

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Cristiane Melchior

**ANÁLISE DAS TAXAS DE MORTALIDADE POR ACIDENTE DE
TRABALHO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Santa Maria, RS
2019

Cristiane Melchior

**ANÁLISE DAS TAXAS DE MORTALIDADE POR ACIDENTE DE TRABALHO NA
REGIÃO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roselaine Ruviano Zanini

Santa Maria, RS
2019

Melchior, Cristiane
ANÁLISE DAS TAXAS DE MORTALIDADE POR ACIDENTE DE
TRABALHO NA REGIÃO SUL DO BRASIL / Cristiane Melchior.-
2019.
119 p.; 30 cm

Orientadora: Roselaine Ruviaro Zanini
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2019

1. Taxa de mortalidade por acidente de trabalho 2.
ARIMA 3. BARMA 4. Previsão 5. Séries temporais I.
Zanini, Roselaine Ruviaro II. Título.

Cristiane Melchior

**ANÁLISE DAS TAXAS DE MORTALIDADE POR ACIDENTE DE TRABALHO NA
REGIÃO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Aprovado em 21 de fevereiro de 2019:

Roselaine Ruviaro Zanini, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Maria Lucia Pozzatti Flôres, Dra. (UNIPAMPA)

Wesley Vieira da Silva, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família pelo constante incentivo ao estudo e por acreditar em meu potencial. Ao meu namorado Dinei pela força, auxílio e paciência em todos os momentos em que estes se fizeram necessários.

AGRADECIMENTOS

Manifesto minha gratidão às pessoas que contribuíram para a concretização deste trabalho

- Agradeço a Deus por me proporcionar conhecimento, força e perseverança para superar meus limites.

- Aos meus pais Elemar e Edite, meus irmãos Cristian e Douglas e ao meu namorado Dinei, por me incentivarem a estudar, me apoiarem em minhas escolhas e compreenderem minha ausência em muitos momentos. Muito obrigada, vocês são o alicerce fundamental para esta e muitas outras conquistas.

- À minha orientadora Professora Dra. Roselaine Ruviano Zanini por todo o conhecimento, paciência e empenho para a conclusão desta etapa. Pela confiança e oportunidade de trabalhar ao seu lado. Pela excelência profissional e pessoal que desempenha.

- Agradeço à banca por aceitar o convite e contribuir para a lapidação e encerramento deste trabalho.

- Gratidão a Universidade Federal de Santa Maria pela concessão do título de Mestre.

- À CAPES pois, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

ANÁLISE DAS TAXAS DE MORTALIDADE POR ACIDENTE DE TRABALHO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

AUTORA: Cristiane Melchior
ORIENTADORA: Roselaine Ruviaro Zanini

As taxas de acidentes de trabalho fatais são exploradas a fim de mensurar a exposição dos operários aos riscos inerentes à atividade econômica, possibilitando acompanhar as oscilações e a tendência histórica dos acidentes fatais relacionados ao trabalho, bem como os impactos nas organizações e na sociedade. Considerando a relevância do tema, este estudo tem o propósito de utilizar a metodologia ARIMA e β ARMA para modelar as séries de dados referentes às taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho, comparar os modelos de previsão ajustados e identificar o melhor modelo preditivo por estado da região Sul do Brasil (Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS)). As taxas dos acidentes fatais relacionados ao trabalho foram obtidas do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), por meio dos óbitos registrados no Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), estratificando-os por estado da região Sul do Brasil. De posse dessas informações foi realizada uma análise descritiva demonstrando as características de vulnerabilidade das vítimas, comparando-as entre os três estados. Ainda, foram modeladas três séries temporais utilizando as metodologias Box-Jenkins ou ARIMA e β ARMA, considerando observações mensais no período de 2000 a 2016. Por fim, ficou evidente que houve um aumento da participação feminina no mercado de trabalho, mas o número de mortes por acidentes ocupacionais não aumentou na mesma proporção. Enquanto que, o estado do Paraná destacou-se por possuir o maior índice de mortalidade por acidente de trabalho. Observou-se um melhor desempenho no ajuste do modelo β ARMA, no horizonte de tempo de 6 meses, utilizando as medidas de acurácia MAE, MAPE e RMSE, a análise dos resíduos e os critérios penalizadores AIC e BIC para avaliar a qualidade dos modelos e selecionar o modelo de previsão mais acurado.

Palavras chave: Taxa de mortalidade. Acidente de trabalho. ARIMA. β ARMA Distribuição Beta. Previsão. Séries temporais.

ABSTRACT

ANALYSIS OF MORTALITY RATES PER WORK ACCIDENTS IN THE SOUTHERN REGION OF BRAZIL

AUTHOR: Cristiane Melchior
ADVISOR: Roselaine Ruviaro Zanini

Fatal occupational accident rates are explored in order to measure workers' exposure to the risks inherent to the economic activity, making it possible to monitor the oscillations and the historical trend of work-related fatal accidents, as well as the impacts on organizations and society. Considering the relevance of the topic, this study intends to use the ARIMA and β ARMA methodologies to model the series of data of fatal work accident rates, to compare the adjusted prediction models and to identify the best predictive model by state of the southern region of Brazil (Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS)). The labor-related fatality rates were obtained by the Department of Information Technology of SUS (DATASUS), by means of deaths recorded in the Mortality Information System (SIM), stratifying them by state of the southern region of Brazil. With this information a descriptive analysis was carried out, showing the vulnerability characteristics of the victims, comparing them among the three states. Also, three time series were modeled using the Box-Jenkins or ARIMA and β ARMA methodologies, for the monthly period from 2000 to 2016. Finally, it was evident that there was an increase in female participation in the labor market, but the number of deaths from occupational accidents did not increase in the same proportion. The state of Paraná stood out having the highest mortality rate due to work accidents. A better performance in the adjustment of the β ARMA model was observed in the 6-month time horizon using the MAE, MAPE and RMSE accuracy measurements, the residue analysis and the AIC and BIC penalty criteria to evaluate the quality of the models and select the most accurate forecast model

Keywords: Mortality rate. Work accident. ARIMA. β ARMA. Beta distribution. Prediction. Time series.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas metodológicas de Box-Jenkins.....	55
Figura 2 – Densidades de Beta para diferentes combinações de (μ, ϕ)	61
ARTIGO 1	
Figure 1. Geographical distribution of studies found that addressed fatal occupational accidents.....	64
Figure 2. Number of studies that addressed fatal work-related accidents each year	65
Figure 3. Data period used in the studies from the literature mapping	65
Figure 4. Distribution of terms based on the frequency of their use in the abstracts of the analyzed studies	66
Figure 5. Similarity analysis of terms in the text corpus.....	67
ARTIGO 2	
Figura 1 – Etapas metodológicas da técnica de Box-Jenkins	77
Figura 2 – Densidades de Beta para diferentes combinações de (μ, ϕ)	80
Figura 3 – Caracterização, por sexo, das vítimas acometidas por acidente de trabalho fatal na região Sul do Brasil para o período de 2000 a 2016.....	83
Figura 4 – Comportamento das taxas de acidentes ocupacionais fatais a cada 100.000 trabalhadores na região Sul, no período de 2000 a 2016.....	85
Figura 5 – Comparação da série original com a previsão ARIMA e β ARMA para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho a cada 100.000 trabalhadores na região Sul	88
Figura 6 – Valores originais e previstos dentro da amostra para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho a cada 100.000 trabalhadores na região Sul do Brasil	90

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Table 1. Distribution of work-related mortality with relation to economic sector 66

ARTIGO 2

Tabela 1 – Medidas descritivas das taxas de mortalidade por acidentes de trabalho por 100.000 trabalhadores, na região Sul, de 2000 a 2016 81

Tabela 2 – Principais valores para os testes de raiz unitária ADF e KPSS para a série em nível 86

Tabela 3 – Modelos ARIMA e β ARMA ajustados para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho a cada 100.000 trabalhadores na região Sul do Brasil..... 87

Tabela 4 – Resultado para as previsões das taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho na região Sul do Brasil, com base na previsão *out-sample* para os meses de julho a dezembro de 2016 87

Tabela 5 – Medidas de acurácia para as previsões das taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho na região Sul do Brasil, para os meses de julho a dezembro de 2016..... 89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Medidas de acurácia	57
--------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADF	<i>Augmented Dickey-Fuller</i>
AIC	<i>Akaike Information Criteria</i>
APC	<i>Annual Percentage Changes</i>
ARC	<i>Appalachian Regional Commission</i>
ARMA	<i>Auto Regressive Moving Average</i>
ARIMA	<i>Auto Regressive Integrated Moving Average</i>
AT	Acidentes de Trabalho
ATTF	Acidentes de Trabalho Típicos Fatais
β ARMA	<i>Beta Auto Regressive Moving Average</i>
BIC	<i>Bayesian Information Criterion</i>
BLS	<i>Bureau of Labor Statistics</i>
BTMed	<i>Building Trades National Medical Screening Program</i>
CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho
CEREST	Centros de Referência em Saúde do Trabalhador
CFID	<i>Commercial Fishing Incident Database</i>
CFOI	<i>Census of Fatal Occupational Injuries</i>
COPD	<i>Chronic Obstructive Pulmonary Disease</i>
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
DO	Declarações de Óbito
DOE	Departamento de Energia
EUA	Estados Unidos da América
FAC	Função de Autocorrelação
FACP	Função de Autocorrelação Parcial
FI	Fichas de Investigação
FormSUS	Formulários Eletrônicos do SUS
GEST-ORG	Gestão e Organização dos Serviços
HT	Hospital do Trabalhador
INSS	Instituto Nacional de Seguro Social
IC	Intervalo de Confiança
ICD	<i>International Classification of Diseases</i>
ILO	<i>International Labour Organization</i>
ILOSTAT	<i>International Labour Organization Statistics</i>
LAG	Atraso
IML	Instituto Médico Legal
MAE	<i>Mean Absolute Error</i>
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i>
MPDS	<i>Mortality and Population Data System</i>
MPS	Ministério da Previdência Social
MSE	<i>Mean Squared Error</i>
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NDI	<i>National Death Index</i>
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NÍVEL-AÇÕES	Nível de Desenvolvimento das Ações Previstas de Vigilância à Saúde do Trabalhador
NÍVEL-NOT	Nível de Implantação de Atividades relacionadas especificamente à Notificação dos Acidentes de Trabalho

Nº	Número
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OPA	<i>Occupational Physical Activity</i>
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
KNSO	<i>Korea National Statistics</i>
KPSS	Teste Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin
KSOC	<i>Korean Standard Occupational Classification</i>
RB	Ruído Branco
RENAST	Rede Nacional de Atenção Integral à Saúde do Trabalhador
RMSE	<i>Root Mean Squared Error</i>
SARIMA	<i>Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average</i>
SSMA/RS	Secretaria de Saúde e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
SIM	Sistema de Informação de Mortalidade
SINAN	Sistema de Informações de Agravos de Notificação
SMR	<i>Standardized Mortality Ratio</i>
SUB	Sistema Único de Benefícios
SUS	Sistema Único de Saúde
UST	Unidade de Saúde do Trabalhador
VDH	<i>Virginia Department of Health</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	PROBLEMA.....	24
1.2	OBJETIVOS	25
1.2.1	Objetivo Geral	25
1.2.2	Objetivos Específicos	25
1.3	JUSTIFICATIVA	25
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	26
2	REVISÃO DA LITERATURA	28
2.1	ACIDENTES FATAIS RELACIONADOS AO TRABALHO NO EXTERIOR	28
2.2	ACIDENTES FATAIS RELACIONADOS AO TRABALHO NO BRASIL.....	31
2.3	REVISÃO DA LITERATURA	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS	46
3.1	METODOLOGIA DE BOX-JENKINS	47
3.1.1	Modelos Estacionários	48
3.1.2	Modelo Autorregressivo (AR)	49
3.1.3	Modelo de Médias Móveis (MA)	50
3.1.4	Modelo Autorregressivo de Médias Móveis (ARMA)	51
3.1.5	Modelos Não-Estacionários	52
3.1.6	Modelos Sazonais	53
3.1.7	Etapas metodológicas de Box-Jenkins	54
3.2	METODOLOGIA β ARMA	58
4	ARTIGO 1 – MORTALITY PER WORK ACCIDENT: A LITERATURE MAPPING	63
5	ARTIGO 2 – OS MODELOS βARMA SÃO MAIS EFICIENTES DO QUE OS MODELOS ARIMA PARA PREVER AS TAXAS DE ÓBITO POR ACIDENTE DE TRABALHO NA REGIÃO SUL DO BRASIL?	71
6	DISCUSSÃO	99
7	CONCLUSÃO	100
	REFERÊNCIAS	102
	APÊNDICE A – ESTUDOS DESCRITIVOS SOBRE MORTALIDADE POR ACIDENTES DE TRABALHO	109

1 INTRODUÇÃO

A construção da realidade social é influenciada diretamente pelos acidentes de trabalho, visto que representam um problema de saúde pública, principalmente por envolverem trabalhadores jovens e em idade produtiva, resultando em incapacidades ou em situações mais graves com a vida ceifada (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Os acidentes de trabalho são regulamentados pela Lei nº 8.213/91 e redigidos pela Lei complementar nº 150 de 2015, que caracteriza acidente de trabalho como aquele “que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador [...] provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho” (BRASIL, 1991).

A quantidade de acidentes de trabalho com registro de óbito é uma das formas quantitativas de apurar a gravidade das situações a que os colaboradores se encontram expostos diariamente, no local de trabalho.

Nesta perspectiva, a Organização Internacional do Trabalho – OIT alerta que os acidentes de trabalho são responsáveis por cerca de 2,3 milhões de mortes e 300 milhões de feridos a cada ano, no mundo. A cada 5 minutos ocorrem, em média, 20 acidentes fatais e, aproximadamente 3 mil acidentes de trabalho ao redor do mundo (AGÊNCIA BRASIL, 2017). Além disso, os acidentes de trabalho geram elevados custos, pois cerca de 4% do PIB (Produto Interno Bruto) mundial é empregado em gastos com saúde, pensões, dias perdidos e reabilitação.

Entre 2012 e 2017 os acidentes de trabalho custaram mais de 26, 2 bilhões de reais à Previdência Social. A cada 7 minutos 1 real é desembolsado para custear despesas acidentárias, além de 40.186.713 dias perdidos neste período. A divulgação e detalhamento das informações acerca dos acidentes relacionados ao trabalho, pode salvar vidas (ALMEIDA; MORRONE; RIBEIRO, 2014; PORTAL BRASIL, 2017).

No Brasil as informações relacionadas aos óbitos são centralizadas pelo Sistema de Informação de Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde, enquanto que em casos internacionais cabe à Organização Internacional do Trabalho (OIT) a elaboração e aplicação de normas que regulamentam as relações de trabalho, a divulgação das informações relacionadas aos acidentes de trabalho fatais e não fatais, além das orientações em prol da segurança e saúde do trabalhador.

Levando em conta o elevado índice de ocorrências de acidentes fatais relacionados ao trabalho e as consequências econômicas e sociais destas perdas, se torna pertinente realizar uma abordagem sobre a utilização de metodologias preditivas em séries temporais.

O uso de séries temporais para a observação de eventos espaçados de forma regular no tempo foi desenvolvido por Box e Jenkins (1976), a partir de estudos com ênfase em aplicações no campo da engenharia, economia e ciências sociais. Os modelos de previsão avaliam dados por meio da análise de séries temporais e atendem a alguns pressupostos por meio da investigação do fator gerador da série temporal, realização de previsões futuras para a série em questão, descrição do comportamento da série, além de indicar a periodicidade dos dados (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi realizar um estudo de evolução temporal e caracterizar as taxas de mortalidade por acidente de trabalho na região sul do Brasil e ajustar modelos previsores utilizando-se a metodologia de Box-Jenkins (1976) e de Rocha e Cribari-Neto (2009), comparando-os por meio da classe geral de modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*) e o modelo β ARMA.

Além desta introdução, este estudo apresenta sete seções subsequentes: a revisão de literatura composta pela abordagem dos acidentes fatais relacionados ao trabalho no Brasil e no exterior; os materiais e métodos que foram utilizados para compor as informações metodológicas do estudo, além da descrição das metodologias Box-Jenkins e β ARMA; os dois artigos elaborados a partir deste estudo, a discussão quanto à integração dos artigos, a temática e os resultados obtidos; e, por fim, a conclusão deste estudo.

1.1 PROBLEMA

Levando em conta o fato de que os acidentes de trabalho são evitáveis e causam impacto significativo na sociedade e na economia, prever as futuras taxas de mortalidades ligadas aos acidentes trabalhistas ajudam a revelar a seriedade do problema que estas representam. Portanto, qual a metodologia apropriada para estabelecer o melhor modelo de previsão das taxas de mortalidade relacionada ao trabalho?

Esta questão será respondida por meio da análise da série histórica, que aponta indicadores com a finalidade de minimizar os riscos existentes no local de trabalho, muitas vezes provenientes do trabalho precário e informal.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo de evolução temporal, caracterizar as taxas de mortalidade por acidente de trabalho na região Sul do Brasil e ajustar modelos de previsão.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar um mapeamento de literatura dos principais trabalhos nacionais e internacionais relacionados ao tema.
- Descrever variáveis a serem analisadas estratificando-as por: causa do óbito, parte do corpo atingida, ramo de atividade, sexo e idade.
- Identificar as características de vulnerabilidade dos três estados da região Sul: RS, SC e PR quanto às taxas de mortalidade por acidente de trabalho.
- Utilizar a metodologia ARIMA e β ARMA para modelar as séries de dados referentes as taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho.
- Comparar os modelos de previsão ajustados e identificar o melhor modelo preditivo por estado.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para auxiliar na mensuração de ocorrências de óbitos por acidentes de trabalho, indicar características de vulnerabilidade, fatores de maior risco e medidas de prevenção de acidentes podem ser utilizados os modelos de previsão em conjunto com a análise estatística (NAVARRO et al., 2013).

A estatística é uma ferramenta que fornece métodos e auxilia na interpretação e na análise de dados utilizados na tomada de decisão. É apresentada como um instrumento de coleta, classificação, disposição e interpretação numérica (PINHEIRO, 2015). Quanto à análise dos índices de mortalidade por acidentes de trabalho,

Marshall Junior et al. (2012) ressaltam que a estatística oferece ferramentas para determinar as variáveis de interesse, elaborar tabelas, calcular níveis de confiabilidade, realizar análises de regressão, de variância e multivariadas, dentre outras. Somente de posse destas informações a organização tomará decisões coerentes com a sua realidade produtiva.

Quanto aos modelos de previsão, estes tornam-se relevantes visto que oferecem uma previsão futura de ocorrências do fator estudado (MORETTIN; TOLOI, 2006; BOX; JENKINS, 1976). Dentre os métodos ARIMA e β ARMA utilizados para análise das séries temporais dos três estados, foi identificado o modelo predictor mais eficiente.

Este estudo é fundamental para o entendimento da relação entre as variáveis estudadas e os diversos setores de trabalho, uma vez que as pesquisas existentes não abordam as taxas de mortalidade relacionadas ao trabalho na região Sul do Brasil sob o enfoque das metodologias preditivas ARIMA e β ARMA.

Além disso, as organizações com alto risco envolvido em seus processos produtivos poderão utilizar os resultados da pesquisa por meio da aplicação de políticas preventivas que minimizem o risco, melhorando a abordagem dos problemas e instituindo medidas corretivas, aprimorando controles e obtendo informações essenciais para garantir a qualidade de vida no ambiente de trabalho (SOUSA; SANTANA, 2016).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo está estruturado em sete capítulos, distribuídos da seguinte forma:

O **primeiro capítulo** descreve a introdução ao tema de pesquisa, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a estrutura do trabalho.

No **segundo capítulo** está a revisão de literatura, composta pelos tópicos: acidentes fatais relacionados ao trabalho no exterior, acidentes fatais relacionados ao trabalho no Brasil, além da revisão bibliométrica.

Enquanto que o **terceiro capítulo** descreve os materiais e métodos utilizados, abordando a metodologia de Box-Jenkins que apresenta os modelos estacionários, modelo autorregressivos (AR), modelo de médias móveis (MA), modelo autorregressivo de médias móveis (ARMA), modelos não-estacionários e modelos

sazonais. Ao final do capítulo, ainda se apresentam as etapas metodológicas da metodologia Box-Jenkins.

Além disso, neste capítulo também está descrita a metodologia β ARMA que se baseia na distribuição Beta apresentando algumas particularidades que foram evidenciadas nessa terceira seção.

No **quarto capítulo** encontra-se o primeiro artigo e no **quinto capítulo**, o segundo, ambos provenientes deste estudo e submetidos para a revista *Safety Science*.

Enquanto que, no **sexto capítulo** foi realizada a discussão quanto à integração dos artigos, a temática e os resultados obtidos em ambos. Por fim, apresentou-se o **sétimo capítulo** contendo a conclusão deste estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo traz uma revisão da literatura relacionada ao presente estudo, sendo que no item 2.1 são abordados os acidentes fatais relacionados ao trabalho no exterior e o item 2.2 trata dos acidentes fatais relacionados ao trabalho no Brasil. Por fim, no item 2.3 está apresentada uma revisão da literatura que contém os principais trabalhos nacionais e internacionais sobre o tema estudado.

2.1 ACIDENTES FATAIS RELACIONADOS AO TRABALHO NO EXTERIOR

Acidentes ocupacionais são descritos pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), ou *International Labour Organization* (ILO), (2016) como ocorrências inesperadas, não planejadas, que incluem atos de violência decorrentes da atividade profissional exercida, resultando em doenças, lesões ou mortes de um ou mais profissionais no ambiente de trabalho. As lesões sofridas no trabalho, ou até mesmo a morte decorrente de acidente ou violência não deve ser confundida com as doenças ocupacionais, que são aquelas contraídas ao longo do tempo, devido a exposições ou fatores de riscos decorrentes da atividade profissional (LAURENTI; MELLO JORGE, 2015).

Internacionalmente os acidentes de trabalho são regulamentados pela OIT (1998), instituição responsável pela elaboração e aplicação das normas que regem as relações de trabalho internacional, além do desenvolvimento de recomendações e convenções. A OIT trabalha em parceria com a ONU (Organização das Nações Unidas), promovendo o respeito às leis e direitos trabalhistas e aos direitos humanos, além do desenvolvimento econômico e promoção da paz mundial (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2013).

Nesse sentido, a OIT classifica os acidentes relacionados ao trabalho, como fatais quando resultam em morte no período de um ano após a ocorrência do acidente ocupacional, e não fatais quando ocorre o afastamento do trabalhador. O período de afastamento pode ser temporário, quando o profissional não possui condições físicas momentâneas para exercer suas atividades, retornando apenas quando suas condições de saúde permitirem. Em casos de afastamento definitivo, os profissionais jamais assumirão suas antigas responsabilidades ocupacionais, ou seja, não poderão

desempenhar as funções exigidas pelo antigo cargo de trabalho (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2016). Vale ressaltar que as recomendações e esforços devem ser concentrados primeiramente na aplicação das boas práticas de segurança do trabalho e na prevenção dos acidentes ocupacionais (LUCAS et al., 2018).

A prevenção dos acidentes relacionados ao trabalho é o principal objetivo da apuração das estatísticas (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 1998). Estas informações matemáticas são utilizadas para: identificar a função, a atividade econômica onde o acidente ou o óbito ocorreu, definir prioridade em ações preventivas, monitorar ocorrências de acidentes ocupacionais e identificar áreas de risco, manter os trabalhadores cientes dos riscos presentes no ambiente de trabalho, avaliar a eficácia das medidas de prevenção adotadas, medir as consequências dos acidentes ocupacionais considerando os dias não trabalhados ou os custos, promover políticas de prevenção de acidentes ocupacionais e colaborar com a expansão de programas de prevenção, além de promover treinamento aos trabalhadores (LEE et al., 2016; PIRA et al., 2017).

Para se obter dados estatísticos acerca dos acidentes de trabalho internacionais, a OIT (2016) fornece as estatísticas de lesões ocupacionais fatais e não fatais por meio da ILOSTAT (*International Labour Organization Statistics*). Para melhor compreensão, as lesões são apresentadas como uma proporção, por meio da equação (1):

Taxa de acidentes ocupacionais fatais:

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de lesões ocupacionais fatais durante o período de referência}}{\text{N}^{\circ} \text{ de trabalhadores no grupo de referência}} \times 100.000 \quad (1)$$

Em alguns casos, as taxas de incidência a nível nacional não são utilizadas, devido a isso a ILOSTAT utiliza-se das taxas de frequência das lesões ocupacionais que são calculadas com base na equação (2):

Taxa de frequência de lesões ocupacionais fatais:

$$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ de lesões ocupacionais fatais durante o período de referência}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de horas trabalhadas pelos trabalhadores no grupo de referência}} \times 1.000.000 \quad (2)$$

Vale ressaltar que as fontes recomendadas para levantamento de estatísticas acerca dos acidentes relacionados ao trabalho são os sistemas nacionais de notificação de acidentes ocupacionais (registros de inspeção do trabalho e relatórios anuais, registros de seguro e compensação, cadastro de mortalidade) principalmente para abranger os trabalhadores não segurados, empresas do setor informal ou ainda pesquisas específicas de estabelecimentos (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2016).

Porém, busca-se investigar, sobretudo, as causas que levaram à ocorrência do acidente ou do óbito relacionado ao trabalho (PIRA et al., 2017). Neste sentido, a OIT busca identificar, em um primeiro momento, a relação causal existente entre o ambiente de trabalho e uma doença ocupacional ou, em casos mais extremos, a ocorrência do óbito (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2013). Posteriormente, investiga-se a frequência com que ocorreram os acidentes ou óbitos em trabalhadores expostos ao risco, comparando estas estatísticas com o restante da população e identificando os casos em que a frequência é maior que a média de morbidade da população. O ambiente de trabalho pode ser identificado como um fator de risco quando houver um aumento significativo no número de acidentes ou mortes em determinada atividade econômica (LEE et al., 2016).

Para a OIT (2016) as informações levantadas acerca dos acidentes ocupacionais fatais e não fatais são de extrema importância frente ao planejamento de ações preventivas. Os indicadores analisados irão apontar as áreas em que a atenção deve ser redobrada, mas para isso, recomenda-se que estas estatísticas sejam analisadas levando em consideração informações estratificadas por sexo, ocupação ou atividade econômica. Deste modo, torna-se possível inspecionar as atividades que apresentam elevado grau de risco e desenvolver regulamentos específicos ou cursos para estas atividades (LUCAS et al., 2018).

Ainda que determinadas atividades econômicas tenham apresentado redução nas taxas de mortalidade, e este fato indique uma melhoria na segurança ocupacional, estudos indicam que intervenções adicionais poderiam salvar vidas (MASON et al., 2017). Porém, as estatísticas de lesões ocupacionais são voláteis, sujeitas a acidentes inesperados e calamidades nacionais, sendo necessário analisar tendências subjacentes (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2016).

Uma das maiores dificuldades encontradas pela OIT quando se trata das lesões ocupacionais fatais e não fatais corresponde à centralização e comparabilidade das

estatísticas entre países, visto que há uma variedade de fontes de dados que podem ser utilizadas, desde os registros administrativos, inquéritos institucionais até pesquisas domiciliares que investigam questões relacionadas à força de trabalho. As fontes de informações não são estritamente comparáveis porque há vários registros que seguem regras e princípios da instituição que os mantêm.

2.2 ACIDENTES FATAIS RELACIONADOS AO TRABALHO NO BRASIL

O Ministério da Previdência Social (MPS) orienta no sentido de que os acidentes de trabalho são descritos e regulamentados pela lei federal Nº 8.213, de 24 de julho de 1991 como o acidente que ocorre à serviço da empresa, provocando lesão corporal que acarrete em morte ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (BRASIL, 1991).

Nesta perspectiva, Jacobina, Nobre e Conceição (2002) explicam que os acidentes ocorridos durante o trajeto de ida e volta do trabalho e aqueles acidentes em que o trabalhador estiver a serviço da empresa, mas afastado das dependências físicas da entidade também são enquadrados como acidentes de trabalho. Deste modo, para a concessão de benefício, o MPS classifica os acidentes como “típicos” e de “trajeto”

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) regulamenta as relações de trabalho no Brasil. Enquanto que o MPS é o responsável pela concessão de benefícios relacionados aos casos de acidentes ou mortes ocorridas no local de trabalho, além de disponibilizar as principais estatísticas acerca da segurança e saúde do trabalhador brasileiro por meio da Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT). (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2015).

Quando se trata de saúde do trabalhador, um dos órgãos públicos mais importantes é o Ministério da Saúde e suas entidades vinculadas, entre elas destaca-se a Rede Nacional de Atenção Integral à Saúde do Trabalhador (RENAST), instituída pelo Sistema Único de Saúde (SUS), em 2002, que dispõe de uma rede de informações com o intuito de prover assistência, monitoramento e promoção da saúde do trabalhador. O órgão abrange os Centros de Referência em Saúde do Trabalhador (CEREST) em âmbito estadual, regional e municipal, entre outros serviços disponibilizados pelo SUS (GALDINO; SANTANA; FERRITE, 2012).

Os acidentes de trabalho indicam números expressivos de mortalidade, caracterizando-se como um problema de saúde pública mundial. Isto é agravado pelo fato de envolverem, em sua maioria, pessoas jovens em início de atividade profissional, conduzindo-as a limitações e incapacidades físicas ou até mesmo à morte, gerando grandes repercussões sociais e econômicas (ALMEIDA; MORRONE; RIBEIRO, 2014).

No período de 1998 a 2008, foram registrados no Brasil 3.475.504 acidentes de trabalho. Em 2007 foram notificados 18.477 casos de acidentes de trabalho graves no país, contra 29.629 em 2008, o que corresponde a um aumento de 60,4% (GALDINO; SANTANA; FERRITE, 2012; ALMEIDA; MORRONE; RIBEIRO, 2014).

No entendimento de Santana, Nobre e Waldvogel (2005), informações estatísticas sobre os acidentes de trabalho fatais são divulgadas especialmente pelo Ministério da Previdência Social (MPS), porém há limitações nestes números devido à abrangência apenas de trabalhadores segurados. Estes dados são parciais e representam apenas um terço da população economicamente ativa ocupada (GALDINO; SANTANA; FERRITE, 2012).

Esclarecimentos relacionados à situação de saúde do trabalhador podem ser acompanhados por meio da consulta em alguns órgãos oficiais de registro como: o Departamento de Informática do SUS (DATASUS), que utiliza a fonte do Ministério da Previdência Social (MPS) (ALMEIDA; MORRONE; RIBEIRO, 2014), o Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) (GALDINO; SANTANA; FERRITE, 2012), a Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), o Sistema de Informação em Mortalidade (SIM), as Declarações de Óbito (DO), entre outras (CORREA; ASSUNÇÃO, 2003; BORDONI et al., 2016; DRUMOND; SILVA, 2013).

As informações quantitativas relacionadas aos acidentes ocupacionais fatais permitem desenvolver indicadores e estimar a gravidade dos fatos. O coeficiente de mortalidade, a taxa de letalidade, os dias de afastamento e os riscos aos quais o trabalhador está sujeito em determinada atividade ou organização são algumas das informações que permitem avaliar as condições da gravidade presente no local de trabalho (CORREA; ASSUNÇÃO, 2003). Somente de posse destes indicadores pertinentes à saúde do trabalhador será possível desenvolver políticas de prevenção de acidentes de trabalho, evitando assim perdas humanas, incapacidades físicas e sofrimento (GUIMARÃES, 2013).

Devido aos impactos advindos dos acidentes de trabalho fatais, torna-se pertinente investigar as causas responsáveis por esses eventos. No entendimento de Hofelin (2005) e Laurenti e Mello Jorge (2015) as causas que levam ao óbito no ambiente de trabalho estão diretamente associadas ao risco inerente ao processo produtivo, além de outros fatores mencionados pela Organização Internacional do Trabalho como: inspeções escassas, recursos físicos e financeiros limitados, baixa qualidade e infraestrutura dos equipamentos, instalações precárias, máquinas com tecnologia obsoleta, falta de coleta sistemática de dados sobre acidentes de trabalho, quantidade insuficiente de profissionais da segurança do trabalho, entre outros tópicos que não contribuem para a prevenção de riscos no cenário produtivo.

Os acidentes de trabalho são evitáveis e causam impacto significativo sobre a produtividade e a economia, além dos incalculáveis impactos sociais ligados à desestruturação familiar (SANTANA et al., 2007). De acordo com as informações da Organização Internacional do Trabalho (OIT), ocorrem cerca de 300 milhões de acidentes e 2,3 milhões de óbitos relacionados ao trabalho por ano no mundo. Considerando que estes óbitos podem ser evitados, estes números indicam negligência e injustiça social (AGÊNCIA BRASIL, 2017).

