



ANÁLISE ESPACIAL E COVID-19: REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE OS ASPECTOS METODOLÓGICOS DE GEORREFERENCIAMENTO

ARTIGO DE REVISÃO

PINHEIRO, Rejane Barbosa Ciriaco¹, SOARES, Ricardo de Sousa², ABREU, Sandra Costa Cavalcante Leite de³

PINHEIRO, Rejane Barbosa Ciriaco. SOARES, Ricardo de Sousa. ABREU, Sandra Costa Cavalcante Leite de. **Análise espacial e covid-19: revisão sistemática sobre os aspectos metodológicos de georreferenciamento.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 09, Ed. 03, Vol. 01, pp. 95-114. Março de 2024. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/saude/analise-espacial-e-covid-19>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/saude/analise-espacial-e-covid-19

RESUMO

Introdução: A pandemia da COVID-19 demandou uma rápida reorganização das estratégias e ferramentas de vigilância e controle da doença. Uma das técnicas bastante utilizada para compreensão do vírus e sua evolução foi o georreferenciamento e as análises espaciais. **Objetivo:** Analisar as evidências científicas sobre quais métodos são utilizados para análise espacial da COVID-19. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão sistemática orientada pelas diretrizes e recomendações do PRISMA. Foram pesquisados artigos relevantes sobre o tema, publicados nas bases de dados PubMed, BVS e SCIELO, no período de 2020 a 2023. Após a busca, os artigos passaram por uma avaliação que ocorreu em duas etapas: leitura do título e resumo; em seguida, avaliação do texto na íntegra. **Resultados:** Foram encontrados 54 artigos, restando 17 após a exclusão das duplicidades e aplicação dos critérios de seleção e elegibilidade. **Conclusão:** Dentre os principais resultados identificados nos estudos, destacamos que a letalidade pela COVID-19 está associada a baixas condições sociais e econômicas. As taxas de mortalidade foram maiores em regiões com maior carência de leitos de UTI e ventiladores pulmonares.

Palavras-chaves: Análise Espacial, COVID-19, SARS-CoV-2, Coronavírus, Revisão Sistemática.



1. INTRODUÇÃO

Em 2020, o mundo parou com a pandemia do novo coronavírus. Inicialmente identificado na China por meio de um surto epidêmico, em poucas semanas, a COVID-19 foi considerada uma epidemia para além das fronteiras desse país. Em março de 2020, foi declarada uma pandemia pela Organização Mundial de Saúde (Organização Pan-Americana de Saúde, 2020). Até 2023, o novo coronavírus já tinha infectado mais de 700 milhões de pessoas e levado a óbito mais de 6 milhões (Organização Mundial da Saúde, 2023).

A COVID-19 é uma doença infecciosa viral que acomete as vias respiratórias, podendo se apresentar como uma Síndrome Gripal (SG), acompanhada de alguns sintomas como tosse, febre e dor na garganta. O indivíduo também pode evoluir para uma Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG), em decorrência da piora do quadro gripal, que pode leva-lo a morte (Brasil, 2018; Brasil, 2022).

Em relação a outras síndromes respiratórias, a COVID-19 chamou atenção pelo alto poder de contágio, a proporção de casos graves e a rápida disseminação da doença. Esses fatores levaram os sistemas de saúde a um colapso em alguns países, em decorrência do aumento brusco na quantidade de casos e de óbitos (Barreto *et al.*, 2021; Riboli; Arthur; Mantovani, 2020).

Além de possuir potencial evolutivo de extrema gravidade, como no caso da SRAG (Araújo *et al.*, 2020), outro aspecto importante da COVID-19 é o fato de apresentar manifestações dos sintomas em longo prazo, independentemente do indivíduo ter adoecido de forma leve, moderada ou grave. Essa persistência de sintomas recebeu o nome de COVID-19 longa. Atualmente, pode-se observar sua predominância nas pessoas que desenvolveram as formas graves da doença (Miranda *et al.*, 2022).

Ao longo dos primeiros anos de pandemia, a progressão da COVID-19 se apresentou nos vários países de maneira diversa, a depender das estratégias de distanciamento e isolamento social adotadas (Houvèssou; Souza; Silveira, 2021). No Brasil, devido ao negacionismo da pandemia pelo governo federal, houve um protagonismo dos



estados na definição de medidas restritivas para combater o avanço da doença (Carvalho *et al.*, 2022).

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a identificar casos de COVID-19 (Alvarez; Harris, 2020). Trata-se de um país claramente marcado pelas desigualdades sociais, o que pode ter favorecido a disseminação da doença dentro de seu território, ocasionando um aumento na taxa de incidência e letalidade (Bógus; Magalhães, 2022).

A vacina foi a maneira mais eficaz de se combater o vírus da COVID-19. O imunizante contribuiu para diminuição da curva epidemiológica da doença e encerramento da pandemia no mundo (Organização Mundial da Saúde, 2023). No Brasil, as vacinas possuem uma história de sucesso no combate a doenças preveníveis, incluindo poliomielite, sarampo e rubéola (Organização Pan-Americana de Saúde, 2023).

Por se tratar de uma doença recém-descoberta, vários estudos foram realizados sobre a COVID-19 com a finalidade de mostrar a situação epidemiológica ocasionada pelo vírus. Nesse sentido, o uso de ferramentas tecnológicas foi essencial para o mapeamento da distribuição espacial dos casos, contribuindo na identificação de áreas geográficas mais susceptíveis, possibilitando o monitoramento da doença em diferentes regiões (Silva; Costa, 2021).

Essa situação demonstra necessidade de compreender o desenvolvimento espacial de casos e mortes ocasionadas pela COVID-19 e suas possíveis influências na história da doença. Assim, é importante conhecer as diferentes metodologias utilizadas na análise da distribuição espacial da COVID-19.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática, cujo objetivo principal é analisar as evidências científicas sobre quais métodos são utilizados para análise espacial da COVID-19.



