

MODELO PROBABILÍSTICO PARA ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DE ACIDENTES DO TRABALHO DE UMA EMPRESA DO SETOR ELÉTRICO

João Mateus Marques de Santana¹; Márcio José das Chagas Moura²

¹Estudante do Curso de Engenharia de Produção – CTG – UFPE; joaomateusmsantana@gmail.com

²Pesquisador do CEERMA - Departamento de Engenharia de Produção – CTG – UFPE; marcio@ceerma.org

Sumário: Este trabalho propõe um modelo para o tratamento probabilístico de acidentes de trabalho, com o objetivo de obter informações relevantes para a estimação de custos relacionados a acidentes. O método utilizado lança mão da Teoria das Filas, desenvolvendo e adaptando um modelo de filas na modelagem da ocorrência de acidentes ocupacionais. O método realizado também permite a análise quanto à frequência de acidentes e severidade dos acidentes de trabalho e pode ser expandido para uso em outros contextos. O modelo apresentou desempenho satisfatório. Dados reais de uma empresa do setor elétrico são utilizados na solução numérica do modelo, permitindo a análise quanto a riscos e custos com acidentes. Medidas dos níveis e riscos e intensidades dos acidentes foram obtidos, indicando os setores da empresa mais e menos atingidos por acidentes ocupacionais.

Palavras-chave: acidentes ocupacionais; custos de acidentes; Teoria das Filas;

INTRODUÇÃO

Segundo Marcoulaki et al. (2012a, b), a partir do momento que um funcionário executa alguma atividade e enfrenta um ou mais perigos relacionados a esta, existe a possibilidade de ocorrência de um acidente do trabalho e, em decorrência disso, algum tipo de lesão corporal. A saúde e segurança do trabalhador é uma questão que cada vez mais está tendo preocupação da sociedade moderna e com a evolução da tecnologia, a indústria vem adquirindo notáveis conquistas nesta área.

Mesmo com técnicas de eliminação de perigos, gestão de riscos e programas de prevenção de acidentes, a frequência com que acidentes de trabalho acontecem é preocupante. De acordo com a EUROSTAT (2007), 3,2% dos trabalhadores na UE-27 (União Europeia com 27 membros) sofreram um acidente de trabalho durante o período de um ano, o que corresponde a quase 7 milhões de trabalhadores. Entre os trabalhadores que já se acidentaram, 73% relataram ter perdido dias de trabalho após o acidente mais recente, e 22% relataram tempo de afastamento que durou pelo menos um mês.

As consequências geradas por esses acidentes são maiores do que se pode mensurar. Além de custos com material, equipamentos, paradas na produção, perda de tempo para a empresa e o trabalhador, a imagem de uma empresa que não se empenha na gestão da segurança e saúde no trabalho é extremamente penalizada. Entre os maiores prejudicados está o próprio trabalhador, que corre riscos à saúde e à sua integridade física ao realizar suas atividades. Portanto, é essencial promover a segurança e a prevenção de acidentes nas empresas para que haja sucesso propriamente dito.

De modo a garantir um planejamento eficaz quanto à segurança do trabalho, é importante que se estudem as consequências dos acidentes já ocorridos. Isso permite que se estime o que irá acontecer no futuro, resultando em uma oportunidade de melhor preparo para os gestores. Em qualquer sistema de produção os objetivos de desempenho devem ser eficientemente conciliados. Neste âmbito, tem-se a importância do entendimento de como

se inferem os custos gerados por acidentes de trabalho e sua relação com a gravidade das ocorrências.

Este trabalho buscou prever estatisticamente o comportamento dos impactos econômicos ocasionados devido a acidentes de trabalho em uma empresa do setor elétrico. O desenvolvimento do modelo objetiva a obtenção de informações que proporcionem base consistente para um melhor gerenciamento de custo preventivista, de modo a evitar ou ao menos mitigar as consequências de acidentes futuros. Portanto, o objetivo do projeto foi desenvolver técnicas estatísticas que permitam que se estime a quantidade de acidentes, o tempo de trabalho perdido, a indisponibilidade da força de trabalho e os custos envolvidos em uma companhia do setor elétrico.

