

COVID-19: UMA PROPOSTA DE ÍNDICE DA INFRAESTRUTURA DA SAÚDE PARA MINAS GERAIS

Dryelli Jales Costa¹

Suzana Quinet de Andrade Bastos²

Resumo

A capacidade de atendimento do sistema de saúde tornou-se uma das maiores preocupações desde o início da pandemia da Covid-19. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho fundamenta-se na criação do Índice de Infraestrutura de Saúde (IIS) para 854 municípios de Minas Gerais a partir de técnicas de análise fatorial além de realizar uma verificação da distribuição espacial dos IIS no Estado. Os resultados apontam para presença de municípios menores, mais isolados e com população reduzida com alto nível de IIS, atribuída muitas vezes à efetividade da estrutura de atenção básica e da saúde da família, de alta cobertura nesses locais.

Palavras-Chave: Infraestrutura do Sistema de Saúde; Covid-19; Análise Fatorial Exploratória.

Área temática: 6. A pandemia do Covid-19

Financiamento: Este trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

1. INTRODUÇÃO

¹ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Economia (PPGE/UFJF).

² Programa de Pós-graduação em Economia (PPGE/UFJF).

A atual crise sanitária provocada pelo novo coronavírus vem sendo apontada como a mais grave dos últimos 100 anos. Comparativamente, apenas a gripe espanhola foi mais letal em tão curto espaço de tempo, com 500 milhões de pessoas infectadas e ao menos 50 milhões de mortes, o que naquela época (1918-1920) chegava a 2,7% da população mundial de 1,8 bilhão de pessoas (ROSER, 2020).

Embora a pandemia tenha atingido a América do Sul um pouco mais tarde do que outras regiões, como Europa e Estados Unidos da América (EUA), todos os países do continente registraram casos de Covid-19 (CHEN *et al.*, 2020; JAMAATI *et al.*, 2020; KIRBY, 2020; MANSOOR *et al.*, 2020; SUN *et al.*, 2020). De acordo com Popescu (2020) o surto está desafiando os esforços internacionais de saúde pública e assistência médica sendo que em 2021 a Organização Mundial da Saúde (OMS) evidenciou a existência de um novo epicentro mundial, sendo o Brasil um dos países que mais têm preocupado quanto a condução da pandemia.

Estudos sobre a repercussão da Covid-19 entre os países, coloca em evidência elementos da multiplicidade e interconexão de potenciais variáveis causais (FILHO *et al.* 2017; SOUZA, 2016). Muitos fatores se entrelaçam e vão desde aspectos demográficos, socioeconômicos, infra estruturais e fatores médicos (como a presença de comorbidades) até os elementos políticos de cada país, que definem as medidas sanitárias adotadas (*lockdown*, isolamento, incentivo ao uso de máscaras, quarentena, entre outros) (GAO *et al.*, 2020).

No Brasil a pressão crescente sobre o Sistema de Saúde Nacional, tanto no Sistema Único de Saúde (SUS) quanto no sistema privado, evidencia que elementos relevantes vêm sendo deixados de lado, como a jornada de trabalho dos profissionais de saúde que vêm se intensificando à medida que avança a taxa de contágio do vírus. (JEYABALADEVAN, 2020). Além dos atendimentos específicos para pessoas com Covid-19, o serviço de saúde conta com outros tipos de demandas, como o tratamento intensivo de pacientes gravemente enfermos na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) que necessitam de recursos médicos e equipamentos substanciais (LI *et al.*, 2020).

Estratégias de absorção da demanda em expansão foram desenvolvidas após a disseminação da Covid-19, tanto no âmbito público quanto no privado. Dentre as principais demandas estão os da UTI, que se expandiram à medida que a doença se espalhava para grupos com comorbidades e com idade mais avançada (PANERU, 2020).

A presença das Unidades Básicas de Saúde (UBS) e da Atenção Primária à Saúde (APS) muito contribuíram para amenizar o superaquecimento de hospitais e clínicas de atendimento. Essas unidades minimizam a procura por unidades mais especializadas, como hospitais públicos, uma vez que direcionam seus cuidados no acompanhamento das famílias cadastradas no Programa de Saúde da Família (PSF), dentro de uma lógica de compreensão das realidades socioeconômicas, demográficas e epistemológicas, focando na prevenção e promoção da saúde. (BRASIL, 2021; LIMA *et al.*, 2018; STARFIELD e MACINCKO, 2005).

A atenção básica constitui um conjunto de intervenções tanto no caráter individual quanto coletivo, sendo considerada a porta de entrada do SUS. Isso permitiu que políticas mais intensivas quanto a orientação ao combate da Covid-19 a partir de práticas de prevenção, como uso de máscaras, isolamento social e uso do álcool em gel, fossem mais ativas, principalmente em cidades onde há um contato mais direto entre os agentes de saúde e moradores do município. A mobilização social, através de parcerias da Estratégia de Saúde da Família (ESF) com instituições do território, tornou-se uma importante ferramenta para o envolvimento da população e para a disseminação de informações sobre a importância das medidas de prevenção durante a pandemia.

Dessa forma, Lima *et al.* (2020) destacam a importância da APS como forma de reduzir a transmissibilidade. A partir dos casos identificados, com busca ativa de contatos próximos, isolamento em domicílio ou em locais apropriadamente organizados, tem-se um movimento que colabora no sentido de interromper a transmissão ativa, podendo evitar inúmeros casos de

Covid-19. Os autores destacam a importância de analisar experiências anteriores de enfrentamento de epidemias a fim de definir melhores estratégias de intervenção dos sistemas de saúde. Em experiências como a do Ebola³, se observou um excesso de mortes por outras causas que deixaram de ser atendidas, que podem superar aquelas geradas pela própria doença.

A importância dada à infraestrutura no combate e tratamento da Covid-19 foi evidenciada por Bezerra et al (2020), que criaram e verificaram distribuição espacial do Índice de Infraestrutura de Saúde (IIS) das Unidades da Federação (UFs). Para os autores as regiões Sudeste e Sul apresentaram os melhores índices, com destaque para os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná que apresentaram *clusters* alto-alto. Os autores salientam que o nível de infraestrutura de saúde não reflete isoladamente o nível de vulnerabilidade da UF em relação à Covid-19, uma vez que fatores como velocidade de propagação do vírus, índice de isolamento, uso de máscaras, quantidade de habitantes, distância de moradias e a quantidade de pessoas por domicílio também podem interferir.

