mostraram que os efeitos do desemprego são mais evidentes na ocorrência de crimes contra o patrimônio.

A relação entre criminalidade e ambiente social também é tema recorrente na literatura (SUTHERLAND, 1973; MATSUEDA, 1982; BRUINSMA, 1992; MCCARTHY, 1996 e outros). Sutherland (1973) destacou que a experiência individual em situações de conflito e o aprendizado proveniente das interações sociais podem determinar o comportamento das pessoas. Para o autor, a família e o círculo de amigos são determinantes indiretos da escolha individual. Este fenômeno é denominado “teoria do aprendizado social”.

Matsueda (1982) buscou relacionar empiricamente a teoria do aprendizado social e a criminalidade, tendo como referência uma amostra composta por 1.140 indivíduos. O autor concluiu que indivíduos que convivem com criminosos têm maior chance de cometerem atos ilícitos. Glaeser e Scheinkman (1996) explicam que a transferência de informações pode diminuir os custos de aprendizagem de atividades criminosas. Ademais, os autores destacam que o relacionamento com pessoas criminosas pode afetar a consciência dos demais sobre moral e controle social.

O aprendizado social também pode ter implicações sobre a difusão da criminalidade no âmbito regional. Scalco (2007) relata que os municípios que apresentam taxas elevadas de criminalidade são, em média, circundados por outros municípios que também convivem com altas taxas de criminalidade. No Brasil, evidências similares foram encontradas para as regiões de Fortaleza (CE) (COSTA; FREITAS, 2011), Rio Claro (SP) (OLIVETTI; LOMBARDO, 2010) e diversas outras de médio porte (ANTONELLO *et al.*, 2004).

Por outro lado, a literatura reporta que investimentos em segurança reforçam a percepção de controle social e tendem a inibir o crime. Em um estudo sobre a produção de equipamentos de segurança produzidos pela indústria automobilística alemã, Clarke (1983) observou que a instalação de travas na direção dos veículos teve significativo impacto na redução do número de roubos de automóveis naquele país durante a década de 1960.

Ainda nesse sentido, o estado (União e Unidades da Federação) também pode influenciar negativamente a criminalidade por meio da criação de instrumentos, ações e políticas de segurança pública, cujo objetivo seja elevar as chances de aplicação e o rigor da lei. São exemplos o aumento do efetivo policial, dos instrumentos de combate ao crime (armamento, frota de veículos, ações de investigação etc.), prolongamento do período de encarceramento, agilidade nos trâmites jurídicos e de execução da punição. Em sentido amplo, Sah (1991) e Posada (1994) depreendem que investimentos em segurança,

públicos e privados, desestimulam o crime, pois tendem a elevar os custos das práticas criminosas e as chances de punição para os infratores.

No ramo empírico, uma maior atenção tem sido direcionada à associação entre alocação de recursos públicos e criminalidade. Por exemplo, Carrington (1997) adotou a técnica DEA para analisar a eficiência da força policial do estado de Nova Gales do Sul, na Austrália, entre 1994 e 1995. O autor ressaltou que a realocação das patrulhas poderia produzir ganhos de eficiência nesta localidade. Em estudo semelhante, Nyhan (1999) observou que municípios ineficientes do estado de Washington, nos Estados Unidos da América (EUA), poderiam melhorar a gestão dos recursos adotando algumas das regiões eficientes do estado como referências. Drake e Simper (2000), ao analisarem a atuação das polícias inglesa e galesa por meio do DEA, revelaram discrepâncias nos escores de eficiência da atuação policial de combate ao crime.

Drake e Simper (2000) e Barros (2006) salientam que a atuação da polícia pode melhorar com o uso de práticas baseadas em sistemas mais eficientes. Por exemplo, ao analisar a eficiência da polícia de Lisboa, em Portugal, Barros (2006) destacou que a ação da polícia foi mais eficiente quando houve maior interação entre policiais, governantes e cidadãos. O autor ainda relatou que níveis mais elevados de renda e emprego melhoram a efetividade da ação policial.

No Brasil, o estado arca com cerca de um terço dos gastos com segurança (CERQUEIRA, 2007). Dado o volume empenhado de recursos, a literatura nacional tem direcionado esforços para mensurar os custos da criminalidade e a eficiência da alocação de recursos públicos no país.

Pereira Filho, Tannuri-Pianto e Sousa (2010) analisaram a eficiência dos gastos dos estados em segurança, entre 2001 e 2006, através de um modelo de fronteira de produção. Os autores verificaram que São Paulo foi o estado mais custo-eficiente do país. Em sentido oposto, a capital federal (Brasília) apresentou baixos níveis de eficiência. Os autores identificaram que o crescimento da criminalidade e a ineficiência do gasto podem estar associados com o crescimento do mercado de drogas no Brasil. Além disso, também relataram que o aumento da desigualdade, do abandono escolar e da taxa policial militar por policial civil contribuem com o aumento da ineficiência dos estados.

Em Minas Gerais, há diversos estudos que encontraram associação entre criminalidade, ineficiência da gestão, pobreza, desigualdade e baixo desenvolvimento econômico regional (ANDRADE; LISBOA, 2000; BEATO FILHO; REIS, 2000; SCALCO; AMORIM; GOMES, 2012; ERVILHA *et al.*, 2015). Concretamente, Scalco,

Amorim e Gomes (2012) utilizaram o DEA para averiguar os níveis de eficiência da PMMG, tendo encontrado grande dispersão na qualidade da gestão em segurança. Os autores evidenciaram dificuldades para comparar o desempenho da polícia militar regionalmente devido à heterogeneidade da dinâmica da violência em Minas Gerais. Segundo Rocha *et al.* (2012) e Soares, da Costa e Lopes (2019), a heterogeneidade da amostra introduz erros na medição de índices de eficiência.

Ervilha *et al.* (2015) buscaram medir a eficiência dos gastos públicos em segurança nos municípios mineiros com o DEA, controlando a heterogeneidade amostral causada pela discrepância populacional dos municípios. Os autores observaram que o fator populacional afetou os índices de eficiência. Além disso, relataram um possível padrão espacial da eficiência da gestão neste estado. Não obstante, não foram realizados procedimentos estatísticos que pudessem testar a hipótese de dependência espacial da eficiência em segurança pública.

De modo geral, percebe-se que os estudos sobre eficiência em segurança pública buscam comparar a efetividade do combate à criminalidade de municípios, estados e grandes regiões, focando sobre a efetividade da alocação dos recursos financeiros e humanos (efetivo policial). Como instrumental analítico, grande parte da literatura tem optado pelo DEA, pois essa técnica permite comparar unidades sem a necessidade de se estabelecerem preços dos fatores e restrições na forma funcional. No entanto, a discussão sobre a influência da heterogeneidade amostral na construção dos indicadores e a provável dependência espacial da gestão em segurança pública são ainda pouco debatidas.

Loureiro e Carvalho Júnior (2007) salientam ainda que os modelos que associam gastos em segurança e criminalidade podem ser endógenos, causando simultaneidade na análise, pois o estado normalmente direciona mais recursos públicos (financeiros e, ou, humanos) a regiões com taxas mais elevadas de criminalidade. Com efeito, os índices obtidos pelo DEA podem não refletir com exatidão a eficiência das unidades. Não foram encontrados trabalhos na literatura consultada que tenham se atentado à possível endogeneidade entre os recursos empenhados pelo estado e a criminalidade no contexto do DEA.

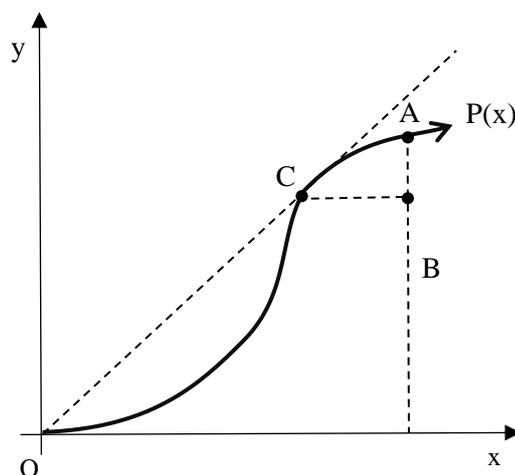
Diante do exposto, este estudo buscou se inserir na literatura existente ao construir índices mais precisos de eficiência da PMMG e ao testar a hipótese de dependência espacial desses indicadores empiricamente. Primeiro, procurou-se controlar o possível problema de endogeneidade do DEA ao adotar a média histórica da taxa de policiais militares (2000 a 2016) como *proxy*-insumo das unidades e, como produto, as taxas de

crimes contra a pessoa e património de 2017 (ano mais recente disponível). Por fim, buscou-se tratar com mais rigor o problema de heterogeneidade dos dados por meio da aplicação de uma técnica de detecção de *outliers* (SOUSA; STOSIC, 2005) e do DEA metafronteira (CHIU *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2012; SOARES, DA COSTA; LOPES, 2019; SOARES; CUNHA, 2019). Os procedimentos técnicos serão pormenorizados na seção metodológica.

3. A FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA SEGURANÇA PÚBLICA

A função de produção da segurança pública pode ser representada por uma fronteira de possibilidades de produção (FPP). Entre os insumos, podem-se considerar os custos com efetivo policial, manutenção das unidades, veículos, equipamentos, entre outros. Com relação aos produtos, em geral, utilizam-se o número de prisões registradas, apreensões e o inverso de indicadores de criminalidade, como as taxas de crimes contra a pessoa (homicídios, lesão corporal etc.) e patrimônio (roubo, furto etc.). Neste contexto, espera-se que o aumento dos insumos promova a redução da criminalidade e que as localidades eficientes na alocação dos recursos estejam sobre a FPP. Para ilustrar, a Figura 1 reporta uma FPP com um insumo e um produto.

Figura 1. Função de produção de curto prazo da segurança pública



Fonte: Elaboração própria

A variável y corresponde à produção, e x , ao insumo em segurança pública. Os retornos são identificados pela retilínea pontilhada de 45° . Entre os pontos OC , as unidades operam com retornos crescentes de escala (a produção aumenta mais que proporcionalmente ao emprego do insumo). No ponto C , as unidades produzem com retornos constantes de escala (a produção aumenta proporcionalmente ao aumento do insumo). A partir do ponto C , a produção cresce menos que proporcionalmente à elevação do insumo (retornos decrescentes de escala).

Todas as unidades sobre a FPP são consideradas eficientes, pois não há melhores práticas para serem comparadas (pontos C e A). Os municípios que estão abaixo da

fronteira são ineficientes e, para se tornarem eficientes, devem ser projetados para a FPP. Por exemplo, o ponto B é ineficiente, visto que não está sobre a FPP. Contudo, B pode se tornar eficiente expandindo o produto para o ponto A e mantendo o insumo constante (orientação a produto); ou reduzindo o insumo para o ponto C, mantendo o produto constante (orientação a insumo). O vetor (BA) é dado pelo deslocamento de B até A. O escore de eficiência referente a B com a orientação a produto é dado por $0 < \frac{y_B}{\frac{x_B}{y_A}} = \theta < 1$

1. O escore de (BC) (θ) é dado por $0 < \frac{y_B}{\frac{x_B}{y_C}} = \theta < 1$, resultando em um vetor de projeção de B até C. O inverso de θ é denominado como a distância de Shepard (1970). A definição da eficiência técnica pode ser utilizada para avaliar diversos serviços na segurança e, segundo Färe et al. (2005), pode ser obtida pela comparação relativa entre a razão (y/x) pela razão (y/x)* ótima.

