1. O número de habitantes tem correlação positiva com a número de casos confirmados.

Uma vez que a COVID-19 é uma patologia causada por coronavírus que é transmitido diretamente de humano para humano, buscamos entender se as características dos munícipios atingidos podem auxiliar no entendimento da pandemia. O banco de dados analisado conta com 542 municípios dos 26 estados da federação. Buscando entender a distribuição dos valores referentes à população (número de habitantes), casos confirmados e mortes confirmadas pela COVID-19, analisamos os histogramas das amostras (Figura 1). Observamos uma distribuição log-normal dos dados, o que indica a necessidade do uso de teste de correlação Spearman, buscando entender a relação entre as diferentes características.

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 01. The distribution of the analyzed data is not Gaussian.** The values of (A) population, (B) confirmed cases and (C) deaths are log-normal distribution. |

A correlação de Spearman nos valores de população, casos confirmados, mortes, casos confirmados para 100k habitantes e razão de casos confirmados e mortes, foi testada para todas as cidades (Figura 2A) ou cidades com menos de 6x106 habitantes (Figura 2B). Como esperado, observamos uma forte correlação negativa entre razão de casos confirmados e mortes e casos confirmados (R = -0.93), população (R = -0.77) ou mortes (R = -0.39), em ambas as condições. Foi observado valores de correlação positiva média entre as mortes e os casos confirmados em ambas as condições (R = 0.45), assim como os casos confirmados para 100k habitantes e os casos confirmados (R = 0.39). Adicionalmente, detectamos uma correlação positiva média (R = 0.63) entre os casos confirmados e a população de habitantes, o que se mantem ao retirar os municípios mais populosos (R = 0.62).

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 02. Population has a positive correlation (R = 0.63) with the confirmed cases.** Spearman correlation between population, confirmed cases, deaths, confirmed/100k habitants and death rate in all 542 cities (A) or 540 cities with population lowest of 6.000.000 (B). |

Os resultados mostram uma correlação entre número de habitantes na população e número de casos confirmados, seja em toda a amostra, seja nas cidades com menos de 6x106 habitantes. Buscando melhor entender esta correlação, os casos confirmados foram analisados segundo a amostra da população, dividida segundo seus quartis, com 5 grupos de 1149 a 22.809 (Figura 3A), 22.809 a 56.250 (Figura 3B), 56.250 a 132.079 (Figura 3C), 132.079 a 295.985 (Figura 3D) e 295.985 a 12.252.023 (Figura 3E) habitantes. Foi observado que para os 2 primeiros quartis, a correlação é neutra não significativa, com valor de R = 0.0373 e 0.04 e *p* = 0.5857 e 0;5579, respectivamente ao primeiro e ao segundo grupo. Já nos quartis intermediários, corre uma correlação franca positiva, com R = 0.2468 e 0.1897 e *p* = 0.0002 e 0.0364. O último quartil, contendo os municípios com mais de 295.985 habitantes, mostrando uma forte correlação positiva com R = 0.6877 e *p* < 0.0001.

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 03. Positive correlation (R = 0.6994) between population and confirmed cases occurs only in cities with population up to 295.985 habitants.** Spearman correlation and linear regression model (95% confidence) between population and confirmed cases in 5 quartiles distribution of population. (A) 1149 – 22.809, (B) 22.809 – 56.250, (C) 56.250 – 132.079, (D) 132.079 – 295.985 and (E) 295.985 – 12.252.023 population |

A mesma estratificação de municípios pelo número de habitantes foi realizada para a análise de correlação entre população e mortes por COVID-19 (Figura 4). Foi observado que o primeiro, segundo e quarto estrato apresentou correlação neutra não significativa, com R = 0.0251, 0.0451 e 0.0994 e *p* = 0.7141, 0.5088 e 0.2762. Não foi possível calcular métricas para o terceiro estrato. Já o último quartil, com os municípios que possuem mais de 295.985, apresentou uma forte correlação positiva com R = 0.6813 e *p* < 0.0001.

