UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

ALICE SILVA DUARTE

ESTUDO DO QUANTITATIVO DE ÓBITOS NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2020, SOB INFLUÊNCIA DA COVID-19: estudo de caso para o estado de Minas Gerais

VARGINHA - MG
2020

ALICE SILVA DUARTE

ESTUDO DO QUANTITATIVO DE ÓBITOS NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2020, SOB INFLUÊNCIA DA COVID-19: estudo de caso para o estado de Minas Gerais

Trabalho apresentado como fase final do Curso de Pós-Graduação *Lato sensu* para a obtenção do grau de Especialista em Modelagem em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas.

Orientador: Ph.D. Pablo Javier Grunmann
Coorientadora: Dra. Cláudia Adam Ramos

VARGINHA - MG
2020

ALICE SILVA DUARTE

ESTUDO DO QUANTITATIVO DE ÓBITOS NO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2020, SOB INFLUÊNCIA DA COVID-19: estudo de caso para o estado de Minas Gerais

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova a Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Especialista em Modelagem em Ciência e Tecnologia pelo Instituto de Ciências Sociais Aplicadas da UNIFAL-MG.

Trabalho aprovado em: 20/11/2020

Ph.D Pablo Javier Grunmann _____
Instituição: ICSA / UNIFAL-MG

Dra. Cláudia Adam Ramos _____
Instituição: ICSA / UNIFAL-MG

Dr. Leandro Ferreira _____
Instituição: ICSA / UNIFAL-MG

Dra. Pamila Cristina Lima Siviero _____
Instituição: ICSA / UNIFAL-MG

VARGINHA - MG

2020

RESUMO

A pandemia causada pelo novo coronavírus modificou a realidade mundial no ano de 2020. De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde no dia 30 de outubro já haviam 44.888.869 casos de COVID-19 no mundo, dos quais 1.178.475 eram de mortes (OPAS, 2020). Esses óbitos se referem às mortes oficialmente registradas como causadas pela COVID-19. No entanto, esse número não reflete totalmente a realidade, pois foram muitas as dificuldades encontradas no controle da doença, na identificação dos assintomáticos, falta de testes e/ou demora para aplicação deles. A falta de preparo para lidar com uma pandemia desta dimensão acabou gerando uma subnotificação da mortalidade causada pelo vírus. O termo subnotificação se refere a divulgação de dados inferiores aos reais, o que gera uma insegurança e desconhecimento sobre o real alcance da pandemia. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi dimensionar a subnotificação dos óbitos por COVID-19 para o estado de Minas Gerais, com atenção especial para três dos seus municípios: Três Pontas, Varginha e a capital Belo Horizonte. O desenvolvimento deste estudo se deu por meio da análise exploratória de dados históricos de mortalidade, além das previsões geradas para o mortalidade para 2020. Tais previsões tiveram como propósito indagar como teria sido o comportamento da mortalidade no ano de 2020 em um contexto "sem COVID-19". No trabalho foram comparadas essas previsões com o que de fato ocorreu nos primeiros meses do ano. Os bancos de dados usados nesta pesquisa são originários de três fontes diferentes, são elas: Portal Transparência de Registro Civil (2020), Painel de Monitoramento da Mortalidade (DASNT, 2020) e dados sobre mortalidade de 1996 até 2019 do Sistema de Informação sobre Mortalidade do DATA-SUS (2020). Foi possível observar a subnotificação da mortalidade tanto no estado de Minas Gerais, quanto nos municípios analisados havendo indícios de aumento da mortalidade fora do previsto, mesmo antes do primeiro caso confirmado nos municípios em destaque.

Palavras-chave: *Novo coronavírus, Subnotificação, Óbitos por COVID-19 e Minas Gerais.*

ABSTRACT

Escrever a TRADUÇÂO, para o inglês, do Resumo.

Keywords: *Tradução Palavra 1, Tradução Palavra 2, Tradução Palavra 3 e Tradução Palavra 4.*

Lista de tabelas

Tabela 1 – Registros referentes à COVID-19. Dados para o estado de Minas Gerais e também para os municípios de Três Pontas, Varginha e Belo Horizonte (Fonte básica dos dados: Portal Transparência) 10
Tabela 2 – Coeficientes, dos modelos aditivo e multiplicativo de Holt-Winters, associados à previsão dos óbitos para o ano de 2020 nas cidades de Três Pontas, Varginha, Belo Horizonte e também para o estado de Minas Gerais. 24
Tabela 3 – Parâmetros dos modelos ARIMA, associados à previsão dos óbitos para o ano de 2020 nas cidades de Três Pontas, Varginha, Belo Horizonte e também para o estado de Minas Gerais. 25
Tabela 4 – Critério de Akaike aplicado aos modelos Holt-Winters (aditivo e multiplicativo) e ARIMA, quando consideradas as previsões geradas para os óbitos em 2020. 27

Lista de ilustrações

Figura 1 – Organograma dos bancos de dados 14
Figura 2 – Registros mensais de óbitos para as cidades de Três Pontas-MG, Varginha-MG e Belo Horizonte-MG, além de dados vinculados ao estado de Minas Gerais como um todo no período de 2009 até 2019. Fonte básica dos dados: DATASUS. 15
Figura 3 – Óbitos por COVID-19, de janeiro/2020 até outubro/2020 para o estado de Minas Gerais, por idade e sexo. Fonte básica dos dados: Portal Transparência. 16
Figura 4 – Mortalidade, por idade e causas, para o estado de Minas Gerais. Ano de 2019, dados acumulados para o período de Janeiro a Dezembro (linha tracejada), e Ano de 2020, dados acumulados para o período de Janeiro a Outubro (linha contínua).Fonte básica dos dados: Portal Transparência 17
Figura 5 – Valores Mensais dos óbitos para Três Pontas - MG, Varginha - MG, Belo Horizonte - MG e para o estado de Minas Gerais. Em AZUL, as médias entre 2009 e 2019 referentes a cada mês; e em VERMELHO os registros mensais dos óbitos para os locais de interesse no ano de 2020. Fonte básica de dados: DATASUS e Portal Transparência de Registro Civil 23
Figura 6 – Previsão, pelo método Holt-Winter (HW), dos óbitos para o estado de Minas Gerais e para as cidades de Três Pontas - MG, Varginha - MG e Belo Horizonte - MG. Em VERMELHO a previsão gerada pelo HW Aditivo e em AZUL a previsão gerada pelo HW Multiplicativo. 25
Figura 7 – Previsão, pelo método ARIMA, dos óbitos para o estado de Minas Gerais e para as cidades de Três Pontas - MG, Varginha - MG e Belo Horizonte - MG. Em AZUL ESCURO, tem-se os intervalos de confiança de 80% e em AZUL CLARO, tem-se os intervalos de confiança de 95% 26
Figura 8 – Mortalidade, incluindo as causadas por COVID-19, para o ano de 2020 para o estado de Minas Gerais e para as cidades de Três Pontas - MG, Varginha - MG e Belo Horizonte - MG. Em VERMELHO, está mortalidade total registrada em cada local analisado; Em VERDE, está a previsão atualizada para os óbitos, gerada a partir do método HW aditivo somado com os óbitos por COVID-19; Em AZUL, está a previsão de óbitos gerada a partir do método HW multiplicativo somado com os óbitos por COVID-19; e em AMARELO, está a previsão de óbitos gerada a partir do método ARIMA somado com os óbitos por COVID-19; 28

Sumário

1 INTRODUÇÃO 8

2 REFERENCIAL TEÓRICO 10
2.1 COVID-19 10
2.2 Subnotificação dos Registros da COVID-19 12

3 MATERIAIS E MÉTODOS 14
3.1 Banco de dados 14
3.2 Métodos de Previsão 18
3.2.1 *Winters* 18
3.2.1.1 Modelo de Holt-Winters Aditivo 19
3.2.1.2 Modelo de Holt-Winters Multiplicativo 19
3.2.2 Modelo ARIMA 20

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 22
4.1 Óbitos de 2020 comparados com as médias de óbitos dos anos anteriores 22
4.2 Previsão da Mortalidade para 2020: cenário *sem* COVID-19 23
4.3 Previsão da Mortalidade para 2020: cenário *com* COVID-19 27

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 30

1 INTRODUÇÃO

Em 11 de março de 2020 a Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou que a população vivia uma pandemia de COVID-19 provocada pelo novo coronavírus Sars-Cov-2, sendo que o primeiro caso da doença foi identificado em 31 de dezembro de 2019 na cidade de Wuhan na China (WHO, 2020)

Inicialmente, a COVID-19 se assemelhava com a Síndrome Respiratória Aguda, de alta letalidade - considerada erradicada desde 2004 - e provocada pelo Sars-Cov (LANA, 2020). No entanto, no decorrer das semanas, percebeu-se que a doença causada pelo novo coronavírus afetava outros orgão para além do sistema respiratório (BARBOSA, 2020).

O desconhecimento da patologia (e de todos os seus possíveis sintomas), o alto percentual de assintomáticos aliada com uma testagem que, no caso do Brasil, foi considerada pequena pelos órgãos internacionais (MAGNOS et. al, 2020), fez emergir a necessidade de investigar a proporção da subnotificação dos registros e/ou óbitos da doença no país.

De acordo com Prado et. al. (2020), a subnotificação do registro de casos de COVID-19 no Brasil chega a ser onze vezes maior que a divulgada oficialmente. O estudo foi desenvolvido utilizando o número de óbitos notificados no Brasil, e em cada estado, e a proporção entre casos e a letalidade.

Ainda que o estudo (mencionado anteriormente) tenha sido desenvolvido para o país como um todo, e ser sabido que o Brasil possui dimensões continentais, seu resultado traduz, ainda que de forma suavizada, o que acredita-se acontecer no estado de Minas Gerais. Em nota técnica (RIBEIRO et al, 2020) produzida com dados de até a 17ª semana da pandemia, os autores concluíram que os registros da COVID-19 em Minas Gerais podem estar subestimados na proporção de 16,5:1.

Outro indício da subnotificação dos casos de COVID-19, é o aumento, fora do esperado, de mortes por SRAG (Síndrome Respiratória Aguda Grave) desde o início de 2020 (FIOCRUZ, 2020).