Utilizou-se como referência as diretrizes e recomendações do PRISMA (Principais itens para relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises) (Galvão; Pansani; Harrad, 2015).

Inicialmente, escolheu-se o tema pretendido. Em seguida, foi realizada uma busca no meio digital com o propósito de identificar pesquisas relacionadas à temática abordada. Após essa identificação, procedeu-se uma leitura introdutória do conteúdo. Por fim, delimitou-se a formulação da pergunta norteadora e a estruturação da pesquisa.

Foi realizada a busca nas bases de dados PUBMED/Medline na *National Library of Medicine* (NLM), na Biblioteca Virtual de Saúde (BVS) e na *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), no período de 2020 a 2023. A última busca foi realizada no dia 16 de junho de 2023.

Utilizou-se para a busca nas bases de dados os seguintes Descritores em Ciências da Saúde/Medical Subject Headings (DeCS/MeSH): Análise Espacial (*Spatial Analysis*), COVID-19, SARS-CoV-2 e Coronavírus, utilizando a combinação dos operadores booleanos (AND e OR) na seguinte estratégia de busca, no PubMed: "*Spatial Analysis*"[Mesh] AND ("*COVID-19*"[Mesh] OR "*SARS-CoV-2*"[Mesh] OR "*Coronavirus*"[Mesh]), na BVS: (mh:("Análise Espacial")) AND ((mh:("COVID-19")) OR (mh:("SARS-CoV-2")) OR (mh:("Coronavirus"))). Na Scielo.org: ("Análise Espacial") AND ("COVID-19") OR ("SARS-CoV-2") OR ("Coronavirus").

A seleção dos artigos ocorreu em duas etapas, facilitando a leitura e a análise dos achados bibliográficos. A primeira etapa se deu com base na leitura do título e resumo. Foram priorizados estudos com os descritores em ciências da saúde identificados para esta pesquisa e que tenham utilizado alguma técnica de análise espacial, com dados sobre casos, óbitos e hospitalizações por COVID-19.

Na segunda etapa, foi realizada a leitura do artigo completo. Nessa fase, era de extrema importância identificar características sobre a área geográfica, *softwares* e técnicas de análise espacial utilizados pelos pesquisadores, excluindo aqueles estudos que não atenderam ao objetivo e à pergunta norteadora da pesquisa.



Todos os autores no período da busca dos artigos realizaram o mesmo percurso metodológico de forma independente, na intenção de identificar possíveis artigos que sejam de interesse para o estudo, mas que não tenham sido selecionados no primeiro momento de pesquisa literária. Ao término, foi realizada análise e discussão dos dados à luz da literatura pertinente; as informações a serem contempladas foram apresentadas em forma de figuras e quadros.

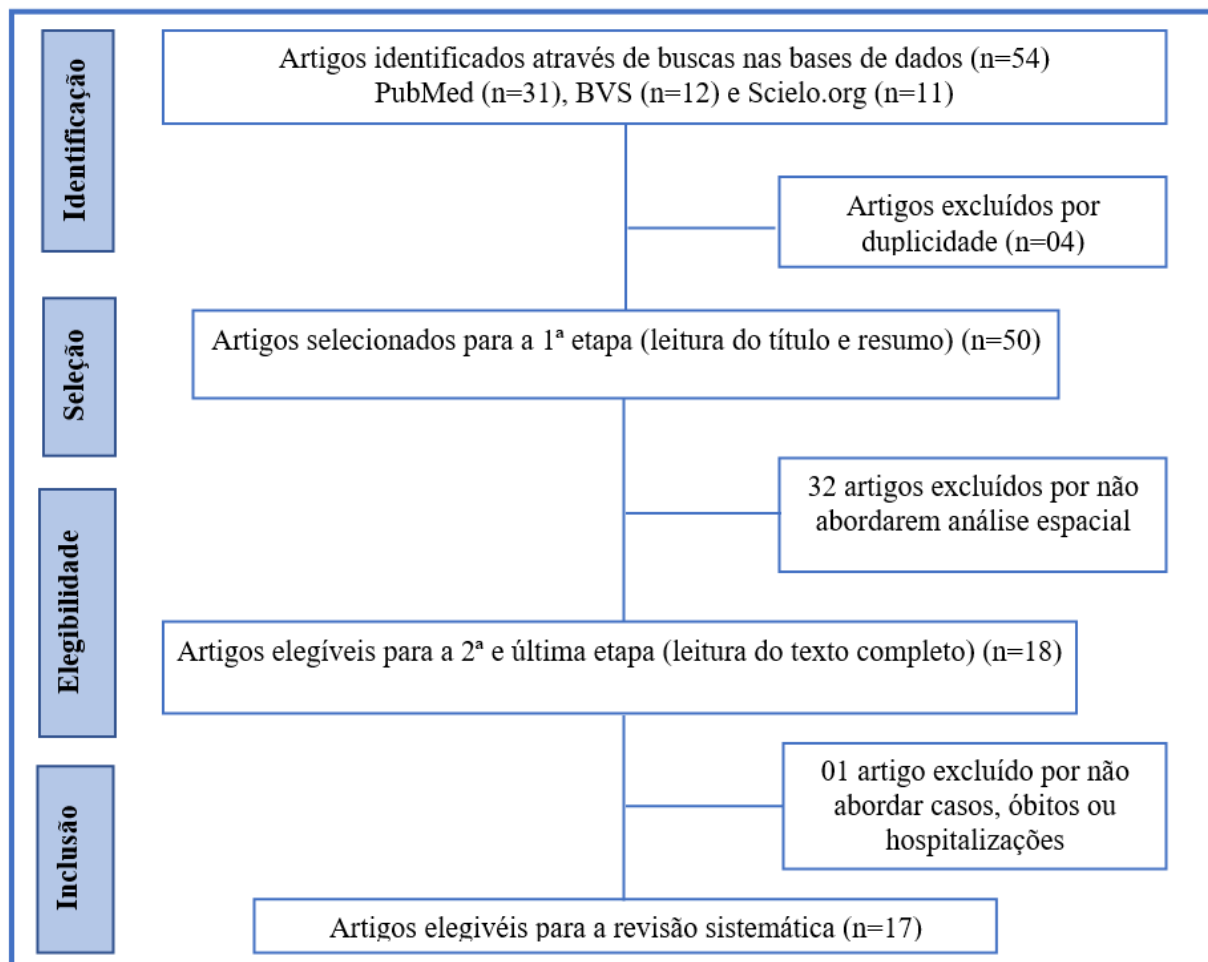
Os critérios definidos para elegibilidade foram: artigos que abordassem aspectos metodológicos de análise espacial sobre casos, óbitos e hospitalizações por COVID-19, que tenham descrito área geográfica do estudo e os *softwares* usados. Utilizou-se como limites os idiomas: Português, Inglês, Francês, Italiano e Espanhol. Optou-se por estudos revisados pelos pares.

