

## CADERNOS DO IME – Série Estatística

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
ISSN on-line 2317-4536 / ISSN impresso 1413-9022 - v.56, p.1-15, 2024  
DOI: 10.12957/cadest.2024.85964

# UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A TENDÊNCIA TEMPORAL DE INCIDENTES CLASSIFICADOS COMO DE DANOS À SAÚDE HUMANA NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO DO BRASIL

Fernanda da Serra Costa  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
[fcosta@ime.uerj.br](mailto:fcosta@ime.uerj.br)

Ricardo de Melo e Silva Accioly  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
[raccioly@ime.uerj.br](mailto:raccioly@ime.uerj.br)

### Resumo

*Nos últimos 10 anos observou-se um aumento de 56% na produção marítima de petróleo no Brasil atingindo 2,95 Mbpd em 2022 (ANP-1, 2023). Por outro lado, este aumento de produção está associado a um acréscimo de apenas 22% no número de horas trabalhadas em plataformas de produção. Isso indica uma maior eficiência nos processos de produção de petróleo nesse período. Apesar do aumento de eficiência ainda ocorreram 1509 incidentes offshore em 2022, destes 1044 foram em plataformas de produção e 200 em poços marítimos (ANP-1, 2023). O objetivo deste trabalho é analisar a tendência temporal dos incidentes que levam a danos à saúde humana nas operações marítimas, utilizando técnicas não paramétrica e paramétricas (processo de Poisson não homogêneo - PPNH). Foram analisados os incidentes classificados como de danos à saúde humana no período de 2012 a 2021, disponíveis na base de dados abertos de incidentes da ANP (ANP-3, 2023). Os resultados indicaram que houve uma mudança de comportamento na taxa média de recorrência destes incidentes. Verificou-se que os sistemas de produção instalados antes de 2012 tem taxa média de incidente crescente, enquanto os instalados após 2012 a taxa média é decrescente.*

**Palavras-chave:** Incidentes, Danos à saúde humana, Indústria do petróleo, PPNH.

## 1. Introdução

Entre 2012 e 2022 observou-se um aumento de 56% na produção marítima de petróleo no Brasil, atingindo 2,95 MMbpd em 2022 (ANP-1, 2023). Por outro lado, este aumento de produção está associado a um acréscimo de apenas 22% no número de horas trabalhadas em plataformas de produção. Isso indica uma maior eficiência nos processos de produção de petróleo nesse período.

Apesar do aumento de eficiência de produção ainda ocorreram 1509 incidentes offshore em 2022, destes 1044 foram em plataformas de produção e 200 em poços marítimos (ANP-1, 2023). Estes incidentes não são todos do mesmo tipo nem da mesma severidade, por exemplo, eles podem englobar ocorrências que afetam o meio ambiente, como descarga de material com alto potencial de dano, ferimentos em trabalhadores com afastamento do trabalho, entre outros.

A Agência Nacional de Petróleo (ANP) através da resolução ANP nº 882/2022, estabeleceu o procedimento para comunicação de incidentes da indústria do petróleo, gás natural e biocombustíveis. O Manual de Comunicação de Incidentes (ANP-2, 2023) relata que um incidente é definido na resolução ANP nº 882/2022 como “ocorrência que cause ou tenha potencial de causar poluição ou danos ao meio ambiente ou à saúde humana, prejuízos materiais ao patrimônio próprio ou de terceiros ou interrupção das operações da instalação, sendo, portanto, considerados incidentes os quase acidentes e os acidentes”. Atualmente os incidentes são classificados nas seguintes áreas:

- risco de danos ao meio ambiente ou à saúde humana;
- danos ao meio ambiente ou à saúde humana;
- prejuízos materiais ao patrimônio próprio ou de terceiros;
- ocorrência de fatalidades ou ferimentos graves para o pessoal próprio ou para terceiros;
- interrupção não programada das operações da Instalação por mais de 24 (vinte e quatro) horas.

A ANP disponibiliza uma base de dados aberta de incidentes com algumas informações sobre estes incidentes (ANP-3, 2023). A análise da evolução do número de incidentes é relevante tanto para a prevenção quanto para a verificação da efetividade das políticas adotadas, e vem sendo explorada por diversos autores (HALIM *et al.*, 2021, YU *et al.*, 2007).

A partir das informações disponibilizadas pela ANP foram analisados os incidentes classificados como de danos à saúde humana (ANP-7, 2023), nas instalações de produção marítimas (offshore), nas regiões de maior produção no Brasil. Somente a partir de 2012 a indústria passou a disponibilizar informações sobre esta classificação de incidentes. Assim, o período analisado neste trabalho compreendeu os registros entre 2012 e 2021, uma vez que os registros de 2021 são as últimas informações públicas disponibilizadas pela ANP, na ocasião da elaboração deste estudo.