Em síntese, a eficiência da força policial é a aptidão para produzir serviços de segurança pública ao menor custo possível na perspectiva *input*, levando em consideração as restrições tecnológicas. No *output*, estende-se a produção máxima da segurança enquanto é mantido o nível de insumo¹.

¹ O ponto ótimo de Pareto, segundo Koopmans (1951), é determinado quando não é mais possível aumentar a quantidade de serviços, vistos como *payoffs*, sem que outro serviço seja reduzido, ou reduzir os insumos, sem gerar uma redução na produção ou aumento de outro insumo.

4. METODOLOGIA

Os índices de eficiência do efetivo da polícia militar foram construídos através do método DEA. Buscou-se adotar procedimentos analíticos que reduzem os problemas de heterogeneidade da amostra e constroem modelos empíricos com maior conexão com a realidade dos dados. O estudo da dependência espacial da eficiência, por sua vez, foi feito por meio da técnica AEDE. A seguir, são apresentados os detalhes metodológicos do estudo.

4.1. CONSTRUÇÃO DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA DA POLÍCIA MILITAR

O DEA é um procedimento não paramétrico que possibilita a construção de FPPs por meio de programação matemática. Segundo Barros (2006), a técnica permite analisar o desempenho (eficiência) de unidades em diferentes áreas. Na segurança pública, o DEA pode indicar os municípios com melhores práticas de combate à criminalidade e o caminho que os demais devem percorrer para se tornar eficientes.

Considera-se que os municípios são unidades tomadoras de decisões (DMU, do inglês *decision making units*) que decidem a melhor forma de alocar os recursos para alcançar determinado nível de produto. Matematicamente:

$$P(x) = \{(y,x): x \text{ produz } (y)\}, \quad (1)$$

Em que $P(x)$ é a tecnologia de produção; y e x são o produto e o insumo da segurança pública, respectivamente. Os municípios eficientes estão posicionados sobre a FPP.

4.1.1. O PROBLEMA DA SENSIBILIDADE DO DEA A *OUTLIERS*

Na abordagem DEA, os escores de eficiência são sensíveis a existência de unidades discrepantes (*outliers*). No contexto da segurança pública, os *outliers* são municípios “supereficientes” (ANDERSEN; PETERSON, 1993) que distorcem o alinhamento geométrico da fronteira de possibilidades de produção (FPP), causando alterações drásticas nos índices de eficiência dos demais. Por essa razão, se faz necessário avaliar a presença de *outliers* e proceder com sua exclusão, caso existam (SEAVER; TRIANTIS, 1989; WILSON, 1993; PASTOR *et al.*, 1999). Por exemplo, Seaver e

Triantis (1989) utilizaram um modelo paramétrico de detecção de *outliers* no DEA, porém alguns estudos mostram que este método é viesado no contexto não paramétrico (WILSON, 1993; PASTOR *et al.*, 1999). Com essa finalidade, adotou-se o procedimento sugerido por Souza e Stosic (2005). Em suma, os autores construíram um método semi-paramétrico de duas etapas com base nas técnicas *jackknife* e *bootstrap*. Na primeira fase, estimam-se k fronteiras excluindo parcialmente alguma observação para avaliar a influência dessa ausência sobre os resultados médios da fronteira. O processo se repete para cada unidade da amostra. Na segunda, os autores propõem regras de comparação com os resultados da primeira fase pelo método *bootstrap*.

O indicador extraído do procedimento é denominado *leverage*. Esse índice varia entre zero e um, de modo que, quanto mais próximo de um, maior a influência individual nos resultados médios da fronteira; ao se aproximar de zero, é possível concluir que a observação não afeta os escores médios da amostra. Os autores indicam que unidades com *leverages* maiores que 0,02 podem ser consideradas *outliers* e devem ser excluídas da análise.

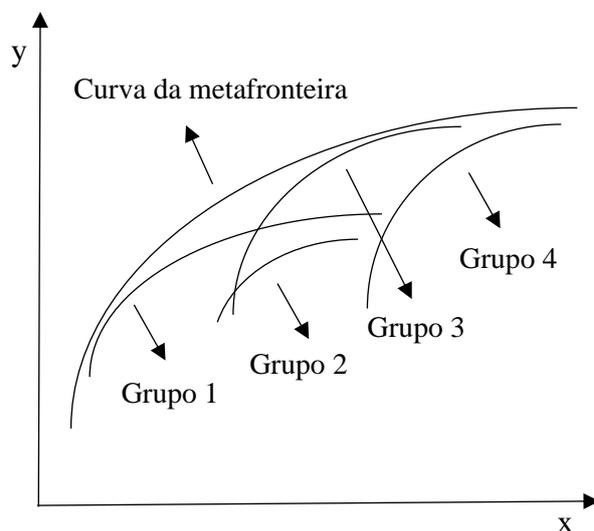
4.1.2. O PROBLEMA DA HETEROGENEIDADE TECNOLÓGICA E O DEA META-FRONTEIRA

Os modelos DEA têm, tradicionalmente, assumido que as unidades são homogêneas e comparáveis. Em outras palavras, pressupõe-se que os municípios adotam a mesma tecnologia de segurança e enfrentam ambientes similares. Não obstante, estudos apontam que a dimensão populacional em amostras municipais tende a introduzir heterogeneidade na função de produção (ERVILHA *et al.*, 2015; ROCHA *et al.*, 2013; SOARES, DA COSTA; LOPES, 2019; SOARES; CUNHA, 2019). Isso ocorre porque a forma com que o crime se manifesta e o combate à criminalidade variam entre municípios com tamanhos populacionais distintos. Por exemplo, grandes centros urbanos, normalmente, têm modelos de segurança pública mais aparelhados e complexos.

Para reduzir os problemas inerentes à heterogeneidade tecnológica das unidades, adota-se o método DEA meta-fronteira. Esse método consiste na construção de indicadores de eficiência da gestão em segurança em subgrupos previamente estabelecidos com base no fator populacional (O'DONNELL *et al.*, 2008). Primeiramente, determina-se uma fronteira “meta” que compara todas as unidades conjuntamente, descrita por $T^m = P(x)^m = \{(x,y): x \text{ produz } (y)\}$. Em seguida, obtém-se os

escores de eficiência nos subgrupos definidos pelas fronteiras $T^k = P(x)^k = \{(x,y): x \text{ produz } (y) \text{ no subgrupo } k\}$, de modo que $T^m = \{T^1 \cup T^2 \cup T^3 \cup \dots \cup T^k\}$. A Figura 2 retrata graficamente o que está sendo exposto.

Figura 2. Metafronteira e fronteiras dos subgrupos



Fonte: Elaboração própria

Os subgrupos de um a quatro representam fronteiras de produção homogêneas definidas por um critério populacional. Cada município está posicionado em entorno de uma determinada subfronteira. A metafronteira, por sua vez, é uma representação que engloba todas as demais subfronteiras.

As distâncias para a metafronteira e para um respectivo grupo permitem obter informações que podem ser relacionadas à eficiência tecnológica (*meta-technology* – MME) e de gestão dos municípios (*group-technological efficiency* – GTE). De modo formal, sejam $MME = \theta^m$ e $GTE = \theta^k$. Os termos $0 < \theta^m \leq 1$ e $0 < \theta^k \leq 1$ são escores de eficiência técnica obtidos nas fronteiras MME e GTE que, respectivamente, representam a performance dos municípios quando são comparados com toda amostra e com seu grupo. Por construção, $GTE \geq MME$, de modo que se o município não possui discrepâncias provenientes do fator populacional, os escores de eficiência obtidos na metafronteira e no subgrupo serão iguais. Nesse sentido, a razão $MME/GTE = MTR$ (*meta-technology ratio*) fornece uma medida de importância da heterogeneidade tecnológica amostral. Por representar melhor as diferenças dos municípios no contexto da criminalidade, a

abordagem meta-fronteira torna-se mais adequada ao estudo². A seguir, apresenta-se a Tabela 1, na qual são descritas as regras de divisão da amostra. Esses critérios possuem com base os estudos de Rocha et al. (2012), Ervilha *et al.* (2015), Soares, da Costa e Lopes (2019) e Soares e Cunha (2019)

Tabela 1 – Classificação dos municípios por porte populacional

Porte	Regra	Municípios (qt)	Percentual (%)
Pequeno I (PQI)	Até 20.000	533	74,96
Pequeno II (PQII)	20.001 até 50.000	112	15,75
Médio (MD)	50.001 até 100.000	38	5,35
Grande (GR)	Mais de 100.000	28	3,94
Total		711	100,00

Fonte: Elaboração própria

4.1.3. O PROBLEMA DA FRONTEIRA DETERMINÍSTICA

Apesar de suas vantagens, o método não-paramétrico DEA impõe, por construção, restrições de não-aleatoriedade da função de produção, visto que a FPP é obtida de maneira determinística (WANG *et al.*, 2013, ZHANG; CHOI, 2013). Não obstante, variações aleatórias da fronteira de máxima eficiência da segurança pública podem ocorrer por diversas razões.

Por exemplo, determinado município pode ter sua frota de veículos policiais inviabilizada por acidentes de trânsito ou danificação de peças. Em outra perspectiva, quadrilhas criminosas especializadas, com alto nível de preparação estratégica, poderiam agir no território e comprometer, por consequência, o trabalho da polícia local, como aquelas que operam no arrombamento de bancos e carros fortes. Portanto, é plausível supor que a ação da polícia militar possa ser impactada por eventos de caráter aleatório e não controlados diretamente por esta.

A literatura recente tem adaptado os modelos DEA no intuito de melhor adequá-los aos referidos problemas de natureza empírica. Especificamente neste estudo, procedeu-se com a aplicação do procedimento de reamostragem por *bootstrap*, sugerido por Simar e Wilson (1998). Esse procedimento visa aproximar os indicadores de

² Para uma descrição mais detalhada do procedimento, ver O'Donnell *et al.* (2008), Chiu *et al.* 2012 e Soares e Cunha (2019).

eficiência obtidos no DEA convencional à realidade observada dos municípios, os quais não possuem controle de todas as variáveis que interferem na gestão.

Em resumo, Simar e Wilson (1998) propõem a construção de uma função densidade de probabilidade, baseada na frequência observada dos escores de eficiência, obtida pela técnica *bootstrap* (EFRON, 1979). Desse modo, ao estimar o processo gerador de dados (PGD) da performance da PMMG, torna-se possível realizar inferências com o indicador de eficiência e proceder com a análise espacial proposta neste estudo.

4.1.4. O PROBLEMA DA ESCALA PRODUTIVA

Outra questão relevante na análise proposta é a possibilidade de diferentes retornos de escala entre os municípios. As unidades produtivas no DEA podem apresentar três possíveis respostas produtivas para determinada variação nos insumos. Por exemplo, municípios que operam com elevado custo fixo médio (arcam com despesas fixas médias mais elevadas) normalmente possuem “retornos crescentes de escala”. Por sua vez, aqueles que produzem com menor custo fixo médio, utilizam mais insumos variáveis e operam com níveis mais elevados de produto tendem a apresentar “retornos decrescentes de escala”. Em alguns casos, a resposta produtiva pode ser proporcional à variação do insumo e culminar nos chamados “retornos constantes de escala (RCE)³”. Segundo Banker, Charnes e Cooper (1984), parte da ineficiência das unidades poderia estar associada com o fator escala. Portanto, é necessário construir um modelo DEA que permita flexibilizar a hipótese dos retornos (“retornos variáveis de escala - RVE⁴”).

