

ANÁLISE ESPACIAL DE ÁREAS VULNERÁVEIS PARA A TRANSMISSÃO DE COVID-19 EM PERNAMBUCO

Spatial analysis of vulnerable areas for the transmission of COVID-19 in Pernambuco

Emylle Adrielly Miranda de Lira

Universidade Federal de Pernambuco

Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação

Departamento de Engenharia Cartográfica

emylle.lira@ufpe.br

Carlos Fabricio Assunção da Silva

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Engenharia Cartográfica

carlos.assuncao@ufpe.br

Simone Sayuri Sato

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Engenharia Cartográfica

simone.sato@ufpe.br

Resumo:

A COVID-19 é uma doença causada pelo vírus chamado SARS-CoV-2, ela surgiu em Wuhan na China, em dezembro de 2019, desde então a população mundial tem enfrentado uma grande crise sanitária global. A doença causada pelo vírus se espalhou rapidamente pelos continentes e inúmeros casos foram surgindo em vários países. O trabalho teve como objetivo principal a realizar uma análise espacial de áreas vulneráveis para a transmissão de COVID-19 em Pernambuco, considerando o período inicial da doença, de março a abril de 2020. Foram realizadas análise de correlação espacial utilizando os dados dos casos da COVID-19 em todos os municípios do estado, com os indicadores de densidade demográfica, infraestrutura urbana, socioeconômico e o índice de vulnerabilidade ao covid-19 (IVC). A correlação espacial foi realizada pelo software GeoDa, utilizando os Índices de Moran Global e Local e executado com a opção de 999 permutações. Os resultados encontrados constataram a correlação espacial entre os casos da COVID-19 e as variáveis IDHM, renda per capita, porcentagem de residência com água encanada e população urbana. As variáveis se comportaram distintamente em cada região do estado de Pernambuco. Foi observada a necessidade da criação de planos emergenciais contra a COVID-19, nos municípios do estado de Pernambuco no início da pandemia, no qual considere, as características socioeconômicas, demográficas, ambientais e de infraestrutura urbana das diferentes regiões e áreas presentes no território.

Palavras-chave: Análise Espacial; COVID – 19; Índice de Moran

Abstract

COVID-19 is a disease caused by the virus called SARS-CoV-2, it emerged in Wuhan, China, in December 2019, since then the world population has faced a major global health crisis. The disease caused by the virus spread rapidly across continents and numerous cases were emerging in several countries. The main objective of the work was to carry out a spatial analysis of vulnerable areas for the transmission of COVID-19 in Pernambuco, considering the initial period of the disease, from March to April 2020. COVID-19 in all municipalities in the state, with indicators of population density, urban and socioeconomic infrastructure and the covid-19 vulnerability index (CVI). The spatial correlation was performed by the GeoDa software, using the Global and Local Moran

Indexes and performed with the option of 999 permutations. The results found showed the spatial correlation between the cases of COVID-19 and the variables MHDI, per capita income, percentage of residence with piped water and urban population. The variables behaved differently in each region of the state of Pernambuco. The need to create emergency plans against COVID-19 was observed in the municipalities of the state of Pernambuco at the beginning of the pandemic, in which the socioeconomic, demographic, environmental and urban infrastructure characteristics of the different regions and areas present in the territory were considered.

Keywords: Spatial Analysis; COVID-19; Moran index.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com MINISTÉRIO DA SAÚDE (2020), o coronavírus tem uma grande variedade de vírus afetando comumente animais, como por exemplo os vírus MERS-CoV e SARS-CoV. Em meados de dezembro de 2019, na cidade de Wuhan, foi identificada uma nova variação do coronavírus, o SARS-Cov-2, o primeiro a ser identificado a transmissão para pessoas, esse vírus causa uma doença chamada Corona Vírus Disease 19 mais conhecida como COVID-19, apresentando um quadro clínico variado, de infecções assintomáticas a quadros graves, podendo levar a óbito.