Considerando a pressão por atendimentos desencadeado tanto pela Covid-19 quanto para os atendimentos rotineiros, evidencia-se a desigualdade e insuficiência na oferta de serviços de saúde, como enfatizado por Noronha et al. (2020). Os autores destacam que o reforço da estrutura deve ser feito, em conjunto, combinando as estratégias da redução da velocidade de contaminação com ampliação da capacidade de atendimento. Esse reforço conduziria a um trabalho conjunto das APSs e dos hospitais de alta e média complexidade com atribuições de identificação, conscientização e prevenção pelo primeiro, e de tratamento para casos mais graves e que exijam maior atenção dos profissionais de saúde pelo segundo.

Assim, a compreensão da capacidade de infraestrutura tanto básica quanto de média e alta complexidade disponível para atendimento à população é essencial a fim de potencializar recursos e políticas de direcionamento para tratamento e combate à Covid-19. Nesse contexto, o trabalho fundamenta-se na criação do Índice de Infraestrutura de Saúde (IIS) para os 854 municípios de Minas Gerais a partir de técnicas de análise fatorial, além de realizar uma verificação da distribuição espacial dos IIS no Estado. O período de análise é o ano de 2020.

No que se refere à análise espacial, tanto o comportamento da pandemia quanto a capacidade de atendimento dos municípios são passíveis de análises espaciais. Estas contribuem ao ampliar as possibilidades de reflexão sobre o fenômeno estudado. Neste intuito, a análise espacial corrobora aos processos de planejamento e gestão em saúde, disponibilizando informações para a criação de políticas públicas (CAVALCANTE; ABREU, 2020).

O trabalho é composto por esta introdução, pela seção 2 que apresenta a descrição da base de dados, a seção 3 trata da estratégia empírica utilizada, os resultados são apresentados na seção 4 e por fim, a seção 5 que discorre sobre as considerações finais.

2. BASE DE DADOS

Os dados, referentes à distribuição da oferta de serviços de saúde nos municípios mineiros, foram obtidos no banco de dados do Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde (CNES) e do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Os dados do Portal da Transparência de Minas Gerais foram usados no intuito de captar o repasse de recursos para a saúde nos municípios e os do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) abrangem elementos ligados a longevidade e população.

As variáveis de infraestrutura de saúde de Minas Gerais para 2020 são apresentadas na tabela 1, onde foram captadas informações sobre infraestrutura física, humana, financeira e para tratamento da Covid-19. Também foi incluído uma variável sobre a atenção primária dos municípios, com dados de cobertura do acesso aos serviços de atenção básica e saúde da família, além de uma variável que apreende características populacionais e de longevidade.

³ Ver FRIEDEN et al (2014).

Tabela 1 - Variáveis infra estruturais de saúde dos municípios de Minas Gerais – 2020.

Infraestrutura	Variável	Descrição dos dados
Física	LET	Total de leitos para internação
	AMB	Número de estabelecimentos ambulatoriais básicos
	AMM	Número de estabelecimentos ambulatoriais de média e alta complexidade
	HOA	Número de hospitais de média e alta complexidade
	UBS	Número de Unidades Básicas de Saúde (UBSs)
Humana	MED	Número de médicos
	ENF	Número de enfermeiros
	ATE	Número de auxiliares e técnicos de enfermagem
	NUE	Número das equipes de saúde da família e atenção básica
Covid-19	LEC	Quantidade de leitos Covid-19
	RVE	Quantidade de equipamentos para manutenção da vida
Financeira	RFI	Valor transferido aos municípios proveniente do ICMS para saúde
Acesso à saúde	CSF	Porcentagem população coberta pela saúde da família
	CAB	Porcentagem população coberta pela atenção básica
Características Demográficas	POP	Densidade populacional
	POI	Porcentagem da população de idosos (mais de 60 anos) ⁴

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação à infraestrutura física, destaca-se que no Brasil, de acordo com dados do DATASUS (2019), cerca de 66% dos leitos gerais estavam disponíveis para o SUS. O número de hospitais de pequeno porte chegava a 66% do total, sendo que 70% tinham até 29 leitos. Já a taxa de ocupação dos leitos dos hospitais de baixo porte no SUS era de 24% (até 29 leitos) e 32% (entre 30 e 50 leitos), sendo esse valor equivalente a 75% nos hospitais de grande porte. Para leitos de UTI, chama atenção o esgotamento superior do sistema de saúde, especialmente, nos hospitais de grande e médio porte, com taxa de ocupação média de 60% e 77% no ano de 2019, respectivamente.

No que se refere à estrutura humana, de acordo com SCHEFFER et al (2020), as 48 cidades brasileiras com mais de 500 mil habitantes contam com 62,4% de todos os médicos no país. Já 1.253 municípios com até 5 mil moradores têm 0,37 médico por mil habitantes e o estrato entre 10 mil e 20 mil moradores, que agrupa 1.345 municípios, representa 0,47 médico por mil habitantes.

A enfermagem, composta por enfermeiros, técnicos e auxiliares de enfermagem, totalizam aproximadamente 70% dos profissionais de saúde (17% enfermeiros, 53% de auxiliares e técnicos de enfermagem), sendo a densidade de 101,4 profissionais por 10 mil habitantes em 2018. Ao analisar a densidade dos enfermeiros verifica-se uma disparidade entre os estados, pois enquanto no Brasil havia 24,54 enfermeiros por 10 mil habitantes, no Pará essa densidade era de 14,13 e no Distrito Federal de 43,39 (OPAS, 2020).

A infraestrutura de Covid-19 trata dos leitos abertos exclusivamente para atendimento para a pandemia e a quantidade de equipamentos para manutenção da vida (respiradores, ventiladores, desfibriladores, monitor de ECG⁵, reanimador pulmonar, oxímetro e monitor de pressão). Os investimentos para a ampliação do atendimento para pessoas com complicações a partir da Covid-19 foram feitos face à necessidade de ampliação da oferta, já que a capacidade de atendimento hospitalar se viu comprometida. Estudos apontam para a necessidade de

⁴ Salienta-se a importância de se colocar em evidência esse grupo devido às preocupações com a Covid-19, uma vez que são considerados um grupo de risco que exige uma atenção maior.

