

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE REGULAMENTOS DA ANP SOBRE OS ACIDENTES FATAIS NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO ATRAVÉS DE MODELO PROBABILÍSTICO

Rafael Albuquerque¹, UERJ – Regina Lanzillotti², UERJ – Cristiane Oliveira de Faria³, UERJ – Igor Machado Coelho⁴, UFF

RESUMO

A indústria de óleo e gás no mundo historicamente apresenta elevados riscos aos trabalhadores, inclusive no Brasil. A abertura do mercado de óleo e gás demandou a elaboração de arcabouço regulatório para conduzir a redução dos riscos. Em 2007, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) instituiu o Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) através da Resolução ANP n° 46/2007 seguindo tendências internacionais referentes a orientação direcionada a riscos e características não prescritivas.

O objetivo deste trabalho é analisar a ocorrência de acidentes fatais na indústria de exploração e produção (E&P) de petróleo segundo a Distribuição de Probabilidade de Poisson. Esta opção permite avaliar os impactos tanto das ações de fiscalização de segurança operacional quanto o marco regulatório da ANP sobre a indústria sob a ótica de um indicador de segurança operacional.

Na literatura existem abordagens para análises de acidentes baseadas em distribuições de probabilidade de Poisson e Binomial Negativa e em Análise de Séries Temporais, modelos de regressão com periodicidade e modelos estacionários Box-Jenkins. A distribuição de probabilidade de Poisson avalia a ocorrência de eventos raros e independentes para um determinado intervalo de tempo de forma proporcional ao intervalo. A probabilidade da ocorrência pode ser estimada através da taxa (λ) e, por simplicidade, assume-se que a ocorrência de morte seja independente. As ocorrências de acidentes em instalações e plataformas de produção e também em sondas marítimas e terrestres foram reportadas a ANP no período de 2012 a 2019 referente a pelo menos uma fatalidade, apresentando valor médio de 1,44. Foi observado uma taxa de mortalidade de até três acidentes de 94%.

A adequabilidade do modelo foi confirmada pelo teste de aderência Qui-quadrado ao nível de significância de 5%, sendo que o valor observado da estatística teste apresentou valor de 0,9821 e ao confrontar com o valor tabelado de 5,99, aceita-se a hipótese do ajuste a distribuição de Poisson. O modelo poderá ser utilizado para estimar o número de acidentes fatais nas futuras ações do órgão regulador nesta indústria, pois contempla melhor aferição da probabilidade da ocorrência ao longo do tempo.

1. INTRODUÇÃO

Em 1997 a Lei n° 9.478/1997 instituiu a Agência Nacional Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis ANP como o órgão regulador de toda as atividades relacionadas a cadeia produtiva do petróleo. A abertura do mercado de exploração e produção (E&P) de óleo e gás no país demandou a geração de um arcabouço regulatório capaz de conduzir a redução dos riscos inerentes a esta atividade. Em 2007 a Agência instituiu o Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) através da Resolução ANP n° 46/2007. Seguindo tendências internacionais, tal resolução e seu regulamento técnico tiveram como princípio a orientação direcionada a riscos e, majoritariamente, não prescritiva.

1 MS, Engenheiro de Petróleo – ANP/UERJ

2 PhD, Matemática Aplicada e Computação Científica - UERJ

3 PhD, Estatística - UERJ

4 PhD, Ciência da Computação - UFF

A redução dos riscos operacionais na indústria de óleo e gás passa pela definição de métricas que possam acompanhar o nível de segurança e, portanto, os impactos de novas regulamentações ou estratégias de controle dos órgãos reguladores. A International Association of Oil & Gas Producers (IOGP) reúne indicadores globais da indústria de segurança e publica indicadores de desempenho de segurança (safety performance indicators) desde 2014. Um dos principais indicadores deste relatório é a taxa de acidentes fatais (fatal accident rate) que apresenta a quantidade de fatalidades por 100 milhões de horas trabalhadas hours. Segundo Oliveira et al (2014), a instituição do SGSO contribuiu para a redução significativa dos acidentes com mortes no período de 2007 a 2012, o que pode ser evidenciado no sentido do aprimoramento dos níveis de segurança da indústria. Neste artigo são apresentados os dados de taxa de acidentes fatais para a indústria de exploração e produção de petróleo brasileira. A conclusão da melhoria dos indicadores é obtida através de regressão linear com tendência claramente negativa. Contudo, eventos recentes como o acidente no FPSO Cidade de São Mateus (nove fatalidades) não deixam claro a viabilidade de tal metodologia.

