

CONTÁGIO VERSUS CONDIÇÃO CLIMÁTICA: ANÁLISE CORRELACIONAL ENTRE CASOS E FATALIDADES PELA COVID-19 EM CAPITALS BRASILEIRAS¹

Krüger, E.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, PPGEC/UTFPR, ekruger@utfpr.edu.br

RESUMO

O artigo apresenta dados climáticos contrastados com dados disponibilizados do Ministério da Saúde quanto à difusão da COVID-19 no território brasileiro. Foca-se na análise de correlação entre dados de estações automáticas do INMET, especificamente temperaturas e umidades relativas médias diárias, tipos climáticos, por capital, definidos pela classificação Köppen-Geiger e dados do Ministério da Saúde. Verificou-se haver uma relação inversa entre temperatura média diária e número de casos e óbitos registrados no país no período analisado. Notou-se também que as correlações não foram necessariamente mais fortes na região sul do país, mas se verificaram também em climas quentes do território brasileiro.

Palavras-chave: dados climáticos, temperatura média diária, COVID-19, análise de correlação.

ABSTRACT

The study presents climate data versus available data from the Ministry of Health regarding the dissemination of COVID-19 in the Brazilian territory. It focuses on the correlation analysis between data from automatic weather stations from the INMET network, specifically average daily temperatures and relative humidities, climate types defined by the Köppen-Geiger classification scheme, and data from the Ministry of Health. There was an inverse relationship between average daily temperature and number of cases and deaths registered in the country in the period evaluated. It was also noticed that the correlations were not necessarily stronger in the southern region of the country, but occurred to a greater extent in hot climates in the Brazilian territory.

Keywords: climatic data, average daily temperature, COVID-19, correlation analysis.

1 INTRODUÇÃO

A situação atual mundial criada a partir da disseminação do novo coronavírus (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 ou SARS-CoV-2) que emergiu em dezembro de 2019 em Wuhan, China, trouxe consigo uma série de especulações e de informações discrepantes com relação ao alastramento

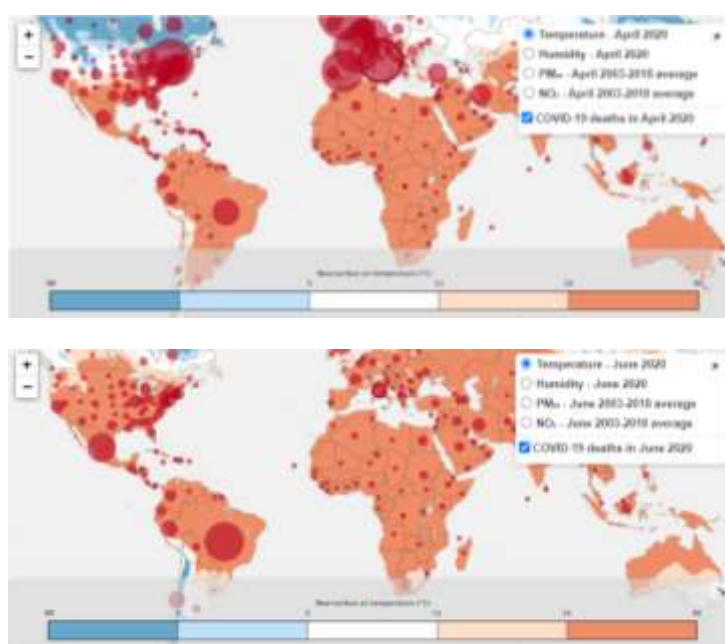
¹ KRÜGER, E. Contágio versus condição climática: análise correlacional entre casos e fatalidades pela COVID-19 em capitais brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

da COVID-19. Uma delas se relaciona às condições climáticas e ao comportamento das atuais taxas de contágio e letalidade no decorrer das estações do ano e em regiões climáticas diversas.

