

## **Agrupamentos espaço-temporais de alto risco da COVID-19 na região Nordeste do Brasil: um estudo ecológico de base populacional**

**High-risk spatiotemporal clusters of COVID-19 in Northeastern Brazil: a population-based ecological study**

**Agrupaciones espacio-temporales de alto riesgo de COVID-19 en el noreste de Brasil: un estudio ecológico basado en la población**

Recebido: 16/10/2021 | Revisado: 23/10/2021 | Aceito: 27/10/2021 | Publicado: 31/10/2021

**Rosália Elen Santos Ramos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9958-9331>  
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [rosalia\\_elen@hotmail.com](mailto:rosalia_elen@hotmail.com)

**Letícia Pereira Bezerra**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6375-633X>  
Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
E-mail: [pleticia706@gmail.com](mailto:pleticia706@gmail.com)

**João Paulo Vieira Machado**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1693-1753>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [joao.p.v.machado@gmail.com](mailto:joao.p.v.machado@gmail.com)

**Pedro Dantas Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9926-481X>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [pedrodantas714@gmail.com](mailto:pedrodantas714@gmail.com)

**Maria Wilma da Silva Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5616-1597>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [wilmalima081@gmail.com](mailto:wilmalima081@gmail.com)

**Vitória Jordana Bezerra Alencar**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4220-6870>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [jordana.uneal@outlook.com](mailto:jordana.uneal@outlook.com)

**Martha Rejane Souza Bispo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3450-9660>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [martharejane@hotmail.com](mailto:martharejane@hotmail.com)

**Aécio Prado Lima Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9468-2986>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [aeciopradolima@hotmail.com](mailto:aeciopradolima@hotmail.com)

**Ádrian Cabral Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8541-8187>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [adr1234Kbral@gmail.com](mailto:adr1234Kbral@gmail.com)

**Sheilla da Conceição Gomes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1943-5189>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [sheillagomes16@gmail.com](mailto:sheillagomes16@gmail.com)

**Laryssa Oliveira Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2713-1989>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [laryssaoliveira81@gmail.com](mailto:laryssaoliveira81@gmail.com)

**Joyce da Silva Nascimento**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3941-3705>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [joyce.nasci18@gmail.com](mailto:joyce.nasci18@gmail.com)

**Wandklebson Silva da Paz**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2898-2646>  
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [wandklebson.paz@gmail.com](mailto:wandklebson.paz@gmail.com)

**Erica Santos dos Reis**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3986-4610>  
Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
E-mail: [ericareeis@hotmail.com](mailto:ericareeis@hotmail.com)

**Loane Márzia Lopes Costs**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8602-422X>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [loanemarzia@hotmail.com](mailto:loanemarzia@hotmail.com)

**Israel Gomes de Amorim Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5210-6697>  
Universidade Estadual de Alagoas, Brasil  
E-mail: [israel.santos@uneal.edu.br](mailto:israel.santos@uneal.edu.br)

**Resumo**

Dada a importância do contexto e da rápida disseminação da COVID-19, o objetivo deste estudo foi analisar a distribuição espacial e espaço-temporal da COVID-19 na região Nordeste do Brasil. Usamos abordagens espaciais e espaço-temporais, levando em consideração todos os casos confirmados no Nordeste, entre março de 2020 e julho de 2021. Através da estatística espacial construímos mapas representativos das taxas brutas de prevalência e clusters de risco para a doença no Nordeste. Foram notificados 3.956.255 casos de COVID-19 na região, sendo os estados com maior número de casos Bahia, Ceará e Pernambuco. No entanto, as maiores taxas ocorreram nos municípios dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão e Rio Grande do Norte e os clusters de alto risco foram observados nos mesmos estados. Com isso, essa pesquisa demonstra uma perspectiva do comportamento de ocorrência COVID-19 na região Nordeste do Brasil, evidenciando as áreas que devem ser monitoradas pelos sistemas de saúde para criar melhores estratégias de controle e enfrentamento da doença.

**Palavras-chave:** Análise espacial; Coronavírus; Epidemiologia; Saúde pública.

**Abstract**

Given the importance of the context and the rapid dissemination of COVID-19, the aim of this study was to analyze the spatial and spatiotemporal distribution of COVID-19 in the Northeast region of Brazil. We used spatial and spatiotemporal approaches, taking into account all confirmed cases in the Northeast, between March 2020 and July 2021. Using spatial statistics, we constructed maps representing the crude prevalence rates and risk clusters for the disease in the Northeast. 3,956,255 cases of COVID-19 were reported in the region, with the states with the highest number of cases being Bahia, Ceará and Pernambuco. However, the highest rates occurred in municipalities in the states of Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão and Rio Grande do Norte and high-risk clusters were observed in the same states. Thus, this research demonstrates a perspective of the behavior of COVID-19 occurrence in the Northeast region of Brazil, highlighting the areas that must be monitored by the health systems to create better strategies for controlling and coping with the disease.