Este artigo objetiva estabelecer um modelo probabilístico para os acidentes fatais na indústria de exploração e produção de óleo e gás no período de 2012 a 2019 para avaliar a evolução dos sistemas de gerenciamento de segurança da indústria de E&P de petróleo. Para tal, o modelo foi baseado na distribuição de Poisson por tratar-se de modelo comumente adotado na análise de eventos acidentais.

A aderência do modelo proposto foi efetivada em função de um teste probabilístico de significância tendo probabilidade de risco 5% para utilizá-lo em estimativa para 2020 e avaliar as futuras ações do órgão regulador nesta indústria. A iteração da modelagem proposta para períodos futuros impõe a substituição do valor estimado pelo valor observado, o que vem a permitir uma aferição do comportamento de acidentes fatais.

2. METODOLOGIA

Assumindo que os dados de acidentes fatais na indústria de petróleo seguem uma distribuição de Poisson, pode-se obter um modelo suficientemente próximo dos dados que represente o comportamento esperado para o número de fatalidades por ano.

Foram utilizados os dados de acidentes com fatalidade da ANP entre 2012 e 2019. O intervalo de tempo utilizado para análise foi de seis meses. Para efetuar o modelo, os dados foram agrupados semestralmente conforme apresentado na tabela 1.

Tab.1 – Número de eventos com fatalidades em cada semestre

Semestre	Eventos com óbitos por semestre
2012_1	1
2012_2	0
2013_1	2
2013_2	1
2014_1	3
2014_2	1
2015_1	1
2015_2	2
2016_1	1
2016_2	0
2017_1	4

2017_2	2
2018_1	1
2018_2	3
2019_1	1
2019_2	0

Os dados foram obtidos através do envio obrigatório de informações de acidentes instituído através da resolução ANP no. 44 de 2012. Embora haja indícios de subnotificações em acidentes de menor porte, os dados de acidentes fatais são integralmente reportados. Portanto os números apresentados são considerados confiáveis.

Outro ponto a se destacar é que o quantitativo de óbitos não faz parte do escopo desta análise. O quantitativo representa o número de acidentes aos quais ocorreram ao menos uma fatalidade.

O modelo de Poisson é comumente utilizado em análises de acidentes (Incluir referências) para tal algumas premissas devem ser assumidas:

- Os acidentes devem ocorrer de forma aleatória em um dado intervalo de tempo.
- Os eventos devem ser independentes, ou seja, eventos passados não interferem em ocorrência de novos eventos.
- A probabilidade de um acidente ocorrer em um determinado intervalo de tempo é proporcional ao intervalo e pode ser estimado através do parâmetro λ que é taxa de ocorrência do evento.

Assim a probabilidade de ocorrência de x eventos em um intervalo de tempo determinado segue a seguinte distribuição.

$$P_{\lambda}(x) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{x!}$$

Eventos acidentais na indústria, a priori, não são relacionados. A avaliação dos dados indica variedade de locais, tipos, atividades realizadas, entre outros fatores que indicam esta falta de relação. Entretanto, eventos de impacto global na indústria, tais como variação do preço do petróleo, entrada de novas empresas no mercado e frequência de atividades de fiscalização podem impactar de forma mais ampla o número de acidentes com fatalidade. Tais características não são englobadas pelo modelo.

Como forma de avaliar os resultados obtidos, o ajuste do modelo foi verificado através de teste quiquadrado com 4 graus de liberdade e nível de confiança de 95%. Este teste de hipótese é aplicado para classificar se o modelo de Poisson obtido como resultado da análise aproxima-se dos dados avaliados.

3. RESULTADOS

A partir destes dados, o número de fatalidades por semestre foi ajustado em um modelo de distribuição de Poisson. O gráfico 1 apresenta o comparativo entre os valores calculados e estimado do número de fatalidades em um semestre. O número máximo de acidentes com fatalidades ocorrido em um semestre foi de quatro acidentes. Além disto, no histórico de dados avaliados, em três semestres não ocorreu nenhum acidente com vítimas fatais.