Para separar “eficiência de escala” e “eficiência de gestão”, os autores substituíram o axioma da proporcionalidade entre insumos e produto do modelo DEA-RCE pela convexidade da FPP do modelo DEA-RVE. Esse procedimento permite construir indicadores de eficiência de escala e de gestão. O primeiro representa a habilidade do município para operar na escala ótima; o segundo, por sua vez, mostra a performance para gerir os recursos da segurança pública em uma determinada fase produtiva. Neste estudo, a análise incide sobre o indicador de performance da gestão. Em termos formais, o problema da programação matemática de um município específico “o” que opera em uma estrutura metafronteira com retornos variáveis pode ser representado pelas seguintes expressões:

³ Também denominado DEA-CRS, do inglês “*constant returns to scale*”.

⁴ Também denominado DEA-VRS, do inglês “*variable returns to scale*”.

$$\begin{aligned}
& \max \theta^m \\
& s.t. \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k x_{ij}^k \leq x_{io}^k, & i = 1, 2, \dots, I\text{-ésimo insumo} \\
& \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k y_{dj}^k \geq \theta^m y_{do}^k, & d = 1, 2, \dots, D\text{-ésimo produto} \\
& \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k = 1, & k = 1 \text{ (meta-fronteira)} \\
& \lambda_n^k \geq 0, & j = 1, 2, \dots, N\text{-ésimo município}
\end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
& \max \theta^k \\
& s.t. \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k x_{ij}^k \leq x_{io}^k, & i = 1, 2, \dots, I\text{-ésimo insumo} \\
& \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k y_{dj}^k \geq \theta^k y_{do}^k, & d = 1, 2, \dots, D\text{-ésimo produto} \\
& \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k = 1, & k = 1, 2, \dots, K\text{-ésimo subgrupo} \\
& \lambda_n^k \geq 0, & j = 1, 2, \dots, N\text{-ésimo município,}
\end{aligned} \tag{3}$$

em que x_{io}^k é o vetor de insumos do município “o”; x_{ij}^k são vetores de insumos dos demais municípios; y_{do}^k , é o vetor de produtos do município “o”; y_{dj}^k , são os vetores de produtos dos demais municípios; λ_n^k e μ_n^k são as variáveis de decisão dos modelos (2) e (3) que projetam o município “o” para a FPP quando $\theta^m \neq 1$ e $\theta^k \neq 1$, respectivamente. Os escores de eficiência nas k fronteiras foram, posteriormente, reconstruídos pelo procedimento de reamostragem (*bootstrap*) de Simar e Wilson (1998), no intuito de realizar a análise de correlação espacial, a qual é descrita na sequência.

4.2. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS DA EFICIÊNCIA DA POLÍCIA MILITAR DE MINAS GERAIS

A fim de identificar um possível padrão espacial entre os indicadores de eficiência, utilizou-se a análise exploratória de dados espaciais (AEDE). A análise é um conjunto de técnicas estatísticas, cujo objetivo é averiguar a existência de correlação espacial entre unidades de seção cruzada. Nesta pesquisa, testa-se se a eficiência de determinado município na área da segurança pública está correlacionada com a eficiência de um grupo estabelecido de vizinhos regionais.

Com esse intuito, aplicou-se a estatística *I* de Moran, que mede o grau de associação linear espacial entre a eficiência observada em determinado município (θ_i^k) e a média ponderada dos valores das regiões vizinhas (defasagens espaciais) (θ_z^k), conforme a expressão (4):

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i \sum_z w_{iz} (\theta_i^k) (\theta_z^k)}{\sum_{i=1}^n (\theta_i^k)^2}, \quad (4)$$

em que n é o número de regiões; w_{iz} é uma matriz de pesos espaciais que relaciona as regiões i e z . Todos os elementos da matriz devem ser somados, definidos pela expressão S_0 . Nessa pesquisa, adotou-se a matriz do tipo “rainha”⁵.

A aleatoriedade espacial é a hipótese nula da estatística *I de Moran*. Valores estimados superior ao esperado $E = -[1/(n-1)]$ apontam para a existência de autocorrelação espacial positiva, ou seja, a prevalência de similaridade global entre os valores da eficiência da PMMG de um município e sua localização espacial. Os valores inferiores, por sua vez, apontam dissimilaridade. Já os indicadores de dependência espacial próximos a zero indicam a não rejeição da hipótese nula. A exposição dos resultados do *I de Moran* pode ser realizada por um diagrama de dispersão, pressupondo a defasagem espacial no eixo vertical e o valor de referência no eixo horizontal. Em suma, a abordagem *I de Moran* pode ser interpretada como o coeficiente angular da reta de

⁵A matriz rainha pondera como vizinhos aqueles municípios que partilham fronteiras geográficas físicas e os vértices do mapa. Por isso, possui maior cobertura que outras matrizes de contiguidade (ALMEIDA, 2012). Ademais, após a verificação das correlações espaciais (procedimento de Baumont *et al.* (2004)), constatou-se que essa matriz capturou melhor a correlação espacial entre os municípios.

regressão estimada na função da eficiência contra a defasagem espacial (ANSELIN, 1988).

Para se obter uma medida local de dependência espacial, calcula-se, em adição, o *I de Moran Local*, que faz parte de um conjunto de estatísticas denominadas “*Local Indicators of Spatial Association – LISA*”. O indicador viabiliza a identificação de *clusters* espaciais estatisticamente significativos para cada observação, assumindo o axioma de que a soma dos indicadores locais seja simétrica ao indicador global correspondente. O *I de Moran Local* pode ser definido por:

$$I_i = (\theta_i^k) \sum_{z=1}^j w_{iz} (\theta_z^k). \quad (5)$$

Pela expressão (5), pode-se identificar quatro tipos de associações espaciais: Alto-Alto (AA), Alto-Baixo (AB), Baixo-Alto (BA) e Baixo-Baixo (BB). O conjunto do tipo AA indica que um município de alta eficiência está associado espacialmente a vizinhos com melhor gestão na segurança pública. Ou seja, agrupamentos AA podem comprovar a existência de *clusters* de municípios de alta eficiência em segurança pública. Um agrupamento BB especifica que um município ineficiente está associado espacialmente a outros que também apresentam baixa eficiência, o que pode indicar entraves relevantes na execução dos serviços de segurança pública. Sobretudo, as demais interpretações podem ser feitas de forma correlata.

4.3. DESCRIÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS

Conforme discutido, o objetivo deste estudo foi construir índices de eficiência da PMMG, e analisar a possível correlação espacial desses indicadores em 2017. Com esse intuito, a variável *input* adotada foi a “taxa de policiais militares por 100 mil habitantes”. As variáveis *outputs*, por seu turno, referem-se ao inverso das taxas de crimes violentos contra a pessoa e o inverso das taxas de crimes contra o patrimônio por 100 mil habitantes. É importante ressaltar que essas variáveis foram escolhidas após extensa investigação dos estudos empíricos em segurança pública, nacionais e internacionais, e da disponibilidade dos dados para o estado de Minas Gerais (ANDRADE; LISBOA, 2000; BEATO FILHO; REIS, 2000; ROCHA 2010; TANNURI-PIANTO, 2010; SCALCO; AMORIM; GOMES, 2012; ERVILHA *et al.*, 2015).

Especificamente, a taxa de crimes contra pessoas é a razão entre o número de ocorrências registradas pela força policial de homicídios e estupros consumados, tentados

e por vulnerável, dividido pela população do município, vezes 100.000. A taxa de crimes contra o patrimônio é calculada pela razão entre o número de roubos consumados e extorsão, dividido pela população do município, vezes 100.000. Já a taxa de policiais militares, é a razão entre o número de policiais militares de um município, dividido por sua população, vezes 100.000. Essas informações foram extraídas na plataforma Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS), da Fundação João Pinheiro (FJP). Para uma melhor representação dos dados, apresenta-se a Tabela 2:

Tabela 2 – Descrição das variáveis

Variável	Descrição	Sigla	Unidade
Produto 1	Inverso da taxa de crimes violentos contra a pessoa por 100 mil habitantes	Pes	Taxa
Produto 2	Inverso da taxa de crimes violentos contra o patrimônio por 100 mil habitantes	Pat	Taxa
Insumo	Taxa de policiais militares por 100 mil habitantes	Pol	Taxa

Fonte: Elaboração própria

No que diz respeito ao modelo empírico, a literatura reporta dificuldades em analisar as taxas de crimes contra as variáveis de esforço do estado (gastos em segurança, número do efetivo policial, viaturas etc.) em razão da possível simultaneidade entre as variáveis “insumo” e “produto”. Ocorre que o estado tende a alocar mais recursos em regiões com criminalidade mais elevada. Com efeito, determinado município poderia ser ineficiente na gestão da segurança pública em determinado momento em razão dessa distribuição de recursos. Buscou-se, neste trabalho, reduzir os problemas de simultaneidade por meio da inclusão de uma *proxy* que representa o efetivo policial dos municípios.

Em particular, substituiu-se a taxa de policiais militares de 2017 pela média histórica da variável nos anos de 2000 a 2016. Desse modo, é possível manter a estrutura empírica do modelo, reduzindo o problema de simultaneidade observado pela literatura. É importante notar que, após essa substituição, o conceito de eficiência passa a se referir à performance de gestão da PMMG, dado o esforço histórico médio do município, ao invés do esforço do ano corrente.

Além do problema da simultaneidade, Marshall (1991) descreve que as discrepâncias no tamanho populacional dos municípios podem introduzir distorções em estudos que utilizam taxas criminais, como o presente trabalho. O autor explica que municípios pequenos apresentam maior flutuação numérica nas taxas de criminalidade por causa da pequena representatividade populacional. Por exemplo, quando um determinado crime ocorre em grandes regiões, a taxa criminal não tende a variar significativamente. Por outro lado, se uma região com pequena população evidenciar a execução de um crime, sua taxa criminal pode se alterar de forma drástica, o que tenderia a enviesar as análises.

No intuito de solucionar esse problema, foi aplicado o método estatístico bayesiano apresentado por Marshall (1991), que visa diminuir os efeitos de flutuações entre as taxas analisadas nos municípios. Em suma, a estimativa r_i da taxa corrigida é calculada como uma média ponderada da taxa bruta “ t ” e de uma taxa média “ m ” de toda região:

$$r_i = c_i t_i + (1 - c_i) m \quad (6)$$

em que $c_i = \frac{S^2 - m/\bar{n}}{S^2 - m/\bar{n} + m/n_i}$, m é a taxa média do Estado, \bar{n} é a população média do

Estado, n_i é a população observada no município i , $S^2 = \sum_i \frac{n_i(t_i - m)^2}{n}$, n é a população total do Estado, e t_i é a taxa bruta observada no município i . Com isso, o valor de c_i varia de um município para outro em um intervalo de $[0,1]$, sendo este um peso associado à taxa bruta do referido município. Desse modo, o método visa controlar melhor as distorções causadas pelo cálculo de taxas criminas em municípios, sobretudo, pequenos.