Assim, é neste contexto que insere-se o presente trabalho. A ideia deste estudo foi, por meio do estudo do registro total de óbitos, estimar uma possível subnotificação dos óbitos por COVID-19 para o estado de Minas Gerais, com destaque especial para três das suas cidades: Belo Horizonte, cidade mais populosa do estado; e Três Pontas e Varginha, localizadas na macroregião Sul de Minas. As duas últimas cidades foram escolhidas por ter porte distinto (Três Pontas é uma cidade de 53 mil habitantes, enquanto Varginha tem 131 mil) e por localizarem-se numa região próxima do estado de São Paulo, que foi um dos mais afetados pela pandemia.

Os dados utilizados foram extraídos de três bases diferentes: os dados oficiais dispo-

nibilizados pelos cartórios do estado; do Data Sus; e pela Secretaria de Saúde dos municípios estudados. A estratégia adotada para extrair a informação desejada foi, por meio de ferramentas estatísticas de previsão de séries temporais, estimar como teria sido o quantitativo da mortalidade em cada um dos municípios (assim como no estado de Minas Gerais), para o primeiro semestre de 2020, caso a pandemia não fosse uma realidade. E, a partir deste resultado, por meio da comparação com os dados observados (registros), inferir se houve, ou não, subnotificação de óbitos em decorrência da COVID-19.

O estudo acima proposto foi organizado, e será apresentado, obedecendo a seguinte estrutura:

- **Capítulo 2** *Referencial Teórico* Traz um breve histórico da COVID-19 no Brasil e no Estado de Minas Gerais, além de apresentar estudos sobre a subnotificação da doença.
- **Capítulo 3** *Metodologia* Neste capítulo são apresentados os métodos estatísticos utilizados para fazer previsão do número de óbitos que seria esperado para 2020. Adicionalmente, é apresentada uma descrição do banco de dados utilizado na pesquisa. Além disso também é detalhado cada um dos três métodos de previsão de series temporais utilizados ao longo da pesquisa, são eles: método de Holt Winters Aditivo, método de Holt Winters Aditivo, e método ARIMA.
- **Capítulo 4** *Resultados e Discussão* Neste capítulo é apresentado, num primeiro momento, os dados oficiais do número de óbitos no estado (e nos municípios estudados); Além disso, são exibidos os resultados das previsões do número de óbitos e também são discutidas as possibilidades de subnotificação dos registros.
- **Capítulo 5** *Considerações Finais* A partir da pesquisa desenvolvida são destacadas as principais conclusões, apresentados os desafios a serem superados para a elaboração de um estudo que traduza de forma mais precisa a realidade, e também são descritas as perspectivas de estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo possui duas metas centrais: a primeira é abordar a COVID-19, tanto no aspecto da descrição das principais características da doença, quanto no sentido de fazer um breve resumo da cronologia do seu avanço no Brasil (Seção 2.1); e a segunda etapa tem como objetivo, tratar da subnotificação nos registros da COVID-19 e os impactos gerados pelo desconhecimento da dimensão real de uma pandemia (Seção 2.2).

2.1 COVID-19

A COVID-19 é uma doença infecciosa que tem como agente causador o novo coronavírus. Ao longo da história já foram identificados sete tipos distintos de coronavírus (HCoVs), dos quais podemos destacar o SARS-COV, causador da Síndrome Respiratória Aguda Grave; e o SARS-COV-2, causador da COVID-19 (OPAS, 2020; OMS, 2020). Essa família de vírus costuma afetar o sistema respiratório (causando desde uma simples gripe até, em casos mais graves, pneumonia com necessidade de ventilação mecânica), sistema gastrointestinal, hepático ou neurológico (WEISS, 2011).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2020) o novo coronavírus surgiu em dezembro de 2019 na cidade de Wuhan, província de Hubei, na República Popular da China, tendo se disseminado a partir de um mercado que comercializava alimentos e animais vivos (DE MACEDO JUNIOR, 2020). O vírus se espalhou rapidamente pelo mundo e já em março de 2020 assumiu o status de pandemia. No Brasil, o primeiro caso foi confirmado no dia 26 de fevereiro de 2020 e até o dia 26 de outubro deste mesmo ano havia 5.411.550 casos confirmados e 157.451 óbitos registrados (OMS, 2020, MINAS GERAIS, 2020).

No caso do estado de Minas Gerais, e das cidades de interesse neste trabalho, só foram registrados casos de COVID-19 a partir de março de 2020 (Tabela 1).

Tabela 1 – Registros referentes à COVID-19. Dados para o estado de Minas Gerais e também para os municípios de Três Pontas, Varginha e Belo Horizonte (Fonte básica dos dados: Portal Transparência)

	Mês de registro do primeiro caso	Total de Casos até 26/10/2020	Total de óbitos até 26/10/2020	Letalidade	Taxa de Mortalidade
Estado MG	Março	349.512	8.779	2,5%	0,003883
Belo Horizonte	Março	45.688	1.449	3,2%	0,005493
Varginha	Abril	1.263	42	3,3%	0,004810
Três Pontas	Junho	684	14	2,0%	0,004071

Uma das principais razões para a rápida disseminação da doença está associada ao fato de que uma parcela significativa dos infectados não apresentam quaisquer sintomas (MORAES

et al, 2020). Isto é, são indivíduos que, por serem assintomáticos, transmitem a doença sem nem mesmo saber disso. Outro aspecto relevante associado a esses indivíduos que não sabem que estão infectados é que, a menos que estejam inseridos em comunidades nas quais testagem em massa sejam implantadas, eles acabam não fazendo parte dos registros oficiais (SILVA et al, 2020). Isso significa que os assintomáticos estão vinculados aos problemas de subdimensionamento da doença e, em termos epidêmicos, também à dificuldade de controlar a sua evolução.

A transmissão da doença se dá pelo contato de pessoa a pessoa, pelo ar (aerossóis) ou pelo contato com superfícies e/ou secreções contaminadas. Em razão disso, e na ausência de vacina, as principais formas de combater a disseminação do vírus são as medidas de Intervenção Não Farmacológica (INF), dentre as quais merecem destaque o distanciamento/isolamento social, o uso de máscaras e a frequente higienização de superfícies e ambientes (GARCIA, 2020; GARCIA & DUARTE, 2020).

Apesar da suscetibilidade à doença ser universal[1] a sua letalidade não é. Tem-se que diferentes países tem lidado com a pandemia de diferentes formas. E, a depender do contingente testado em cada um destes locais, maior (ou menor) é o número de assintomáticos identificados o que faz com que a taxa de letalidade da COVID-19 seja distinta de um país para o outro (KANG & JUNG, 2020) (ou, até mesmo dentro de um mesmo país, como é o caso do Brasil (FRANZESE, 2020). No entanto, em todas as regiões, quando consideradas as faixas etárias, foi verificado que a letalidade aumentava conforme mais avançada era a idade do paciente (HALLAL & HARTWIG, 2020).

Esta reflexão é importante, pois tem-se que de acordo com BORGES & CRESPO (2020) em torno de 30% da população brasileira vive com pelo menos um idoso. Paralelamente, neste grupo (idosos) a letalidade chega a ser, no mínimo, 4 vezes maior que a verificada pra indivíduos mais jovens (KANG & JUNG, 2020). Então, a subnotificação (no sentido de não identificação de todos os infectantes e por consequência na não adoção de medidas que impeçam o contágio) pode ocasionar a devastação de um grupo específico de indivíduos[2].

Alguns estudos indicam ainda que a COVID-19 pode afetar órgãos como os rins e o coração. Assim, tem-se que algumas mortes causadas pela doença podem estar "escondidas"em óbitos atribuídos a problemas com o sistema renal e/ou cardíaco, sendo que os indivíduos que possuem comorbidades renais e cardíacas colocam-se como mais vulneráveis ao coronavírus e com maior taxa de mortalidade (RODRIGUES et al, 2020).

A comunidade científica, desde dezembro de 2019, tem pesquisado muito sobre a COVID-19, tanto sobre as formas de contágio, sintomas ou em relação ao seu tratamento. Ape-

[1] qualquer indivíduo pode ser infectado pelo vírus

[2] apesar de não ser o objetivo deste texto, cabe destacar que a fragilidade dos idosos diante da COVID-19 deveria, para o poder público, transcender o aspecto humano, uma vez que em muitas cidades/regiões a participação dos idosos na economia é significativamente alta. Isso quer dizer que o desaparecimento desta parcela da população iria gerar, inclusive, reflexos negativos na economia.

sar disso, o fato de se tratar de uma doença nova[3], a coloca naturalmente numa situação em que algum nível de subnotificação se faz presente. Assim, a próxima seção trata deste tema.

2.2 Subnotificação dos Registros da COVID-19

O termo subnotificação se refere a divulgação de dados menores que os verdadeiros. No contexto do novo coronavírus, a subnotificação no Brasil pode estar vinculada a pelo menos três fatores: de um lado tem-se que uma parte expressiva dos infectados nem mesmo sabiam da presença do vírus no seu organismo[4]; outra parte (significativa) da população não teve acesso aos testes[5]; e uma terceira parcela, ainda que com alguns sintomas, não "podia"ter o diagnóstico da doença porque isso implicaria em ter que se afastar do trabalho e, consequentemente, ficar sem salário.

Por outro lado, informações precisas sobre o número de contaminados, de recuperados e de mortos em uma pandemia são indispensáveis para que se possa avaliar políticas públicas e/ou implementar ações adequadas para o controle da mesma. Assim, quanto maior for a subnotificação, menos preparado o país estará para lidar com uma pandemia (FILHA, 2020).

Prado et al (2020) estimaram a notificação em cada um dos estados do Brasil, sendo que para o estado de Minas Gerais, o resultado encontrado foi de 20,1 (com 95% de intervalo de confiança), ou seja, aproximadamente 80% dos casos de COVID-19 no estado não constam nos registros oficiais. Segundo estes mesmos autores, a taxa de notificação varia de um estado pra outro, evidenciando a diferença entre as políticas adotadas acerca da realização de testes, sendo que os estados com números menores de óbitos são os que exibem maior incertezas nos registros da doença. Esta poderia, inclusive, ser uma justificativa para a discrepância entre o número de mortes por COVID-19 em Minas Gerais, em relação ao observado nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro[6] (estados vizinhos à Minas Gerais), uma vez que o protocolo de atendimento/cuidados com os pacientes infectados não foi drasticamente diferente nestes três lugares.

No que diz respeito aos óbitos causados pelo novo coronavírus, os casos documentados podem também não representar completamente a realidade (NOGUEIRA et al, 2020). Acredita-se que, em parte, isso possa estar relacionado ao mau preenchimento da Declaração de Óbito

[3] Este trabalho está sendo elaborado em outubro de 2020, passados 10 meses desde a descoberta da COVID-19.