Para a exclusão, utilizou-se os seguintes critérios: artigos que não atendem à temática proposta, que não foram avaliados por pares (pré-print), que tenham disponibilizado apenas o resumo, pesquisas que não tenham apresentado a área geográfica que foi analisada, nem as técnicas de análise espacial, além de estudos que não descrevem os *softwares* empregados.

3. RESULTADOS

Foram encontrados na revisão sistemática 54 artigos em três bases de dados; dentre esses, 04 estavam duplicados. Dos 50 restantes, 32 foram excluídos após a leitura do título e resumo por não abordar análise espacial, restando 18 artigos selecionados para leitura do texto completo. Houve ainda a exclusão de 1 deles por não ter abordado indicadores relacionados ao COVID-19. Portanto, tivemos 17 artigos elegíveis para compor este estudo (Figura 1).

Figura 1- Fluxograma com as etapas de seleção dos estudos de acordo com as recomendações dos Principais itens para relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA)



Fonte: Elaborado pelos autores orientado pelo PRISMA, 2023.

O Quadro 1 apresenta uma lista dos artigos, métodos de análise espacial utilizados pelos autores, desfecho e principais achados na aplicação das técnicas de geoprocessamento.

Dos 17 artigos analisados, 14 (82%) tinham como área geográfica o Brasil. Suas unidades territoriais corresponderam aos estados da Bahia, Paraná, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Pernambuco, Sergipe e Ceará. Duas pesquisas (12%) foram desenvolvidas nos Estados Unidos da América (EUA), nas cidades da Filadélfia, Nova York, Chicago e Los Angeles. Finalmente, 1 estudo (6%) analisou 14 países Europeus, a saber: Austria, Croácia, Dinamarca, Inglaterra, Estônia, França, Alemanha, Itália, Lituânia, Luxemburgo, Polônia, Eslováquia, Eslovênia e Suécia.



Quadro 1-Descrição dos estudos de acordo com autor, ano de publicação, métodos espaciais, desfecho e principais achados

Autor/ano	Métodos/desfecho	Principais achados
Gomes <i>et al.</i> , 2021	Mapa de Calor (Kernel) avaliou a densidade dos casos	Incidência da COVID-19 foi 3.884,1/100 mil hab., mortalidade de 56,2/100 mil hab. e a letalidade, 1,4%
Covre <i>et al.</i> , 2022	Moran Global (I) e Local (LISA) analisou a distribuição espacial e identificou aglomerados de riscos	Distribuição desigual de casos de COVID-19 e leitos de UTI nos municípios e regiões de saúde do Paraná, com prevalência de 8,93 leitos por 100 mil hab.
Merêncio; Monteiro; Vieira, 2021	Poisson (mapas de clusters) identificou a existência de conglomerados	Conglomerados ativos de COVID-19 em Santa Catarina, com maior intensidade no Sul, Oeste e Grande Florianópolis
Cavalcante <i>et al.</i> , 2021	Mapa de Fluxo analisou as interações intermunicipais	O município do Rio de Janeiro recebe mais pacientes por SRAG (86,9%) do que encaminha (13,1%)
Quinino <i>et al.</i> , 2021	Moran Global (I) e Local (LISA) identificaram agrupamentos espaciais significantes	Concentração de COVID-19 nas áreas urbanas de Pernambuco, com maior risco de ocorrência na região Metropolitana do Recife (64%)
Moreira, 2020	Poisson (mapas de clusters) e Mapa de Calor (Kernel) analisaram taxas de mortalidade e UTI	Maiores médias de mortalidade estão nas regiões de saúde com menos leitos de UTI e ventiladores pulmonares, especialmente no Nordeste, Sudeste e Sul
Santos <i>et al.</i> , 2020	Combinação Linear Ponderada (CLP) por álgebra de mapas localizou áreas com maior vulnerabilidade à COVID-19	Áreas de maior vulnerabilidade às formas graves de COVID-19 se encontram nas regiões Norte e Oeste da cidade do Rio de Janeiro
Bilal <i>et al.</i> , 2021	Moran Global (I) e Local (LISA) avaliaram indicadores de COVID-19	Desigualdades espaciais nos bairros de 3 cidades americanas, aumento de mortalidade em cerca de 50%
Bauer <i>et al.</i> , 2020	Getis-Ord Gi* analisou os índices de acessibilidade a leitos de UTI	A baixa acessibilidade tem relação com o aumento da letalidade por COVID-19, com média de 7,4%
Lipsitt <i>et al.</i> , 2021	Poisson (mapa de clusters), Moran Global (I) e Local (LISA) analisaram a associação entre NO ₂ e COVID-19	O NO ₂ (dióxido de nitrogênio) anual está associado à incidência (2,2%) e mortalidade (0,054%) por COVID-19 nos bairros de Los Angeles
Andrade <i>et al.</i> , 2020	Poisson (mapas de clusters) e Mapa de Calor (Kernel) avaliaram padrões de disseminação espaço-temporal	Clusters espaço-temporais ativos de COVID-19 em Sergipe e Aracaju, com maior densidade na região metropolitana