No Brasil, as lesões relacionadas ao trabalho representam 25% dos agravos por causas externas atendidos em serviços de emergências e cerca de 70% dos benefícios acidentários pagos pela Previdência Social (GALDINO; SANTANA; FERRITE, 2012). Ao relacionar os acidentes de trabalho com o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, os indicadores apontam que cerca de 4% (ou R\$ 32 bilhões) são gastos com doenças e agravos ocupacionais, podendo alcançar até 10% nos países que apresentam desenvolvimento crescente (ALMEIDA; MORRONE; RIBEIRO, 2014).

Nos últimos cinco anos, registraram-se em território brasileiro, em média 710 mil acidentes de trabalho, que resultaram, anualmente, em 15 mil casos de invalidez e 2.810 óbitos relacionados ao trabalho (PORTAL BRASIL, 2017). O Brasil é o quarto país do mundo com mais registros de acidentes ocupacionais, atrás apenas da China, Índia e Indonésia. As áreas com maior número de acidentes ocupacionais são a construção civil e o setor de serviços (SOUZA, 2017).

Os acidentes ocupacionais impõem um custo alto para a saúde pública e a Previdência Social (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017). Segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social de 2008, cerca de 2,8% de todas as despesas do Instituto

Nacional do Seguro Social (INSS) foram destinadas ao pagamento de benefícios relacionados aos acidentes de trabalho, o que representa um montante de R\$ 6,3 bilhões (ALMEIDA; MORRONE; RIBEIRO, 2014).

A busca pela compreensão das causas que levam ao óbito procura entender também a relação existente entre a violência e alguns fatores socioeconômicos, políticos e culturais que contribuíram para o aumento dos registros de acidentes fatais devido a causas externas (BARROS; XIMENES; LIMA, 2001).

Neste contexto, Guimarães (2013) explica que entre as causas de acidentes de trabalho com maior letalidade estão os acidentes por causas externas, que são definidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como a morte ocasionada por causa não natural, advinda de um acidente ou de qualquer tipo de violência (LAURENTI; MELLO JORGE, 2015).

Se enquadram nestas características os acidentes causados por veículo automotor, as quedas e os homicídios, sendo a primeira categoria a mais representativa. Estes acidentes acometem, em sua maioria, jovens do sexo masculino e em plena idade produtiva (MIRANDA et al., 2012).

Em relação às mortes no trânsito em geral, entre 2012 e 2013 houve redução de 6% no número de vítimas em rodovias e estradas brasileiras. Em 2015 foram 38.651 óbitos e 43.780 no ano anterior, aproximadamente 5.000 vidas foram poupadas, o que indica uma redução de 11% considerando o biênio 2014-2015. Os acidentes de trânsito no ano de 2015 representaram um consumo de 3% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial, chegando até 5% nos países em desenvolvimento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

No entanto, o ramo de atividade com o maior número de óbitos causados por acidente trabalhista no Brasil ainda é o setor da construção civil como ilustrou Mendes (1988), corroborado pelos estudos de Gomez e Machado (1994), Santana, Nobre e Waldvolgel (2005) e Souza (2017). As lesões na cabeça são as principais responsáveis pela mortalidade decorrente de acidentes de trânsito e quedas (GOMEZ; MACHADO, 1994) e o traumatismo craniano é a natureza da lesão mais frequente (MIRANDA et al., 2012).

A seguir serão apresentados, resumidamente, estudos publicados na literatura referentes ao tema abordado.

2.3 REVISÃO DA LITERATURA

Este assunto vem sendo abordado no meio acadêmico e, portanto, faz-se necessária uma revisão da literatura contendo os principais trabalhos nacionais e internacionais relacionados ao tema. No APÊNDICE A encontra-se uma sumarização desta revisão e a seguir há uma breve síntese de cada um dos trabalhos apresentados.

Correa e Assunção (2003) descreveram as subnotificações de óbitos por acidente de trabalho no município de Belo Horizonte MG comparando três sistemas oficiais de registros de informações relacionados à saúde do trabalhador: Sistema de Informação em Mortalidade (SIM), da Secretaria Municipal de Saúde; Sistema de Informação em Acidentes de Trabalho, do SUS de Belo Horizonte (SIAT-SUS/BH); e Sistema de Comunicação de Acidente de Trabalho, do Instituto Nacional de Seguro Social (INSS). Cruzando as informações existentes dos óbitos por acidentes de trabalho no ano de 1999 foram encontrados 33 acidentes fatais registrados em pelo menos um dos bancos consultados, porém nenhum deles estava registrado nos três bancos. 4 estavam apenas no SIM, 4 só foram encontrados no SIAT-SUS/BH e 20 tiveram o seu registro apenas no INSS. 2 deles foram registrados no SIM e no SIAT-SUS/BH e outros 3 no SIM e no INSS. Identificou-se que apenas 3 dos 25 óbitos que geraram pensão por morte constavam no SIM como relacionados ao trabalho. Todos os 33 óbitos relacionados a trabalho encontrados tiveram causas externas de óbito notificadas pelo SIM. Nota-se que na maioria dos casos o campo acidente de trabalho é ignorado na declaração de óbito (DO).

A relação existente entre a violência presente no local de trabalho e os acidentes ocupacionais foi estudada por Gomez e Machado (1994) em 1988 no Rio de Janeiro, com viés nacional e internacional. Os dados foram compilados no Anuário Estatístico da Organização Internacional do Trabalho (OIT). Demonstra a frequência de óbitos por acidentes de trabalho segundo ramos de atividade econômica em mais de 25 países de 4 continentes que apresentaram frequência superior a 100 casos anuais. Este estudo compara o número total de acidentes, a incidência, número total de óbitos e à letalidade do Brasil em relação aos demais países. Dentre os resultados apontados destaca-se internacionalmente a mineração e a operação de embarcações marítimas como as atividades econômicas responsáveis pelos maiores índices de

óbitos. No caso do Brasil a construção civil é a atividade econômica com maiores índices de mortalidade.

Os acidentes ocupacionais fatais ocorridos em Curitiba PR no período de agosto de 2006 a dezembro de 2010 foram estudados utilizando-se informações presentes nas fichas eletrônicas de notificações de Acidentes de Trabalho (AT) no Sistema Nacional de Notificação de Agravos (SINAN), localizada na Unidade de Saúde do Trabalhador (UST) do Hospital do Trabalhador (HT). Para a coleta foram consultadas 1747 fichas de AT graves, onde verificou-se que ocorreram 13 (52%) AT fatais típicos enquanto que os AT fatais de trajetos totalizaram 11 (44%) havendo apenas um caso registrado como ignorado. Dentre estes 25 casos de AT fatais 13 (57%) acometeram homens com idade entre 19 e 30 anos. Os ramos de atividade e ocupações com maior número de mortes foram comércio, reparação de veículos automotores, objetos pessoais e domésticos (auxiliar de escritório, lavador de veículos, mecânico, operador de empilhadeira e supervisor administrativo) com 6 casos (24%). Os acidentes envolvendo colisão com veículos a motor foi a causa externa de 10 (40%) AT fatais, seguido de queda de nível ou para fora de edifícios com 5 (20%). A cabeça foi a parte do corpo mais atingida, figurando em 14 casos (56%) dos óbitos ocorridos (MIRANDA et al., 2012).

Em Bordoni (2016), foram discutidos os sub-registros de Acidentes de Trabalho Típicos Fatais (ATTF) ocorridos em Belo Horizonte MG no ano de 2011. Foi utilizado o método de captura-recaptura para estudo de todos os ATTF registrados no município, por residência e/ou ocorrência, mediante cruzamento de dados probabilístico de três fontes: Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) e Banco de Necropsias do Instituto Médico Legal (IML). Analisaram-se características do acidentado, estratificando-as por: sexo, idade, estado civil, raça, escolaridade, grupo de ocupação e situação no mercado de trabalho, e as características dos acidentes: município de residência e de ocorrência do óbito, local do óbito, momento do óbito, realização de atendimento médico e causa do acidente. Foram encontrados 54 casos, sendo que a grande maioria (53) foi de homens e a metade (28) ocorreu com motoristas e trabalhadores da construção civil; os acidentes de transporte (18) e as quedas (10) foram as causas de óbito mais comuns. Houve subnotificação de 15 óbitos no SIM.

A mortalidade por causas externas foi investigada por Mello Jorge, Gawryszewski e Latorre (1997) levando em conta os principais aspectos

epidemiológicos e as circunstâncias dessas mortes no Brasil e nas Capitais das Unidades da Federação e Distrito Federal, no período 1977 a 1994. Os dados foram coletados no Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), Organização Mundial da Saúde (OMS) e nos Censos de 1970, 1980 e 1991. As mortes foram estratificadas por sexo, idade e tipo de causa, sendo agrupadas segundo a Classificação Internacional de Doenças (CID-9). Para o cálculo dos coeficientes são utilizadas estimativas de população obtidas por interpolação linear, método de Lagrange, a partir dos dados dos censos. Os resultados apresentados demonstram um aumento significativo dos óbitos por causas externas, sendo na maioria homens na faixa etária de 15 a 19 anos. As capitais dos Estados apresentam mortalidade acima da média do país, chamado a atenção para o aumento dos casos de homicídios.

As estratégias para identificação e mensuração dos acidentes de trabalho fatais foram descritas por Drumond e Silva (2013), em Belo Horizonte – MG no período de 2008 a 2010. O levantamento de dados ocorreu por meio das notificações do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) e do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) além da análise nas Fichas de Investigação (FI) e nas Declarações de Óbito (DO). No período analisado havia no SIM 4.421 óbitos por causas externas, sendo 99 devido a acidentes de trabalho, e no SINAN estavam registrados 4.962 acidentes de trabalho grave, com 88 óbitos. Apenas 29 óbitos por acidente de trabalho (AT) foram notificados nos dois sistemas de informação. Por meio de relacionamento determinístico e cruzamento de informações provenientes dos dois sistemas foram encontrados no total 239 óbitos por AT. Destes, 94,3% eram homens, sendo 47,5% negros e 36,9% com menos de 8 anos de estudo. A maioria (86,5%) residia em Belo Horizonte ou na sua região metropolitana. Quanto à ocupação, houve maior frequência de acidentes entre trabalhadores da indústria extrativa e da construção civil (25,5%). A via pública foi o local de ocorrência da maioria das mortes (50,4%). Em 74,5% dos casos (n=105) o óbito ocorreu no mesmo dia do acidente e em 14,9% (n=21) em até cinco dias após.

A relação existente entre os acidentes de trabalho com a violência urbana e os óbitos ocorridos em Porto Alegre – RS foram verificados na obra de Oliveira e Mendes (1997), no período de abril de 1992 a março de 1993. Foram utilizados dados das Declarações de Óbito (DO), da Secretaria de Saúde e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SSMA/RS) e ainda dados levantados junto aos cemitérios e funerárias. A amostra foi definida por meio de todos os casos ocorridos dentro de uma

a cada quatro semanas epidemiológicas e assim sucessivamente até compor a amostra de 175 casos. Foi utilizada a técnica da Necropsia Verbal, ou seja, a realização de visitas domiciliares e entrevistas semiestruturadas com familiares, amigos ou testemunhas de todos os casos investigados. Ocorreram 877 óbitos por causas externas, 175 casos (20%) compuseram a amostra e 159 casos foram investigados (18%). A investigação destes casos apontou que 40% dos óbitos foram causados por homicídio, 77% das vítimas eram do sexo masculino, 75% tinham menos de 40 anos de idade e com baixo grau de instrução. Ao final da pesquisa epidemiológica evidencia-se que 1/5 dos óbitos por acidentes de trabalho não são notificados e a violência urbana é a causa de 27/31 óbitos ocorridos.

Sousa e Santana (2016) relatara em seu estudo os casos de mortalidade por acidentes de trabalho entre trabalhadores da agropecuária no Brasil. Foram analisados dados de 2000 a 2010. Empregou-se o Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) com auxílio dos Censos Demográficos do IBGE para identificar os casos fatais. Foram identificados 8.923 óbitos por acidentes de trabalho, sendo 44,8% destes resultantes da recuperação de dados. Em 2000, a mortalidade bruta por acidentes de trabalho foi estimada em 6,4/100 mil trabalhadores, aumentando para 8,1/100 mil em 2003, quando declinou para 7,3/100 mil em 2010. Entre os homens, "projeções de animais ou veículos de tração animal" foram as circunstâncias mais comuns, mas em mulheres foram as intoxicações por agrotóxicos. Houve ainda um aumento significativo na quantidade de óbitos de trabalhadores com mais de 40 anos de idade. A mortalidade geral por acidentes de trabalho na agropecuária foi baixa quando comparada à de outros países.

O impacto da mortalidade em relação aos anos de vida perdidos e a incidência de acidentes de trabalho graves (mais de 15 dias de afastamento) foi investigado por Santana et al (2007) no estado da Bahia no ano de 2000. Foram obtidos dados da Previdência Social do Sistema Único de Benefícios (SUB), do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde e do Censo Demográfico. A mortalidade por acidentes de trabalho foi de 0,79/100 mil trabalhadores, com base no SIM, mas com o SUB a estimativa é de 13,17/100 mil. Assumindo-se esta medida para todos os trabalhadores, estima-se um fator de correção para o SIM de 16,67. A estimativa de anos potenciais de vida perdidos foi de 23.249 e a incidência de acidentes de trabalho graves com pelo menos duas semanas de afastamento foi de 2,3%. A faixa etária de 35 a 39 anos concentra o maior número de óbitos. Os

resultados demonstram o sub-registro dos acidentes de trabalho tanto fatais quanto não fatais.

As tendências na incidência e mortalidade por Acidentes de Trabalho (AT) no Brasil, foram avaliadas na obra de Almeida, Morrone e Ribeiro (2014) no período de 1998 a 2008. Foi realizado um estudo ecológico de séries temporais, que analisou os acidentes de trabalho registrados nas estatísticas oficiais do Governo Federal. Utilizaram-se informações do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), do Ministério da Previdência Social (MPS) e do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS). Foram calculadas as variações percentuais anuais (*Annual Percentage Changes* - APC) nas taxas de incidência e de mortalidade, por meio do método *Joinpoint* (avaliação por meio de pontos de junção). Observou-se um decréscimo significativo na taxa de incidência de AT, o mesmo ocorrendo para os acidentes de trabalho típicos. O número de casos de AT de trajeto e sua incidência mostraram aumento significativo. O número de óbitos e a taxa de mortalidade registraram tendência de decréscimo. A análise não distinguiu valores individuais para cada sexo. O estudo aponta um crescimento da subnotificação dos acidentes de trabalho, também explica que o aumento dos AT de trajeto está relacionado com a violência dos centros urbanos.

No estudo de Galdino, Santana e Ferrite (2012) foram investigadas a qualidade e a estrutura dos Centros de Referência em Saúde do Trabalhador (CEREST) e qual a relação destes fatores com as notificações de acidentes de trabalho no Brasil em 2012. Todas as unidades dos CEREST brasileiros sediaram a pesquisa. As variáveis de monitoramento apresentam três dimensões: infraestrutura, Gestão e Organização dos Serviços (GEST-ORG); Nível de Desenvolvimento das Ações Previstas de Vigilância à Saúde do Trabalhador (NÍVEL-AÇÕES); e Nível de Implantação de Atividades relacionadas especificamente à Notificação dos Acidentes de Trabalho (NÍVEL-NOT). Também se utilizaram fontes de informações do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), dos Formulários Eletrônicos do SUS (FormSUS) e do Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) de 2008 a 2009. Foram obtidos dados de 125 CEREST, 23 estaduais e 102 regionais. Constatou-se que o aumento das notificações por acidente de trabalho nos CEREST depende da infraestrutura, da quantidade e capacitação de pessoal, além do atendimento a demandas externas, o atendimento destes requisitos prioriza a redução da expressiva subnotificação dos acidentes de trabalho.

Para determinar a mortalidade e a incidência de câncer em trabalhadores da fundição de alumínio, Gibbs et al (2014) investigaram a experiência de 17.089 trabalhadores entre 1950 e 2004. Neste período, ocorreram 25 mortes, 47 incidências femininas de câncer, 3.984 casos de incidência masculina de câncer e 6.350 óbitos. Houve um número significativo de óbitos causados por doença pulmonar obstrutiva crônica, doença de Alzheimer, além dos casos de cânceres de estômago, bexiga, pulmão e câncer bucal, devido a exposição ao benzo(a)pireno (B(a)P). Não houve aumento nos casos de cânceres de bexiga quando houve exposição abaixo de $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ ano. Ainda, deve-se considerar a origem ocupacional de cânceres acima dos valores esperados, porém não relacionados à exposição B(a)P. Não houve aumento significativo do câncer de pulmão na planta de Prebake.

O estudo de Holtermann et al (2012) foi realizado na Dinamarca, e procurou investigar a mortalidade e os efeitos da Atividade Física Ocupacional (*Occupational Physical Activity* – OPA) em ambos os sexos. A OPA foi investigada por meio de quatro questões (Seu trabalho exige que você permaneça sentado?; Seu trabalho exige significativo esforço físico, lhe forçando a respirar mais rápido?; Seu trabalho exige que você se ajoelhe ou agache? e Você levanta cargas individuais maiores de 20kg, diariamente?) que foram aplicadas à uma amostra com 5.839 trabalhadores entre 18 e 59 anos. Os dados foram coletados no período de 1991 a 2009 acessando o Estudo nacional dinamarquês da coorte do ambiente de trabalho (*Danish National Work Environment Cohort Study*). O levantamento dos dados procurou identificar as variáveis estratificadas por: sexo, idade e emigração. Para o tratamento dos dados utilizou-se a escala de resíduos de Schoenfeld e o modelo semiparamétrico de Cox, para medir o risco proporcional. Desta forma, percebe-se que os casos de óbitos masculinos se sobressaem significativamente devido à intensa OPA que pode ser explicada pelas diferentes exposições físicas e respostas fisiológicas sujeitas ao gênero do trabalhador.

Identificar as desigualdades existentes na mortalidade por causa específica em diferentes grupos ocupacionais na Coreia do Sul foi a proposta estudada por Lee et al. (2016). Foram analisados os casos de mortalidade ocupacional, ocorridos entre 1995 e 2008, utilizando os dados de um grupo de trabalhadores inscritos no programa nacional de seguro de emprego entre 1995 e 2000, estratificadas de acordo com a atividade ocupacional e o sexo. Os casos de mortalidade foram definidos por meio da combinação das mortes entre 1995 e 2008 de acordo com os registros do Escritório

de Estatísticas Nacionais da Coreia (KNSO). Os trabalhadores foram divididos em nove grupos ocupacionais de acordo com a Classificação Ocupacional Padrão Coreana (KSOC) e calculou-se a taxa de mortalidade padronizada para a idade. Analisou-se 8.762.340 trabalhadores. As maiores taxas de mortalidade foram identificadas em trabalhadores agrícolas, florestais e pescadores, 563 para cada 100.000 homens e 206 para cada 100.000 mulheres, seguidos pelas atividades elementares com máquinas operadoras e montadoras, 380 homens e 157,8 mulheres. A diferença de mortalidade mais significativa, entre os sexos, ocorreu nas causas externas 96,9 homens e 21,6 mulheres, doença hepática em homens (38,3 para cada 100 000) além das doenças mentais que acometeram 6,31 homens e 13,00 mulheres. As causas de mortes mais alarmantes foram as lesões, suicídios e as doenças hepáticas masculinas. Em geral, a mortalidade ocupacional está associada às baixas condições socioeconômicas dos trabalhadores.

Os óbitos ocupacionais ocorridos em catástrofes envolvendo navios pesqueiros e a contribuição para o aumento significativo das mortes de trabalhadores da indústria comercial da pesca, foi investigada por Lucas et al. (2018) no Alaska – Estados Unidos da América. Analisou-se o período que compreende o ano de 2000 a 2014. Os dados foram obtidos por meio da Base de dados de Incidências na Pesca Comercial (CFID), sistema de vigilância gerenciado pelo Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) e fontes suplementares. Considerou-se dois cenários: a imersão em água fria por qualquer período de tempo e a imersão por um período maior que 30 minutos. Realizou-se os cálculos da estatística descritiva além da regressão logística para prever as chances de sobrevivência da tripulação. Dos 617 trabalhadores a bordo, em 187 navios de pesca que afundaram no Alasca, 557 (90,3%) sobreviveram e 60 morreram. Após o acidente ocupacional são levantadas diversas informações, como as características do navio e eventos (ano civil em que o acidente ocorreu, por exemplo) e características da tripulação extraídas da CFID (idade, sexo, atividade ocupacional exercida, por exemplo). Quando há a imersão em água fria o acesso a equipamentos salva-vidas e a correta utilização destes, são cruciais para garantir a sobrevivência dos pescadores

Investigar as fatalidades ocupacionais que ceifaram a vida de trabalhadores da indústria de extração de petróleo e gás dos Estados Unidos da América, no período de 2005 a 2014 foi o objetivo de Mason et al. (2017) que obteve os dados na Administração de Segurança e Saúde do Trabalho (OSHA). A população trabalhadora

foi estimada com base no censo de emprego trimestral e salários do Escritório de Estatísticas do Trabalho (*Bureau of Labor Statistics - BLS*). Utilizou-se a regressão de Poisson para calcular as taxas de quedas fatais, considerando significativo $p < 0,05$. Durante o período investigado ocorreram 63 mortes resultantes de quedas (média de 6,3 óbitos por ano, taxa de incidência de 0,937 e $p = 0,138$ ou seja, não significativo), em 61 casos de óbito, o sexo foi informado, todos referem-se ao sexo masculino. A idade média das vítimas foi de 36 anos, considerando-se a faixa etária de 21 a 76 anos. As quedas que mais ocorreram (33; 52%) correspondem à altura de 9 metros (> 30 pés). As quedas da plataforma de guindaste foram responsáveis por 22 (35%) óbitos. As atividades realizadas no momento das quedas fatais foram principalmente o manuseio de tubulações (14; 22%) e a montagem do equipamento de perfuração (14; 22%), porém, em 22 casos (35%) a atividade anterior à queda não foi informada.

O estudo proposto por Menéndez, Sociais-Morales e Daus (2017) abordou a questão das mortes violentas relacionadas ao trabalho de motoristas na indústria de táxis e limusines nos Estados Unidos da América no período de 2003 a 2013. As taxas de mortes violentas de motoristas foram obtidas utilizando-se dados advindos do Escritório de Estatísticas do Trabalho (BLS) do Censo de Lesões Corporais Fatais (CFOI). Descreveram-se informações demográficas, características ocupacionais e pessoais (sexo, idade, região pertencente), além do detalhamento das lesões (causa e local do óbito, parte do corpo atingida, arma utilizada), analisando-se as tendências temporais para a nacionalidade e etnia. Para calcular as taxas de riscos fatais, univariadas e multivariadas, utilizou-se a regressão de Poisson contando com um intervalo de confiança de 95%. Em média, 33 motoristas morreram anualmente, compondo uma taxa de 17,8 mortes a cada 100.000 trabalhadores. Os grupos com maior taxa multivariada de mortalidade foram homens, negros, hispânicos e motoristas da região Sul do país. Os motoristas representantes da indústria de táxis e limusines enfrentam um ambiente de trabalho com nível de perigo superior as demais categorias de trabalhadores.

Os fatores associados à gravidade dos acidentes fatais ocorridos no setor da construção civil, em Teerã, no Irã, no período de 2014 a 2016 foram analisados na obra de Khodabandeh, Kabir-Mokamelkhan e Kahani (2016). Os dados foram obtidos por meio de relatórios de óbitos ocupacionais fatais incluindo relatórios policiais e hospitalares. Realizou-se um levantamento com 967 relatórios de óbitos ocupacionais no período analisado. Com uma amostra de 714 acidentes ocupacionais fatais.

Realizou-se um estudo sociodemográfico, analisando as variáveis relacionadas ao óbito (tipo de acidente, partes do corpo mais atingidas, principal causa do óbito, local, atividade exercida antes da morte) e as informações pessoais das vítimas (idade, sexo, escolaridade, estado civil e nacionalidade). Utilizou-se o teste de Qui-quadrado de Pearson (X^2) e o teste de Kruskal-Wallis, com $p < 0,05$. Todas as 714 mortes foram do sexo masculino ($n=714$; 100%), com maior incidência nos trabalhadores com idade entre 30 e 39 anos ($n=183$; 25.6%), casados (317; 44.4%), com ensino fundamental ($n=273$; 38.2%), trabalho informal ($n=389$; 54.5%), desempenho não qualificado (389; 54.5%), não segurados (472; 66.1%) e com atividade diurna (287; 40.2%). Ao final do estudo observou-se que a ênfase na prevenção, capacitação, utilização de equipamentos de proteção e fiscalização dos trabalhadores, é decisiva para a redução de óbitos e custos para os empregadores, trabalhadores e para a sociedade.

No tocante ao caso estudado por Pira et al. (2017) foi investigado a mortalidade em um grupo de mineradores e moleiros em uma mina de talco sem amianto, localizada em Val Chisone, norte da Itália no período de 1946 a 2013 que corresponde, respectivamente ao ano do primeiro emprego e a data de falecimento do trabalhador. As informações numéricas foram coletadas por meio dos registros de pessoal na planta e certidões de óbitos da cidade local. O grupo analisado compreendeu 1722 trabalhadores (1166 mineiros e 556 moleiros) do sexo masculino considerando informações pessoais e obituárias (data de nascimento, data do primeiro e último emprego, endereço, fumante ou não, causas do óbito). Foi calculado as taxas gerais de mortalidade com intervalo de confiança de 95%. O índice geral de mortalidade (SMR) foi de 1,24 [(IC – Intervalo de Confiança de 95%) 1,17 a 1,32]; Não foram registradas mortes em função do câncer pleural. Não houve aumento de mortes causadas pelo câncer de pulmão, enquanto que os casos de óbitos por pneumoconiose aumentaram significativamente entre os mineiros (SMR 26,62; IC 95%: 20,71 a 33,69), e foi associada à duração do emprego e do tempo de trabalho desde o primeiro emprego. Portanto, conclui-se que não há associação entre a exposição ao talco sem amianto, o câncer de pulmão e mesotelioma. O aumento significativo no número de mortes por pneumoconiose entre mineradores está associado à exposição passada à sílica.

Em busca de uma visão geral do sistema nacional de vigilância da mortalidade ocupacional (NOMS): leucemia e risco agudo de infarto do miocárdio por indústria e ocupação em 30 estados dos Estados Unidos no período compreendido entre 1985-

1999, 2003-2004 e 2007, Robinson et al. (2015) desenvolveu o presente estudo. Os dados para estudo foram disponibilizados pel(os) (as) (o) (a) Escritórios Estaduais de Estatística Vital e Saúde Pública, estados que forneceram informações da indústria, ocupação e mortalidade, casas funerárias, Instituto Nacional do Câncer, Censo dos EUA (Estados Unidos da América) e a Associação Nacional de Estatísticos da Saúde Pública (NAPHSIS). Foram investigadas 11 milhões de mortes por causas específicas de trabalhadores nos EUA, investigando as variáveis de acordo com a faixa etária de 18 a 64 anos, ocupação, indústria, raça, gênero e origem hispânica. Foi observado um número significativo de mortes causadas pela leucemia em engenheiros, gerente de vendas de publicidade e em bancos, agências de economia, crédito, segurança pública e administração pública. Os maiores índices de mortalidade, devido ao infarto agudo no miocárdio, foram identificados em trabalhadores pertencentes ao setor de máquinas industriais e refratárias, agricultores, operadores de máquinas de mineração e ocupações agrícolas; e suprimentos agrícolas por atacado, produtos químicos agrícolas, borrachas sintéticas e agrícolas. O câncer e as doenças crônicas são as principais causas de morte nos EUA com um custo estimado de US\$ 46 bilhões. Neste sentido, constatou-se um alto risco de infarto agudo no miocárdio e leucemia em várias indústrias e em diferentes ocupações que confirmam estudos recentes.

A mortalidade dos trabalhadores antigos da construção, empregados nas instalações nucleares do Departamento de Energia (DOE) dos EUA, que participaram do BTMed, (Programa Nacional de Triagem Médica de Construção) no período de 1998 a 2011 foi avaliada por Ringen et al. (2015). Os dados de mortalidade foram obtidos por meio do Índice Nacional de Mortalidade (NDI). Foi estudado um grupo com 18.803 trabalhadores e 2.801 óbitos do BTMed. Realizou-se um levantamento de dados pessoais (sexo, raça, idade média da entrada nas instalações do DOE, média de anos trabalhados) e obituários (número de trabalhadores e mortes, localização das instalações do DOE, Razões Padronizadas de Morte (SMR), causa do óbito, status vital, fator de risco). Foi aplicado ao estudo à estatística descritiva, regressão de SMR e o modelo de Cox. Os resultados obtidos apontam um aumento significativo na mortalidade por todas as causas, todos os cânceres (traqueia, brônquios, sistema pulmonar e linfático, mesotelioma, COPD (Doença de Obstrução Pulmonar Crônica) e asbestose). Deste modo, conclui-se que os trabalhadores deste segmento estão expostos a um risco significativamente maior de doenças ocupacionais em

comparação com os demais trabalhadores. Os riscos estão associados ao tempo de trabalho e as exposições à radiação, diariamente.

No estudo de Whooley et al. (2015) foram comparadas as disparidades de mortalidade nos condados centrais de mineração de carvão e não-carvão nas montanhas Apalaches, nos estados da Virgínia e Virgínia Ocidental, em períodos de 5 anos, de 1960 a 2009. A mineração de carvão e os municípios não mineradores foram identificados por meio dos dados da Comissão Regional de Apalaches (ARC) e da agência de Informações Energéticas. Registros de óbitos foram obtidos no Departamento de Saúde da Virgínia (VDH) e no Sistema de Dados de Mortalidade e População (MPDS), além da consulta ao censo dos EUA. De posse destas informações aplicou-se a estatística descritiva para analisar as variáveis: produção de carvão, tipo de carvão, índice de pobreza, escolaridade, sexo, quantidade de fumantes e obesos. Imediatamente após realizou-se a comparação de dados demográficos e socioeconômicos entre os grupos de estudo por meio de duas amostras de teste T e $\alpha = 5\%$. Deste modo, concluiu-se que os locais com mineração de carvão possuem índices significativamente maiores de mortalidade e pobreza comparados a áreas onde não há mineração. As taxas de mortalidade de todos os casos investigados foram maiores para ambos os sexos em condados de carvão em todos os períodos de tempo.

Com a pesquisa realizada foram destacados os vinte e dois trabalhos mais citados em território nacional e internacional em relação aos óbitos relacionados ao trabalho. Destes, onze casos ocorreram internacionalmente, enquanto que os outros onze estudos são de casos brasileiros, sendo que apenas dois exploraram a região Sul.

A seguir serão apresentadas as metodologias empregadas no estudo em busca do melhor modelo preditivo para as taxas de mortalidade relacionada ao trabalho, a metodologia ARIMA e β ARMA

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta fase da pesquisa consiste na elaboração do plano de trabalho que este estudo abrangeu, visando atingir os objetivos propostos e responder o problema da pesquisa. Neste sentido, no que se refere ao modo de realização da pesquisa a natureza é definida como aplicada, pois, se utiliza da análise dos fundamentos já especificados (GIL, 2010). Em relação à categorização dos objetivos, a pesquisa foi exploratória e descritiva por se tratar do levantamento de informações e aplicação de técnicas estatísticas específicas, explorando-se os efeitos gerados (LAKATOS; MARCONI, 2010).

A pesquisa também se caracterizou como descritiva porque permitiu identificar relações entre variáveis, coletando opiniões e observando fatos que possam influenciar no resultado final da pesquisa (MEDEIROS, 2013). Quanto ao tratamento dos dados, a forma de abordagem ao problema foi quantitativa, pois foi mensurado dados numéricos. Além disso, o estudo também é classificado como bibliográfico, pois se utiliza de conceitos publicados em livros e artigos científicos para estruturar e confirmar as informações descritas (GIL, 2010).

Para a seleção dos periódicos relacionados ao tema, realizou-se uma revisão selecionando os onze trabalhos nacionais mais citados nas seguintes bases de dados: Web of Science (Capes), Plataforma SciELO e Google Scholar utilizando-se as palavras-chaves: “mortalidade”, “acidente de trabalho”, “métodos estatísticos”, “modelo ARIMA” e “modelo β ARMA” e “estudo de séries temporais”. Quanto aos onze trabalhos internacionais selecionados, realizou-se o mesmo procedimento, porém, utilizando as bases de dados: PubMed, ScienceDirect e Springer, cujas palavras-chaves foram, dentre outras: “*occupational mortality*”, “*statistical techniques*”, “*fatal accidents*” “*labour*” e “*time series studies*”.