⁵ Aparelho utilizado para registrar continuamente os pulsos elétricos do coração.

ampliação do sistema de saúde, antes mesmo que esse entrasse em colapso com a pandemia. (WHO; SARKAR; ZHANG; WALDMAN, 2020)

A infraestrutura financeira representa os recursos provenientes do ICMS (Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação) para saúde transferido aos municípios no ano de 2020. Com a implantação do SUS, as transferências intergovernamentais para a saúde têm sido uma ferramenta importante a fim de promover uma redistribuição de recursos ao longo do território, assim como atribuir maior capacidade e responsabilidade de gestão aos governos locais. (SIMÃO E ORELLANO, 2015)

Com foco no acesso à saúde, a Atenção Primária à Saúde está associada a inúmeros resultados positivos alcançados com a expansão da Estratégia Saúde da Família (ESF), modelo de atenção primária à saúde de orientação comunitária, com destaque para a redução da mortalidade infantil, redução de internações por condições sensíveis à atenção primária e redução da mortalidade por doenças cardiovasculares (CASTRO et al, 2019; RASELLA et al, 2014).

Com referência às características demográficas da população, de acordo com o Ministério da Saúde (2019), o número de idosos aumentou progressivamente e, concomitantemente com este crescimento, verificou-se uma expansão quantitativa dos internamentos hospitalares, passando de 2.782.111 em 2015 para 3.022.772 em 2019. As hospitalizações ocorreram majoritariamente com o caráter de cuidados urgentes - mais de 11 milhões de internamentos (77,64%) -, seguidos de 3,1 milhões de internamentos eletivos (21,73%) e de cuidados representando menos de 1% das hospitalizações.

Baseado em Fávero e Belfiore (2017), as variáveis foram padronizadas a partir da subtração pela média e divisão pelo desvio padrão da variável, como sintetizado em (1):

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \quad (1)$$

Em que Z são as variáveis padronizadas, X é a variável original, \bar{X} é a média da variável e σ é o desvio padrão da variável.

3. ESTRATÉGIA EMPIRICA

3.1 Análise Fatorial Exploratória

A estratégia empírica fundamenta-se em duas etapas: a primeira composta por uma análise fatorial exploratória baseada em Hardle e Simar (2019) a fim de sintetizar a infraestrutura de saúde e caracterizar especificidades da população dos municípios de Minas Gerais em variáveis latentes e a segunda etapa composta pela formação dos índices de infraestrutura municipal. Dillon e Goldstein (1984) apresentam a forma matricial do modelo de análise fatorial, conforme (2):

$$X = \alpha F + \varepsilon \quad (2)$$

Em que X é o vetor transposto das variáveis observáveis p -dimensional, representado por $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)$, F é o vetor transposto de variáveis não observáveis q -dimensional (também chamado de fatores comuns) denotado por $F = (f_1, f_2, \dots, f_q)$, sendo $q < p$. O ε , representado por $\varepsilon = (e_1, e_2, \dots, e_p)$ trata do vetor p -dimensional transposto de variáveis aleatórias. Por fim, α representa as cargas fatoriais, que é uma matriz (p, q) de constantes desconhecidas.

Os fatores comuns apresentam médias nulas e as variâncias unitárias são independentes dos fatores específicos, contudo exibem quase as mesmas características estatísticas dos fatores comuns, exceto para as variâncias que são iguais. Assim, a matriz de correlação definida como $P_{p \times p} = LL' + \Psi$, onde $\Psi_{p \times p} = \text{diag}[\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_p]$ é uma matriz de variância específica. Em $\text{Var}(Z_i) = h^2_i + \Psi_i$, tem-se que $h^2_i = \sum_{j=1}^m \ell^2_{ij}$ é a variabilidade de X expressa por m fatores, também conhecido como comunalidade (JOHNSON & WICHERN, 2007).

A fim de efetuar a estimação de Ψ_i e λ_{ij} , adota-se o Método dos Componentes Principais. Caso $m < p$, a matriz de cargas fatoriais será $L = [\sqrt{\lambda_1}e_1, \sqrt{\lambda_2}e_2, \dots, \sqrt{\lambda_m}e_m]$ e, portanto, $LL' \cong \sum_{i=1}^m \lambda_i e_i e'_i$ e $P \cong LL' + \Psi$. Por fim, como os dados não foram distribuídos normalmente, utiliza-se o método dos mínimos quadrados ponderados de Bartlett (JOHNSON & WICHERN, 2007).

A partir da geração dos escores fatoriais constrói-se o Índice de Infraestrutura da Saúde (IIS) conforme Mingoti (2007) (3):

$$IIS_n = \sum_{j=1}^p \left(\frac{\sigma^2_j}{\sum_{j=1}^p \sigma^2_j} F_{jn} \right) \quad (3)$$

Em que IIS_m é o Índice de Infraestrutura da Saúde para o n -ésimo município de Minas Gerais, σ^2_j é a variância explicada pelo fator j ; p é o número de fatores selecionados; $\sum_{j=1}^p \sigma^2_j$ é o somatório das variâncias explicadas pelos p fatores extraídos e, F_{jn} é o escore fatorial do município n , do fator j .

$$IIS_{n \text{ padronizado}} = \frac{IIS_n - IIS_{min}}{IIS_{max} - IIS_{min}} \quad (4)$$

Em que IIS_{max} e IIS_{min} são os índices de máximo e de mínimo, respectivamente.

Os índices foram padronizados, como apresentado em (4), com o intuito de estabelecer um intervalo que facilitasse a compreensão dos resultados. O intervalo considerado foi entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1 melhor a infraestrutura de saúde do município.

3.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

A análise exploratória de dados espaciais é usada para descrever distribuições espaciais, identificando padrões de associações espaciais (clusters espaciais), regimes espaciais e observações atípicas (outliers). Essa técnica se destaca por tratar os efeitos espaciais de dependência e heterogeneidade espaciais. (ANSELIN, 1996; LE GALLO E ERTUR, 2003).

Primeiramente, a fim de identificar a distribuição do IIS entre os municípios mineiros, foi usada a estatística do I de Moran global, que tem sua fórmula matricial, de acordo com Almeida (2012), representada por:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z'Wz}{z'z} \quad (5)$$

Sendo que n representa o número de municípios que são indexados por i e j ; z representa as variáveis padronizadas; W são os pesos espaciais; S_0 é equivalente ao somatório dos pesos espaciais; W_z é a média das variáveis padronizadas nos vizinhos.

A partir da rejeição da hipótese nula de aleatoriedade espacial, parte-se para a segunda parte que é a identificação da estatística do I de Moran Local, a partir do pressuposto de existência de clusters espaciais dos IIS nos municípios mineiros. Desse modo, de acordo com Anselin (1996), tem-se:

$$I = \frac{\sum_i l_i}{[S_0(\sum_i z^2_i/n)]} \quad (6)$$

A interpretação mais direta do I de Moran Local é aquela em que valores significativamente altos e positivos evidenciam a presença de um “cluster”, sendo os valores significativamente baixos indicativos de um regime espacial de desigualdade na região, ou seja, zonas de transição entre um determinado regime espacial e outro. Já áreas com valores significativamente altos representam regimes espaciais de concentração e desenvolvimento do IIS.