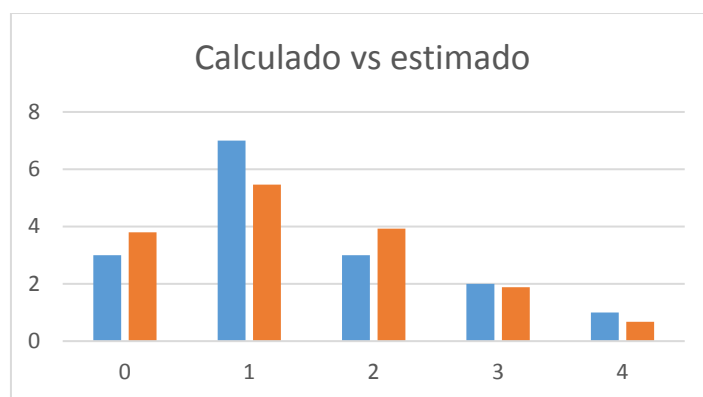


Fig.1 – Comparativo valores calculados e estimados para frequência de eventos com fatalidade

A tabela 2 apresenta o resultado do teste e a obtenção do parâmetro lambda (número total de eventos pela quantidade de intervalos avaliados) do modelo de distribuição de Poisson.

Tab.2 – Obtenção do parâmetro lambda do modelo de distribuição de Poisson

Número de eventos por período	Frequencia	Total de eventos	Frequencias teóricas Poisson	(fo-fi) ² /fi
0	3	0	3,800	0,16854656
1	7	7	5,463	0,4324443
2	3	6	3,927	0,21862434
3	2	6	1,881	0,0074691
4	1	4	0,676	0,15511402
Soma	16	23	χ^2	0,98219831
Lambda	1,4375		gl	4
Teste qui quadrado (valor-p)	0,912483187			

O teste de aderência quiquadrado indica que ($\chi^2 = 0,9821 < 9,488$) não se pode rejeitar a hipótese de que com 95% de confiança, os dados da amostra seguem uma distribuição Poisson com parâmetro $\lambda = 1,4375$.

4. DISCUSSÃO

A partir do modelo de Poisson proposto, é possível, avaliar a cada semestres se houve alterações significativas que indiquem algum impacto regulatório ou outro tipo de influência externa.

O modelo então pode ser ajustado ao novo conjunto de dados de forma a acompanhar a evolução dos níveis de segurança da indústria.

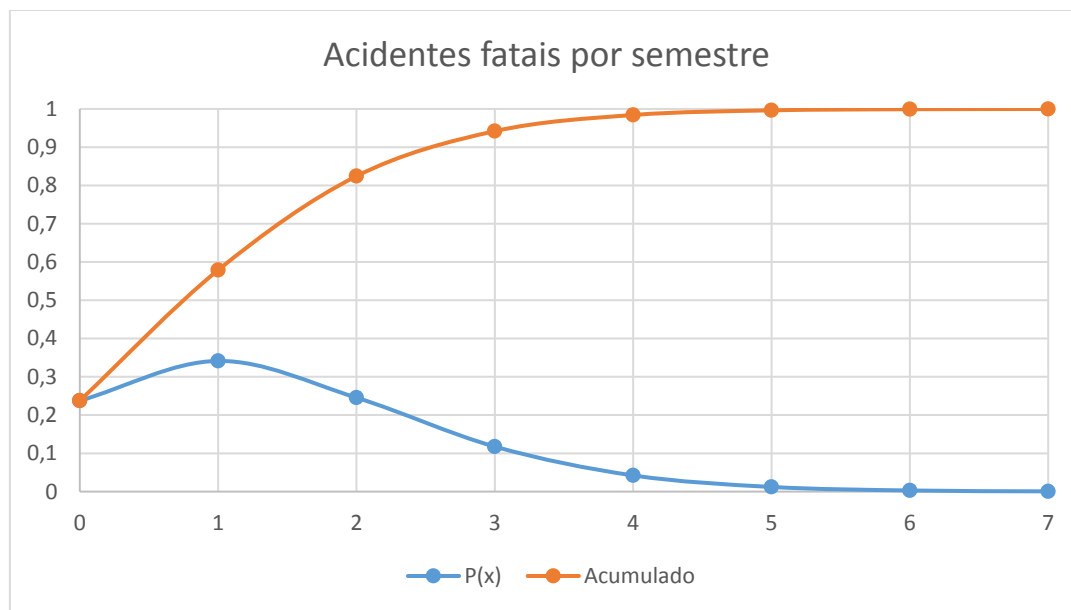


Fig.2 – Probabilidade e probabilidade acumulada de acidentes fatais em um semestre