De acordo com Medeiros (2020), o SARS-CoV-2 é um vírus altamente transmissível por gotículas e contato, estima-se que uma pessoa infectada pelo vírus possa transmitir para aproximadamente duas a quatro pessoas. Como não há ainda uma vacina, que previna a contaminação pelo novo COVID-19, a melhor forma para prevenir sua disseminação para a população é com um isolamento social rigoroso, como também campanhas educativas de higiene e uso correto de máscaras.

A análise espacial recebeu um papel importante nos estudos epidemiológicos nas últimas duas décadas (AUCHINCLOSS et al., 2012). O estudo dos padrões espaciais de incidência de doenças ou de ocorrência de vetores pode proporcionar informações sobre os processos que determinam o risco de doenças e identificar áreas onde as ações de manejo são mais necessárias (REISEN, 2010). Localizar as áreas propensas a ter focos do *Aedes aegypti*, se torna adequado para direcionar ações de contingência, podendo ser uma forma de tornar os programas de controle mais eficientes (BOUSEMA et al., 2012).

Os impulsionadores dos padrões espaciais podem ser exógenos, gerados por fatores ou processos não diretamente relacionados à variável em estudo (por exemplo, heterogeneidade da paisagem), ou endógenos, gerados por fatores ou processos inerentes à variável, ou evento em estudo (por exemplo, vetor dispersão), ou uma combinação de ambos (DALE et al., 2005).

A busca por um melhor controle de áreas propensas a ter casos COVID-19 motivou este estudo que teve por objetivo analisar a distribuição espacial dos casos e sua correlação com indicadores de desigualdade social no estado do Pernambuco durante os meses de março, abril, maio e junho de 2020, período da pesquisa. Dessa forma, o objetivo deste artigo é realizar uma análise espacial das áreas mais vulneráveis para a transmissão da COVID-19 no estado de Pernambuco nos dois primeiros meses da Pandemia.

2 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa é dividida em 3 etapas. Primeiramente foi realizada a coleta dos dados, que foram constituídas na obtenção dos dados dos casos de transmissão da COVID-19, nos meses de março e abril, indicadores socioeconômicos, demográficos e de infraestrutura urbana da última década no estado de Pernambuco.

A segunda etapa consistiu no tratamento e processamento dos dados em formato digital, onde foi produzido tabelas com os números de casos de transmissão das doenças e dos indicadores socioeconômicos, demográficos e de infraestrutura urbana. Com os dados organizados e analisados, foi criado um banco de dados, com o auxílio do *software* Qgis, eles foram unidos com o mapa georreferenciado do estado de Pernambuco. A criação do banco de dados foi necessária para a importação dos dados no *software* GeoDa, onde foi feito o cálculo da correlação espacial de Moran e executado com a opção de 999 permutações. Na terceira etapa foi gerado a associação espacial global (Índice de Moran) e local (Índice de Moran Local), considerando cada variável individualmente. Utilizando o Índice de Moran Global e Local foi possível identificar a influência dos indicadores com a transmissão da COVID – 19.

4 RESULTADOS

4.1 Índice de Moran Global

Os resultados da estatística I de Moran para o teste de correlação espacial para o mês de março são apresentados na Tabela 1. Adotando um nível de significância $\alpha = 0,05$, ou seja, para valores p menores que 0,05. Foi detectada presença de correlação espacial em grande parte dos indicadores utilizados, exceto ao índice de Theil (I de Moran = 0,034, p = 0,128) e a coleta de lixo (I de Moran = 0,010, p = 0,426). As demais variáveis apresentam um valor p estatisticamente significativo, assumindo nível $\alpha = 0,05$.

As variáveis, água encanada, população urbana, IDHM e renda per capita, apresentam associação espacial positiva e (valor p = 0,001), o que demonstra um forte indício de correlação espacial com a variável dependente mesmo com seu I Moran não sendo muito próximo de 1, o que pode ser justificado pela hipótese do baixo números de casos de COVID-19 no mês de março.