Pedrosa; Albuquerque e, 2020	Moran Global (I) e Local (LISA) analisaram a distribuição de COVID-19 e leitos de UTI	As maiores taxas de COVID-19 se encontram na capital do Ceará (94,6 casos/100 mil hab.) e Região Metropolitana, como (Eusébio 70,9 casos/100 mil. hab.)
Cavalcante ; Abreu, 2020	Moran Global (I) e Local (LISA) analisaram indicadores de COVID-19	A Zona Sul do município do Rio de Janeiro possui um alto risco de contaminação e morte pela COVID-19
Souza <i>et al.</i> , 2022	Moran Global (I) e Local (LISA) analisaram o coeficiente de incidência de COVID-19	A capital da Bahia, Salvador, acumulou 58,2% de casos de COVID-19
Santos <i>et al.</i> , 2021	Moran Global (I) e Local (LISA) descreveram a evolução espaço- temporal de casos e mortes	A cidade do Rio de Janeiro apresentou incidência de COVID-19 3.063/100 mil hab. e mortalidade 279/100 mil hab. no primeiro ano de pandemia
Silva; Maia, Souza, 2020	Mapas coropléticos com as Taxas de detecção e Razão de Risco	A SRAG na pandemia foi 320,3 casos/100 mil. hab. em relação à pré-pandemia 23,8 casos/100 mil hab.
Sanhueza- Sanzana <i>et al.</i> , 2021	Moran Global (I) e Local (LISA) analisaram a distribuição espacial da letalidade	Letalidade por COVID-19 de 12,7% associado às baixas condições sociais e econômicas

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Um artigo que utilizou mapas de Kernel por meio de varredura espacial para visualização de clusters dos leitos de UTI e ventiladores respiratórios em todas das regiões de saúde do Brasil concluiu que as maiores taxas de mortalidade estavam nos locais com maior carência de leitos de UTI e ventiladores, destacando-se o Nordeste, com 70% da taxa de UTI, e a região Norte, com 93,3% dos ventiladores do SUS, aquém do esperado (Moreira, 2020).

A análise de Kernel permitiu a identificação de clusters espaço-temporais ativos de COVID-19 no estado de Sergipe, com maior densidade de casos na região metropolitana (Andrade *et al.*, 2020). A mesma técnica de análise foi utilizada para detectar locais que possuíam um alto risco de contaminação e mortes pela COVID-19 na macrorregião de saúde Oeste da Bahia, corroborando o perfil do país de que a doença estava se espalhando pelos municípios do interior (Gomes *et al.*, 2021).

Um estudo que avaliou 14 países europeus realizou análise de ponto de acesso com a ferramenta Getis-OrdGi*. Os resultados revelaram diferenças no acesso a leitos de UTI entre os países e suas consequências na letalidade por COVID-19, com média



de 7,4%. Os países com maior acesso aos leitos de UTI foram Alemanha, Estônia e Áustria; com menor, Suécia e Dinamarca. Além disso, foram observadas particularidades locais em relação aos leitos de cada país, configurando-se como sua principal diferença (Bauer *et al.*, 2020).

O deslocamento de pacientes e as internações de SRAG por COVID-19 na região metropolitana do Rio de Janeiro foram analisadas por meio de mapas de fluxo. O estudo identificou que o município do Rio de Janeiro recebe mais pacientes por SRAG do que encaminha, destacando-se a relevância de uma rede de atendimento especializada (Cavalcante *et al.*, 2021).

A técnica de Combinação Linear Ponderada por álgebra de mapas foi utilizada para identificar áreas de maior vulnerabilidade as formas graves de COVID-19 no município do Rio de Janeiro. Os resultados obtidos com essa análise retrataram que os locais mais vulneráveis à doença estavam presentes nas regiões Norte e Oeste da cidade, além de comunidades pobres que se instalaram nas áreas nobres das zonas Sul e Oeste, ambas litorâneas (Santos *et al.*, 2020).

Os bairros da Zona Sul do Rio de Janeiro possuem um alto risco de contaminação e morte pela COVID-19; os bairros da Zona Norte se destacam pelo risco de morte (Cavalcante; Abreu, 2020). No primeiro ano de pandemia, a cidade apresentou elevadas taxas de incidência pela COVID-19. Ambos os estudos utilizaram em suas análises as técnicas espaciais de Moran Global (I) e Local (LISA) (Santos *et al.*, 2021).

A análise da correlação espacial dos 499.777 casos confirmados de COVID-19 no estado do Paraná e dos 1.029 leitos de UTI exclusivos para a doença permitiram a identificação da autocorrelação espacial direta dos casos com os leitos. Além disso, através do Índice de Moran Local, foram encontradas áreas carentes de atendimento prioritário para controle da doença no estado (Covre *et al.*, 2022).

A análise espacial do COVID-19 e dos leitos de UTI no estado do Ceará, com a técnica de Moran bivariado (Global e Local) mostrou que a capital Fortaleza (85% dos casos) e região metropolitana do estado apresentavam as maiores taxas de COVID-19. Em relação aos leitos de UTI (459), o estudo revelou que existia uma maior disponibilidade



em locais com aglomerados da doença. Fortaleza contava com 307 leitos (Pedrosa; Albuquerque, 2020).

A maior concentração de casos de COVID-19 estava na região Metropolitana do Recife (640,22/100 mil hab.) e no interior (361,29/100 mil hab.), em virtude da alta densidade populacional e taxa de urbanização (Quinino *et al.*, 2021).

Foram encontradas diferenças espaciais em relação a testes de COVID-19, positividade, casos e mortes pela doença nos bairros de três cidades americanas: Chicago, Nova York e Filadélfia (Bilal *et al.*, 2021).

O modelo discreto de Poisson (mapa de cluters) auxiliou na identificação de conglomerados ativos de COVID-19 em Santa Catarina. Atingiu-se de maneira mais intensa o Sul, Oeste e Grande Florianópolis, utilizando a ferramenta estatística scan para análise (Merêncio; Monteiro; Vieira, 2021).

