

Tendência temporal das taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 e sua relação com indicadores socioeconômicos no Piauí: estudo ecológico, 2020-2021

Temporal trend of COVID-19 incidence and mortality rates and their relationship with socioeconomic indicators in the state of Piauí, Brazil: an ecological study, 2020-2021

Tendencia temporal de las tasas de incidencia y mortalidad por COVID-19 y su relación con indicadores socioeconómicos en el estado de Piauí, Brasil: estudio ecológico, 2020-2021

Vanessa Rodrigues da Silva¹ , Edildete Sene Pacheco¹ , Osmar de Oliveira Cardoso¹ ,
Luisa Helena de Oliveira Lima¹ , Malvina Thaís Pacheco Rodrigues¹ ,
Márcio Dênis Medeiros Mascarenhas¹ 

¹Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Saúde e Comunidade, Teresina, PI, Brasil

RESUMO

Objetivo: Analisar a tendência temporal das taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 e sua relação com indicadores socioeconômicos. **Métodos:** Estudo ecológico de série temporal sobre casos/óbitos por COVID-19 em municípios do Piauí, Brasil, de março de 2020 a maio de 2021. Foram utilizados o modelo de regressão linear de Prais-Winsten e o teste de correlação de Spearman. **Resultados:** Houve 271.228 casos e 5.888 óbitos, com tendência crescente na incidência e estável na mortalidade por COVID-19. Análises espaço-temporais demonstraram maior incidência/mortalidade no segundo e no quinto trimestres do período. Não houve correlação estatisticamente significativa entre COVID-19 e índice de vulnerabilidade social (IVS). Foram observadas correlações significativas do índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) com taxas de incidência (p-valor < 0,001) e de mortalidade (p-valor < 0,001) pela doença. **Conclusão:** Houve tendência crescente na taxa de incidência e estabilidade na mortalidade por COVID-19, e respectivamente correlação moderada e fraca desses indicadores com o IDHM, demandando decisões de gestão voltadas à melhoria na qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Análise de Vulnerabilidade; COVID-19; Estudos de Séries Temporais; Indicadores de Desigualdade em Saúde; Monitoramento Epidemiológico.

INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19, doença infecciosa multissistêmica causada por um vírus de alta transmissibilidade (SARS-CoV-2),¹ passou a ser reconhecida como responsável pela maior e mais nova crise global de saúde pública.²

O Brasil apresentava indicadores preocupantes de COVID-19 até fevereiro de 2022, quando já haviam se registrado aproximados 25 milhões de casos e mais de 600 mil óbitos pela doença desde o início da pandemia no país.³ No mesmo momento, o estado do Piauí contabilizava 345.807 casos confirmados e 7.398 óbitos por COVID-19.³

As acentuadas desigualdades sociais, econômicas e de acesso a serviços de saúde, observadas entre as grandes regiões geográficas, ficaram mais evidenciadas no contexto da pandemia no Brasil.^{4,5} Essas disparidades socioeconômicas e de saúde, refletidas nos baixos índices de vulnerabilidade social (IVS) e desenvolvimento humano municipal (IDHM), implicaram maiores riscos para as populações mais pobres, as quais têm sido fortemente afetadas pela rápida e elevada transmissão do vírus e notificação dos casos de COVID-19.²

Em 2021, Tiwari et al.² demonstraram que questões como vulnerabilidade socioeconômica, habitação e transporte precários, composição familiar (caracterizada por grande quantidade de dependentes), pertencer a minorias raciais, falar inglês 'menos do que bem', capacidade, recursos e preparação do sistema de saúde e dados epidemiológicos relacionados às condições cardiovasculares e respiratórias estão associados à propagação e gravidade da doença.² Além do que, desvelou-se o caráter sindêmico da pandemia de COVID-19, ou seja, sua interação sinérgica com doenças crônicas não transmissíveis e doenças infecciosas, agravadas pelo contexto socioeconômico, acentuando os impactos dessa crise global.⁶

Estudos de revisão têm demonstrado que pessoas com múltiplas comorbidades são as mais suscetíveis à infecção e apresentam pior prognóstico da COVID-19.^{7,8} Contudo, a importância das condições de vida e seu papel no

Contribuições do estudo	
Principais resultados	Verificaram-se tendência crescente na incidência por COVID-19 e estabilidade na mortalidade pela doença. Houve correlações significativas do índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) com as taxas de incidência e de mortalidade, porém não com o índice de vulnerabilidade social (IVS).
Implicações para os serviços	Os resultados podem fortalecer e auxiliar o sistema de saúde na formulação de medidas para diminuir a morbimortalidade por COVID-19, e de estratégias de apoio à economia, visando à proteção social de populações de maior vulnerabilidade.
Perspectivas	Articulação de ações entre as diversas áreas políticas e gestores governamentais, para evitar a propagação da COVID-19 em sucessivas ondas e diminuir as consequências socioeconômicas da pandemia.

desenvolvimento da pandemia, demonstrado nos indicadores sociais e econômicos, têm sido pouco investigados. Para além de focar o problema sob a perspectiva biológica, comumente abordada, o presente estudo propôs-se a investigar a relação dos aspectos sociais com a morbimortalidade da COVID-19 durante a pandemia, e fomentar o debate para a construção de estratégias de prevenção, promoção da saúde e controle da doença no contexto socioeconômico da população.

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi analisar a tendência temporal das taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19, e sua relação com indicadores socioeconômicos no estado do Piauí.

MÉTODOS

Estudo ecológico de série temporal que avaliou as taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 no estado do Piauí, no período de março de 2020 a maio de 2021. As taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 foram correlacionadas aos valores de dois indicadores socioeconômicos: IVS e IDHM.

O Piauí está situado na região Nordeste do Brasil e, de acordo com estimativas intercensitárias do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para 2020, o estado contava com uma população de 3.281.480 habitantes, distribuída entre 224 municípios.⁹ Em 2010, o Piauí apresentava índice de desenvolvimento humano (IDH) de 0,646 e IVS de 0,403.^{10,11}

Os dados de casos e óbitos por COVID-19 foram obtidos do Painel Coronavírus, portal público atualizado diariamente pelo Ministério da Saúde com dados disponibilizados pelas Secretarias de Estado de Saúde (<https://covid.saude.gov.br/>).³ As informações populacionais foram obtidas do IBGE, com base no censo demográfico de 2010 e na estimativa de projeção populacional para 2020. Os escores do IVS e do IDHM foram obtidos na página eletrônica do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea),^{10,11} em 1º de junho de 2021.