Optou-se por aplicar uma metodologia baseada na Teoria das Filas na modelagem do problema. Essa abordagem permitiu o tratamento adequado dos dados disponíveis e demonstrou compatibilidade com os objetivos do projeto. Certamente, foi necessária a escolha apropriada de suposições e restrições, além de um modelo de fila válido, para que se obtivesse sucesso na modelagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

O problema em questão, foi modelado através um modelo de Teoria das Filas do tipo $M/M/K/FCFS/K/K$. Nessa abordagem, um acidente é representado por uma chegada no sistema, enquanto o tempo de afastamento do trabalho foi tratado como o tempo de serviço. No modelo escolhido, não há formação de fila propriamente dita, pois existem servidores suficientes para atender aos clientes que chegam ao sistema – para um melhor esclarecimento os conceitos de Teoria das Filas, o leitor pode consultar Kleinrock (1975). Após a definição do modelo, as equações que o descrevem foram adaptadas a partir do exposto por Hiller & Lieberman (2001).

A partir de um banco de dados fornecido por uma empresa do setor elétrico, contendo informações sobre acidentes de trabalho, como datas e tempos de afastamento, pôde-se realizar uma aplicação numérica do modelo. Os dados foram referentes ao período de Janeiro de 2005 a Setembro de 2012. Para que a análise dos dados reais pudesse ser mais coerente, os funcionários constantes no banco de dados da empresa foram classificados em diferentes segmentos de atuação: administrativo, analistas, condutores, construção civil, engenheiros e supervisores, hospitalar e laboratorial, manutenção, operação, serviços em geral, serviços técnicos e vigilância. O segmento de vigilância não foi analisado pois apresentou somente um caso de acidente durante o período observado, não constituindo quantidade suficiente para uma análise estatística. A aplicação numérica foi iniciada com a obtenção dos parâmetros a partir de estimadores de máxima verossimilhança. Estimados os parâmetros, métricas e resultados em relação ao modelo puderam ser obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1 - Número esperado de acidentes com afastamento em um período de um ano para cada segmento de atuação.

Segmento	Limite inferior	Estimativa	Limite superior
Administrativo	7.92	10.16	12.39
Analistas	1.80	2.99	4.18
Condutores	0.28	0.86	1.43
Construção civil	0.28	0.86	1.43
Engenheiros e supervisores	2.26	3.57	4.89
Hospitalar e laboratorial	0.02	0.42	0.83
Manutenção	9.21	11.28	13.34



Operação	1.07	1.90	2.74
Serviços em geral	0.59	1.30	2.02
Serviços técnicos	8.07	10.38	12.68

Tabela 2 – Número esperado de acidentes sem afastamento em um período de um ano para cada segmento de atuação.

Segmento	Limite inferior	Estimativa	Limite superior
Administrativo	6.16	8.15	10.15
Analistas	0.84	1.76	2.67
Condutores	0.28	0.86	1.43
Construção civil	0.19	0.72	1.24
Engenheiros e supervisores	2.11	3.39	4.67
Hospitalar e laboratorial	0.47	1.13	1.79
Manutenção	6.58	8.35	10.13
Operação	1.18	2.04	2.91
Serviços em geral	0.10	0.58	1.06
Serviços técnicos	7.90	10.19	12.47

Tabela 3 - Tempo (em homens-dia) esperado de perda devido a acidentes com afastamento por segmento de atuação.

Segmento	Limite inferior	Estimativa	Limite superior
Administrativo	154.6	198.1	241.6
Analistas	39.2	65.2	91.3
Condutores	6.0	18.2	30.3
Construção civil	2.8	8.4	14.1
Engenheiros e supervisores	59.8	94.5	129.3
Hospitalar e laboratorial	0.2	3.3	6.3
Manutenção	218.8	267.8	316.7
Operação	18.5	33.1	47.6
Serviços em geral	15.7	34.7	53.7
Serviços técnicos	196.0	251.8	307.7

Os resultados apresentados na Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3 indicam previsões obtidas através da aplicação do modelo com os dados fornecidos. Alguns segmentos apresentaram bastante dispersão devido à incerteza resultante da existência de poucos acidentes durante o período observado. Dentre os valores obtidos, os dos segmentos administrativo, de manutenção e de serviços técnicos apresentaram maior incidência de acidentes. Esses valores podem ser utilizados diretamente na estimação dos custos com acidentes ao serem aliados ao custo médio de um acidente e à incidência de custos quando há trabalhadores afastados.