A avaliação da tendência temporal do número/taxa de incidentes possibilita identificarmos mudanças no seu comportamento, que podem estar relacionadas a alterações na regulamentação, nas práticas operacionais das empresas, entre outras coisas.

O objetivo deste trabalho é identificar o comportamento da indústria como um todo e não de um operador ou unidade de produção específica. Existem diversas abordagens que podem ser utilizadas neste tipo de análise conforme Nelson (2003) e Cook e Lawless (2007).

Neste artigo são utilizadas duas metodologias para analisar a recorrência destes eventos em cada uma das instalações de produção. Inicialmente foi utilizada uma abordagem não paramétrica conforme podemos ver em Nelson (2003), pois a partir dela é possível identificar-se o comportamento dos dados com o objetivo de posteriormente adotar um modelo paramétrico. Na segunda etapa foi adotada uma metodologia paramétrica através do uso do processo de Poisson não homogêneo (PPNH), buscando identificar o comportamento da taxa média de recorrência de incidentes com danos à saúde humana ao longo do tempo, conforme pode ser visto em Meeker e Escobar (1998).

## **2. Coleta e tratamento dos dados**

Quando a ANP iniciou a coleta de dados de incidentes, em 2010, o Brasil já tinha diversas instalações de produção operando, desde então, o número de instalações de produção variou ao longo do tempo, com entrada de novas unidades, descomissionamento e hibernação de outras. O grupo de unidades de produção operando neste período era bem heterogêneo, sendo de diferentes tipos, idades, origens e operadores.

Não foi encontrado um repositório de dados que tivesse um histórico do número de unidades de produção ao longo do tempo, somente havia o número atual de unidades de produção operando (ANP-4, 2024), o que dificultou a obtenção de informações das

unidades descomissionadas e hibernadas. Atualmente existem 12 operadores com instalações de produção marítimas (ANP-4, 2024).

Os dados de incidentes podem ser obtidos no repositório de dados abertos da ANP (ANP-3, 2024). Os incidentes são divulgados 2 anos após sua ocorrência, sem apresentar informações pessoais ou outros dados sujeitos a sigilo. Os dados obtidos continham informações entre 2010 e 2021.

Neste trabalho foram analisados os incidentes classificados como danos à saúde humana, cujos registros se iniciaram em 2012. Foram selecionados os incidentes em instalações de produção marítimas definitivas e temporárias das Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo, que entre 2012 e 2021 representaram mais de 90% da produção do Brasil, pois nestas áreas foi possível identificar as plataformas em operação, hibernadas e descomissionadas. Estas informações são necessárias para a modelagem estatística dos dados. Os dados de incidentes apresentam duas características, truncagem à esquerda e censura à direita da linha do tempo.

A obtenção da data de início de operação das unidades e de seus descomissionamentos/hibernação se mostrou bastante complexa, pois nos dados abertos da ANP esta informação não existe ou está incompleta, somente estão disponíveis o ano de entrada em operação das unidades de produção que estão atualmente operando. Para a complementação destas informações, ou seja, a data completa de início de operação e descomissionamento se for o caso, foi necessário acessar sites das operadoras, site das empresas que constroem e alugam as unidades de produção as operadoras e os arquivos dos programas de descomissionamento de plataformas de produção de petróleo (ANP-5, 2021).

A amostra analisada é composta por 84 sistemas de produção de petróleo. Das quais atualmente apenas 69 se encontram em operação.

### **3. Metodologia**

Os dados de recorrência surgem com frequência em aplicações na área de confiabilidade. O modelo estocástico para dados de recorrência é chamado de processo pontual. Eles são muito comuns em análise de dados de reparo, mas aqui a metodologia será usada em dados de incidentes. Um processo de ocorrência de incidentes para um único sistema de produção de petróleo pode ser visto como uma sequência de tempos de ocorrência de incidentes  $T_1, T_2, \dots$ .

Para a modelagem dos dados de incidentes com danos à saúde humana, em sistemas de produção de petróleo, foram utilizadas duas abordagens, não paramétrica e paramétrica, descritas a seguir.