As variáveis dependentes foram as taxas de incidência e de mortalidade. A taxa de incidência foi calculada dividindo-se o número mensal de casos confirmados de COVID-19 na população residente no município (numerador) pelo número de habitantes do município (denominador), multiplicado por 100 mil hab. A taxa de mortalidade foi calculada com a divisão do número mensal de óbitos confirmados por COVID-19 na população residente (numerador) pelo número de habitantes do município (denominador), multiplicado por 100 mil hab.

As variáveis independentes foram o IVS e o IDHM. O IVS consiste na média dos valores dos indicadores relativos a três dimensões: infraestrutura urbana; capital humano; renda e trabalho.

A dimensão "infraestrutura urbana" afere o acesso a serviços de saneamento básico e de mobilidade urbana, enquanto o "capital humano" expressa as condições de saúde e o acesso dos indivíduos à educação, e a dimensão "renda e trabalho", o estado de insegurança financeira desses indivíduos.¹⁰ Os 16 indicadores que compõem o cálculo do IVS são expressos por escores, que variam de 0 a 1, em que 0 corresponde à situação ideal, ou desejável, e 1 à pior situação, conforme a seguinte classificação: de 0 a 0,200 – IVS muito baixo; de 0,201 a 0,300 – IVS baixo; de 0,301 a 0,400 – IVS médio; de 0,401 a 0,500 – IVS alto; de 0,501 a 1,000 – IVS muito alto.¹⁰

O IDHM compreende três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade; educação e renda. Portanto, responde pela esperança de vida ao nascer, o acesso à educação (médias e expectativas de anos de estudo) e a renda (produto interno bruto *per capita*); seu escore também varia de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior é o desenvolvimento humano do município, conforme a seguinte classificação: de 0 a 0,499 – IDHM muito baixo; de 0,500 a 0,599 – IDHM baixo; de 0,600 a 0,699 – IDHM médio; de 0,700 a 0,799 – IDHM alto; de 0,800 a 1,000 – IDHM muito alto.¹¹

A análise de tendência temporal das taxas mensais de incidência e de mortalidade por COVID-19 foi realizada pelo método da regressão linear proposto por Prais-Winsten,¹² que observa a autocorrelação serial, isto é, a relação de uma série de valores de uma medida em períodos anteriores. Foi calculada a variação percentual mensal (VPM) e seus respectivos intervalos de confiança de 95% (IC_{95%}), para todos os municípios. As taxas de incidência e de mortalidade foram categorizadas da seguinte forma: crescente (p-valor < 0,05 e beta positivo); decrescente (p-valor < 0,05 e beta negativo); estável (p-valor ≥ 0,05).¹²

As taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 foram calculadas para todos os 224 municípios piauienses. No entanto, dado o elevado número de municípios, apenas aqueles

cujas taxas de incidência ($n = 23$ municípios) e de mortalidade ($n = 24$ municípios) se situavam no decil mais elevado da distribuição dos valores são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Estas tabelas ainda incluem as médias das taxas de incidência e de mortalidade no 1º (março a maio de 2020) e no 5º (março a maio de 2021) trimestres, e o desvio-padrão (DP) de todas essas médias, correspondentes ao período analisado.

As correlações entre as taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19, e o IVS e o IDHM – consideradas as três dimensões de cada índice –, foram analisadas pelo teste de correlação de Spearman.¹³ Foram realizados os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk, para evidenciar a distribuição não normal das taxas de incidência e de mortalidade com p -valor $< 0,05$ em ambos os testes. Os resultados estatisticamente significativos (p -valor $< 0,05$) da correlação de Spearman foram classificados em cinco categorias: muito fraca (0,00-0,19); fraca (0,20-0,39); moderada (0,40-0,59); forte (0,60-0,79); muito forte (0,80-1,00).¹⁴

Foram elaborados mapas da distribuição das médias trimestrais das taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 nos municípios piauienses. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Stata versão 14 (StataCorp LP, College Station, EUA, nº de série 401406370959); e os mapas, construídos com a utilização do programa QGIS versão 3.16.

O estudo foi desenvolvido com dados anônimos secundários obtidos em plataformas de acesso público, não sendo necessária a submissão do projeto à apreciação de Comitê de Ética em Pesquisa.

RESULTADOS

No período de março de 2020 a maio de 2021, foram confirmados 271.228 casos de COVID-19, resultando em uma taxa de incidência de 8.265,4/100 mil hab., e 5.888 óbitos pela doença, o que correspondeu a uma taxa de mortalidade de 179,4/100 mil hab. Percentuais de 34,8% dos casos e de

37,0% dos óbitos foram registrados em residentes na capital do estado, Teresina. Até maio de 2021, todos os municípios do Piauí haviam notificado casos de COVID-19, e somente dois não apresentavam registros de óbito pela doença.

A Tabela 1 apresenta as taxas de incidência, total e por trimestre, e a tendência temporal desse indicador nos 23 municípios integrantes do decil com as maiores taxas de incidência; destes 23 municípios, 20 revelaram tendência crescente. As taxas de incidência mais altas foram observadas nos municípios de Demerval Lobão (21.445,1/100 mil hab.), Lagoa do Piauí (21.055,2/100 mil hab.) e Lagoa do Barro do Piauí (19.222,5/100 mil hab.). Lagoa do Piauí apresentou a maior taxa de incidência média no 5º trimestre (3.846,8/100 mil hab.). As maiores variações percentuais mensais foram observadas nos municípios de Caridade do Piauí (74,5%; $IC_{95\%}$ 44,0;111,6), Miguel Leão (74,3%; $IC_{95\%}$ 22,4;148,3) e Francisco Macedo (69,6%; $IC_{95\%}$ 9,0;163,9).

A Tabela 2 apresenta as taxas de mortalidade, total e por trimestre, e a tendência temporal desse indicador nos 24 municípios integrantes do decil com as maiores taxas de mortalidade por COVID-19; destes 24 municípios, dez apresentaram tendência crescente. As taxas de mortalidade mais elevadas foram observadas nos municípios de Água Branca (354,9/100 mil hab.), Beneditinos (324,6/100 mil hab.) e Antônio Almeida (315,5/100 mil hab.). As maiores variações percentuais mensais foram observadas nos municípios de Simplício Mendes (40,7%; $IC_{95\%}$ 26,3;56,7) e Eliseu Martins (36,6%; $IC_{95\%}$ 19,1;56,6); Simplício Mendes foi o município de maior taxa de mortalidade média por COVID-19 no 5º trimestre (83,9/100 mil hab.).