Posteriormente ao estudo de revisão foi realizado uma análise descritiva, por estado, das taxas de mortalidade por acidente de trabalho, estratificando por: causas de óbito, partes do corpo atingida, ramos de atividade, sexo e idade, identificando as principais características de vulnerabilidade.

Quanto à análise das séries temporais, foram utilizados os registros mensais relacionados às taxas de mortalidade por acidente de trabalho, disponíveis no site do DATASUS – Departamento de Informática do SUS (<http://datasus.saude.gov.br/>),

referente a janeiro de 2000 a junho de 2016, para o ajuste, e de julho a dezembro de 2016, para avaliação da qualidade dos modelos.

Foi realizada a modelagem ARIMA, seguindo os passos metodológicos propostos por Box-Jenkins (1976) e a modelagem β ARMA desenvolvida por Rocha e Cribari-Neto (2009), com a utilização de implementações propostas por Palm e Bayer (2018) em busca do modelo de previsão mais eficiente. Foram utilizados os *softwares* R versão 3.4.1 e *EViews 9.5 Student Version Lite* para cálculos estatísticos e gráficos.

3.1 METODOLOGIA DE BOX-JENKINS

A metodologia de Box-Jenkins (1976) é utilizada com maior ênfase na realização de previsão em séries temporais. Este método de previsão também é conhecido como metodologia ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average* ou processo autorregressivo integrado de média móvel). Este método destaca a análise das propriedades da própria série temporal, em que o Y_t é explicado pelos valores passados, defasados do próprio Y , o mesmo ocorre para o erro estocástico (GUJARATI; PORTER, 2011).

Nesse sentido, entender o conceito de série temporal pode ser decisivo para a escolha do melhor modelo preditivo. Para Souza (2016) uma série temporal é um conjunto de observações ordenadas no tempo, em parâmetros equidistantes. Ao analisar uma série temporal, os principais objetivos são: modelar o fenômeno em estudo, levantar informações estatísticas e adequar o modelo ao melhor método de previsão (MORETTIN; TOLOI, 2006).

As séries temporais, em geral, são compostas por alguns elementos, descritos por Sousa (2016) como:

- a) tendência: (T_t) verifica o comportamento dos dados em uma determinada direção ao longo dos anos. É caracterizado por apresentar um comportamento de longo prazo com tendência linear crescente ou decrescente;
- b) ciclo: (C_t) movimento ondulatório em torno da tendência com propensão a ser periódico ao longo dos anos;
- c) sazonalidade: (S_t) movimento ondulatório que tende a ocorrer em subperíodos de um período de tempo fixo. Apresenta curta duração, em geral inferior a um ano e está geralmente associado às mudanças climáticas;

d) ruído aleatório, ruído branco ou erro: (ε_t) refere-se à variabilidade intrínseca dos dados, não podem ser modelados. Os dados são caracterizados como independentes, distribuídos de forma idêntica, sendo $X_t \sim N(0, \sigma^2)$ iid.

Em uma série temporal os dados são coletados sequencialmente ao longo do tempo, buscando-se encontrar correlação seriada nos instantes de tempo. A modelagem ARIMA é caracterizada como modelo matemático capaz de captar o comportamento da autocorrelação ou correlação seriada presente nos valores da série temporal analisada e somente assim realizar previsões futuras. Quando a correlação for devidamente tratada, os valores poderão fornecer excelentes previsões (WERNER; RIBEIRO, 2003; BOX; JENKINS, 1976).

O modelo ARIMA consiste nas expressões identificadas como a ordem do modelo autorregressivo (AR) modelo (p) , ordem de diferenciação (d) e a ordem do modelo de médias móveis (MA) modelo (q) , isso explica o fato de que os modelos de Box-Jenkins são denotados ARIMA (p, d, q) (JERE; KASENSE; CHILYABANYAMA, 2017). Estes modelos são resultantes da combinação de três filtros: o componente Autorregressivo (AR), o filtro de Integração (I) e o componente de médias móveis (MA). Estes filtros permitem a modelagem da série por meio dos três componentes ou ainda um subconjunto deles, resultando assim em outros modelos (MORETTIN; TOLOI, 2006).

3.1.1 Modelos Estacionários

Para a utilização da metodologia de Box-Jenkins, primeiramente é preciso garantir que haja significância nos parâmetros estimados ao longo do tempo, para isso é necessário atender ao pressuposto básico da estacionariedade da série temporal (MONTGOMERY; JENNINGS; KULAHCI, 2015).

A série temporal é estacionária quando se desenvolve, ao longo do tempo um certo equilíbrio em torno da média, ou seja, as leis de probabilidade não mudam no processo, se mantendo constantes (SOUZA, 2016). Quando a série temporal não apresentar tal comportamento podem ser aplicadas transformações, sendo que a ordem de integração (I) considerada, corresponde ao número de diferenças necessárias para converter a série não estacionária em estacionária (FAVA, 2000).

Os processos podem ser fracamente estacionários, quando as médias e variâncias são constantes ao longo do tempo e a função de auto covariância depende

da defasagem entre os instantes de tempo ou fortemente estacionários, logo todas as informações conjuntas permanecem as mesmas, ou seja, são invariantes a translações no tempo (WERNER; RIBEIRO, 2003).

3.1.2 Modelo Autorregressivo (AR)

Morettin e Tolo (2006) explicam que o modelo Autorregressivo (AR) utiliza os dados passados para formar a série histórica Z_t , caracterizada pelos valores regredidos e pelo ruído aleatório (ε_t). Para Werner e Ribeiro (2003) um modelo AR(p) é expresso por (3):

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \tilde{Z}_{t-1} + \phi_2 \tilde{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \tilde{Z}_{t-p} + \varepsilon_t, \quad \text{onde } \tilde{Z}_t = Z_t - \mu \quad (3)$$

Há ainda, o modelo Autorregressivo de ordem 1 ou AR(1), uma versão mais simplificada dessa classe de modelos, dado por (4):

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \tilde{Z}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Para que haja condição de estacionariedade é necessário que $|\phi_1| < 1$ e as auto covariâncias, sejam (γ_k) independentes, sendo que todas as raízes devem estar fora do círculo unitário, no que se refere a um processo de ordem finita (BUENO, 2008). Sendo as autocovariâncias expressas pela equação (5):

$$\gamma_k = \phi_1^k \gamma_0 \quad (5)$$

Enquanto que as autocorrelações ρ_k são dadas pela seguinte equação (6):

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \phi_1^k \quad k = 0,1,2 \dots \quad (6)$$

No que se refere a identificação do modelo autorregressivo, Bueno (2008) explica que esta etapa é realizada por meio das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial.

Quando ϕ_1 assumir valores positivos a Função de Autocorrelação (FAC) decai exponencialmente e quando ϕ_1 assumir valores negativos a função de autocorrelação

além de decair exponencialmente ainda apresenta alternância de sinais. No caso da Função de Autocorrelação Parcial (FACP) o decaimento ocorre de modo repentino com um *lag* significativo "*p*" denotando assim a ordem do modelo a ser ajustado (WERNER; RIBEIRO, 2003; MORETTIN, 2011).

3.1.3 Modelo de Médias Móveis (MA)

Em relação aos modelos de Médias Móveis (*Moving Average* - MA), Z_t estes são explicados por meio da combinação dos erros ou ruídos aleatórios ε_t do período atual comparando-os com aqueles que ocorrem anteriormente (SOUZA, 2016; GUJARATI; PORTER, 2011). Logo, Werner e Ribeiro (2003) mencionam que o modelo de MA de ordem q ou simplesmente MA(q) é expresso por (7):

$$\tilde{Z}_t = \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t, \quad \text{logo } \tilde{Z}_t = Z_t - \mu \quad (7)$$

O parâmetro θ_1 explica a relação de \tilde{Z}_t com o ε_{t-1} , considerando $i = 1, 2, \dots, q$.

No caso do MA(1), Werner e Ribeiro (2003) destacam que a menor versão desta classe de modelos é explicada pela seguinte equação (8):

$$\tilde{Z}_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (8)$$

Bueno (2008) explica que o parâmetro estimado para o modelo de médias móveis deve assumir $|\theta| < 1$. Este pressuposto é chamado de condição de invertibilidade, em que as raízes da equação serão eliminadas do círculo unitário por meio de um processo de ordem finita. A etapa de identificação do modelo ocorre por meio das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial, demonstrando assim a ordem do modelo a ser ajustado.

Nesta perspectiva, Werner e Ribeiro (2003) complementam explicando também as autocorrelações, definidas como as autocovariâncias divididas pela variância, que podem ser expressas por (9):

$$\rho_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma_0} = \frac{-\theta_1 \sigma_\varepsilon^2}{(1 + \theta_1^2) \sigma_\varepsilon^2} = \frac{-\theta_1}{1 + \theta_1^2} \quad e \quad \rho_k = 0 \quad k > 1 \quad (9)$$

Werner e Ribeiro (2003) chamam a atenção para o fato de que no modelo MA(1) somente a primeira autocorrelação não será nula, as demais assumiram valores iguais a zero. Tem-se a primeira autocorrelação positiva quando θ_1 for < 0 e negativa no momento em que θ_1 for > 0 .

É relevante destacar que no modelo MA(1) há uma característica advinda da função de autocorrelação chamada de “memória curta”, definida como aquela que possui influência de apenas um período, ou seja, uma determinada observação estará correlacionada somente ao seu antecessor e sucessor e não aos demais valores da série temporal (SOUZA, 2016).

Outra particularidade deste modelo está no comportamento da função de autocorrelação que decai repentinamente no *lag* significativo, indicando a ordem “*q*” do modelo a ser ajustado. No caso da função de autocorrelação parcial o decaimento ocorre de forma exponencial (MORETTIN, 2011).

3.1.4 Modelo Autorregressivo de Médias Móveis (ARMA)

Nas séries temporais estacionárias o que pode ocorrer com frequência é a presença de componentes AR (*p*) e MA (*q*), compondo assim o modelo ARMA (*p, q*), modelos autorregressivos de médias móveis (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN., 2008). A junção dos parâmetros dos dois modelos também é conveniente quando houver um número significativo de parâmetros AR ou parâmetros MA, originando assim um parâmetro ARMA que engloba as funções do modelo Autorregressivo e Médias Móveis (MORETTIN; TOLOI, 2006). Com esta junção, Werner e Ribeiro (2003) ressaltam que o modelo originário, ARMA(*p, q*) irá demandar uma quantidade inferior de termos, sendo representado pela equação (10):

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \tilde{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \tilde{Z}_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (10)$$

Uma versão mais elementar do modelo ARMA(1,1), é dado por (11):

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \tilde{Z}_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (11)$$

Tem-se, ainda a função de Autocorrelação do modelo conforme equação (12):

$$\rho_1 = \frac{(1-\phi_1\theta_1)(\phi_1 - \theta_1)}{1 + \theta_1^2 + 2\phi_1\theta_1} = \frac{-\theta_1}{1 + \theta_1^2} \text{ logo } \rho_k = \phi_1\rho_{k-1} \text{ para } k > 1 \quad (12)$$

É possível perceber que a função de autocorrelação do modelo ARMA(p, q) é influenciada pelo parâmetro MA(q), quando as defasagens $k < q$ devido ao fato de que a o componente MA apresenta “memória curta”, representada por k períodos de tempo. No caso de defasagens maiores que $k + 1$ as características se assemelham ao modelo AR(p) (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Para satisfazer as condições de estacionariedade e invertibilidade de um modelo ARMA (p, q) é necessário que todas as " p " raízes de ϕ iguais a zero e que todas as " q " raízes de θ iguais a zero estejam fora do círculo unitário (FAVA, 2000). Entretanto, muitas séries temporais não são estacionárias devido à ocorrência de mudanças ao longo do tempo nas características do processo estocástico subjacente (GUJARATI; PORTER, 2011; MONTGOMERY; JENNINGS; KULAHCI, 2015).

3.1.5 Modelos Não-Estacionários

O fato de algumas séries temporais se apresentarem como não estacionárias está relacionado, principalmente a ausência de oscilações nos dados, ou seja, não há oscilações em torno de uma média constante ou ainda à variabilidade dos dados não se manter constante, apontando alterações na variância dos dados. (WERNER; RIBEIRO, 2003).

Para a escolha de um modelo que represente a série temporal, a primeira etapa concentra-se no teste ou análise da condição de estacionariedade (BUENO, 2008). Os testes para verificar a estacionariedade da série são chamados de testes de raízes unitárias e tem por objetivo verificar a existência ou não de raiz unitária na série temporal estudada.

Existem vários testes de raiz unitária, dentre eles: ADF e DF de Dickey e Fuller, Ljung-Box, Phillips-Perron, KPSS, entre outros (FAVA, 2000). Neste estudo foram empregados os testes *Augmented Dick-Fuller* – ADF (DICKEY, 1984) e Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin – KPSS (KWIATKOWSKI et al., 1992). Esses testes são utilizados principalmente para verificar a estacionariedade da série e a utilização de ambos busca garantir maior precisão nos resultados quanto ao grau de

estacionariedade dos dados analisados (SOUZA, 2016). Para maiores detalhes acerca dos testes de raiz unitária consultar Morettin (2011) e Bueno (2008).

Quando a série temporal se apresenta como não estacionária, ou seja, possui raiz unitária, aplica-se as diferenciações na série para torná-la, estacionária (MORETTIN, 2011; GUJARATI; PORTER, 2011). A primeira diferença na série temporal ocorre por meio da equação (13).

$$\Delta Z_t = Z_t - Z_{t-1} \quad (13)$$

A aplicação de diferenças sucessivas na série temporal ocorre até que os seus valores se tornem estacionários. Deste modo, a segunda diferença é aplicada utilizando-se da equação (14).

$$\Delta^2 Z_t = \Delta(Z_t - Z_{t-1}) = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} \quad (14)$$

Em geral, a aplicação de uma ou no máximo duas diferenças é o suficiente para transformar uma série não estacionária em estacionária. A quantidade correspondente as diferenças aplicadas na série temporal são identificadas como "d" diferenças e representam a ordem de integração (I) do modelo (FAVA, 2000). Assim, tal modelo é denominado ARIMA – autorregressivo integrado de médias móveis de ordem (p, d, q), expresso pela equação (15).

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \dots + \phi_p w_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (15)$$

Em que $w_t = \Delta^d Z_t$; ϕ_p representa o parâmetro autorregressivo de ordem "p"; θ_q o parâmetro de médias móveis de ordem "q" enquanto que ε_t expressa o erro ou ruído aleatório do modelo apresentado.

3.1.6 Modelos Sazonais

A sazonalidade é outra característica que pode ser adicionada aos modelos ARIMA e representa os picos que se repetem anualmente na série temporal (MONTGOMERY; JENNINGS; KULAHCI, 2015). Os modelos com componentes sazonais são denominados ARIMA sazonal ou SARIMA (*Seasonal Autoregressive*

Integrated Moving Average) e são denotados como SARIMA $(p, d, q)(P, D, Q)_s$ sendo que o "s" representa a ordem da sazonalidade (WERNER; RIBEIRO, 2003). O modelo SARIMA genérico é expresso pela equação (16)

$$(1 - \phi_p B^p)(1 - \Phi_p B^s)(1 - B^d)(1 - B^D)y_t = (1 - \theta_q B^q)(1 - \Theta_Q B^s)\varepsilon_t \quad (16)$$

Em que a primeira parte da equação representa a parte autorregressiva do modelo, sendo os componentes autorregressivos p , os parâmetros sazonais autorregressivos P , e as diferenças d , enquanto que as diferenças sazonais são representadas por D com período correspondente a s . A segunda parte da equação (16) indica, respectivamente os componentes de médias móveis com ordem q , os parâmetros sazonais de médias móveis Q (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN., 2008).

Os modelos sazonais, assim como os modelos que não apresentam sazonalidade podem ser identificados por meio das funções de autocorrelação e autocorrelação parcial, onde o decaimento da função ocorre de forma senoidal. Ainda, é importante destacar que uma sazonalidade de ordem 12 apresentará uma autocorrelação significativa nas defasagens "12, 24, 36 ..." (WERNER; RIBEIRO, 2003).

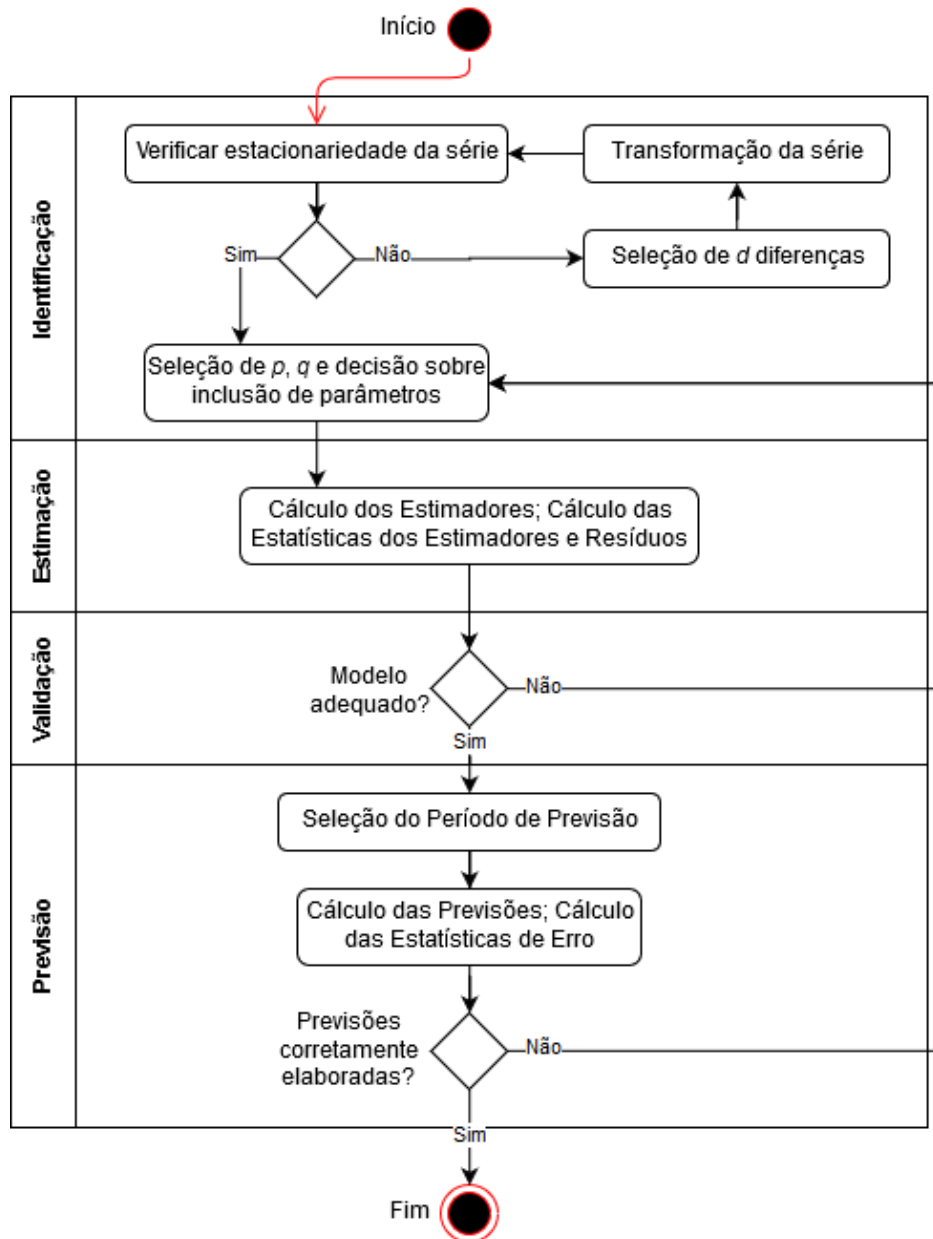
Um único modelo SARIMA, não é capaz de capturar todos os movimentos e padrões existentes em uma série temporal (GUJARATI; PORTER, 2011) Devido a isso a utilização dos modelos propostos por Box-Jenkins (1976) difundiu-se com ênfase na identificação do modelo adequado para cada série temporal.

3.1.7 Etapas metodológicas de Box-Jenkins

O método proposto por Box-Jenkins representa um ciclo iterativo que indica o modelo predictor mais eficiente levando em conta as características de autocorrelação presentes em cada série temporal analisada (BOX; JENKINS, 1976).

Tem-se na Figura 1 a apresentação das etapas metodológicas do processo de modelagem proposto por Box-Jenkins (1976).

Figura 1 – Etapas metodológicas da técnica de Box-Jenkins



Fonte: adaptado de Pereira e Requeijo (2008)

- a) identificação: ao aplicar o modelo Box-Jenkins a uma série de dados é preciso verificar quais dos modelos, dentre as versões do modelo ARIMA, que descrevem da melhor forma o comportamento da série, ou seja, determinar quais os filtros AR, I e MA, compõe o processo gerador da série e quais são suas respectivas ordens. Esta escolha se dá por meio da condição de estacionariedade, bem como análise da tendência, sazonalidade e periodicidade, além da avaliação do comportamento da

Função de Autocorrelação (FAC) e Função de Autocorrelação Parcial (PACF);

- b) estimação: consiste na estimação dos parâmetros do modelo: componente autorregressivo, de médias móveis e a variância do ruído branco.
- c) validação ou verificação: esta etapa avalia se o modelo ajustado é capaz de descrever o comportamento dos valores da série temporal analisada;
- d) previsão: consiste em realizar previsões para futuros valores da série utilizando-se o modelo escolhido.

Caso o modelo escolhido não seja adequado, retorna-se à fase de identificação, repetindo-se todo o ciclo (MORETTIN; TOLOI, 2006; GUJARATI; PORTER, 2011).

Realizada a etapa de verificação da estacionariedade da série temporal e aplicada as devidas diferenciações, quando necessário, parte-se para a etapa de escolha do melhor modelo predictor, baseando-se na análise da Função de Autocorrelação (FAC) e Função de Autocorrelação Parcial (FACP). Gujarati e Porter (2011) explicam que os parâmetros da FAC e FACP na série temporal fornecem subsídios ao pesquisador para a escolha do(s) modelo(s) que melhor representa(m) o processo gerador da série temporal.

Posteriormente à etapa de identificação dos filtros (p, d, q) que representam a série temporal, realiza-se a estimação dos parâmetros "p" e "q". Tal estimação pode ser realizada por meio do método da maximização da Função de Verossimilhança condicional ou ainda, por meio da técnica dos Mínimos Quadrados Ordinários (BUENO, 2008; FAVA, 2000).

Nessa etapa de estimação dos parâmetros é necessário atentar para o fato de que o modelo escolhido seja o mais parcimonioso possível (BOX; JENKINS, 1976). Para auxiliar na decisão do número de parâmetros que devem ser introduzidos ao modelo, utiliza-se o critério informacional de *Akaike* – AIC (AKAIKE, 1973) e o critério informacional *Bayesiano* – BIC (SCHWARZ, 1978), os quais são calculados por meios das equações (17) e (18) respectivamente.

$$AIC(p, q) = \ln \sigma_{\varepsilon}^2 + \frac{2(p + q)}{n} \quad (17)$$

$$BIC(p, q) = \ln \sigma_{\varepsilon}^2 + (p + q) \frac{\ln(n)}{n} \quad (18)$$

Onde p e q representam a ordem dos parâmetros identificados, n é o tamanho da amostra, \ln é o logaritmo neperiano, enquanto que σ_{ε}^2 representa a variância estimada dos erros.

Os critérios AIC e BIC são denominados critérios penalizadores devido ao fato de que consideram o número de parâmetros do modelo, como também a variância dos erros gerados, sendo que quanto menores os valores de AIC e BIC mais adequado é o modelo ajustado (MORETTIN, 2011). Tais critérios indicam a adequabilidade do modelo e foram considerados neste estudo para determinar entre os modelos propostos aqueles que possuem o melhor desempenho.

Além da identificação dos modelos e estimação dos parâmetros, tem-se a etapa de validação, na qual se procura investigar o ajuste do modelo de acordo com o comportamento real da série temporal. No entendimento de Bueno (2008) os erros encontrados no modelo ajustado devem atender aos pressupostos de ruído branco, ou seja, média zero, não autocorrelacionados e com variância constante.

Outra forma de encontrar o modelo com o melhor ajuste dentre os modelos concorrentes é por meio das medidas de acurácia (MONTGOMERY; JENNINGS; KULAHCI, 2015). As medidas mais utilizadas estão ilustradas no Quadro 1.

Quadro 1 – Medidas de acurácia dos modelos estimados

Sigla	Descrição	Equação
MAE	<i>Mean Absolute Error</i> (erro médio absoluto)	$\frac{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t }{n}$
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (erro percentual médio absoluto)	$\frac{\sum_{t=1}^n \varepsilon_{t_t}/Z_t * 100}{n}$
MSE	<i>Mean Squared Error</i> (erro quadrático médio)	$\frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t)^2}{n}$
RMSE	<i>Root Mean Squared Error</i> (raiz do erro quadrático médio)	$\frac{\sqrt{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t)^2}}{n}$

Onde ε_t representa o erro de previsão no instante t , o n representa o número de observações enquanto que o Z_t corresponde ao valor real no tempo t e $t = 1, 2, \dots, n$.

Por final, tem-se a previsão da série temporal, última etapa da metodologia proposta por Box-Jenkins (1976), a qual, será específica em cada estudo devido à natureza da série de dados utilizada para a modelagem e a quantidade de observações considerada (JERE; KASENSE; CHILYABANYAMA, 2017).

Além do método de previsão proposto por Box-Jenkins este estudo utilizar-se-á da metodologia β ARMA em busca do modelo de previsão mais eficaz para a modelagem das séries correspondentes às taxas de mortalidade por acidente de trabalho na região Sul do Brasil.

3.2 METODOLOGIA β ARMA

A modelagem de dados distribuídos em um intervalo limitado segue principalmente duas abordagens: aplicar transformações nos dados para obter uma linha temporal e usar um dos modelos tradicionais de análise; ou modelar diretamente os dados originais (CASARIN; DALLA VALLE; LEISEN, 2012). Essa segunda abordagem foi aprimorada por McKenzie (1985), com a introdução de um novo processo beta autorregressivo para séries temporais no intervalo unitário (0,1). Uma contribuição mais recente é apresentada por Ferrari e Cribari-Neto (2004) e Rocha e Cribari-Neto (2009), com modelos beta autorregressivos e a metodologia β ARMA, respectivamente.

Essa metodologia baseia-se na distribuição beta (β), que é utilizada para modelar variáveis aleatórias de interesse distribuídas em um intervalo delimitado por dois valores escalares conhecidos a e b , onde $a < b$. Os escalares a e b geralmente assumem, respectivamente, os valores 0 e 1, casos de modelagem de percentuais e taxas, por exemplo (GUPTA; NADARAJAH, 2004). A função densidade de probabilidade da distribuição beta é dada pela equação (19), onde $p > 0$, $q > 0$, e $\Gamma(\cdot)$ é a função gama.

$$f(y; p, q) = \frac{\Gamma(p + q)}{\Gamma(p)\Gamma(q)} y^{p-1}(1 - y)^{q-1}, \quad 0 < y < 1, \quad (19)$$

A média \mathbb{E} e a variância var de y são dadas pela equação (20).

$$\mathbb{E}(y) = \frac{p}{p+q} \quad var(y) = \frac{pq}{(p+q)^2(p+q+1)} \quad (20)$$

Os modelos de regressão utilizados para analisar dados relacionados a outras variáveis, em geral, não são apropriados para avaliar situações em que a resposta está restrita ao intervalo unitário $(0, 1)$, uma vez que eles podem gerar valores para a variável de interesse que excedem os limites inferiores e superiores, portanto Ferrari e Cribari-Neto (2004) propõem em seu trabalho um modelo de regressão para variáveis aleatórias cujo retorno é uma distribuição beta, a fim de atender essas situações em que a variável dependente (y) está contida no intervalo unitário, ou seja, $0 < y < 1$.

O modelo beta autorregressivo de médias móveis (β ARMA) proposto por Rocha e Cribari-Neto (2009) parte do trabalho de Ferrari e Cribari-Neto (2004) para buscar a padronização de um modelo para séries temporais voltadas a taxas e proporções. O modelo β ARMA, assim como os modelos ARIMA, pressupõe a estacionariedade dos dados analisados (MARTINS JÚNIOR, 2014). Porém, a série de interesse pode apresentar alguns picos típicos que retratam a ausência de estacionariedade, nestes casos ainda é considerado viável a utilização deste modelo mediante a aplicação de diferenças na série (ROCHA; CRIBARI-NETO, 2009).

Este modelo é largamente utilizado devido ao fato de que sua função pode ser crescente ou decrescente e unimodal, lembrando que sua utilização compreende os casos em que o resultado é restrito ao intervalo que compreende a e b , ou seja, $a < b$. Assim, aceita-se a transformação de $(y - a)/(b - a)$, para modelar a variável y_t em um intervalo unitário padrão. Neste caso, tem-se a densidade condicionada de y_t considerando F_{t-1} , expressa pela equação (21).

$$f(y_t|F_{t-1}) = \frac{\Gamma(\phi)}{\Gamma(\mu_t \phi)\Gamma((1-\mu_t)\phi)} y_t^{\mu_t \phi - 1} (1 - y_t)^{(1-\mu_t)\phi - 1}, \quad 0 < y_t < 1, \quad (21)$$

$$\text{Logo, } \mathbb{E}(y) = \mu \quad \text{e} \quad var(y) = \frac{V(\mu)}{1+\phi}$$

Neste caso, $V(\mu) = \mu(1 + \mu)$ é considerada uma função de variância em que μ representa a média e ϕ um parâmetro de decisão. Pressupõe-se que quando o

parâmetro de μ é fixado, o valor de ϕ é inversamente proporcional a variância de y . Esta é considerada uma reparametrização da densidade beta original (ROCHA; CRIBARI-NETO, 2009).

Deste modo, tem-se y_t , considerando $t = 1, \dots, n$, o número de ocorrências da variável de interesse y no sentido em que y_t apresenta a densidade explicada pela equação (21) em que a média é dada por μ_t e a precisão constante por ϕ .

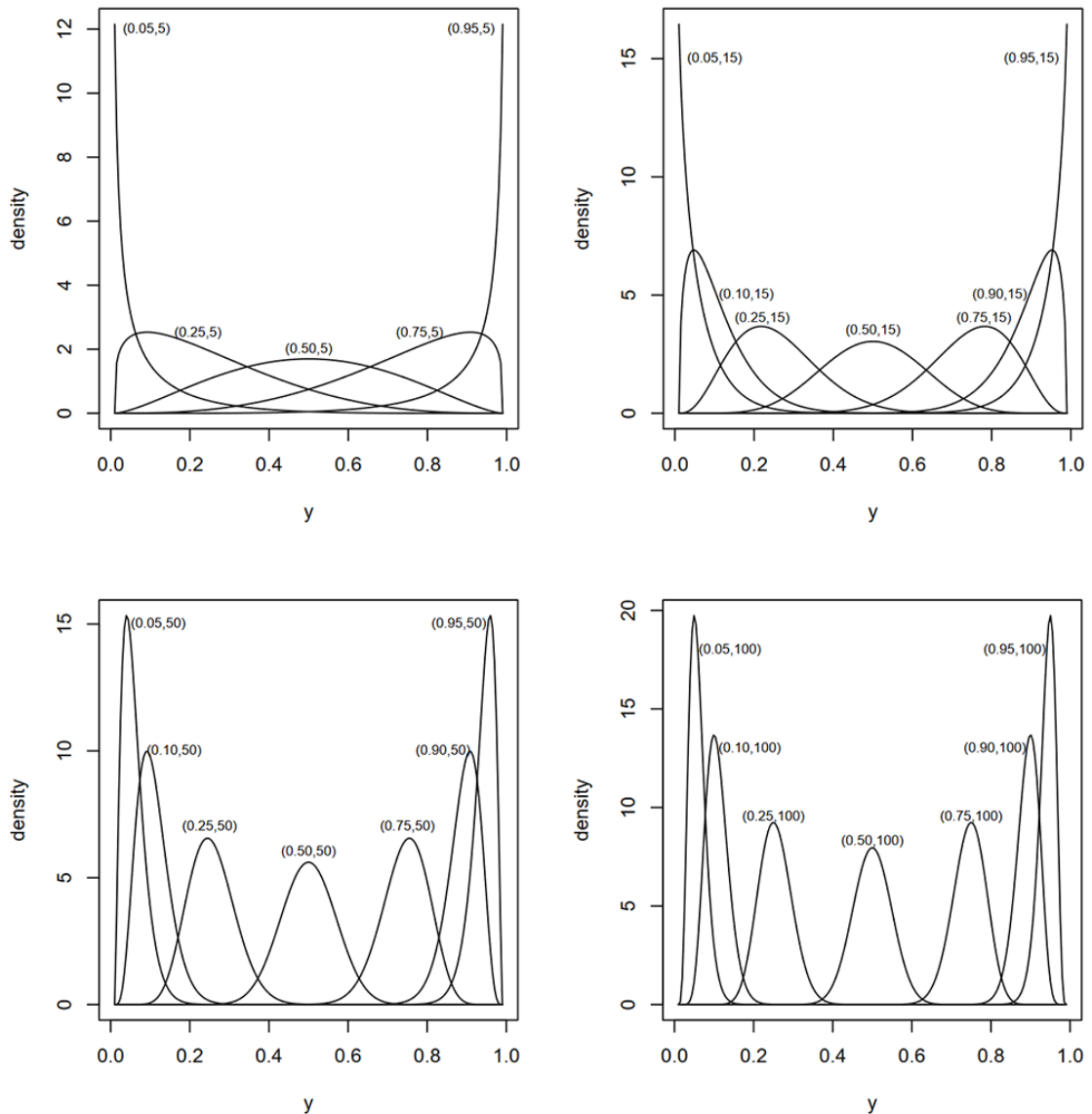
A densidade expressa pela equação (21) é bastante flexível para modelar proporções, uma vez que sua curva pode ter formatos diferentes, tais como U, sino, ou J (com cauda para a esquerda ou para a direita) dependendo do valor de dois parâmetros (PAJHEDE, 2017). Exemplos podem ser visualizadas na Figura 2, juntamente com seus valores de μ e ϕ .