Realizada a análise de Poisson juntamente com o Índice de Moran Bivariado, os resultados concluíram que o NO₂ (dióxido de nitrogênio) anual tinha relação coma taxa de incidência e mortalidade pela COVID-19 nos bairros do condado de Los Angeles, apresentando uma letalidade de 2,5% (Lipsitt *et al.*, 2021).

O maior número de ocorrências de COVID-19 foi identificado na capital da Bahia (58,2%), apresentando letalidade de 3,2%. O estudo utilizou o Índice de Moran Bivariado para analisar espacialmente a incidência da doença no estado (Souza *et al.*, 2022).

Foi observado um aumento da SRAG em Pernambuco 13 vezes maior no primeiro semestre de descoberta da COVID-19, após comparação do mesmo período antes da doença (Silva; Maia; Souza, 2020).

Os indivíduos menos favorecidos foram infectados de maneiras diferentes pela COVID-19, situação que chama atenção para as desigualdades sociais. É importante destacar que, nos bairros de Fortaleza, há uma parcela da população vivendo na pobreza, correspondendo a um percentual superior a 39% (Sanhueza-Sanzana *et al.*, 2021).



Os artigos publicados correspondem aos anos de 2020 a 2022. Todas as pesquisas utilizaram base de dados secundários. O tipo de estudo predominante foi o ecológico. Já o período de análise dos dados variou com tempo mínimo de 1 mês e tempo máximo de 1 ano e 6 meses.

4. DISCUSSÃO

A maior parte dos estudos selecionados para compor a amostra optou por mais de um *software* para realizar suas análises estatísticas e processar os dados geoespaciais. Foram utilizadas as seguintes ferramentas: QGIS, GeoDa, ArcGis, TerraView, SaTScan, R, Excel, SPSS, Mplus e Stata.

Observamos que os autores utilizaram diversas metodologias e tipos de mapas temáticos, representando geograficamente os dados identificados em suas pesquisas. Dessa forma, pôde-se localizar territórios que concentravam as maiores taxas de incidência de COVID-19, mortalidade e letalidade (Gomes *et al.*, 2021; Quinino *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2022; Moreira, 2020; Pedrosa; Albuquerque, 2020; Cavalcante; Abreu, 2020), áreas mais vulneráveis à COVID-19 (Santos *et al.*, 2020) e os locais com déficit de leitos de UTI, diferença de acesso, desigualdade de distribuição e maior oferta de leitos (Bauer *et al.*, 2020; Covre *et al.*, 2022; Moreira, 2020; Pedrosa; Albuquerque, 2020). Esses dados auxiliaram os gestores no direcionamento dos recursos necessários para conter o avanço da doença e fortalecer as ações de saúde (Diniz *et al.*, 2022).

A pandemia da COVID-19 no Brasil aumentou a condição de vulnerabilidade social existente no país. A doença atingiu muitas pessoas, principalmente as que detinham poucos recursos e viviam em condições sociais precárias, embora a entrada do vírus no país tenha sido atribuída a indivíduos pertencentes a classes econômicas abastadas, cuja contaminação se deu em viagens realizadas para o exterior (Estrela *et al.*, 2020).

A robusta revisão sistemática sobre a COVID-19 e seus aspectos espaciais relata que a doença se espalhou rapidamente pelo mundo e possui correlação com a vulnerabilidade social (Diniz *et al.*, 2022).



No Brasil, os leitos de UTI não são distribuídos de forma igualitária, além de terem sido insuficientes para suprir as necessidades dos pacientes diante da crise sanitária originada pela COVID-19. Foi observada ainda a falta de ventiladores pulmonares, que atingiu diversos países no mundo, inclusive o Brasil (Barbosa; Zanatta; Campiolo, 2020). A baixa oferta desses equipamentos poderia ocasionar a morte dos pacientes, em decorrência da privação de tratamento adequado pela ausência de tais aparelhos (Marmelstein; Morozowski, 2020).

A oferta de leitos de UTI também variou entre países da Europa por diversos motivos, destacando-se as diferenças na oferta de cuidados intensivos (Rhodes *et al.*, 2012).

O vírus da COVID-19 infectou muitas pessoas. A doença esteve presente não apenas na região metropolitana, mas também no interior do país (Andrade *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2021; Pedrosa; Albuquerque, 2020; Quinino *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2022).

A maneira como a COVID-19 se espalhou foi comum a vários países. Inicialmente, a doença se concentrou nas metrópoles, mas logo adentrou municípios menores, situação justificada pela locomoção dos indivíduos, dispondo de diversos meios de transportes, favorecendo a rápida circulação do vírus (Magalhães *et al.*, 2021).

O mapeamento da COVID-19 com Kernel foi realizado em três estudos (Andrade *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2021; Moreira, 2020). Essa técnica gera um mapa de calor que consiste basicamente em estimar a intensidade de pontos dispostos no espaço de acordo com a área de interesse. Ela é considerada uma ferramenta eficaz no mapeamento dos casos de COVID-19 (Rizzatti *et al.*, 2020).

As técnicas de análise espacial com Getis-Ord Gi*, Mapa de Fluxo e Combinação Linear Ponderada (CLP) aparecem uma única vez em cada estudo (Bauer *et al.*, 2020; Cavalcante *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2020).

Por meio do mapa de fluxo, foi possível identificar o deslocamento dos pacientes com câncer de mama para realizar tratamento oncológico fora do seu domicílio (Saldanha *et al.*, 2019). Esse tipo de mapa representa os movimentos do objeto que se pretende



estudar, realizando análise dos dados pela sua origem e destino (Archela; Théry, 2008).

A cidade do Rio de Janeiro foi objeto de pesquisa em relação ao fluxo das internações de SRAG por COVID-19, regiões que apresentaram maior vulnerabilidade à doença e locais mais passíveis ao adoecimento e morte (Cavalcante; Abreu, 2020; Cavalcante *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021). O município apresenta discrepâncias sociais que assolam a cidade, além de concentrar uma grande quantidade de pessoas vivendo em moradias subnormais (Malta; Costa; Magrini, 2017).