No período estudado, a tendência temporal das taxas de incidência foi crescente em 146 municípios, enquanto as taxas de mortalidade apresentaram estabilidade em 150 municípios do estado do Piauí (Tabelas 1 e 2).

A Figura 1 apresenta a distribuição geográfica e a evolução das médias trimestrais das taxas de incidência por COVID-19 nos 224 municípios do estado.

Tabela 1 – Taxa de incidência de COVID-19 (por 100 mil hab.), total e por trimestre (1º e 5º trimestres), e tendência temporal da taxa de incidência mensal dos municípios do primeiro decil de incidência, Piauí, março/2020 a maio/2021

Municípios	Taxa de incidência			DP ^b	VPM ^c	IC _{95%} ^d	p-valor ^e	Tendência
	Total	1º T ^a	5º T ^a					
Demerval Lobão	21.445,1	106,1	3.129,0	1.212,7	57,1	5,4;134,1	0,030	Crescente
Lagoa do Piauí	21.055,2	139,4	3.846,8	1.506,1	64,8	6,7;154,5	0,028	Crescente
Lagoa do Barro do Piauí	19.222,5	57,3	2.305,8	904,8	52,8	4,3;123,8	0,032	Crescente
Baixa Grande do Ribeiro	18.327,5	23,0	1.214,1	928,3	64,8	0,9;169,0	0,046	Crescente
Uruçuí	16.107,1	94,3	1.482,8	733,1	54,3	0,8;136,3	0,046	Crescente
Miguel Leão	15.378,4	0,0	3.584,8	1.460,7	74,3	22,4;148,3	0,005	Crescente
Bertolínia	15.089,9	24,2	1.502,8	883,6	59,6	1,5;150,8	0,044	Crescente
Piripiri	14.811,8	42,4	2.614,2	965,1	63,2	11,4;139,2	0,016	Crescente
Landri Sales	13.836,8	25,2	3.575,7	1.499,5	68,6	44,6;96,6	< 0,001	Crescente
Francisco Macedo	13.593,8	0,0	1.151,6	511,0	69,6	9,0;163,9	0,023	Crescente
Monsenhor Gil	13.290,4	60,0	1.905,8	754,9	57,9	4,7;138,1	0,032	Crescente
Antônio Almeida	12.712,9	0,0	590,0	840,9	42,3	-13,6;134,5	0,151	Estacionária
Hugo Napoleão	12.632,1	25,8	851,2	873,0	54,1	-2,9;114,4	0,064	Crescente
Santa Cruz do Piauí	12.454,0	5,3	187,0	991,7	39,5	-20,7;145,5	0,225	Estacionária
Floriano	12.204,9	42,8	1.048,2	448,6	57,8	4,1;139,2	0,034	Crescente
Belém do Piauí	12.182,9	56,1	645,0	797,6	50,5	9,0;107,6	0,017	Crescente
Bom Jesus	12.155,8	78,6	1.081,6	491,8	60,5	2,9;150,2	0,039	Crescente
José de Freitas	11.986,5	23,0	2.335,4	900,3	65,7	15,3;138,0	0,010	Crescente
Morro do Chapéu do Piauí	11.466,7	117,7	1.324,3	578,1	48,1	-1,6;123,0	0,059	Estacionária
Caridade do Piauí	10.953,8	0,0	1.508,6	842,4	74,5	44,0;111,6	< 0,001	Crescente
Oeiras	10.931,6	54,0	1.356,6	491,0	59,1	7,5;135,4	0,020	Crescente
Teresina	10.872,9	86,6	1.246,7	420,1	51,6	5,4;118,0	0,030	Crescente
Guadalupe	10.793,6	3,2	1.362,0	725,9	57,8	15,6;115,3	0,010	Crescente

a) T: Trimestre; b) DP: Desvio-padrão; c) VPM: Variação percentual mensal; d) IC_{95%}: Intervalo de confiança de 95%; e) Regressão linear pelo método de Prais-Winsten.

Tabela 2 – Taxa de mortalidade de COVID-19 (por 100 mil hab.), total e por trimestre (1º e 5º trimestres), e tendência temporal da taxa de incidência mensal dos municípios do primeiro decil de incidência, Piauí, março/2020 a maio/2021

Municípios	Taxa de mortalidade			DP ^b	VPM ^c	IC _{95%} ^d	p-valor ^e	Tendência
	Total	1º T ^a	5º T ^a					
Água Branca	354,9	11,5	24,9	17,0	9,2	-17,0;43,6	0,502	Estacionária
Beneditinos	324,6	0,0	54,1	21,1	30,2	7,2;58,1	0,012	Crescente
Antônio Almeida	315,5	0,0	21,1	24,7	17,8	-9,8;53,7	0,208	Estacionária
Simplício Mendes	306,0	0,0	83,9	35,7	40,7	26,3;56,7	<0,001	Crescente
Valença do Piauí	296,2	1,6	54,2	20,5	29,0	17,7;41,4	<0,001	Crescente
Monsenhor Gil	293,5	0,0	44,2	16,8	27,0	5,1;53,5	0,017	Crescente
Eliseu Martins	284,0	0,0	67,8	28,1	36,6	19,1;56,6	<0,001	Crescente
Piripiri	282,2	1,0	57,5	22,2	27,7	10,8;47,1	0,003	Crescente
Campo Maior	270,8	2,1	45,6	18,1	19,9	-2,8;48,0	0,085	Estacionária
Parnaíba	260,6	2,0	48,1	19,8	30,1	-5,3;78,7	0,097	Estacionária
Piracuruca	259,8	2,3	60,2	24,2	23,8	9,1;40,5	0,003	Crescente
Teresina	251,0	3,3	32,0	13,9	32,9	-0,5;77,4	0,053	Estacionária
Marcolândia	245,9	0,0	35,3	14,5	15,4	-6,6;42,7	0,167	Estacionária
Nossa Senhora de Nazaré	245,4	0,0	34,2	12,4	24,8	-0,6;54,9	0,056	Estacionária
Pavussu	245,3	9,1	54,4	22,6	22,4	-3,9;55,9	0,095	Estacionária
Cocal de Telha	245,0	0,0	40,9	15,7	25,5	0,5;56,8	0,046	Crescente
Lagoinha do Piauí	245,0	0,0	35,1	13,4	15,4	-5,1;40,3	0,137	Estacionária
Manoel Emídio	243,0	6,2	37,4	14,3	7,6	-15,5;37,1	0,524	Estacionária
Uruçuí	235,5	3,1	23,2	11,1	15,3	-5,5;40,6	0,147	Estacionária
Cajueiro da Praia	234,6	0,0	21,8	11,4	13,2	-14,7;50,2	0,360	Estacionária
Passagem Franca do Piauí	231,3	0,0	30,9	14,5	12,3	-11,1;42,0	0,300	Estacionária
Santa Cruz do Piauí	224,1	0,0	5,3	12,8	6,3	-19,7;40,7	0,650	Estacionária
Várzea Branca	222,8	0,0	40,4	16,1	20,9	0,6;45,4	0,040	Crescente
Floriano	221,6	1,1	33,4	12,9	22,4	2,6;45,9	0,030	Crescente