Rocha e Cribari-Neto (2009) salientam que o modelo β ARMA (p, q) , recomendado para modelar a esperança condicional de y , pode ser descrito por meio da equação (22):

$$g(\mu_t) = \alpha + \sum_{i=1}^p \phi_i g_{(y_{t-i})} + \sum_{j=1}^q \theta_j r_{t-j}, \quad (22)$$

Dado que $\alpha \in \mathfrak{R}$, é considerado constante, ϕ_i são os parâmetros autorregressivos e θ_j os parâmetros de médias móveis, $r_t = y_t - \mu_t$ mede o erro da equação de médias móveis e $g(-)$ é descrito como uma função de ligação, podendo assumir duas diferenças $g: (0,1) \rightarrow \mathbb{R}$, como também ocorre no modelo de regressão beta. Seja nos modelos ARIMA ou nos parâmetros do modelo β ARMA, é relevante esclarecer que ambos são estimados via máxima verossimilhança (ROCHA; CRIBARI-NETO, 2009; NIELSEN, 2017).

Figura 2 – Densidades de Beta para diferentes combinações de (μ, ϕ)



Fonte: Ferrari e Cribari-Neto (2004)

Portanto, a distribuição Beta apresenta maior flexibilidade, assumindo formatos com caráter variado, conforme os dois parâmetros que indexam a função densidade. Deste modo, tal distribuição assume formas simétricas, assimétricas à esquerda ou assimétricas à direita, entre outras (SOUZA; CRIBARI NETO, 2013).

A seguir serão apresentados os artigos científicos originados deste estudo. O primeiro artigo foi intitulado: *Mortality per work accident: a literature mapping* enquanto que o segundo artigo intitula-se: Os modelos β arma são mais eficientes do que os modelos Arima para prever as taxas de óbito por acidente de trabalho na região Sul do Brasil?

4 ARTIGO 1 – MORTALITY PER WORK ACCIDENT: A LITERATURE MAPPING

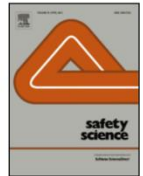
Safety Science xxx (2019) xxx-xxx



Contents lists available at ScienceDirect

Safety Science

journal homepage: www.elsevier.com



Review

Mortality per work accident: A literature mapping

Cristiane Melchior*, Roselaine Ruviaro Zanini

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima n° 1000, Camobi, Santa Maria, RS 97105-900, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Fatal occupational accidents
Work-related mortality
Literature mapping

ABSTRACT

Considering that more than half of the world's population is economically active, safe working environments are vital to improving their overall quality of life. The significant social and economic impacts of workplace fatalities highlight the need to better understanding this subject. The present study aims to investigate the economic sectors and geographic regions that have the largest number of studies on the subject of work-related fatal accidents. The following databases were used in order to conduct the literature mapping: PubMed, VHL Brazil, Web of Science, and Google Scholar. Our research includes studies published between 2001 and 2018, that used data ranging from 1946 to 2016 drawn from more than 30 countries, and over 10 sectors with fatal occupational accidents. Of the 102 studies analyzed, 36 used data from the United States, making it the country with the largest number of studies published on fatal occupational accidents. Moreover, 2015 was found to be the year with the largest number of published works on the subject, analyzing data primarily from the period 2000 to 2003. Construction, agriculture, and transportation emerged as the economic sectors with the highest mortality risk due to occupational accidents, followed by the fishing and forestry industries. The analysis of the terms in the abstracts highlighted the emphasis on national reporting systems and census data as the primary sources for mortality data. These results pave the way for an analysis of the relationship between number of studies and mortality rates, as well as methodology and the coverage of studies.

1. Introduction

Occupational accidents directly influence the construction of social reality. In fact, they represent a serious public health problem, primarily because they disable and even fatally injure young and working-age people (International Labour Organization, 2016). Whereas studies by Marshall et al (2018) and Bellamy (2015) have found correlations between the occurrence of less severe minor accidents and serious and fatal accidents, the work of Khanzode et al. (2012) concludes that fatal and nonfatal injuries are caused by different factors.

Although the social impacts and human suffering caused by work-related accidents are incalculable, their financial impacts are extremely problematic at all levels of society, including social security programs and corporate productivity losses (Hämäläinen, 2009). According to the International Labor Organization (ILO), about 4% of the world's gross domestic product (GDP) is lost annually as result of accidents and occupational diseases, health spending, pensions, absenteeism, and rehabilitation (Mekkoathil et al., 2016; International Labour Organization, 2017).

The ILO defines a death having occurred within one year after the date of the accident to be work-related (International Labour Organization, 2016). The exact number of deaths caused by occupational accidents and diseases worldwide is not available, because most countries do not have reliable sources to obtain these figures (Hämäläinen, 2009; International Labour Organization, 2017). Nonetheless, the ILO estimates that there was a reduction from 358 thousand fatal accidents per year in 2003 to 321 thousand in 2008, but an increase up to 350 thousand in 2014 (International Labour Organization, 2011, 2014).

These statistics support the proposal of this study, which is to determine which economic sectors and geographic regions have the greatest number of studies on the subject of fatal work-related accidents. We therefore performed a literature mapping, identifying the countries and economic sectors with the largest number of published studies on deaths due to workplace accidents.

The results obtained aim to identify the countries with the most publications on the subject, the years in which the issue was most in vogue (the period in which the data received the most attention), the economic sectors that are most affected by occupational accidents, as

* Corresponding author.

Email address: crmelchior@gmail.com (C. Melchior)

well as the main concepts related to this theme. Organizations that have high-risk tasks within their production processes will be able to use the results of this research by implementing preventive policies to minimize risks, refining their approach to problems, instituting corrective measures, improving controls, and obtaining essential information to guarantee the quality of life in the working environment.

2. Materials and methods

We carried out the literature mapping of the research studies on the subject of work-related mortality in February 2018, using four databases: PubMed, VHL Brazil, Web of Science, and Google Scholar. We used the following keywords and combinations to select the papers: mortality, fatality, workers, occupational mortality, fatal occupational accidents, occupational activity, occupational fatalities, fatal injuries, occupational, accident, safety, injury, health administration, and occupational health services.

The selected studies were classified according to the year of publication, the period of data analyzed in the study, the type of study performed, the journal in which the research was published, the title of the work, the economic sector studied, the number of work-related deaths, as well as the region and country where the data was collected.

We selected 102 relevant studies on fatal occupational mortality published between 2001 and 2018 in high influential journals, with data from more than 30 countries from 1946 to 2016. In addition, we found more than ten economic sectors with fatal occupational mortalities.

We generated the word cloud and similarity analysis by using IRaMuTeQ 0.7 alpha 2 textual analysis software, which was also used to perform word stemming (Ratinaud, 2009; Vizeu Camargo and Justo, 2013).

Some of the empirical studies and literature reviews addressing the topic of work-related mortality compiled for this study also include the topic of non-fatal occupational accidents (Gonzalez-Delgado et al., 2015; Koehoorn et al., 2015; Ahonen and Benavides, 2006; Zhangtao, 2010).

3. Results and discussions

3.1. Geographic coverage

Of the 102 studies found, spanning more than 30 countries, 36 studies (35%) were performed using data from the United States, 8

studies (8%) using Brazilian data, 7 (7%) based on Italy. Moreover, there were 5 (5%) global studies (using research from five or more countries) and 5 studies (5%) based on data from the United Kingdom. There were also 4 relevant studies (4%) each based on Chinese, Turkish, and South Korean data, and 3 works (3%) focusing on Canada, Denmark and Norway. Two surveys (2%) were found focused on each Australia, Iran, the Netherlands, and Spain. In addition, 1 study was found on the following 14 other countries (13% of the surveys): Costa Rica, France, Greece, Japan, Jordan, Malaysia, Mauritius, Mexico, Nicaragua, Poland, Portugal, Russia, Sweden, and Tanzania.

Fig. 1 presents the geographical distribution of the studies related to the subject of fatal occupational accidents.

Among the 36 studies that addressed the United States, the works of Lucas et al. (2018), Menéndez et al. (2007), Dong et al. (2017), Mason et al. (2017), Brinker et al. (2016), and Marsh and Fosbroke (2015) are particularly relevant. Brazil has the second highest number of studies on the subject, for example the work of Meschial et al. (2017) and Cortez et al. (2017). Seven studies using Italian data were found, represented by Pessina and Facchinetti (2017), Pira et al. (2017), Consonni et al. (2008), Mantero et al. (2005), Chellini et al. (2002), D'Errico et al. (2002) and Baldasseroni et al. (2001).

3.2. Distribution of publications per year

The literature mapping on fatal occupational accidents included studies carried out between 2001 and 2018, as shown in Fig. 2. This form of analysis has been used in other areas, including health in the work of Armfield et al. (2014) and neurofinance by Ascher et al. (2016).

The year with the highest number of published works on fatal occupational accidents (12) was 2015, with studies such as Brouwer et al. (2015), Deshaies et al. (2015), Marsh and Fosbroke (2015), Mason et al. (2015), Newman et al. (2015), and Koeman et al. (2015). The works of Bulzacchelli et al. (2008), Laursen et al. (2008), Buckley et al. (2008), Consonni et al. (1976), Fayard (2008), among others, are among the 9 studies that were published in 2008, and the studies of Biddle (2004), Dong and Platner (2004), Loh and Richardson (2004), Richardson et al. (2004), Roberts (2004), among others, are some of the 10 studies published in 2004.

Moreover, in 2005, 2010, and 2017 there were 9 papers published, 7 studies were published in 2011 and 2014, 6 in 2013, 5 in 2009, and 4 in 2016. In 2002 and 2006 there were 3 publications each year, and 2 relevant publications in 2007, 2012, and 2018 and only 1 publication

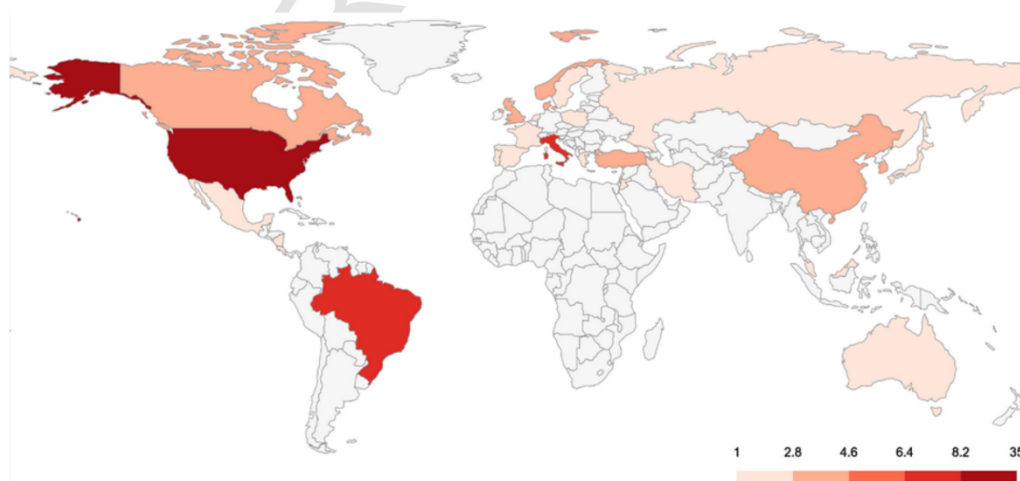


Fig. 1. Geographical distribution of studies found that addressed fatal occupational accidents.

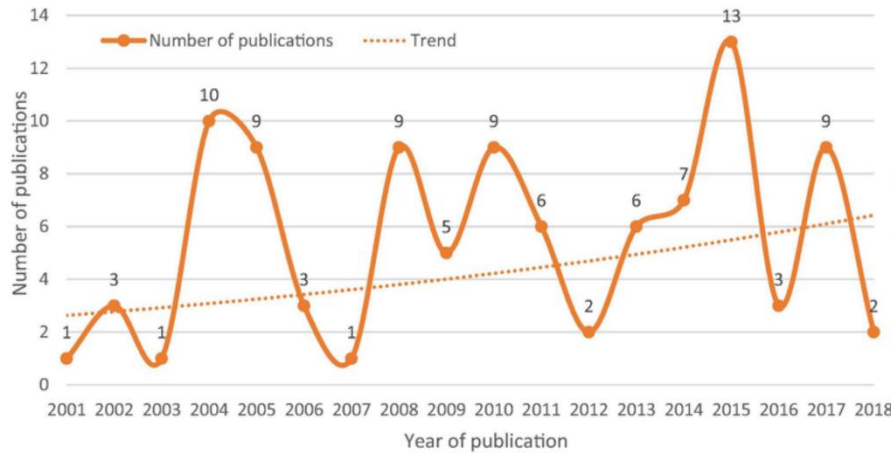


Fig. 2. Number of studies that addressed fatal work-related accidents each year.

in both 2001 and 2003. The lack of work in 2001 can be explained by the fact that this work is focused on studies that address more current data and the low number found in 2018 is due to the fact that the study was conducted in February of this year. However, it was not possible to find a likely explanation to justify the low number of studies published in 2003, 2007, or 2012.

There is no growing trend towards research on this subject. Some of the possible explanations are lack of interest from companies and governments in disclosing this kind of information and the lack of data available for analysis.

3.3. Data period

We examined the data period used in each of the 102 studies published on fatal work accidents. They analyzed data as early as 1946, in the case of Pira et al. (2017), all the way up to 2016, in the case of Khodabandeh et al. (2016).

Looking at Fig. 3, it is possible to observe an increasing trend up to 2000 which then declined. The years of publications analyzed in Section 3.2 and the greater availability of data for analysis are some of the explanations for these trends. The divergence between the peaks in Figs. 2 and 3 highlights the fact that it takes a great deal of time both to make data available for analysis as well as for it to be analyzed by researchers and subsequently published.

The peak in the graph in Fig. 3 occurs between the years 2000 and 2001. There were 51 studies analyzed during this period, half of the to-

tal amount of works found. This period had contributions from Lucas et al. (2018), Dong et al. (2017), Pessina and Facchinetti (2017), Jurek and Rorat (2017), Pira et al. (2017), Harris et al. (2016), Lee et al. (2016), Brouwer et al. (2015), Deshaies et al. (2015), Marsh and Fosbroke (2015), Koeman et al. (2015) Van der Ploeg et al. (2015), Koehoorn et al. (2015), Azizova et al. (2015), Gibbs et al. (2014), among other studies that analyzed information on mortality due to occupational accidents from 2000 to 2002.

3.4. Economic sector

Table 1 presents the economic sectors studied or those with the highest number of work-related deaths. The sectors covered in the studies are specified as are the percentage of studies that address them.

It is important to highlight that the studies can be divided into two main groups: those dealing with work-related mortality in a specific area, such as shipyard workers (Barlas and Izci, 2018), taxi and limousine drivers (Menéndez et al., 2007), fertilizer transporters (Meschial et al., 2017), and military peacekeepers (Strand et al., 1978); and those that are not focused on a specific sector, or point to two or more economic sectors with a significant rate of work-related deaths, such as Hämäläinen et al. (2006), Cortez et al. (2017), Pira et al. (2017), Lee et al. (2016), Koehoorn et al. (2015), Chen et al. (2014), López-Bonilla et al. (2011), Tiesman et al. (2011), Mora et al. (2011), McGreevy et al. (2010), Brière et al. (2010), Shalini (2009).

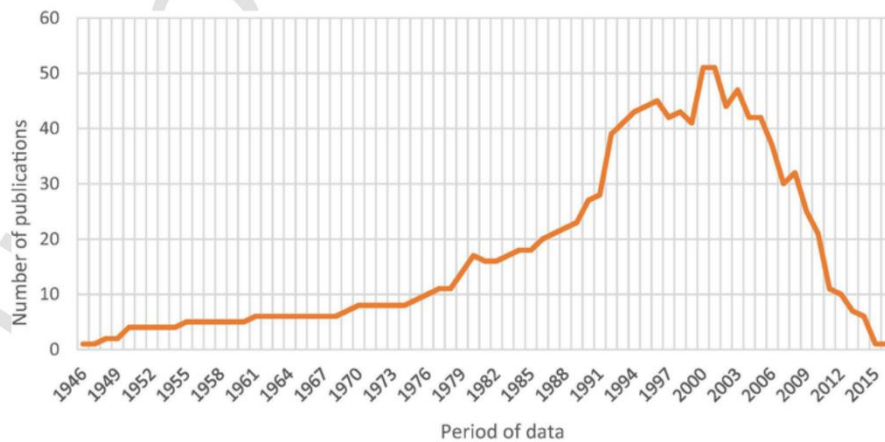


Fig. 3. Data period used in the studies from the literature mapping.

Table 1
Distribution of work-related mortality with relation to economic sector.

Economic sector	Number of studies	Percentage
Construction	22	17.6%
Agriculture	18	14.4%
Transport	16	12.8%
Fishing	12	9.6%
Forestry and logging	10	8.0%
Mining	6	4.8%
Electrocution	3	2.4%
Chemistry	2	1.6%
Fall	2	1.6%
Hunting	2	1.6%
Law enforcement officers (LEOs)	2	1.6%
Military	2	1.6%
Merchant shipping	2	1.6%
Others	26	20.8%
Total	125	100.0%

Among the sectors covered in the studies in the literature mapping, the construction industry stands out as the highest risk sector (22 studies). This is described in Dong et al. (2017), Khodabandeh et al. (2016), and Mendeloff and Staetsky (2014). Agriculture (18) is the second highest risk sector, according to Pessina and Facchinetti (2017) and Jurek and Rorat (2017). Transport (16) is the third, according to Menéndez et al. (2007) and Brinker et al. (2016), followed by the fishing industry (12) and forestry and logging industries (10), according to Jensen et al. (2014), Lincoln and Lucas (2010), Lee et al. (2016), and Brodie and Ibrahim (2010). Not surprisingly, the sectors with highest risk involved are those involving heavy machinery.

There are also 26 sectors addressed in only one study each, and 6 sectors addressed by only two studies, which indicates broad coverage in the economic sectors analyzed. This can be confirmed in the research carried out by Gibbs et al. (2014), Harris et al. (2016), O'Connor et al. (2011), Coggon et al. (2010), Mason et al. (2015), Macedo and Silva (2005), Consonni et al. (1976), Meschial et al. (2017), Tiesman et al. (2011), McGreevy et al. (2010), Mora et al. (2011), Shalini (2009), Tiesman, Konda and Bell (2011), Tiesman et al. (2010), Chellini et al. (2002), Strand et al. (1978), Roberts and Marlow (2005), Roberts et al. (2014).

3.5. Analysis of terms in abstracts

A word cloud is a tool used to highlight the most prominent terms based on their frequency of occurrence on text. Thus, the greater the frequency of the word in the text, the greater the size of the word in the cloud. Therefore, this tool emphasizes the terms with the greatest significance, according to the content analyzed. The most frequent terms stand out and characterize the main keywords related to the subject in question.

Word clouds are largely used to visually depict the keywords used in texts, and have been used as learning tools in educational institutions, facilitating student discussion and reflection (Cohn and Plack, 2017). This technique has also been adopted in the health area by Armfield et al. (2014) to identify emerging topics between two distinct periods in telemedicine. Nang et al. (2015) on the other hand, has used word clouds to identify the main concepts in reports on military health operations.

We split the abstracts of the 102 studies into objectives, methods, and results, and used the word clouds in Fig. 4 to analyze the frequency of terms used in each group. We ignored the most common words like “occupational”, “death”, “accident”, “injury” and “rate”, because they would have dominated the word clouds.

Most of the terms in objectives (Fig. 4a) focus on general words related to the theme and to the context of the study. The most frequent words in the methods’ cloud (Fig. 4b) show an emphasis on statistical methods, used to analyze data and also focus on census data (such as the United States’ Census of Fatal Occupational Injuries (CFOI)) to obtain mortality data. The terms in the results cloud (Fig. 4c) highlight the construction industry, age, and some ethnic groups.

Another form of textual analysis was also used, similarity analysis. This is a statistical approach used to present the existing relationship between terms. Fig. 5 illustrates the similarity analysis performed through a graph. Broc et al. (2017) also employed this method of analysis to establish the relationship between decision-making indices for treating patients.

Fig. 5 shows the graph of relationship between terms in the abstracts based on the percentage of co-occurrence. Thicker lines indicate more co-occurrence and the larger the word the more frequently it was used in the abstracts. Falling is the most common cause of death in construction industry accidents (Shao et al., 2019; Winge et al., 2019), thus the strong connection between construction, industry, and fall. The analysis shows a strong dependence on data from national information systems, which are not known for being reliable data sources. Most studies analyzed the age, sex, and ethnic groups of the subjects.

4. Conclusions

We were able to achieve the research objective of a literature mapping, which is to the best of our knowledge, the first literature mapping on the subject of work-related fatal accidents. It highlights the economic sector with the highest number of fatal occupational accidents as well as the country with the most studies published using its data. In addition, it was possible to identify the number of annual publications, the data period analyzed in each of the studies, the main terms they used, as well as the connection between them.

Regarding geographic coverage, the United States was the focus of the largest number of fatal occupational accident studies, with 35 published studies. Moreover, the highest number of studies were published

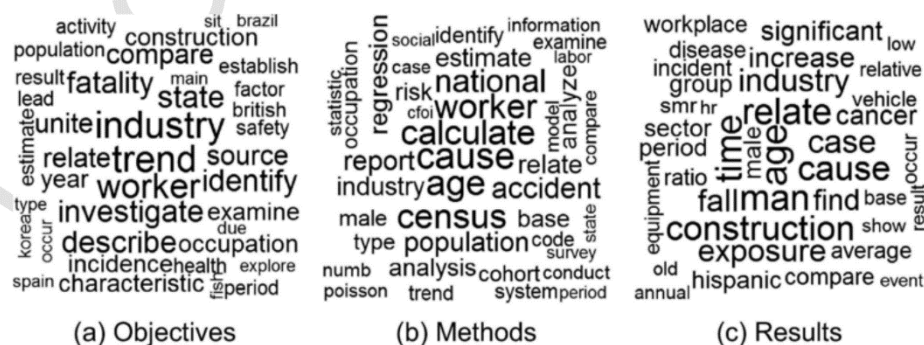


Fig. 4. Distribution of terms based on the frequency of their use in the abstracts of the analyzed studies.

- Brinker, K., Jacobs, T., Shire, J., Bunn, T., Chalmers, J., Dang, G., Flammia D. and Higgins S., 2016. Fatal Work-Related Injuries: Southeastern United States, 2008-2011. *Workplace Health Safety* 64 (04), 135–140. <https://doi.org/10.1177/2165079915607873>.
- Broc, G., Gana, K., Denost, Q., Quintard, B., 2017. Decision-making in rectal and colorectal cancer: systematic review and qualitative analysis of surgeons preferences. *Psychol. Health Med.* 22 (4), 434–448.
- Brodie, L., Ibrahim, J., 2010. Fatal injury in tree felling and related activities, Victoria, Australia 1992–2007. *Injury Prevent.* 16 (1), 53–56. <https://doi.org/10.1136/ip.2009.021683>.
- Brouwer, M., Koeman, T., Brandt, P., Kromhout, H., Schouten, L., Peters, S., et al., 2015. Occupational exposures and Parkinson's disease mortality in a prospective Dutch cohort. *Occup. Environ. Med.* 72 (6), 448–455. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102209>.
- Buckley, J., Sestito, J., Hunting, K., 2008. Fatalities in the landscape and horticultural services industry, 1992–2001. *Am. J. Ind. Med.* 51 (9), 701–713. <https://doi.org/10.1002/ajim.20604>.
- Bulzacchelli, M.T., Vernick, J.S., Sorock, G.S., Webster, D.W., Lees, P.S., 2008. Circumstances of fatal lockout/tagout-related injuries in manufacturing. *Am. J. Ind. Med.* 51 (10), 728–734. <https://doi.org/10.1002/ajim.20630>.
- Chellini, E., Baldasseroni, A., Giovannetti, L., Zoppi, O., 2002. A survey on fatal work accidents based on Mortality Registry data: results of the Tuscany study on INAIL and RMR cases in the period 1992–1996. *Epidemiologia e prevenzione* 26 (1), 11–17.
- Chen, G., Amandus, H., Wu, N., 2014. Occupational fatalities among driver/sales workers and truck drivers in the United States, 2003–2008. *Am. J. Ind. Med.* 57 (7), 800–809. <https://doi.org/10.1002/ajim.22320>.
- Coggon, D., Harris, E., Brown, T., Rice, S., Palmer, K., 2010. Work-related mortality in England and Wales, 1979–2000. *Occup. Environ. Med.* 67 (12), 816–822. <https://doi.org/10.1136/oem.2009.052670>.
- Cohn, R., Plack, M., 2017. A cloud with a silver lining: helping students learn about professionalism. *Teach. Learn. Med.* 29 (3), 304–312. <https://doi.org/10.1080/10401334.2016.1274658>.
- Combetti, L., Demichela, M., Baldissone, G., 2018. A combined approach for the analysis of large occupational accident databases to support accident-prevention decision making. *Saf. Sci.* 106, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.03.014>.
- Consonni, D., Pesatori, A., Zocchetti, C., Sindaco, R., D'Oro, L., Rubagotti, M., Bertazzi, P., 2008. Mortality in a population exposed to dioxin after the Seveso, Italy, accident in 1976: 25 years of follow-up. *Am. J. Epidemiol.* 167 (7), 847–858. <https://doi.org/10.1093/aje/kwm371>.
- Cortez, E., Jasmim, J., Silva, L., Quelici, G., 2017. Analysis of mortality for work accidents in Brazil: integrative review. *J. Nurs. UFPE online* 11, 429–437.
- D'Errico, A., Mamo, C., Tomaino, A., Dalmaso, M., Demaria, M., Costa, G., 2002. Mortality of a cohort of road construction and maintenance workers with work disability compensation. *La Medicina del lavoro* 93 (6), 519–526.
- Deshaies, P., Martin, R., Belzile, D., Fortier, P., Laroche, C., Leroux, T., et al., 2015. Noise as an explanatory factor in work-related fatality reports. *Noise Health* 17 (78), 294–299. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.165050>.
- Dong, X., Platner, J., 2004. Occupational fatalities of Hispanic construction workers from 1992 to 2000. *Am. J. Ind. Med.* 45, 45–54. <https://doi.org/10.1002/ajim.10322>.
- Dong, X., Largay, J., Choi, S., Wang, X., Cain, C., Romano, N., 2017. Fatal falls and PFAS use in the construction industry Findings from the NIOSH FACE reports. *Accid. Anal. Prev.* 102, 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.02.028>.
- Fayard, G., 2008. Work-related fatal injuries in parking lots, 1993–2002. *J. Saf. Res.* 39, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2007.10.005>.
- Gibbs, G., Labrèche, F., Busque, M.-A., Duguay, P., 2014. Mortality and cancer incidence in aluminum smelter workers. *J. Occup. Environ. Med.* 56 (7), 739–764.
- Gonzalez-Delgado, M., Gómez-Dantés, H., Fernández-Niño, J., Robles, E., Borja, V., Aguilar, M., 2015. Characteristics of work-related fatal and hospitalised injuries not captured in workers' compensation data. *Occup. Environ. Med.* 72 (6), 413–420. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121490>.
- Hämäläinen, P., 2009. The effect of globalization on occupational accidents. *Saf. Sci.* 47 (6), 733–742. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.01.011>.
- Hämäläinen, P., Takala, J., Saarela, K., 2006. Global estimates of occupational accidents. *Saf. Sci.* 44 (2), 137–156. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.08.017>.
- Harris, E., Palmer, K., Cox, V., Dartmon, A., Osman, J., Coggon, D., 2016. Trends in mortality from occupational hazards among men in England and Wales during 1979–2010. *Occup. Environ. Med.* 73 (6), 385–393. <https://doi.org/10.1136/oemed-2015-103336>.
- International Labour Organization, 2011. ILO Introductory Report: Global Trends and Challenges on Occupational Safety and Health. International Labour Organization, XIX World Congress on Safety and Health at Work, Istanbul, Turkey.
- International Labour Organization, 2014. Safety and Health at Work: A Vision for Sustainable Prevention. International Labour Organization, Frankfurt, Germany.
- International Labour Organization, 2016. ILOSTAT. (International Labour Organization) Retrieved 09 11, 2017, from International Labour Organization: http://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/description_INJ_EN.pdf.
- International Labour Organization, 2017. Snapshots on Occupational Safety and Health (OSH): The ILO at the World Congress on Safety and Health at Work 2017. International Labour Organization, Singapore.
- Jensen, O.C., Petursdottir, G., Holmen, I.M., Abrahamson, A., Lincoln, J., 2014. A review of fatal accident incidence rate trends in fishing. *Int. Maritime Health* 65 (2), 47–52. <https://doi.org/10.5603/IMH.2014.0011>.
- Jurek, T., Rorat, M., 2017. Fatal accidents at work in agriculture associated with alcohol intoxication in Lower Silesia in Poland. *Medycyna Pracy* 68 (1), 23–30. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00430>.
- Khanzode, V., Maiti, J., Ray, P., 2012. Occupational injury and accident research: A comprehensive review. *Saf. Sci.* 50, 1355–1367. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.12.015>.
- Khodabandeh, F., Kabir-Mokamelkhal, E., Kahani, M., 2016. Factors associated with the severity of fatal accidents in construction workers. *Med. J. Islamic Republic Iran (MJIRI)* 30 (469), 1–7.
- Koehoorn, M., Tamburic, L., Xu, F., Alamgir, H., Demers, P., McLeod, C., 2015. Characteristics of work-related fatal and hospitalised injuries not captured in workers' compensation data. *Occup. Environ. Med.* 72 (6), 413–420. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102543>.
- Koeman, T., Schouten, L., Brandt, P., Pauline, S., Huss, A., Peters, S., et al., 2015. Occupational exposures and risk of dementia-related mortality in the prospective Netherlands Cohort Study. *Am. J. Ind. Med.* 58 (6), 625–635. <https://doi.org/10.1002/ajim.22462>.
- Laursen, L.H., Hansen, H.L., Jensen, O.C., 2008. Fatal occupational accidents in Danish fishing vessels 1989–2005. *Int. J. Injury Control Safety Promotion* 15 (2), 109–117. <https://doi.org/10.1080/17457300802240503>.
- Lee, H.-E., Kim, H.-R., Chung, Y., Kang, S.-K., Kim, E.-A., 2016. Mortality rates by occupation in Korea: a nationwide, 13-year follow-up study. *Occup. Environ. Med.* 73, 329–335. <https://doi.org/10.1136/oemed-2015-103192>.
- Lincoln, J., Lucas, D., 2010. Occupational Fatalities in the United States Commercial Fishing Industry, 2000–2009. *J. Agromed.* 15 (4), 343–350. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2010.509700>.
- Loh, K., Richardson, S., 2004. Foreign-born workers: trends in fatal occupational injuries, 1996–2001. *Monthly Labor Rev.* 127, 42–53. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.06.004>.
- López-Bonilla, Flores-Urbina, L., Partanen, T., Wesseling, C., 2011. Fatal occupational injuries in Nicaragua, 2005. *Int. J. Occup. Environ. Health* 17 (3), 238–242. <https://doi.org/10.1179/107735211799041959>.
- Lucas, D., Case, S., Lincoln, J., Watson, J., 2018. Factors associated with crewmember survival of cold water immersion due to commercial fishing vessel sinkings in Alaska. *Saf. Sci.* 101, 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.09.009>.
- Macedo, A., Silva, I., 2005. Analysis of occupational accidents in Portugal between 1992 and 2001. *Safety Sci.* 43 (5–6), 269–286. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.06.004>.
- Mantero, S., Baldasseroni, A., Chellini, E., Giovanetti, L., 2005. Fatal occupational accidents: updating of data from a mortality register. *La Medicina del lavoro* 96 (3), 238–242.
- Marsh, S., Fosbroke, D., 2015. Trends of occupational fatalities involving machines, United States, 1992–2010. *Am. J. Ind. Med.* 58 (11), 1160–1173. <https://doi.org/10.1002/ajim.22532>.
- Marshall, P., Hirmas, A., Singer, M., 2018. Heinrich's pyramid and occupational safety: a statistical validation methodology. *Saf. Sci.* 101, 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.09.005>.
- Mason, K., Retzer, K., Hill, R., Lincoln, J., 2015. Occupational fatalities during the oil and gas boom—United States, 2003–2013. *MMWR - Morb. Mortal. Wkly Rep.* 64 (20), 551–554.
- Mason, K., Retzer, K., Hill, R., Lincoln, J., 2017. Occupational fatalities resulting from falls in the oil and gas extraction industry, United States, 2005–2014. *Morb. Mortal. Wkly Rep. (MMWR)* 66 (16), 417–421. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6616a2>.
- McGreevy, K., Lefkowitz, D., Valiante, D., Lipsitz, S., 2010. Utilizing hospital discharge data (HD) to compare fatal and non-fatal work-related injuries among Hispanic workers in New Jersey. *Am. J. Ind. Med.* 53 (2), 146–152. <https://doi.org/10.1002/ajim.20746>.
- Mekkkodathil, A., El-Menyar, A., Al-Thani, H., 2016. Occupational injuries in workers from different ethnicities. *Int. J. Crit. Illness Injury Sci.* 6 (1), 25–32.
- Mendeloff, J., Staetsky, L., 2014. Occupational fatality risks in the United States and the United Kingdom. *Am. J. Ind. Med.* 57 (1), 04–14. <https://doi.org/10.1002/ajim.22258>.
- Menéndez, C., Socias-Morales, C., Daus, M., 2017. Work-related violent deaths in the US taxi and limousine industry 2003 to 2013: disparities within a high-risk working population. *J. Occup. Environ. Med.* 59 (8), 768–774. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000001071>.
- Meschial, W., Hungaro, A., Alves, B., Silva, L., Santana, C., Oliveira, M., 2017. Chemical burn in work environment: fatal case report. *J. Nurs. UFPE online* 11 (6), 2466–2472. <https://doi.org/10.5205/reuol.10827-96111-1-ED.1106201727>.
- Mora, A., Mora-Mora, M., Partanen, T., Wesseling, C., 2011. Registration of fatal occupational injuries in Costa Rica, 2005–2006. *Int. J. Occup. Environ. Health* 17 (3), 243–250. <https://doi.org/10.1179/107735211799041913>.
- Nang, R., Monahan, F., Diehl, G., French, D., 2015. A qualitative content analysis of global health engagements in peacekeeping and stability operations institute's stability operations lessons learned and information management system. *Mil. Med.* 180 (4), 409–418. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-14-00387>.
- Newman, K., Leon, J., Newman, L., 2015. Estimating occupational illness, injury, and mortality in food production in the United States a farm-to-table analysis. *JOEM - J. Occup. Environ. Med.* 57 (7), 718–725. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000476>.
- O'Connor, M., Lincoln, J., Conway, G., 2011. Occupational aviation fatalities-Alaska, 2000–2010. *Morb. Mortal. Wkly Rep.* 60 (25), 837–840.
- Pessina, D., Facchinetti, D., 2017. A survey on fatal accidents for overturning of agricultural tractors in Italy. *Chem. Eng. Trans.* 58, 79–84. <https://doi.org/10.3303/CET1758014>.
- Pira, E., Coggiola, M., Ciocan, C., Romano, C., La Vecchia, C., Pelucchi, C., Boffetta, P., 2017. Mortality of Talc Miners and Millers From Val Chisone Northern Italy. *J. Occup. Environ. Med.* 59 (7), 659–664. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000992>.
- Rae, A., Provan, D., 2019. Safety work versus the safety of work. *Saf. Sci.* 111, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.001>.
- Ratinaud, P., 2009. IRAMUTEQ : Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires. <http://www.iramuteq.org>.
- Richardson, D., Loomis, D., Bena, J., Bailer, A., 2004. Fatal occupational injury rates in southern and non-southern States, by race and Hispanic ethnicity. *Am. J. Public Health* 94 (10), 1711–1716. <https://doi.org/10.2195/ajph.2004.094101711>.