Por fim, no intuito de descrever melhor as regiões eficientes AA e ineficientes BB, são apresentadas na seção de resultados análises baseadas em informações do contexto socioeconômico das localidades. Essas informações estão representadas por variáveis médias do período 2000 a 2016 referentes às dimensões de renda, escolaridade, demografia, entre outras. Para uma melhor leitura dessas variáveis, disponibilizou-se um quadro descrito no Apêndice A2. Os valores médios das variáveis socioeconômicas, por seu turno, estão disponíveis no Apêndice A3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente, para fornecer confiabilidade aos índices de eficiência construídos no estudo, realizou-se o teste de detecção de *outliers* de Sousa e Stosic (2005), que identificou a existência de dois municípios com eficiências discrepantes em relação à média. São eles os municípios de Senhora dos Remédios e Chapada do Norte. O primeiro pertence à região do Campo das Vertentes, ao passo que o segundo está localizado na região do Vale do Jequitinhonha. Senhora dos Remédios se destaca pelas baixas taxas de crimes contra a pessoa (9,5/100 mil hab.) e patrimônio (9,5/100 mil hab.) (a média do estado foi de 61,5 e 181,6 para os crimes contra a pessoa e patrimônio, respectivamente). Chapada do Norte, por seu turno, além dos indicadores de criminalidade abaixo da média do estado (com 19,3/100 mil hab. para os crimes contra a pessoa e 32,2/100 mil hab. para os crimes contra o patrimônio), também apresentou uma taxa de policiais militares por 100 mil habitantes relativamente baixa (25 contra a média de 140/100 mil hab. do estado). Para não introduzir distorções nos indicadores de eficiência dos demais municípios, procedeu-se com a exclusão das referidas regiões. A Figura 3 reporta o histograma dos *leverages* obtidos com o procedimento de Sousa e Stosic (2005).

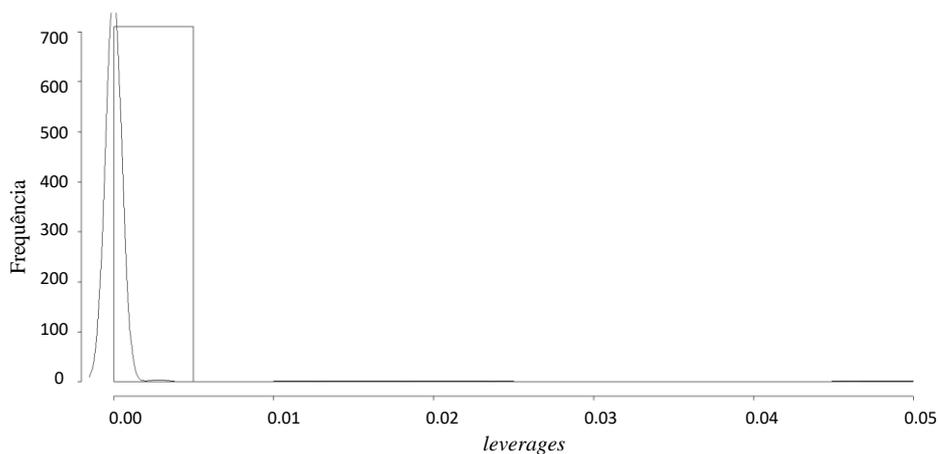


Figura 3. Frequência da distribuição dos *leverages* da eficiência dos gastos em segurança

Fonte: Resultado da pesquisa

Após a remoção dos *outliers*, organizaram-se os municípios mineiros em quatro grupos populacionais, denotados como municípios grandes (população acima de 100 mil habitantes), médios (a partir 50 mil até 100 mil habitantes) e de pequeno porte 2 (a partir

de 20 mil até 50 mil habitantes) e porte 1 (até 20 mil habitantes). Conforme descrito na seção metodológica, regras similares de divisão foram adotadas pela literatura (ROCHA *et al.*, 2012; ERVILHA *et al.*, 2013; SOARES, DA COSTA; LOPES, 2019; SOARES; CUNHA, 2019). A Tabela 3 resume os principais resultados do DEA.

Tabela 3. Indicadores de eficiência por grupos populacionais de Minas Gerais em 2017

Grupo	GTE	MEE	MTR	TGI	GMI	MTI	EFC
PQI	0,256	0,256	1,000	0,000	0,744	0,744	0,224
PQII	0,436	0,167	0,387	0,269	0,564	0,833	0,379
MD	0,461	0,136	0,305	0,325	0,539	0,864	0,377
GR	0,605	0,122	0,223	0,483	0,395	0,878	0,494
Geral	0,309	0,230	0,836	0,079	0,691	0,770	0,267

Fonte: Elaboração própria

Nota: GTE = Eficiência no sub-grupo; MEE = Eficiência na meta-fronteira; MTR = Taxa meta tecnologia; TGI = Ineficiência tecnológica; GMI = Ineficiência gerencial; MTI = Ineficiência total; EFC = eficiência por *bootstrap*. PQI = Municípios até 20 mil habitantes; PQII = Municípios com mais 20 mil até 50 mil habitantes; MD = Municípios com mais de 50 mil até 100 mil habitantes; GR = Municípios com mais de 100 mil habitantes.

As diferenças dos escores médios de eficiência na meta-fronteira e nos grupos causaram distorções nos resultados gerais, as quais são provenientes da heterogeneidade tecnológica amostral (o indicador MTR foi menor que 1 na amostra geral). Portanto, o procedimento DEA metafronteira é adequado ao presente contexto.

Individualmente, os resultados para os grupos apresentam dissimilaridades. Para os municípios de pequeno porte 1, não foi verificada divergência entre os resultados médios obtidos na metafronteira (MME = 0,256) e na fronteira do grupo (GTE = 0,256). Isso quer dizer que o fator populacional não produz distorção relevante na eficiência dessas regiões. Desse modo, é possível dizer que o problema de ineficiência dos municípios pequenos (porte 1), em média, está associado à gestão.

Em relação aos municípios grandes, observou-se maior sensibilidade dos escores médios de eficiência quanto ao tamanho populacional. Os resultados mostraram que uma pequena parcela da ineficiência dessas regiões provém das diferenças entre as fronteiras

(o indicador de ineficiência tecnológica - TGI - foi de 0,079). Os municípios de grande porte e médios evidenciaram problemas de ineficiência tecnológica (0,483 e 0,325, respectivamente).

A ineficiência gerencial (GMI), por sua vez, foi mais elevada nos municípios de pequeno porte 1 (0,744), enquanto que municípios maiores apresentaram uma menor média dessa ineficiência (0,395). Em média, os municípios mineiros possuem uma ineficiência gerencial elevada (0,691), indicando que o gerenciamento é um fator importante a ser levado em consideração para o aumento dos escores de eficiência, sobretudo nos menores municípios.

Os escores médios de eficiência construídos dentro dos grupos (GTE) foram de 0,256, 0,436, 0,461 e 0,605 nos municípios pequenos 1 e 2, médios e de grande porte, respectivamente. Portanto, é possível verificar que, em média, a ação da PMMG é menos eficiente nas regiões com até 20 mil habitantes. Em sentido oposto, as polícias militares das cidades de grande porte (acima de 100 mil habitantes) se mostraram mais eficientes na gestão. Os resultados obtidos pelo procedimento *bootstrap* corroboram esses achados, pois mostraram menor eficiência para os pequenos, e maior eficiência para os grandes municípios.

Para melhor descrever os indicadores de eficiência e as médias das variáveis utilizadas no seu cômputo, separaram-se os escores em quartis. A Tabela 4 resume essas informações.

Tabela 4. Médias das variáveis insumo e produtos, por faixas de eficiência (GTE)

Variáveis	0,00 até 0,25	De 0,25 até 0,50	De 0,50 até 0,75	Mais de 0,75	Média geral
<i>Pes</i>	78	47	33	39	62
<i>Pat</i>	219	152	114	119	182
<i>Pol</i>	140	140	133	119	138
<i>Pop</i>	13.315	43.679	32.542	47.862	26.551
<i>N</i>	382	211	70	48	
(%)	53,73	29,67	9,85	6,75	
<i>Participação dos grupos dentro das faixas de eficiência</i>					
PQI	336	142	37	18	533
%PQI	87,96	67,30	52,86	37,50	
PQII	37	39	20	16	112
%PQII	9,69	18,48	28,57	33,33	
MD	8	17	8	5	38
%MD	2,09	8,06	11,43	10,42	
GR	1	13	5	9	28
%GR	0,26	6,16	7,14	18,75	
<i>Percentual individual dos grupos ao longo das faixas de eficiência</i>					
%PQI	63,04	26,64	6,94	3,38	100
%PQII	33,04	34,82	17,86	14,28	100
%MD	21,05	44,74	21,05	13,16	100
%GR	3,57	46,43	17,86	32,14	100

Fonte: Elaboração própria

Nota: *Pes* = Taxa de crimes violentos contra a pessoa por 100 mil habitantes; *Pat* = Taxa de crimes violentos contra o patrimônio por 100 mil habitantes; *Pol* = Número de policiais por 100 mil habitantes; *Pop* = População média entre 2000 e 2016; *N* = Número de municípios dentro da respectiva faixa de eficiência; (%) = Porcentagem de municípios nas respectivas faixas de eficiência.

Pela Tabela 4, é possível observar que mais da metade dos municípios analisados está na faixa mais baixa de eficiência da gestão (382 municípios, isto é, 53,73%). Os municípios que se encontram nessa faixa apresentaram taxas de criminalidade mais

elevadas em relação à média da amostra (78 e 219 por 100 mil/hab. para os crimes contra a pessoa e patrimônio, respectivamente, contra as médias de 62 e 182 para os mesmos crimes, no geral).

Outro dado relevante diz respeito ao tamanho médio dos municípios menos eficientes. Dos 382 municípios presentes na faixa mais baixa de eficiência, 336 pertencem ao subgrupo dos menores municípios do estado, o que representa 87,96% das cidades mais ineficientes de Minas Gerais. Em média, são municípios com cerca de 13.315 habitantes.

Essas localidades estão distribuídas, em sua maioria, na faixa mais baixa de eficiência (63,04% encontram-se nesta faixa). Somente 18 municípios com população inferior a 20 mil habitantes (classificados como pequenos I) estão presentes na faixa de maior eficiência ($>0,75$), o que representa 3,38% desse grupo. Por outro lado, os mesmos 18 municípios configuram 37,5% do total de regiões eficientes. Ervilha *et al.* (2015) encontraram evidências similares de baixa eficiência nos municípios de menor porte populacional.

Os municípios denominados “Pequenos II” mostraram escores médios de eficiência mais elevados em relação ao grupo “Pequenos I”. Essas regiões se concentram, prioritariamente, na faixa de eficiência entre 0,25 e 0,50 (34,82% dessas regiões estão na referida faixa). Do mesmo modo, percebeu-se maior prevalência dos municípios médios e de grande porte nesta mesma faixa (44,74% e 46,43%, respectivamente).

A única cidade grande classificada na primeira faixa foi Contagem. Por sua vez, dos municípios de 50 mil até 100 mil habitantes (médio porte), oito estão inseridos no rol dos menos eficientes (21,05%). São eles: Curvelo, Esmeraldas, Janaúba, Nova Serrana, Paracatu, Pedro Leopoldo, Pirapora e Viçosa.