a) T: Trimestre; b) DP: Desvio-padrão; c) VPM: Variação percentual mensal; d) IC_{95%}: Intervalo de confiança de 95%; e) Regressão linear pelo método de Prais-Winsten.

No 1º trimestre, todos os municípios referiram incidência menor que 330,2/100 mil hab. (Figura 1A), passando a um crescimento acentuado no 2º e 5º trimestres, com taxas de incidência superiores a 1.023,1/100 mil hab., o que representou incrementos na incidência da doença da ordem de 13,8% e 25,0% respectivamente (Figuras 1B e 1E).

A Figura 2 mostra a evolução das médias trimestrais da taxa de mortalidade por COVID-19. Houve aumento no 2º e 5º trimestres, quando 6,3% e 25,0% dos municípios, respectivamente, apresentaram taxas superiores a 25,7/100 mil hab. (Figuras 2B e 2E). No 1º trimestre, a maioria dos municípios apresentaram taxas de mortalidade de até 6,6/100 mil hab. (Figura 2A).

Não houve correlações estatisticamente significativas entre a incidência de COVID-19 e o IVS

($r = -0,049$; p -valor = 0,465), e entre a mortalidade pela doença e o IVS ($r = -0,110$; p -valor = 0,099). Em relação ao IDHM, observou-se correlação moderada e fraca, respectivamente, com as taxas de incidência ($r = 0,419$; p -valor < 0,001) e de mortalidade ($r = 0,358$; p -valor < 0,001) (Tabela 3).

Considerando-se as três dimensões do IVS, não se observou correlação entre a infraestrutura urbana e as taxas de incidência ($r = 0,076$; p -valor = 0,258) e de mortalidade ($r = 0,067$; p -valor = 0,315). Foram constatadas correlações, a variar entre muito fraca e fraca, da dimensão "capital humano" com as taxas de incidência ($r = -0,132$; p -valor = 0,048) e de mortalidade ($r = -0,167$; p -valor = 0,012), e entre a dimensão "renda e trabalho" e as taxas de incidência ($r = -0,196$; p -valor = 0,003) e de mortalidade ($r = -0,288$; p -valor < 0,001). Quanto ao IDHM, identificou-se correlação entre

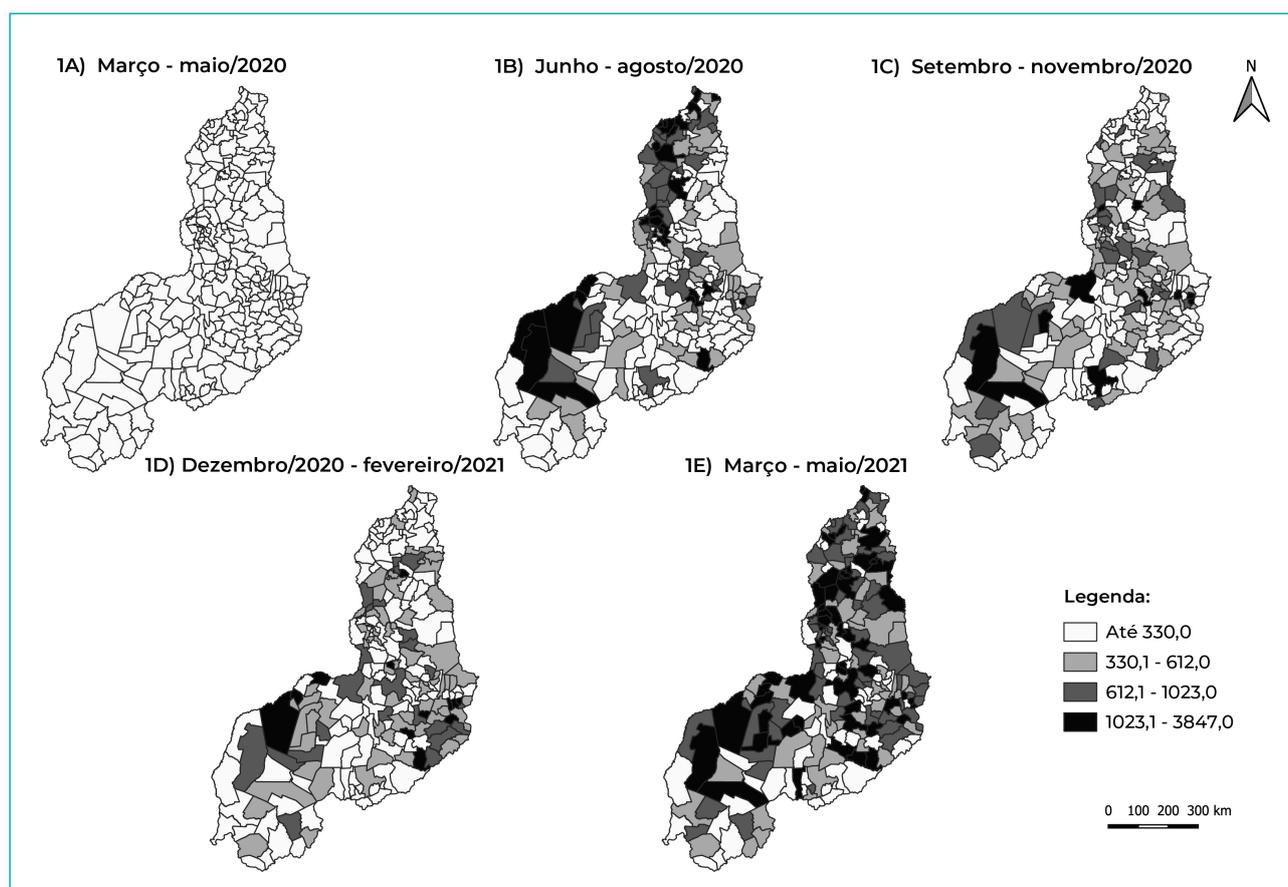


Figura 1 – Evolução da média trimestral da taxa de incidência por COVID-19 (por 100 mil hab.), segundo município de residência, Piauí, março/2020 a maio/2021