Tabela 1 - Teste de correlação espacial índice de Moran Global para o mês de março

Variáveis	I Moran	Valor p	Z valor
Theil-L	0,034	0,128	0,127
Coleta de Lixo	0,010	0,426	0,317
Água Encanada	0,151	0,001	4,397
População Urbana	0,276	0,001	12,291
IDHM	0,281	0,001	8,462
Renda Per Capita	0,281	0,001	9,788

Os resultados da estatística *I* de Moran para o teste de correlação espacial para o mês de abril é apresentado na Tabela 2. Assim como para o mês de março, também foi utilizado como critério de significância o valor $p < 0,05$ para o mês seguinte. Foi observada a continuidade da não correlação espacial para os indicadores de índice de Theil, e coleta de lixo, todos apresentando um valor acima do limiar estipulado que é de 0,05 e com o *I* Moran muito próximo de zero. Os indicadores de água encanada, população urbana, IDHM e renda per capita, continuaram apresentando associação espacial positiva, valor $p = 0,001$. Houve um aumento no *I* Moran em todos os indicadores, com uma média de aproximadamente 24,5%, o indicador de água encanada foi o indicador que apresentou maior aumento, de aproximadamente 28,5%. O que reforça o indício de correlação espacial com a variável dependente.

Tabela 2 - Teste de correlação espacial índice de Moran para o mês de abril

Variáveis	I Moran	Valor p	Z valor
Theil-L	0.041	0.094	1.332
Coleta de Lixo	-0.002	0.414	-0.061
Água Encanada	0.194	0.001	5.565
População Urbana	0.340	0.001	13.378
IDHM	0.343	0.001	10.040
Renda Per Capita	0.344	0.001	11.249

4.2 Índice de Moran Local

O resultado para a variável renda revelam que no mês de março grande parte dos municípios não possuem significância. Alguns municípios (Figura 1A) apresentam associação espacial do tipo alto-baixo, quanto maior a renda per capita da população, menor o número de casos de COVID-19, na RMR boa parte dos municípios apresentam *clusters* do tipo alto-alto, apresentando altos valores para as variáveis relacionadas. No mês de abril (1A), apresenta uma diminuição dos *outliers* tipo alto-baixo e um aumento dos *clusters* tipo baixo-baixo, apresentando baixos valores das variáveis relacionadas. Na RMR continua com boa parte dos municípios apresentando *clusters* do tipo alto-alto.

A figura 1B apresenta os resultados obtidos para a variável de porcentagem de residências com água encana. Para o mês de março, grande parte dos municípios apresentam outliers, do tipo alto-baixo, significando altos valores para a variável independente e baixos valores para os casos da COVID-19. Na região metropolitana do Recife 8 municípios apresentaram clusters do tipo Alto-Alto, significando altos valores para as variáveis relacionadas. Para o mês de abril, a variável apresentou comportamentos do tipo Alto-Baixo, Baixo-Baixo e Alto-Alto. Grande parte dos municípios apresentam outliers Alto-Baixo, onde existe alta correlação entre a variável em questão e baixa correlação com a variável casos de COVID-19. Alguns municípios apresentam clusters Baixo-Baixo, onde existe baixo valor da variável relacionadas. Por fim, na RMR, apresentam clusters alto-alto, onde existe alto valor da variável relacionada.