Em termos médios, os municípios da faixa de maior eficiência apresentaram taxas de criminalidade e taxas de policiais abaixo da média geral. Essas regiões possuem, também em valor médio, população de aproximadamente 47.862 habitantes. No total, 48 municípios estão inseridos nessa faixa, os quais correspondem a 6,75% da amostra.

Para melhor descrever as características de algumas regiões da faixa mais eficiente em cada porte, apresentam-se na Tabela 5 as taxas de crimes, da polícia e o tamanho populacional. No intuito de evitar a inserção de informações demasiadas, selecionaram-se somente as cinco regiões mais eficientes e de maior representatividade populacional em seu respectivo grupo.

Tabela 5. Indicadores de insumo, produto, população e eficiência gerencial dos cinco municípios mais eficientes dentro dos grupos e de maior representação populacional

<i>PQI – Municípios até 20 mil habitantes</i>					
Cidades	<i>Pes</i>	<i>Pat</i>	<i>Pol</i>	<i>Pop</i>	<i>GTE</i>
Água Boa	77,32	91,38	35,89	16.50	1,000
Brazópolis	13,57	13,57	57,06	15.10	1,000
Itaú de Minas	6,28	182,14	86,85	15.08	1,000
Cruzília	6,52	52,14	61,40	14.83	1,000
Itamonte	6,56	32,81	165,72	13.94	1,000
<i>PQII – Municípios de 20 mil a 50 mil habitantes</i>					
Cidades	<i>Pes</i>	<i>Pat</i>	<i>Pol</i>	<i>Pop</i>	<i>GTE</i>
Ouro Fino	14,98	71,90	123,50	31.08	1,000
Rio P. de Minas	39,08	78,16	45,37	29.00	1,000
Mutum	44,03	36,69	115,68	26.81	1,000
São João da Ponte	31,25	42,97	75,10	25.87	1,000
Monte Azul	13,91	92,74	64,80	22.56	1,000
<i>MD – Municípios de 50 mil à 100 mil habitantes</i>					
Cidades	<i>Pes</i>	<i>Pat</i>	<i>Pol</i>	<i>Pop</i>	<i>GTE</i>
Leopoldina	41,65	51,12	135,41	51.63	1,000
Três Pontas	19,46	125,60	97,10	54.04	1,000
São Francisco	40,90	165,37	65,35	54.34	1,000
Cataguases	43,08	82,13	120,07	69.33	0,776
São João Del Rei	34,69	96,24	227,52	84.12	0,760
<i>GR – Municípios com mais de 100 mil habitantes</i>					
Cidades	<i>Pes</i>	<i>Pat</i>	<i>Pol</i>	<i>Pop</i>	<i>GTE</i>
Barbacena	22,91	110,11	402,84	125.46	1,000
Varginha	21,05	178,92	239,35	122.30	1,000
Coronel Fabriciano	80,57	328,68	163,25	103.96	1,000
Poços de Caldas	32,23	138,66	200,31	151.68	1,000
Ribeirão das Neves	99,51	884,26	153,11	305.58	1,000

Fonte: Elaboração própria

Os municípios com escores unitários de eficiência, representados na Tabela 5, podem ser considerados unidades de referência dentro do seu respectivo grupo, ou seja, são *benchmarks* que obtiveram o melhor desempenho de combate à criminalidade, tendo em vista o número do efetivo policial observado.

Cabe ressaltar algumas limitações da análise DEA neste contexto. Primeiro, o DEA se limita a fornecer indicadores de performance baseados em um conceito de produtividade. Desse modo, é possível que determinadas unidades sejam eficientes mesmo apresentando elevadas taxas de criminalidade, desde que o número relativo de policiais seja pequeno. Esse parece ser os casos das cidades de Água Boa (PQI), Coronel Fabriciano (GR), Ribeirão das Neves (GR), por exemplo, as quais obtiveram indicadores expressivos de crimes contra o patrimônio, porém, mostraram taxas de policiais baixas com relação às demais cidades eficientes.

Além disso, o DEA aplicado ao contexto desta pesquisa não permite identificar claramente quais são as ações que, de fato, tornam tais localidades mais eficientes que as demais. Desse modo, são necessárias prospecções mais aprofundadas da gestão da polícia militar dessas regiões, de modo a tornar mais apurada a compreensão do fato.

Por outro lado, tendo em vista as discussões presentes na literatura correlata e a base teórica da gestão da polícia militar, é possível apontar alguns caminhos concretos de atuação que poderiam explicar, em partes, o desempenho de algumas localidades que se desenharam eficientes.

Em termos gerais, a ineficiência gerencial representa possíveis lacunas que podem ser provisionadas através de uma melhor alocação dos recursos da polícia militar. Por exemplo, para os casos de crimes não passionais, Lum e Koper (2014) expõem que o fortalecimento de ações de inteligência, investigação e de prevenção, em detrimento à repressão física, poderiam surtir efeitos positivos na eficiência da polícia militar. Para os autores, parcela significativa da ineficiência gerencial desta polícia está associada com o excesso de recursos alocados em cenários emergências com enfrentamento, os quais surtem pouco efeito no combate à criminalidade estrutural. Na mesma linha, Clarke (1997) defende que a ação da polícia deveria ser pautada sobre práticas de prevenção situacionais do crime, como vigilâncias de zonas de alto risco criminal, entre outras.

No tocante à eficiência tecnológica, a literatura mostra que é de fundamental importância que o estado dê condições estruturais para que a polícia militar possa executar sua função institucional, que é a preservação da segurança pública (CARRINGTON *et al.*, 1997; COELLI *et al.*, 1998; DRAKE; SIMPER, 2000, 2001, 2002; SUN, 2002;

BARROS, 2006). Neste contexto, podem-se citar a manutenção dos investimentos em veículos, equipamentos de fiscalização e rastreamento de informações, sistemas de posicionamento global modernos (GPS, do inglês *global positioning system*), armamento eficiente, entre outros.

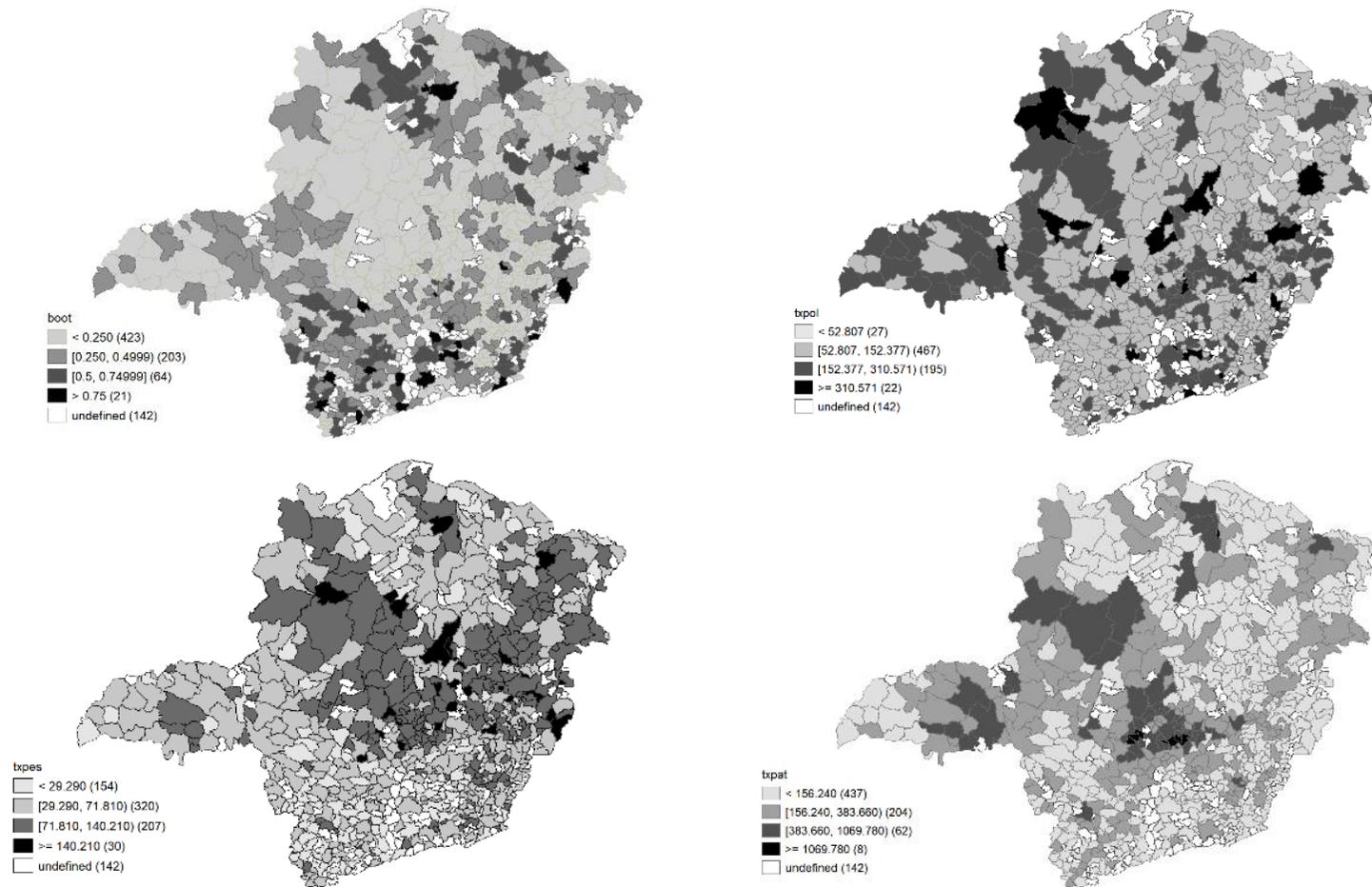
Em outra perspectiva, há ainda as ações que buscam promover melhor estreitamento das relações da polícia com a sociedade, as quais são nomeadas de “tecnologias sociais” (SALES; ALENCAR; FEITOSA, 2009). Segundo Goldsmith (2005) e Silva e Beato (2013), os objetivos da implementação de tecnologias sociais são dar maior visibilidade e transparência às ações da polícia, aumentar a sensação de policiamento e reduzir, por consequência, os conflitos com vitimização entre indivíduos e entre indivíduos com a própria polícia.

Concretamente, pode-se citar a tecnologia social denominada de “policiamento comunitário”. Este termo se refere a uma filosofia de atuação que tem como fundamento a promoção de inovações na estrutura de funcionamento e abordagem da polícia na comunidade (SALES; ALENCAR; FEITOSA, 2009). Mesquita Neto (2004) alude quatro canais de ações que se enquadram no conceito policiamento comunitário, a saber: i) adoção de medidas de prevenção do crime com o foco direcionado à comunidade; ii) inserção da comunidade na prevenção da criminalidade; iii) descentralização da gestão policial por áreas; e iv) estímulo à participação da sociedade civil no planejamento, monitoramento e avaliação das ações policiais.

Sales, Alencar e Feitosa (2009) citam ainda a criação de centros de mediação como forma de melhorar a eficiência tecnológica e gerencial da polícia. Os autores argumentam que grande parte da criminalidade passional está associada a conflitos entre pessoas que possuem relação continuada. Nesse sentido, policiais e membros da sociedade civil poderiam ser capacitados e escolhidos pela própria comunidade como agentes de mediação de conflitos, no intuito de atuarem na prevenção da ocorrência de crimes contra a pessoa.