4. RESULTADOS

A estimação dos fatores iniciais foi feita utilizando o Método dos Fatores Principais (MFP), que apresentou a menor matriz de erros quando comparado aos demais métodos⁶. A adequada aplicabilidade das variáveis na análise fatorial foi confirmada pelos resultados do critério Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) que apresentou um valor de 0,93. O teste de Esfericidade de Bartlett para a matriz de correlação (49662.01 - p valor =0.00) indicou a não rejeição da hipótese nula de independência. Já o teste de escala de Cronbach's apresentou uma consistência para a análise de 95% (AZEVEDO, 2006; JOHNSON; WICHERN, 2014).

A partir dos critérios de Kaiser (1958) e de Pearson, os autovalores e a variância total confirmaram a presença de resultados maiores que 1 (um) para os fatores selecionados, assim como uma variância total maior que 70%. Na tabela 2, que apresenta os resultados da análise fatorial, verifica-se que em quatro fatores a proporção alcançou o valor de 90% da variância total. Quanto a comunalidade, as similaridades apresentaram valores superiores a 0,8 em 82% das variáveis, demonstrando que os fatores descrevem bem a interdependência das variáveis.

Quanto as cargas fatoriais, o fator 1, denominado de “Infraestrutura física e humana”, sintetiza o Sistema Único de Saúde, que é considerado uma proposta generosa e universal, embora enfrente problemas de fornecimento precário de bens e serviços (FARIAS & MELAMED, 2003), representa um dos maiores e mais complexos serviços de saúde do mundo.

O segundo fator, “Acesso ao serviço de saúde primária”, relaciona-se com as variáveis “cobertura na atenção básica” e “cobertura na saúde da família”. Considera-se que uma maior cobertura da atenção básica pode suavizar os efeitos da pandemia através do potencial deste modelo de atenção, pois mesmo com problemas de financiamento, gestão, provisão de

⁶ Tanto o Método Iterativo dos Fatores Principais quanto o Método de Máximo verossimilhança apresentaram matrizes de erros inferiores, quando comparado ao Método dos Fatores Principais.

profissionais e estruturação dos serviços, resultados positivos têm sido alcançados no que se refere à redução da morbidade e mortalidade, principalmente infantil (SARTI et al, 2020).

Tabela 2 - Resultado da análise fatorial

Variáveis	Infraestrutura física e humana	Acesso à saúde	Infraestrutura financeira	Características demográficas	Comunalidade
ENF	0.989				0.989
ATE	0.983				0.983
NUE	0.983				0.973
ESF	0.989				0.979
AMM	0.971				0.943
HOA	0.983				0.973
LEC	0.968				0.938
LET	0.979				0.969
MED	0.973				0.969
UBS	0.831				0.775
POP	0.831				0.694
EAB	0.988				0.984
EBA	0.527				0.539
POI				0.921	0.978
CSF		0.916			0.898
CAB		0.909			0.886
ICM			0.816		0.855
Autovalores	11.34	1.94	1.05	1.00	
Proporção da variância	0.67	0.11	0.06	0.06	

Cargas fatoriais menores que 0,5 foram ocultadas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

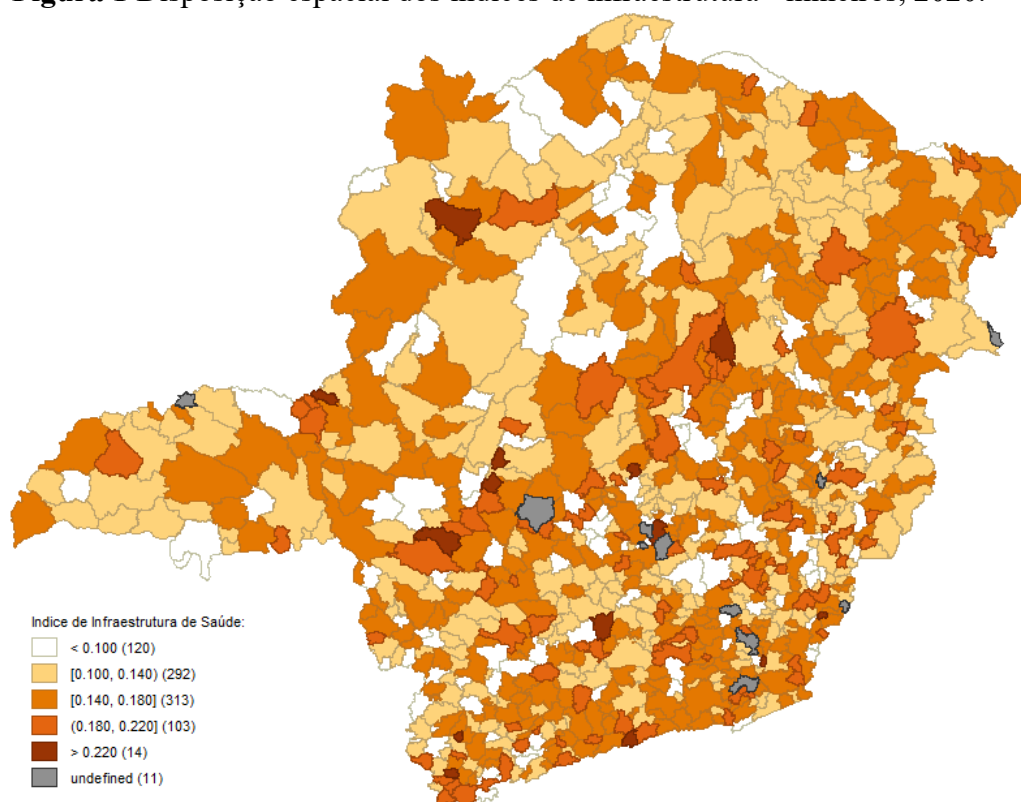
O fator 3, “Infraestrutura financeira”, está representado pela variável de ICMS repassado para saúde dos municípios de Minas Gerais. Diante das crises financeira e social enfrentadas pelos Estados, somada às transições demográfica, tecnológica e epidemiológica que pressionam os orçamentos, os governos, na tentativa de aumentar a eficiência e a satisfação do usuário, tem buscado novas estratégias de cobertura e formas mais versáteis de gestão e financiamento (DERMINDO, 2019). Uma dessas formas são o repasse de uma porcentagem da arrecadação dos municípios, para áreas como a saúde.