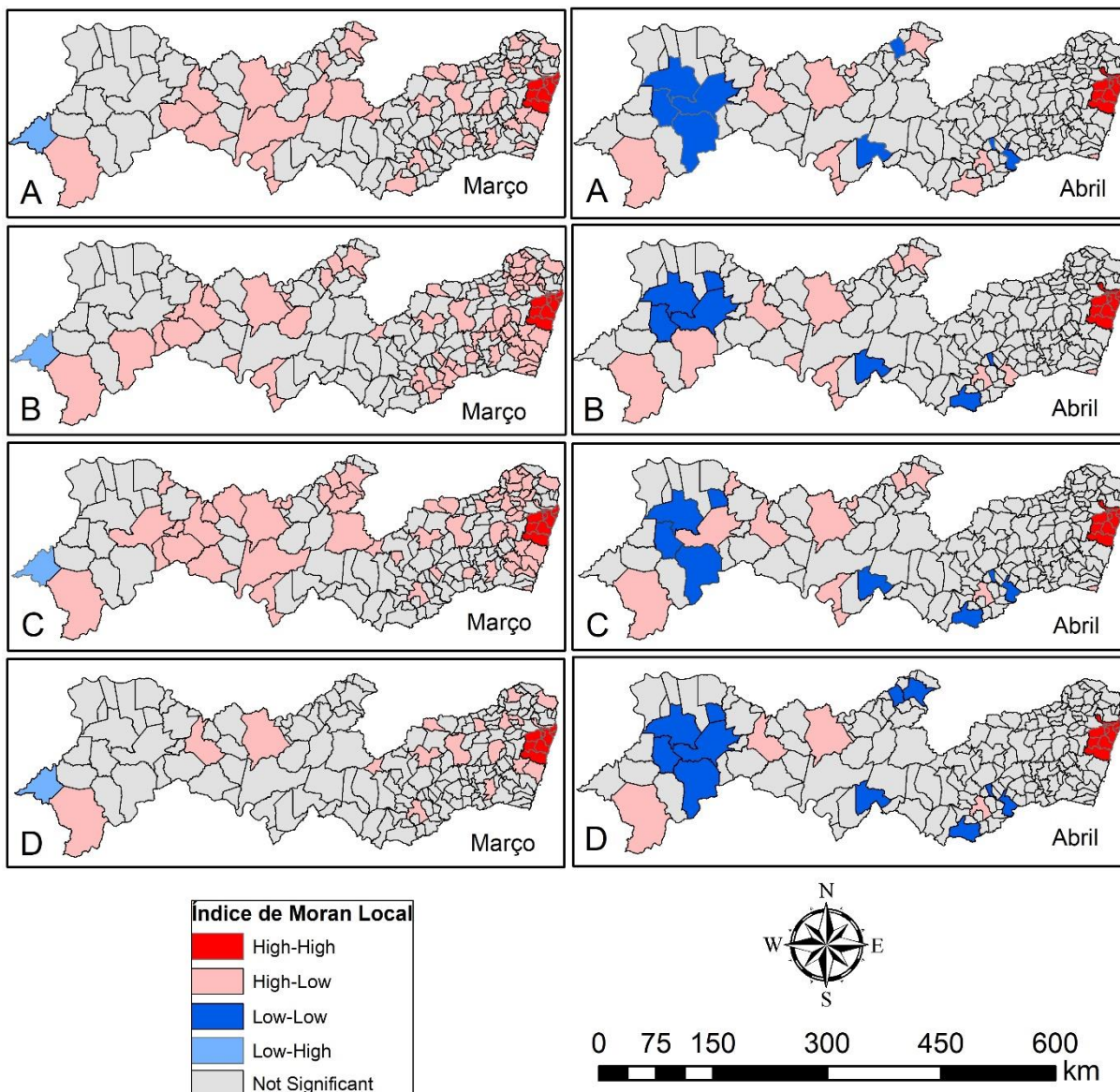


Figura 1 – (A) Renda Per Capta (B) Água encanada (C) IDHM (D) População Urbana.

A figura 1C apresenta os resultados obtidos para a variável IDHM para o mês de março e abril. Associação espacial local para IDHM, 113 municípios não tiveram associação espacial, 62 municípios de todas as mesorregiões dos estados tiveram associação espacial do tipo alto-baixo, ou seja, o IDHM nessas áreas é alto e consequentemente o número de casos de COVID-19 é baixo. Na região metropolitana do Recife, 8 municípios apresentaram clusters do tipo Alto-Alto e 1 município da mesorregião São Francisco comportamento disperso Baixo-Alto. Para o mês de abril, 155, não tiveram associação espacial, 12 municípios tiveram associação espacial aleatória ou dispersa do tipo alto-baixo, ou seja, o IDHM nessas áreas é alto e consequentemente o número de casos de COVID-19 é baixo. Na região metropolitana do recife 9 municípios apresentaram clusters do tipo Alto-Alto, altos valores para as variáveis

relacionadas. E 8 municípios, apresentaram clusters do tipo Baixo-Baixo, baixos valores para as variáveis relacionadas.