Outro fator pouco debatido nesse contexto diz respeito à possível melhoria da eficiência por meio da assimilação de boas práticas entre regiões. Ocorre que estratégias adotadas pela polícia militar de determinado município podem transbordar para regiões circunvizinhas. Com a intenção de averiguar mais profundamente a dimensão espacial da atuação da polícia militar em Minas Gerais, bem como a distribuição espacial da criminalidade e do efetivo policial, apresenta-se a Figura 4.

Figura 4 –Distribuição espacial da eficiência gerencial da polícia militar (*bootstrap*), das taxas de crimes contra a pessoa, contra o patrimônio e a taxa de policiais militares.



Fonte: Elaboração própria.

Notas: *boot* = eficiência gerencial obtida por *bootstrap*; *txpol* = taxa de policiais militares por 100 mil habitantes; *txpes* = taxa de crimes contra a pessoa por 100 mil habitantes; *txpat* = taxa de crimes contra o patrimônio por 100 mil habitantes.

Nos mapas descritos na Figura 4, podem-se identificar agrupamentos relevantes de localidades eficientes no Norte e Sul/Sudeste do estado, principalmente. Por sua vez, há evidente aglutinação de municípios com eficiência menor que 0,25 nas regiões do Centro e Noroeste de Minas Gerais.

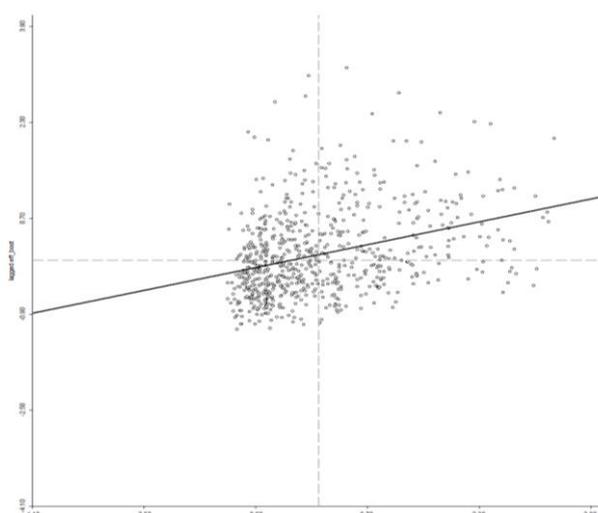
É visível também que o predomínio das maiores taxas de crimes contra a pessoa ocorre em um cordão que lida as regiões do Leste, Centro e Noroeste. Em sentido diferente, grande parte do Sul, Norte e Triângulo Mineiro é ocupada por regiões com taxas relativamente baixas de crimes contra a pessoa.

Com relação aos crimes contra o patrimônio, percebe-se maior prevalência de altas taxas nas regiões Central (principalmente na região metropolitana de Belo Horizonte), Noroeste e Triângulo Mineiro. As demais regiões mostraram maior proporção de municípios com baixas taxas desse crime.

Apesar da visível manifestação espacial da criminalidade, chama a atenção o fato de a distribuição das taxas de policiais militares não parecer seguir a lógica da dispersão criminal. Ao que tudo indica, há maior concentração relativa de policiais nas regiões do Triângulo Mineiro, Noroeste, Centro e Sudeste do estado. No entanto, essa variável se apresenta de modo mais aleatório e disperso que as taxas de crimes. Tal constatação abre espaço para debates acerca da efetiva alocação e de uma possível flexibilização dos recursos humanos da polícia militar em Minas Gerais como meios para melhorar a prestação dos serviços de segurança pública.

A Figura 5 reporta graficamente a associação espacial entre os indicadores de eficiência (eixo horizontal) e a defasagem espacial (eixo vertical). O cálculo da correlação espacial foi feito pelo I de Moran global.

Figura 5 – Gráfico da regressão entre eficiência e defasagem espacial



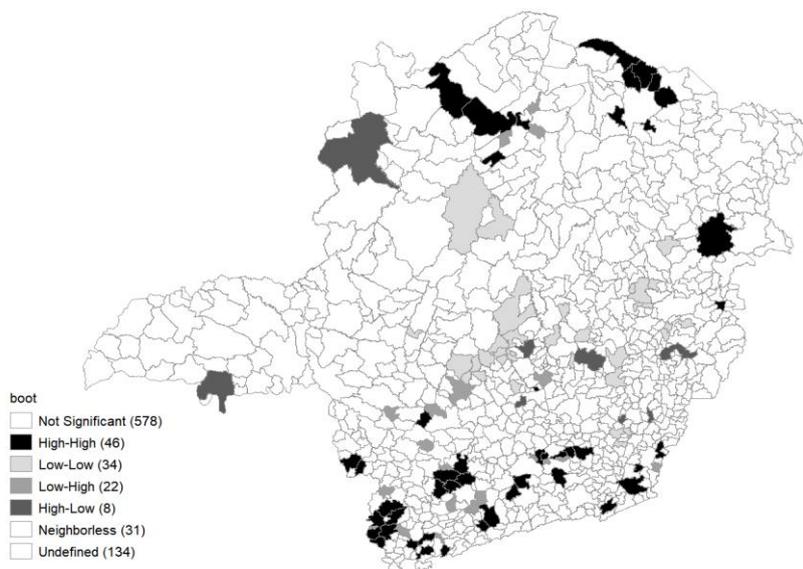
I de Moran = 0,229

Fonte: Elaboração Própria

O I de Moran foi estimado em 0,229 (significativo a 1%). Em outras palavras, a eficiência da polícia militar de uma determinada região está associada à eficiência média da polícia dos municípios vizinhos. Este resultado é importante, pois elucida a existência de oportunidades de melhorias efetivas do desempenho da polícia militar baseadas no aprendizado de boas práticas regionais. Por exemplo, rotinas que historicamente têm sido eficazes no combate à criminalidade em uma região poderiam ser absorvidas e aperfeiçoadas pelas polícias nos municípios vizinhos (LUM; KOPER, 2014). Com efeito, inovações gerenciais ou tecnológicas da PMMG tenderiam criar uma espécie de “ciclo virtuoso” de combate à criminalidade.

Para melhor visualizar os agrupamentos locais, utiliza-se o indicador LISA. Por essa análise, é possível verificar agrupamentos de municípios com alta eficiência (AA), baixa eficiência (BB), além de municípios de baixa eficiência envoltos de municípios de alta eficiência (AB) e de regiões de baixa eficiência envolvidos por municípios de alta eficiência (BA). A Figura 6 apresenta, por meio de um mapa, os *clusters* de eficiência em Minas Gerais.

Figura 6 – Clusters de eficiência dos municípios de Minas Gerais



Fonte: Elaboração Própria

Dos municípios com associação espacial significativa a 1%, prevalecem aqueles dos clusters AA, seguidos das localidades dos clusters BB. Há maior predomínio de agrupamentos AA no Sul e Norte do estado. Os agrupamentos BB, por seu turno, são mais evidentes nas regiões do Centro e Leste.

No intuito de analisar mais profundamente características selecionadas de alguns municípios dos *clusters* AA e BB, apresenta-se a Tabela A3 do apêndice. As informações contidas nessa tabela mostram que, em média, as taxas de criminalidade contra a pessoa e patrimônio das cidades do grupo BB (179,65 e 697,85, respectivamente) são maiores que as do grupo AA (16,82 e 96,81, nesta ordem), como esperado. Em termos populacionais, o primeiro grupo apresentou média de 7.415 habitantes. Já as localidades do *cluster* AA possuem cerca de 43.755 habitantes, em média.

Outro aspecto relevante são as diferenças dos indicadores de escolaridade dessas localidades. No grupo AA, o percentual de analfabetos foi de 2,11; no grupo BB, esse indicador representou quase o dobro (4,14%). Essa evidência se reflete na qualidade geral da educação. Em números, o grupo AA apresentou média 18,2% maior que o grupo BB em relação ao índice de qualidade da educação. Além disso, também foi possível observar que a taxa de adolescentes que frequentam o ensino médio no tempo correto foi maior no grupo mais eficiente (em média, em 6,3%).

Paralelamente, os dados relativos aos rendimentos do mercado formal e a renda *per capita* foram maiores nos municípios do agrupamento dos mais eficientes (AA). Nestes, os valores médios foram de R\$ 1.079,96 e R\$ 423,73, respectivamente, contra as médias de R\$ 956,73 e R\$ 306,70 nos municípios do agrupamento menos eficiente (BB).

Em um panorama amplo, é possível concluir que as cidades dos agrupamentos mais eficientes (AA) são, em média, regiões mais urbanizadas (14,16% maior), de maior população (quase seis vezes maior) e densidade populacional (12,18% superior), com melhores indicadores de renda e escolaridade. Portanto, com melhores indicadores de desenvolvimento socioeconômico.

6. CONCLUSÕES

Considerando a relevância do estudo do desempenho de gestão da segurança pública em Minas Gerais, este trabalho teve como objetivo construir e analisar espacialmente indicadores de eficiência da PMMG, em 2017. Com esse intuito, empregaram-se os métodos DEA e AEDE. O método DEA, adotado aqui, visou diminuir os problemas empíricos relacionados com a heterogeneidade da amostra por meio do procedimento metafronteira. O método AEDE, por seu turno, possibilitou a realização de um teste formal para a hipótese de correlação espacial do desempenho da gestão em segurança pública em Minas Gerais.

A pesquisa elucidou que somente cerca de seis por cento dos municípios estão na faixa dos mais eficientes. Destes, pouco mais de três por cento foram tecnicamente eficientes (apresentaram escores máximos de eficiência). Com relação aos mais ineficientes, foi possível perceber dominância dos pequenos municípios com população de até 20 mil habitantes. Desse modo, é possível concluir que as políticas públicas deveriam focalizar, em especial, sobre a ocorrência do fenômeno criminal e a alocação dos recursos nessas localidades.

Em relação ao fenômeno espacial, pôde-se concluir que há correlação espacial entre os indicadores de performance da PMMG. Nesse sentido, abre-se uma importante possibilidade de melhorias na segurança pública do estado, visto que a execução de boas práticas em algumas localidades tende a transbordar para toda região. Desse modo, as políticas de segurança pública, ao considerar as especificidades de cada cidade, poderiam

potencializar o efeito de transbordamento por meio da difusão regional de tecnologias e boas práticas de gestão.

Além disso, esta pesquisa traz também a sinalização de que as características socioeconômicas locais poderiam impactar a performance da PMMG. Este estudo mostrou que, em média, municípios mais eficientes, agrupados com vizinhos eficientes, são mais urbanizados, apresentam maior média e densidade populacionais e indicadores de renda e escolaridade maiores que aqueles ineficientes que se agrupam a outras localidades ineficientes. Diante disso, pode-se concluir que a eficiência da PMMG e o efeito de transbordamento poderiam estar associados ao contexto socioeconômico das regiões. Evidências de que variáveis similares impactam a eficiência da PMMG foram também encontradas na literatura consultada.

Por fim, cabe ressaltar algumas limitações. Primeiro, a literatura correlata vem destacando entraves na elaboração de pesquisas aplicadas sobre criminalidade em razão da deficiência de dados. Por essa razão, este estudo apresentou um quadro analítico simplificado para representar a atuação da PMMG. Desse modo, é preciso que essa limitação seja superada pelos órgãos oficiais para que haja avanços nos estudos sobre a segurança pública no estado.