[4] seja por estar assintomático, seja por apresentar sintomas "menos frequentes"para COVID-19

[5] seja porque não houve uma política de testagem massiva; seja porque não se enquadrou no protocolo que as unidades de saúde precisavam seguir para definir quem faria o teste; seja porque o acesso aos testes (na rede privada) - tanto em farmácia quanto em laboratórios - foi distinto em cada cidade - e quanto menor o município mais tempo demorou pra se disponibilizar este serviço à população; seja porque parte da população não tinha dinheiro para pagar pelo teste.

[6] a saber, em 30/07/2020, São Paulo registrava 529.006 de casos - representando 1,2% da população do estado - com 22.710 mortes (letalidade de 4,3%) (SÃO PAULO, 2020); Rio de Janeiro eram 163.642 casos - representando 1,0% da população do estado - com 13.348 mortes (letalidade de 8,2%) (RIO DE JANEIRO, 2020); enquanto que em Minas Gerais tinha-se 123.415 casos - o que representava 0,6% da população do estado - sendo 2.692 óbitos (letalidade de 2,2%) (SES, 2020)

(D.O.), de forma que uma significativa proporção das mortes causadas pela COVID-19 podem ter sido declaradas como estando associadas a outras causas, comprometendo o dimensionado da letalidade da doença (FRANÇA et al, 2020).

Outro estudo que reforça esta tese foi o desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Segundo os autores, no caso do Estado de Minas Gerais, uma das razões da subnotificação está ligada à baixa capacidade de realização de testes na população; já o outro motivo se deve ao registro (equivocado) dos óbitos, que ocorre quando não se atribui como causa mortis a COVID-19, mas sim outras doenças com sintomas semelhantes aos dela. Uma consequência disso é a discrepância gerada nas informações, disponibilizadas por diferentes fontes, dos registros de casos/óbitos causados pelo novo coronavírus. Adicionalmente, a falta de precisão/padronização nos protocolos utilizados para atribuir a causa mortis por COVID-19 gerou um aumento inexplicável, durante os primeiros meses da pandemia, no número de mortes por SARS, por Insuficiência respiratória e por pneumonia (ALVES et al, 2020a; ALVES et al, 2020b).

Como a subnotificação é resultado de diferentes fatores, a sua diminuição também depende de esforços em diferentes áreas. Com o objetivo de melhor diagnosticar, clinicamente, os doentes da COVID-19, Fleitas et al (2020) desenvolveu um modelo de regressão logística, utilizando uma coorte de pessoas testadas para COVID-19 na Argentina e identificando o grupo de sintomas com associação significativa para o vírus, a fim de ser usado como um método complementar, e rápido, de identificação da doença gerada pelo novo coronavírus.

Outra forma de diminuir a subnotificação é melhor estimando-a e assim, automaticamente, gerando informações mais confiáveis sobre a doença. É nesta direção que o presente trabalho visa atuar. O próximo capítulo tem por objetivo descrever os dados utilizados neste estudo, bem como os métodos estatísticos utilizados para interpretá-los.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo destina-se à descrição dos dados e métodos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, ou seja, refere-se aos registros de óbitos, tanto por COVID-19 quanto por outras causas, para o ano de 2020 estão sendo utilizadas informações até 30 de julho de 2020 e também de anos anteriores; além dos métodos estatísticos que permitiram entender melhor o que os registros, ou falta deles, significam.

3.1 Banco de dados

O trabalho foi desenvolvido utilizando dados de três diferentes fontes. A primeira delas foi o Sistema de Informação de Mortalidade (SIM) do DATASUS (BRASIL, 2020), que forneceu registros mensais do número de óbitos para os anos de 1996 até 2018. Desta plataforma, também foi possível obter dados preliminares para o ano de 2019. A figura 1 abaixo tem como finalidade ilustrar esses dados.

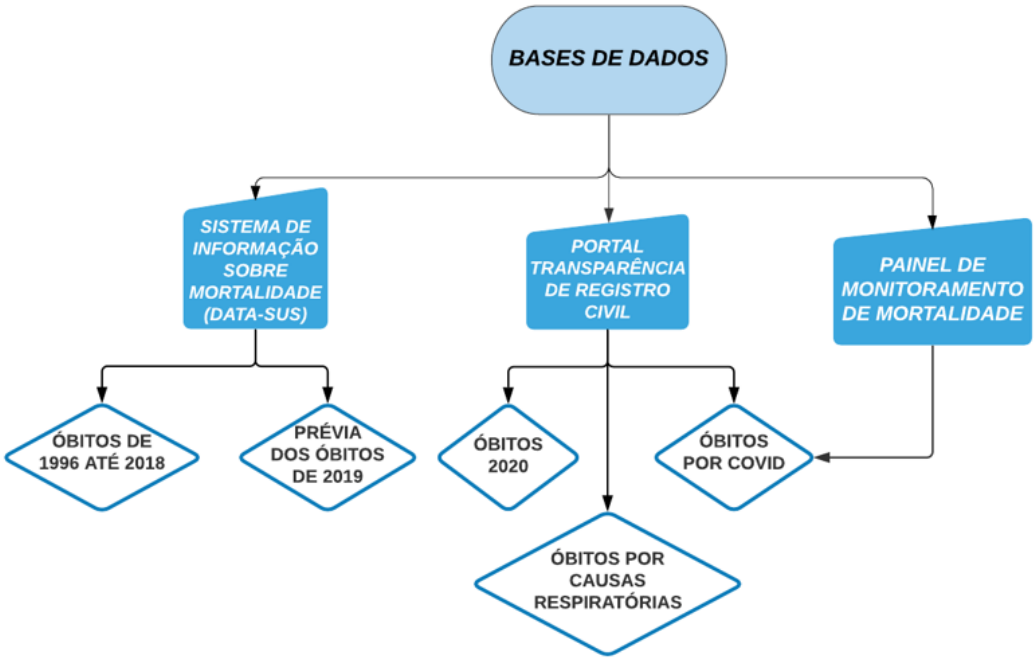

Figura 1 – Organograma dos bancos de dados

A Figura 2 foi construída com dados deste repositório e ela mostra o total de óbitos para o período de 1996 até 2019, em cada uma das três cidades mineiras estudadas neste trabalho assim como para o estado de Minas Gerais pelos dados do SIM (DATA-SUS).

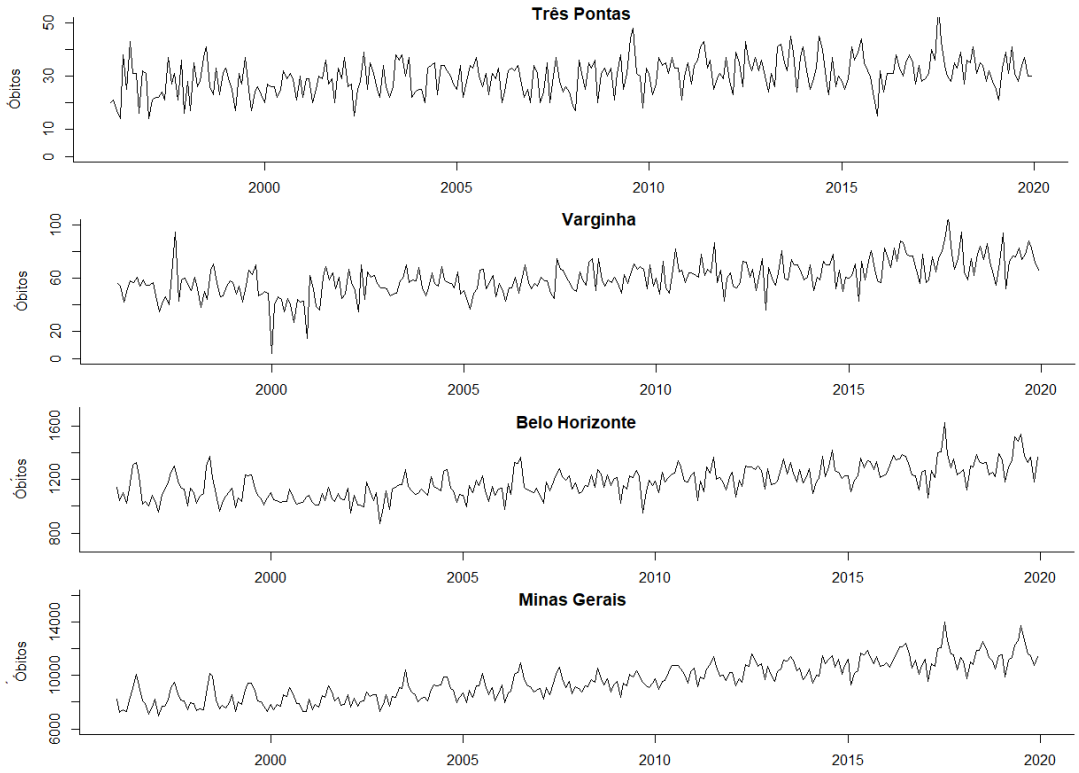

Figura 2 – Registros mensais de óbitos para as cidades de Três Pontas-MG, Varginha-MG e Belo Horizonte-MG, além de dados vinculados ao estado de Minas Gerais como um todo no período de 2009 até 2019. Fonte básica dos dados: DATASUS.

Pela Figura 2, é possível notar que os óbitos exibem uma tendência de aumento com o passar dos anos, sendo que este crescimento é mais perceptível quando considerados os dados do estado de Minas Gerais, e mais sutil para a cidade de Três Pontas. Estas séries temporais mostram a oscilação da mortalidade ano a ano e também mês a mês, sendo possível identificar a presença de padrões de sazonalidade, os quais são mais nítidos para as séries maiores (Belo Horizonte e Minas Gerais).

Outras duas fontes para os dados utilizados neste estudo foram o Portal da Transparência de Registro Civil, que agrupa os registros dos cartórios municipais (PORTAL TRANSPARÊNCIA, 2020) e o Painel de Monitoramento da Mortalidade (DASNT, 2020). As informações sobre a mortalidade pela COVID-19 estão distribuídas por idade, sexo e localização.