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 04. Positive correlation (R = 0.6449) between population and deaths occurs only in cities with population up to 295.985 habitants.** Spearman correlation and linear regression model (95% confidence) between population and deaths in 5 quartiles distribution of population. (A) 1149 – 22.809, (B) 22.809 – 56.250, (C) 56.250 – 132.079, (D) 132.079 – 295.985 and (E) 295.985 – 12.252.023 population. |
|  |

Os dados municipais referentes à número de habitantes na população, casos confirmados, mortes, casos confirmados para 100k habitantes e razão de casos confirmados e mortes, permite observar uma correlação positiva entre tamanho da população em habitantes e casos confirmados. Esta correlação é significativa apenas em municípios com mais de 295.985 de habitantes. Isso sugere que outras características destas localidades possam ser correlacionadas com a patologia.

1. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (MHDI) e a densidade demográfica tem correlação com o número de casos confirmados de COVID-19

É conhecido que diferentes condições presentes nos municípios podem influenciar na dispersão da epidemia de distintos patógenos. Os resultados aqui obtidos mostram uma correlação positiva entre população e casos confirmados em municípios com mais de 295.985 habitantes. Buscando melhor entender os fatores que possam explicar esta correlação e, tendo em vista que a COVID-19 é transmitida de pessoa para pessoa, foram analisadas diferentes características dos 542 municípios, com novos dados populacionais agora obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para tanto, ensaios de correlação Spearman foram performados com o número de casos confirmados (Confirmados), mortes, confirmados para 100k habitantes (Confirmados/100k), razão de casos confirmados e mortes e casos confirmados (Razão de Morte), área oficial do município em km² (Área), habitantes em dados de densidade populacional (População Dens), densidade populacional (Densidade), e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (MHDI). Os dados totais (Figura 5A) foram estratificados em municípios com menos (Figura 5B) ou mais (Figura 5C) de 295.985 habitantes.

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 05. The Municipalities Human Development Index (MHDI) and the demographic density of the municipalities are positively correlated with the number of confirmed cases.** Spearman's correlation for the different characteristics of municipalities with confirmed cases. (A) For all municipalities, positive correlation for demographic density (R = 0.56) and MHDI (R = 0.43). (B) For all municipalities with less than 300,000 inhabitants, a positive correlation for demographic density (R = 0.45) and MHDI (R = 0.34). (C) For all municipalities with more than 300,000 inhabitants, a positive correlation for demographic density (R = 0.37) and MHDI (R = 0.43). |

Os resultados confirmam as análises realizadas anteriormente em relação a correlação negativa entre razão de casos confirmados e mortes e casos confirmados (R = -0.88), população (R = -0.74) ou mortes (R = -0.27). Foi confirmado também os valores de correlação positiva média entre as mortes e os casos confirmados (R = 0.43), assim como os casos confirmados para 100k habitantes e os casos confirmados (R = 0.46) e a correlação positiva média entre os casos confirmados e a população de habitantes da base anterior (População COVID - R = 0.71) e a base IBGE (População Dens - R = 0.7). Foi observado que, quando analisados os municípios com menos de 300.000 habitantes, a correlação negativa entre razão de casos confirmados e mortes e casos confirmados (R = -0.93), população (R = -0.69) ou mortes (R = -0.13), se mantem. Porém, nas cidades com população maior de 300.000 habitantes, observamos uma variação com correlação negativa entre razão de casos confirmados e mortes e casos confirmados inferior (R = -0.52), correlação nula para população (R = -0.072) e positiva para mortes (R = 0.21). Isso caracteriza como uma inversão das condições de casos confirmados para 100k habitantes nas cidades mais populosas analisadas. Adicionalmente, para a correlação positiva média entre os casos confirmados e a população de habitantes da base anterior (População COVID - R = 0.57) e a base IBGE (População Dens - R = 0.55) nos municípios com menos de 300.000 habitantes e, (População COVID - R = 0.76) e a base IBGE (População Dens - R = 0.76) nos municípios com mais de 300.000 habitantes. Novamente, observamos diferenças entre as localidades com maior ou menor população, reforçando a hipótese de que características municipais devem ser observadas para o entendimento da pandemia.