A ferramenta estatística de Moran Global (I) e Local (LISA) foi a mais utilizada pelos pesquisadores, independentemente do foco de estudo (Bilal *et al.*, 2021; Cavalcante; Abreu, 2020; Covre *et al.*, 2022; Lipsitt *et al.*, 2021; Pedrosa; Albuquerque, 2020; Quinino *et al.*, 2021; Sanhueza-Sanzana *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2022). Esse método consiste na identificação de um padrão de distribuição espacial e na autocorrelação local, permitindo realizar comparação de valores entre municípios vizinhos (Brasil, 2007).

A revisão sistemática apresentou os principais métodos de análise espacial sobre a COVID-19 utilizados pelos estudos contemplados em sua amostra, sendo Moran Global e Local como os mais presentes, seguidos do Getis-Ord Gi* (Nazia *et al.*, 2022).

Um estudo realizado em Los Angeles mostrou associação de NO₂ anual com a incidência e mortalidade por COVID-19 (Lipsitt *et al.*, 2021). Esse dado foi corroborado com uma pesquisa realizada na Inglaterra, a qual descreve que a exposição ao NO₂ em 2014-2018 pode ter relação com a mortalidade por COVID-19 (Konstantinoudis *et al.*, 2021).

5. LIMITAÇÃO

Algumas limitações foram relatadas pelos autores, incluindo a utilização do censo demográfico de 2000 e de 2010 (Cavalcante; Abreu, 2020; Merêncio; Monteiro; Vieira, 2021; Sanhueza-Sanzana *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021). Por



mais que esses dados apresentem um número aproximado de indivíduos, é possível que os valores atribuídos não correspondam à realidade (Cavalcante; Abreu, 2020).

As subnotificações também apareceram como uma limitação, podendo ter como consequência a redução do número de casos (Cavalcante; Abreu, 2020; Gomes *et al.*, 2021; Quinino *et al.*, 2021; Sanhueza-Sanzana *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2021; Silva; Maia, Souza, 2020; Souza *et al.*, 2022).

Uma das possíveis causas atribuíveis às subnotificações é o método de confirmação dos casos de COVID-19, quando este se limita apenas ao critério laboratorial (Cavalcante; Abreu, 2020; Gomes *et al.*, 2021).

O exame laboratorial considerado padrão ouro pelo Ministério da Saúde para diagnóstico da COVID-19 é o RT-PCR em tempo real (Brasil, 2022). Além disso, a subnotificação pode ter relação com a capacidade de testagem de casos (Sanhueza-Sanzana *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2021).

A falta de testes para o diagnóstico da COVID-19 pode resultar em diferenças significativas nas taxas de casos (Bilal *et al.*, 2021). A limitação da capacidade de testar apenas indivíduos que apresentaram sintomas característicos da doença pode ter contribuído para a subestimação do número de doentes (Pedrosa; Albuquerque, 2020).

Por fim, identificamos como uma limitação em nosso estudo o fato de alguns autores não descreverem claramente o método de análise espacial utilizado.

6. CONCLUSÃO

Os estudos apresentados nesta revisão sistemática corroboram com os resultados de outros artigos sobre as relações entre distribuição e quantidade de leitos de UTI, vulnerabilidade social na incidência, mortalidade e letalidade por COVID-19 (Barbosa; Zanatta; Campiolo, 2020; Diniz *et al.*, 2022; Estrela *et al.*, 2020; Rhodes *et al.*, 2012).

As metodologias mostram diferentes apresentações espaciais e finalidades, não sendo possível nesta revisão inferir superioridade entre elas. A capacidade de analisar



vários dados simultaneamente com a criação de indicadores e índices tem possibilitado o aprimoramento dos dados epidemiológicos, apoiando as decisões em saúde (Diniz *et al.*, 2022).

É importante que, nessa fase de cronificação do novo coronavírus e circulação de novas cepas, sejam aprimorados esses processos de análise e decisão.

CONTRIBUIÇÕES DO AUTOR

Os autores participaram de forma igualitária na elaboração de todas as etapas do artigo.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Reinaldo Pierre; HARRIS, Paulo R. COVID-19 en América Latina: Retos y oportunidades. **Rev. Chil. Pediátrico**. Santiago, v. 91 n. 2, p. 179-182, abr. 2020. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062020000200179. Acesso em: 07 jul. 2023.

ANDRADE, Lucas Almeida *et al.* Surveil lance of the first cases of COVID-19 in Sergipe using a prospective spatio temporal analysis: the spatial dispersion and its public health implications. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 53, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0287-2020>. Acesso em: 11 mai. 2023.

ARAÚJO, Kamilla Lelis Rodrigues de *et al.* Fatores associados à síndrome respiratória aguda grave em uma região central do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, suppl 2, p. 4121-4130, out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.2.26802020>. Acesso em: 09 jul. 2023.

ARCHELA, Rosely Sampaio; THÉRY, Hervé. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Confins [online]**, n. 3, 2008. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/3483?lang=pt>. Acesso em: 04 ago. 2023.

BARBOSA, Laura Diehl; ZANATTA, Grazielle; CAMPIOLO, Edmara Laura. O uso de ventiladores na pandemia do COVID-19. **Inter American Journal of Medicine and Health**, v. 3, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31005/iajmh.v3i0.141>. Acesso em: 28 jul. 2023.

BARRETO, Ivana Cristina de Holanda Cunha *et al.* Colapso na saúde em Manaus: o fardo de não aderir às medidas não farmacológicas de redução da transmissão da COVID-19. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 131, p. 1126-1139, out-dez 2021. Disponível em:



<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/ktbLC8Qcncmt4nKgKgJr6TS/?format=pdf&lang=pt>.
Acesso em: 06 jul. 2023.

BAUER, Jan *et al.* Access to intensive care in 14 European countries: a spatial analysis of intensive care need and capacity in the light of COVID-19. **IntensiveCare Medicine**, v. 46, n. 11, p. 2026-2034, 4 set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06229-6>. Acesso em: 04 mai. 2023.