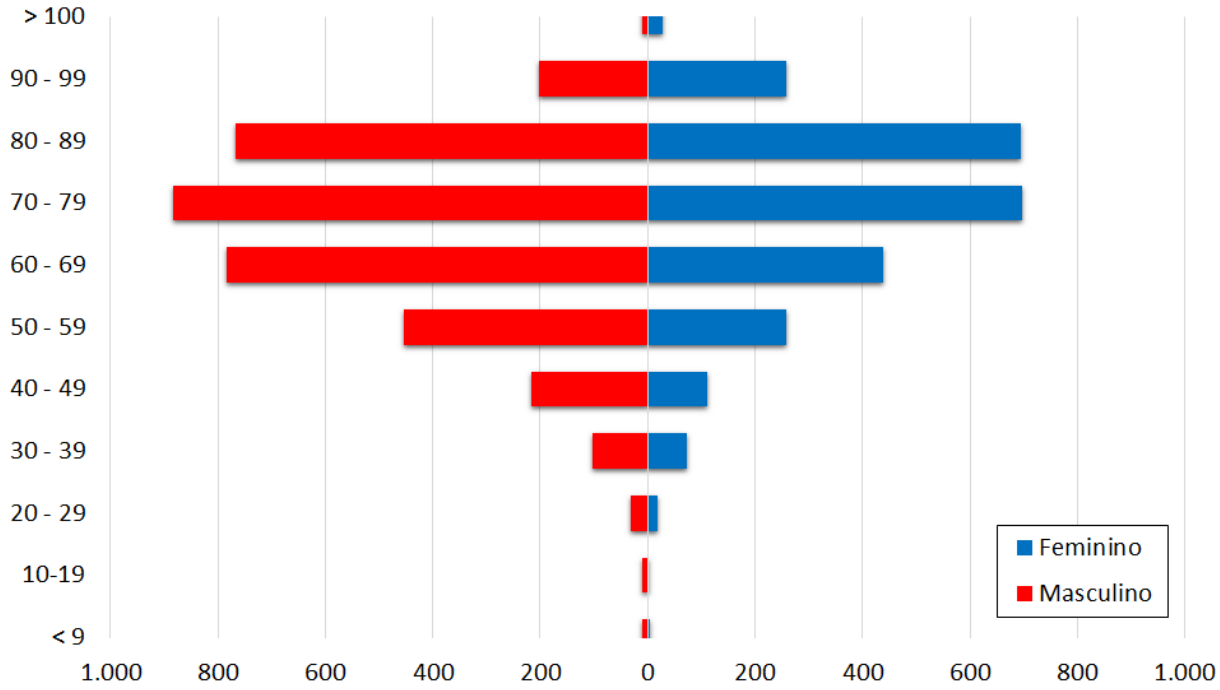

Figura 3 – Óbitos por COVID-19, de janeiro/2020 até outubro/2020 para o estado de Minas Gerais, por idade e sexo. Fonte básica dos dados: Portal Transparência.

A figura 3 refere-se aos dados extraídos do Portal da Transparência. Nota-se que, de uma forma geral, morreram mais homens do que mulheres por COVID-19. A exceção é observada nas faixas etárias de pessoas com idade acima dos 90 anos. Uma possibilidade para que isso tenha ocorrido pode estar relacionado ao fato de que a maioria dos idosos brasileiros são do sexo feminino, De acordo com levantamento do IBGE, dos indivíduos acima de 60 anos, 56% são do sexo feminino, sendo a população feminina o dobro da masculina acima de 90 anos (IBGE, 2020).

A infecção por COVID-19 afeta, principalmente, o sistema respiratório (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Um dos principais problemas respiratórios que podem levar a óbito está a Síndrome Respiratória Aguda Grave. A Figura 4 foi elaborada para verificar se era possível identificar possíveis mudanças no quantitativo de óbitos por doenças respiratórias, comparando os dados do ano 2019 com os dados de 2020.

A Figura 4 ratifica o que foi mostrado pela Figura 3 em que se percebe uma acentuação da mortalidade, no contexto mineiro, pela COVID-19 para indivíduos a partir dos 50 anos, sendo que este comportamento passa a retroceder para pessoas com idades a partir dos 90 anos. Esse cenário está de acordo com o estabelecido pela OMS como sendo o grupo de risco para a COVID-19 (OMS, 2020). Estudos apontam também uma maior letalidade da doença em pessoas combalidas também de outras comorbidades (DE ALMEIDA et al, 2020). Apesar da maior concentração de mortes em idosos, cabe ressaltar que o novo coronavírus pode ser fatal

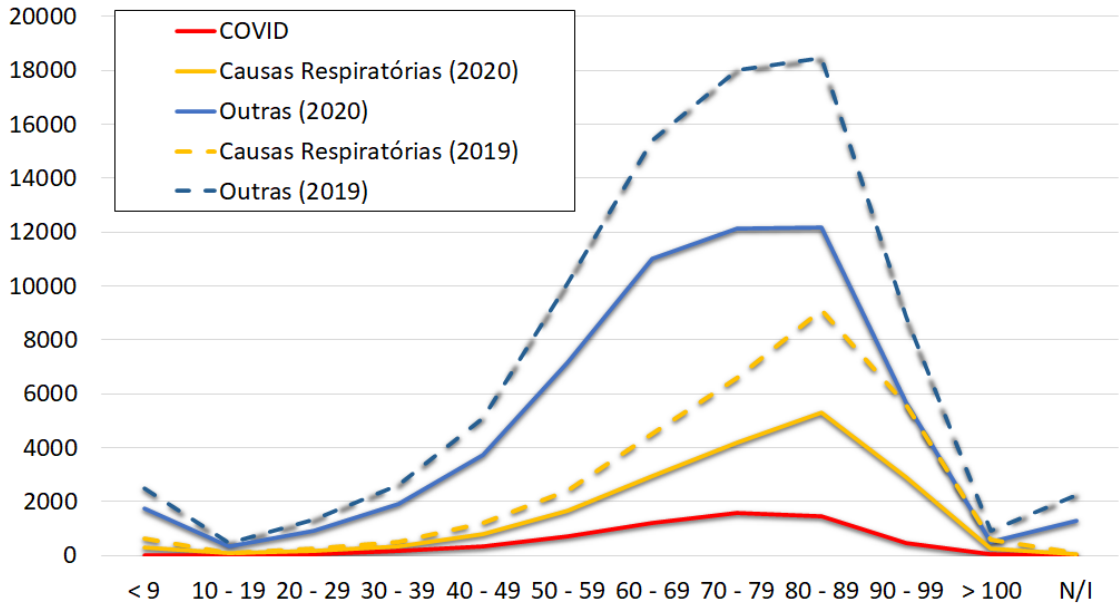

Figura 4 – Mortalidade, por idade e causas, para o estado de Minas Gerais. Ano de 2019, dados acumulados para o período de Janeiro a Dezembro (linha tracejada), e Ano de 2020, dados acumulados para o período de Janeiro a Outubro (linha contínua).Fonte básica dos dados: Portal Transparência

para indivíduos de todas as faixas etárias (MACIEL et al, 2020).

Apesar da Figura 4 exibir valores menores tanto para os óbitos provocados por causas respiratórias quanto por demais causas, é importante destacar que não se pode concluir que ao serem registradas mortes por COVID-19 isso fez diminuir a morte por outras razões. Esta impossibilidade de conclusão deve-se ao fato que os dados de 2019 referem-se ao período de 12 meses (de janeiro a dezembro), enquanto que os dados de 2020 referem-se ao período de 10 meses (de janeiro a outubro).

No caso do Portal da Transparência, ele foi repositório para duas categorias distintas de informações. Dele foram extraídos tanto os dados referentes à COVID-19 (e outras doenças respiratórias) quanto os dados prévios associados à mortalidade do ano de 2020.

As informações sobre mortalidade em 2020 não são totalmente consolidadas, isso significa que estão, frequentemente, sofrendo atualizações por parte dos cartórios. Assim, como uma forma de trabalhar com os dados o mais atualizados possíveis[1], optou-se por utilizar, como uma fonte adicional de mortalidade em 2020, os dados do Painel de Monitoramento da Mortalidade (DASNT, 2020). Estratégia semelhante foi adotada em relação aos números sobre a COVID-19, em que também foram considerados os boletins epidemiológicos dos municípios de Minas Gerais, acessado pelo Painel COVID-19 no estado.

Os dados foram trabalhados e modelados através do software livre R, pela plataforma

[1] Os dados foram atualizados no dia 30 de outubro de 2020 as 18:30

R - Studio (R Core Team, 2015). A próxima seção traz a descrição dos métodos estatísticos utilizados para fazer as projeções dos óbitos para 2020.

3.2 Métodos de Previsão

Foram utilizados durante o trabalho, três métodos de previsão de séries temporais. Os dois primeiros são variações do Método de Holt-Winters e sua descrição pode ser encontrada na sub seção 3.2.1. Além dos modelos Winters, foi utilizado também modelos ARIMA (Modelos Auto Regressivos de Médias Móveis), sendo que sua descrição encontra-se na sub seção 3.3.2.

Após a calibração dos modelos, foi então calculado o critério de seleção de Akaike (AIC) com a finalidade de verificar qual dos modelos representa melhor cada uma das séries estudadas.

3.2.1 *Winters*

O método Holt-Winters (WH) é uma das técnicas mais populares de previsão em séries temporais e, em parte, isso deve-se a sua capacidade simples e eficaz de gerar previsões, apesar dele existir há décadas. O modelo lida com padrões sazonais complicados, encontrando o valor central e adicionando os efeitos de inclinação e sazonalidade (MORETTIN e TOLOI, 2006; DE JESUS e DE OLIVEIRA, 2016).

A ideia do modelo consiste em uma suavização exponencial desenvolvida por Holt (1957) e que trabalha a tendência, e a sazonalidade, decompostos. Isso suaviza os valores mais antigos e valoriza os dados mais recentes (MORETTIN e TOLOI, 2006; MILNITZ et al. 2011).

De acordo com a literatura, o método WH mostrou-se eficiente para a previsão de mortalidade, seja ela consequência de causas naturais ou não (DE JESUS et al. 2016; DE SOUZA, 2017). No contexto da COVID-19, Martinez et al (2020) usou o modelo com o propósito de prever o número de casos oficialmente reportados de COVID - 19 no Brasil e na região Sudeste do país.

Holt (1957) desenvolveu basicamente 4 modelos de suavização para séries temporais. São eles: Modelo de Holt (suavização exponencial dupla); Modelo de Holt-Winters (suavização exponencial tripla); Modelo de Holt- Winters multiplicativo e Modelo de Holt- Winters aditivo. Nesta monografia foram utilizados os dois últimos modelos mencionados em razão da presença de sazonalidade nas séries (HYNDMAN et al, 1998; LIMA et al, 2015).