### 3.1 Metodologia Não Paramétrica

Na modelagem não paramétrica os dados de recorrência para um único sistema podem ser expressos como  $N(s, t)$ , o número acumulado de recorrências no intervalo de tempo  $(s, t]$ . Usualmente é usado  $N(t)$  para representar  $N(0, t)$ . O modelo utilizado para representar um conjunto de sistemas é baseado na função acumulada média (FAM) no tempo  $t$ . A FAM da população é definida como  $\mu(t) = E[N(t)]$ , onde o valor esperado é calculado sobre a variabilidade de cada sistema e a variabilidade da população (MEEKER & ESCOBAR, 1998). Considerando que  $\mu(t)$  é diferenciável, temos que,

$$\nu(t) = \frac{dE[N(t)]}{dt} = \frac{d\mu(t)}{dt} \quad (1)$$

define a taxa de recorrência por sistema para a população.

Para estimarmos a FAM populacional são necessárias suposições mínimas. A suposição básica é que existe uma população de funções acumuladas (uma para cada sistema de produção na população) a partir da qual uma amostra foi observada. A aleatoriedade na amostra é devida à amostragem aleatória de funções acumuladas da população. O método também pressupõe que o tempo em que a observação de um sistema é encerrada não depende do histórico do sistema.

Seja  $N_i(t)$  o número acumulado de recorrências do sistema de produção  $i$  antes do tempo  $t$  e seja  $t_{ij}, j = 1, \dots, m_i$ , os tempos de recorrência para o sistema  $i$ . Uma estimativa pontual da FAM pode ser obtida através do seguinte procedimento.

Ordenar os tempos de recorrência  $t_{ij}$  de todos os sistemas. Seja  $m_j$  os tempos únicos, tal que, os tempos únicos sejam dados por,  $t_1 < \dots < t_m$ . Calcular  $d_i(t_k)$ , o número total de recorrência no sistema  $i$  em  $t_k$ . Adotando  $\delta_i(t_k) = 1$  se o sistema ainda estiver sendo observado em  $t_k$  e  $\delta_i(t_k) = 0$  caso não. Obtendo então,

$$\hat{\mu}(t_j) = \sum_{k=1}^j \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i(t_k) d_i(t_k)}{\sum_{i=1}^n \delta_i(t_k)} \right] = \sum_{k=1}^j \bar{d}(t_k) \text{ para } j = 1, \dots, m. \quad (2)$$

onde  $d.(t_k) = \sum_{i=1}^n \delta_i(t_k) d_i(t_k)$ ,  $\delta.(t_k) = \sum_{i=1}^n \delta_i(t_k)$  e  $\bar{d}(t_k) = \frac{d.(t_k)}{\delta.(t_k)}$ .

Observe que  $d.(t_k)$  é o número total de recorrências nos sistemas no tempo  $t_k$ ,  $\delta.(t_k)$  é o tamanho do conjunto de sistemas sob risco no tempo  $t_k$  e  $\bar{d}(t_k)$  é o número médio de recorrências por sistemas no tempo  $t_k$ .

Conforme vemos em Meeker e Escobar (1998) podemos obter uma estimativa da variância,  $Var[\hat{\mu}(t_j)]$ , através da equação (3),

$$Var[\hat{\mu}(t_j)] = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{k=1}^j \frac{\delta_i(t_k)}{\delta.(t_k)} [d_i(t_k) - \bar{d}(t_k)] \right\}^2 \quad (3)$$

### 3.2 Metodologia Paramétrica

O modelo de Poisson é um candidato natural quando é necessário avaliar a intensidade de recorrência de incidentes. O processo de Poisson descreve situações em que os eventos ocorrem aleatoriamente de tal forma que o número de eventos em intervalos de tempo não sobrepostos é estatisticamente independente. O processo de Poisson é apropriado em situações em que os eventos para um indivíduo ou sistema são desencadeados ou influenciados por fatores externos aleatórios (COOK & LAWLESS, 2007).

Seja  $N(t)$  o número de eventos no intervalo de tempo  $[0, t]$ . Seja  $H(t) = \{N(s): 0 \leq s < t\}$  a história do processo até o tempo  $t$ . O processo de Poisson pode ser descrito através de uma função de recorrência conforme equação (4),

$$\lambda(t|H(t)) = \rho(t) \quad t > 0 \quad (4)$$

Onde  $\rho(t)$  é uma função não negativa e integrável.

A recorrência acumulada (função média) é dada pela equação (5),

$$\mu(t) = \int_0^t \rho(u) du \quad t > 0 \quad (5)$$

Sendo contínua e finita para qualquer  $t > 0$ . Caso  $\rho(t) = \rho$  temos o caso especial do processo de Poisson homogêneo (PPH), no qual a taxa de recorrência é constante. O caso mais geral é o não homogêneo (PPNH), que assume que a taxa de recorrência não é uma constante, mas sim uma função do tempo (MODARRES *et al.*, 2016).