A figura 1D apresentam os resultados obtidos para a variável, população urbana, nos meses de março e abril. No mês de março, grande parte municípios não tiveram significância. Dezoito municípios apresentaram comportamento disperso do tipo Alto-Baixo. Mesmo o valor da variável independente sendo alta, há a presença de poucos casos. A grande parte dos municípios da região metropolitana do Recife, apresentaram clusters Alto-Alto, ou seja, quanto maior a população total e urbana nessas áreas, maior a incidência no número de casos de COVID-19. No mês de abril, 160 municípios não tiveram significância, 4 municípios apresentaram comportamento do tipo Alto-Baixo. Onze municípios apresentaram clusters Baixo-Baixo, baixos valores para as variáveis relacionadas. A grande parte dos municípios da RMR, apresentaram clusters Alto-Alto, ou seja, quanto maior a população total e urbana nessas áreas, maior a incidência no número de casos de COVID-19.

5. DISCUSSÃO

Nos últimos anos a análise espacial vem sendo uma ferramenta aliada nos estudos epidemiológicos, proporcionando informações sobre os processos que determinam o risco de doenças e identificando as áreas onde as práticas de intervenção são mais necessárias. Para Teixeira (2018), com o desenvolvimento tecnológico e a facilidade aos softwares o Sistema de Informação geográfica, sua utilização vem sendo bastante importante no que se refere saúde pública e, com as técnicas de geoprocessamento é possível analisar espacialmente a relação entre as doenças e as variáveis sociais e ambientais com maior facilidade, utilizando métodos estatísticos para identificar padrões de distribuição espacial de doenças e os fatores associados, para a disseminação das mesmas.

Estudos realizados por Silva et al. (2020), Almeida et al. (2009), Ferreira (2016), Gonçalves et al. (2019), Cugini et al. (2010), Santos (2020) e Lima (2020) mostraram a relação de doenças virais com os indicadores socioeconômicos, demográficos e de infraestrutura urbana. Por exemplo, Maciel et al., (2020) verificaram a existência de correlação espacial entre a incidência da COVID-19 e o IDHM e, que mostrou uma correlação positiva do tipo Alto-Alto nos municípios próximos a região metropolitana do Ceará, revelando que os primeiros casos de COVID-19 ocorreram nas localidades onde o IDHM são mais altos e as pessoas infectadas tinham feito viagens para o exterior. Os primeiros casos de contaminação ocorreram em bairros com IDHM alto da região metropolitana de Fortaleza e todos os infectados tinham feito viagem ao exterior. O mesmo ocorreu no presente estudo, onde houve a presença de uma correlação positiva do tipo alto-alto, para as variáveis de IDHM e renda per capita na área da região metropolitana do Recife, e o primeiro caso de covid-19 no estado foi detectado em um casal que tinha acabado de retornar de uma viagem feita a Itália.

A variável de porcentagem de residências com água encanada apresentou correlação baixa, porém, significativa, em parte dos municípios da região metropolitana do Recife. Os clusters do tipo alto-alto para todos os meses analisados, para as demais regiões apresentaram resultados do tipo alto-baixo para o mês de março, significando um alto valor para as variáveis independentes e um baixo valor para os casos da COVID-19. À medida que os casos foram aumentando, apresentaram resultados de clusters do tipo baixo-baixo, significando um baixo valor para as variáveis independentes e um baixo valor para os casos de COVID-19 em sua

grande maioria, o que ocorrer devido ao fato dos maiores números de casos de COVID-19 estarem concentrados na região metropolitana do Recife.

Contudo, a ausência de estrutura domiciliar e a carência de acesso aos recursos básicos de saneamento, e abastecimento de água aumentam o risco de contaminação pela COVID-19. O índice de vulnerabilidade ao COVID-19 e a porcentagem de vulneráveis a pobreza apresentaram resultados negativos, porém significativos com a variável de casos de COVID-19 no estado.

6 CONCLUSÃO

O estudo foi realizado utilizando os índices de Moran Global e Local realizando uma análise bivariada para medir o grau de correlação espacial entre as variáveis. Foi possível observar que, todas as variáveis tiveram correlação espacial significativa com os casos da COVID-19, exceto nos índices de theil, gini e coleta de lixo. A variável IDHM apresentou o maior I Moran nos meses avaliados, já percentual de residências com água encanada apresentam os menores valores.