No caso brasileiro, medidas diversas foram aplicadas de forma não exatamente organizada, como isolamento social, utilização de máscaras, redução drástica da mobilidade entre cidades e dentro delas e também quanto ao tráfego aéreo. Nos últimos meses, deu-se um afrouxamento dessas medidas em diversos estados, comprometendo a difusão do vírus no país.

Com a declaração pela OMS de que a SARS-CoV-2 se tornara uma pandemia em 12 de março de 2020, quando a situação na Europa tinha atingido 20.000 casos confirmados e 1.000 óbitos, uma questão fundamental passou a ser saber se o vírus seria mais ou menos transmissível no trópico-úmido (O'REILLY et al., 2020). Nessa perspectiva, iniciativas como a do *Copernicus Climate Change Service*, 'C3S' (<https://cds.climate.copernicus.eu/apps/c3s/app-c3s-monthly-climate-covid-19-explorer>), procuram entender, neste caso, a partir de dados de mortalidade disponibilizados pela *Johns Hopkins University* como o efeito combinado de temperatura e umidade afetam a disseminação da COVID-19 (Figura 1).

Figura 1 – Mortalidade pela COVID-19 versus temperatura média mensal para abril e junho de 2020



Fonte: <https://cds.climate.copernicus.eu/apps/c3s/app-c3s-monthly-climate-covid-19-explorer>

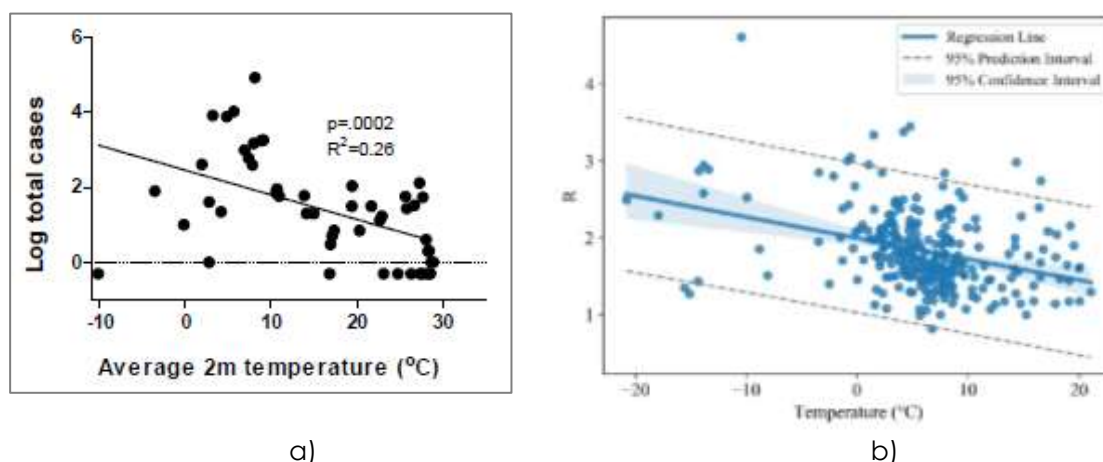
Alguns estudos recentes comprovam haver uma relação entre clima e taxas de transmissão da COVID-19.

Sajadi *et al.* (2020) indicaram haver menos surtos epidêmicos em regiões com temperaturas mais altas e com umidade absoluta mais elevada. O estudo foi comparativo e partiu de uma análise dados climáticos de cidades com níveis significativos de contágio versus cidades não afetadas pelo vírus ou com baixo nível de contágio na faixa de latitudes 30° a 50° N e com faixa restrita de temperaturas (médias entre 5-11°C) e de umidade absoluta (4-7 g/m³). O

objetivo foi o de prever quais regiões no planeta estariam em maior situação de risco, antecipando as ações de saúde pública no acompanhamento e manejo da COVID-19. De acordo com esses autores, diversas síndromes respiratórias têm caráter sazonal, como foi o caso da gripe espanhola (*influenza virus*) no início do século passado. A partir dos resultados encontrados, Sajadi *et al.* (2020), no estudo publicado no início de março, previam uma diminuição da epidemia em regiões de latitude acima de 30° N com a chegada do verão.