A especificação de um modelo PPNH pode ser feita de diferentes formas, por exemplo, usando um modelo de potência ou um modelo log-linear para a taxa de recorrência (intensidade) (MEEKER & ESCOBAR, 1998). O modelo de potência é dado pela equação (6),

$$\rho(t; \beta; \eta) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad \beta > 0, \eta > 0 \quad (6)$$

Quando  $\beta=1$  o modelo se reduz ao PPH.

O modelo log-linear é dado pela equação (7),

$$\rho(t; \gamma_0; \gamma_1) = \exp(\gamma_0 + \gamma_1 t) \quad (7)$$

Quando  $\gamma_1=0$  o modelo se reduz ao PPH.

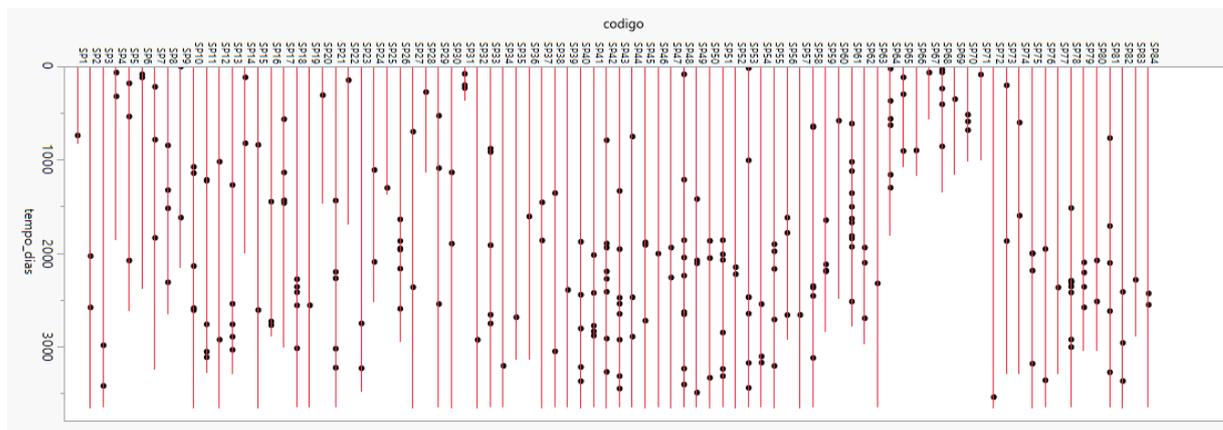
Os parâmetros dos modelos são estimados através do método da máxima verossimilhança (MEEKER & ESCOBAR, 1998) e a escolha do modelo será feita através do critério de informação de Akaike - AIC (BURNHAM & ANDERSON, 2002).

#### 4. Aplicação

A aplicação nos dados da ANP foi feita através das metodologias não paramétrica e paramétrica. Na metodologia não paramétrica foi utilizado o pacote estatístico R versão 4.4.1 e o pacote reda (WANG *et al.*, 2022). Para a metodologia paramétrica foi utilizado o JMP versão 17.2.0.

A Figura 1 apresenta os incidentes ocorridos na amostra de 84 sistemas de produção de petróleo, durante o período de 2012 a 2021. No eixo horizontal estão os 84 sistemas de produção e no eixo vertical o tempo em dias (a partir do dia inicial de observação, 01/01/2012). A partir dela é possível se observar o aumento de ocorrência de incidentes ao longo do tempo em alguns sistemas.

Figura 1: Incidentes nos 84 sistemas de produção da amostra



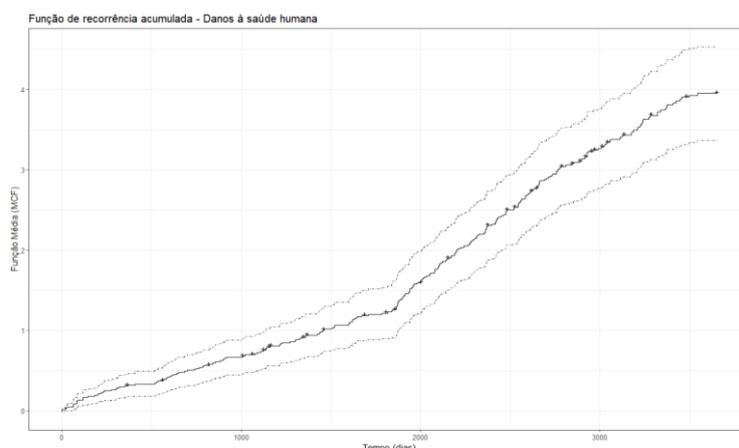
Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.1 Análise não paramétrica