Os modelos de Holt-Winters aditivo e o multiplicativo são baseados em três equações, com constantes de suavização associadas ao nível, à tendência e à sazonalidade (MORRETTIN & TOLOI, 2006; BECKER, 2010 & DE SOUZA, 2017). As equações e a ideia geral de cada modelo estão descritas nas próximas subseções.

3.2.1.1 Modelo de Holt-Winters Aditivo

O modelo aditivo é usado quando a amplitude da variação sazonal permanece constante no período (WHEELWRIGHT, MAKRIDAKIS & HYNDMAN, 1998), e pode ser descrito pelas seguintes equações de previsão ($h_{t+h|t}$), nível (l_t), tendência (b_t) e sazonalidade (s_t).

Previsão:

$$h_{t+h|t} = l_t + hb_t + s_{t-m+h_m^+}, \tag{3.1}$$

Nível:

$$l_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1-\alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}), \tag{3.2}$$

Tendência:

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}, \tag{3.3}$$

Sazonalidade:

$$s_t = \gamma(y_t - l_{t-1-b_{t-1}}) + (1-\gamma)s_{t-m}, \tag{3.4}$$

sendo:

s_{t-m+h_m}: componente de sazonalidade do último ano de dados disponíveis;

s_t: comprimento da sazonalidade;

l_t: nível da série;

b_t: tendência da série;

$h_{t+h|t}$: previsão para o período;

α,β,γ: parâmetros exponenciais alisadores, do nível, da tendência e da sazonalidade, respectivamente.

3.2.1.2 Modelo de Holt-Winters Multiplicativo

O modelo multiplicativo tem como característica, considerar a variação da amplitude do ciclo sazonal como proporcional ao nível da série nos períodos, ou seja, a amplitude dos ciclos de sazonalidade está correlacionada ao tempo (WHEELWRIGHT, MAKRIDAKIS & HYNDMAN, 1998). O modelo multiplicativo pode ser descrito pelas seguintes equações de previsão ($\hat{y}_{t+h|t}$), nível (l_t), tendência (b_t) e sazonalidade (s_t).

Previsão:

$$\hat{y}_{t+h|t} = (l_t + hb_t)s_{t-m+h_m} \tag{3.5}$$

Nível:

$$l_t = \alpha\frac{y_t}{s_{t-m}} + (1-\alpha)(l_{t-1} + b_{t-1}) \tag{3.6}$$

Tendência:

$$b_t = \beta(l_t - l_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \tag{3.7}$$

Sazonalidade

$$s_t = \gamma\frac{y_t}{l_{t-1} + b_{t-1}} + (1 - \gamma)s_{t-m} \tag{3.8}$$

sendo:

s_{t-m+h_m}: componente de sazonalidade do último ano de dados disponíveis;

s_t: comprimento da sazonalidade;

l_t: nível da série;

b_t: tendência da série;

$h_{t+h|t}$: previsão para o período;

α , β , γ: parâmetros exponenciais alisadores do nível, da tendência e da sazonalidade, respectivamente.

3.2.2 Modelo ARIMA

A previsão de uma série temporal consiste em uma forma de estabelecer os futuros valores (termos) da série, sendo que a estimativa é gerada com base na informação registrada/disponível. Desta forma, o modelo parte do princípio de que os valores futuros da série sofrem influência das mesmas variáveis que impactaram/influenciaram nos valores (passados) integrantes da série histórica.

O modelo ARIMA *(Autoregressive Integrated Moving Average)*, criado por Box e Jenkins (1970), é um modelo usado na estatística e econometria para lidar com séries temporais. Trata-se de um caso geral do modelo auto-regressivo de médias móveis. Devido à sazonalidade observada na mortalidade - de um ano para o outro (semelhança entre altos e baixos mensais), fez-se necessário incorporar a sazonalidade ao modelo (DE ARCE et al, 2003; BOX & JENKINS, 1970).

Os modelos ARIMA (p, d, q) são, de forma geral, a diferenciação dos processos não estacionários ARMA (Auto regressivos de Médias Móveis). A ideia é que a diferenciação (d) torna o modelo estacionário, ou seja, este processo transforma séries não estacionárias em estacionárias através de suas diferenças (TSAY, 2005; CERETTA et al, 2010).

Segundo Tsay (2005), o modelo ARMA(p,q) é descrito pela equações:

$$r_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^{p} \phi_i \, r_{t-1} + a_t - \sum_{i=1}^{q} \theta_1 \, a_{t-1} \tag{3.9}$$

sendo:

a_t: é uma série de ruído branco;

p: é o número de termos auto regressivos;

q: é o número de termos da média móvel.

O modelo ARIMA é muito usado na predição de séries ligadas a epidemiologias. Em alguns casos, como foi feito por Latorre et al (2001), pode ser necessário incorporar o componente sazonal (SARIMA) quando os *lags* não são de baixa ordem.

O modelo SARIMA, definido por Box e Jenkings (1976), é o modelo ARIMA sazonal multiplicativo representado por $(p, d, q)(P, D, Q)$ em que a parte (p, d, q) corresponde aos parâmetros não sazonais, e a parte (P, D, Q) contém os parâmetros sazonais. Neste caso, descreve-se o modelo por:

$$\Phi(B^s)\phi(B) \bigtriangledown_s^D \bigtriangledown^d Y_t = \Theta(B^s)\theta(B)u_t \tag{3.10}$$

sendo:

$\Phi(B^S) = (1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - ... - \Phi_p B^{PS})$: é o termo auto-regressivo não sazonal de ordem p;

$\phi(B^s) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - ... - \phi_P B^P)$: é o termo auto-regressivo sazonal de ordem P e ordem sazonal s;

$\bigtriangledown_s^D = (1 - B^S)^D$ e $\bigtriangledown^d = (1 - B)^d$;

$\Theta(B^S) = (1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - ... - \Theta_Q B^{QS})$: é o termo de média móvel sazonal de ordem Q e ordem sazonal s;

$\theta(B^s) = (1 - \theta_1 B - \phi_2 B^2 - ... - \theta_q B^q)$: é o termo de média móvel não sazonal de ordem q.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ideia deste capítulo foi, com base na estrutura descrita no capítulo anterior, analisar os dados da mortalidade no estado de Minas Gerais, tanto para o ano de 2020 quanto para os anos anteriores. Neste sentido, o primeiro passo foi investigar se era possível identificar, através dos registros em cartório, alguma alteração no total de mortes em Três Pontas, Varginha, Belo Horizonte.

4.1 Óbitos de 2020 comparados com as médias de óbitos dos anos anteriores

Como os cartórios não precisam informar imediatamente os registros, ao acessar os dados disponíveis no Portal da Transparência do Registro Civil, costuma-se observar uma defasagem desta informação. Assim, com o objetivo de trabalhar com informações mais consolidadas, optou-se por desenvolver o presente estudo considerando o intervalo de tempo com início em 01 de janeiro de 2020 e término em 30 de julho de 2020. Na tentativa de capturar uma possível alteração no padrão de óbitos em virtude da pandemia decidiu-se por fazer a análise mensal dos óbitos para os locais de interesse. A Figura 5 mostra o resultado desta investigação.

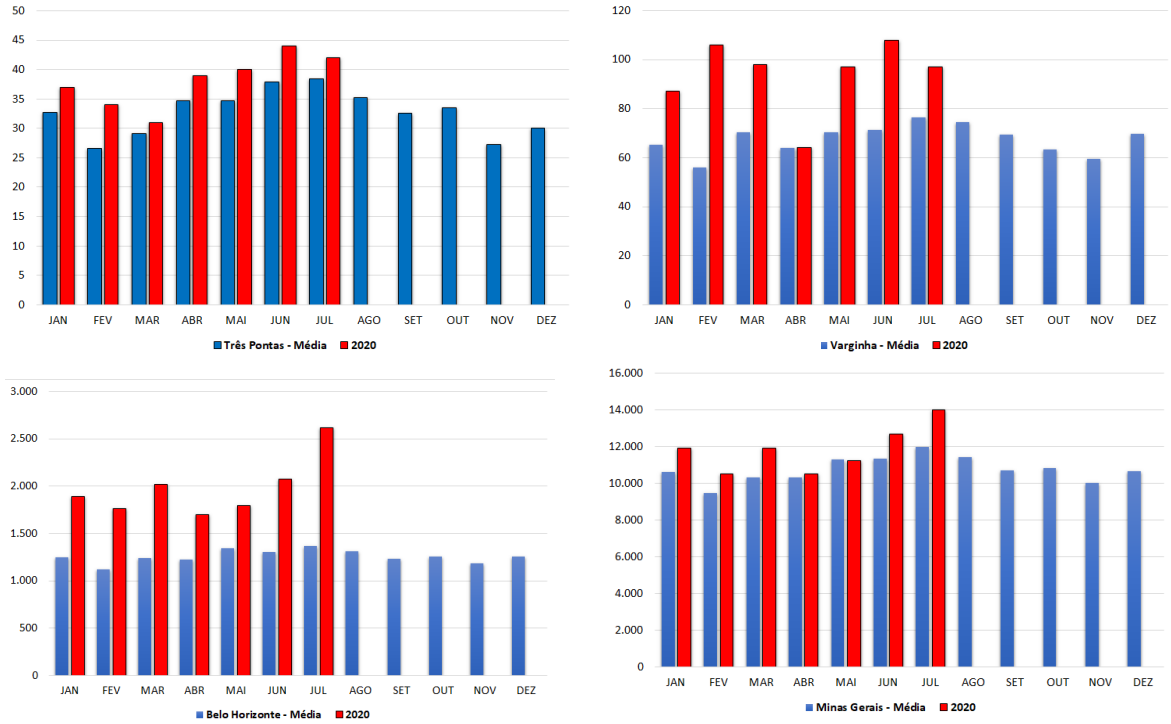

Figura 5 – Valores Mensais dos óbitos para Três Pontas - MG, Varginha - MG, Belo Horizonte - MG e para o estado de Minas Gerais. Em AZUL, as médias entre 2009 e 2019 referentes a cada mês; e em VERMELHO os registros mensais dos óbitos para os locais de interesse no ano de 2020. Fonte básica de dados: DATASUS e Portal Transparência de Registro Civil

A Figura 5 mostra que a mortalidade em 2020 é maior que a média dos anos anteriores. Nesta análise foram os municípios de Varginha e Belo Horizonte os que exibiram maior diferença entre o número de óbitos de 2020 e a média dos últimos 10 anos. Este aumento pode estar relacionado com a infecção pela COVID-19. A figura 5 foi elaborada a partir de dados de duas diferentes fontes: os dados históricos, de 2009 até 2019, são originários do SIM - DATASUS; já os dados do ano de 2020 foram extraídos do Portal Transparência de Registro Civil, sendo eles dados prévios e sujeitos a alterações.