Além disso, sabe-se que a segurança pública, em especial, a atuação dos policiais militares, é um tema amplo e complexo e que, por isso, exige maior aprofundamento empírico. Não obstante, os resultados aqui apresentados, inéditos na literatura nacional, permitem elucidar sobre a necessidade de maior atenção ao fator espacial e melhor planejamento na política de segurança pública de Minas Gerais. Nesse sentido, tais constatações deveriam ser consideradas pelos gestores públicos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. S., et al. **The spatial pattern of crime in Minas Gerais: an exploratory analysis**. *Economia Aplicada*, 2005, 9.1: 39-55.
- ANDERSON, P., P., N.C. (1993), 'A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis', *Management Science*, Vol 39, No 10, pp 1261-1264
- ANDRADE, M. V., et al. **Desesperança de vida: homicídio em Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo: 1981 a 1997**. In: *Anais do IX Seminário sobre a Economia Mineira [Proceedings of the 9th Seminar on the Economy of Minas Gerais]*. Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. p. 775-808.
- ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Springer Science & Business Media, 2013.
- ANTONELLO, S. L., et al. **Análise espacial da violência urbana: uma visão da desigualdade e fragmentação social em cidade de médio porte do Estado de São Paulo–Brasil**. *Anais do Seminário Internacional o Desenvolvimento Local na Integração: Estratégias, Instituições e Políticas*, 2004.
- ARAÚJO JR, A. F.; FAJNZYLBER, P. **Crime e economia: um estudo das microrregiões mineiras**. *Revista Econômica do Nordeste*, 2000, 31: 630 citation_lastpage 659.
- ARROW, K. J.; KOOPMANS, T. **Alternative proof of the substitution theorem for Leontief models in the general case. 1951**, 1951, 155-164.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. **Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis**. *Management science*, 1984, 30.9: 1078-1092.
- BARROS, C. P. **The city and the police force: analysing relative efficiency in city police precincts with data envelopment analysis**. *International Journal of Police Science & Management*, 2007, 9.2: 164-182.
- BATELLA, W.; DINIZ, A. M. A. **Análise espacial dos condicionantes da criminalidade violenta no estado de Minas Gerais**. *Sociedade & Natureza*, 2010, 22.1: 151-163.
- BEATO FILHO, C. C., et al. **Conglomerados de homicídios e o tráfico de drogas em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, de 1995 a 1999**. *Cadernos de Saúde Pública*, 2001, 17: 1163-1171.
- BECKER, G. S. **Crime and punishment: An economic approach**. In: *The economic dimensions of crime*. Palgrave Macmillan, London, 1968. p. 13-68.
- BRUINSMA, G. JN. **Differential association theory reconsidered: An extension and its empirical test**. *Journal of Quantitative Criminology*, 1992, 8.1: 29-49.

- CARRINGTON, R., et al. **Performance measurement in government service provision: the case of police services in New South Wales**. *Journal of Productivity Analysis*, 1997, 8.4: 415-430.
- CERQUEIRA, D.; LOBÃO, W. **Determinantes da criminalidade: uma resenha dos modelos teóricos e resultados empíricos**. 2003.
- CERQUEIRA, D. RC, et al. **Análise dos custos e conseqüências da violência no Brasil**. 2007.
- CHIU, C., et al. **Decomposition of the environmental inefficiency of the meta-frontier with undesirable output**. *Energy Economics*, 2012, 34.5: 1392-1399.
- CLARKE, R. V. **Situational crime prevention: Its theoretical basis and practical scope**. *Crime and justice*, 1983, 4: 225-256.
- COELLI, T. **A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models**. *Operations Research Letters*, 1998, 23.3-5: 143-149.
- COHEN, L. E.; FELSON, M. **Social change and crime rate trends: A routine activity approach**. *American sociological review*, 1979, 588-608.
- COSTA, M. C. L.; FREITAS, F. **Criminalidade violenta na Região Metropolitana de Fortaleza**. *Revista Geográfica de América Central*, 2011, 2: 1-18.
- DRAKE, L.; SIMPER, R. **Productivity estimation and the size-efficiency relationship in English and Welsh police forces: An application of data envelopment analysis and multiple discriminant analysis**. *International Review of Law and Economics*, 2000, 20.1: 53-73.
- DRAKE, L.; SIMPER, R. **The measurement of English and Welsh police force efficiency: A comparison of distance function models**. *European Journal of Operational Research*, 2003, 147.1: 165-186.
- DRAKE, L.; SIMPER, R. **X-efficiency and scale economies in policing: a comparative study using the distribution free approach and DEA**. *Applied Economics*, 2002, 34.15: 1859-1870.
- EFRON, B. **Computers and the theory of statistics: thinking the unthinkable**. *SIAM review*, 1979, 21.4: 460-480.
- ENTORF, H.; SPENGLER, H. **Socioeconomic and demographic factors of crime in Germany: Evidence from panel data of the German states**. *International review of law and economics*, 2000, 20.1: 75-106.
- EHRlich, I. **Participation in illegitimate activities: A theoretical and empirical investigation**. *Journal of political Economy*, 1973, 81.3: 521-565.
- ERVILHA, G. T.; ALVES, F.; GOMES, A. **Desenvolvimento municipal e eficiência dos gastos públicos na Bahia: uma análise do IFDM a partir da metodologia DEA**. *Encontro de Economia Baiana*, 2013, 9: 106-124.
- ERVILHA, G. T., et al. **Eficiência dos gastos públicos com segurança nos municípios mineiros**. *Revista Econômica do Nordeste*, 2015, 46.1: 9-25.

- FAJNZYLBER, P.; LEDERMAN, D.; LOAYZA, N. **Determinants of crime rates in Latin America and the world: an empirical assessment**. The World Bank, 1998.
- GLAESER, E. L.; SACERDOTE, B.; SCHEINKMAN, J. A. **Crime and social interactions**. The Quarterly Journal of Economics, 1996, 111.2: 507-548.
- GOLDSMITH, A. **Police reform and the problem of trust**. Theoretical criminology, 2005, 9.4: 443-470.
- HUANG, C. W., et al. **Applying a hybrid DEA model to evaluate the influence of marketing activities to operational efficiency on Taiwan's international tourist hotels**. Journal of the Operational Research Society, 2012, 63.4: 549-560.
- KOPER, C. S.; LUM, C.; WILLIS, J. J. **Optimizing the use of technology in policing: Results and implications from a multi-site study of the social, organizational, and behavioural aspects of implementing police technologies**. Policing: A Journal of Policy and Practice, 2014, 8.2: 212-221.
- LEUNG, Si. F. **Dynamic deterrence theory**. Economica, 1995, 65-87.
- LOUREIRO, A. O. F., et al. **O impacto dos gastos públicos sobre a criminalidade no Brasil**. do Encontro Nacional de Economia, 2007, 35.
- LUM, C.; KOPER, C. S. **Evidence-based policing**. Encyclopedia of criminology and criminal justice, 2014, 1426-1437.
- MARINHO, A. **Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro**. Revista brasileira de economia, 2003, 57.3: 515-534.
- MARSHALL, R. J. **Mapping disease and mortality rates using empirical Bayes estimators**. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 1991, 40.2: 283-294.
- MATSUEDA, R. L. **Testing control theory and differential association: A causal modeling approach**. American sociological review, 1982, 489-504.
- MCADAM, D., et al. (ed.). **Comparative perspectives on social movements: Political opportunities, mobilizing structures, and cultural framings**. Cambridge University Press, 1996.
- MERTON, R. K. **Social structure and anomie**. American sociological review, 1938, 3.5: 672-682.
- MESQUITA NETO, P. **Policamento comunitário e prevenção do crime: a visão dos coronéis da Polícia Militar**. São Paulo em Perspectiva, 2004, 18.1: 103-110.
- MONTENEGRO-TRUJILLO, A.; POSADA, C. E. **Criminalidad en Colombia**. Borradores de Economía; No. 4, 1994.
- MORAIS SALES, L. M.; DE ALENCAR, E. C. O.; FEITOSA, G. R. **Mediação de conflitos sociais, polícia comunitária e segurança pública**. Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos, 2009, 30.58: 281-296.

NYHAN, R. C.; MARTIN, L. L. **Assessing the performance of municipal police services using data envelopment analysis: an exploratory study.** State and Local Government Review, 1999, 31.1: 18-30.

O'DONNELL, C. J.; RAO, P.; BATTESE, George E. **Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios.** Empirical economics, 2008, 34.2: 231-255.

OLIVEIRA, C. A., et al. **CRIMINALIDADE E O TAMANHO DAS CIDADES BRASILEIRAS: UM ENFOQUE DA ECONOMIA DO CRIME.** Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 33th Brazilian Economics Meeting], 2005.

PASTOR, J. T.; RUIZ, J. L.; SIRVENT, Inmaculada. **A statistical test for detecting influential observations in DEA.** European Journal of Operational Research, 1999, 115.3: 542-554.

PEIXOTO, B. T. **Determinantes da criminalidade no município de Belo Horizonte.** 2003.

PEREIRA FILHO, O. A.; TANNURI-PIANTO, M. E.; SOUSA, M. da C. S. de. **Medidas de custo-eficiência dos serviços subnacionais de segurança pública no Brasil: 2001-2006.** Economia Aplicada, 2010, 14.3: 313-338.

REIS, I. A.; BEATO, C. **Desigualdade, desenvolvimento socioeconômico e crime.** Desigualdade e pobreza no Brasil, 2000.

RESENDE, J. P. de; ANDRADE, M. V. **Crime social, castigo social: desigualdade de renda e taxas de criminalidade nos grandes municípios brasileiros.** Estudos Econômicos (São Paulo), 2011, 41.1: 173-195.

SAH, R. K. **Social osmosis and patterns of crime.** Journal of political Economy, 1991, 99.6: 1272-1295.

SANTOS, M. J.; KASSOUF, A. L. **Estudos econômicos das causas da criminalidade no Brasil: evidências e controvérsias.** Revista EconomiA, 2008, 9.2: 343-372.

SARTORIS NETO, A.; FAVA, V. L. **Homicídios na cidade de São Paulo: uma análise de causalidade e autocorrelação espaço-temporal.** 2000.

SCALCO, P. R.; AMORIM, A. L.; GOMES, A. P. **Eficiência técnica da polícia militar em Minas Gerais.** Nova Economia, 2012, 22.1: 165-190.

SCALCO, P. R., et al. **Criminalidade violenta em Minas Gerais: Uma proposta de alocação de recursos em segurança pública.** 2007. PhD Thesis. Master's thesis, Universidade Federal de Viçosa.

SEAVER, B. L.; TRIANTIS, K. P. **The implications of using messy data to estimate production-frontier-based technical efficiency measures.** Journal of Business & Economic Statistics, 1989, 7.1: 49-59.