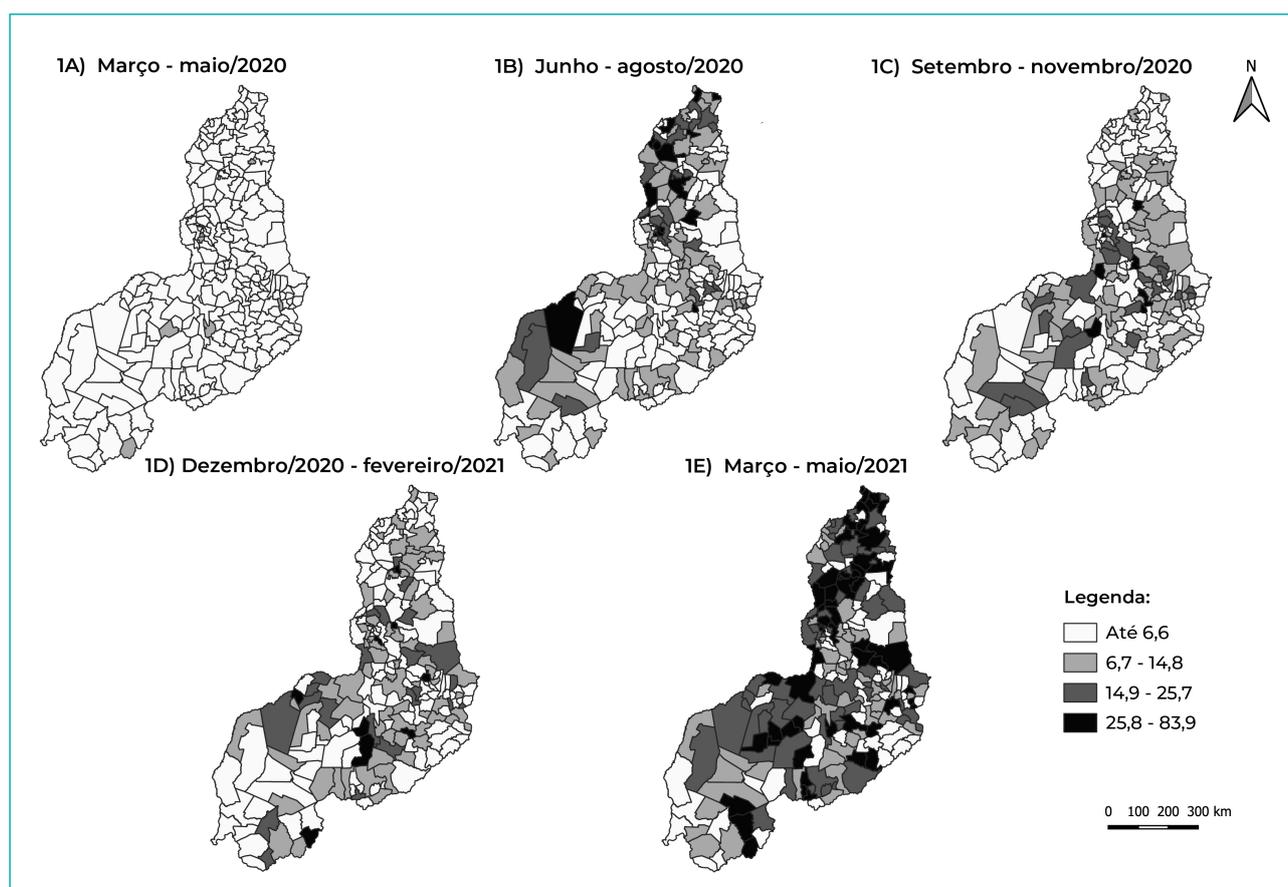


Figura 2 – Evolução da média trimestral da taxa de mortalidade por COVID-19 (por 100 mil hab.), segundo município de residência, Piauí, março/2020 a maio/2021

Tabela 3 – Correlação entre indicadores das taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19 (por 100 mil hab.) e indicadores socioeconômicos, Piauí, março/2020 a maio/2021

Indicadores socioeconômicos	Taxa de incidência		Taxa de mortalidade	
	r ^a	p-valor ^b	r ^a	p-valor ^b
IVS^c	-0,049	0,465	-0,110	0,099
Infraestrutura urbana	0,076	0,258	0,067	0,315
Capital humano	-0,132	0,048	-0,167	0,012
Renda e trabalho	-0,196	0,003	-0,288	< 0,001
IDHM^d	0,419	< 0,001	0,358	< 0,001
Longevidade	0,151	0,024	0,270	< 0,001
Educação	0,373	< 0,001	0,274	< 0,001
Renda	0,449	< 0,001	0,385	< 0,001

a) R: Coeficiente de correlação; b) Teste de correlação de Spearman; c) IVS: Índice de vulnerabilidade social; d) IDHM: Índice de desenvolvimento humano municipal.

Nota: "c" e "d" correspondem ao valor total, considerando-se as três dimensões.

todas as dimensões (longevidade, educação e renda) e as taxas de incidência/mortalidade de todos os municípios analisados, com destaque entre renda e taxa de incidência ($r = 0,449$; p -valor $< 0,001$ – magnitude do efeito: moderado) (Tabela 3).