O gráfico[2] apresenta a probabilidade e a probabilidade acumulada de ocorrência de 0 a 7 acidentes fatais em um semestre. Observa-se que em 94% dos casos ocorrerão de 0 até 3 acidentes fatais. A ocorrência de cinco acidentes em um semestre tem probabilidade, segundo o modelo, de 1,2%.

O acompanhamento do modelo indicará possíveis mudanças na ocorrência de acidentes fatais. Contudo, o modelo por si é incapaz de apontar as razões para tais alterações, sendo necessário análises mais aprofundadas envolvendo parâmetros adicionais (ex. número de empresas no mercado, taxa de cobertura de auditorias, valor do petróleo) para determinar a influência destes parâmetros sobre os resultados.

Ainda assim, a análise sobre o modelo pode identificar variações sendo uma ferramenta importante no processo decisório da gestão de segurança para os reguladores.

Além disto, o método adotado pode ser aplicado a diferentes tipos de acidentes servindo de indicador para outros cenários relevantes com, por exemplo, grandes vazamentos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As agências reguladoras de petróleo têm adotado metodologias não prescritivas no intuito de tentar elevar os níveis de segurança operacional desta indústria. Diversos indicadores são utilizados com o propósito de avaliar a evolução dos níveis de segurança.

O artigo apresentou a aplicação de modelo de Poisson sobre a quantidade de acidentes com fatalidade na indústria de exploração e produção de petróleo. Através de dados obtidos da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis entre 2012 e 2019, foi possível estimar o parâmetro lambda da distribuição como 1,4375. O teste de qui-quadrado indica com 95% de confiança que não se pode rejeitar a hipótese de que os dados da amostra seguem a distribuição Poisson.

O modelo obtido pode ser utilizado para avaliar a evolução dos índices de acidentes fatais e pode ser ajustado com as novas informações semestrais. Assim, o resultado pode ser aplicado para definir e avaliar as ações da Agência reguladora visando aprimorar os níveis de segurança da indústria de óleo e gás.

O modelo proposto também pode ser aplicado a outros tipos de acidentes desta indústria tais como vazamentos de grandes proporções.

Outros modelos estatísticos ou computacionais devem ser estudados e comparados a metodologia proposta. Avaliações Teste ANOVA para aderência de ajustamento (estatística paramétrica).

6. REFERÊNCIAS:

- [1] LUIZ FERNANDO OLIVEIRA, FLÁVIO LUIZ DINIZ, and JAIME EDUARDO LIMA, Evolution of Offshore Safety in Brazil – Comparison with International Data. Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM 12, June 2014, Honolulu, Hawaii
- [2] ANP - National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels, 2015. Investigation Report – FPSO Cidade de São Mateus Explosion on 11 February 2015 [Online]. Rio de Janeiro: ANP. Available from: http://www.anp.gov.br/images/EXPLORACAO_E_PRODUCAO_DE_OLEO_E_GAS/Seguranca_Operacional/Relat_incidentes/Sao_Mateus/anp-final-report-fpso-cdsm-accident.pdf
- [3] JENNIFER BESSERMAN, RAY A. MENTZER, Review of global process safety regulations: United States, European Union, United Kingdom, China, India *
- [4] An offshore safety assessment framework using fuzzy reasoning and evidential synthesis approaches J Ren, I Jenkinson, HS Sii, and J Wang*, all of School of Engineering, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK; and L Xu and JB Yang, both of Manchester Business School, The University of Manchester, Manchester, UK
- [5] PETRISSA ECKLE,* PETER BURGHER, AND EDOUARD MICHAUX, Risk of Large Oil Spills: A Statistical Analysis in the Aftermath of Deepwater Horizon