Wang *et al.* (2020) igualmente sugerem haver uma redução na transmissão da COVID-19 com aumento da temperatura e umidade relativa. O estudo baseou-se no levantamento da taxa de transmissão, denominada R0 ("R-naught" ou o número de novos infectados a partir de uma pessoa já infectada pelo vírus). Nesse estudo, os autores utilizam dados de cidades chinesas sob condições naturais, ou seja, sem a entrada de medidas de intervenção do poder público para contenção do contágio da população pela COVID-19. Para dados de janeiro de 2020, a amostra estudada mostrou variações no R0 entre 1 e 3. A análise de regressão mostrou haver uma relação inversa entre R0 e temperatura e umidade, com R² de cerca de 20%. A Figura 2 apresenta essas relações, conforme obtidas pelos estudos citados.

Figura 2 – Correlações entre temperatura média e casos de COVID-19 (a) e entre temperatura média e taxa de transmissão (b)



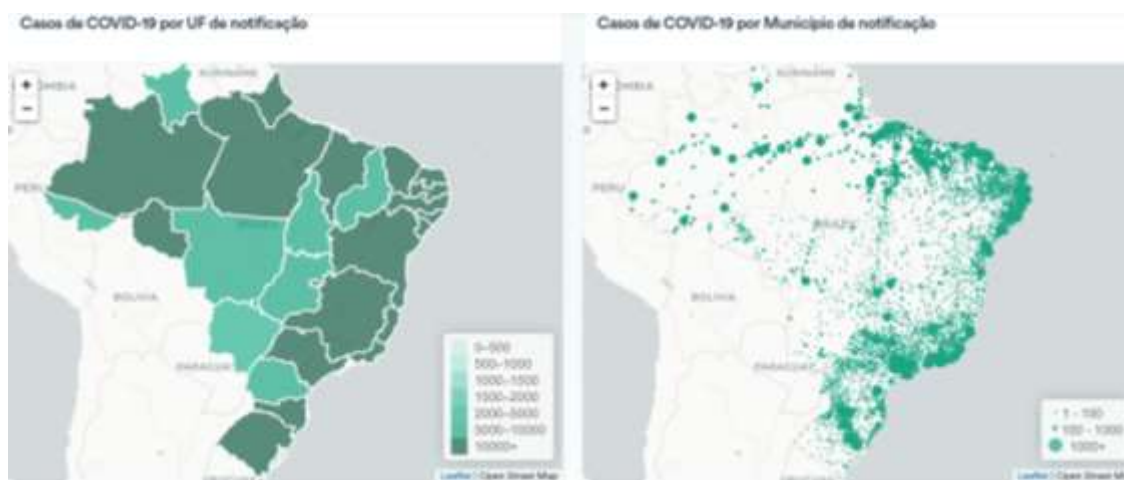
Fonte: Sajadi *et al.* (2020); Wang *et al.*, 2020

Em estudo mais atual, Raina *et al.* (2020) traçaram uma relação entre casos observados de COVID-19 entre países diversos e comprovaram que países com condições climáticas mais frias estão dentre aqueles com maior incidência do coronavírus. Deve-se ressaltar, entretanto, que há no momento poucos estudos que abordam a relação entre clima e taxas de transmissão da COVID-19.

No caso brasileiro, cujo território é composto majoritariamente por clima quente, tais resultados podem parecer um alento, porém nas regiões sul e sudeste a chegada da estação de inverno poderia implicar em aumento das taxas de transmissão do vírus. Uma informação enganosa, depois desmentida pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), circulou em redes sociais no início do contágio no território brasileiro, de que o vírus, quando exposto a uma temperatura de 26° C a 27° C morre.