O fator 4, “Características populacional e de longevidade” objetiva compreender a relação das cidades que possuem mais idosos e, que de certa forma estão mais vulneráveis aos efeitos da Covid-19 e que utilizam mais intensamente os espaços de saúde.

Os resultados dos índices sugerem a diversidade espacial da estrutura do sistema de saúde em Minas Gerais conforme Figura 1. A capital, Belo Horizonte apresenta-se como a cidade com maior infraestrutura, apresentando o índice equivalente a 1.

As cidades que de forma subsequente tiveram os melhores índices foram Pedra do Indaiá (0.224), Dom Viçoso (0.236), Araçá (0.244), Bonfinópolis de Minas (0.226), Doresópolis (0.243), Medeiros (0.222), São Sebastião do Rio Verde (0.258), Passa Vinte (0.228), Senador Amaral (0.249), Senador José Bento (0.259), Senador Modestino Gonçalves (0.227), Cedro do Abaeté (0.286), Serra da Saudade (0.359). Estes municípios não apresentam uma dependência espacial efetiva, já que a maioria das cidades se encontram dispersas no território.

Figura 1 Disposição espacial dos índices de infraestrutura - mineiros, 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Guimarães et al (2020) destacam a criação de Grupos de Trabalho (GTs) com a participação da APS como favorável ao enfrentamento da Covid. Assim, O IIS_n elevado atribuído ao município de Belo Horizonte pode estar relacionado às medidas tomadas pela Secretaria Municipal de Saúde (SMS), ao criar um Grupo de Trabalho com o propósito de discutir e definir ações conjuntas entre as áreas de vigilância e de assistência à saúde e produzir notas técnicas, fluxos e protocolos referentes à Covid.

Pesquisa do Imperial College (BRIZZI, et al, 2021) mostra que metade das mortes no Brasil poderiam ter sido evitadas se a condução do combate à pandemia tivesse sido como em Belo Horizonte. Para os autores, um dos motivos é a boa estruturação do Sistema Único de Saúde na capital, pois o SUS de BH comparado com o restante do país é muito consistente e sólido e isso foi fundamental.

Assim, a alta infraestrutura de saúde da capital de Belo Horizonte orienta para uma participação mais ampla de conceitos envolvendo o alicerce estrutural para o atendimento amplo, via SUS e via rede privada. Já em municípios menores, o nível de dependência do SUS é mais elevado, assim como a participação da própria ESF.

Na tabela 3 verifica-se que dentre os municípios que apresentaram índices maiores que 0.200 destacam-se as cidades de Juiz de Fora (0.215) e Montes Claros (0.204), ambas Superintendências Regionais de Saúde (SRS) atuando como referências nas macrorregiões onde atuam, de forma atender tanto pessoas da cidade quanto da região no entorno. Quanto às cidades que apresentaram os menores valores destacam-se Campos Altos (0.000), Ouro Branco (0.015), Viçosa (0.035), Ribeirão das Neves (0.037), São João Del Rei (0.052), Varginha (0.065), Itajubá (0.066) e Lavras (0.069).

Tabela 3 Índices de Infraestrutura da Saúde (IIS_n) e mortalidade¹ por Covid-19 - MG

Municípios ² com melhores índices	IIS _n	Mortalidad e Covid-19	Municípios com piores índices	IIS _n	Mortalidade Covid-19
Serra da Saudade	0.359	0	Campos Altos	0.000	23
Cedro do Abaeté	0.282	0	Ouro Branco	0.015	51
São Sebastião do Rio Verde	0.258	4	Ouro Fino	0.024	67
Senador Amaral	0.249	9	Glaucilândia	0.029	7
Senador José Bento	0.249	5	Novo Cruzeiro	0.030	32
Araçaí	0.244	1	Capitólio	0.031	32
Doresópolis	0.243	1	Três Pontas	0.035	160
Dom Viçoso	0.236	3	Viçosa	0.036	95
Passa-Vinte	0.228	6	Ribeirão das Neves	0.037	734
Senador Modestino Gonçalves	0.227	9	Cristiano Ottoni	0.039	15
Bonfinópolis de Minas	0.226	14	Lagoa Santa	0.040	118
Pedra do Indaiá	0.224	7	Paulistas	0.049	3
Medeiros	0.222	1	Luminárias	0.050	11
Aricanduva	0.219	0	Poço Fundo	0.051	11
Simão Pereira	0.217	12	Chiador	0.052	7
Biquinhas	0.216	4	São João Del Rei	0.057	211
Juiz de Fora	0.215	1867	Varginha	0.064	314
Montes Claros	0.204	922	Itajubá	0.066	395

¹ Dados acumulados de 27/03/2020 a 29/07/2021

² Belo Horizonte, apesar de apresentar o maior índice para o Estado não foi incorporado na tabela.
Fonte: Secretarias Estaduais de Saúde. Brasil, 2020.

Além disso, as cidades menores, quanto ao número populacional, apresentaram melhores índices de infraestrutura da saúde. Muitos desses municípios encontram-se distantes de grandes centros, o que pode contribuir para a contenção da disseminação da Covid-19. Outra explicação pode ser a ausência de número elevado de pessoas que vivem no mesmo domicílio e a dispersão dos imóveis. Adicionalmente, devido a menor multiplicidade de atores e agentes econômicos em relação aos médios e grandes, centros, onde as relações sociais aparentam ser mais próximas do sentido de comunidade e até na formação de uma rede de “vigilância comunitária” para alertar sobre questões básicas de prevenção da covid-19, como isolamento social e uso de máscara em ambientes públicos. Contudo, pode-se atribuir grande parte dos resultados ao acompanhamento feito pelas Unidades de Atenção Básica e pelas Unidades de Saúde da Família.