- Health 94 (10), 1756–1761 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1448530/pdf/0941756.pdf>.
- Roberts, S.E., 2004. Occupational mortality in British commercial fishing, 1976–95. *Occup. Environ. Med.* 61, 16–23.
- Roberts, S., Marlow, P., 2005. Traumatic work related mortality among seafarers employed in British merchant shipping, 1976–2002. *Occup. Environ. Med.* 62 (3), 172–180. <https://doi.org/10.1136/oem.2003.012377>.
- Roberts, S., Nielsen, D., Kotłowski, A., Jaremin, B., 2014. Fatal accidents and injuries among merchant seafarers worldwide. *Occup. Med.* 64 (4), 259–266. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqu017>.
- Shalini, R., 2009. Economic cost of occupational accidents: evidence from a small island economy. *Saf. Sci.* 47 (7), 973–979. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.10.021>.
- Shao, B., Hu, Z., Liu, Q., Chen, S., He, W., 2019. Fatal accident patterns of building construction activities in China. *Saf. Sci.* 111, 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.019>.
- Strand, L., Martinsen, J., Fadum, E., Borud, E., 2017. External-cause mortality among 21 609 Norwegian male military peacekeepers deployed to Lebanon between 1978 and 1998. *Occup. Environ. Med.* 1–5. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-104170>.
- Tiesman, H., Hendricks, S., Bell, J., Amandus, H., 2010. Eleven years of occupational mortality in law enforcement: the census of fatal occupational injuries, 1992–2002. *Am. J. Ind. Med.* 53 (9), 940–949. <https://doi.org/10.1002/ajim.20863>.
- Tiesman, H., Konda, S., Bell, J., 2011. The epidemiology of fatal occupational traumatic brain injury in the U.S. *Am. J. Prev. Med.* 41 (1), 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2011.03.007>.
- Van der Ploeg, H., Møller, S., Hannerz, H., Van der Beek, A., Holtermann, A., 2015. Temporal changes in occupational sitting time in the Danish workforce and associations with all-cause mortality: results from the Danish work environment cohort study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Activity* 12 (1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0233-1>.
- Vizeu Camargo, B., Justo, A., 2013. IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em psicologia* 21 (2).
- Winge, S., Eirik, A., Mostue, B., 2019. Causal factors and connections in construction accidents. *Saf. Sci.* 112, 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.015>.
- Zhangtao, 2010. Analysis on occupational-related safety fatal accident reports of China, 2001–2008. *Safety Sci.* 48, 640–642. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.01.013>.

5 ARTIGO 2 – OS MODELOS β ARMA SÃO MAIS EFICIENTES DO QUE OS MODELOS ARIMA PARA PREVER AS TAXAS DE ÓBITO POR ACIDENTE DE TRABALHO NA REGIÃO SUL DO BRASIL?

RESUMO

As taxas de acidentes de trabalho fatais são exploradas a fim de mensurar a exposição dos operários aos riscos inerentes à atividade econômica, possibilitando acompanhar as oscilações e a tendência histórica dos acidentes fatais relacionados ao trabalho, bem como os impactos nas organizações e na sociedade. Considerando a relevância do tema, este estudo tem o propósito de utilizar a metodologia ARIMA e β ARMA para modelar as séries de dados referentes às taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho, comparar os modelos de previsão ajustados e identificar o melhor modelo preditivo por região, do Sul do Brasil. As taxas dos acidentes fatais relacionados ao trabalho foram obtidas do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), por meio dos óbitos registrados no Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), estratificando-os por estado da região Sul do Brasil, ou seja Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS). De posse dessas informações foi realizada uma análise descritiva demonstrando as características de vulnerabilidade das vítimas, comparando-as entre os três estados. Ainda, foram modeladas três séries temporais utilizando as metodologias Box-Jenkins ou ARIMA e β ARMA, considerando observações mensais no período de 2000 a 2016. Por fim, ficou evidente que houve um aumento da participação feminina no mercado de trabalho, mas o número de mortes por acidentes ocupacionais não aumentou na mesma proporção. Enquanto que, o estado do Paraná destacou-se por possuir o maior índice de mortalidade por acidente de trabalho. Observou-se um melhor desempenho no ajuste do modelo β ARMA, no horizonte de tempo de 6 meses, utilizando as medidas de acurácia MAE, MAPE e RMSE, a análise dos resíduos e os critérios penalizadores AIC e BIC para avaliar a qualidade dos modelos e selecionar o modelo de previsão mais acurado.

Palavras-chave: acidentes ocupacionais fatais; mortalidade relacionada ao trabalho; ARIMA; β ARMA; distribuição Beta; previsão; séries temporais.

1 Introdução

Realizar previsões é uma tarefa difícil, principalmente nas economias emergentes, pois elas estão sujeitas a mudanças estruturais mais frequentes do que as economias desenvolvidas (AYE et al., 2015). Este estudo é o primeiro a examinar a capacidade de predição da metodologia ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average ou processo autorregressivo integrado de média móvel) em comparação com a metodologia β ARMA (Beta Auto Regressive Moving Average ou Beta autorregressivo de médias móveis) para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho na região Sul do Brasil.

Modelos de séries temporais se mostraram essenciais para a previsão das taxas de mortalidade. Abreu, Sousa e Mathias (2018) utilizaram o modelo de regressão linear segmentado para séries temporais na análise da mortalidade por acidentes de trânsito no Estado do Paraná. Diferentes métodos de séries temporais também foram utilizados no estudo de Shang e Hyndman (2017) para a previsão das

taxas de mortalidade por idade específica no Japão, no período de 1975 a 2013. Enquanto que Ritchey e Nicholson-Crotty (2011) utilizaram séries temporais com dados de painel e cortes transversal para a análise da relação entre os limites legais de velocidade e as mortes no trânsito entre os anos de 1990-2006 em estados americanos.

Em âmbito nacional, nos últimos cinco anos registraram-se em média 710 mil acidentes de trabalho anualmente, que resultaram em 15 mil casos de invalidez e 2.810 mortes relacionadas ao trabalho por ano (PORTAL BRASIL, 2017). No tocante aos acidentes de trabalho ocorridos mundialmente, o Brasil é o quarto país do mundo com mais registros de acidentes ocupacionais, atrás apenas da China, Índia e Indonésia, sendo que os setores econômicos com maior número de acidentes ocupacionais são a construção civil e o de serviços (SOUZA, 2017). Porém, o cenário profissional vem sendo remodelado com o passar dos anos, contando, principalmente, com o aumento da participação feminina no mercado de trabalho enquanto que o número de mulheres vítimas de acidentes laborais fatais se manteve instável.

O número de mortes por acidentes e doenças ocupacionais no mundo diminuiu de 2,03 milhões por ano em 2001 para 1,95 milhões em 2003, mas voltou a crescer para 2,3 milhões em 2013 (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2009; MEKKODATHIL, EL MENYAR e AL THANI, 2016). Considerando uma população de 3,3 bilhões de trabalhadores, há uma incidência de 71 a cada 100.000 trabalhadores (MEKKODATHIL, EL MENYAR e AL THANI, 2016). Para a International Labour Organization (ILO), a morte relacionada ao trabalho é aquela que ocorre dentro do período de um ano após a data do acidente (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2016).

Levando em conta que os acidentes de trabalho são evitáveis e causam impacto significativo na sociedade e na economia, prever as futuras taxas de mortalidades ligadas aos acidentes trabalhistas ajudam a revelar a seriedade do problema que estas representam. Portanto, visa-se a responder, neste estudo, o seguinte questionamento: qual a metodologia apropriada para estabelecer o melhor modelo de previsão das taxas de mortalidade relacionada ao trabalho nos estados da região Sul do Brasil?

Nesse contexto, tem-se como propósito utilizar a metodologia ARIMA e β ARMA para modelar as séries de dados referentes às taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho, comparar os modelos de previsão ajustados e identificar o melhor modelo preditivo por região do Sul do Brasil.

2 Acidentes Fatais Relacionados ao Trabalho em Âmbito Nacional e Internacional

O Ministério da Previdência Social (MPS) orienta no sentido de que os acidentes de trabalho são descritos e regulamentados pela lei federal Nº 8.213, de 24 de julho de 1991 como o acidente que “ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho” (BRASIL, 1991).

Enquanto que, para a ILO (2016) os acidentes ocupacionais são ocorrências inesperadas, não planejadas, que incluem atos de violência decorrentes da atividade profissional exercida, resultando em doenças, lesões ou mortes de um ou mais profissionais no ambiente de trabalho. As lesões sofridas no trabalho, ou até mesmo

a morte decorrente de acidente ou violência não deve ser confundida com as doenças ocupacionais, que são aquelas contraídas ao longo do tempo, devido a exposições ou fatores de riscos decorrentes da atividade profissional (LAURENTI e MELLO JORGE, 2015).

Esclarecimentos relacionados à situação de saúde do trabalhador brasileiro podem ser acompanhados por meio da consulta em alguns órgãos oficiais de registro como: o Departamento de Informática do SUS (DATASUS), que utiliza a fonte do Ministério da Previdência Social (MPS) (ALMEIDA, MORRONE e RIBEIRO, 2014), o Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN) (GALDINO, SANTANA e FERRITE, 2012), a Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), o Sistema de Informação em Mortalidade (SIM), as Declarações de Óbito (DO), entre outras (CORREA e ASSUNÇÃO, 2003; BORDONI et al., 2016; DRUMOND e SILVA, 2013)

Internacionalmente, os acidentes de trabalho são regulamentados pela ILO (1998), instituição responsável pela elaboração e aplicação das normas que regem as relações de trabalho internacional, além do desenvolvimento de recomendações e convenções. A ILO trabalha em parceria com a ONU (Organização das Nações Unidas), promovendo o respeito às leis e direitos trabalhistas e aos direitos humanos, além do desenvolvimento econômico e promoção da paz mundial (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2013).

A ILO classifica os acidentes relacionados ao trabalho como fatais, quando resultam em morte no período de um ano após a ocorrência do acidente ocupacional, e não fatais quando ocorre o afastamento do trabalhador. O período de afastamento pode ser temporário, quando o profissional não possui condições físicas momentâneas para exercer suas atividades, retornando apenas quando suas condições de saúde permitirem. Em casos de afastamento definitivo, os profissionais jamais assumirão suas antigas responsabilidades ocupacionais, ou seja, não poderão desempenhar as funções exigidas pelo antigo cargo de trabalho (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2016).

Vale ressaltar que as recomendações e esforços devem ser concentrados primeiramente na aplicação das boas práticas de trabalho e na prevenção dos acidentes ocupacionais (LUCAS et al., 2018; GONCALVES FILHO e WATERSON, 2018), uma vez que estes acidentes indicam números expressivos de mortalidade, caracterizando-se como um problema de saúde pública mundial. Isto é agravado pelo fato de envolverem, em sua maioria, pessoas jovens em início de atividade profissional, conduzindo-as a limitações e incapacidades físicas ou até mesmo à morte, gerando grandes repercussões sociais e econômicas (ALMEIDA, MORRONE e RIBEIRO, 2014).

A prevenção dos acidentes relacionados ao trabalho é o principal objetivo da apuração das estatísticas (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 1998). Estas informações são utilizadas para: identificar a função, a atividade econômica onde o acidente ou o óbito ocorreu, definir prioridade em ações preventivas, monitorar ocorrências de acidentes ocupacionais e identificar áreas de risco, manter os trabalhadores cientes dos riscos presentes no ambiente de trabalho, avaliar a eficácia das medidas de prevenção adotadas, medir as consequências dos acidentes ocupacionais considerando os dias não trabalhados ou os custos, promover políticas de prevenção de acidentes ocupacionais e colaborar com a expansão de programas de prevenção, além de promover treinamento aos trabalhadores (PIRA et al., 2017; GONCALVES FILHO e WATERSON, 2018; RAE e PROVAN, 2019).

Devido aos impactos advindos dos acidentes de trabalho fatais, busca-se investigar, sobretudo, as causas que levaram à ocorrência do acidente ou do óbito

relacionado ao trabalho (PIRA et al., 2017). A ILO busca identificar, em um primeiro momento, a relação causal existente entre o ambiente de trabalho e uma doença ocupacional ou, em casos mais extremos, a ocorrência do óbito (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2013). Posteriormente, investiga-se a frequência com que ocorreram os acidentes ou óbitos em trabalhadores expostos ao risco, comparando estas estatísticas com o restante da população e identificando os casos em que a frequência é maior que a média de morbidade da população. O ambiente de trabalho pode ser identificado como um fator de risco quando houver um aumento significativo no número de acidentes ou mortes em determinada atividade econômica (LEE et al., 2016).

As causas que levam ao óbito no ambiente de trabalho estão diretamente associadas ao risco inerente ao processo produtivo, além de outros fatores mencionados pela Organização Internacional do Trabalho como: inspeções escassas, recursos físicos e financeiros limitados, baixa qualidade e infraestrutura dos equipamentos, instalações precárias, máquinas com tecnologia obsoleta, falta de coleta sistemática de dados sobre acidentes de trabalho, quantidade insuficiente de profissionais da segurança do trabalho, entre outros tópicos que não contribuem para a prevenção de riscos no cenário produtivo (HOFERLIN, 2005; LAURENTI e MELLO JORGE, 2015; RAE e PROVAN, 2019).

No Brasil, as lesões relacionadas ao trabalho representam 25% dos agravos por causas externas atendidos em serviços de emergências e cerca de 70% dos benefícios acidentários pagos pela Previdência Social (GALDINO, SANTANA e FERRITE, 2012). Ao relacionar os acidentes de trabalho com o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, os indicadores apontam que cerca de 4% (ou R\$ 32 bilhões) são gastos com doenças e agravos ocupacionais. Além disso, há prejuízos significativos representados pelo absenteísmo. Os dias perdidos devido aos acidentes ocupacionais elevam os custos da mão de obra no país, encarecendo assim a produção e reduzindo a competitividade do Brasil frente ao mercado externo (ALMEIDA, MORRONE e RIBEIRO, 2014).

O ramo de atividade com o maior número de óbitos causados por acidente trabalhista no Brasil ainda é o setor da construção civil como ilustrou Mendes (1988), corroborado pelos estudos de Gomez e Machado (1994), Santana, Nobre e Waldvolgel (2005) e Souza (2017). As lesões na cabeça são as principais responsáveis pela mortalidade decorrente de acidentes de trânsito e quedas (GOMEZ e MACHADO, 1994) e o traumatismo craniano é a natureza da lesão mais frequente (MIRANDA et al., 2012).

Os acidentes ocupacionais impõem um custo alto para a saúde pública e a Previdência Social (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017). Segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social de 2017, cerca de 0,5% de todas as despesas do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) foram destinadas ao pagamento de benefícios relacionados aos acidentes de trabalho (despesas médicas, tratamento, afastamento do trabalho acima de 15 dias e reabilitação) o que representa um montante de R\$ 325 milhões (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2017).

A busca pela compreensão das causas que levam ao óbito procura entender também a relação existente entre a violência e alguns fatores socioeconômicos, políticos e culturais que contribuíram para o aumento dos registros de acidentes fatais devido a causas externas (BARROS, XIMENES e LIMA, 2001; MENÉNDEZ, SOCIAS-MORALES e DAUS, 2017).

Os acidentes de trabalho são evitáveis e causam impacto significativo sobre a produtividade e a economia, além dos incalculáveis impactos sociais ligados à

desestruturação familiar (SANTANA et al., 2007). De acordo com as informações da ILO, ocorrem cerca de 300 milhões de acidentes e 2,3 milhões de óbitos relacionados ao trabalho por ano no mundo. Considerando que estes óbitos podem ser evitados, estes números indicam negligência e injustiça social (AGÊNCIA BRASIL, 2017).

As informações levantadas acerca dos acidentes ocupacionais fatais e não fatais são de extrema importância frente ao planejamento de ações preventivas (INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, 2016). Os indicadores analisados irão apontar as áreas em que a atenção deve ser redobrada, mas para isso, recomenda-se que estas estatísticas sejam analisadas levando em consideração informações estratificadas por sexo, ocupação ou atividade econômica. Deste modo torna-se possível inspecionar as atividades que apresentam elevado grau de risco e desenvolver regulamentos específicos ou cursos para estas atividades, uma vez que intervenções adicionais poderiam salvar vidas (MASON et al., 2017; LUCAS et al., 2018; GONCALVES FILHO e WATERSON, 2018).

A seguir serão apresentadas as metodologias ARIMA e β ARMA empregadas no estudo em busca do melhor modelo preditivo para as taxas de mortalidade relacionadas ao trabalho para os estados da região Sul do Brasil.

3 Materiais e métodos

Esta fase da pesquisa consiste na elaboração do plano de trabalho que este estudo abrange, visando atingir os objetivos propostos e responder o problema da pesquisa. Foi realizada uma análise descritiva, por estado, das taxas de mortalidade por acidente de trabalho, estratificando por: causas de óbito, partes do corpo atingida, ramos de atividade, sexo e idade, identificando as principais características de vulnerabilidade.

Quanto à análise das séries temporais, foram utilizados os registros mensais relacionados às taxas de mortalidade por acidente de trabalho, disponíveis no site do DATASUS – Departamento de Informática do SUS (<http://datasus.saude.gov.br/>), referente a janeiro de 2000 a junho de 2016, para o ajuste, e de julho a dezembro de 2016, para avaliação da qualidade dos modelos.

Foi realizada a modelagem ARIMA, seguindo os passos metodológicos propostos por Box-Jenkins (1976) e a modelagem β ARMA desenvolvida por Rocha e Cribari-Neto (2009) com a utilização de implementações propostas por Palm e Bayer (2018) em busca do modelo de previsão mais eficiente.

A metodologia proposta foi implementada via linguagem de programação livre R (R CORE TEAM, 2017), o que contemplou o desenvolvimento das rotinas, a elaboração da documentação técnica, os experimentos numéricos e análises estatísticas e gráficas. A linguagem R é amplamente utilizada no desenvolvimento de pesquisas científica por viabilizar a reprodutibilidade metodológica (GANDRUD, 2016).

3.1 METODOLOGIA DE BOX-JENKINS

O método proposto por Box-Jenkins (1976) é utilizado com maior ênfase na realização de previsão em séries temporais, o qual também é conhecido como metodologia ARIMA. Este método supõe normalidade e destaca a análise das propriedades da própria série temporal, em que o Y_t é explicado pelos valores passados, defasados do próprio Y , o mesmo ocorre para o erro estocástico (GUJARATI e PORTER, 2011).

O modelo ARIMA consiste nas expressões identificadas como a ordem (p) da parte autorregressiva (AR), com modelo ordem de diferenciação (d) e a ordem (q) referente a médias móveis (MA), as quais caracterizam os modelos de Box-Jenkins denotados ARIMA (p, d, q) (JERE, KASENSE e CHILYABANYAMA, 2017). Estes modelos são resultantes da combinação do componente AR, do filtro de Integração (I) e do componente MA, permitindo a modelagem da série por meio dos três componentes ou por meio de um subconjunto deles, resultando assim em outros modelos (MORETTIN e TOLOI, 2006).

Para Gujarati e Porter (2011) um modelo AR(p) é expresso pela Equação (1):

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \tilde{Z}_{t-1} + \phi_2 \tilde{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \tilde{Z}_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Enquanto que o modelo MA(q) é dado pela Equação (2):

$$\tilde{Z}_t = \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (2)$$

logo: $\tilde{Z}_t = Z_t - \mu$

O parâmetro θ_1 explica a relação de \tilde{Z}_t com o ε_{t-1} , considerando $i = 1, 2, \dots, q$.

A sazonalidade é outra característica que pode ser adicionada aos modelos ARIMA e representa os picos que se repetem anualmente na série temporal (MONTGOMERY, JENNINGS e KULAHCI, 2015). Os modelos com componentes sazonais são denominados ARIMA sazonal ou SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) e são denotados como SARIMA (p, d, q)(P, D, Q) $_s$ sendo que o "s" representa a ordem da sazonalidade (MORETTIN e TOLOI, 2006). O modelo SARIMA genérico é expresso pela equação (3)

$$(1 - \phi_p B^p)(1 - \phi_q B^q)(1 - B^d)(1 - B^D)y_t = (1 - \theta_q B^q)(1 - \theta_Q B^Q)\varepsilon_t \quad (3)$$

Em que a primeira parte da equação representa a parte autorregressiva do modelo, sendo os parâmetros autorregressivos p , os parâmetros sazonais autorregressivos P , e as diferenças d , enquanto que as diferenças sazonais são representadas por D com período correspondente a s . A segunda parte da equação (3) indica, respectivamente, os componentes de médias móveis com ordem q e os parâmetros sazonais de médias móveis Q com s períodos (MAKRIDAKIS, WHEELWRIGHT e HYNDMAN., 2008).

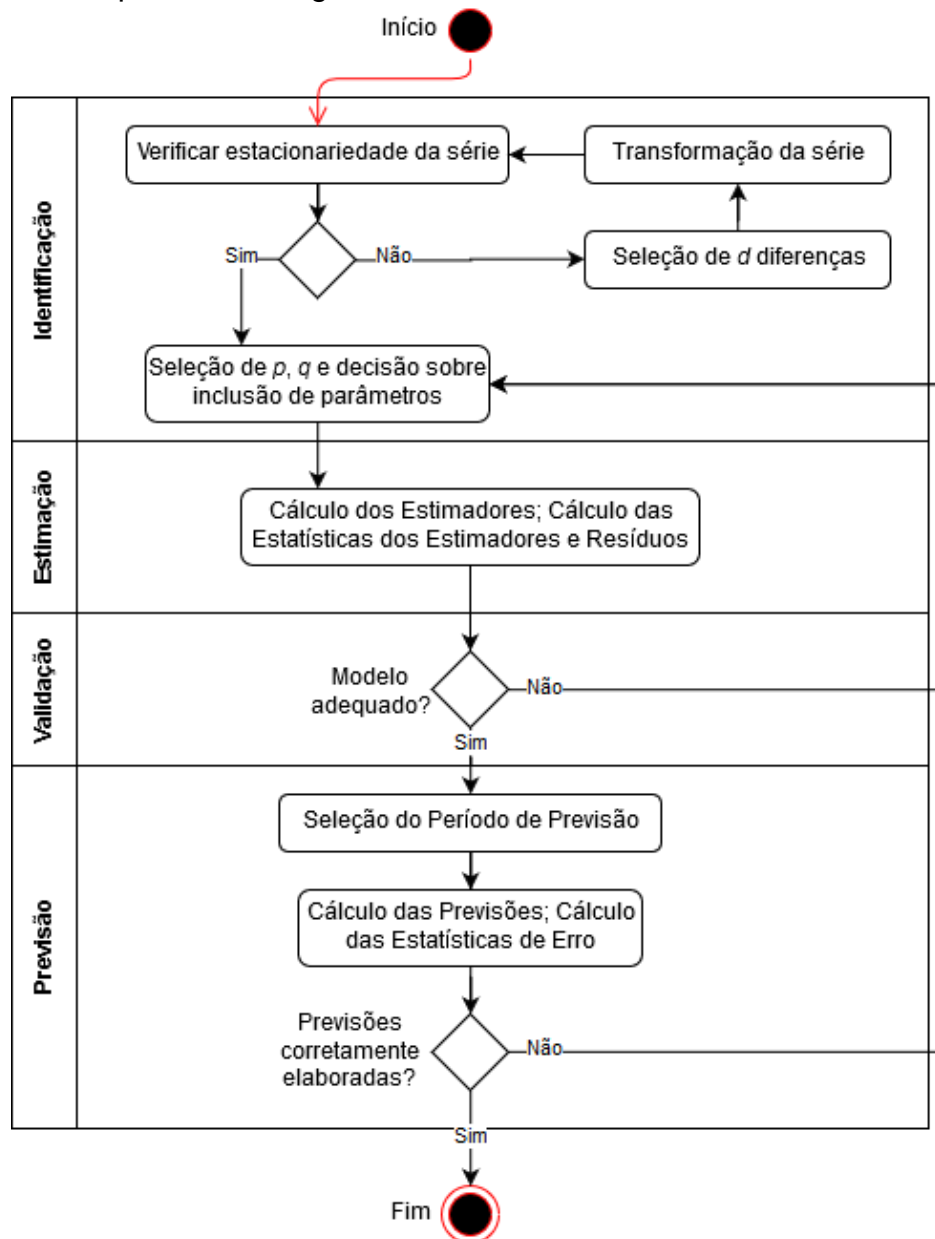
Contudo, para a utilização da metodologia ARIMA, primeiramente, é preciso garantir que haja significância dos parâmetros estimados ao longo do tempo, para isso, é necessário atender ao pressuposto básico da estacionariedade da série temporal (MONTGOMERY, JENNINGS e KULAHCI, 2015).

A série temporal é estacionária quando se desenvolve, ao longo do tempo um certo equilíbrio em torno da média, ou seja, as leis de probabilidade não mudam no processo, se mantendo constantes (SOUZA, 2016). Quando a série temporal não apresentar tal comportamento, podem ser aplicadas transformações, sendo que a ordem de integração (I) considerada, corresponde ao número de diferenças necessárias para converter a série não estacionária em estacionária (FAVA, 2000).

O método proposto por Box-Jenkins representa um ciclo iterativo que indica o modelo predictor mais eficiente levando em conta as características de autocorrelação presentes em cada série temporal analisada (BOX e JENKINS, 1976; AZEVEDO e CAMPOS, 2016).

Na Figura 1 apresentam-se as etapas metodológicas do processo de modelagem proposto por Box-Jenkins (1976).

Figura 1 – Etapas metodológicas da técnica de Box-Jenkins



Fonte: adaptado de Pereira e Requeijo (2008)

Na primeira etapa, ao aplicar o modelo de Box-Jenkins a uma série de dados é preciso determinar quais os filtros AR, I e MA, compõe o processo gerador da série e quais são suas respectivas ordens. Esta escolha se dá por meio da condição de estacionariedade da série temporal. Realizada a verificação da estacionariedade e aplicada as devidas diferenciações, quando necessário, parte-se para a etapa de

escolha do melhor modelo predictor, baseando-se na análise da Função de Autocorrelação (FAC) e Função de Autocorrelação Parcial (FACP).

Posteriormente à etapa de identificação dos filtros (p, d, q) que representam a série temporal realiza-se a estimação dos parâmetros " p " e " q ". Tal estimação pode ser realizada por meio do método da maximização da Função de Verossimilhança condicional ou ainda, por meio da técnica dos Mínimos Quadrados Ordinários (BUENO, 2008; FAVA, 2000). É relevante destacar que na etapa de estimação dos parâmetros o modelo escolhido seja o mais parcimonioso possível (BOX e JENKINS, 1976). Para auxiliar na decisão do número de parâmetros que devem ser introduzidos ao modelo, utiliza-se o critério informacional de Akaike – AIC (AKAIKE, 1973) e o critério informacional Bayesiano – BIC (SCHWARZ, 1978)

Os critérios AIC e BIC são denominados critérios penalizadores pois consideram o número de parâmetros do modelo, como também a variância dos erros gerados, sendo que quanto menores os valores de AIC e BIC mais adequado é o modelo ajustado (MORETTIN, 2011; AZEVEDO e CAMPOS, 2016). Tais critérios indicam a adequabilidade do modelo e foram considerados neste estudo para determinar, entre os modelos propostos aqueles que possuem o melhor desempenho.

Após a etapa de identificação dos modelos e estimação dos parâmetros, tem-se a validação que procura avaliar se o modelo ajustado é capaz de descrever o comportamento dos valores da série temporal analisada. No entendimento de Bueno (2008), os erros encontrados no modelo ajustado devem atender aos pressupostos de ruído branco, ou seja, média zero, independência e variância constante.

Ainda, considerou-se critérios alternativos para identificar o melhor ajuste entre os modelos concorrentes. Nesse sentido, as medidas de acurácia mais utilizadas são: MAE (Mean Absolute Error - erro médio absoluto), MAPE (Mean Absolute Percentage Error - erro percentual médio absoluto), além do RMSE (Root-Mean-Square Error - Raiz quadrada do erro-médio).