Segundo dados atualizados do Ministério da Saúde (<https://covid.saude.gov.br/>), têm-se no momento da redação deste trabalho cerca de 828.810 casos confirmados e 41.828 óbitos no Brasil, distribuídos da seguinte forma pelo território nacional (Figura 3):

Figura 3 – Casos confirmados de COVID-19 – junho de 2020



Fonte: <https://covid.saude.gov.br/>

Nesse contexto, o objetivo do artigo é correlacionar dados de contágio publicados pelo Ministério da Saúde com dados de temperatura e umidade relativa registrados na rede de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia INMET, desde o final de março até final de maio de 2020. O período inicia para todas as capitais analisadas no artigo a partir do dia 28/03, utilizando as séries de casos e óbitos nas capitais brasileiras disponibilizadas pelo Ministério.

2 MÉTODO

Os dados publicados pelo Ministério da Saúde (<https://covid.saude.gov.br/>), consistem basicamente do número de casos novos e acumulados, e de óbitos novos e acumulados, por dia, disponibilizados em planilha 'CSV'. Tais dados, inicialmente disponibilizados como totais por estado, foram reorganizados para totais diários por cidade e UF, incluindo as capitais. Como as taxas de transmissão têm sido maiores em áreas urbanas, as capitais foram adotadas como referência nas análises.

Os dados de temperatura e umidade registrados na rede de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>) foram coletados para as capitais de cada unidade federal (UF). Adotou-se apenas o conjunto de capitais considerando o padrão "urbano" de alastramento da COVID-19.

Notaram-se falhas na base horária de dados meteorológicos, o que impactou o conjunto de dados por capital, com dados inexistentes para determinadas datas e ausência de linhas de dados horários em algumas ocasiões, o que acabou levando à decisão de se calcular dados de temperatura média diária

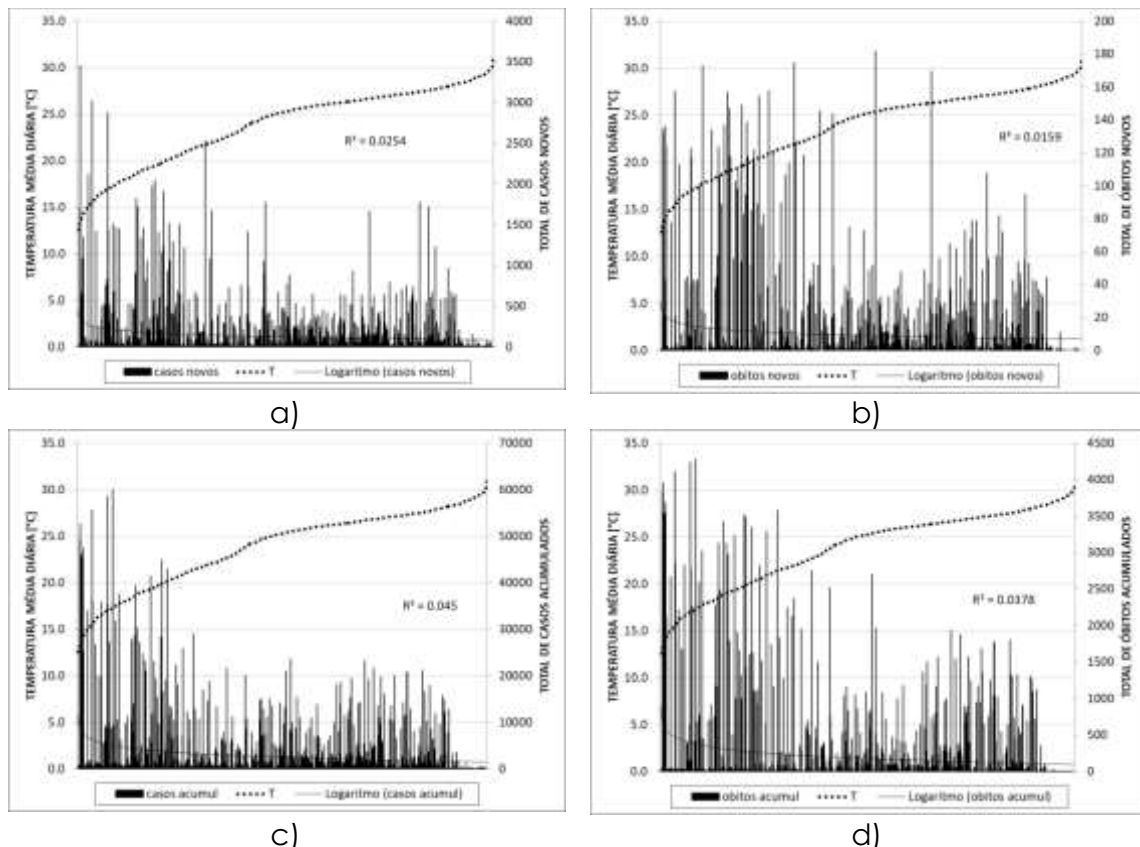
a partir da data informada, sem correção para os fusos horários brasileiros. Assim, as médias de temperatura basearam-se na data informada linha a linha, sem correção da hora UTC para cada caso.