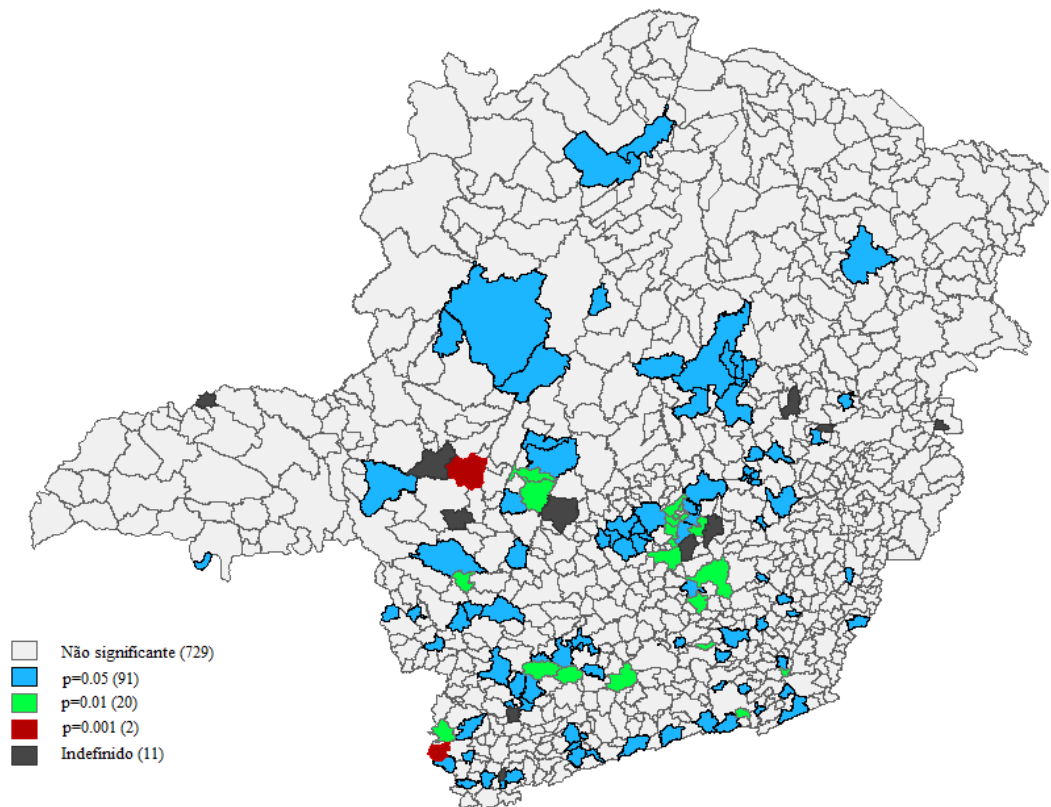
O nível de acompanhamento e de transmissão de informações entre essas redes é elevada, uma vez que em pequenas cidades isso ocorre em forma domiciliar, sem a necessidade de comparecimento nas Unidade Básica de Saúde e Unidade de Saúde da Família. Campanhas comunitárias de uso de máscaras e utilização de álcool em gel também podem ter sido potencializadas, permitindo uma baixa demanda de pessoas infectadas nestes municípios e uma menor utilização dos recursos físicos e humanos presentes.

Medina et al (2020) destacam a importância e potencialidade da ESF, que cobre 131 milhões de brasileiros, além de sua participação na responsabilidade territorial e orientação comunitária no enfrentamento da pandemia de Covid-19. Destaca-se principalmente a vigilância em saúde com detecção, notificação, rastreamento e acompanhamento dos casos e contatos em isolamento domiciliar, comunicação e educação em saúde, no cuidado de casos leves e moderados, no apoio social às populações vulneráveis e grupos de risco e na continuidade dos cuidados.

Mesmo com distribuição espacial do IIS específica para cada município mineiro, verificou-se ainda, a possibilidade de existência de padrões de dependência espacial. Para tais análises utilizou-se o I de Moran global univariado, verificando assim a possibilidade de

autocorrelação espacial. Os resultados demonstraram que a hipótese nula de aleatoriedade espacial é rejeitada, levando a afirmar que o IIS tem autocorrelação espacial entre os municípios de Minas Gerais, de acordo com os níveis de significância apresentados na figura 2.

Figura 2 – Níveis de significância alcançado a partir da Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE).



Fonte: Elaborado pelos autores.

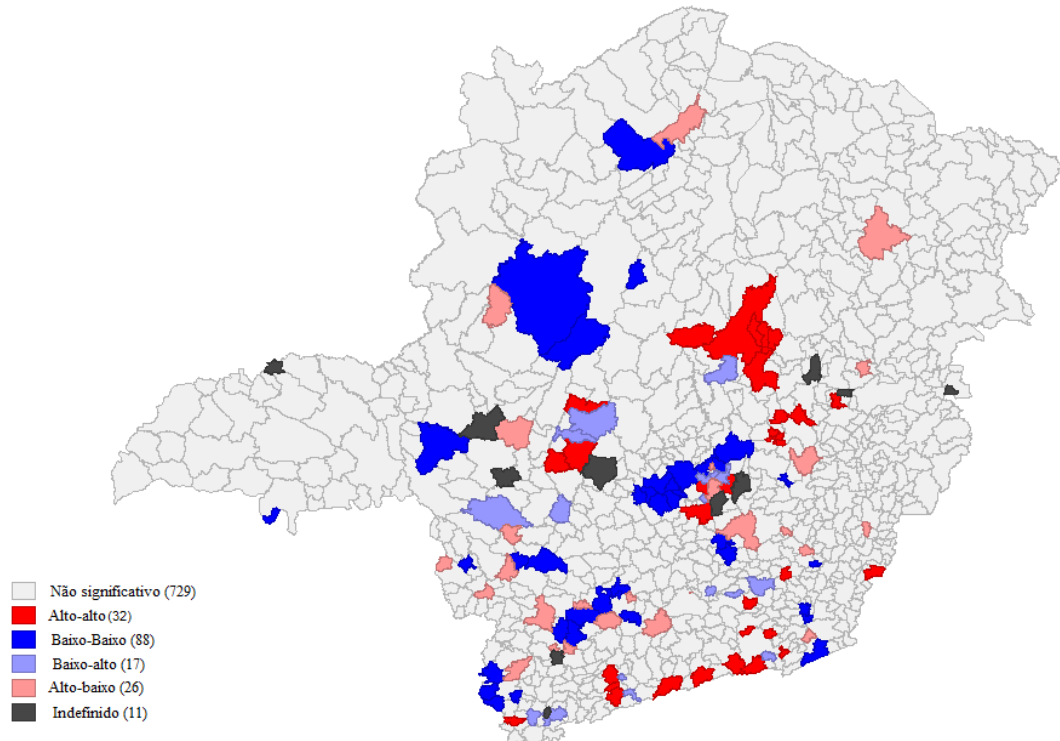
Após a primeira constatação sobre a autocorrelação, foi calculado o I de Moran Local que permitiu se averiguar os padrões de associação espacial da infraestrutura de saúde durante a pandemia da Covid-19. Os resultados mostram que existe uma formação de clusters do tipo alto-alto nos municípios de Diamantina, Augusto de Lima, Felício dos Santos, São Gonçalo do Rio Preto e Serro. Isso significa que esses municípios de alto IIS são circundados por outros também com alto IIS. Outros municípios como São Sebastião do Rio Preto, Santo Antônio do Rio Abaixo e Passabém na região metropolitana, e Santa Barbara do Monte Verde e Belmiro Braga, na Zona da Mata também apresentam clusters do tipo alto-alto.