A análise realizada por meio da Figura 5 tem uma fragilidade. Apesar de suave, a Figura 2 mostrou que a mortalidade nas quatro regiões estudadas aumentaram de ano para ano. Assim, não seria correto, por exemplo, dizer que a diferença entre a medida em azul e em vermelho na Figura 5 deve-se exclusivamente à pandemia.

4.2 Previsão da Mortalidade para 2020: cenário *sem* COVID-19

Para tentar, por um lado, capturar os óbitos ocasionados pelo novo coronavírus e, por outro lado, ter elementos para verificar se houve subnotificação nos registros de mortes causados pela COVID-19, foi estimado, através dos modelos de previsão, o quanto de óbitos seria

esperado, caso a pandemia não existisse, para o estado de Minas Gerais e para as três cidades mineiras de interesse neste trabalho. A partir daí, novas conclusões puderam ser obtidas.

As primeiras previsões foram geradas com base no método de Holt-Winters nas suas versões aditiva e multiplicativa. Os resultados encontrados para os parâmetros podem ser vistos na Tabela 2, enquanto que os gráficos gerados a partir das projeções para a mortalidade em 2020, num cenário sem COVID-19, encontram-se na Figura 6.

Tabela 2 – Coeficientes, dos modelos aditivo e multiplicativo de Holt-Winters, associados à previsão dos óbitos para o ano de 2020 nas cidades de Três Pontas, Varginha, Belo Horizonte e também para o estado de Minas Gerais.

	HW - Aditivo			HW - Multiplicativo		
	α	β	γ	α	β	γ
Varginha	0,102	1e-04	1e-04	0,0928	1e-04	1e-04
Três Pontas	1e-04	1e-04	2e-04	0,0223	1e-04	1e-04
Belo Horizonte	0,1665	1e-04	1e-04	0,1779	7e-04	1e-04
Minas Gerais	0,3085	1e-04	0,0015	0,1475	0,0023	1e-04

As previsões geradas pelos métodos Holt-Winters multiplicativo e aditivo, para o ano de 2020, ficaram próximas umas das outras. Em Três Pontas e Varginha elas iniciaram diferentes e depois tornaram-se cada vez mais próximas. Já o observado para o estado de Minas Gerais e sua capital, foi um pouco diferente, ou seja, as previsões geradas pelos métodos iniciaram muito próximas e diferenças passaram a ser identificadas na fase final da previsão. Apesar da Figura 6 mostrar a mortalidade para o período de 2015 a 2020, é importante destacar que a previsão foi realizada considerando as séries completas (1996-2019).

Figura 6 – Previsão, pelo método Holt-Winter (HW), dos óbitos para o estado de Minas Gerais e para as cidades de Três Pontas - MG, Varginha - MG e Belo Horizonte - MG. Em VERMELHO a previsão gerada pelo HW Aditivo e em AZUL a previsão gerada pelo HW Multiplicativo.

Como alternativa para gerar previsões melhores, foi usado o modelo ARIMA. Os resultados para o estado de Minas Gerais e para as cidades de Três Pontas, Varginha e Belo Horizonte podem ser vistos na Figura 7 e na Tabela 3, cujos coeficientes do modelo com a letra "S"representa o coeficiente sazonal.

Tabela 3 – Parâmetros dos modelos ARIMA, associados à previsão dos óbitos para o ano de 2020 nas cidades de Três Pontas, Varginha, Belo Horizonte e também para o estado de Minas Gerais.

Tipo	Coeff_TP	Coeff_VGA	Coeff_BH	Coeff_MG
AR(1)	-	0,1392	-	1,3497
AR (2)	-	-	-	-0,3614
MA (1)	-0,8769	-0,9683	0,3929	-0,8661
MA (2)	-0,0944	-		-0,0480
SMA (1)	-	0,1639	-0,8699	-0,7958
SAR (1)	0,2197	-	-	-
SAR (2)	0,1559	-	-	-

O comportamento da série e da previsão, para os primeiros meses de 2020, em cada região geográfica estudada, está na Figura 7. A série temporal considerada para gerar a previsão inicia em janeiro de 1996 e termina em dezembro de 2019, sendo os valores de janeiro a julho de 2020 o resultado das previsões. Na figura 7 estão representadas as médias previstas considerando o intervalo de confiança de 80% em azul escuro, e 95% em azul claro, respectivamente.

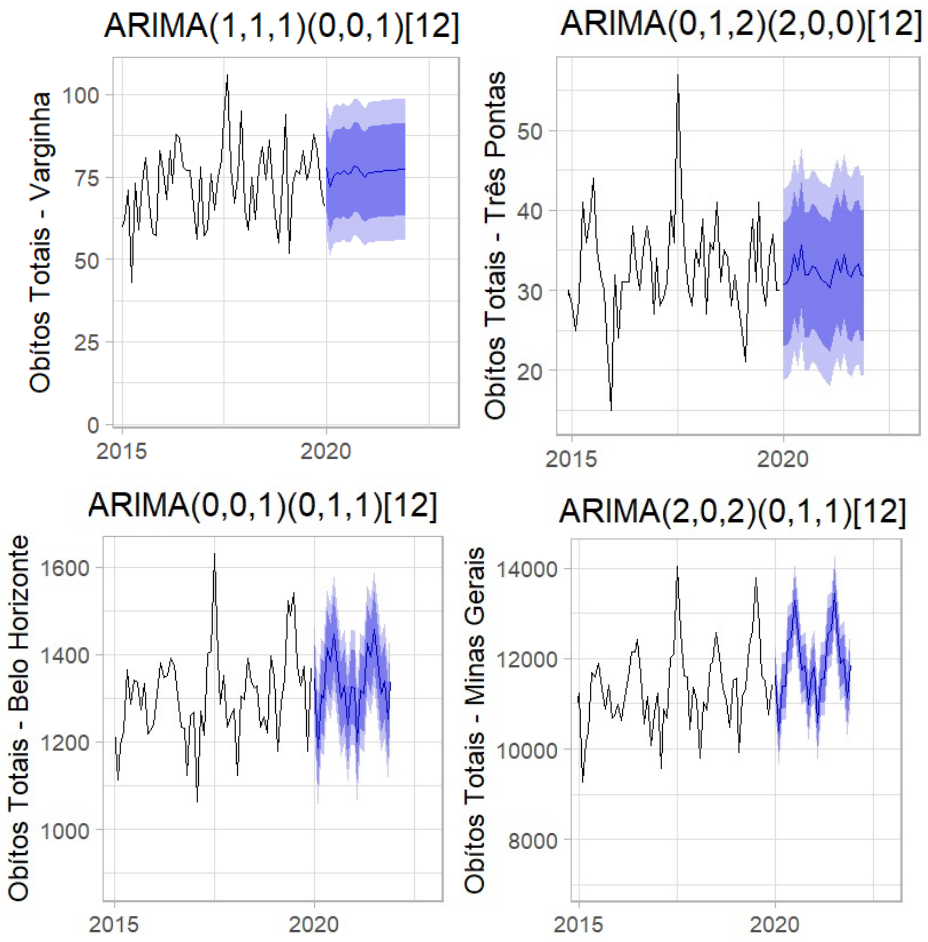

Figura 7 – Previsão, pelo método ARIMA, dos óbitos para o estado de Minas Gerais e para as cidades de Três Pontas - MG, Varginha - MG e Belo Horizonte - MG. Em AZUL ESCURO, tem-se os intervalos de confiança de 80% e em AZUL CLARO, tem-se os intervalos de confiança de 95%

Pela Figura 7, é possível notar uma maior precisão da previsão gerada para o estado de Minas Gerais e também para o município de Belo Horizonte. Acredita-se que isso se deve, possivelmente, à normalidade dos dados das séries, ou seja, por se tratar de populações grandes (maiores que a dos outros dois municípios), elas se aproximam cada vez mais de uma população normal (Lei dos Grandes Números).

Os títulos das subfiguras da figura 7 contem os parâmetros do modelo ARIMA (p,d,q)(P,D,Q)[12] em que o primeiro conjunto de números (p,d,q) se refere respectivamente a quantidade de termos auto regressivos, de diferenciações e de médias móveis usadas para o modelo, o segundo conjunto (P,D,Q) se refere aos mesmos termos sazonais e o índice [12] indica a quantidade de dados anuais.

Com base no Critério de Informação de Akaike (AIC), cujos resultados da análise constam na Tabela 4, quando considerado os modelos de Holt-Winter, tem-se que o método aditivo mostrou-se mais eficiente ao gerar as previsões de mortalidade para a cidade de Varginha

e Três Pontas; já em se tratando das previsões para o estado de Minas Gerais e cidade de Belo Horizonte, o método multiplicativo foi mais eficiente.

Tabela 4 – Critério de Akaike aplicado aos modelos Holt-Winters (aditivo e multiplicativo) e ARIMA, quando consideradas as previsões geradas para os óbitos em 2020.

	HW - Aditivo	HW - Multiplicativo	ARIMA
Três Pontas	2653,503	2666,246	1859,73
Varginha	2957,978	2979,552	2167,56
Belo Horizonte	4017,084	4011,744	3084,24
Minas Gerais	5019,543	5021,608	4012,82

ARIMA se mostrou o método mais eficiente, de acordo com o critério AIC em que o modelo com menor AIC é considerado mais eficiente, dentre todos os considerados. Para o desenvolvimento do modelo ARIMA foi usada uma variação do algoritmo desenvolvido por Hyndman e Khandakar (2017) que é tal que combina testes de raiz unitária, minimização de AICc e MFV (Máxima Verossimilhança).

A próxima seção faz a análise, apoiada nos resultados das projeções de mortalidade geradas por Holt-Winter e ARIMA, do esperado para os óbitos em 2020, considerando a existência da pandemia ocasionada pelo novo coronavírus.

4.3 Previsão da Mortalidade para 2020: cenário *com* COVID-19

A previsão de mortalidade gerada na seção anterior referia-se a um cenário sem pandemia. No entanto, é sabido que em razão das mortes ocasionadas pela COVID-19, os valores previstos não refletem o que de fato aconteceu. Em um cenário otimista (em que todas as mortes causadas pela doença tenham sido corretamente registradas), ao somar as mortes registradas pelo novo coronavírus e as estimativas geradas, teria-se como resultante um valor próximo ao da mortalidade real.