A análise dos dados se deu pelo ordenamento dos dados de temperatura e umidade relativa média diária por capital versus dados do Ministério da Saúde, análise de regressão e ordenamento segundo tipo climático.

3 RESULTADOS

A Figura 4 apresenta os dados combinados de todas as capitais com temperatura média diária, ordenados e comparados ao número de casos e óbitos devido à COVID-19 por dia. A linha inferior mostra o mesmo para dados acumulados. Nesse caso, a diferença nos padrões é sutil, já que os novos casos em geral guardam uma proporção quanto ao total acumulado, alterando-se apenas a proporção na escala do eixo secundário das ordenadas.

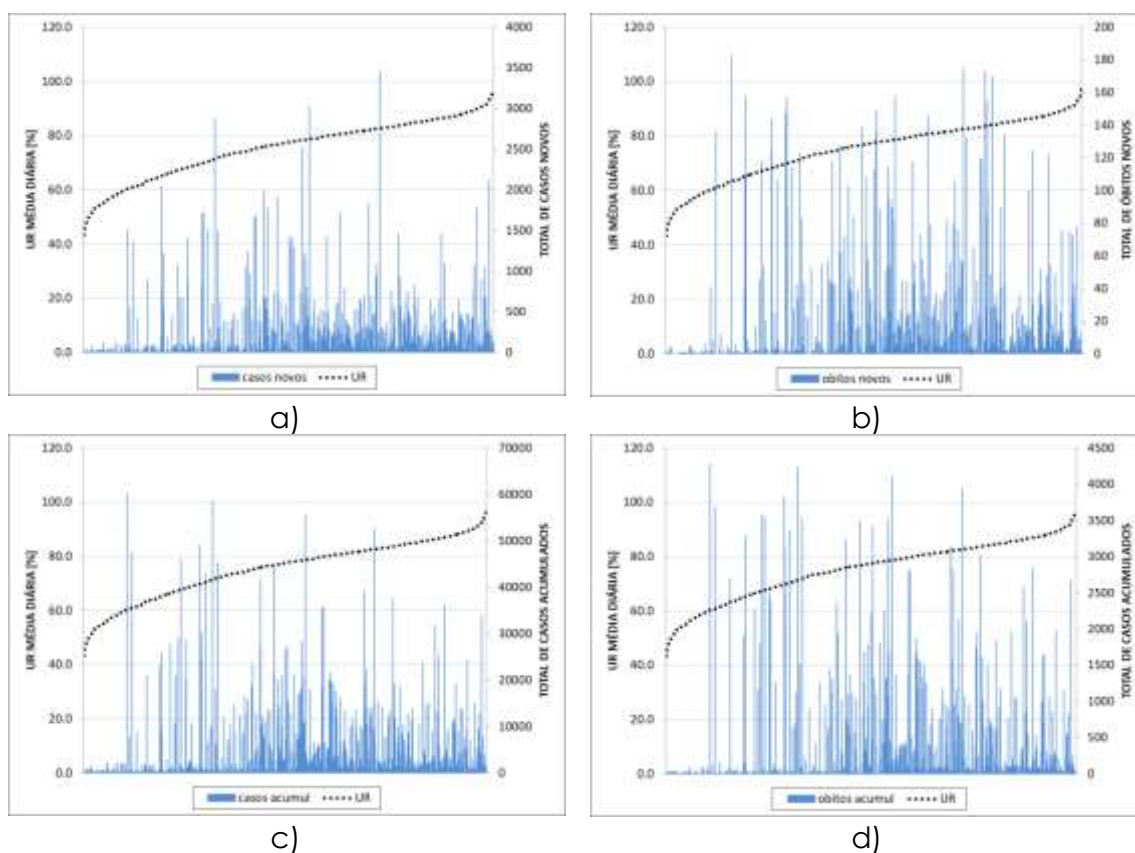
Figura 4 – Temperatura média diária versus casos de COVID-19 (a) e número de óbitos (b), (c) e (d), casos e óbitos acumulados, respectivamente.