**Keywords:** Spatial analysis; Coronaviruses; Epidemiology; Public health.

**Resumen**

Dada la importancia del contexto y la rápida difusión de COVID-19, el objetivo de este estudio fue analizar la distribución espacial y espacio-temporal de COVID-19 en la región Nordeste de Brasil. Utilizamos enfoques espaciales y espacio-temporales, teniendo en cuenta todos los casos confirmados en el Noreste, entre marzo de 2020 y julio de 2021. Utilizando estadísticas espaciales, construimos mapas que representan las tasas brutas de prevalencia y los grupos de riesgo de la enfermedad en el noreste. Se notificaron 3.956.255 casos de COVID-19 en la región, siendo los estados con mayor número de casos Bahía, Ceará y Pernambuco. Sin embargo, las tasas más altas ocurrieron en los municipios de los estados de Alagoas, Bahía, Ceará, Maranhão y Rio Grande do Norte y se observaron conglomerados de alto riesgo en los mismos estados. Así, esta investigación muestra una perspectiva del comportamiento de la ocurrencia de COVID-19 en la región Noreste del Brasil, destacando las áreas que deben ser monitoreadas por los sistemas de salud para crear mejores estrategias de control y afrontamiento de la enfermedad.

**Palabras clave:** Análisis espacial; Coronavirus; Epidemiología; Salud pública.

## 1. Introdução

A COVID-19 é uma doença infecciosa causada por uma nova cepa de coronavírus descrita em 2019, o SARS-CoV-2, que teve como epicentro a província de Hubei, China. O vírus se espalhou rapidamente, dando início a atual pandemia que tem ocasionado grandes taxas de morbidade e mortalidade. Os coronavírus foram descritos pela primeira vez em 1966 por Tyrell e Bynoe e atualmente existem quatro subfamílias (alfa-, beta-, gama- e delta-coronavírus), e sete subtipos de coronavírus que podem infectar humanos. Os beta-coronavírus são responsáveis por causar doenças graves, enquanto os alfa-coronavírus

causam infecções assintomáticas ou levemente sintomáticas (Tyrrell & Bynoe, 1966; Velavan & Meyer, 2020).

No mundo há cerca de 236 milhões de casos confirmados e mais de 4.8 milhões de mortes por COVID-19 (08/10/2021), sendo as Américas a região com maior número de casos registrados. Mundialmente, cerca de 3 milhões de novos casos foram registrados e mais de 55 mil novos óbitos foram notificados na semana de 20 a 26 de setembro de 2021, no entanto, com queda de 10% em relação à semana anterior, tanto para os casos quanto para os óbitos. A maior queda nos novos casos semanais foi registrada na Região do Mediterrâneo Oriental (17%), seguida pelo Pacífico Ocidental (15%), Américas (14%), continente Africano (12%) e Região Sudeste da Ásia (10%). Enquanto os casos semanais na Europa foram semelhantes à semana anterior (World Health Organization, 2021).

Nas Américas, o país com grande destaque para os casos da doença é o Brasil, onde o primeiro caso de COVID-19 foi confirmado em fevereiro de 2020, e a transmissão da doença foi reconhecida em todo o território nacional em 20 de março de 2020. Até 01 de outubro de 2021, o Brasil apresentou 21.445.651 casos, 597.255 mortes, incidência/100mil habitantes de 10205,1, e mortalidade/100mil habitantes de 284,2 (Kerr et al., 2021; Oliveira et al., 2020). No país, os principais clusters de risco (mortalidade e incidência) da doença estão localizados nas regiões Norte e Nordeste (Silva et al., 2021). Especialmente no Nordeste, em 64 semanas de pandemia foram contabilizados 2.922.126 casos de COVID-19 e 69.009 óbitos (dados de 31/03/2021), representando respectivamente 22,9% e 21,5% dos casos e óbitos do país (Brasil, 2021a).

A presente pandemia afeta principalmente a população brasileira em situação de extrema vulnerabilidade. À medida que a população de pacientes em recuperação do COVID-19 cresce, é primordial estabelecer uma compreensão das questões de saúde que os cercam (Werneck & Carvalho, 2020). Neste sentido, conhecer a dinâmica espacial da doença, pode auxiliar nas tomadas de decisões pelos órgãos governamentais, uma vez que o uso de geoprocessamento em saúde contribui para compreensão da distribuição de doenças, fatores de risco e cobertura de programas de saúde (Brasil, 2007; Rebolledo et al., 2018). Deste modo, objetivamos identificar conglomerados espaciais e espaço-temporais de alto risco da transmissão da COVID-19 na região Nordeste do Brasil.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Desenho e área de estudo**

Realizamos um estudo ecológico (Villela & Oliveira, 2018), utilizando abordagens espaciais e espaço-temporais. Foram considerados todos os casos confirmados de COVID-19 no Nordeste do Brasil, considerando o período de março de 2020 até julho de 2021. Os dados foram coletados somente até julho de 2021, em virtude da ausência de preenchimento de dados após este mês para todos os nove estados que compõem o Nordeste. A unidade de análise considerada neste estudo foram os municípios da região.