BILAL, Usama *et al.* Spatial Inequities in COVID-19 Testing, Positivity, Confirmed Cases, and Mortality in 3 U.S. Cities: Na Ecological Study. **Annal sof Internal Medicine**, v. 174, n. 7, p. 936-944, jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.7326/m20-3936>. Acesso em: 04 mai. 2023.

BÓGUS, Lucia M. Machado; MAGALHÃES, Luís Felipe Aires. Desigualdades sociais e espacialidades da COVID-19 em regiões metropolitanas. **Caderno CRH**, v. 35, p. 1-16, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ccrh/a/8KZPyqRMyGKbzNMCPwWVXyJ/>. Acesso em: 07 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Protocolo de tratamento de *Influenza*: 2017. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Brasília: **Ministério da Saúde**, 49p., 2018. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_tratamento_influenza_2017.pdf. Acesso em: 05 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de vigilância epidemiológica: emergência de saúde pública de importância nacional pela doença do coronavírus 2019 – COVID-19. Brasília: **Ministério da Saúde**, 131p., 2022. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/coronavirus/guia-de-vigilancia-epidemiologica-covid-19_2021.pdf/view. Acesso em: 09 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública. Série: Capacitação e atualização em geoprocessamento em saúde. Brasília: **Ministério da Saúde**, v. 3, 120p., 2007. Disponível em: http://www.escoladesaude.pr.gov.br/arquivos/File/TEXTOS_CURSO_VIGILANCIA/capacitacao_e_atualizacao_em_geoprocessamento_em_saude_3.pdf. Acesso em: 23 jul. 2023.

CARVALHO, André Luís Bonifácio de *et al.* Os governos estaduais no enfrentamento da COVID-19: um novo protagonismo no federalismo brasileiro?. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 46, n. Especial 1, p. 62-77, mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042022E104>. Acesso em: 22 ago. 2023.

CAVALCANTE, João Roberto; ABREU, Ariane de Jesus Lopes de. COVID-19 no município do Rio de Janeiro: análise espacial da ocorrência dos primeiros casos e



óbitos confirmados. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 29, n. 3, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000300007> Acesso em: 16 jun. 2023.

CAVALCANTE, João Roberto *et al.* Análise espacial do fluxo origem-destino das internações por síndrome respiratória aguda grave por COVID-19 na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Epidemiol.**, v. 24, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/DNyHxvjJ9vHgjVF6J5NDjq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 de mai. 2023.

COVRE, Eduardo Rocha *et al.* Correlação espacial da COVID-19 com leitos de unidade de terapia intensiva no Paraná. **Rev. Saúde Pública**, v. 56, n. 14, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/NDB7dYnVxgbtWPFskqxMgKR/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 03 mai. 2023.

DINIZ, Alexandre Magno Alves *et al.* Espaço e COVID-19: uma revisão sistemática da literatura. **Caderno de Geografia**, v.32, n.70, 2022. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/28800/20035>. Acesso em: 17 mai. 2023.

ESTRELA, Fernanda Matheus *et al.* Pandemia da COVID19: refletindo as vulnerabilidades a luz do gênero, raça e classe. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 9, p. 3431-3436, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/bbcZzgN6Sns8mNPjKfFYRh/?lang=pt>. Acesso em: 02 ago. 2023.

GALVÃO, Taís Freire; PANSANI, Thaís de Souza Andrade; HARRAD, David. Principais itens para relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA*. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 335-342, abr-jun 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017>. Acesso em: 08 mar. 2023.

GOMES, Daiane Rosa *et al.* Interiorização da COVID-19 no Oeste da Bahia: perfil epidemiológico e análise espacial dos óbitos e casos confirmados. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, n. 10, p. 4665-4680, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320212610.11262021>. Acesso em: 03 mai. 2023.

HOUVÊSSOU, Gbènkpon Mathias; SOUZA, Tatiana Porto de; SILVEIRA Mariângela Freitas da. Medidas de contenção de tipo *lockdown* para prevenção e controle da COVID-19: estudo ecológico descritivo, com dados da África do Sul, Alemanha, Brasil, Espanha, Estados Unidos, Itália e Nova Zelândia, fevereiro a agosto de 2020. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 30, n. 1, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-49742021000100025>. Acesso em: 04 jul. 2023.

KONSTANTINOUDIS, Garyfallos *et al.* Long-term exposure to air-pollution and COVID-19 mortality in England: A hierarchical spatial analysis. **Environment International**, v. 146, p. 106316, jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106316>. Acesso em: 08 ago. 2023.



LIPSITT, Jonah *et al.* Spatial analysis of COVID-19 and traffic-related air pollution in Los Angeles. **Environment International**, v. 153, p. 106531, ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106531>. Acesso em: 03 mai. 2023.

MAGALHÃES, Mônica de Avelar Figueiredo Mafrá *et al.* 5 - Pandemia de COVID-19: o processo de interiorização e aceleração da transmissão no país. In: FREITAS, Carlos Machado; BARCELLOS, Christovam; VILLELA, Daniel Antunes Maciel. **Covid-19 no Brasil: cenários epidemiológicos e vigilância em saúde**. [S. l.]: Série Informação para ação na Covid-19 | Fiocruz, 2021. p. 85-98. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786557081211.0006>. Acesso em: 30 jul. 2023.

MALTA, Fernanda Siqueira; COSTA, Eduarda Marques da; MAGRINI, Alessandra. Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 12, p. 3933-3944, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320172212.25032017>. Acesso em: 02 ago. 2023.

MARMELSTEIN, George; MOROZOWSKI, Ana Carolina. Que Vidas Salvar? Escassez de Leitos de UTI, Critérios Objetivos de Triagem e a Pandemia da COVID-19. **Revista Publicum**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 94-117, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/publicum.2020.57573>. Acesso em: 30 jul. 2023.