O conjunto de figuras com o LISMap mostraram que em grande parte dos municípios da RMR, os municípios com maiores IDHM e Renda Per Capita apresentaram clusters do tipo alto-alto, assim como observado no estudo realizado no Ceará por Maciel et al, (2020), os primeiros casos da COVID-19 RMR, foram em pessoas que tinham retornado de viagens do exterior, o que evidencia que essas variáveis corroboram para o aumento da disseminação do vírus em Pernambuco.

Por fim, é imprescindível a criação de planos emergenciais contra a COVID-19, considerando as características socioeconômicas, demográficas e de infraestrutura urbana das diferentes regiões e áreas presentes no território. Dessa forma, analisar e entender o comportamento de nova doenças contribui para elaboração de estratégias de controle e combate das doenças.

Referências

ALMEIDA, A. S.; MEDRONHO, R. A.; VALENCIA, L. I. O. **Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ.** Revista de Saúde Pública, v. 43, n. 4, p. 666-673, 2009.

AUCHINCLOSS, A. H., Gebreab, S. Y., Mair, C., & Diez Roux, A. V. (2012). **A review of spatial methods in epidemiology, 2000–2010.** Annual review of public health, 33, 107-122.

BOUSEMA, T., Griffin, J. T., Sauerwein, R. W., Smith, D. L., Churcher, T. S., Takken, W., ... & Gosling, R. **Hitting hotspots: spatial targeting of malaria for control and elimination.** PLoS Med, 9(1), e1001165, 2012.

CUGINI, Daniela Montesi *et al.* **Perfil epidemiológico dos casos de influenza A H1N1 em Taubaté - SP.** BEPA, Bol. epidemiol. paul. (Online), São Paulo, v. 7, n. 81, set. 2010

DALE, M. R., & Fortin, M. J. **Spatial analysis: a guide for ecologists**. Cambridge University Press. 2014.

FERREIRA, Helio Henrique. **Análise espacial dos casos de Aedes aegypti e sua relação com o meio ambiente urbano**. 2016.

GONÇALVES, Nelson Veiga *et al.* **Hepatites B e C nas áreas de três Centros Regionais de Saúde do Estado do Pará, Brasil: uma análise espacial, epidemiológica e socioeconômica**. Cadernos Saúde Coletiva, v. 27, n. 1, p. 1-10, 2019.

LIMA, Anete Medeiros de *et al.* **Análise da distribuição espacial dos casos suspeitos de Dengue, Chikungunya e Zika no município de São Carlos-SP**. 2018.

MACIEL, J. A. C.; CASTRO, S. I. I.; FARIAS, M. R. **Análise inicial da correlação espacial entre a incidência de COVID-19 e o desenvolvimento humano nos municípios do estado do Ceará no Brasil**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 23, p. e200057, 2020.

MEDEIROS, E. A. S. **Desafios para o enfrentamento da pandemia covid-19 em hospitais universitários**. Rev. paul. pediatr., São Paulo, v. 38, e2020086, 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Painel Coronavírus. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/>. Acessado em: 15 de junho de 2022.

REISEN, W. K. **Landscape epidemiology of vector-borne diseases**. Annual review of entomology, 55, 461-483. 2010.

SANTOS, E. B. *et al.* **Análise espacial das taxas de incidência de hepatites virais no Amazonas, Brasil, período de 2008 a 2018**. 2020.

SILVA, E. T. C. *et al.* **Análise espacial da distribuição dos casos de dengue e sua relação com fatores socioambientais no estado da Paraíba, Brasil, 2007-2016**. Saúde em Debate, v. 44, p. 465-477, 2020.

LIMA, D. L. F. *et al.* **COVID-19 no estado do Ceará, Brasil: comportamentos e crenças na chegada da pandemia**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 25, p. 1575-1586, 2020.

TEIXEIRA, Samantha. Qualitative geographic information systems (GIS): An untapped research approach for social work. **Qualitative Social Work**, v. 17, n. 1, p. 9-23, 2018.