A região Nordeste do Brasil é composta por 1.794 municípios distribuídos em nove estados, são eles: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. O Nordeste possui o menor Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Com uma população estimada para o ano de 2020, em 57.374.243 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021).

### **2.2 Fonte e tratamento de dados**

Os dados referentes aos casos foram obtidos por meio do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), do Ministério da Saúde do Brasil (<https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/casos-nacionais>). Aqui, foram considerados todos os casos positivos para COVID-19 no Nordeste do Brasil, no período mencionado anteriormente. Adotamos como variável principal o município de residência dos pacientes notificados. Foram excluídos casos que não possuíam data de realização do teste de diagnóstico, sem município de residência e que se apresentaram como negativos ou

com resultados do teste inconclusivos. Os dados populacionais foram obtidos através do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), bem como a malha geográfica da região Nordeste, usada nas análises espaciais.

### 2.3 Caracterização epidemiológica

As variáveis consideradas na caracterização dos dados foram: sexo, faixa etária e evolução do caso. Esses dados estão dispostos em número bruto de casos e frequências relativas. Como indicador epidemiológico, utilizamos a taxa de prevalência relacionada à COVID-19 por município, obtida considerando o número de casos confirmados da doença, dividido pela população local de cada município (usamos a estimativa populacional para o ano de 2020) e o resultado multiplicado por 100.000 habitantes.

### 2.4 Análise espacial e espaço-temporal

Após a obtenção das taxas conforme descrito anteriormente, construímos mapas representativos das taxas brutas de prevalência na região. Os resultados estão visualmente representados em mapas considerando as seguintes classes: baixo ( $\leq 1.000,0/100.000$  habitantes); moderado (1.000,1 a 6.000,0); alto (6.000,1 a 12.000,0); e muito alto ( $> 12.000,1$ ).

Posteriormente, verificamos a existência de dependência espacial com aplicação do Índice de Moran Global. Essa técnica é usada na verificação de ocorrência de padrões espaciais em uma área que está sob análise, (aqui, o Nordeste). O Índice de Moran Global fornece um número (índice) como resultado, com valores que variam entre -1 e +1, onde: valores próximos de +1, indicam autocorrelação espacial positiva; valores próximos de -1, indicam autocorrelação espacial negativa; e valores próximos a 0, indicam aleatoriedade espacial (Anselin, 1995).

Quando detectada a ocorrência de autocorrelação espacial positiva, analisamos a ocorrência de autocorrelação espacial local usando o Índice de Moran Local (Local Indicators of Spatial Association – LISA). Esse índice verifica a existência de municípios que apresentam padrões semelhantes por meio de aglomerados de alto e baixo risco, bem como áreas de transição através da geração de quatro quadrantes: Q1 (alto/alto) e Q2 (baixo/baixo), indicam municípios com valores semelhantes entre seus vizinhos e Q3 (alto/baixo) e Q4 (baixo/alto) para indicar municípios com valores diferentes entre vizinhos e sem associação espacial (Chen, 2013). Os resultados foram considerados significativos quando o valor de  $p < 0,05$  foi obtido.

Detectamos os clusters de risco para COVID-19 na região de estudo, usando a técnica varredura espaço-temporal de Kulldorff (1997). Aplicamos o método de distribuição de Poisson, para verificar a ocorrência de agrupamentos no espaço-tempo, seguindo os seguintes parâmetros: análise retrospectiva, tempo de agregação genérico, sem sobreposição de clusters, tamanho máximo do cluster espacial de 50% da população em risco e máximo de 50% para o cluster temporal no período estudado. Nesta análise, o teste da razão de verossimilhança (*Logarithmic Likelihood Ratio - LLR*), é usado para detecção dos clusters, e o risco relativo (RR) de cada aglomerado também é obtido. Resultados com  $p$ -valor  $< 0,05$ , usando 999 simulações de Monte Carlo foram considerados significativos.

### 2.5 Programas e softwares utilizados

Os dados foram compilados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel versão 2019. Para as análises da estatística espacial, utilizamos o software TerraView versão 4.2.2. A análise de varredura espaço-temporal foi realizada com uso do software SatScan versão 9.7. Para elaboração dos mapas, usamos o software QGIS versão 3.18.2, com a projeção cartográfica correspondente ao Sistema de Referência Universal SIRGAS 2000.