- SILVA OLIVETTIA, G.; LOMBARDO, M. A. **Parâmetros Climáticos e Ocorrências Criminais**. In: II Workshop Clima e Recursos Naturais—Bragança, Portugal-15 a 19 de. 2010. p. 107.
- SIMAR, L.; WILSON, P. W. **Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models**. *Management science*, 1998, 44.1: 49-61.
- SOARES, T. C.; CUNHA, D. A. da. **Emissões de gases de efeito estufa e eficiência ambiental no Brasil**. *Nova Economia*, 2019, 29.2: 429-458.
- SOARES, T. C.; DA COSTA, J. B.; LOPES, L. S. **Análise espacial da eficiência dos gastos públicos em saúde em Minas Gerais**. *Análise Econômica*, 2019, 37.72.
- SOUSA, M. C. S.; STOŠIĆ, B. **Technical efficiency of the Brazilian municipalities: correcting nonparametric frontier measurements for outliers**. *Journal of Productivity analysis*, 2005, 24.2: 157-181.
- SUTHERLAND, E. H.; SCHUESSLER, K. **On analyzing crime**. Chicago: University of Chicago Press, 1973.
- VIAPIANA, L. T. **Economia do crime: uma explicação para a formação do criminoso**. Editora AGE Ltda, 2006.
- WILSON, P. W. **Detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs**. *Journal of Business & Economic Statistics*, 1993, 11.3: 319-323.
- WOLPIN, K. I. **An economic analysis of crime and punishment in England and Wales, 1894-1967**. *Journal of political Economy*, 1978, 86.5: 815-840.
- ZHANG, J. **The effect of welfare programs on criminal behavior: A theoretical and empirical analysis**. *Economic Inquiry*, 1997, 35.1: 120-137.
- ZHANG, N.; CHOI, Y. **Total-factor carbon emission performance of fossil fuel power plants in China: A metafrontier non-radial Malmquist index analysis**. *Energy Economics*, 2013, 40: 549-559.

8. APRÊNDICES

Apêndice A1. Mapa de conectividade baseado na matriz rainha de pesos espaciais



Fonte: Elaboração própria

Apêndice A2. Tabela das variáveis socioeconômicas escolhidas

Variável - sigla	Definição
Rendimento médio no setor formal – (Rendmsf)	Valor do rendimento total dos empregados do setor formal no mês de dezembro, em reais correntes, dividido pela população total do município.
Taxa de emprego no setor formal – (Txempst)	Número de empregados no setor formal, em 31 de dezembro, dividido pela população na faixa etária de 16 a 64 anos, em percentual.
Renda <i>per capita</i> – (Rendapc)	Razão entre o somatório da renda de todos os indivíduos residentes em domicílios particulares permanentes e o número total desses indivíduos, em valores correntes de 1 de agosto do ano de referência.
Percentual da população pobre e extremamente pobre – (%popob)	O indicador refere-se à razão entre população pobre e extremamente pobre cadastrada no Cadastro Único e população total do município, multiplicado por 100. Na metodologia de cálculo considerou-se para a definição da população pobre e extremamente pobre as seguintes referências do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS): Pessoas pobres - aquelas com renda per capita, até junho de 2014, de R\$ 71,00 a R\$ 140,00; de julho de 2014 em diante, renda per capita de R\$ 77,01 reais a R\$ 154,00; Pessoas extremamente pobres - aquelas com renda per capita, até junho de 2014, menor ou igual a R\$ 70,00; de julho de

	2014 em diante, renda per capita menor igual R\$ 77,00. Para os anos de 2014 a 2017 utilizou-se o valor limite de R\$ 77,00 e R\$ 154,00 para extremamente pobre e pobre, respectivamente. Para a população total do município, considerou-se as estimativas populacionais da Fundação João Pinheiro no período 2014 a 2017, que tomam como base as estimativas do IBGE.
População de homens de 15 a 29 anos – (%Poph15a19)	População residente masculina com idade entre 15 e 29 anos.
Taxa de urbanização – (%Txurbani)	Razão entre o número total de pessoas residentes na área urbana do município e a sua população residente total. Para os anos de 2000 e 2010, os dados de população são censitários. Para os anos intercensitários, a população foi estimada por interpolação.
População total – (Poptotal)	População residente total. Para os anos de 2000 e 2010, os dados são censitários. Para os anos intercensitários, as estimativas são do IBGE. Esta é a população utilizada pelo Tribunal de Contas da União (TCU) para proceder à distribuição do Fundo de Participação Municipal (FPM) e pela Fundação João Pinheiro, no caso da definição da cota parte do município no ICMS distribuído pelos critérios da Lei Robin Hood. As populações dos municípios, a partir de 2013, foram ajustadas adotando-se as novas revisões das estimativas e das projeções para os Municípios, Unidades da Federação e do Brasil disponibilizadas pelo IBGE em julho de 2018.
Densidade populacional – (Densipop)	Razão entre o número total de pessoas residentes no município e a sua área total, em habitantes/km ² . Para os anos de 2000 e 2010, os dados de população são censitários. Para os anos intercensitários, a população foi estimada por interpolação e, a partir de 2011, foram utilizadas adaptações ao método AiBi.
Taxa de adolescentes que frequentam o ensino médio na série adequada – (Txadolfreq)	Razão entre o número de adolescentes de 15 a 17 anos de idade matriculadas no ensino médio na série adequada à sua idade ou na série anterior a ela e a população total do município nessa faixa etária, multiplicada por 100. É um indicador de defasagem escolar no acesso dessa população ao sistema educacional (consideram-se como adequadas ou sem defasagem as matrículas das pessoas de 15 anos na 1ª série do ensino médio; das de 16 anos na 1ª ou na 2ª séries do ensino médio; e das de 17 anos na 2ª ou na 3ª séries do ensino médio).
Índice de Qualidade Geral da Educação – (IndQGEdu)	Média ponderada dos 3 índices de qualidade do ensino por série (4ª série/5º ano e 8ª série/9º ano do ensino fundamental e 3ª série do ensino médio). A ponderação é dada pelo número de alunos que prestam o exame em cada disciplina.

Taxa de analfabetismo da população de 18 a 24 anos – (%Analf18a24)	Razão entre o número de pessoas de 18 a 24 anos de idade analfabetas e a população total nessa faixa etária, multiplicada por 100. São consideradas analfabetas as pessoas que não possuem habilidades de ler e escrever um bilhete simples em seu idioma. Disponível apenas para os anos censitários de 2000 e 2010.
--	---

Fonte: Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS), Fundação João Pinheiro (FJP)

Tabela A3. Indicadores de municípios “AA” e “BB”

<i>Baixo Baixo</i>											
Variáveis	Conceição do Pará	Nova Porteirinha	Verdelândia	Pedra do Indaiá	Periquito	Taquaraçu de Minas	Papagaios	Brasilândia de Minas	Perdigão	Fortuna de Minas	Média
<i>Pes</i>	201,47	198,11	208,15	175,27	214,61	173,51	162,75	169,34	121,07	172,25	179,65
<i>Pat</i>	1501,84	1069,78	525,86	676,06	243,22	495,74	533,82	288,51	1471,45	172,25	697,85
<i>Pol</i>	117,42	103,44	65,86	134,33	109,98	171,21	112,92	183,58	109,86	274,06	138,26
<i>Rendmsf</i>	1498,92	736,32	834,54	991,74	769,37	970,03	826,09	1086,44	996,03	857,77	956,73
<i>Txempesf</i>	39,48	21,87	10,98	29,21	10,82	17,17	33,71	17,08	26,19	22,28	22,88
<i>Rendapc</i>	360,64	211,46	147,36	384,75	213,29	291,90	347,16	319,55	482,21	308,68	306,70
<i>%popob</i>	2,89	5,71	6,34	2,50	2,69	1,32	3,11	4,97	1,42	3,96	3,49
<i>%Poph15a29</i>	13,30	15,63	15,33	12,19	13,10	14,04	14,09	14,23	14,70	13,16	13,96
<i>%Txurbani</i>	41,66	57,31	59,11	54,36	76,51	47,66	82,31	81,89	84,13	68,99	65,39
<i>Poptotal</i>	5159	7501	8178	3881	71944	3762	14260	13532	8049	2636	7415
<i>Densipop</i>	20,72	60,89	5,20	11,16	31,45	11,43	25,22	5,48	32,95	5,48	21,81
<i>Txadolfreq</i>	46,35	40,06	48,68	48,05	57,40	41,46	48,62	47,60	41,67	61,38	48,13
<i>IndQGEdu</i>	43,73	31,55	25,27	49,45	26,27	36,55	44,00	41,09	53,00	43,64	39,35
<i>%Analf18a24</i>	2,15	4,34	12,48	1,93	4,45	2,96	4,00	3,08	1,99	4,02	4,14
<i>Efbootstrap</i>	2,93	3,06	3,29	3,65	3,74	3,88	4,04	4,45	4,71	5,02	3,88
<i>Alto Alto</i>											
Variáveis	Itamonte	Ouro Fino	Arcos	Itaú de Minas	Lagoa Dourada	Campestre	Senhora dos Remédios	Andrelândia	Ibirité	Barbacena	Média
<i>Pes</i>	6,56	14,98	22,83	6,28	7,74	14,13	9,51	8,08	55,21	22,91	16,82

<i>Pat</i>	32,81	71,90	53,28	182,14	23,21	98,94	9,51	24,23	361,98	110,11	96,81
<i>Pol</i>	165,72	123,50	113,80	86,85	64,33	86,22	90,69	199,60	171,57	402,84	150,51
<i>Rendmsf</i>	1153,46	991,19	1178,92	1364,77	1364,87	859,87	902,54	880,83	851,44	1335,52	1079,96
<i>Txempesf</i>	23,29	24,64	32,44	31,48	14,51	16,97	6,44	16,16	11,84	28,18	20,60
<i>Rendapc</i>	422,12	474,18	479,95	588,72	340,24	451,00	193,29	375,69	341,42	570,72	423,73
<i>%popob</i>	2,62	1,16	4,05	2,50	3,76	2,04	4,68	3,63	5,74	6,41	3,66
<i>%Poph15a29</i>	13,54	12,86	13,62	12,79	14,63	12,76	13,73	12,52	14,56	12,65	13,37
<i>%Txurbani</i>	65,83	75,83	91,89	96,00	57,53	56,72	34,31	78,83	98,29	90,53	74,65
<i>Poptotal</i>	13938	31083	36345	15078	12281	21194	10294	11265	159616	125455	43755
<i>Densipop</i>	31,89	58,80	70,79	96,08	25,57	36,05	43,44	12,22	2116,07	164,56	265,55
<i>Txadolfreq</i>	47,44	44,70	63,62	56,86	44,97	42,03	55,09	48,13	43,48	65,27	51,16
<i>IndQGEdu</i>	40,82	46,82	48,91	49,27	53,36	48,55	49,19	46,45	36,09	45,73	46,52
<i>%Analf18a24</i>	2,60	2,39	0,82	0,80	1,74	3,38	3,91	2,46	1,66	1,35	2,11
<i>Efbootstrap</i>	92,88	91,00	86,10	85,68	83,99	82,96	82,90	82,77	82,44	81,36	85,21

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota: txcrimespe = taxa de crimes contra a pessoa*; Txcrimespa = taxa de crimes contra o patrimônio*; Npoliciais = número de policiais*; Rendmsf = renda média no setor formal; %popob = porcentagem da população pobre; Txadolfreq = taxa de adolescentes que frequentam o ensino médio na série adequada; %Analf18a24 = porcentagem de analfabetismo entre pessoas entre 18 a 24 anos; Poptotal = população total; Txempesf = taxa de empregos no setor formal; IndQGEdu = escolaridade média; Txurbani = taxa de urbanização; %Poph15a29 = porcentagem de homens entre 15 a 29 anos.