DISCUSSÃO

A maior parte dos municípios do Piauí analisados, aqueles com as maiores taxas de incidência e de mortalidade por COVID-19, apresentaram tendência crescente das taxas de incidência e tendência estacionária das taxas de mortalidade, entre março de 2020 e maio de 2021. Outrossim, conforme demonstrado nos mapas ilustrativos desta análise, houve crescimento significativo das taxas de incidência e de mortalidade em todos os municípios do estado, durante todo o período estudado. Além disso, a análise de todos os municípios não encontrou fortes correlações das taxas de incidência e de mortalidade com o IVS, embora tenham-se encontrado correlações significativas entre as taxas de incidência e de mortalidade e o IDHM.

Diante do cenário da COVID-19 no Brasil, o Piauí apresenta particularidades no IVS, refletidas na morbimortalidade pela doença e no enfrentamento da pandemia nos âmbitos político, social e econômico. Essas especificidades podem se relacionar com a presença de 186 municípios (83%) classificados sob alta ou muito alta vulnerabilidade social, segundo a Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí (Cepro).¹⁵ Além disso, apenas três municípios do estado são classificados com baixa vulnerabilidade social, Teresina, Picos e Floriano; nenhum município apresentou IVS muito baixo.¹⁵

A capital Teresina registrou o maior número de casos e óbitos por COVID-19 confirmados, no estado. Esse resultado corrobora dados de um estudo conduzido nos primeiros 60 dias desde o surgimento da doença no Piauí,¹⁶ quando Teresina, justamente o município mais afetado nesse período, concentrava 54,4% dos casos e 47,1% dos óbitos por COVID-19 no estado. Este achado de Teresina pode-se atribuir ao fato de

a cidade ser a mais populosa e dispor de ampla interligação rodoviária e aeroviária com outras regiões do estado.¹⁷ Ademais, Teresina concentra os serviços de saúde de alta complexidade no Piauí, ocasionando desequilíbrio na oferta dos serviços e sobrecarga do sistema de saúde na capital.^{17,18}

Entre os municípios cujas taxas de mortalidade se mostraram estáveis, constam Teresina, Floriano, Campo Maior, Uruçuí e Valença, que possuem rede de atenção à saúde mais estruturada, seja na Atenção Básica, responsável pela detecção de casos e vacinação contra a COVID-19, seja na rede hospitalar presente nessas localidades, cujos serviços estão mais bem capacitados a atender os casos graves da doença.¹⁹

Alguns municípios avaliados não chegaram a apresentar uma significância estatística durante a análise da tendência temporal, a exemplo de Morro do Chapéu do Piauí, na avaliação da taxa de incidência, e Campo Maior, Teresina, Nossa Senhora de Nazaré, Pavussu, Lagoinha do Piauí e Uruçuí na avaliação da taxa de mortalidade. Entretanto, esses municípios apresentaram uma tendência crescente que, para fins de planejamento estadual, precisa ser levada em consideração ao se formularem medidas em favor da estabilidade ou decréscimo do número de casos e óbitos.

Após o registro dos primeiros casos de COVID-19 no Piauí, medidas de distanciamento social, como o fechamento de escolas e de estabelecimentos não essenciais, foram implementadas de maneira descentralizada e independente pelos municípios, que optaram por seguir caminhos interventivos próprios, dado que não havia uma recomendação única do ente federativo.²⁰ Quando houve decréscimo no número de casos e óbitos, especialmente no final de 2020 e início de 2021, períodos dentro do 3º e do 4º trimestres avaliados, observou-se relaxamento dessas medidas de prevenção, a que se seguiu aumento da morbimortalidade por COVID-19 no estado, com a ocorrência de “ondas” ou “picos” da pandemia.²¹

Assim como observado no âmbito nacional,²² ao longo do período analisado neste estudo, aconteceram duas “ondas” da doença: a primeira, nos meses de junho a agosto de 2020; e a segunda, de março a abril de 2021. O aumento da morbimortalidade notado durante a segunda onda foi maior que o observado na primeira, tanto no Piauí como no restante do país, visto que os estados adotaram medidas preventivas antes e durante a primeira onda da COVID-19,²² ao passo que, na segunda onda, os gestores retardaram a implementação de medidas rígidas de distanciamento, utilizando-as como último recurso na iminência do aumento da morbimortalidade.²²

Os resultados da presente pesquisa, diferentemente do estudo de âmbito nacional desenvolvido por Martins-Filho et al.,¹⁴ mostraram ausência de correlação entre morbimortalidade por COVID-19 e IVS.

O Piauí apresenta um dos piores IDHs do Brasil, à frente apenas dos estados do Pará, Maranhão e Alagoas.²³ Nenhum dos municípios piauienses possui IDHM muito alto (acima de 0,800), e tão somente Teresina e Floriano são classificados com IDHM alto (entre 0,700 e 0,799).¹¹ As correlações entre o IDHM e a morbimortalidade por COVID-19 identificadas, com magnitudes fracas ou moderadas, corroboram os resultados de análise semelhante realizada no estado do Ceará.²⁴ Os autores do estudo citado concluíram que os municípios cearenses com maior IDHM possuem maior circulação viral e maior transmissibilidade da COVID-19, haja vista os municípios do interior ainda guardarem intensas relações sociais e econômicas com os maiores centros urbanos, por conta da grande mobilidade da população em busca de serviços de que esses centros dispõem.²⁴ Diante das relações semelhantes estabelecidas entre os municípios do Piauí, acredita-se que esse argumento também seja válido para o estado.

Algumas limitações necessitam ser consideradas na interpretação dos dados apresentados, entre elas a demora na notificação de óbitos por COVID-19 no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), no período da coleta de dados. Para tanto, optou-se pela utilização do Painel Coronavírus, considerado o canal oficial de informações sobre COVID-19 no país e que, apesar de fragilidades em sua constituição, é de fácil manuseio e rápida disponibilização dos dados.²⁵

Outrossim, ressalta-se a ausência de dados socioeconômicos atualizados para a análise de sua associação com as taxas de incidência e de mortalidade, pois não se realizou o censo de 2020 e, por conseguinte, as associações observadas podem não refletir a realidade atual. A baixa quantidade de testagens rápidas e a subnotificação dos casos e óbitos também precisam ser consideradas, uma vez que subestimam os indicadores calculados e dificultam a compreensão fidedigna da análise epidemiológica da doença no estado. Tais limitações são inerentes aos sistemas de vigilância, à administração pública federal e à atuação da gestão em saúde do Estado, o que limita o poder de intervenção dos pesquisadores no sentido de saná-las.