### 2.6 Considerações éticas

Os dados utilizados na realização deste estudo são secundários e de domínio público, por essa razão não foi necessário

o envio do projeto ao comitê de ética em pesquisa envolvendo os seres humanos, como recomenda a resolução 466/2021 do Conselho Nacional de Saúde.

### **3. Resultados**

Entre fevereiro de 2020 e julho de 2021 foram notificados 3.956.255 casos de COVID-19 na região Nordeste do Brasil. Desse total, a maior frequência ocorreu entre indivíduos do sexo masculino (2.180.53; 55,12%), na faixa etária entre 30 e 44 anos (1.354.91; 34,25%), que evoluíram para cura (2.401.826; 60,71%). Os estados com maior número de casos foram Bahia (1.128.272), Ceará (658.354) e Pernambuco (520.294) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Número de casos da COVID-19 para todos os estados da região Nordeste, entre março de 2020 e julho de 2021.

<b>Variáveis</b>	<b>AL</b>	<b>BA</b>	<b>CE</b>	<b>MA</b>	<b>PB</b>	<b>PE</b>	<b>PI</b>	<b>RN</b>	<b>SE</b>	<b>NE</b>	<b>%</b>
	<b>213.239</b>	<b>1.128.272</b>	<b>658.354</b>	<b>359.731</b>	<b>373.650</b>	<b>520.294</b>	<b>326.500</b>	<b>222.853</b>	<b>153.362</b>	<b>3.956.255</b>	<b>100,0</b>
<b>Sexo</b>											
Masculino	118.931	614.926	362.912	200.510	209.222	289.402	179.384	120.026	85.219	2.180.532	55,12
Feminino	94.308	513.346	295.442	159.221	164.428	230.892	147.116	102.827	68.143	1.775.723	44,88
<b>Faixa etária</b>											
>14	10.805	67.831	42.318	22.268	25.113	26.960	26.806	9.147	7.970	239.218	6,05
15-29	46.390	245.106	156.890	74.643	84.837	115.612	76.903	46.639	35.655	882.675	22,31
30-44	74.099	398.055	212.776	117.189	127.739	184.318	104.480	80.402	55.853	1.354.911	34,25
45-59	52.241	260.121	144.225	80.221	85.829	125.957	69.720	52.423	35.577	906.314	22,91
60-74	22.275	113.109	71.256	46.550	36.495	51.229	35.060	25.012	13.825	414.811	10,48
>75	7.429	44.050	30.889	18.860	13.637	16.218	13.531	9.230	4.482	158.326	4,00
<b>Evolução</b>											
Cura	121.645	856.344	413.383	116.438	259.635	445.881	110.776	8.014	69.710	2.401.826	60,71
Cancelado	8.590	28.559	12.297	4.938	18.612	24.831	4.270	2.196	4.730	109.023	2,76
Em tratamento domiciliar	6.515	74.730	38.336	4.641	5.819	9.148	32.752	715	13.282	185.938	4,70
Ignorado/Branco	72.715	148.742	186.576	230.919	87.759	39.584	176.477	211.007	65.350	1.219.129	30,82
Internado	311	2.124	1.107	121	573	218	565	20	70	5.109	0,13
Internado em UTI	66	513	186	19	101	54	96	4	12	1.051	0,03
Óbito	3.397	17.260	6.469	2655	1.151	578	1.564	897	208	34.179	0,86