O padrão de decréscimo do número de casos com o aumento da temperatura média diária é inequívoco, embora com baixa aderência dos valores de contágio à linha de tendência logarítmica (valor do R^2). Na comparação com os dados de umidade relativa, tratados da mesma forma,

não há uma tendência discernível.

Figura 5 – Umidade relativa média diária versus casos de COVID-19 (a) e número de óbitos (b), (c) e (d), casos e óbitos acumulados, respectivamente.



Na análise correlacional (Tabela 1), as correlações aparecem com variações por capital. O ordenamento por temperatura média dos registros não mostra um padrão discernível em relação à correlação média para os quatro indicadores de transmissão de COVID-19. A média das correlações mostra valores mais elevados para os percentuais acumulados. Para a umidade relativa, a média geral é baixa, comprovando a falta de um padrão conforme apontado na Figura 5. A Figura 6 apresenta as correlações encontradas para temperatura e umidade relativa em função do tipo climático. Novamente, a curva de tendência mostra maior aderência para a temperatura, com maiores correlações observadas para o tipo climático “C” (climas temperados).

Contudo, há também um efeito evidente da aglomeração de pessoas, com maiores taxas de contágio em grandes centros urbanos (Tabela 2). Com uma taxa de transmissão (valor denominado R_t) de 1,08 (dados recentes de 07/06/2020 divulgados pelo *Imperial College COVID-19 Response Team*, disponíveis em <https://mrc-ide.github.io/covid19-short-term-forecasts/index.html#introduction>), para o corona vírus no Brasil, grandes centros urbanos favorecem o alastramento do vírus. A correlações são altas entre totais e óbitos acumulados e população por município em 31/05/2020.

Tabela 1 – Correlações encontradas entre médias diárias de temperatura e casos e óbitos por COVID-19, ordenadas pela temperatura média do período.