Já o padrão de aglomeração do tipo baixo-baixo foi encontrado em municípios da região metropolitana como Esmeraldas, Florestal, Mateus Leme, Lagoa Santa, Jaboticatubas, Igaratinga, São Gonçalo do Pará, Itaúna, Juatuba, Pará de Minas e Pedro Leopoldo. Ainda na região, os municípios de Ribeirão da Neves, Vespasiano e Santa Luzia apresentaram padrão baixo-alto. As cidades de Belo Horizonte, Confins e Ibirité apresentaram padrão alto-baixo. Por fim, Contagem, Brumadinho e Sabará foram identificados como alto-alto.

Na região ao sul do Estado observa-se uma concentração espacial com clusters do tipo baixo-baixo, circundadas com cidades com padrão alto-baixo. Outra concentração que pode ser evidenciada é a presente também nessa região contando com as cidades de Virginia, Dom Viçoso e Carmo de Minas, apresentando o padrão alto-alto. Na Figura 3 é possível observar a

formação dos clusters no Estado de Minas Gerais. Considera-se p-valor menor ou igual a 5% como indicador de significância estatística.

Figura 3 – Análise Exploratória de dados Espaciais (AEDE) com os clusters identificados



Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível notar que alguns municípios se agruparam com outros de diferentes regiões, mesmo que não sejam estritamente vizinhos. Considerando a dimensão física e as inúmeras cidades, dentro do mesmo Estado há diversas realidades, com escalas diferentes de infraestrutura de saúde. Para tanto, vê-se clusters do tipo alto-alto em cidades do Vale Jequitinhonha, região Metropolitana e Zona da Mata.

Chama-se atenção também, em termos de clusters espaciais estatisticamente significativos, para algumas cidades da região metropolitana de Belo Horizonte, por formarem o padrão baixo-baixo em termos de IIS, destacando a carência dessas áreas no que tange a capacidade de atendimento ao público, especialmente durante demandas mais acentuadas. Esse tipo de comportamento padrão pode sobrecarregar cidades vizinhas que apresentaram um padrão alto de IIS, especialmente por ser uma região de maior fluxo de pessoas e contágio da Covid-19.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de compreender a distribuição da infraestrutura de saúde nos municípios mineiros, constrói-se de um Índice de Infraestrutura de Saúde (IIS_n) a partir dos fatores latentes gerados pela análise fatorial pelo Método dos Fatores Principais. Os valores produzidos evidenciam a presença de uma grande disparidade estrutural entre os municípios, especialmente quando se trata da capital Belo Horizonte em relação aos demais. Cidades como Juiz de Fora e

Montes Claros apresentaram índices elevados, contudo, foram os pequenos municípios de Cedro do Abaeté (0.286) e Serra da Saudade (0.359) que exibiram o maior índice.

A baixa infraestrutura na saúde identificada em algumas cidades como Viçosa (0.035) e Ribeirão das Neves (0.037) pode ser agravada pela proximidade dessas cidades com áreas de maior IIS_n como Juiz de Fora e Belo Horizonte, já que pode haver uma intensificação de fluxos de pacientes em busca de áreas com mais recursos tanto físicos quanto humanos, diminuindo assim o fluxo de pacientes nessas cidades.

A qualidade na infraestrutura da saúde é algo fundamental para o enfrentamento e combate à mortalidade pela Covid-19, uma vez que mesmo que o número de vacinados esteja se elevando, o potencial de disseminação da doença continua alto, especialmente pela presença de variantes no Brasil. Contudo, salienta-se que muitas vezes municípios mais isolados e menores tem melhores condições de enfrentamento, devido tanto ao isolamento quanto à presença acentuada da atenção básica e de saúde da família. Isso permite que o fluxo de pessoas seja menor, logo a disseminação da doença também seja diminuta, além de um acompanhamento criterioso caso a caso pelas UBSs e equipes de saúde da família.

Também pode-se notar um índice melhor para muitos municípios pequenos, o que se explica pela própria proporção populacional em relação à infraestrutura, mesmo que muitos não apresentem leitos Covid-19 nem aparato de equipamentos para manutenção da vida em número significativo, as demandas locais menores não pressionam o sistema de saúde e infraestrutura locais.

Desse modo, chama-se a atenção para o nível de infraestrutura presente nos municípios de Minas Gerais, marcados pela heterogeneidade de um Estado tão vasto. Investimentos tanto para contenção da pandemia do Covid-19 quanto para as demandas não necessariamente ligadas a atual situação de saúde pública são necessárias. Assim, políticas públicas locais que possam ampliar o aparato estrutural tanto físico quanto humano pode contribuir de forma a diminuir a disparidade entre muitas regiões no estado e até mesmo desafogar grandes centros de referência em saúde.

Salienta-se aqui a necessidade de averiguação de elementos mais detalhados uma vez que o nível de infraestrutura por si só não reflete o nível de vulnerabilidade municipal na condução da pandemia. Elementos como uso de máscaras, índice de isolamento, quantidades de habitantes no município, distância das moradias e número de indivíduos por domicílio podem porventura interferir na precisão da análise e podem ser avaliadas em trabalhos posteriores.

REFERENCIAS

ALMEIDA, E. Econometria espacial. Campinas: Alínea; 2012.

ANSELIN, Luc. Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis*, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

AZEVEDO, J. P. (2006). FACTORTEST: Stata module to perform tests for appropriateness of factor analysis (Rev. ed.) (Statistical Software Components, N_ S436001). Boston, MA: Boston College Department of Economics. Retrieved from: <https://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s436001.html>

BEZERRA, Évilly Carine Dias et al. Análise espacial das condições de enfrentamento à COVID-19: uma proposta de Índice da Infraestrutura da Saúde do Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, p. 4957-4967, 2020.

BRASIL, Ministério da Saúde. Sistema Único de Saúde - SUS. Disponível em: [Sistema Único de Saúde \(SUS\) | Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais \(saude.mg.gov.br\)](https://saude.mg.gov.br) . Acesso em: 17 set. 2021.

BRIZZI, Andrea et al. Report 46: Factors driving extensive spatial and temporal fluctuations in COVID-19 fatality rates in Brazilian hospitals. *Medrxiv*, 2021.

CASTRO, Marcia C. et al. Brazil's unified health system: the first 30 years and prospects for the future. *The lancet*, v. 394, n. 10195, p. 345-356, 2019.