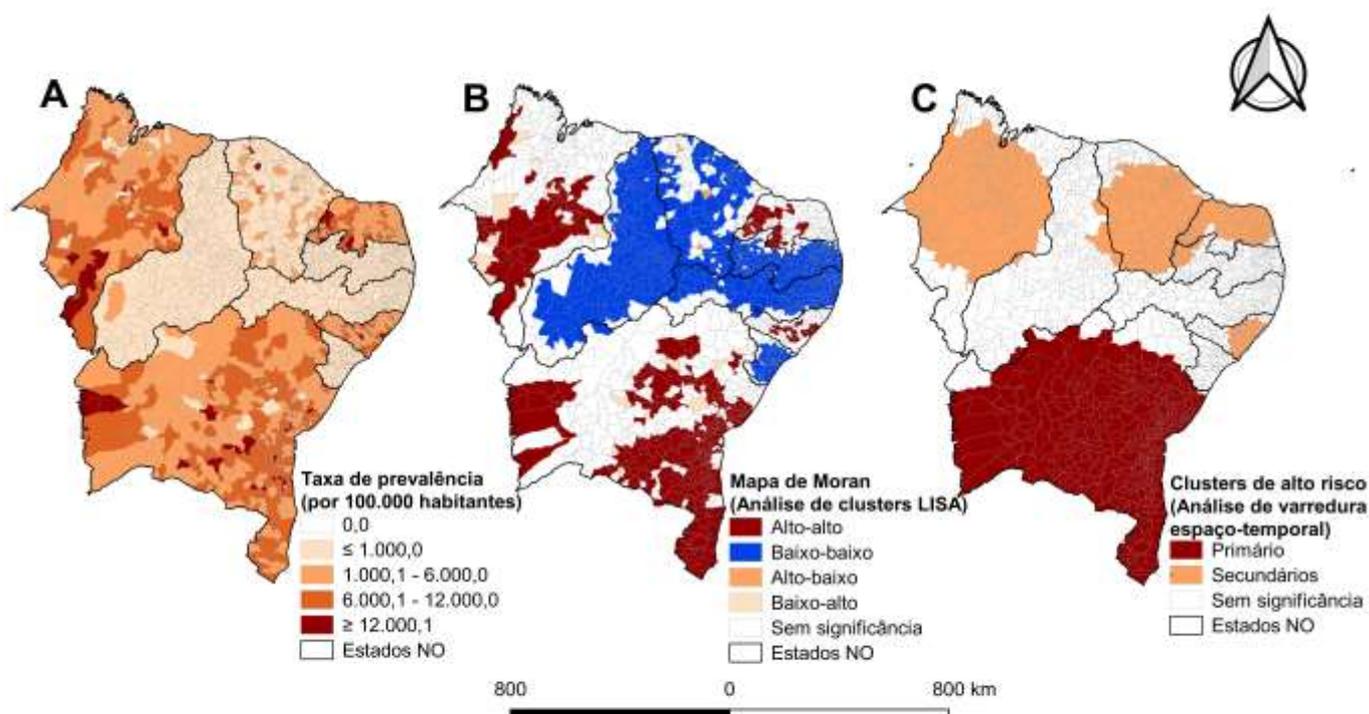
AL - Alagoas; BA – Bahia; CE – Ceará; MA – Maranhão; PB – Paraíba; PE – Pernambuco; PI – Piauí; RN – Rio Grande do Norte; SE – Sergipe; NE - Nordeste.  
 Fonte: Autores.

Os mapas da Figura 1 mostram a distribuição espacial (1A) e a análise de cluster de Moran (1B) de acordo com a taxa de prevalência do período estudado, e a varredura espaço-temporal (1C) dos casos prevalentes da COVID-19 na região Nordeste do Brasil. Observamos que houve taxas muito altas da doença ( $\geq 12.000,1/100.000$  habitantes) em municípios pertencentes aos estados de Alagoas (2 municípios), Bahia (18 municípios), Ceará (2 municípios), Maranhão (6 municípios) e Rio Grande do Norte (9 municípios) (Figura 1A).

Nossas análises demonstraram a ocorrência de autocorrelação espacial positiva forte ( $I = 0,571$ ;  $p$ -valor = 0,001) e identificamos que os clusters de alto risco também estavam presentes nos estados de Alagoas (29 municípios), Bahia (226 municípios), Maranhão (50 municípios) e Rio Grande do Norte (36 municípios) (Figura 1B).

A partir da varredura espaço-temporal, identificamos quatro clusters de alto risco, todos estatisticamente significativos. O cluster primário apresentou o maior número de casos, distribuídos em 393 municípios no período de outubro de 2020 a junho de 2021, quase em sua totalidade pertencentes ao estado da BA. A taxa de prevalência anual foi de quase 1 milhão por 100.000 habitantes e risco relativo de 29,1 em comparação com o resto da região ( $p$ -valor =  $<0,001$ ) (Figura 1C; Tabela 2).

**Figura 1.** Distribuição espacial, análise espacial e varredura espaço-temporal da taxa de prevalência da COVID-19 por 100.000 habitantes na região Nordeste do Brasil entre fevereiro de 2020 e julho de 2021. (A) Taxa de prevalência. (B) Mapa de Moran. (C) Varredura espaço-temporal.



Fonte: Autores.

**Tabela 2.** Aglomerados espaço-temporais da taxa de prevalência da COVID-19 por 100.000 habitantes na região Nordeste do Brasil, entre fevereiro de 2020 e julho de 2021.

Clusters	Período	Municípios	Número de casos	Casos novos esperados	Taxa de prevalência anual*	RR	LLR	p-valor
1	10/2020 a 06/2021	393	3.154.484	139.106,2	995.246,4	29,1	7195528,8	<0,001
2	11/2020 a 07/2020	54	341.705	24.363,7	615.539,6	14,3	588774,5	<0,001
3	10/2020 a 06/2021	93	212.837	27.333,3	341.745,6	7,8	252595,5	<0,001
4	02/2021 a 06/2021	208	1.007.428	570.348,2	77.521,6	1,8	143439,0	<0,001

RR: risco relativo do cluster comparado ao restante da região; LLR: razão de verossimilhança. \*Taxa de prevalência da COVID-19 por 100.000 habitantes durante o período do cluster.  
Fonte: Autores.