Inicialmente foi obtida a estimativa não paramétrica da função acumulada média de recorrência dos incidentes relacionados à danos à saúde humana e a estimativa de sua variância. A análise da função acumulada média de recorrência dos incidentes de danos

à saúde humana na Figura 2 mostra uma mudança brusca de comportamento, próximo a 2000 dias após a data de observação inicial, ou seja, em torno de cinco anos a partir do ano inicial, o que equivaleria ao ano de 2017. A partir de 2017 a intensidade dos incidentes tem um aumento significativo. Considerando que a amostra utilizada é composta de diversas empresas e sistemas de produção, o aumento parece refletir um impacto global na população de sistemas de produção existentes. Observando o intervalo de confiança de 95% vemos que a variabilidade apresentada não é significativa apesar do uso de uma amostra heterogênea.

Figura 2: Função acumulada média de recorrência para incidentes de danos à saúde humana

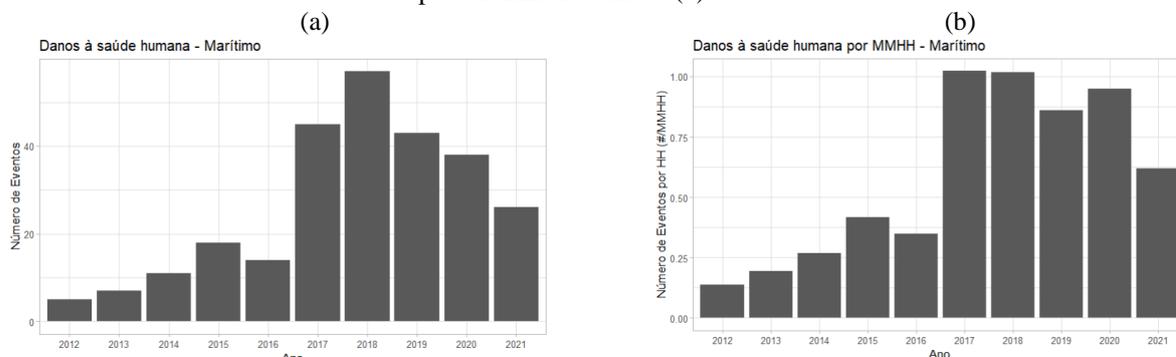


Fonte: Elaborado pelos autores.

Os gráficos da Figura 3 confirmam o ponto de quebra identificado na análise não paramétrica. A Figura 3a apresenta a contagem de incidentes de danos à saúde humana. Neste caso, entre 2012 e 2016 houve uma tendência de crescimento suave, que foi interrompida por uma elevação brusca do número incidentes em 2017. Este novo patamar de número de incidentes atingiu um pico em 2018 com uma redução suave nos anos seguintes. A Figura 3b mostra a contagem de incidentes com danos à saúde humana normalizado por milhões de horas de trabalho nas instalações de produção. Após a normalização é possível observar que o pico de incidentes em 2018 foi suavizado, na realidade 2017 e 2018 estão no mesmo patamar, 2019 e 2020 num nível um pouco menor e 2021 apresenta uma queda. O aumento de incidentes entre 2016 e 2017 não está relacionado ao número de horas trabalhadas, pois não houve alteração neste comportamento ao se normalizar os dados, nem ao aumento do número de instalações de produção, pois apenas 3 sistemas de produção iniciaram a operação em 2016 (ANP-4, 2024). Neste caso as informações públicas disponíveis não permitem identificar as causas

desta mudança significativa. Note que o SISO entrou em operação em 2013, não sendo uma justificativa a falta de padronização.

Figura 3: # de incidentes de danos à saúde humana (a) e # de incidentes de danos à saúde humana por MMHH trabalhado (b)

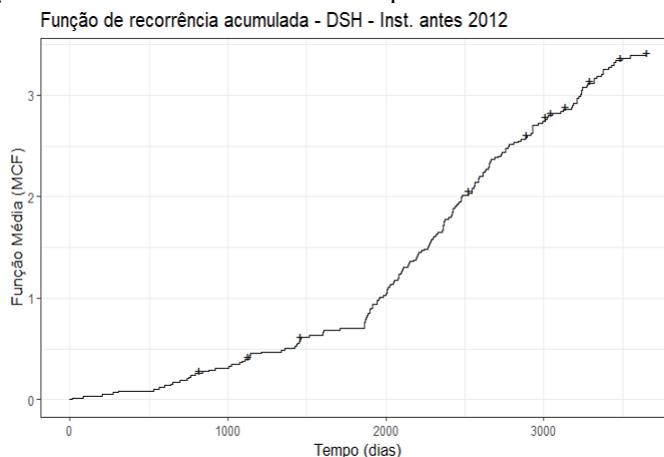


Fonte: Elaborado pelos autores.