Por fim, tem-se a previsão da série temporal, última etapa da metodologia proposta por Box-Jenkins (1976) que consiste em realizar previsões in-sample, calcular as estatísticas MAE, MAPE e RMSE para futuros valores da série, utilizando-se os modelos escolhidos.

Além do método de previsão proposto por Box-Jenkins foi utilizada a metodologia β ARMA em busca do modelo de previsão mais eficaz para a modelagem das séries correspondentes às taxas de mortalidade por acidente de trabalho nos estados da região Sul do Brasil.

3.2 METODOLOGIA β ARMA

A modelagem de dados distribuídos em um intervalo limitado segue, principalmente, duas abordagens: aplicar transformações nos dados para obter uma linha temporal e usar um dos modelos tradicionais de análise; ou modelar diretamente os dados originais (CASARIN, DALLA VALLE e LEISEN, 2012). Essa segunda abordagem foi aprimorada por McKenzie (1985), com a introdução de um novo processo beta autorregressivo para séries temporais no intervalo unitário (0,1). Uma contribuição mais recente é apresentada por Ferrari e Cribari-Neto (2004) e Rocha e Cribari-Neto (2009), com modelos beta autorregressivos e a metodologia β ARMA, respectivamente.

Essa metodologia baseia-se na distribuição beta (β), que é utilizada para modelar variáveis aleatórias de interesse distribuídas em um intervalo delimitado por dois valores escalares conhecidos a e b , onde $a < b$. Os escalares a e b , geralmente

assumem, respectivamente, os valores 0 e 1, casos de modelagem de percentuais e taxas, por exemplo (GUPTA e NADARAJAH, 2004; PALM, BAYER e CINTRA, 2016). A função densidade de probabilidade da distribuição beta é dada pela equação (4), onde $r > 0$, $s > 0$, e $\Gamma(\cdot)$ é a função gama.

$$f(y; r, s) = \frac{\Gamma(r + s)}{\Gamma(r)\Gamma(s)} y^{r-1}(1 - y)^{s-1}, \quad 0 < y < 1, \quad (4)$$

A média \mathbb{E} e a variância var de y são dadas pelas equações (5)(20).

$$\mathbb{E}(y) = \frac{r}{r + s} \quad var(y) = \frac{rs}{(r + s)^2(r + s + 1)} \quad (5)$$

Os modelos de regressão utilizados para analisar dados relacionados a outras variáveis, em geral, não são apropriados para avaliar situações em que a resposta está restrita ao intervalo unitário (0, 1), uma vez que eles podem gerar valores para a variável de interesse que excedem os limites inferiores e superiores, portanto, Ferrari e Cribari-Neto (2004) propõem em seu trabalho um modelo de regressão para variáveis aleatórias cujo retorno é uma distribuição beta, a fim de atender essas situações em que a variável dependente (y) está contida no intervalo unitário, ou seja, $0 < y < 1$.

O modelo beta autorregressivo de médias móveis (β ARMA), proposto por Rocha e Cribari-Neto (2009), parte do trabalho de Ferrari e Cribari-Neto (2004) para buscar a padronização de um modelo para séries temporais voltadas a taxas e proporções. O modelo β ARMA, assim como os modelos ARIMA, pressupõe a estacionariedade dos dados analisados (MARTINS JÚNIOR, 2014). Porém, a série de interesse pode apresentar alguns picos típicos que retratam a ausência de estacionariedade, sendo que, nestes casos, ainda é considerado viável a utilização deste modelo mediante a aplicação de diferenças na série (ROCHA e CRIBARI-NETO, 2009).

Este modelo é largamente utilizado devido ao fato de que a função densidade de probabilidade pode ser crescente ou decrescente e unimodal, lembrando que sua utilização compreende os casos em que o resultado é restrito ao intervalo que compreende a e b , ou seja, $a < b$. Assim, aceita-se a transformação de $(y - a)/(b - a)$, para modelar a variável y_t em um intervalo unitário padrão. Neste caso, tem-se a densidade condicionada de y_t considerando F_{t-1} , expressa pela equação (6).

$$f(y_t|F_{t-1}) = \frac{\Gamma(\phi)}{\Gamma(\mu_t \phi)\Gamma((1 - \mu_t) \phi)} y_t^{\mu_t \phi - 1} (1 - y_t)^{(1 - \mu_t) \phi - 1}, \quad 0 < y_t < 1, \quad (6)$$

$$\text{Logo, } \mathbb{E}(y) = \mu \text{ e } var(y) = \frac{V(\mu)}{1 + \phi}$$

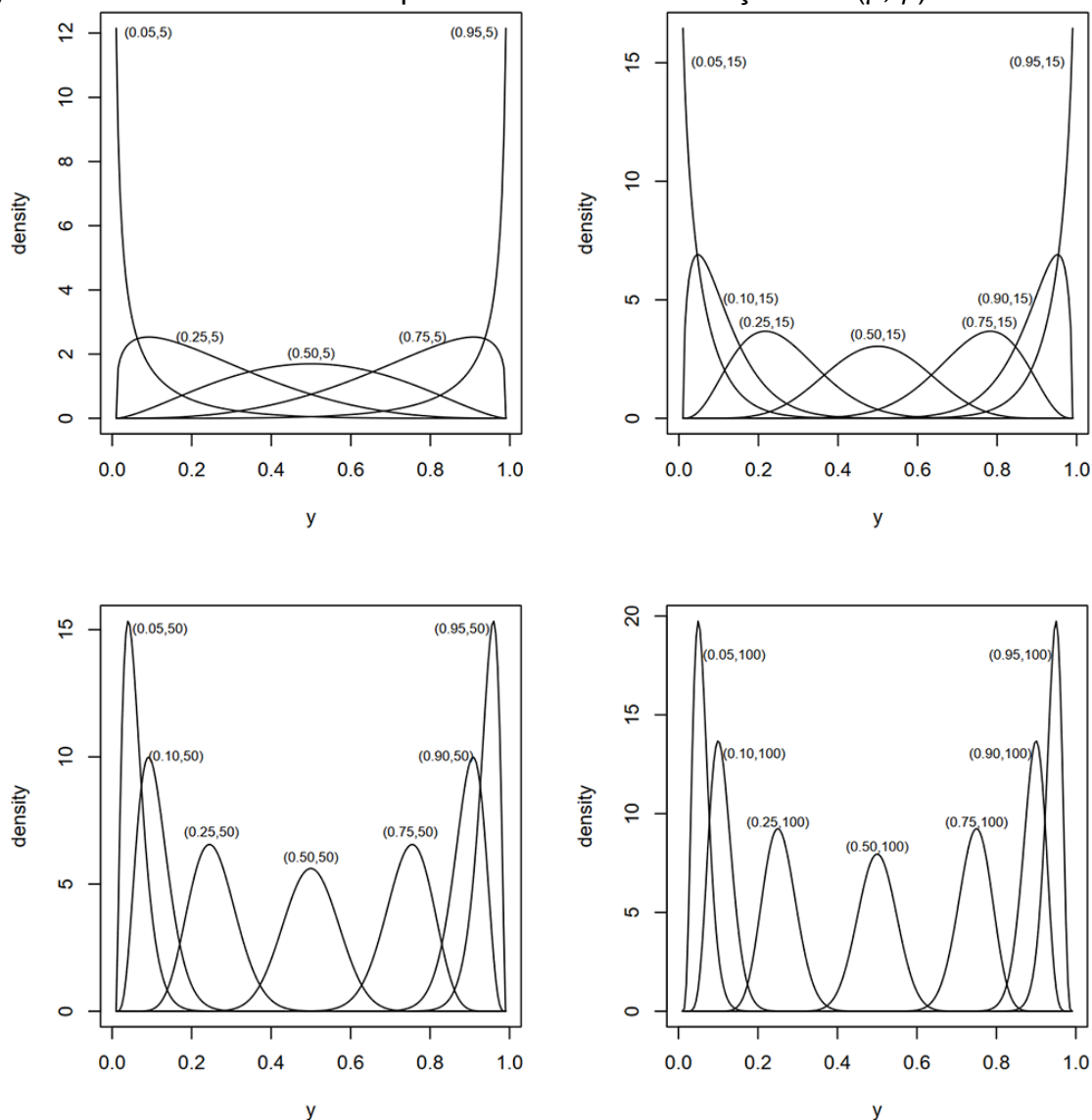
Neste caso, F_{t-1} é a menor σ -álgebra em que as variáveis y_1, y_2, \dots, y_{t-1} são mensuráveis, seguindo distribuição Beta (μ_t, ϕ) e $V(\mu) = \mu(1 + \mu)$ é considerada uma função de variância em que μ representa a média e ϕ um parâmetro de precisão. Pressupõe-se que quando o parâmetro de μ é fixado, o valor de ϕ é inversamente

proporcional a variância de y . Esta é considerada uma reparametrização da densidade beta original (ROCHA e CRIBARI-NETO, 2009).

Deste modo, tem-se y_t , considerando $t = 1, \dots, n$, o número de ocorrências da variável de interesse y no sentido em que y_t apresenta a densidade explicada pela equação (6) em que a média é dada por μ_t e a precisão constante por ϕ .

A densidade expressa pela equação (6) é bastante flexível para modelar proporções, uma vez que sua curva pode ter formatos diferentes, tais como U, sino ou J (com cauda para a esquerda ou para a direita), dependendo do valor de dois parâmetros (BAYER e BAYER, 2015; PAJHEDE, 2017). Exemplos podem ser visualizadas na Figura 2, juntamente com seus valores de μ e ϕ .

Figura 2 – Densidades de Beta para diferentes combinações de (μ, ϕ)



Fonte: Ferrari e Cribari-Neto (2004)

Rocha e Cribari-Neto (2009) salientam que o modelo $\beta\text{ARMA}(r, s)$, recomendado para modelar a esperança condicional de y , pode ser descrito por meio da equação (7):

$$g(\mu_t) = \alpha + \sum_{i=1}^r \phi_i g(y_{t-i}) + \sum_{j=1}^s \theta_j v_{t-j}, \quad (23)$$

Dado que $\alpha \in \mathfrak{R}$, é considerado constante, ϕ_i são os parâmetros autorregressivos e θ_j os parâmetros de médias móveis, $v_t = y_t - \mu_t$ mede o erro da equação de médias móveis e $g(-)$ é descrito como uma função de ligação, podendo assumir duas diferenças $g: (0,1) \rightarrow \mathbb{R}$, como também ocorre no modelo de regressão beta. Seja nos modelos ARIMA ou nos parâmetros do modelo β ARMA, é relevante esclarecer que ambos são estimados via máxima verossimilhança (ROCHA e CRIBARI-NETO, 2009; BAYER e BAYER, 2015; NIELSEN, 2017).

4 Resultados e Discussões

A caracterização das taxas de acidentes de trabalho fatais, registrados nos estados de Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), está representada nessa seção por meio da análise descritiva, estratificada por sexo, idade, raça/cor, escolaridade e estado civil e com a representação de gráficos das séries originais demonstrando a prevalência de acidentes fatais na região Sul do Brasil.

Na Tabela 1, tem-se a análise descritiva das taxas de mortalidade por acidentes de trabalho por 100.000 trabalhadores na região Sul do Brasil, de 2000 a 2016.

Tabela 1 – Medidas descritivas das taxas de mortalidade por acidentes de trabalho por 100.000 trabalhadores, na região Sul, de 2000 a 2016

Estatística descritiva	Taxas de mortalidade por acidente de trabalho de 2000 a 2016		
	PR	SC	RS
Média	1,154	1,027	0,712
Mediana	1,088	0,959	0,694
Desvio padrão	0,327	0,387	0,205
Coefficiente de Variação (%)	0,283	0,377	0,288
Mínimo	0,505	0,385	0,105
Máximo	2,233	2,206	1,290

Fonte: Elaborado pela autora

O estado com a maior taxa de mortalidade por acidentes de trabalho no período de 2000 a 2016 foi o Paraná (PR). Em número de acidentes ocupacionais fatais, se destaca o mês de março de 2014 com 51 mortes (dentre 3.626.235 empregados, uma taxa de 1,406 óbitos a cada 100.000 trabalhadores). A maior taxa de mortalidade foi registrada no mês de setembro de 2002, com 2,233 óbitos a cada 100.000 trabalhadores (45 óbitos registrados dentre 2.015.160 empregados), destes, 43 (95%) trabalhadores eram do sexo masculino, sendo que 30 (67%) eram casados e 10 (22%) solteiros. A idade dos trabalhadores que morreram está distribuída entre 21 e 80 anos. Quanto à raça ou cor das vítimas, 36 (80%) indivíduos eram brancos, 8 (18%) pardos e 1 (2,2%) negro e 32 (71%) possuía de 1 a 7 anos de estudo.

No estado do Paraná há registro de um acidente de trabalho a cada 14 minutos, sendo que nos últimos seis anos ocorreram 1.286 mortes decorrentes de acidentes

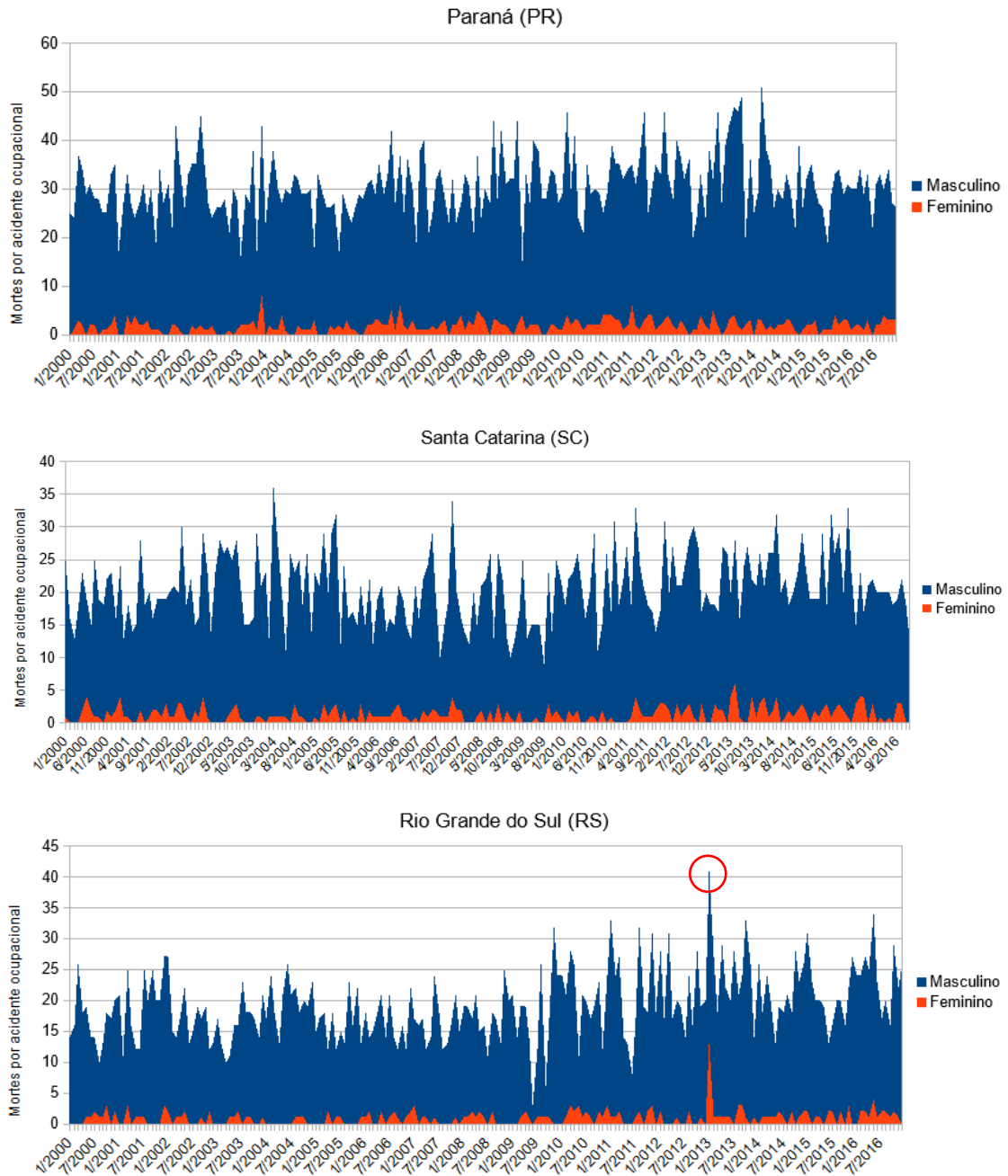
de trabalho, as quedas de trabalho em altura são as principais causas de mortalidade (BEM PARANÁ, 2018; MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2018).

Santa Catarina (SC) foi o segundo estado da região Sul do Brasil com as maiores taxas de mortalidade por acidentes de trabalho, visto que em março de 2004 foram registrados 2,206 óbitos a cada 100.000 trabalhadores (36 óbitos registrados dentre 1.631.759 empregados). Este mês também apresentou o maior número de acidentes ocupacionais fatais, sendo 35 (97%) homens, brancos, com idade entre 18 e 69 anos. Quanto ao estado civil dos trabalhadores, há uma divisão igualitária entre solteiros e casados, assim como a escolaridade dos indivíduos.

No estado do Rio Grande do Sul (RS), em número de acidentes ocupacionais fatais, se destaca o mês de janeiro de 2013 com 41 mortes por acidente ocupacional (dentre 3.465.256 empregados, uma taxa de 1,183 óbitos a cada 100.000 trabalhadores). A maior taxa de mortalidade foi registrada no mês de março de 2000, com 1,289 óbitos a cada 100.000 trabalhadores (26 mortes registradas dentre 2.016.241 empregados), a totalidade das mortes ocorreu entre homens de 14 a 68 anos, sendo que 21 (81%) eram brancos e 16 (62%) eram casados. A escolaridade das vítimas foi ignorada em 16 (62%) casos.

Na análise das medidas descritivas e a caracterização das vítimas de acidentes ocupacionais fatais, vale destacar a variável sexo, visto que apesar do aumento do número de postos de trabalho ocupados por mulheres, o número de mortes não aumentou na mesma proporção. Na Figura 3 ilustra-se a distribuição dos óbitos, de acordo com o sexo, para o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2016.

Figura 3 – Caracterização, por sexo, das vítimas acometidas por acidente de trabalho fatal na região Sul do Brasil para o período de 2000 a 2016



Fonte: Elaborado pela autora

A mudança no cenário profissional vem sendo remodelada com o passar dos anos, contando, principalmente, com o aumento da participação feminina no mercado de trabalho. Este aumento não foi acompanhado do esperado aumento no número de mulheres vítimas de acidentes laborais fatais. Uma explicação possível para esta observação é que a inserção feminina se deu principalmente em atividades mais gerenciais e mentais. As atividades mais pesadas, dependentes de força física e resistência, que são as principais representantes nos acidentes laborais fatais, continuam sendo ocupadas, majoritariamente, por homens (REVISTA PROTEÇÃO, 2014; AZMAT e PETRONGOLO, 2014; AJSLEV et al., 2017).

Na Figura 3 é possível observar a caracterização por sexo das vítimas de acidentes fatais relacionados ao trabalho nos estados analisados para o período de 2000 a 2016. O comportamento dessa variável permaneceu conforme o esperado, visto que os postos de trabalho com maiores riscos são ocupados majoritariamente por trabalhadores do sexo masculino. Porém, é possível perceber um pico de aumento significativo no número de mortes femininas no estado do Rio Grande do Sul no mês janeiro de 2013 (em destaque na Figura 3).

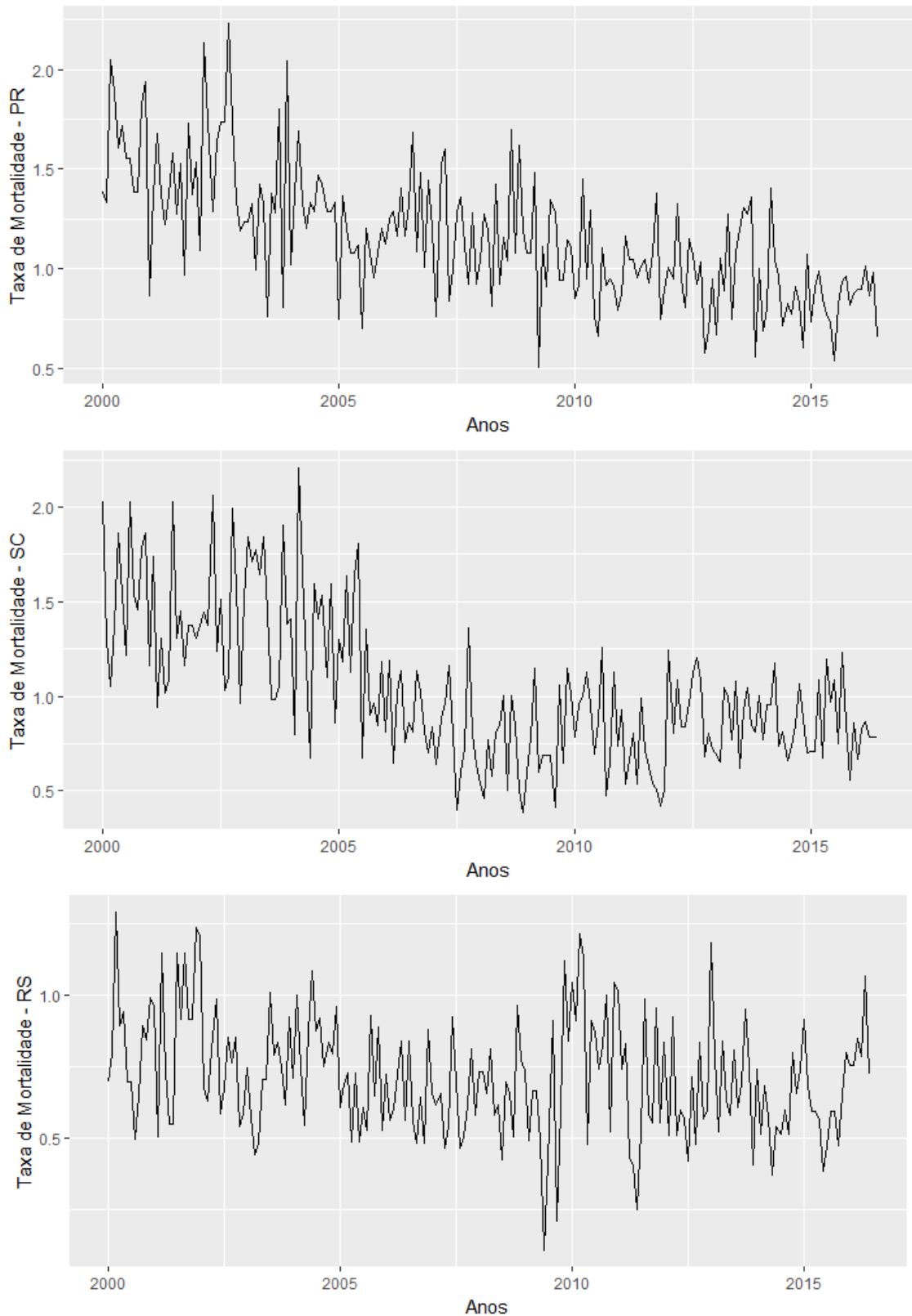
Este aumento se deve ao fato de que neste período ocorreram 41 óbitos por acidentes de trabalho (13 mulheres e 28 homens), sendo que 16 trabalhadores morreram no incêndio da Boate Kiss e destes, 11 eram do sexo feminino. Além disso, em 3 casos o campo “acidente de trabalho” foi ignorado. O acidente na Boate Kiss foi considerado a segunda maior tragédia brasileira, em número de vítimas em um incêndio, pois matou 242 pessoas e deixou 680 com ferimentos e ocorreu em uma discoteca da cidade de Santa Maria no dia 27 de janeiro de 2013 (SUL 21, 2017).

A ILO alerta que os acidentes de trabalho são responsáveis por cerca de 2,3 milhões de mortes e 300 milhões de feridos a cada ano (AGÊNCIA BRASIL, 2017). No Brasil, de 1998 a 2008, foram registrados 3.475.504 acidentes de trabalho. Destaca-se que de 2007 para 2008 houve um aumento de 60,4% dos casos considerados graves (GALDINO, SANTANA e FERRITE, 2012; ALMEIDA, MORRONE e RIBEIRO, 2014).

Para melhor compreensão do comportamento das variáveis, na Figura 4 estão representadas as séries originais das taxas de acidentes ocupacionais a cada 100.000 trabalhadores para os três estados.

Vale ressaltar que a Figura 3 e a Figura 4, respectivamente, diferem devido ao fato de a segunda considerar o número de trabalhadores empregados em cada período, e que, portanto, o pico de mortalidade ocorrido na boate KISS não representa a maior taxa de mortalidade por acidentes de trabalho no RS no período considerado.

Figura 4 – Comportamento das taxas de acidentes ocupacionais fatais a cada 100.000 trabalhadores na região Sul, no período de 2000 a 2016



Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 4 é possível observar o comportamento das taxas de acidentes de trabalho fatais durante os 204 meses considerados. Destaca-se que as séries não

apresentaram evidências de estacionariedade e SC apresentou componentes sazonais de multiplicidade 12 e 24.

Posteriormente à análise gráfica das séries originais, tem-se a consolidação da primeira etapa da metodologia de Box-Jenkins, a análise das funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP). Além disso, realizou-se os testes ADF e KPSS com o intuito de verificar a condição de estacionariedade e identificar os possíveis modelos para a série temporal analisada.

Os valores dos testes de raiz unitária ADF e KPSS, para os três estados, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Principais valores para os testes de raiz unitária ADF e KPSS para a série em nível

Estado	Série em nível		
	ADF*	p-valor	KPSS**
PR	-1,3200	0,1700	3,6713
SC	-1,4218	0,8182	3,2654
RS	-1,1600	0,2250	0,70314

*MacKinnon (1996) **Kwiatkowski et al. (1992)

Nas três séries de acidentes de trabalho fatais a hipótese de existência de raiz unitária não foi rejeitada, visto que ambos os testes convergem seus resultados, desse modo optou-se pela diferença em primeira ordem das séries, tornando-as estacionárias.

Determinar as ordens p e q dos modelos é uma etapa fundamental no ajuste dos modelos de séries temporais ARIMA e β ARMA (PALM, BAYER e CINTRA, 2016). Nessa perspectiva, a seleção do modelo considerou uma busca computacional exaustiva com o intuito de minimizar o AIC (AKAIKE, 1973). O espaço da busca foi restringido aos modelos com ordens menores ou iguais a 6, ou seja, foi considerado $0 \leq p \leq 6$ e $0 \leq q \leq 6$.

A utilização do modelo β ARMA para a previsão das taxas de mortalidade por acidentes de trabalho fatais destacou-se, uma vez que a distribuição Beta é restrita ao intervalo de possíveis valores para as taxas de mortalidade, ou seja, o intervalo (0,1). Assim, valores preditos menores que 0% ou maiores 100% para as taxas de mortalidade não são possíveis de ocorrer. Porém, ao se considerar os tradicionais modelos da classe ARIMA, utilizados para modelagem de taxas, podem ocorrer valores irrealistas da taxa de mortalidade, acima de 100% ou abaixo de 0%, uma vez que o suporte da distribuição normal é toda a reta real (BAYER e BAYER, 2015).

Pelo fato de as taxas de mortalidade a cada 100.000 trabalhadores não estarem restritas a este intervalo unitário, utilizou-se neste estudo a transformação sugerida por Cribari-Neto e Zeileis (2009) a fim de permitir o uso do β ARMA nos dados analisados.

Na sequência, tem-se a Tabela 3 na qual se apresenta a análise de diagnóstico dos modelos ARIMA e β ARMA selecionados para os três estados da região Sul do Brasil.

Tabela 3 – Modelos ARIMA e β ARMA ajustados para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho a cada 100.000 trabalhadores na região Sul do Brasil

Estado	Modelo	Parâmetros	p-valor	AIC	BIC
PR	ARIMA(0,1,1)	$\theta_1 = -0,8985$	< 0,001	31,75	38,32
	β ARMA(6,6)	$\Phi_6 = 0,9189$ $\theta_6 = -0,8711$	0,0000 0,0000	-184,3236	-171,1705
SC	SARIMA(0,1,1) (2,0,0) ₁₂	$\theta_1 = -0,8723$ $\Phi_{12} = -0,0644$ $\Phi_{24} = -0,0206$	< 0,001 0,3897 <i>NS</i> 0,7865 <i>NS</i>	68,93	75,49
	β ARMA(3,3)	$\Phi_3 = 0,8989$ $\theta_3 = -0,7678$	0,0000 0,0000	-136,023	-122,8699
RS	ARIMA(1,1,1)	$\Phi_1 = 0,1855$ $\theta_1 = 0,9565$	0,0160 < 0,001	-68,78	-58,94
	β ARMA(1,3)	$\Phi_1 = 0,1679$ $\theta_3 = -0,2292$	0,0008 0,0000	-138,0574	-124,9043

Fonte: Elaborado pela autora

NS= Não significativo ($p > 0,05$)

Para cada série de dados foram ajustados quatro modelos concorrentes. Na Tabela 3, foi utilizado o AIC para identificar aquele com melhor ajuste à série de taxas de mortalidade por acidentes de trabalho nos três estados da região Sul do Brasil.

Posteriormente, verificou-se que os modelos ajustados atenderam a todos os pressupostos para a caracterização de ruído branco. Imediatamente após a seleção dos modelos realizou-se a última etapa da metodologia de Box-Jenkins, a previsão, que neste estudo foi efetuada para seis instantes de tempo posteriores à observação 198 (referente a junho de 2016).

Logo, os valores originais e previstos por ambas as metodologias podem ser observados na Tabela 4 e na Figura 5, respectivamente.

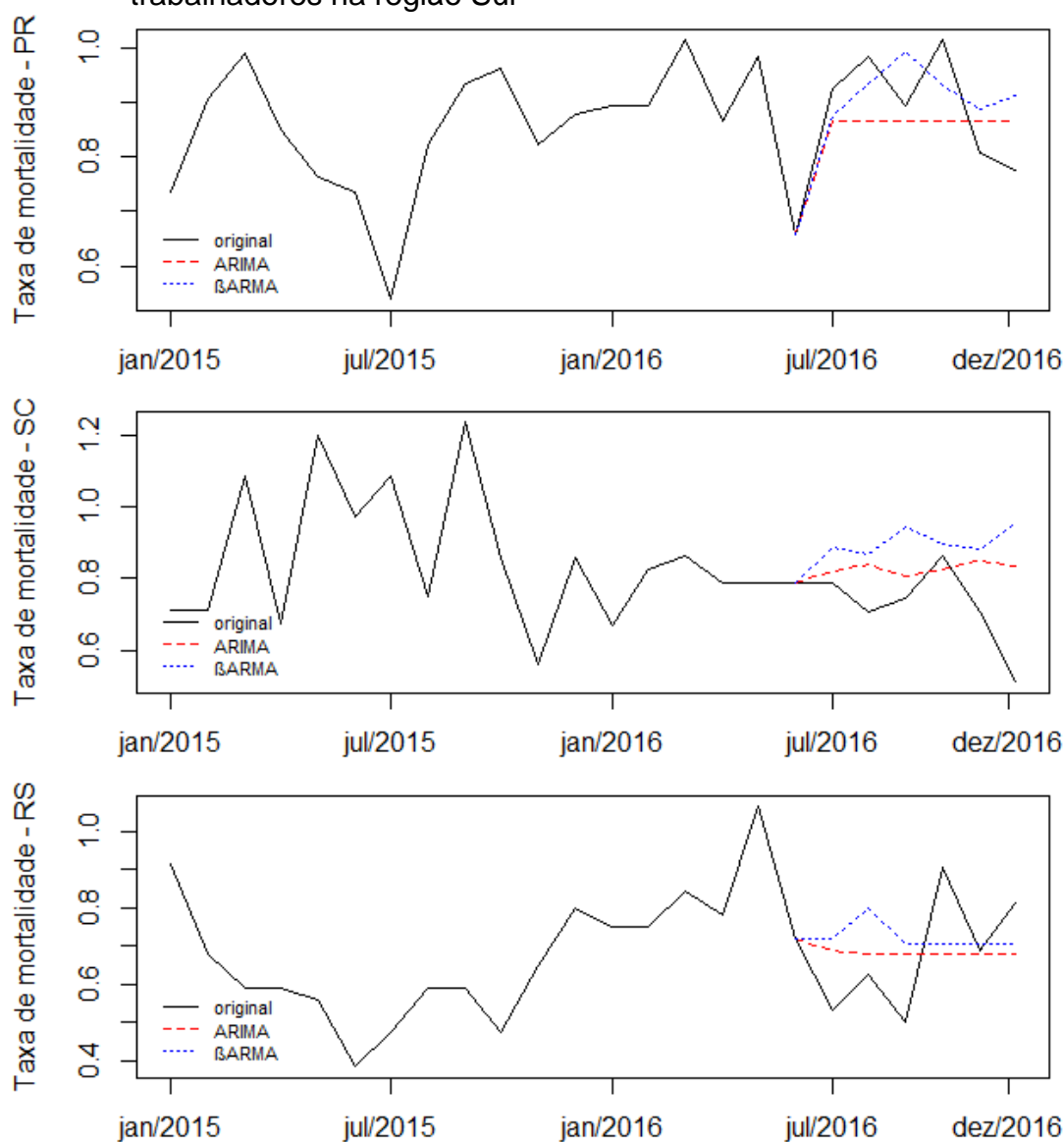
Tabela 4 – Resultado para as previsões das taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho na região Sul do Brasil, com base na previsão *out-sample* para os meses de julho a dezembro de 2016

Estado	Período	Série Original	Previsão ARIMA	Previsão β ARMA
PR	Jul/2016	0,92443821	0,8649384	0,8761738
	Ago/2016	0,984079385	0,8649384	0,9355857
	Set/2016	0,894617623	0,8649384	0,9918173
	Out/2016	1,013899972	0,8649384	0,9321135
	Nov/2016	0,80515586	0,8649384	0,8868782
	Dez/2016	0,775335273	0,8649384	0,9111547
SC	Jul/2016	0,786227187	0,8190152	0,8850622
	Ago/2016	0,707604468	0,8391624	0,8693166
	Set/2016	0,746915827	0,8055915	0,9450952
	Out/2016	0,864849905	0,8251102	0,8973201
	Nov/2016	0,707604468	0,8481628	0,8829387
	Dez/2016	0,511047671	0,8326997	0,9518477
RS	Jul/2016	0,532143336	0,6868173	0,7177567
	Ago/2016	0,626050983	0,6806698	0,799195
	Set/2016	0,500840786	0,6795295	0,7041705
	Out/2016	0,907773925	0,6793180	0,7070030
	Nov/2016	0,688656081	0,6792787	0,7074786
	Dez/2016	0,813866278	0,6792714	0,7075585

Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 5 são apresentadas as previsões, bem como os valores reais para o período. Observa-se que as previsões do modelo β ARMA, no período de julho a dezembro de 2016 na região Sul do Brasil apresentaram melhor ajuste quando comparadas ao modelo ARIMA.