MERÊNCIO, Ivan; MONTEIRO, Gecielle Martins; VIEIRA, Carlos Antônio Oliveira. Aglomerados ativos de COVID-19 em Santa Catarina, Brasil, e tendência de mobilidade dos locais de trabalho. **Cad. Saúde Pública**, v. 37, n. 6, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00301620>. Acesso em: 03 mai. 2023.

MIRANDA, Daniel A.P. de *et al.* Long COVID-19 syndrome: a 14-months longitudinal study during the two first epidemic peaks in Southeast Brazil. **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 116, n. 11, p. 1007-1014, nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/trstmh/trac030>. Acesso em: 07 jul. 2023.

MOREIRA, Rafaela da Silveira. COVID-19: unidades de terapia intensiva, ventiladores mecânicos e perfis latentes de mortalidade associados à letalidade no Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 36, n. 5, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00080020>. Acesso em: 04 mai. 2023.

NAZIA, Nushrat *et al.* Métodos usados na análise espacial e espaço-temporal da epidemiologia da COVID-19: uma revisão sistemática. **Int J Environ Res Public Health**, v. 19, n. 14, jul. 2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9324591/>. Acesso em: 06 ago. 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Painel do Coronavírus da OMS (COVID-19)**. OMS, 2023. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE (OPAS). **Boletim de Imunização**, v. 45, n. 2, jun. 2023. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/57732>. Acesso em: 10 jul. 2023.



ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE (OPAS). **Histórico da Pandemia de COVID-19**. OPAS, 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>. Acesso em: 26 jun. 2023.

PEDROSA, Nathália Lima; ALBUQUERQUE, Nila Larisse Silva de. Análise Espacial dos Casos de COVID-19 e leitos de terapia intensiva no estado do Ceará, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 2461-2468, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10952020>. Acesso em: 16 jun. 2023.

QUININO, Louisiana Regadas de Macedo *et al.* Aspectos espacial e temporal e fatores associados à interiorização da COVID-19 em Pernambuco, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, n. 6, p. 2171-2182, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232021266.00642021>. Acesso em: 04 maio 2023.

RHODES, Andrew *et al.* The variability of critical care bed numbers in Europe. **Intensive Care Medicine**, v. 38, n. 10, p. 1647-1653, 10 jul. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2627-8>. Acesso em: 01 ago. 2023.

RIBOLI, Elisabetta; ARTHUR, Juliana Perez; MANTOVANI, Maria De Fátima. No epicentro da epidemia: um olhar sobre a covid-19 na Itália. **Cogitare Enfermagem**, v. 25, 13 mai 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/ce.v25i0.72955>. Acesso em: 06 jul. 2023.

RIZZATTI, Maurício *et al.* Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel. **Metodologias e Aprendizado**, v. 3, p. 44-53, 12 jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21166/metapre.v3i0.1312>. Acesso em: 22 jul. 2023.

SALDANHA, Raphael de Freitas *et al.* Estudo de análise de rede do fluxo de pacientes de câncer de mama no Brasil entre 2014 e 2016. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311x00090918>. Acesso em: 04 ago. 2023.

SANHUEZA-SANZANA, Carlos *et al.* Desigualdades sociais associadas com a letalidade por COVID-19 na cidade de Fortaleza, Ceará, 2020. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 30, n. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1679-49742021000300022>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SANTOS, Cleber Vinicius Brito dos *et al.* Análise espaço temporal do primeiro ano da pandemia de COVID-19 no município do Rio de Janeiro. **Rev Bras Epidemiol**, v. 24, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/qc8PH5nyPkvb5LHhNwyCkVN/?lang=pt#>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SANTOS, Jefferson Pereira Caldas dos *et al.* Vulnerabilidade a formas graves de COVID-19: uma análise intramunicipal na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v. 36, n. 5, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00075720>. Acesso em: 15 mai. 2023.



SILVA, Amanda Priscila de Santana Cabral; MAIA, Livia Teixeira de Souza; SOUZA, Wayner Vieira de. Síndrome Respiratória Aguda Grave em Pernambuco: comparativo dos padrões antes e durante a pandemia de COVID-19. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, suppl 2, p. 4141-4150, out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.2.29452020>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SILVA, José Lindemberg Bernardo da; COSTA, Franklin Roberto da. Geotecnologias aplicadas no mapeamento da COVID-19 na Região Nordeste do Brasil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 46, p.275-296, jan. /mar. 2021. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/12129>. Acesso em: 17 maio 2023.

SOUZA, Samuel Santos *et al.* Análise espacial dos casos de COVID-19 notificados no estado da Bahia, Brasil. **Cad. Saúde Coletiva**, v. 30, n. 4, p. 572-583, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1414-462x202230040307>. Acesso em: 16 jun. 2023.

NOTA

Embora o autor tenha expressado sua recusa quanto ao uso de Inteligência Artificial, nosso relatório indica que ela foi empregada para a correção gramatical e ortográfica. O autor justificou que encaminhou o material para um profissional, o qual utilizou Inteligência Artificial para as correções.

Material recebido: 04 de outubro de 2023.

Material aprovado pelos pares: 24 de novembro de 2023.

Material editado aprovado pelos autores: 26 de fevereiro de 2024.

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2023). Especialista em Epidemiologia Aplicada aos Serviços do SUS (Episus-Intermediário) pela Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz Brasília (2021). Graduação em Enfermagem pela Faculdade de Enfermagem São Vicente de Paula - FESVIP (2009). ORCID: 0000-0002-6529-6901. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3737951339101105>.

² Doutor em Modelos de Decisão em Saúde pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016). Mestre em Gestão de Organizações Aprendentes - UFPB (2013). Especialista em Gestão em Saúde ENSP/FIOCRUZ (2010). Residência em Medicina de Família e Comunidade, Grupo Hospitalar Conceição (2008). Graduação em Medicina pela UFPB (2005). Professor de Saúde Coletiva da UFPB. ORCID: 0000-0003-0716-4350. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3633764108179305>.

³ Graduação em Tecnologia em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (2008). ORCID: 0009-0002-6008-1167. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2744372459128507>.