O conjunto de instalações de produção analisado é bastante heterogêneo, principalmente no que se refere a idade. Considerando a hipótese da idade do sistema como uma possível causa da mudança de comportamento na taxa de recorrência, separamos os dados em duas partes: sistemas instalados antes de 2012 e após 2012. A data de 2012 foi escolhida por ser o marco inicial de observação deste tipo de evento e por não se dispor de informações mais detalhadas que pudessem indicar uma data de corte mais significativa.

A Figura 4 mostra o comportamento dos sistemas de produção instalados antes de 2012. A mudança de comportamento dos incidentes fica mais ressaltada e também ocorre em torno de cinco anos. Existe algum fator (ou fatores) não identificado que está afetando o comportamento dos incidentes.

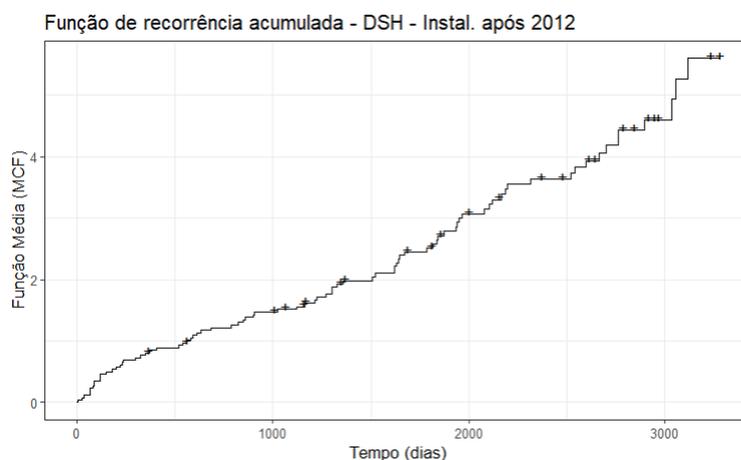
Figura 4: Função acumulada média de recorrência para os sistemas instalados antes de 2012.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os sistemas de produção que começaram a produzir após 2012, Figura 5, tem um comportamento bem distinto do anterior. A função acumulada média de recorrência tem um comportamento sem quebras de tendência e mais uniforme ao longo do tempo.

Figura 5: Função acumulada média de recorrência dos incidentes de danos à saúde humana em sistemas instalados após 2012.



## 4.2 Análise paramétrica

Em função dos resultados obtidos na análise não paramétrica que identificou um comportamento distinto entre os sistemas que entraram em operação antes e depois de 2012, a análise paramétrica foi realizada considerando estes dois conjuntos de dados separadamente.

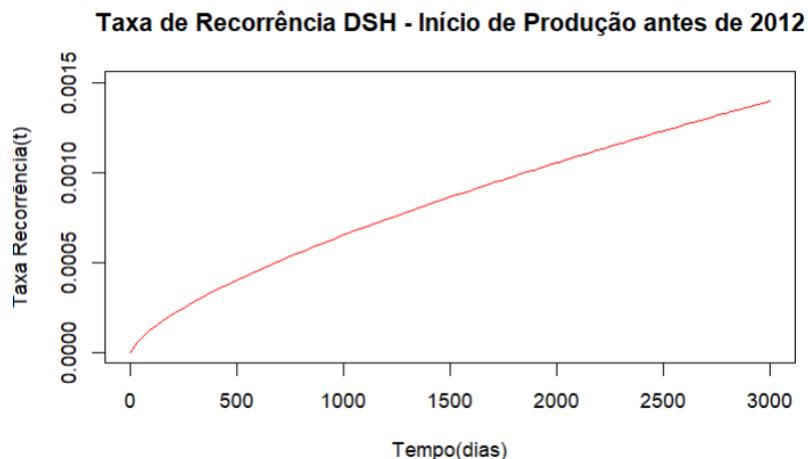
### 4.2.1 Sistema instalados antes de 2012

Na análise paramétrica o modelo que se mostrou adequado a este subconjunto de dados foi o modelo de potência. O modelo de potência resultante está representado na equação (8),

$$\rho(t; \beta; \eta) = \frac{1,69}{1757,7} \left( \frac{t}{1757,7} \right)^{0,69} \quad (8)$$

A Figura 6 mostra o comportamento crescente e não linear da taxa de recorrência deste subconjunto de dados, principalmente no período inicial.