#### 4. Discussão

Os dados do nosso trabalho mostraram que o sexo masculino, a faixa etária de 30 a 40 anos e a evolução do caso para cura foram responsáveis pelos maiores percentuais de casos da doença. Além disso, os estados da Bahia, Ceará e Pernambuco notificaram os maiores quantitativos de casos, porém, as análises espaciais demonstraram que além dos dois primeiros, os estados de Alagoas, Maranhão e Rio Grande do Norte também apresentaram taxas elevadas no período analisado.

A predominância de casos no sexo masculino, possivelmente deve-se ao estilo de vida levado por este grupo, como resistência às medidas sanitárias e recusa a procura dos serviços de saúde. Fatores estes que podem ter contribuído para o cenário deste trabalho, uma vez que, ao optar por não receber atendimento médico automaticamente estarão negligenciando o tratamento de alguma comorbidade, e assim se tornam alvos de risco para a infecção (Sousa, 2020). Uma vez que, pessoas que apresentam alguma comorbidade pré-existente, como diabetes, hipertensão e doenças cardiovasculares, apresentam maiores chances de complicações por COVID-19, resultando em um maior número de óbitos (Nascimento et al., 2020).

No Boletim Epidemiológico-19 do Ministério da Saúde, observa-se uma faixa etária similar (30 a 44) ao nosso estudo, também com maior número de notificações (Brasil, 2021b). É provável que essa seja a faixa etária mais acometida em decorrência do período de vacinação adotado pelo sistema de saúde, onde foram priorizados indivíduos com idade avançada devido a prevalência de comorbidades neste público alvo. Todavia, adultos/jovens adultos são os que menos aderiram as medidas de controle por terem uma vida mais ativa na sociedade e, portanto, susceptíveis a contraírem a infecção, além de muitos possuírem hábitos de risco à saúde, como o consumo abusivo de álcool, drogas e tabagismo (Sousa et al., 2021).

Verificou-se um grande número de casos que evoluíram para cura em todos os estados, principalmente nos que apresentaram elevado número de notificações (Bahia, Ceará e Pernambuco). Os percentuais de cura nessas localidades podem estar associados principalmente a agilidade dos sistemas de saúde locais, comprometimento dos profissionais que atuam frente ao combate à enfermidade, baixo número de infectados com comorbidades pré-existentes e a conscientização da população desses estados obedecendo o isolamento social, informando e repassando informações adequadas aos seus familiares, possibilitando a equipe médica a adoção de melhores condutas e tratamento e a criação e manutenção de leitos para COVID-19 em tempo relativamente curto pelos municípios dos respectivos estados (Carneiro et al., 2021; Ceará, 2020).

Dentre os estados com maior número de notificações (Bahia, Ceará e Pernambuco), com exceção do Ceará, os dados referentes aos demais estados podem estar subestimados e provavelmente não representam com fidelidade a prevalência da enfermidade, com a possibilidade de o número de casos ser ainda maior do que o reportado. Pois no tocante à testagem para identificação de casos ativos no Nordeste, o Piauí foi o estado que mais realizou testes a cada 100.000 habitantes (5.122), seguido pelo estado da Paraíba (4.954) e Ceará (4.219) (Kerr et al., 2020).

Além das medidas de controle recomendadas desde o início da pandemia como a ampla oferta de testes, recomendações de higiene, orientações sobre o uso de máscaras, isolamento social e distanciamento físico, a vacinação em massa tem se mostrado bastante eficiente (Couto et al., 2021). Apesar de na região Nordeste existir um grande número de casos, a vacinação é a melhor opção para controlar a propagação do vírus, contribuindo para uma redução no número de casos de COVID-19, já que em estudos já realizados pôde-se notar que a imunidade adquirida através da vacinação proporciona, além da proteção individual da pessoa vacinada, a eliminação da circulação do agente infeccioso no meio e a proteção indireta das pessoas suscetíveis, como gestantes, idosos, e pessoas com imunidade comprometida (Couto et al., 2021; Souza & Buss, 2021). Por isso, é importante que as campanhas de vacinação continuem acontecendo com o intuito de conscientizar aqueles que ainda não tomaram as doses necessárias, visto que a COVID-19 continuará a ser uma ameaça global enquanto existirem casos em qualquer parte do mundo, especialmente com o surgimento de novas variantes do SARS-CoV-2 (Couto et al., 2021; Souza & Buss, 2021).

