1. A densidade demográfica (hab/km²), o MHDI e a renda (per capita) dos municípios com casos de COVID-19 estão acima da média nacional.

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 486 municípios (8,7% das cidades no Brasil) dos 26 estados da federação, mais o Distrito Federal, que até a data de 22 de abril de 2020 apresentaram ao menos 1 infecção confirmada, perfazendo 44.397 (0,02% da população brasileira) casos de COVID-19. Em todos os estados são relatados casos de COVID-19, onde até 35% dos municípios apresentam relatos (Figura 02).

|  |
| --- |
|  |
| **Figura 02. Todos os estados brasileiros apresentam casos confirmados de COVID-19.** (A) Distribuição de casos confirmados de COVID-19 por estado. Porcentagem de cidades com ao menos 1 caso de infecção positiva. |

Buscando entender se as características dos municípios afetados podem afetar a transmissão viral, foram avaliadas características como a idade dos habitantes, sexo biológico, área (km²), densidade demográfica (hab/km²), Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e renda (per capta). Na análise da idade, os municípios brasileiros apresentam uma relativa homogeneidade na faixa de distribuição a cada 10 anos de vida, até os 35 anos, quando ocorre uma redução gradativa no número de pessoas (Figura 2A). Nas cidades que apresentam casos de COVID-19, a distribuição de faixas etárias é a mesma do geral no Brasil (Figura 2B). No presente trabalho, as faixas de idade da população nas cidades afetadas foram agrupadas (Figura 2C), de modo a se obter pacientes idosos acima de 65 e adultos (que representam maior probabilidade de comorbidade) entre 30 e 64 anos, com maior risco, e crianças de 0 a 9, adolescentes de 10 a 19 e jovens adultos entre 20 a 29, com menor risco. As porcentagens de cada faixa de idade (Figura 2D) serão usadas para a análise de correlação com a taxa de casos de COVID-19. É possível observar que não há diferença entre a distribuição etária nos municípios brasileiros totais (Figura 3A) e nos municípios afetados (Figura 3B).

|  |
| --- |
|  |
| **Figura 03. Faixas de idade utilizadas no trabalho.** (A) Número de habitantes por faixa etária no Brasil. (B) Número de habitantes por faixa etária nas cidades com casos no Brasil. Estratificação das faixas etárias por idade nos munícipios estudados, representados em número de habitantes, absoluto (C) e porcentagem para cada cidade (D). |

Outra informação demográfica analisada foi o sexo biológico dos habitantes. No Brasil, a distribuição percentual é de 48,3% de homens e 51,7% de mulheres. Nas cidades que apresentam casos positivos de COVID-19, observamos uma distribuição semelhante, de 49,71% (4.581.800) de homens e 50,29% (4.618.650) de mulheres (Figura 4).

|  |
| --- |
|  |
| **Figura 04. Sexo biológico dos habitantes nas cidades com casos de COVID-19.** (A) Número e (B) porcentagem de homens e mulheres habitantes das cidades que apresentam casos de COVID-19. |

Uma vez que o SARS-Cov-2 é transmitido de pessoa-a-pessoa, buscamos características que possam influenciar o deslocamento e aglomeração de pessoas, como a área (km²), densidade demográfica (hab/km²) nos municípios. Como esperado, nas cidades com relatos de COVID-19, observamos que a densidade demográfica (hab/km²) para diferentes quantiles, 0,39 a 55,085 (Figura 5A); 55,085 a 167,315 (Figura 5B); 167,315 a 602,5475 (Figura 5C); 602,5475 a 13024,56 (Figura 5D), obedece a relação entre número de habitantes (população) e área (km²). As cidades analisadas, portanto, são mais densamente populosas que a média nacional, que é de 23,8 (hab/km²). Já foi descrito que a densidade demográfica está relacionada ao MHDI.

|  |
| --- |
|  |
| **Figura 05. A densidade demográfica nas cidades com casos de COVID-19 está acima da média nacional.** Número de habitantes (População) pela área (km²) que resulta na densidade demográfica (hab/km²) em quatro quantiles, 0,39 a 55,085 (A); 55,085 a 167,315 (B); 167,315 a 602,5475 (C); 602,5475 a 13024,56 (D). |
|  |

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (MHDI) está relacionado com três principais fatores, saúde, educação e renda. Onde: saúde, vida saudável e longa (medida pela expectativa de vida); educação, acesso ao conhecimento (calculado usando a média de escolaridade de adultos e os anos esperados de escolaridade para crianças na idade de iniciar a vida escolar); e renda, padrão de vida (medido pela Renda Interna Bruta per capita). O IDH brasileiro global para 2013 foi de 0,744, a 79ª posição no ranking mundial entre os 187 países e territórios reconhecidos pela ONU. No IDH Global para o HDR de 2014, as três dimensões têm o mesmo peso e as faixas de desenvolvimento humano são fixas, sendo: Baixo Desenvolvimento Humano - inferior a 0,550; Desenvolvimento Humano Médio - entre 0,550 e 0,699; Alto desenvolvimento humano - entre 0,700 e 0,799; e desenvolvimento humano muito alto - acima de 0,800. Já a renda (per capita), número de salários mínimos [R$ 975,00] por mês per capita para trabalhadores formais, no Brasil em 2017 (último ano medido), foi de 1,48 (R$ 1.443,10). Neste contexto, foi analisado o MHDI comparativamente à Renda (per capita), para as diferentes faixas de população, nas cidades com casos de COVID-19 (Figura 06).

|  |
| --- |
|  |
| **Figura 06. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (MHDI) e a renda (per capita) nas cidades com casos de COVID-19, estão acima da média brasileira.** (A) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (MHDI) e a renda (número de salários mínimos [R$ 975,00] por mês per capita para trabalhadores formais) nas cidades com casos de COVID-19. |

Os resultados mostram que tanto para o MHDI e a renda (per capita), a maioria das cidades com casos positivos para COVID-19 estão acima da média nacional.

Em conjunto, os dados analisados de 486 cidades com ao menos 1 caso de COVID-19 até 22 de abril de 2020 mostra que a média de faixa etária dos habitantes mantem a mesma média das faixas etárias da população brasileira, sendo que as cidades mais populosas do Brasil então incluídas. A média de mulheres e homens nas cidades estudadas também concordam com a média nacional. Já a densidade demográfica (hab/km²), o MHDI e a renda (per capita) dos municípios com casos de COVID-19 estão acima da média nacional. Com o conjunto de dados exposto, buscamos determinar se existe uma correlação entre os índices analisados e os números de casos de CONVID-19 confirmados para cada 100.000 habitantes.

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, independentemente 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. |

|  |
| --- |
| Tela de celular com publicação numa rede social  Descrição gerada automaticamente |
| **Figure 10. The auto ARIMA model was the best adjusted for forecasting the time series of the number of confirmed cases.** (A) Standardized residuals over time, (B) Histogram plus estimated density of standardized residuals, along with a Normal(0,1) density plotted for reference, (C) Normal Q-Q plot, with Normal reference line between observed and predicted, (D) Correlogram and (E) adjustment between observed and predicted data. |