Figura 6: Taxa de recorrência de incidentes de danos à saúde humana em sistemas instalados antes de 2012.



Fonte: Elaborado pelos autores.

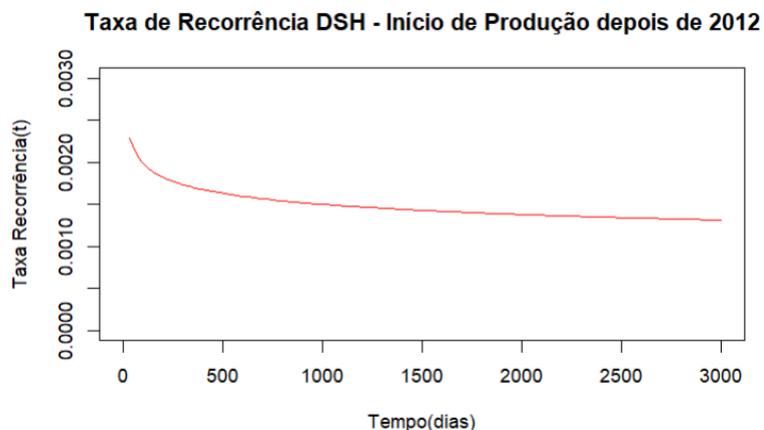
#### 4.2.2 Sistema instalados após 2012

Para este subconjunto de dados o melhor modelo foi o de potência cujo resultado está representado na equação (9),

$$\rho(t; \beta; \eta) = \frac{0,88}{544,6} \left( \frac{t}{544,6} \right)^{-0,12} \quad (9)$$

A Figura 7 mostra um comportamento bem distinto da taxa de recorrência dos sistemas instalados antes de 2012. Nos sistemas instalados após 2012 observa-se uma taxa de recorrência decrescente com comportamento não linear, principalmente no período inicial, apresentando tendência de decrescimento suave no período final. Este comportamento está compatível com o da Figura 2b.

Figura 7: Taxa de recorrência de incidentes de danos à saúde humana em sistemas instalados após 2012.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Cabe observar que para os sistemas de produção instalados antes de 2012 o comportamento crescente da taxa de recorrência atinge um valor de 0,0015 incidentes/dia no final do período, enquanto nos sistemas instalados depois de 2012, a taxa de recorrência parte de 0,0025 incidentes/dia para 0,00125 incidentes/dia no final do período.

## 5. Conclusões

A análise dos incidentes classificados como de danos à saúde humana, nos sistemas de produção marítima de petróleo, disponíveis na base de dados abertos da ANP, compreendendo as Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo, entre 2012 e 2021, totalizando 84 sistemas, permitiu avaliar a evolução do comportamento destes incidentes no Brasil.

A análise não paramétrica mostrou uma alteração na tendência do número médio de incidentes em torno do quinto ano analisado (2017), indicando um crescimento mais acentuado. Devido à grande heterogeneidade dos sistemas de produção, a variável idade do sistema (início de operação) foi selecionada para separar a amostra em dois grupos, de forma a verificar a influência desta variável no comportamento dos incidentes. Os sistemas mais antigos, instalados antes de 2012, continuaram a apresentar o mesmo comportamento, com a presença da quebra de tendência em 2017. Já os sistemas instalados após 2012, não apresentaram a quebra de comportamento.

O modelo mais adequado na modelagem paramétrica tanto para os sistemas instalados antes de 2012 e após 2012 foi modelo de Poisson não homogêneo de potência (PNHP), cujos parâmetros, estimados por máxima verossimilhança, encontram-se nas equações (8) e (9) respectivamente.

O PNHP indicou um comportamento crescente e não linear da taxa de recorrência dos sistemas de produção instalados antes de 2012, principalmente no período inicial. Já para os sistemas instalados após 2012 o PNHP indicou uma taxa de recorrência decrescente com comportamento não linear, principalmente no período inicial, apresentando tendência de decrescimento suave no período final. Este resultado mostra um comportamento bem distinto entre os sistemas mais antigos e os mais novos, sendo que nos sistemas mais antigos (antes de 2012) existe algum outro fator que influenciou na mudança de tendência. Entre os possíveis fatores que podem ser investigados, temos: custos operacionais na manutenção do sistema de produção, o tipo de sistema de

produção, atualização (mudanças) dos critérios de classificação dos incidentes, entre outros.