As altas taxas de COVID-19 em nossa área de estudo podem estar associadas ao nível socioeconômico da população, uma vez que os municípios pertencentes a região Nordeste, apresentam os menores IDHM do Brasil e grandes disparidades sociais e econômicas (Brasil, 2013). Além disso, já foi atestado que as maiores taxas de infecção pelo SARS-CoV-2 que ocorrem no país estão associadas ao baixo nível socioeconômico, precariedade de acesso aos serviços de saúde e sistema de saneamento básico, uma vez que, geralmente, esses fatores estão associados a aglomerações humanas e déficit de acesso à informação preventiva, dificultando a implementação de medidas de controle e contribuindo para disseminação do vírus (Lima et al., 2021; Silva et al., 2021).

Nosso trabalho demonstra uma análise acurada do agravo na região de estudo. No entanto, ressaltamos que o mesmo pode apresentar algumas limitações metodológicas, uma vez que se trata de um estudo ecológico, os resultados a nível de grupo podem não representar o que acontece a nível de indivíduo (Villela & Oliveira, 2018). Além disso, tratam-se de dados secundários, estando sujeitos a viés de informações, como subnotificação de casos ou irregularidades no preenchimento do banco de dados e outras informações importantes para caracterização epidemiológica da população estudada, como escolaridade e raça/cor, não estavam disponíveis.

## 5. Conclusão

Nossos dados mostram o panorama da COVID-19 na região Nordeste do Brasil depois de 17 meses após a notificação do primeiro caso. Observamos que mais da metade dos casos confirmados da doença evoluíram para a cura. Enquanto que o maior número de casos ocorre em indivíduos de 30 a 44 anos do sexo masculino e (31 a 40 anos). Os dados das análises espaciais, demonstraram a presença de 37 municípios com alta taxa de prevalência nos estados de Alagoas, Bahia, Maranhão, Rio Grande do Norte e Ceará. E que, com exceção do Ceará, todos os outros estados apresentam áreas de risco para a doença. A análise espaço-temporal evidenciou a ocorrência de clusters de alto risco para doença nos estados acima, principalmente na Bahia.

Nossos dados demonstram que as ferramentas espaciais auxiliam na identificação de áreas de risco para doenças, aqui evidenciado com a análise dos casos de COVID-19, onde por meio dessas ferramentas identificamos as áreas que necessitam de mais atenção e desenvolvimento de estratégias de controle pelos sistemas de saúde. Além disso, trabalhos como este precisam continuar sendo desenvolvidos para conhecermos a imensidão do cenário pandêmico e também no futuro pós-pandemia, pois fornecerá suporte para identificação de surtos e áreas que precisam implementar medidas de controle rigorosas, impedindo a disseminação do vírus.