Capitais	T versus casos acumul	T versus casos novos	T versus óbitos acumul	T versus óbitos novos	Média das correlações encontradas para T	Média das correlações encontradas para UR	T média (°C)	Köppen-Geiger
Curitiba	-0.53	-0.33	-0.50	0.00	-0.34	-0.22	17.2	Cfb
São Paulo	-0.57	-0.32	-0.57	-0.24	-0.42	-0.33	18.1	Cfa
Belo Horizonte	-0.78	-0.40	-0.75	-0.14	-0.52	-0.22	18.4	Cwa
Porto Alegre	-0.65	-0.02	-0.63	-0.14	-0.36	0.15	19.0	Cfa
Brasília	-0.68	-0.65	-0.71	-0.51	-0.64	-0.25	20.3	Aw
Florianópolis	-0.63	-0.31	-0.69	-0.11	-0.44	0.05	20.7	Cfa
Rio de Janeiro	-0.50	-0.37	-0.48	-0.41	-0.44	-0.34	22.2	Aw
Campo Grande	-0.54	-0.17	-0.59	0.04	-0.32	-0.03	22.4	Aw
Goiânia	-0.79	-0.47	-0.78	-0.20	-0.56	-0.17	22.6	Aw
Vitória	-0.06	-0.20	-0.03	-0.24	-0.13	-0.27	23.6	Am
Salvador	-0.51	-0.39	-0.50	-0.30	-0.43	0.05	25.9	Af
Porto Velho	-0.33	-0.18	-0.34	-0.09	-0.23	-0.28	26.2	Am
Recife	-0.54	-0.51	-0.53	-0.38	-0.49	0.31	26.4	Am
Cuiabá	-0.53	-0.51	-0.50	-0.28	-0.45	-0.03	26.6	Aw
Macapá	0.32	0.02	0.34	0.22	0.23	-0.20	26.8	Am
Manaus	0.10	0.13	0.10	-0.02	0.08	-0.07	27.0	Af
Natal	-0.52	-0.37	-0.50	-0.36	-0.44	0.26	27.0	As
Fortaleza	-0.18	-0.11	-0.16	-0.14	-0.15	-0.13	27.0	Am
Aracaju	-0.40	-0.54	-0.32	-0.22	-0.37	0.25	27.1	As
Palmas	-0.07	-0.06	-0.15	-0.18	-0.11	-0.12	27.3	Aw
Boa Vista	-0.67	-0.58	-0.59	-0.36	-0.55	0.54	27.9	Aw
<i>média geral</i>	<i>-0.43</i>	<i>-0.30</i>	<i>-0.42</i>	<i>-0.19</i>	<i>-0.34</i>	<i>-0.05</i>		

Figura 6 – Correlações entre médias diárias para Temperatura e Umidade Relativa, ordenadas por tipo climático

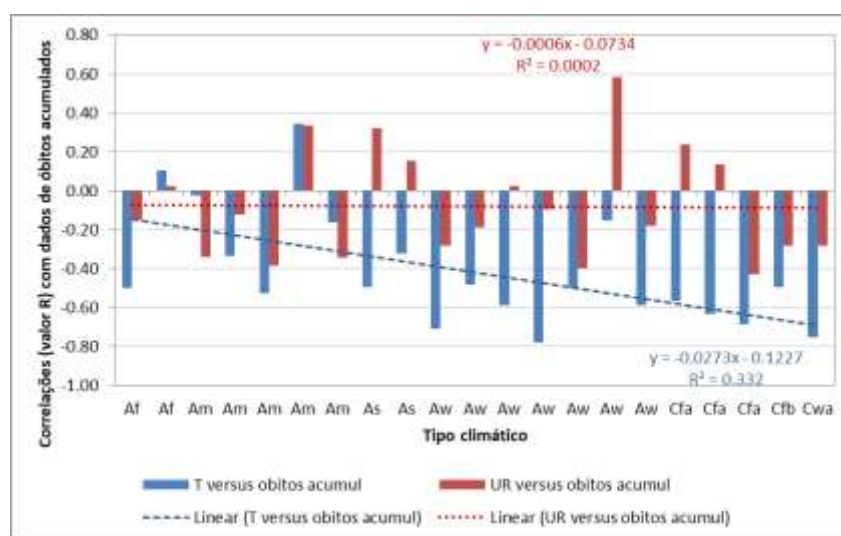


Tabela 2 – Número acumulado de casos e óbitos por COVID-19, ordenado pelos totais da população por município em 31/05/2020 e correlações encontradas.