A ausência de fortes correlações entre os indicadores de morbimortalidade e o IVS são inquietantes. Elas demonstram o avanço da doença, tanto nas camadas sociais mais vulneráveis quanto nas menos vulneráveis, sem distinções. Por sua vez, as correlações significativas entre essas taxas de incidência e de mortalidade e o IDHM apontam para a necessidade de políticas que garantam o desenvolvimento dos indivíduos e estes não vivenciem impactos significativos, tanto na atual como nas próximas crises sanitárias, considerando-se as três dimensões do IDHM: longevidade, educação e renda.

Diante de um país diverso, de dimensões continentais e desigualdades reconhecidas como é o Brasil, há um conjunto de estratégias a serem consideradas. A diversidade do território requer

papel ativo do Governo Federal e intensa cooperação dos governos estaduais e municipais. Entre as ações conjuntas e necessárias para potencializar a resposta do Estado à pandemia, encontram-se: (i) o monitoramento transparente e detalhado da situação epidemiológica; (ii) as determinações de distanciamento social; (iii) a articulação da comunicação estabelecida entre os vários grupos da sociedade; (iv) o fortalecimento do sistema público de saúde, em seus diversos níveis, bem como do sistema de saúde privado; (v) e as medidas de apoio ao emprego e à economia, com estratégias voltadas à proteção social de populações de maior vulnerabilidade. À vista disso, no Piauí e demais estados, as ações também devem ser articuladas, o que requer uma coordenação entre as diversas áreas da política e gestão governamental, para evitar a propagação da

doença em sucessivas ondas e diminuir suas consequências socioeconômicas.²⁶

Por fim, o trabalho em tela trouxe uma abordagem inovadora, até então pouco vista na literatura, ao analisar as taxas de incidência e de mortalidade utilizando-se do IVS e IDHM. Ao constatar o crescimento de casos confirmados de COVID-19 nos municípios, na medida em que existe uma correlação entre a doença e o IDHM, a pesquisa auxilia e demanda sensibilidade, por parte dos administradores de todas as esferas públicas, no uso das ferramentas de gestão para enfrentar a pandemia. Finalmente, recomenda-se a elaboração de mais pesquisas e publicações acerca do tema, além da adoção de medidas que levem em consideração os aspectos socioeconômicos, com vistas a reduzir a morbimortalidade e os impactos causados pela pandemia da COVID-19 na população.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Silva VR, Pacheco ES, Cardoso OO, Lima LHO, Rodrigues MTP e Mascarenhas MDM contribuíram na concepção e delineamento do estudo, análise e interpretação dos dados, revisão crítica do conteúdo intelectual e aprovação da versão final do manuscrito. Todos os autores são responsáveis por todos os aspectos do trabalho, incluindo a garantia de sua precisão e integridade.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver conflitos de interesse.

FINANCIAMENTO

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Processo nº 23038.015592/2020-94 (Edital – Apoio aos Programas de Pós-Graduação emergentes e em consolidação em áreas prioritárias nos estados).

Correspondência: Edildete Sene Pacheco | edildete@ufpi.edu.br

Recebido em: 16/12/2021 | **Aprovado em:** 08/07/2022

Editora associada: Laylla Ribeiro Macedo 

REFERÊNCIAS

1. Temgoua MN, Endomba FT, Nkeck JR, Kenfack GU, Tochie JN, Essouma M. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) as a multi-systemic disease and its impact in low-and middle-income countries (LMICs). *SN Compr Clin Med*. 2020;2(9):1377-1387. doi: 10.1007/s42399-020-00417-7
2. Tiwari A, Dadhania AV, Ragunathrao VAB, Oliveira ERA. Using machine learning to develop a novel COVID-19 Vulnerability Index (C19VI). *Sci Total Environ*. 2021;773:145650. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.145650
3. Ministério da Saúde (BR). Painel Coronavírus [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2021 [citado 2021 Nov 6]. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>
4. Rocha R, Atun R, Massuda A, Rache B, Spinola P, Nunes L, et al. Effect of socioeconomic inequalities and vulnerabilities on health-system preparedness and response to COVID-19 in Brazil: a comprehensive analysis. *Lancet Glob Health*. 2021;9(6):e782–e792. doi: 10.1016/S2214-109X(21)00081-4
5. Martins-Filho PR, Araújo AAS, Quintans Júnior LJ, Santos VS. COVID-19 fatality rates related to social inequality in Northeast Brazil: a neighbourhood-level analysis. *J Travel Med*. 2020;27(7):taaa128. doi: 10.1093/jtm/taaa128
6. Bambra C, Riordan R, Ford J, Matthews F. The COVID-19 pandemic and health inequalities. *J Epidemiol Community Health*. 2020;74(11):964-8. doi: 10.1136/jech-2020-214401
7. Bajgain KT, Badal S, Baigain BB, Santana MJ. Prevalence of comorbidities among individuals with COVID-19: A rapid review of current literature. *Am J Infect Control*. 2021;49(2):238-46. doi: 10.1016/j.ajic.2020.06.213
8. Sanyaolu A, Okorie C, Marinkovic A, Patidar R, Younis K, Desai P, et al. Comorbidity and its impact on patients with COVID-19. *SN Compr Clin Med*. 2020;2(8):1069-1076. doi: 10.1007/s42399-020-00363-4
9. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativa populacional [Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2020 [citado 2021 Abr 23]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/estimapop/tabelas>
10. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Índice de vulnerabilidade social [Internet]. Brasil: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 2010 [citado 2021 Abr 24]. Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/>
11. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Índice de desenvolvimento humano municipal brasileiro [Internet]. Brasília: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 2013 [citado 2021 Abr 25]. 95 p. (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013). Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/130729_AtlasPNUD_2013.pdf
12. Antunes JLF, Cardoso MRA. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. *Epidemiol Serv Saude*. 2015;24(3):565-76. doi: 10.5123/S1679-49742015000300024
13. Vieira S. Introdução à Bioestatística. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2008.
14. Martins-Filho PR, Quintans Júnior LJ, Araújo AAS, Sposato KB, Tavares CSS, Gurgel RQ, et al. Socio-economic inequalities and COVID-19 incidence and mortality in Brazilian children: a nationwide register-based study. *Public Health*. 2021;190:4-6. doi: 10.1016/j.puhe.2020.11.005
15. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. O Índice de vulnerabilidade social no Piauí por territórios de desenvolvimento [Internet]. Teresina: Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí; 2018 [citado 2021 Nov 9]. 50 p. (Série Inclusão Social, v. 3). Disponível em: http://www.cepro.pi.gov.br/download/201802/CEPRO08_365efb6de8.pdf
16. Pacheco ES, Silva VR, Soares LS. A brief epidemiological analysis of COVID-19 in Piauí, Brazil. *Rev Pre Infec e Saúde*. 2020;6:10690. doi: 10.26694/repis.v6i0.10690