Figura 5 – Comparação da série original com a previsão ARIMA e β ARMA para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho a cada 100.000 trabalhadores na região Sul



Fonte: Elaborado pela autora

Pode-se observar na Tabela 4 que o modelo β ARMA previu valores mais próximos aos dados originais em comparação com a metodologia ARIMA. Com o objetivo de verificar a importância de considerar estimadores não viesados, realizou-se a comparação dos modelos em relação aos valores reais e previstos. Essa comparação foi realizada por meio da análise da Raiz Quadrada do Erro-Médio (RMSE), do Erro Médio Absoluto (MAE) e do Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE). Essas medidas avaliam a diferença entre os valores originais e os valores previstos e estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Medidas de acurácia para as previsões das taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho na região Sul do Brasil, para os meses de julho a dezembro de 2016

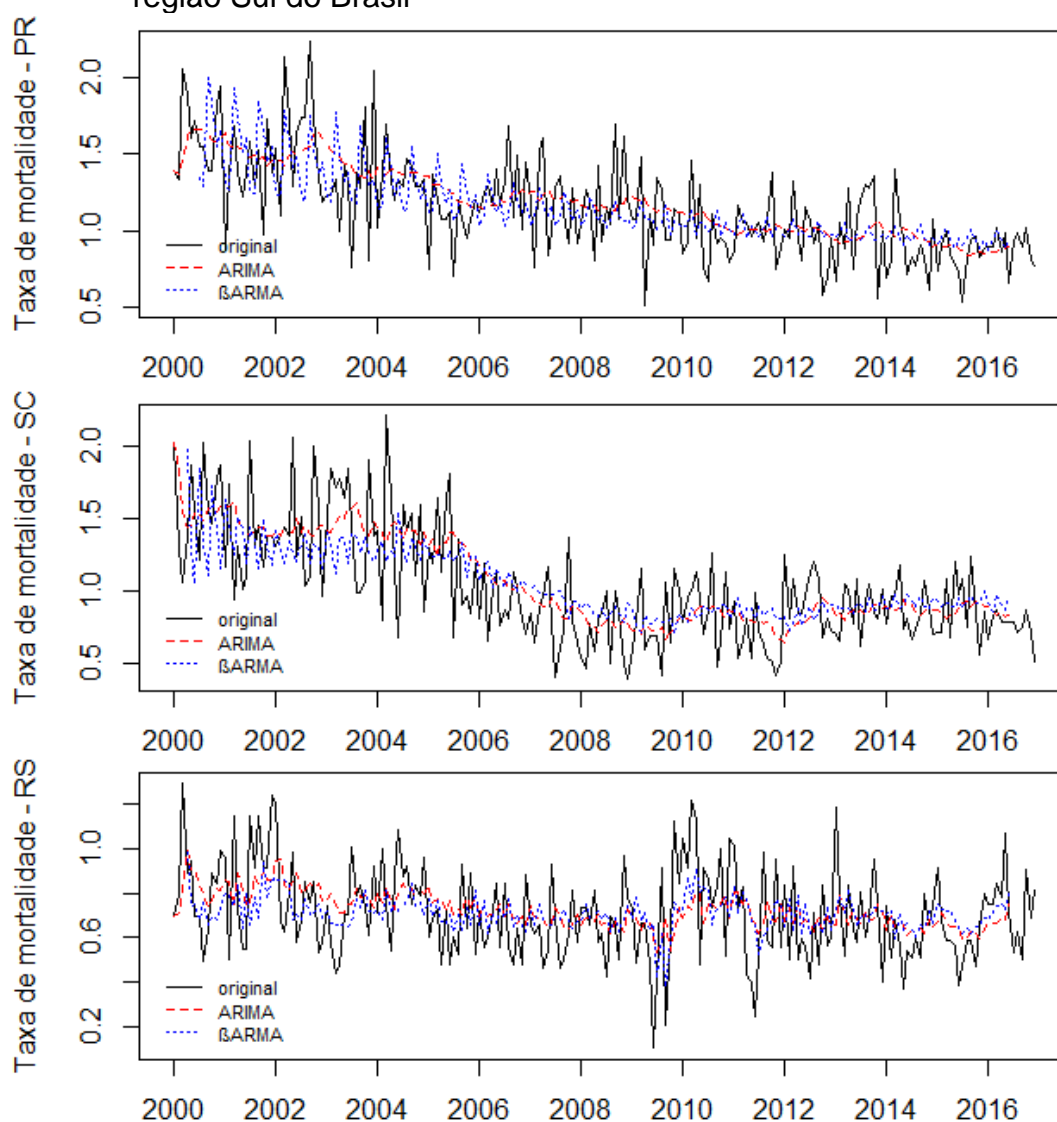
	RMSE			MAE			MAPE		
	ARIMA	β ARMA	%	ARIMA	β ARMA	%	ARIMA	β ARMA	%
PR	0,2579	0,0875	-66%	0,1975	0,0822	-58%	18,9917	9,4579	-50%
SC	0,2830	0,2240	-21%	0,2228	0,1845	-17%	24,5070	29,4574	+20%
RS	0,1986	0,1621	-18%	0,1599	0,1479	-8%	27,3027	23,5077	-14%

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 5 também é possível observar que os valores atribuídos às medidas de acurácia RMSE, MAE e MAPE são menores quando se considera os valores previstos para o modelo β ARMA, exceto para o MAPE na série de SC (+20%) destacando o melhor ajuste.

No tocante à eficácia preditiva do modelo selecionado, na Figura 6 é possível verificar que, nos três estados, há um grau razoável de proximidade entre os dados originais e os valores preditos pela metodologia β ARMA, a qual se mostrou mais acurada para os dados dentro da amostra.

Figura 6 – Valores originais e previstos dentro da amostra para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho a cada 100.000 trabalhadores na região Sul do Brasil



Fonte: Elaborado pela autora

Após o ajuste dos melhores modelos de previsão para as taxas de mortalidade por acidente de trabalho na região Sul do Brasil, foi realizada uma análise nos resíduos a qual contou com a aplicação do teste de Ljung-Box (1978), que tem como objetivo verificar a existência de autocorrelação nos resíduos. Esse teste indicou que os resíduos dos modelos não apresentaram autocorrelação, evidenciando bom ajuste dos modelos.

Além disso, realizou-se os testes de normalidade de Shapiro-Wilk (1965), Kolmogorov-Smirnov (1967) e Jarque-Bera (1980) e todos os testes apresentaram indicativo de normalidade dos resíduos para os modelos ajustados.

5 Conclusão

Este estudo apresentou uma análise comparativa da aplicação dos modelos ARIMA e β ARMA para a previsão das taxas de mortalidade por acidente de trabalho fatais na região Sul do Brasil. Trata-se da primeira aplicação para examinar a

capacidade de predição destes modelos de séries temporais para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho nos estados da região Sul do Brasil.

A modelagem β ARMA assume a distribuição beta para a variável analisada. Os parâmetros deste modelo são estimados por meio da maximização da função de probabilidade condicional. Essas inferências apresentam bons resultados quando o tamanho da amostra é grande (> 30), mas podem levar a distorções inferenciais no caso de amostras pequenas (< 30).

Quando comparados os modelos ARIMA e β ARMA observou-se um melhor desempenho no ajuste do modelo β ARMA, no horizonte de tempo de 6 meses, visto que os melhores modelos foram β ARMA(6,6) para a série do estado do Paraná (PR), β ARMA(3,3) no caso da série do estado de Santa Catarina (SC), enquanto que o melhor modelo para a série do estado do Rio Grande do Sul (RS) foi β ARMA(1,3). Estes modelos se apresentaram superiores pois obtiveram menores AICs. Nesse sentido o resultado condiz com o esperado visto que o β ARMA é um modelo específico de séries temporais duplamente limitadas.

A qualidade do ajuste da modelagem β ARMA também se mostrou superior no estudo de Palm e Bayer (2018) que analisou as taxas de energia armazenada no Sul do Brasil, no período 2009 a 2015. Tal conclusão também foi obtida no estudo de Bayer, Tondolo e Müller (2018) ao analisar um banco de dados relacionado a um processo de fabricação de pneus, bem como nas análises dos dados de umidade relativa do ar nas cidades de Brasília (BAYER, TONDOLO e MÜLLER, 2018), Manaus (PUMI et al., 2019) e Santa Maria (BAYER, CINTRA e CRIBARI-NETO, 2018). Porém não há estudos que utilizaram tal modelagem para o ajuste das taxas de mortalidade por acidente ocupacional.

Em resposta a questão do título deste estudo, a análise dos resíduos dos modelos escolhidos também confirma a superioridade da metodologia β ARMA em descrever o comportamento das taxas de mortalidade fatais por acidentes de trabalho na região Sul do Brasil. Neste contexto, considerando o fato de que há pouquíssimas aplicações do β ARMA, os resultados levantados apontam para um indício empírico de que a aplicação de tal modelo se mostrou positiva tanto em termos de qualidade do ajuste quanto aos resultados para previsões de séries temporais do tipo proporções ou taxas com intervalos limitados. O estudo, porém, está limitado aos dados divulgados pelo DATASUS, à aplicação das metodologias ARIMA e β ARMA e à região Sul do Brasil.

Dessa forma, considerando o crescente número de pesquisas utilizando-se a metodologia ARIMA (Jere, Kasense e Chilyabanyama (2017), Azevedo e Campos (2016), Aye et al. (2015)) entre outros, e β ARMA (Bayer e Bayer (2015), Casarin, Calla Valle e Leisen (2012), Ferrari e Cribari-Neto (2004)), entre outros, sugere-se, primeiramente, a aplicação dessas metodologias na análise da mortalidade por acidente de trabalho nos outros estados do Brasil. Além disso, é altamente encorajada a realização de estudos comparando as metodologias para a previsão das taxas de mortalidade fetal ou infantil, que possuem graves impactos sociais, tal qual os acidentes trabalhistas.

Por fim, as metodologias propostas podem contribuir de forma significativa para orientar no planejamento de políticas preventivas e educativas voltadas aos trabalhadores expostos à ambientes com alto risco e periculosidade, além do planejamento do processo produtivo, revelando-se eficiente para diversas séries temporais, evitando assim o aumento das estatísticas de mortalidade por acidente de trabalho.

Mesmo sem levar em conta o grande problema da subnotificação (ALMEIDA, MORRONE e RIBEIRO, 2014), as taxas de acidentes ocupacionais fatais ainda

continuam altas, expressando o alto risco e a precariedade nas condições de trabalho, a baixa efetividade da fiscalização do ambiente laboral e o não fornecimento ou não utilização dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

Considerando o impacto econômico nos cofres públicos, na Previdência Social, na saúde brasileira e nas organizações, além dos danos sociais causados às famílias e à qualidade de vida do trabalhador, as altas taxas dos acidentes ocupacionais devem ser encaradas como um problema sério de saúde pública.

6 Agradecimentos

Agradecemos o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

7 Referências

ABREU, D. R. D. O. M.; SOUZA, E. M. D.; MATHIAS, T. A. D. F. Impacto do Código de Trânsito Brasileiro e da Lei Seca na mortalidade por acidentes de trânsito. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 34, n. 8, p. e00122117, 2018.

AGÊNCIA BRASIL. Acidentes de trabalho matam 2,3 milhões de pessoas por ano no mundo, diz OIT. EBC Agência Brasil, 28 abril 2017. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-04/acidentes-de-trabalho-matam-23-milhoes-de-pessoas-por-ano-no-mundo-diz>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

AJSLEV, J. et al. Safety climate and accidents at work: Cross-sectional study among 15,000 workers of the general working population. *Safety Science*, p. 320-325, jan. 2017.

AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. 2nd International Symposium on Information Theory, Tsahkadsor, Armenia, USSR, 1973.

ALMEIDA, F. S. E. S. D.; MORRONE, L. C.; RIBEIRO, K. B. Tendências na incidência e mortalidade por acidentes de trabalho no Brasil, 1998 a 2008. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 9, p. 1957-1964, set. 2014. ISSN 1678-4464. Disponível em: <http://www.scielo.com.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2014000901957&lng=pt>. Acesso em: 12 jul. 2017.

AYE, G. C. et al. Forecasting aggregate retail sales: The case of South Africa. *International Journal of Production Economics*, v. 160, p. 66-79, 2015.

AZEVEDO, V. G.; CAMPOS, L. M. Combination of forecasts for the price of crude oil on the spot market. *International Journal of Production Research*, v. 54, n. 17, p. 5219-5235, 2016.

AZMAT, G.; PETRONGOLO, B. Gender and the labor market: What have we learned from field and lab experiments? *Labour Economics*, v. 30, p. 32-40, out. 2014.

BARROS, M. D. D. A.; XIMENES, R.; LIMA, M. L. C. D. Mortalidade por causas externas em crianças e adolescentes: tendências de 1979 a 1995. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 142-149, abril 2001. ISSN 1518-8787. Disponível

em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102001000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 17 jul. 2017.

BAYER, D. M.; BAYER, F. M. Previsão da Umidade Relativado Ar de Brasília por meio do Modelo Beta Autorregressivo de Médias Móveis. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 3, p. 319 - 326, 2015.

BAYER, F. M.; CINTRA, R. J.; CRIBARI-NETO, F. Beta seasonal autoregressive moving average models. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, v. 88, n. 15, p. 2961-2981, jul. 2018.

BAYER, F. M.; TONDOLO, C. M.; MÜLLER, F. M. Beta regression control chart for monitoring fractions and proportions. *Computers & Industrial Engineering*, v. 119, p. 416-426, maio 2018.

BEM PARANÁ. Paraná tem um registro de acidentes de trabalho a cada 14 minutos. Bem Paraná, 12 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/parana-tem-um-registro-de-acidentes-de-trabalho-a-cada-14-minutos>>. Acesso em: 22 out. 2018.

BORDONI, P. H. C. et al. Utilização do método de captura-recaptura de casos para a melhoria do registro dos acidentes de trabalho fatais em Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 25, n. 1, p. 85-94, jan/mar 2016. ISSN 2237-9622. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S2237-96222016000100085&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 10 jul. 2017.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. *Time series analysis forecasting and control*. Oakland: Holden-Day, 1976. ISBN 0-8162-1104-3.

BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Palácio do Planalto, 24 jul. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm>. Acesso em: 08 set. 2017.

BUENO, R. D. L. D. S. *Econometria de séries temporais*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CASARIN, R.; DALLA VALLE, L.; LEISEN, F. Bayesian model selection for beta autoregressive processes. *Bayesian Analysis*, v. 7, n. 2, p. 385-410, 2012.

CORREA, P. R. L.; ASSUNÇÃO, A. Á. A subnotificação de mortes por acidentes de trabalho: estudo de três bancos de dados. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Belo Horizonte-MG, v. 12, n. 4, p. 203-212, out/dez 2003. Disponível em: <http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742003000400004>. Acesso em: 09 jul. 2017.

CRIBARI-NETO, F.; ZEILEIS, A. *Beta Regression in R*. WU Vienna University of Economics and Business. Vienna. 2009. (98).

DRUMOND, E. D. F.; SILVA, J. D. M. Avaliação de estratégia para identificação e mensuração dos acidentes de trabalho fatais. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de

Janeiro, v. 18, n. 5, p. 1361-1365, 2013. ISSN 1413-8123. Disponível em: <http://www.scielo.com.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S1413-81232013000500021&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 11 jul. 2017.

FAVA, V. L. Testes de raízes unitárias e co-integração. Manual de econometria: nível intermediário. São Paulo: Atlas, 2000.

FERRARI, S.; CRIBARI-NETO, F. Beta Regression for Modelling Rates and Proportions. *Journal of Applied Statistics*, 31, n. 7, 2004. 799-815.

GALDINO, A.; SANTANA, V. S.; FERRITE, S. Os Centros de Referência em Saúde do Trabalhador e a notificação de acidentes de trabalho no Brasil. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 145-159, janeiro 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/5324/1/15.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

GANDRUD, C. Reproducible research with R and R studio. Chapman and Hall/CRC, 2016.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMEZ, C. M.; MACHADO, J. M. H. Acidentes de Trabalho: Uma Expressão da Violência Social. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 10, p. 74-87, 1994. Disponível em: <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/1010.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2017.

GONCALVES FILHO, A. P.; WATERSON, P. Maturity models and safety culture: A critical review. *Safety science*, v. 105, p. 192-211, 2018.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. *Econometria Básica*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011.

GUPTA, A. K.; NADARAJAH, S. *Handbook of Beta Distribution and Its Applications*. [S.l.]: CRC Press, 2004. ISBN 9780824753962.

HOFERLIN, I. Hard times for labour inspection. In: INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION The global challenges of labour inspection. Genebra: ILO, v. 3-4, 2005. p. 22-27. Disponível em: <http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_108666.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2017.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. ILO Resolution. Resolution concerning statistics of occupational injuries (resulting from occupational accidents) adopted by the Sixteenth International Conference of Labour Statisticians, out. 1998. Disponível em: <http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---stat/documents/normativeinstrument/wcms_087528.pdf>. Acesso em: 17 set. 2017.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. *ILO Standards on Occupational Safety and Health: Promoting a Safe and Healthy Working Environment*. Geneva: International Labour Organization, 2009.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. *National System for Recording and Notification of Occupational Diseases - Practical guide*. Programme on Safety and

Health at Work and the Environment (SafeWork). Geneva, p. 1-83. 2013. (978-92-2-127057-7).

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. ILOSTAT. International Labour Organization, 2016. Disponível em: <http://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/description_INJ_EN.pdf>. Acesso em: 11 set. 2017.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics letters*, v. 6, n. 3, p. 255-259, 1980.

JERE, S.; KASENSE, B.; CHILYABANYAMA,. Forecasting Foreign Direct Investment to Zambia: A Time Series Analysis. *Open Journal of Statistics*, v. 7, p. 122-131, 28 fev. 2017.

KWIATKOWSKI, D. et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of econometrics*, v. 54, n. 1-3, p. 159-178, 1992.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAURENTI, R.; MELLO JORGE, M. H. P. D. O atestado de óbito: aspectos médicos, estatísticos, éticos e jurídicos. São Paulo: Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo, 2015. ISBN 978-85-89656-24-5.

LEE, H.-E. et al. Mortality rates by occupation in Korea:a nationwide, 13-year follow-up study. *Occupational and Environmental Medicine*, v. 73, p. 329–335, 2016.

LILLIEFORS , H. W. On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown. *Journal of the American Statistical Association*, v. 62, n. 318, p. 399-402, 1967.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, v. 65, n. 2, p. 297-303, 1978.

LUCAS, D. L. et al. Factors associated with crewmember survival of cold water immersion due to commercial fishing vessel sinkings in Alaska. *Safety Science*, Anchorage, USA, v. 101, p. 190-196, 2018.

MACKINNON, J. G. Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. *Journal of applied econometrics*, v. 11, n. 6, p. 601-618, 1996.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN., R. J. Forecasting methods and applications. [S.l.]: John wiley & sons, 2008.

MARTINS JÚNIOR, H. O uso da distribuição beta T generalizada nos erros do modelo Garch : uma aplicação no preço do café. Universidade Federal de Lavras - UFLA. Lavras - MG, p. 101. 2014.

MASON, K. L. et al. Occupational Fatalities Resulting from Falls in the Oil and Gas Extraction Industry, United States, 2005–2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*, v. 66, n. 16, p. 417-421, abr. 2017.

MCKENZIE, E. An autoregressive process for beta random variables. *Management Science*, v. 31, n. 8, p. 988-997, 1985.

MEDEIROS, J. B. *Redação Científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas*. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

MEKKODATHIL, A.; EL MENYAR, A.; AL THANI, H. Occupational injuries in workers from different ethnicities. *International Journal of Critical Illness and Injury Science*, v. 6, n. 1, p. 25-32, 2016.

MENDES, R. O IMPACTO DOS EFEITOS DA OCUPAÇÃO SOBRE A SAÚDE DE TRABALHADORES: II - MORTALIDADE. *Revista Saúde Pública, São Paulo*, v. 22, n. 5, p. 441-457, 1988. ISSN 1518-8787. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101988000500009>. Acesso em: 18 jul. 18.

MENÉNDEZ, C. K. C.; SOCIAS-MORALES, C.; DAUS, M. W. Work-related violent deaths in the US taxi and limousine industry 2003 to 2013: disparities within a high-risk working population. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, v. 59, n. 8, p. 768-774, ago. 2017.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. *Anuário Estatístico da Previdência Social: 2017*. Ministério da Fazenda. Brasília, p. 1-908. 2017. (0104-8139).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portal da Saúde. Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. Dos 20 principais acidentes ou adoecimentos no trabalho no Paraná, oito são fraturas. Ministério do Trabalho, 22 maio 2018. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/noticias/5951-dos-20-principais-acidentes-ou-adoecimentos-no-trabalho-no-parana-oito-sao-fraturas>>.

MIRANDA, F. M. D. et al. Caracterização das vítimas e dos acidentes de trabalho fatais. *Revista Gaúcha de Enfermagem, Porto Alegre*, v. 33, n. 2, p. 45-51, jun 2012. ISSN 1983-1447. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S1983-14472012000200008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 jul. 2017.

MONTGOMERY, D. C.; JENNINGS, C. L.; KULAHCI, M. *Introduction to time series analysis and forecasting*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2015.

MORETTIN, P. A. *Econometria financeira - Um curso em séries temporais financeiras*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. *Análise de Séries Temporais*. 3. ed. São Paulo: Egard Blücher, 2006.

NIELSEN, T. P. Tales From the Unit Interval: Backtesting, Forecasting and Modeling. Department of Economics, University of Copenhagen. Copenhagen. 2017.

PAJHEDE, T. A conditionally beta distributed time-series model with application to monthly US corporate default rates. University of Copenhagen. Copenhagen, p. 31. 2017.

PALM, B. G.; BAYER, F. M. Bootstrap-based inferential improvements in beta autoregressive moving average model. COMMUNICATIONS IN STATISTICS-SIMULATION AND COMPUTATION, v. 47, p. 977-996, 2018.

PALM, B. G.; BAYER, F. M.; CINTRA, R. J. Intervalos de Predição no Modelo Beta Autorregressivo de Médias Móveis. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa Maria, RS, p. 1-102. 2016.

PEREIRA, Z. L.; REQUEIJO, J. G. Qualidade: Planejamento e Controle Estatístico de Processos. Lisboa: FCT/UNL, 2008. ISBN 9789898022653.

PIRA, E. et al. Mortality of Talc Miners and Millers From Val Chisone Northern Italy. Journal of Occupational and Environmental Medicine, v. 59, n. 7, p. 659-664, jul. 2017.

PORTAL BRASIL. Vítimas de acidentes de trabalho são lembradas nesta sexta (28). Governo do Brasil, 28 abr. 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/04/vitimas-de-acidentes-de-trabalho-sao-lembradas-nesta-sexta-28>>. Acesso em: 02 dez. 2017.

PUMI, G. et al. Beta autoregressive fractionally integrated moving average models. Journal of Statistical Planning and Inference, v. 200, p. 196–212, 2019.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2017.

RAE, A.; PROVAN, D. Safety work versus the safety of work. Safety Science, v. 111, p. 119-127, jan. 2019.

REVISTA PROTEÇÃO. Estatísticas de Acidentes Brasil - Anuário Brasileiro de Proteção 2013 - Matérias. Revista Proteção, 2014. Disponível em: <http://www.protecao.com.br/materias/anuario_brasileiro_de_p_r_o_t_e_c_a_o_2013/estatisticas_de_acidentes_brasil/J9y4Jj>. Acesso em: 06 nov. 2018.

RITCHEY, M.; NICHOLSON-CROTTY, S. Deterrence theory and the implementation of speed limits in the American states. Policy studies journal, v. 39, n. 2, p. 329-346, 2011.

ROCHA, A. V.; CRIBARI-NETO, F. Beta autoregressive moving average models. Test, v. 18, n. 3, p. 529-545, 2009.

SANTANA, V. S. et al. Mortalidade, anos potenciais de vida perdidos e incidência de acidentes de trabalho na Bahia, Brasil. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 23, n. 11, p. 2643-2652, nov. 2007. ISSN 1678-4464. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2007001100012&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 12 jul. 2017.

SANTANA, V.; NOBRE, L.; WALDVOGEL, B. C. Acidentes de trabalho no Brasil entre 1994 e 2004: uma revisão. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 841-855, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v10n4/a09v10n4>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

SCHWARZ, G. E. Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics*, v. 6, p. 461-464, 1978.

SHANG, H. L.; HYNDMAN, R. J. Grouped functional time series forecasting: An application to age-specific mortality rates. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, v. 26, n. 2, p. 330-343, 2017.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SOUZA, F. M. Modelos De Previsão: aplicações à energia elétrica - ARIMA-ARCH-AI e ACP. Curitiba: Appris, 2016. ISBN 9788547302481.

SOUZA, R. Brasil tem 700 mil acidentes de trabalho por ano - Economia. *Jornal Estado de Minas*, 2017. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/06/05/internas_economia,874113/brasil-tem-700-mil-acidentes-de-trabalho-por-ano.shtml>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SUL 21. RS: Acidentes de trabalho mataram duas vezes mais do que latrocínios em 2016 - Sul 21. *Sul 21*, 2017. Disponível em: <<https://www.sul21.com.br/ultimas-noticias/geral/2017/04/rs-teve-o-dobro-de-mortes-por-acidentes-de-trabalho-que-latrocínios-em-2016/>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

6 DISCUSSÃO

O primeiro estudo, disponível no Capítulo 4, é intitulado “*Mortality per Work Accident: a Literature Mapping*” e apresentou um mapeamento de literatura com o objetivo de investigar os setores econômicos e regiões geográficas que possuem o maior número de estudos sobre o tema acidentes fatais relacionados ao trabalho.

Com o mapeamento da literatura realizado no primeiro estudo, foi possível identificar a inexistência de estudos sobre a aplicação das metodologias preditivas ARIMA e β ARMA para modelar as séries de dados referentes às taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho na região Sul do Brasil.

Com esta motivação, o segundo artigo, disponível no Capítulo 5, procurou responder o seguinte questionamento: “os modelos β ARMA são mais eficientes do que os modelos ARIMA para prever as taxas de óbito por acidente de trabalho na região sul do Brasil?”. Seu propósito foi utilizar a metodologia ARIMA e β ARMA para modelar as séries de dados referentes às taxas de acidentes fatais relacionados ao trabalho, comparar os modelos de previsão ajustados e identificar o melhor modelo preditivo por estado da região Sul do Brasil.

No tocante aos resultados alcançados no primeiro artigo, dos 102 estudos analisados, 36 utilizaram dados dos Estados Unidos, tornando-o o país com o maior número de estudos publicados sobre acidentes ocupacionais fatais. Além disso, 2015 foi considerado o ano com o maior número de trabalhos publicados sobre o assunto, analisando dados do período de 2000 a 2003. Construção, agricultura e transporte surgiram como os setores econômicos com maior risco de mortalidade devido a acidentes ocupacionais, seguido das indústrias pesqueira e florestal. A análise dos termos nos resumos ressaltou a ênfase nos sistemas nacionais de notificação e nos dados do censo como fontes primárias dos dados de mortalidade.

Enquanto que, nos resultados do segundo artigo foi observado um melhor desempenho no ajuste do modelo β ARMA no horizonte de tempo de 6 meses, utilizando as medidas de acurácia MAE, MAPE e RMSE, a análise dos resíduos e os critérios penalizadores AIC e BIC para avaliar a qualidade dos modelos e selecionar o modelo de previsão mais acurado.

7 CONCLUSÃO

O coeficiente de mortalidade por acidentes de trabalho foi indicado em cada região e por meio dos modelos de previsão ARIMA e β ARMA foi possível indicar a região com maior número de óbitos decorrentes de acidentes de trabalho, a atividade econômica com o maior índice de mortalidade, as causas que levaram ao óbito, bem como as características de vulnerabilidade das vítimas.

Nesse sentido, este estudo apresentou uma análise comparativa da aplicação dos modelos ARIMA e β ARMA para a previsão das taxas de mortalidade por acidente de trabalho fatais na região Sul do Brasil. Trata-se da primeira aplicação para examinar a capacidade de predição destes modelos de séries temporais para as taxas de mortalidade por acidentes de trabalho na região Sul do Brasil.

A modelagem β ARMA assume a distribuição beta para a variável analisada. Os parâmetros deste modelo são estimados por meio da maximização da função de probabilidade condicional. Essas inferências apresentam bons resultados quando o tamanho da amostra é grande (> 30), mas podem levar a distorções inferenciais no caso de amostras pequenas (< 30).

Quando comparados os modelos ARIMA e β ARMA observou-se um melhor desempenho no ajuste do modelo β ARMA, no horizonte de tempo de 6 meses, visto que os melhores modelos foram β ARMA(6,6) para a série do estado do Paraná (PR), β ARMA(3,3) no caso da série do estado de Santa Catarina (SC), enquanto que o melhor modelo para a série do estado do Rio Grande do Sul (RS) foi β ARMA(1,3). Estes modelos se apresentaram superiores pois obtiveram menores AICs. Nesse sentido o resultado condiz com o esperado visto que o β ARMA é um modelo específico de séries temporais contínuas.

A qualidade do ajuste da modelagem β ARMA também se mostrou superior no estudo de Palm e Bayer (2018) que analisou as taxas de energia armazenada no Sul do Brasil, no período 2009 a 2015. Tal conclusão também foi obtida no estudo de Bayer, Tondolo e Müller (2018) ao analisar um banco de dados relacionado a um processo de fabricação de pneus, bem como nas análises dos dados de umidade relativa do ar nas cidades de Brasília (BAYER; TONDOLO; MÜLLER, 2018), Manaus (PUMI et al., 2019) e Santa Maria (BAYER; CINTRA; CRIBARI-NETO, 2018). Porém

não há estudos que utilizaram tal modelagem para o ajuste das taxas de mortalidade por acidente ocupacional.