Neste contesto, analisamos três características dos municípios que são a área oficial do município em km² (Área), densidade populacional (Densidade), e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (MHDI). Nos dados totais, casos confirmados tem correlação nula com a Área (R = -0.07) e média com Densidade (R = 0.56) e MHDI (R = 0.43). Isso se mantem no grupo de municípios com população menor que 300.00 habitantes, com correlação fraca negativa com a Área (R = -0.12) e média positiva com Densidade (R = 0.45) e MHDI (R = 0.34). Já nas cidades com mais de 300.00 habitantes, foi possível observar correlação nula com a Área (R = -0.0093) e média com Densidade (R = 0.37) e MHDI (R = 0.43). Portanto, assim, como a relação do número de habitantes, a densidade populacional e o MHDI, também tem relação positiva com o número de casos confirmados de COVID-19.

Buscando melhor entender estas correlações, realizamos nova análise de Spearman, agora apenas com os dados de MHDI (Figura 6) e Densidade demográfica (Figura 7). Para MHDI, foi possível mostrar uma correlação positiva média com os casos confirmados, com R = 0.3396 e *p* < 0.0001, nas cidades com menos habitantes e R = 0.4293 e *p* < 0.0001.

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 06. The Municipalities Human Development Index (MHDI) has a positive correlation with the number of positive cases.** Spearman's correlation for MHDI for all (A) municipalities with less than 300,000 inhabitants (R = 0.3396), or (B) municipalities with more than 300,000 inhabitants (R = 0.4293). |

Já para densidade demográfica, foi observada uma correlação positiva média com os casos confirmados, com R = 0.4474 e *p* < 0.0001, nas cidades com menos habitantes e R = 0.369 e *p* < 0.0001.

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 07. Demographic density has a positive correlation with the number of positive cases.** Spearman correlation for demographic density for all (A) municipalities with less than 300,000 inhabitants (R = 0.4474), or (B) municipalities with more than 300,000 inhabitants (R = 0.369). |

Assim, podemos concluir que a correlação positiva entre cidades com mais de 295.985 habitantes e o número de casos confirmados (Figura 3) ou mortes (Figura 4) é corroborado pela correlação positiva com a densidade demográfica (Figura 7) e o MHDI (Figura 6). Porém, nas cidades com menos de 295.985 habitantes, que não apresentam correlação com o número de casos confirmados, apresentam correlação positiva com a densidade demográfica (Figura 7) e o MHDI (Figura 6). Isso permite sugerir que a densidade demográfica e o MHDI são fatores que devem ser considerados como fatores para o entendimento da epidemia em todos os 594 municípios estudados. Ainda, não foi observada diferença entre os dois índices, o que sugere que, ao menos quanto ao espalhamento viral (casos confirmados), municípios com população mais densa e com melhor condição socioeconômica, independente do tamanho da população, apresentam maior risco.

1. O crescimento nacional do número de casos permite prever de 56,829 a 70,447 em 30 dias.

Estas informações sugerem que características municipais devem ser consideradas quanto a condição epidemiológica atual. Porém, buscando entender a condição da infecção em nível nacional, analisamos a série temporal de casos acumulados desde 25/02/2020 a 10/04/2020 (Figura 8).

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 08. The number of confirmed cases and ratio of confirmed / 100k inhabitants shows a clear upward trend.** Decomposition of the time series of the daily values of number of confirmed cases (blue), deaths (orange) and ratio of confirmed / 100k inhabitants (green), in components (A) raw data, (B) trends, (C) seasonality and (D) randomness. |

|  |
| --- |
|  |
| **Figure 09. Average estimate of 63,638 confirmed cases in 30 days.** ARIMA model (1,2,2) of forecast of confirmed cases until 05/10/2020. Confirmed cases (blue), forecast (orange), model fit analysis (green) and forecast interval with 95% confidence (gray). Up to the end date, between 56,829 and 70,447 cases are expected. |