CHEN, Simiao et al. COVID-19 control in China during mass population movements at New Year. *The Lancet*, v. 395, n. 10226, p. 764-766, 2020.

DERMINDO, Mariana Pereira. Gestão eficiente na saúde pública brasileira. JMPHC| *Journal of Management & Primary Health Care*.| ISSN 2179-6750, v. 11, 2019.

Dillon, William R., and Matthew Goldstein. *Multivariate analysis: Methods and applications*. New York (NY): Wiley, 1984., 1984.

EB FILHO, da S. et al. Infecções Respiratórias de Importância Clínica: uma Revisão Sistemática. *REVISTA FIMCA*, p. 716, 2017.

FARIAS, Luís Otávio; MELAMED, Clarice. Segmentação de mercados da assistência à saúde no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 8, p. 585-598, 2003.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. *Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®*. Elsevier Brasil, 2017.

FRIEDEN, Thomas R. et al. Ebola 2014—new challenges, new global response and responsibility. *New England Journal of Medicine*, v. 371, n. 13, p. 1177-1180, 2014.

GAO, Qijun et al. The epidemiological characteristics of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) in Jingmen, Hubei, China. *Medicine*, v. 99, n. 23, 2020.

Härdle, Wolfgang Karl, and Léopold Simar. *Applied multivariate statistical analysis*. Springer International Publishing, 2019.

JAMAATI, Hamidreza et al. A fourteen-day experience with coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced acute respiratory distress syndrome (ARDS): an Iranian treatment protocol. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research: IJPR*, v. 19, n. 1, p. 31, 2020.

JEYABALADEVAN, Priyanca. COVID-19: An FY1 on the frontline. *Medical education online*, v. 25, n. 1, p. 1759869, 2020.

JOHNSON, Richard Arnold et al. *Applied multivariate statistical analysis*. London, UK: Pearson, 2014.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, v. 23, p. 187-200, 1958

KIRBY, Tony. "Evidence mounts on the disproportionate effect of COVID-19 on ethnic minorities." *The Lancet Respiratory Medicine*, no. 6 (2020): 547-548. 2020.

LE GALLO, Julie; ERTUR, Cem. Exploratory spatial data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Europe, 1980–1995. *Papers in regional science*, v. 82, n. 2, p. 175-201, 2003.

Li, Taisheng, Hongzhou Lu, and Wenhong Zhang. "Clinical observation and management of COVID-19 patients." *Emerging microbes & infections* 9, no. 1 (2020): 687-690. 2020.

LIMA JG, Giovanella L, Fausto MCR, Bousquat A, Silva EV. Atributos essenciais da Atenção Primária à Saúde: resultados nacionais do PMAQ-AB. *Saúde Debate*. 2018;42(Esp 1):52-66.

Mansoor, Salman, Siobhan Kelly, Kevin Murphy, Aine Waters, and Nauman Saleem Siddiqui. "COVID-19 pandemic and the risk of infection in multiple sclerosis patients on disease modifying therapies: "what the bleep do we know?"." *The Egyptian journal of neurology, psychiatry and neurosurgery* 56, no. 1 (2020): 1-3. 2020.

MEDINA, Maria Guadalupe et al. Atenção primária à saúde em tempos de COVID-19: o que fazer?. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 36, p. e00149720, 2020.

MINGOTI, S. A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFGM, 2007.

Ministério da Saúde. DEPARTAMENTO DE INFORMATICA DO SUS – DATASUS. Informações de saúde, epidemiológicas e de morbidade: banco de dados. Disponível em: << [DATASUS – Ministério da Saúde \(saude.gov.br\)](https://datasus.saude.gov.br) >>. Acesso em agosto de 2021.

Noronha, Kenya et al. (2020). *Pandemia por COVID-19 em Minas Gerais, Brasil: análise da demanda e da oferta de leitos e equipamentos de ventilação assistida considerando os diferenciais de estrutura etária, perfil etário de infecção, risco etário de internação e distâncias territoriais*. Tech. rep. Nota Técnica atualizada em 23 de abril de 2020. Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais.

OPAS. Fotografia da enfermagem no Brasil [Internet]. Brasília, Brasil; 2020. Available from: <<<https://apsredes.org/fotografia-da-enfermagem-no-brasil>>>.

PANERU, Hem Raj. Intensive care units in the context of COVID-19 in Nepal: current status and need of the hour. *Journal of Society of Anesthesiologists of Nepal*, v. 7, n. 1, p. e291-e291, 2020.

POPESCU, Saskia. Roadblocks to infection prevention efforts in health care: SARS-CoV-2/COVID-19 response. *Disaster medicine and public health preparedness*, v. 14, n. 4, p. 538-540, 2020.

PORTAL DA TRANSPARENCIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Transferências de impostos a municípios. Disponível em: << [Página Principal \(transparencia.mg.gov.br\)](https://transparencia.mg.gov.br) >>. Acesso em 15 de julho de 2021.

SUN, Qin et al. Lower mortality of COVID-19 by early recognition and intervention: experience from Jiangsu Province. *Annals of intensive care*, v. 10, n. 1, p. 1-4, 2020.

RASELLA, Davide et al. Impact of primary health care on mortality from heart and cerebrovascular diseases in Brazil: a nationwide analysis of longitudinal data. *Bmj*, v. 349, 2014.

SIMÃO, Juliana Barby; ORELLANO, Veronica Ines Fernandez. Um estudo sobre a distribuição das transferências para o setor de saúde no Brasil. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 45, p. 33-63, 2015.

SARTI, Thiago Dias et al. Qual o papel da Atenção Primária à Saúde diante da pandemia provocada pela COVID-19?. 2020.

SCHEFFER, M. et al., *Demografia Médica no Brasil 2020*. São Paulo, SP: FMUSP, CFM, 2020. 312 p. ISBN: 978-65-00-12370-8

SOUZA, Icaro Diogo Tavares de. Mortalidade por doenças respiratórias no Brasil e suas regiões: série histórica 2000–2013. 2016.

Starfield, Barbara, Leiyu Shi, and James Macinko. "Contribution of primary care to health systems and health." *The milbank quarterly* 83, no. 3 (2005): 457-502.

WALDMAN, A. et al. Are hospitals near me ready for coronavirus? here are nine different scenarios. *ProPublica*, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Oxygen sources and distribution for COVID-19 treatment centres: interim guidance, 4 April 2020. Geneva: World Health Organization; 2020.

ZHANG, Teng et al. A model to estimate bed demand for COVID-19 related hospitalization. *medRxiv*, 2020.