Assim, a estratégia adotada nesse trabalho, para responder sobre a existência de subnotificação de óbitos por COVID-19, foi gerar previsões da mortalidade *"sem COVID"* e, na sequência, somar as mortes registradas (causadas pela doença) às previsões. A partir daí tornou-se viável comparar os registros com a nova previsão gerada.

Considerar-se-á a existência de subnotificação caso os dados reais sejam menores que a nova previsão gerada; e, caso os dados reais forem maiores que a previsão atualizada, então considera-se que não há processo de subnotificação nos óbitos por COVID-19. A Figura 8 mostra, simultaneamente, os resultados das previsões atualizadas e os dados reais, registrados pelo cartório de registro civil, para os primeiros meses de 2020.

A Figura 8 exibe a mortalidade no estado de Minas Gerais e nas três cidades mineiras avaliadas até julho de 2020. Nela são apresentadas as previsões (dos modelos de Holt-Winters

aditivo e multiplicativo e ARIMA) atualizadas com a mortalidade por COVID-19, constadas nos registros oficiais, além dos dados do total de mortes para os primeiros meses de 2020 obtidos através do Portal da Transparência do Registro Civil.

Figura 8 – Mortalidade, incluindo as causadas por COVID-19, para o ano de 2020 para o estado de Minas Gerais e para as cidades de Três Pontas - MG, Varginha - MG e Belo Horizonte - MG. Em VERMELHO, está mortalidade total registrada em cada local analisado; Em VERDE, está a previsão atualizada para os óbitos, gerada a partir do método HW aditivo somado com os óbitos por COVID-19; Em AZUL, está a previsão de óbitos gerada a partir do método HW multiplicativo somado com os óbitos por COVID-19; e em AMARELO, está a previsão de óbitos gerada a partir do método ARIMA somado com os óbitos por COVID-19;

É sabido que a sub notificação pode representar cerca de 80% dos casos no estado (PRADO et al, 2020), e no que se refere aos óbitos, Dias et al (2020) estudou as primeiras 19 semanas epidemiológicas no Rio Grande do Sul, constatando subnotificação de aproximadamente de 100% dos casos para o estado. Desta forma, esperava-se que os dados reais para a mortalidade no estado de Minas Gerais também se mostrassem superiores às previsões, o que ocorreu para a maioria dos períodos.

Os resultados apontam para a existência de subnotificação das mortes por COVID-19 em algum momento do intervalo de tempo considerado. No caso de Varginha, por exemplo, tem-se que o registro total de óbitos supera a previsão atualizada, geradas a partir dos resultados da seção anterior. A exceção ocorreu em abril/2020. Uma possibilidade para isso pode estar associada ao distanciamento social que vigorou na cidade de 21/março/2020 até 20/abril/2020 (VARGINHA, 2020).

No caso do município de Três Pontas, é possível perceber, por um lado, que os dados

oficiais superam as previsões (para os três métodos) até o mês de junho/2020. A partir daí as previsões atualizadas geradas pelos HW aditivo e multiplicativo ultrapassam os dados oficiais. No entanto, as previsões atualizadas geradas a partir do ARIMA continuam abaixo da curva dos dados oficiais. Como o método ARIMA, no capítulo anterior, segundo o critério AIC, mostrou-se como sendo o que gerou melhores previsões, isso indica que pode ter havido subnotificação nos óbitos por COVID-19 na cidade.

Para Belo Horizonte, assim como foi observado em Três Pontas, os dados oficiais superam as previsões (para os três métodos) até o mês de junho/2020. A partir deste momento o cenário inverte-se. Situação semelhante foi observada para o estado de Minas Gerais. É nítida a precisão das previsões para os primeiros meses do ano, no entanto, a partir de abril, os dados reais ficam abaixo da estimativa para mortalidade. Se, por um lado, isso pode indicar uma supernotificação de óbitos por COVID-19 (o que iria contrariar uma coleção de estudos que apontam na direção oposta), por outro lado, este efeito pode estar associada à defasagem nos dados de mortalidade para o estado de Minas Gerais, inclusive porque ele é um compilado de registros de 853 municípios[1].

Durante a realização do presente trabalho foram encontradas algumas dificuldades, sendo que uma das principais estava vinculada aos problemas com a atualização dos bancos de dados. A incerteza dos registros é maior quanto mais próximos são as datas consideradas. Uma parte significativa das informações do ano de 2020 ainda não foi incorporada aos bancos de dados, causando assim uma defasagem ao comparar a previsão com o que realmente aconteceu para cada mês do ano de 2020.

Esta defasagem deve-se à constante atualização dos dados no Portal Transparência que ocorre em virtude da existência do prazo legal - de 2 semanas - para o registro dos óbitos (ou até 3 meses em áreas distantes dos cartórios) e também do tempo necessário para a consolidação destas informações no portal da transparência do registro civil (CONASS, 2020).

Um último ponto a ser destacado, em relação à demora na atualização dos dados de mortalidade, é que o Portal da Transparência exerce o papel de reunir e disponibilizar as informações que recebe de cada um dos cartórios do estado. Estes cartórios, por sua vez, dependem dos dados enviados pelos hospitais e clínicas das suas microrregiões. No entanto, não há qualquer padronização na forma de fazer estes registros (uma vez que esses sistemas foram montados especialmente para a pandemia) (DE SOUZA JUNIOR et al, 2020). Logo, a formatação dos dados em uma única plataforma agrega mais morosidade ao processo e, consequentemente, uma dificuldade adicional em se tirar conclusões como as que se desejava neste estudo.

[1] as informações para o estado de Minas Gerais é, dos quatro locais, aquele com maior incerteza. Isso deve-se ao fato de que os dados estaduais dependem da fidelidade dos dados do cartório de cada município os quais, por sua vez, dependem dos relatórios dos hospitais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde que foi confirmado o primeiro caso, a COVID-19 tem se espalhado pelo mundo alterando o comportamento das curvas de mortalidade dos países. Além do aumento da mortalidade, de acordo com relatório do Conselho Nacional das Secretarias de Saúde (CONASS, 2020), a pandemia impacta (negativamente) em outras áreas, pois gera sobrecarga no setor de saúde. Esta sobrecarga vai desde a interrupção de tratamentos de doenças crônicas até a identificação tardia e/ou não identificação de outras enfermidades que podem comprometer muito a saúde do indivíduo (tal resistência dos pacientes em buscar assistência médica deve-se ao medo de serem contaminados pelo novo coronavírus).

A subnotificação da mortalidade pela COVID-19 é um desafio aos tomadores de decisão, gerando desinformação acerca da real dimensão da doença. Este trabalho, teve como objetivo identificá-la e dimensioná-la no estado de Minas Gerais, dando atenção especial às cidades de Três Pontas, Varginha e Belo Horizonte. Para isso foram realizadas análises exploratórias, além de previsões, para o ano de 2020, com base em uma série histórica de dados que compreendeu o período com início em janeiro/1996 e término em dezembro/2019.

Os resultados encontrados apontam a presença de sub divulgação dos óbitos em todos os municípios estudados, sendo mais acentuada no município de Belo Horizonte. Na dimensão estadual não foi possível observar a mesma relação, mesmo sabendo que ela existe. Possivelmente isso ocorreu devido a maior incerteza sobre os dados no estado.

Apesar de não ser nítida a identificação da sub divulgação nos registros no estado, as análises feitas aqui foram desenvolvidas com base nas previsões geradas pelos métodos estatísticos Holt-Winter e ARIMA. Foi notável a eficácia dos métodos, no sentido de que foi identificada proximidade entre as previsões e os dados reais, para os primeiros meses do ano (onde os dados são mais completos).

Apesar de ter abordados aspectos descritivos e preditivos da pandemia, algumas perguntas ainda não foram respondidas. Seria interessante, por exemplo, explorar maneiras de calcular a defasagem nos dados mais recentes (diminuindo o erro), além de olhar novamente para estes dados em um futuro em que eles estejam totalmente consolidados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. H. E; DE SOUZA, T. A; DE ALMEIDA, S. S; RAMOS, N. A DE OLIVEIRA, S. V. Underreporting of death by COVID-19 in Brazil's second most populous state. medRxiv, 2020a.

ALVES, T. H. E; DE SOUZA, T. A; DE ALMEIDA, S. S; RAMOS, N. A DE OLIVEIRA, S. V. Análise de óbitos domiciliares e hospitalares por causas respiratórias e cardiovasculares durante à pandemia da COVID-19 em Minas Gerais. Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência Tecnologia (Health Surveillance under Debate: Society, Science Technology)–Visa em Debate, v. 8, n. 3, p. 104-113, 2020b.

BARBOSA, P. S; RODRIGUES, W. C. M; MOREIRA, T. R; BASEI, M. F; ARNHOLD, O. T; DE SOUZA, A. S., ... LAZZARETTI, C.. PANDEMIA DE COVID-19 POR SARS-CoV-2: o que sabemos até agora?. Revista Perspectiva: Ciência e Saúde, v. 5, n. 2, 2020.

BECKER, M.H. Modelos para Previsão em Séries Temporais: Uma Aplicação para a Taxa de Desemprego na Região Metropolitana de Porto Alegre. Monografia (Bacharelado em Estatística), UFRGS, Porto Alegre, Brasil, 2010.

BORGES, G. M; CRESPO, C. D. Aspectos demográficos e socioeconômicos dos adultos brasileiros e a COVID-19: uma análise dos grupos de risco a partir da Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. Cadernos de Saúde Pública, 36(10), 2020. Disponível em: <http://cadernos.ensp.fiocruz>. Acesso em: 07 nov. 2020.

BOX, G. E; JENKINS, G. M; REINSEL, G. C LJUNG, G. M. Time series analysis: forecasting and control Holden-day San Francisco. BoxTime Series Analysis: Forecasting and Control Holden Day, 1970.

BRASIL, Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/>. Acesso em 02 de out. 2020.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico Especial. COECOVID19. 26 abr. 2020

BRASIL, Painel de Monitoramento dos casos de Covid 19 no estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://coronavirus.saude.mg.gov.br/painel>. Acesso em: 29 set. 2020.

CERETTA, P. S; RIGHI, P. B; SCHLENDER, S. G. Previsão do preço da soja: uma comparação entre os modelos ARIMA e redes neurais artificiais. Informações Econômicas, v. 40, n. 9, p. 15-27, 2010.