Além disso, a análise dos resíduos dos modelos escolhidos também confirma a superioridade da metodologia β ARMA em descrever o comportamento das taxas de mortalidade fatais por acidentes de trabalho na região Sul do Brasil. Neste contexto, considerando o fato de que há pouquíssimas aplicações do β ARMA, os resultados levantados apontam para um indício empírico de que a aplicação de tal modelo se mostrou positiva tanto em termos de qualidade do ajuste quanto aos resultados para previsões de séries temporais do tipo proporções ou taxas com intervalos limitados.

Dessa forma, considerando o crescente número de pesquisas utilizando-se a metodologia ARIMA (Jere, Kasense e Chilyabanyama (2017), Azevedo e Campos (2016), Aye et al. (2015)) entre outros, e β ARMA (Bayer e Bayer (2015), Casarin, Calla Valle e Leisen (2012), Ferrari e Cribari-Neto (2004)), entre outros, sugere-se, primeiramente, a aplicação dessas metodologias na análise da mortalidade por acidente de trabalho nos outros estados do Brasil. Além disso, é altamente encorajado a realização de estudos comparando as metodologias para a previsão das taxas de mortalidade fetal ou infantil, que possuem graves impactos sociais, tal qual os acidentes trabalhistas.

Por fim, conclui-se que as metodologias propostas podem contribuir de forma significativa para orientar no planejamento de políticas preventivas e educativas voltadas aos trabalhadores expostos à ambientes com alto risco e periculosidade, além do planejamento do processo produtivo, revelando-se eficiente para diversas séries temporais, evitando assim o aumento das estatísticas de mortalidade por acidente de trabalho.

Mesmo sem levar em conta o grande problema da subnotificação (ALMEIDA; MORRONE; RIBEIRO, 2014), as taxas de acidentes ocupacionais fatais ainda continuam altas, expressando o alto risco e a precariedade nas condições de trabalho, a baixa efetividade da fiscalização do ambiente laboral e o não fornecimento ou não utilização dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI).

Considerando o impacto econômico nos cofres públicos, na Previdência Social, na saúde brasileira e nas organizações, além dos danos sociais causados às famílias e à qualidade de vida do trabalhador, as altas taxas dos acidentes ocupacionais devem ser encaradas como um problema sério de saúde pública.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. Acidentes de trabalho matam 2,3 milhões de pessoas por ano no mundo, diz OIT. **EBC Agência Brasil**, 28 abril 2017. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-04/acidentes-de-trabalho-matam-23-milhoes-de-pessoas-por-ano-no-mundo-diz>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. **2nd International Symposium on Information Theory**, Tsahkadsor, Armenia, USSR, 1973.

ALMEIDA, F. S. E. S. D.; MORRONE, L. C.; RIBEIRO, K. B. Tendências na incidência e mortalidade por acidentes de trabalho no Brasil, 1998 a 2008. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 9, p. 1957-1964, set. 2014. ISSN 1678-4464. Disponível em: <http://www.scielo.com.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2014000901957&lng=pt>. Acesso em: 12 jul. 2017.

AYE, G. C. et al. Forecasting aggregate retail sales: The case of South Africa. **International Journal of Production Economics**, v. 160, p. 66-79, 2015.

AZEVEDO, V. G.; CAMPOS, L. M. Combination of forecasts for the price of crude oil on the spot market. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 17, p. 5219-5235, 2016.

BARROS, M. D. D. A.; XIMENES, R.; LIMA, M. L. C. D. Mortalidade por causas externas em crianças e adolescentes: tendências de 1979 a 1995. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 142-149, abril 2001. ISSN 1518-8787. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102001000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 17 jul. 2017.

BAYER, D. M.; BAYER, F. M. Previsão da Umidade Relativado Ar de Brasília por meio do Modelo Beta Autorregressivo de Médias Móveis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, p. 319 - 326, 2015.

BAYER, F. M.; CINTRA, R. J.; CRIBARI-NETO, F. Beta seasonal autoregressive moving average models. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, v. 88, n. 15, p. 2961-2981, jul. 2018.

BAYER, F. M.; TONDOLO, C. M.; MÜLLER, F. M. Beta regression control chart for monitoring fractions and proportions. **Computers & Industrial Engineering**, v. 119, p. 416-426, maio 2018.

BORDONI, P. H. C. et al. Utilização do método de captura-recaptura de casos para a melhoria do registro dos acidentes de trabalho fatais em Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 85-94, jan/mar 2016. ISSN 2237-9622. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S2237-96222016000100085&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 10 jul. 2017.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis forecasting and control**. Oakland: Holden-Day, 1976. ISBN 0-8162-1104-3.

BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. **Palácio do Planalto**, 24 jul. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm>. Acesso em: 08 set. 2017.

BUENO, R. D. L. D. S. **Econometria de séries temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CASARIN, R.; DALLA VALLE, L.; LEISEN, F. Bayesian model selection for beta autoregressive processes. **Bayesian Analysis**, v. 7, n. 2, p. 385-410, 2012.

CORREA, P. R. L.; ASSUNÇÃO, A. Á. A subnotificação de mortes por acidentes de trabalho: estudo de três bancos de dados. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Belo Horizonte-MG, v. 12, n. 4, p. 203-212, out/dez 2003. Disponível em: <http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742003000400004>. Acesso em: 09 jul. 2017.

DICKEY, D. A. Power of Unit Root Tests. **Proceedings of business and economic statistics Sections**, v. 74, p. 427-431, 1984.

DRUMOND, E. D. F.; SILVA, J. D. M. Avaliação de estratégia para identificação e mensuração dos acidentes de trabalho fatais. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 5, p. 1361-1365, 2013. ISSN 1413-8123. Disponível em: <http://www.scielo.com.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S1413-81232013000500021&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 11 jul. 2017.

FAVA, V. L. **Testes de raízes unitárias e co-integração. Manual de econometria: nível intermediário**. São Paulo: Atlas, 2000.

FERRARI, S.; CRIBARI-NETO, F. Beta Regression for Modelling Rates and Proportions. **Journal of Applied Statistics**, 31, n. 7, 2004. 799-815.

GALDINO, A.; SANTANA, V. S.; FERRITE, S. Os Centros de Referência em Saúde do Trabalhador e a notificação de acidentes de trabalho no Brasil. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 145-159, janeiro 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/5324/1/15.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

GIBBS, G. W. et al. Mortality and Cancer Incidence in Aluminum Smelter Workers. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, Canadá, v. 56, n. 7, p. 739-764, jul. 2014.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMEZ, C. M.; MACHADO, J. M. H. Acidentes de Trabalho: Uma Expressão da Violência Social. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 74-87, 1994. Disponível em: <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/1010.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2017.

GUIMARÃES, J. R. S. **Decent work country profile: a sub-national perspective in Brazil**. Brasília: International Labour Office; ILO Country Office for Brazil, 2013. ISBN

978-92-2-126464-4. Disponível em: <http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-brasilvia/documents/publication/wcms_234427.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2017.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011.

GUPTA, A. K.; NADARAJAH, S. **Handbook of Beta Distribution and Its Applications**. [S.l.]: CRC Press, 2004. ISBN 9780824753962.

HOFERLIN, I. Hard times for labour inspection. In: INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION **The global challenges of labour inspection**. Genebra: ILO, v. 3-4, 2005. p. 22-27. Disponível em: <http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_108666.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2017.

HOLTERMANN, A. et al. Occupational physical activity and mortality among Danish workers. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 85, p. 305–310, 2012. ISSN 1432-1246.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. ILO Resolution. **Resolution concerning statistics of occupational injuries (resulting from occupational accidents) adopted by the Sixteenth International Conference of Labour Statisticians**, out. 1998. Disponível em: <http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---stat/documents/normativeinstrument/wcms_087528.pdf>. Acesso em: 17 set. 2017.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **National System for Recording and Notification of Occupational Diseases - Practical guide**. Programme on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork). Geneva, p. 1-83. 2013. (978-92-2-127057-7).

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. ILOSTAT. **International Labour Organization**, 2016. Disponível em: <http://www.ilo.org/ilostat-files/Documents/description_INJ_EN.pdf>. Acesso em: 11 set. 2017.

JACOBINA, A.; NOBRE, L. C. D. C.; CONCEIÇÃO, P. S. D. A. **Vigilância de acidentes de trabalho graves e com óbito**. Secretaria da Saúde do Estado. Superintendência de Vigilância e Proteção da Saúde. Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador. Manual de normas e procedimentos técnicos para a vigilância da saúde do trabalhador. Salvador: Bahia, p. 86-115. 2002.

JERE, ; KASENSE, B.; CHILYABANYAMA,. Forecasting Foreign Direct Investment to Zambia: A Time Series Analysis. **Open Journal of Statistics**, v. 7, p. 122-131, 28 fev. 2017.

KHODABANDEH, F.; KABIR-MOKAMELKHAH, E.; KAHANI, M. Factors associated with the severity of fatal accidents in construction workers. **Medical Journal of The Islamic Republic of Iran (MJIRI)**, Irã, v. 30, n. 469, p. 1-7, dez. 2016.

KWIATKOWSKI, D. et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. **Journal of Econometrics**, v. 54, p. 159-178, 1992.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LAURENTI, R.; MELLO JORGE, M. H. P. D. **O atestado de óbito: aspectos médicos, estatísticos, éticos e jurídicos**. São Paulo: Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo, 2015. ISBN 978-85-89656-24-5.

LEE, H.-E. et al. Mortality rates by occupation in Korea: a nationwide, 13-year follow-up study. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 73, p. 329–335, 2016.

LUCAS, D. L. et al. Factors associated with crewmember survival of cold water immersion due to commercial fishing vessel sinkings in Alaska. **Safety Science**, Anchorage, USA, v. 101, p. 190-196, 2018.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting methods and applications**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008.

MARSHALL JUNIOR, I. et al. **Gestão da qualidade e processos**. Rio de Janeiro: FGV, 2012.

MARTINS JÚNIOR, H. **O uso da distribuição beta T generalizada nos erros do modelo Garch : uma aplicação no preço do café**. Universidade Federal de Lavras - UFLA. Lavras - MG, p. 101. 2014.

MASON, K. L. et al. Occupational Fatalities Resulting from Falls in the Oil and Gas Extraction Industry, United States, 2005–2014. **Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)**, v. 66, n. 16, p. 417-421, abr. 2017.

MCKENZIE, E. An autoregressive process for beta random variables. **Management Science**, v. 31, n. 8, p. 988-997, 1985.

MEDEIROS, J. B. **Redação Científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

MELLO JORGE, M. H. P. D.; GAWRYSZEWSKI, V. P.; LATORRE, M. D. R. D. Análise dos dados de mortalidade. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 5-25, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v31n4s0/3134>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

MENDES, R. O IMPACTO DOS EFEITOS DA OCUPAÇÃO SOBRE A SAÚDE DE TRABALHADORES: II - MORTALIDADE. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 22, n. 5, p. 441-457, 1988. ISSN 1518-8787. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101988000500009>. Acesso em: 18 jul. 18.

MENÉNDEZ, C. K. C.; SOCIAS-MORALES, C.; DAUS, M. W. Work-Related Violent Deaths in the US Taxi and Limousine Industry 2003 to 2013. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 59, n. 8, p. 768–774, ago. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portal da Saúde. **Ministério da Saúde**, 2017. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Estratégia Nacional para Redução dos Acidentes do Trabalho 2015-2016, Brasília, 2015.

MIRANDA, F. M. D. et al. Caracterização das vítimas e dos acidentes de trabalho fatais. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 45-51, jun 2012. ISSN 1983-1447. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S1983-14472012000200008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 jul. 2017.

MONTGOMERY, D. C.; JENNINGS, C. L.; KULAHCI, M. **Introduction to time series analysis and forecasting**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2015.

MORETTIN, P. A. **Econometria financeira - Um curso em séries temporais financeiras**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. 3. ed. São Paulo: Egard Blücher, 2006.

NAVARRO, A. C. et al. Decisões de investimento e rentabilidade futura: Estudo empírico com companhias abertas não financeiras. **Contabilidade, Gestão e Governança**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 19-34, abr. 2013. ISSN 1984-3925.

NIELSEN, T. P. **Tales From the Unit Interval: Backtesting, Forecasting and Modeling**. Department of Economics, University of Copenhagen. Copenhagen. 2017.

OLIVEIRA, P. A. B.; MENDES, J. M. Acidentes de trabalho: violência urbana e morte em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 73-83, 1997. ISSN 1678-4464. Disponível em: <http://www.scielo.com.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1997000600007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 jul. 2017.

PAJHEDE, T. **A conditionally beta distributed time-series model with application to monthly US corporate default rates**. University of Copenhagen. Copenhagen, p. 31. 2017.

PALM, B. G.; BAYER, F. M. Bootstrap-based inferential improvements in beta autoregressive moving average model. **COMMUNICATIONS IN STATISTICS-SIMULATION AND COMPUTATION**, v. 47, p. 977-996, 2018.

PEREIRA, Z. L.; REQUEIJO, J. G. **Qualidade: Planejamento e Controle Estatístico de Processos**. Lisboa: FCT/UNL, 2008. ISBN 9789898022653.

PINHEIRO, J. I. D. **Estatística Básica: a arte de trabalhar com dados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=FZPpCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR>>. Acesso em: 21 outubro 2016.

PIRA, E. et al. Mortality of Talc Miners and Millers From Val Chisone Northern Italy. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 59, n. 7, p. 659-664, jul. 2017.

PORTAL BRASIL. Vítimas de acidentes de trabalho são lembradas nesta sexta (28). **Governo do Brasil**, 28 abr. 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/04/vitimas-de-acidentes-de-trabalho-sao-lembradas-nesta-sexta-28>>. Acesso em: 02 dez. 2017.

PUMI, G. et al. Beta autoregressive fractionally integrated moving average models. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 200, p. 196–212, 2019.

RINGEN, K. et al. Mortality of Older Construction and Craft Workers Employed at Department of Energy (DOE) Nuclear Sites: Follow-Up Through 2011. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 58, p. 152–167, 2015.

ROBINSON, C. F. et al. Overview of the National Occupational Mortality Surveillance (NOMS) System: Leukemia and Acute Myocardial Infarction Risk by Industry and Occupation in 30 US States 1985–1999, 2003–2004, and 2007. **American Journal of Industrial Medicine**, Estados Unidos, v. 58, n. 2, p. 123–137, fev. 2015.

ROCHA, A. V.; CRIBARI-NETO, F. Beta autoregressive moving average models. **Test**, v. 18, n. 3, p. 529-545, 2009.

SANTANA, V. S. et al. Mortalidade, anos potenciais de vida perdidos e incidência de acidentes de trabalho na Bahia, Brasil. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 11, p. 2643-2652, nov. 2007. ISSN 1678-4464. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2007001100012&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 12 jul. 2017.

SANTANA, V.; NOBRE, L.; WALDVOGEL, B. C. Acidentes de trabalho no Brasil entre 1994 e 2004: uma revisão. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 841-855, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v10n4/a09v10n4>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

SCHWARZ, G. E. Estimating the dimension of a model. **Annals of Statistics**, v. 6, p. 461-464, 1978.

SOUSA, F. N. F.-D.-; SANTANA, V. S. Mortalidade por acidentes de trabalho entre trabalhadores da agropecuária no Brasil, 2000-2010. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 4, abr. 2016. ISSN 1678-4464. Disponível em: <http://www.scielo.com.br/scielo.php/?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2016000400711&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 jul. 2017.

SOUZA, F. M. **Modelos De Previsão: aplicações à energia elétrica - ARIMA- ARCH- AI e ACP**. Curitiba: Appris, 2016. ISBN 9788547302481.

SOUZA, R. Brasil tem 700 mil acidentes de trabalho por ano - Economia. **Jornal Estado de Minas**, 2017. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/06/05/internas_economia,874113/brasil-tem-700-mil-acidentes-de-trabalho-por-ano.shtml>. Acesso em: 05 dez. 2017.

SOUZA, T. C. D.; CRIBARI NETO,. Uma estimativa do impacto eleitoral do programa bolsa-família. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 31, p. 79-103, 2013.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. R. Previsão de Demanda: Uma Aplicação dos Modelos Box-Jenkins na Área de Assistência Técnica de Computadores Pessoais. **Gestão e Produção**, v. 10, n. 1, p. 47-67, abr. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v10n1/a05v10n1>>. Acesso em: 18 set. 2017.

WOOLLEY, S. M. et al. Comparison of mortality disparities in central appalachian coal- and non-coal-mining counties. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 57, n. 6, p. 687-694, set. 2015.

APÊNDICE A – ESTUDOS DESCRITIVOS SOBRE MORTALIDADE POR ACIDENTES DE TRABALHO

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
(CORREA; ASSUNÇÃO, 2003)	Belo Horizonte MG - aplicação nacional	Rev. Epidemiologia e Serviços de Saúde	Subnotificação da Mortalidade por acidente de trabalho em Belo Horizonte	Causas externas são as que mais matam	Percentual por idade, sexo e causa. Análise combinada dos 3 bancos de dados	Secundários SIM, SIAT-SUS/BH INSS. Dados analisados em 1999
(GOMEZ; MACHADO, 1994)	Rio de Janeiro aplicação nacional e internacional. Comparação entre dados nacionais e intern.	Cad. Saúde Públ.	Mortalidade por acidente de trabalho	Mineração e operação de embarcações marítimas são as atividades internacionais com mais óbitos e a construção civil, no Brasil	Série Temporal, Ramos de atividades, ocupação, número total, número de óbitos, dias perdidos, letalidade	Secundários Anuário Estatístico da OIT 1988 MPS Dados analisados no período de 1970 a 1992.
(MIRANDA et al., 2012)	Unidade de Saúde do Trabalhador (UST) Curitiba/Paraná Aplicação Nacional	Rev. Gaúcha de Enfermagem	Mortalidade por acidente de trabalho	A maioria dos óbitos ocorre por causas externas e afetam principalmente homens jovens.	Percentual por idade, sexo, emissão de CAT, tipo de acidente, ocupação, causa do acidente e parte do corpo atingida	Secundários AT no SINAN Agosto de 2006 a dezembro de 2010
(BORDONI et al., 2016)	Belo Horizonte MG - aplicação nacional	Rev. Epidemiologia e Serviços de Saúde	Mortalidade por acidente de trabalho	A maior parte dos óbitos foi de homens e a metade com motoristas e trabalhadores da construção civil, além dos acidentes de transportes e as quedas fatais.	Método de captura-recaptura para estudo dos ATTF. Análise das características do acidentado e características dos acidentes.	Secundários SIM, Sinan e Banco de Necropsias do Instituto Médico Legal Dados analisados para no período de 2011
(MELLO JORGE; GAWRYSZEWSKI; LATORRE, 1997)	Brasil e capitais das Unidades da Federação e	Rev. Saúde Pública	Mortalidade por acidente de trabalho	Crescimento da mortalidade brasileira por causas	Série Temporal de Mortalidade por: sexo, idade e tipo de causa	Secundários SIM/MS OMS – 1979

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
	Distrito Federal aplicação nacional que compreende comparações com países internacionais			externas. Taxas de mortalidade nas capitais são maiores que a taxa média brasileira	sendo apresentadas segundo a CID-9 (OMS22, 1980)	Censos de 1970, 1980 e 1991 Período analisado:1977 a 1994
(DRUMOND; SILVA, 2013)	Belo Horizonte MG - aplicação nacional	Rev. Ciência e Saúde Coletiva	Mortalidade por acidente de trabalho	Identificou-se sub-registro de informações nos dois bancos de dados. Em relação aos óbitos, maior parte eram homens, negros, com baixa escolaridade, entre outras.	Avaliação do sub-registro nos 2 sistemas (Sinan e SIM) Foram avaliadas a ocupação, a gravidade, a data, o local e a circunstância do acidente causador do óbito	Secundários SINAN, SIM, FI, DO e IML Dados analisados no período de 2008 a 2010
(OLIVEIRA; MENDES, 1997)	Porto Alegre aplicação nacional	Cad. Saúde Públ.	Mortalidade por acidente de trabalho e violência urbana entre os residentes em Porto Alegre	Pesquisa epidemiológica. Demonstra que 1/5 dos óbitos por acidentes de trabalho não são notificados. Violência urbana é a causa de 27/31 óbitos.	Análise de óbitos por causas externas. Analisou-se os óbitos relacionados com o trabalho segundo a idade, sexo, atividade exercida, classificação do acidente e causa do óbito.	Secundários DO, SSMA/RS IML, cemitérios e funerárias. Dados analisados no período de abril de 1992 a março de 1993
(SOUSA; SANTANA, 2016)	Brasil – aplicação nacional com comparações Internacionais	Cad. Saúde Públ.	Mortalidade por acidente de trabalho entre trabalhadores da Agropecuária	Sub-registro dos casos de óbito por acidente de trabalho. Houve 8.923 óbitos de trabalhadores da agropecuária devido a acidentes de trabalho	Análise da qualidade do registro da DO, coeficientes de mortalidade. Classificação por sexo, idade, causa do óbito	Secundários SIM, IBGE .Dados analisados no período compreendido entre 2000 e 2010.

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
(SANTANA et al., 2007)	Bahia, Brasil Aplicação nacional	Cad. Saúde Públ.	Mortalidade por acidente de trabalho, anos potenciais de vida perdidos e incidência na Bahia.	Sub-registro dos casos de óbito por AT. Os óbitos por AT foram de 0,79/100 mil trabalhadores, com base no SIM, mas com o SUB a estimativa é de 13,17/100 mil	Análise da mortalidade por AT e anos potenciais de vida perdidos: (APVP) sexo, idade, número de óbitos, tipos de benefícios	Secundários SUB, SIM e Censo Demográfico. Análise do ano de 2000.
(ALMEIDA; MORRONE; RIBEIRO, 2014)	Brasil – aplicação nacional	Cad. Saúde Públ.	Tendência na Incidência e na mortalidade por acidentes de trabalho	Registro de 3.475.504 AT. Decréscimo na taxa de incidência de AT. O número de casos de AT de trajeto e sua incidência indicam aumento. Porém o número de óbitos e a taxa de mortalidade diminuíram.	Classificações: acidentes típicos, de trajeto e óbitos por acidentes de trabalho. Cálculo das APC por meio do <i>Joinpoint</i> . Analisou-se: casos, taxa de incidência, óbitos, taxa de mortalidade e tipo de acidente em ambos os sexos.	Secundários DATASUS, MPS, INSS, Análise do período compreendido entre 1998 e 2008.
(GALDINO; SANTANA; FERRITE, 2012)	Brasil – aplicação nacional	Cad. Saúde Públ.	Mortalidade por acidente de trabalho e notificações no Brasil	Foram obtidos dados de 125 CEREST, 23 estaduais e 102 regionais. O número de notificações por acidentes de trabalhos depende da estrutura e quadro de pessoal dos CEREST.	Acompanhamento das ações do RENAST, análise de dimensões e sub-dimensões, categorias e escores, Aplicação e análise dos coeficientes de regressão linear	Secundários CEREST estaduais e municipais/regionais de todo o país, DATASUS, FormSUS, SINAN. Análise do período compreendido entre 2008 e 2009.
(GIBBS et al., 2014)	Quebec – Canadá – aplicação internacional	Journal of Occupational and	Mortalidade e incidência de câncer em	Não houve aumento dos casos de câncer em exposições	Estudou-se a experiência de 17.089 trabalhadores,	Secundários Banco de dados canadense

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
		Environmental Medicine	trabalhadores de fundição de alumínio	abaixo de 40 µg/m ³ . Surgem outros tipos de câncer com origem no meio ocupacional. Na planta de Prebake, não houve aumento significativo do câncer de pulmão.	estratificando os casos de cânceres, por sexo	administrado pela <i>Statistics Canada</i> . Além dos dados obtidos no Registro de tumores de Quebec. Diagnósticos anterior de 2000 foram classificados pela Classificação Internacional de Doenças como ICD-8 ou ICD-9 e após o ano 2000 foram recodificados enquadrando-se na ICD-10, como todos os demais casos registrados após o ano de 2000. Dados de 1950 a 2004.
(HOLTERMANN et al., 2012)	Dinamarca – aplicação internacional	International Archives of Occupational and Environmental Health	Relação entre a Atividade Física Ocupacional (OPA) e a mortalidade de trabalhadores	Ocorreram 262 (8,6%) mortes do sexo masculino e 174 (6,2%) casos de óbitos femininos durante os 19 anos analisados. 259 (4,4%) emigraram. Constatou-se que a intensa OPA aumenta significativamente os casos de mortalidade masculina.	Estratificação por sexo, idade e emigração. Realizou-se quatro questões. Utilizou-se a escala de resíduos de Schoenfeld e o modelo semiparamétrico de Cox, para medir o risco proporcional.	Secundários Amostra final com 5.839 trabalhadores de 18 a 59 anos. Analisou-se os dados no período de janeiro de 1991 a dezembro de 2009. Dados coletados no <i>Danish National Work Environment Cohort Study</i> (Estudo nacional dinamarquês da coorte do ambiente de trabalho)

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
(LEE et al., 2016)	Coreia do Sul, aplicação internacional	Occupational and Environmental Medicine	Identificar desigualdades na mortalidade por causa específica em diferentes grupos ocupacionais na Coreia.	As principais causas de morte foram lesões, suicídios e doenças hepáticas masculinas.	Análise de acordo com a atividade ocupacional e o sexo. Taxa de mortalidade padronizada para a idade. Dados obtidos com o programa nacional de seguro e emprego e nos registros do Escritório de Estatísticas Nacionais da Coreia (KNSO) Dividiu-se a pesquisa em nove grupos de acordo com a Classificação Ocupacional Padrão Coreana (KSOC).	Secundários Analisou-se 8.762.340 trabalhadores. Dados do programa nacional de seguro de emprego entre 1995 e 2000. O Escritório de Estatísticas Nacionais da Coreia disponibilizou dados entre 1995 e 2008
(LUCAS et al., 2018)	Anchorage, Alaska, USA, aplicação internacional	Safety Science	Análise da sobrevivência da tripulação imersa em água fria devido a naufrágios em embarcações de pesca comercial no Alasca	Quando há a imersão em água fria o acesso a equipamentos salvavidas e a correta utilização destes, são cruciais para garantir a sobrevivência dos pescadores	Considerou-se imersão na água por qualquer período de tempo e com duração superior a 30 minutos utilizando-se a regressão logística para prever as chances de sobrevivência da população. Cálculo das estatísticas descritivas. Características do navio, dos eventos e características da tripulação	Secundários Dados obtidos por meio da Base de dados de Incidências na Pesca Comercial (CFID), sistema de vigilância gerenciado pelo Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) e fontes suplementares. Dados coletados no período de 2000 a 2014

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
(MASON et al., 2017)	Estados Unidos da América, aplicação internacional	Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)	Análise das taxas de mortalidade em trabalhadores de extração de petróleo e gás	Foram identificadas 63 quedas fatais.	Utilizou-se a regressão de Poisson para avaliar a tendência das taxas de quedas fatais. Variáveis analisadas: altura e localização da queda, atividade antes da queda, uso da proteção contra quedas, e se o trabalhador estava firmemente vinculado a uma âncora, sexo e média de idade	Secundários Dados obtidos na Administração de Segurança e Saúde do Trabalho (OSHA) Dados analisados no período de 2005 a 2014.
(MENÉNDEZ; SOCIAS-MORALES; DAUS, 2017)	Estados Unidos da América, aplicação internacional	Journal of Occupational and Environmental Medicine	Análise das mortes violentas de trabalhadores da indústria de taxis e limusines	Em média 33 motoristas morreram anualmente, compondo uma taxa de 17,8 mortes a cada 100.000 trabalhadores. Os grupos com maior taxa multivariada de mortalidade foram homens, negros, hispânicos e motoristas da região sul do país.	Descrição de informações demográficas, características de ocupacionais e pessoais, além do detalhamento das lesões, analisando-se as tendências temporais para a nacionalidade e etnia. Utilizou-se os modelos de regressão de Poisson para calcular as taxas univariadas e multivariadas de riscos fatais. Intervalo de confiança de 95%.	As taxas de mortes violentas de motoristas foram obtidas utilizando-se dados advindos do Escritório de Estatísticas do Trabalho (BLS) do Censo de Lesões Corporais Fatais (CFOI). Dados utilizados no período de 2003 a 2013.

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
(KHODABANDEH; KABIR-MOKAMELKHAH; KAHANI, 2016)	Teerã – Irã aplicação internacional	Medical Journal of The Islamic Republic of Iran (MJIRI)	Investigação dos fatores associados à gravidade dos acidentes fatais em trabalhadores da construção civil	Todas as 714 mortes foram do sexo masculino, com maior incidência nos trabalhadores com idade entre 30 e 39 anos, casados, com ensino fundamental, trabalho informal, desempenho não qualificado, não segurado e com atividade diurna.	Realizou-se um levantamento com 967 relatórios de óbitos ocupacionais no período analisado. Com uma amostra de 714 acidentes ocupacionais fatais. Analisou-se variáveis sociodemográficas relacionadas ao óbito e informações pessoais das vítimas. Utilizou-se o teste de Qui-quadrado de Pearson e o teste de Kruskal-Wallis, com $p < 0,05$	Secundários Utilização de relatórios de óbitos ocupacionais fatais, incluindo relatórios policiais e hospitalares. Dados analisados no período de 2014 a 2016
(PIRA et al., 2017)	Val Chisone (norte da Itália) aplicação internacional	Journal of Occupational and Environmental Medicine	Análise da mortalidade de um grupo de mineradores e moleiros em uma mina de talco sem amianto.	Não há associação entre a exposição ao talco sem amianto, o câncer de pulmão e o mesotelioma. O aumento significativo no número de mortes por pneumoconiose entre mineradores está associado à exposição passada à sílica.	O grupo compreendeu 1722 trabalhadores do sexo masculino. Foram levantadas informações pessoais e obituárias. As taxas gerais de mortalidade (SMR) foram calculadas com intervalo de confiança de 95%	Secundários Registros de pessoal na planta e certidões de óbitos da cidade local. Analisou-se a mortalidade no período de 1946 a 2013

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
(ROBINSON et al., 2015)	Estados Unidos da América aplicação internacional	American Journal of Industrial Medicine	Análise do sistema nacional de vigilância da mortalidade ocupacional (NOMS): leucemia e risco agudo de infarto no miocárdio na indústria e nas ocupações em 30 estados dos Estados Unidos da América	Alto risco de infarto agudo no miocárdio e leucemia em várias indústrias e em diferentes ocupações que confirmam estudos recentes. O câncer e as doenças crônicas são as principais causas de morte nos EUA com um custo estimado de US\$ 46 bilhões.	Foram investigadas 11 milhões de mortes por causas específicas, na faixa de 18 a 64 anos de idade, classificando por ocupação, indústria, raça, gênero e origem hispânica.	Secundários. Os dados analisados foram fornecidos pelos Escritórios Estaduais de Estatística Vital e Saúde Pública e pelos estados que disponibilizaram dados da indústria, ocupação e mortalidade, entre outros departamentos. Dados obtidos no período de 1985 –1999, 2003 – 2004 e 2007.
(RINGEN et al., 2015)	Estados Unidos da América aplicação internacional	American Journal of Industrial Medicine	Mortalidade dos trabalhadores antigos da construção empregados nas instalações nucleares do Departamento de Energia (DOE)	Os trabalhadores da construção empregados nas instalações do DOE estão expostos a um risco significativamente maior de doenças ocupacionais do que os demais trabalhadores.	Foi estudado um grupo com 18.803 trabalhadores e 2.801 óbitos do Programa Nacional de Triagem Médica de Construção (BTMed). Análise de variáveis pessoais e obituárias. Aplicação da estatística descritiva, regressão SMR e modelo de Cox.	Secundários Trabalhadores das instalações do Departamento de Energia (DOE) que participaram do BTMed no período de 1998 a 2011. Os dados de mortalidade foram obtidos por meio do Índice Nacional de Mortalidade (NDI).

Referência	Local	Periódico	Desfecho	Conclusão	Método	Dados e período
(WOOLLEY et al., 2015)	Apalaches – Estados Unidos da América aplicação internacional	Journal of Occupational and Environmental Medicine	Comparação de disparidades de mortalidade nos condados centrais de mineração de carvão e não-carvão	Índice significativo de mortalidade e pobreza nas áreas de mineração do carvão em comparação com áreas em que não há a mineração do carvão na Virginia Ocidental e na Virginia (VA)	Aplicação da estatística descritiva. Comparação de dados demográficos e socioeconômicos entre os grupos de estudo por meio de duas amostras de teste T e $\alpha = 5\%$.	Secundários. A mineração de carvão e os municípios não mineradores foram identificados por meio dos dados da Comissão Regional de Apalaches (ARC) e da agência de Informações Energéticas. Registros de óbitos foram obtidos no Departamento de Saúde da Virgínia (VDH) e no Sistema de Dados de Mortalidade e População (MPDS), além da consulta ao censo dos EUA. Dados analisados no período de 1960 a 2009.