Portanto, seria interessante ampliar o estudo incorporando outras variáveis explicativas para tentar identificar fatores que estejam influenciando estes comportamentos, como por exemplo, a mudança ocorrida na tendência no conjunto de sistemas mais antigos. A incorporação de outras variáveis também possibilitaria avaliar o grau de severidade dos incidentes. As informações atualmente disponíveis na base de dados aberta dificultam aprofundar a análise.

## Referências

ANP-1 Relatório Anual de Segurança Operacional das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural de 2022, <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/arq/raso/2022-relatorio-anual-seguranca-operacional.pdf>, 2023, acessado em 27-02-24.

ANP-2 Manual de Comunicação de Incidentes, <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/comunicacao-de-incidentes/arquivos-ci/2023-06-02-manual-comunicacao-incidentes.pdf>, 2023, acessado em 27-02-24.

ANP-3 Dados de Incidentes de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural, atualizado em 14/12/23, <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/incidentes-seguranca-operacional>, 2023, acessado em 27-02-24.

ANP-4 Lista de plataformas em Operação, atualizado em 05/02/24, <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/lista-de-plataformas-em-operacao>, 2024, acessado em 27-02-2024.

ANP-5 Publicidade dos Programas de Descomissionamento de Instalações”, publicado em 04/06/21, <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/arq/ppdi>, 2021, acessado em 07/02/24.

ANP-6 Relatório Anual de Segurança Operacional das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural de 2013, <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional/arq/raso/2013-relatorio-anual-seguranca-operacional.pdf>, 2014, acessado em 27-02-24.

ANP-7 Metadados, <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/issm/metadados-incidentes.pdf>, 2023, acessado em 09-06-24.

HALIM, S. Z.; QUDDUS, N.; PASHAN, H. (2021). Time-trend analysis of offshore fire incidents using nonhomogeneous Poisson process through bayesian inference. **Process Saf. Environ. Prot.** 147, 421–429.

YU, J.-W.; TIAN, G.-L.; TANG, M.-L. (2007). Predictive analyses for nonhomogeneous Poisson processes with power law using Bayesian approach. **Comput. Stat. Data Anal.** 51 (9), 4254–4268.

NELSON, W. (2003). **Recurrent Events Data Analysis for Product Repairs, Disease Recurrences, and Other Applications**, Schenectady, New York, SIAM.

COOK, R.J.; LAWLESS, J. F. (2007). **The Statistical Analysis of Recurrent Events**, Springer, New York.

MODARRES, M.; KAMINSKIY, M.P.; KRIVTSOV, V. (2016). **Reliability Engineering and Risk Analysis: a Practical Guide**. Boca Raton, CRC press.

MEEKER, W.Q.; ESCOBAR, L.A. (1998). **Statistical Methods for Reliability Data**, Wiley, New York.

BURNHAM, K. P., ANDERSON, D. R. (2002). **Model Selection and Multimodel Inference – A Practical Information-Theoretic Approach**, 2 ed. New York, Springer.

WANG, W., FU H, YAN J (2022). reda: Recurrent Event Data Analysis. **R package** version 0.5.4, <https://github.com/wenjie2wang/reda>.

## **AN INVESTIGATION INTO THE TEMPORAL TREND OF INCIDENTS CLASSIFIED AS HARMFUL TO HUMAN HEALTH IN THE OIL INDUSTRY IN BRAZIL**

### **Abstract**

*In the last 10 years, there has been a 56% increase in offshore oil production in Brazil, reaching 2.95 Mbpd in 2022 (ANP-1, 2023). On the other hand, this increase in production is associated with an increase of only 22% in the number of hours worked on production platforms. This indicates a greater efficiency in oil production processes in this period. Despite the increase in efficiency, there were still 1509 offshore incidents in 2022, of which 1044 were on production platforms and 200 on offshore wells (ANP-1, 2023). These incidents are not all the same type or of the same severity, they encompass occurrences that can affect the environment, such as the discharge of material with a high potential for damage and injuries with time off work, among others. The objective of this work is to analyze the temporal trend of incidents that lead to damage to human health in offshore operations, using a Non-Homogeneous Poisson Process (NHPP). Incidents related with damage to human health were collected from ANP open access data on incidents. The results showed that production systems installed before 2012 showed an increasing recurrence rate, and the production systems installed after 2012 showed a decreasing incident recurrence rate.*

**Keywords:** *Incidents, Human health damage, Oil Industry, NHPP.*