CONASS. Conselho Nacional das Secretarias de Saúde. Brasil, 2020. Disponível em: < https://www.conass.org.brhttps://www.conass.org.br/>. Acesso em: 05 nov. 2020.

DASNT. Departamento de Análise de Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE, 2020. Disponível em: <http://svs.aids.gov.br/>. Acesso em: 20 out. 2020.

DATASUS, Tecnologia da Informação a Serviço do SUS. Tabnet32 3.0. Disponível em: <tabnet.datasus.gov.br>. Acesso em: 02 de set. 2020.

DE ALMEIDA COSTA, F; DOS SANTOS, S. A; DE OLIVEIRA, C. B. S; et al. COVID-19: seus impactos clínicos e psicológicos na população idosa. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 49811-49824, 2020.

DE ARCE, R; MAHÍA, R. Modelos Arima. Programa CITUS: Técnicas de Variables Financieras, 2003.

DE JESUS, J. S; DE OLIVEIRA, K. F. PREVISÃO DA MORTALIDADE DO ESTADO DE SERGIPE UTILIZANDO O MODELO LEE CARTER. Anais, p. 1-22, 2016.

DE MACEDO JÚNIOR, A. M. Covid-19: calamidade pública. Medicus, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2020.

DE SOUZA, A. R. F.. "Ninguém nasce para morrer no trânsito": modelo de séries temporais para previsão da mortalidade por acidente de trânsito no Estado do Pará, 2017.

DE SOUSA JÚNIOR, J. H; RAASCH, M; SOARES, J. C; DE SOUZA, L. V. H. A. et al. Da Desinformação ao Caos: uma análise das Fake News frente à pandemia do Coronavírus (COVID-19) no Brasil. Cadernos de Prospecção, v. 13, n. 2 COVID-19, p. 331, 2020.

DIAS, G; SILVA, C. D; BEZERRA, M. R; DA SILVA, F. P. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA COVID-19 E SUBNOTIFICAÇÃO DE CASOS NOVOS E ÓBITOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL. PENSAR GEOGRAFIA, v. 3, n. 2, p. 51-67, 2020.

EMILIANO, P. C; VEIGA, E. P; VIVANCO, M. J; MENEZES, F. S. Critérios de informação de akaike versus bayesiano: análise comparativa. 19º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 2010.

FILHA, L. L. A; DE FREITAS, C. E. S. SUBNOTIFICAÇÕES E O DIREITO DE SABER: COVID19 E OUTROS CASOS. COVID-19 E O DIREITO NA BAHIA, p. 150, 2020.

FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz. Estimativa de risco de espalhamento da COVID-19 no Brasil e avaliação da vulnerabilidade socioeconômica nas microrregiões brasileiras. Disponível em: https://portal.fiocruz. Acesso em: 25. set, 2020.

FLEITAS, P. E.; PAZ, J. A.; SIMOY, M.; VARGAS, C.; CIMINO, R. O.; KROLEWIECKI A. J.; APARICIO J. P. Understanding the value of clinical symptoms of COVID-19. A logistic regression model. 2020. Disponível em: https://www.medrxiv.org/. Acesso em: 19. out. 2020.

FRANÇA, E. B. ISHITANI, L. H; TEIXEIRA, R. A; ABREU, D. M. X. D; CORRÊA, P. R. L; MARINHO, F; VASCONCELOS, A. M. N. Óbitos por COVID-19 no Brasil: quantos e quais estamos identificando?. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 23, p. e200053, 2020.

FRANZESE, C. Estados e municípios no combate à Covid-19. GV EXECUTIVO, v. 19, n. 4, p. 51, 2020.

GARCIA, L. P. Uso de máscara facial para limitar a transmissão da COVID-19. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 29, p. e2020023, 2020.

GARCIA, L. P; DUARTE, E. Intervenções não farmacológicas para o enfrentamento à epidemia da COVID-19 no Brasil. 2020.

HALLAL, P. C; HARTWIG, F. P. Estrutura etária e mortalidade por COVID-19. Ciência Saúde Coletiva, v. 25, p. 3691-3691, 2020.

HOLT, C. C. Forecasting Trends and Seasonals by Exponentially Weighted Averages.ONR Memorandum, n. 52, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh, USA, 1957.

HYNDMAN, R. J; MAKRIDAKIS, S; WHEELWRIGHT, S. C. Forecasting: Methods and Applications. 3ª. ed. New York: John Wiley Sons, 1998.

HYNDMAN, R. J KHANDAKAR, Y. Automatic time series for forecasting: the forecast package for R. Clayton VIC, Australia: Monash University, Department of Econometrics and Business Statistics, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 06. nov. 2020.

KANG, S. J; JUNG, S. I. Age-related morbidity and mortality among patients with COVID-19. Infection chemotherapy, v. 52, n. 2, p. 154, 2020.

LANA, R. M; COELHO, F. C; GOMES, M. F. D. C; CRUZ, O. G; BASTOS, L. S; VILLELA, D. A. M., CODEÇO, C. T. Emergência do novo coronavírus (SARS-CoV-2) e o papel de uma vigilância nacional em saúde oportuna e efetiva. Cadernos de Saúde Pública, v. 36, p. e00019620, 2020.

LATORRE, M. R. D. O; CARDOSO, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 4, n. 3, p. 145-152, 2001.

LIMA, L; SANTOS, W; DROGUETT, E; DINIZ, H SANTOS, R. Aplicação do modelo de previsão de demanda Holt-Winters em uma Regional de corte e dobra de aço. XXXY Encontro Nacional de Engenharia da Produção. Fortaleza-CE, 2015.

MACIEL, E. L; JABOR, P; GONÇALVEZ, J. E; TRISTÃO- SÁ, R; LIMA, R. D. C. D; REIS-SANTOS, B; et al. Fatores associados ao óbito hospitalar por COVID-19 no Espírito Santo, 2020. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 29, p. e2020413, 2020.

MAGNO, L; ROSSE, T. A; MENDONÇA-LIMA, F. W. D; SANTOS, C. C. D; et al. Desafios e

propostas para ampliação da testagem e diagnóstico para COVID-19 no Brasil. Ciência Saúde Coletiva, v. 25, p. 3355-3364, 2020.

MARTINEZ, E. Z; ARAGON, D. C; NUNES, A. A. Short-term forecasting of daily COVID-19 cases in Brazil by using the Holt's model. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 53, 2020.

MILNITZ, D; MARCHI, J. J; SAMOHYL, R. W. Previsão da demanda: uma aplicação do método Holt-Winters em uma indústria têxtil de grande porte. Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP, 2011.

MINAS GERAIS. Governo do estado de Minas Gerais. Boletim Epidemiológico, 2020. Disponível em: <http://coronavirus.saude.mg.gov.br/>. Acesso em: 21. out. 2020.

MORAES, E. N; VIANA, L. D. G; RESENDE, L. M. H. de et al. COVID-19 nas instituições de longa permanência para idosos: Estratégias de rastreamento laboratorial e prevenção da propagação da doença. Ciência Saúde Coletiva, v. 25, p. 3445-3458, 2020.

MORETTIN, P. A; TOLOI, C. M. C. Análise de Séries Temporais. 2.ed., Edgar Blücher, 2006.

NOGUEIRA, A. L; NOGUEIRA, C. L; ZIBETTI, A. W; ROQUEIRO, N; BRUNO-ROMERO, O; CARCIOFI, B. A. Estimativa da subnotificação de casos da covid-19 no estado de Santa Catarina. Notícias UFSC, Florianópolis, 2020.

OMS. Organização Mundial da Saúde. OMS afirma que COVID-19 é agora caracterizada como pandemia. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/topicos/coronavirus>>. Acesso em: 20 set. 2020.

OPAS, Organização Pan-Americana da Saúde. Folha informativa COVID-19 - Escritório da OPAS e da OMS no Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/coronavirus>. Acesso em: 02. nov. 2020.

Portal da Transparência de Registro Civil por Estado/Município: banco de dados. Disponível em: <https://transparencia.registrocivil.org.br/cartorios> Acesso em: 19 set. 2020.

PRADO, M. F; ANTUNES, B. B. D. P; BASTOS, L. D. S. L; PERES, I. T; SILVADO et al.

Análise da subnotificação de COVID-19 no Brasil. Revista Brasileira de Terapia Intensiva, n. ahead, 2020.

R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

RIBEIRO, L. C.; BERNARDES, T. A. Atualização da Estimativa de Subnotificação em Casos de Hospitalização por Síndrome Respiratória Aguda e Confirmados por Infecção por Covid-19 no Brasil e Estimativa para Minas Gerais. Nota Técnica. Disponível em: < cedeplar.ufmg.br>. Acesso em: 20. out. 2020.

RIO DE JANEIRO (Estado). Governo do estado do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://coronavirus.rj.gov.br/boletins/3/>. Acesso em: 30 out. 2020.

RODRIGUES, C. M. B; DA COSTA, N. B; VIEIRA, V. R; GABRIEL, E. A; GABRIEL, S. A. COVID-19: sistema renal e cardíaco. Revista Ulakes, v. 1, 2020.

SÃO PAULO (Estado). Governo do estado de São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www-.saopaulo.sp.gov.br/noticias-coronavirus/>. Acesso em: 30 out. 2020.

SECRETARIA DA SAÚDE, GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS . Material sobre o Corona Virus. 2020.

SES. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. Informe Epidemiológico Coronavírus 30/07/2020. 2020. Disponível em: <Informe Epidemiológico Coronavírus 30/07/2020>. Acesso em: 30. out. 2019.

SILVA, J. H; OLIVEIRA, E. C. D; HATTORI, T. Y, et al. Descrição de um cluster da COVID-19: o isolamento e a testagem em assintomáticos como estratégias de prevenção da disseminação local em Mato Grosso, 2020. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 29, p. e2020264, 2020.

TSAY, R. S. Analysis of financial time series. John wiley sons, 2005.

VARGINHA. Decreto nº 9.751/2020 e nº 9.770/2020, 2020. Disponível em: <https://varginha.mg.gov.br/portal/leis$_decretos/29822/$>. Acesso em: 09 nov. 2020.

WEISS, S.R; LEIBOWITZ, J.L. Coronavirus pathogenesis. Adv Virus Res. 2011; 81: 85- 164, 2020.

WHEELWRIGHT, S; MAKRIDAKIS, S; HYNDMAN, R. J. Forecasting: methods and applications. John Wiley Sons, 1998.

WHO. World Health Organization database. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19. Disponível em: <https://www.who.int/>.. Acesso em: 20 set. 2020.