17. Batista FMA, Mascarenhas MDM, Marinelli NP, Albuquerque LPA, Rodrigues MTP, Vieira MACS, et al. COVID-19 in Piauí: initial scenario and perspectives for coping. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2020;53:e20200175. doi: 10.1590/0037-8682-0175-2020
18. Secretaria Estadual de Saúde (Piauí). Plano estadual de saúde: 2020 – 2023 [Internet]. Teresina: Secretaria Estadual de Saúde do Piauí; 2020 [citado 2021 Jun 1]. 121 p. Disponível em: http://www.saude.pi.gov.br/ckeditor_assets/attachments/2109/PLANO_ESTADUAL_DE_SAUDE_-_2020_-_2023.pdf
19. Secretaria Estadual de Saúde (Piauí). Leitos exclusivos COVID-19 [Internet]. Teresina: Secretaria Estadual de Saúde do Piauí; 2021 [citado 2021 Jun 1]. Disponível em: <http://coronavirus.pi.gov.br/leit-os-exclusivos>
20. Governo do Estado (Piauí). Decretos estaduais: novo coronavírus [Internet]. Teresina: Secretaria Estadual de Saúde do Piauí; 2020 [citado 2022 Fev 1]. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/decretos-estaduais-novo-coronavirus/>
21. G1. Pesquisa da UFPI aponta que segunda onda é resultado do relaxamento e falta de conscientização: de acordo com o estudo, medidas de isolamento realizadas hoje terão impacto em abril. G1 Piauí [Internet]. 2021 [citado 2022 Jun. 06]. Disponível em: <https://g1.globo.com/google/amp/pi/piaui/noticia/2021/03/10/pesquisa-da-ufpi-aponta-que-segunda-onda-e-resultado-do-relaxamento-e-falta-de-conscientizacao.ghtml>
22. Moraes RF. Medidas legais de distanciamento social: análise comparada da primeira e segunda ondas da pandemia da COVID-19 no Brasil [Internet]. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 2021 [citado 2021 Jun 1]. (Nota Técnica, n. 33). Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10572>
23. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - Brasil. Ranking IDHM Unidades da Federação 2010 [Internet]. Brasília: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – Brasil; 2013 [citado 2021 Jun 1]. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/IDHM-uf-2010.html>
24. Maciel JAC, Castro-Silva II, Farias MRD. Análise inicial da correlação espacial entre a incidência de COVID-19 e o desenvolvimento humano nos municípios do estado do Ceará no Brasil. *Rev Bras Epidemiol*. 2020;23:e200057. doi: 10.1590/1980-549720200057
25. Marques DHF, Nogueira OJO, Faria PD. Investigação dos óbitos no Brasil no contexto da pandemia de Covid-19: um estudo exploratório. In: Associação Brasileira de Estudos Populacionais, Fundo de População das Nações Unidas. População e desenvolvimento em debate: impactos multidimensionais da pandemia da Covid-19 no Brasil. Campinas: Associação Brasileira de Estudos Populacionais; 2021. p. 192-200
26. Lima LDD, Pereira AMM, Machado CV. Crise, condicionantes e desafios de coordenação do Estado federativo brasileiro no contexto da COVID-19. *Cad Saude Publica*. 2020;36(7):e00185220. doi: 10.1590/0102-311x00185220

ABSTRACT

Objective: To analyze the temporal trend of COVID-19 incidence and mortality rates and their relationship with socioeconomic indicators. **Methods:** This was an ecological time series study of COVID-19 cases/deaths in municipalities in Piauí, Brazil, between March, 2020 and May, 2021. Prais-Winsten linear regression model and Spearman's correlation test were used. **Results:** There were 271,228 cases and 5,888 deaths in the period. There was a rising trend in COVID-19 incidence rate, while the mortality trend was stable. The spatio-temporal analyses showed higher incidence/mortality in the second and fifth quarters of the period. There was no statistically significant correlation between COVID-19 and the Social Vulnerability Index (IVS). Significant correlations between the Municipal Human Development Index (IDHM) and COVID-19 incidence (p -value < 0.001) and mortality rates (p -value < 0.001) were found. **Conclusion:** There was a rising trend in COVID-19 incidence and stability in COVID-19 mortality. Correlation between the MHDH and these two indicators was moderate and weak, respectively, demanding public service management decisions aimed at improving the population's quality of life.

Keywords: Vulnerability Analysis; COVID-19; Time Series Studies; Health Inequality Indicators; Epidemiological Monitoring.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la tendencia temporal de las tasas de incidencia y mortalidad por COVID-19 y su relación con indicadores socioeconómicos. **Métodos:** Estudio de serie temporal ecológica de casos/muertes por COVID-19 en municipios de Piauí, Brasil, entre marzo de 2020 y mayo de 2021. Se utilizaron el modelo de regresión lineal de Prais-Winsten y la prueba de correlación de Spearman. **Resultados:** Hubo 271.228 casos y 5.888 defunciones en período. Hubo una tendencia creciente en la tasa de incidencia y estabilidad en la mortalidad por COVID-19. Los análisis espacio-temporales mostraron mayor incidencia/mortalidad en segundo/quinto trimestre del período. No hubo una correlación estadísticamente significativa entre COVID-19 y el índice de vulnerabilidad social (IVS). Se observaron correlaciones significativas entre índice de desarrollo humano municipal (IDHM) e incidencia (p -valor $< 0,001$) y mortalidad (p -valor $< 0,001$) por COVID-19. **Conclusión:** Hubo una tendencia creciente en la incidencia de COVID-19 y estabilidad en mortalidad por la enfermedad. Hubo correlación moderada y débil de estos indicadores con IDHM, exigiendo decisiones encaminadas a mejorar la calidad de vida de la población en los ámbitos de gestión.

Palabras clave: Análisis de Vulnerabilidad; COVID-19; Estudios de Series Temporales; Indicadores de Desigualdad en Salud; Monitoreo Epidemiológico.