	casos acumulados	óbitos acumulados	população em 31/05
Palmas	601	7	299127
Vitória	2453	96	362097
Boa Vista	2614	96	399213
Florianópolis	679	7	500973
Macapá	5035	130	503327
Porto Velho	3495	109	529544
Cuiabá	723	10	612547
Aracaju	4061	71	657013
Natal	2908	100	884122
Campo Grande	293	7	895982
Porto Alegre	743	35	1483771
Goiânia	1666	52	1516113
Recife	15474	1081	1645727
Curitiba	984	47	1933105
Manaus	18293	1366	2182763
Belo Horizonte	1852	49	2512070
Fortaleza	23613	1967	2669342
Salvador	11218	453	2872347
Brasília	9780	170	3015268
Rio de Janeiro	29157	3578	6718903
São Paulo	60131	4280	12252023
Correl (R)	0.9313	0.8999	

5 CONCLUSÕES

O estudo sugere haver uma relação entre condições climáticas locais e taxa de transmissão do novo coronavírus. No momento desta submissão, o número de casos beira 3.800.000 com 118.000 óbitos registrados pelo portal covid.saude.gov.br. Até a realização do ENTAC 2020, comprovar-se-á se a chegada do inverno especialmente na região sul terá trazido consigo um aumento no número de casos de COVID-19.

As tendências observadas corroboram os estudos citados de Wang et al. (2020) e de Sajadi et al. (2020). A relação entre tipo climático reforça essa tendência. De forma semelhante ao estudo realizado por Wang et al. (2020), o presente estudo não compara países diversos, havendo assim alguma uniformidade nas condições sócio-econômicas e de manejo da pandemia, embora ainda existam diferenças significativas entre UFs e ações promovidas de forma independente nos estados brasileiros para contenção da pandemia.

Algumas limitações do estudo são as seguintes:

1) tanto o número de casos como o de óbitos aumentam em razão da progressão natural da COVID-19, coincidindo com a redução das temperaturas nas regiões afetadas pela condição de inverno, podendo isso gerar altas correlações;

2) a média diária da temperatura ambiente considerou dados para hora UTC, conforme disponibilizados pelo INMET, uma vez que havia por vezes supressão de linhas na séries de dados, podendo tal fato ter afetado ligeiramente a temperatura média diária;

3) a relação entre dados climáticos e dados de contágio foi afetada pelas medidas de isolamento social, as quais afetaram a taxa de transmissão (R_t) por região em maior ou menor grau;

5) fatores sócio-econômicos, especialmente a qualidade da assistência médica (quantidade de leitos nos hospitais), certamente influenciam a taxa de transmissão, confundindo as relações entre temperatura e contágio;

6) por fim, os dados informados pelo Ministério da Saúde partem dos casos notificados, o que certamente não compreende o total de casos reais (casos assintomáticos, falta de assistência médica e/ou não procura do posto de saúde mesmo havendo sintomas).

Uma atualização necessária: dados de 27/08/2020 divulgados pelo portal covid.saude.gov.br entre o início do período de inverno até o momento, mostraram um crescimento dos casos e de fatalidades nos três estados do sul que suplantaram a tendência média de crescimento na maior parte dos estados do norte e nordeste do país para o mesmo período.

REFERÊNCIAS

KOTTEK, Markus et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

O'REILLY, Kathleen et al. Effective transmission across the globe: the role of climate in COVID-19 mitigation strategies. Centre for Mathematical Modelling of Infectious Diseases. **London School of Hygiene and tropical Medicine**. Status: under-review | First online, p. 25-03, 2020.

RAINA, Sunil K. et al. Does temperature and humidity influence the spread of COVID-19?: A preliminary report. **Journal of Family Medicine and Primary Care**, v. 9, n. 4, p. 1811, 2020.

SAJADI, Mohammad M. et al. Temperature and latitude analysis to predict potential spread and seasonality for COVID-19. **Acesso: <https://ssrn.com/abstract=3550308>, 2020.**

WANG, Jingyuan et al. High temperature and high humidity reduce the transmission of COVID-19. **Acesso: <https://ssrn.com/abstract=3551767>, 2020.**