O modelo desenvolvido mostra bom desempenho, compatível com os métodos até então utilizados. Uma de suas vantagens é a possibilidade de adaptação a diferentes situações, como variações e tendências nas taxas de acidentes e de recuperação com a adoção de tipos ligeiramente diferentes de filas. Variações nas taxas podem ocorrer devido a efeitos de medidas preventivas ou mudanças no perfil de risco das atividades.

CONCLUSÕES

O modelo proposto permitiu a análise do problema sob uma ótica diferente da usual. A partir disso, novas possibilidades podem ser investigadas, como a incorporação de variações e tendências nas taxas de acidentes, permitindo maior abrangência de aplicações. Outra possibilidade de adaptação é a alteração do comportamento das taxas de

recuperação. Esse modelo constitui uma alternativa pertinente em relação aos métodos utilizados para problemas similares, principalmente por sua flexibilidade.

AGRADECIMENTOS

O aluno realizou essa pesquisa como bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Pessoas que contribuíram na realização desse trabalho foram Azevedo, R. V. e Silva, W. J. F.

REFERÊNCIAS

[http://www.protecao.com.br/site/content/materias/materia_detalhe.php?id=JyjbAA]. Acesso em: 21/08/2012.

Arenales, M.; Armentano, V. A.; Morabito, R. & Yanasse, H. H. 2007. *Pesquisa Operacional para cursos de engenharia*. Elsevier. Rio de Janeiro

Babu, B. V.; Nayak, A. N. 2003. Treatment costs and work time loss due to episodic adenolymphangitis in lymphatic filariasis patients in rural communities of Orissa, India. *Tropical Medicine & International Health*, 8, 1102-1109. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1360-2276.2003.01146.x/full>. Acesso em: 30/08/12.

Correio Brasiliense. 2011. Gastos do Brasil com acidentes de trabalho superam conta de R\$ 100 bilhões. Disponível em: [http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2011/11/07/internas_economia,277289/gastos-do-brasil-com-acidentes-de-trabalho-superam-conta-de-r-100-bilhoes.shtml]. Acesso em: 21/08/2011.

Dorman, P. 2000. Three Preliminary Papers on the Economics of Occupational Safety and Health. International Labour Office. InFocus Programme on Safety and Health at Work and the Environment. Geneva.

Del Nero. 2005. *Economia da Saúde: Conceito e Contribuição para a Gestão da Saúde*. IPEA.

EUROSTAT. 2009. Labour Force Survey 2007 ad hoc module on accidents at work and work-related health problems. EUROSTAT publication 63.

Hillier, F. S. & Lieberman, G. J. 2001. *Introduction to Operations Research, 7th ed.* McGraw-Hill. New York.

Kleinrock, L. 1975. *Queueing Systems*. Wiley Interscience.

Konstandinidou, M.; Nivolianitou, Z.; Markatos, N.; Kiranoudis, C. 2006. Statistical analysis of incidents reported in the Greek Petrochemical Industry for the period 1997–2003. *Journal of Hazardous Materials*, A135, 1–9.

Marcoulaki, E.C.; Papazoglou, I.A. & Konstandinidou, M. 2012a. Prediction of occupational accident statistics and work time loss distributions using Bayesian analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25, 467-477.

Marcoulaki, E.C.; Papazoglou, I.A. & Konstandinidou, M. 2012b. Work time loss prediction by exploiting occupational accident data. *Advances in Safety, Reliability and Risk Management – Bérenguer, Grall & Guedes Soares (eds)*. Taylor & Francis Group, London.

Meel, A. & Seider, W.D. 2006. Plant-specific dynamic failure assessment using Bayesian theory. *Chemical Engineering Science*, 61, 7036–7056.

Meel, A., O'Neill, L.M., Levin, J.H., Seider, W.D., Oktem, U. & Keren, N. 2007. Operational risk assessment of chemical industries by exploiting incident databases. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20, 113–127.

Santana, V. S.; Bouzón, A.; Bouzas, J.; Nobre, L. 2004. Campos, M.; Silva, M. Estimativa da Carga e Custos Indiretos com os Acidentes de Trabalho. Salvador.