## Referências

- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Brasil. (2007). Introdução a Estatística Espacial para Saúde Pública. *Ministério Da Saúde. Secretaria de Vigilância Em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz., 1.*
- Brasil. (2013). *IDHM Municípios 2010. Programa Das Nações Unidas Para o Desenvolvimento.* <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>
- Brasil. (2021a). Coronavírus Brasil. *Ministério Da Saúde.* <https://covid.saude.gov.br/>
- Brasil. (2021b). Situação epidemiológica da covid-19 entre trabalhadores da fiocruz. *Ministério da Saúde. Instituto Oswaldo Cruz.* [https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim\\_epi\\_19.pdf](https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim_epi_19.pdf)
- Carneiro, D. O., Silva, E. P. DA, Oliveira, J. B. S., Peixoto, I. B., Pimenta, R. M. C., & Oliveira, W. N. F. (2021). Prevalência de cura e óbito por COVID-19 no estado da Bahia, Brasil, e sua correlação com condições médicas subjacentes. *Visão Acadêmica*, 21(4). <https://revistas.ufpr.br/academica/article/view/77942>
- Ceará. (2020). Ceará ultrapassa a marca de 100 mil pacientes recuperados de coronavírus - Governo do Estado do Ceará. *Governo Do Estado.* <https://www.ceara.gov.br/2020/07/08/ceara-ultrapassa-a-marca-de-100-mil-pacientes-recuperados-de-coronavirus/>
- Chen, Y. (2013). New Approaches for Calculating Moran's Index of Spatial Autocorrelation. *PLoS ONE*, 8(7), e68336. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068336>
- Couto, M. T., Barbieri, C. L. A., & Matos, C. C. de S. A. (2021). Considerações sobre o impacto da covid-19 na relação indivíduo-sociedade: da hesitação vacinal ao clamor por uma vacina. *Saúde e Sociedade*, 30(1). <https://doi.org/10.1590/s0104-12902021200450>
- Estatística, I. B. de G. e. (2021). *Cidades e Estados.* <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al.html>
- Kerr, L., Kendall, C., Silva, A. A. M. da, Aquino, E. M. L., Pescarini, J. M., Almeida, R. L. F. de, Ichihara, M. Y., Oliveira, J. F., Araújo, T. V. B. de, Santos, C. T., Jorge, D. C. P., Miranda Filho, D. de B., Santana, G., Gabrielli, L., Albuquerque, M. de F. P. M. de, Almeida-Filho, N., Silva, N. de J., Souza, R., Ximenes, R. A. de A., ... Barreto, M. L. (2020). COVID-19 no Nordeste brasileiro: sucessos e limitações nas respostas dos governos dos estados. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25(suppl 2), 4099–4120. <https://doi.org/10.1590/1413-812320202510.2.28642020>
- Kerr, L. R. F. S., Kendal, C., Almeida, R. L. F. de, Ichihara, M. Y., Aquino, E. M. L., Silva, A. A. M. da, Ximenes, R. A. de A., Albuquerque, M. de F. P. M. de, Almeida-Filho, N., Souza, R. F., Bransão Filho, S. P., Souza, W. V. de, & Barreto, M. L. (2021). Covid-19 no Nordeste do Brasil: primeiro ano de pandemia e incertezas que estão por vir. *Revista de Saúde Pública*, 55, 35. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055003728>
- Kulldorff, M. (1997). A spatial scan statistic. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 26(6), 1481–1496. <https://doi.org/10.1080/03610929708831995>
- Lima, E. E. C. de, Gayawan, E., Baptista, E. A., & Queiroz, B. L. (2021). Spatial pattern of COVID-19 deaths and infections in small areas of Brazil. *PLOS ONE*, 16(2), e0246808. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246808>
- Nascimento, J. D. S., Bezerra, L. P., & Ramos, R. E. S. (2020). Prevalência e aspectos epidemiológicos da COVID-19 na 9ª Região de Saúde de Alagoas. *Journal of Health & Biological Sciences*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.12662/2317-3076jhbs.v8i1.3556.p1-6.2020>
- Oliveira, W. K. de, Duarte, E., França, G. V. A. de, & Garcia, L. P. (2020). Como o Brasil pode deter a COVID-19. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 29. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742020000200023>
- Organization, W. H. (2021, September 28). *Weekly epidemiological update on COVID-19 - 28 September 2021.* World Health Organization. <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19---28-september-2021>
- Rebolledo, E. A. S., Neto, F. C., & Giatti, L. L. (2018). Experiencias, beneficios y desafios del uso de geoprocementamiento para el desarrollo de la atención primaria de salud. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.153>
- Silva, R. R., Ribeiro, C. J. N., Moura, T. R., Santos, M. B., Santos, A. D., Tavares, D. S., & Santos, P. L. (2021). Basic sanitation: a new indicator for the spread of COVID-19? *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 115(7), 832–840. <https://doi.org/10.1093/trstmh/traa187>
- Sousa, A. R. de. (2020). How can COVID-19 pandemic affect men's health? A sociohistoric analysis. *Revista Prevenção de Infecção e Saúde*, 6. <https://doi.org/10.26694/repis.v6i0.10549>
- Sousa, A. R. de, Teixeira, J. R. B., Mota, T. N., Santana, T. da S., Santos, S. D. dos, Mercês, M. C. das, Carvalho, E. S. de S., & Sousa, Á. F. L. (2021). Coping strategies, concerns, and habits of Brazilian men in the COVID-19 context. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 74(suppl 1). <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2021-0040>
- Souza, L. E. P. F. de, & Buss, P. M. (2021). Desafios globais para o acesso equitativo à vacinação contra a COVID-19. *Cadernos de Saúde Pública*, 37(9). <https://doi.org/10.1590/0102-311x00056521>
- Tyrell, D. A., & Bynoe, M. (1966). Cultivation of viruses from a high proportion of patients with colds. *The Lancet*, 287(7428), 76–77. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(66\)92364-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(66)92364-6)
- Velavan, T. P., & Meyer, C. G. (2020). The COVID-19 epidemic. *Tropical Medicine & International Health*, 25(3), 278–280. <https://doi.org/10.1111/tmi.13383>

Villela, E. F. de M., & Oliveira, F. M. de. (2018). *Epidemiologia sem Mistérios: Tudo Aquilo que Você Precisa Saber!* (P. Editorial (ed.); 1st ed.). Paco Editorial. [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=t5VxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT110&dq=limitações+estudos+ecológicos&ots=B\\_yey8YevPZ&sig=iGFVqeWCfN2Pph2DneNN0HvKIAE#v=onepage&q=limitações estudos ecológicos&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=t5VxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT110&dq=limitações+estudos+ecológicos&ots=B_yey8YevPZ&sig=iGFVqeWCfN2Pph2DneNN0HvKIAE#v=onepage&q=limitações estudos ecológicos&f=false)

Werneck, G. L., & Carvalho, M. S. (2020). A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. *Cadernos de Saúde Pública*, 36(5). <https://doi.org/10.1590/0102-311x00068820>