

**PAMELA ARANDA FRISCO**

**Análise Bibliométrica da Produção Científica Sobre o *Exxon Valdez***

Área de concentração:  
Engenharia de Petróleo

Orientador:  
Prof. Dra. Patricia Helena Lara dos Santos Matai



São Paulo  
2018

## PAMELA ARANDA FRISCO

# Análise Bibliométrica da Produção Científica Sobre o *Exxon Valdez*

Monografia de Trabalho de Formatura  
apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo.

## Área de concentração: Engenharia de Petróleo

Orientador:  
Profa. Dra. Patricia Helena Lara dos Santos Matai

São Paulo  
2018

## DEDICATÓRIA

*Para meus pais, Fabiana e Salvador, que sempre acreditaram  
no meu potencial, mesmo quando eu duvidei.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, por ter tido a liberdade de trabalhar e aprender com um assunto que me é de grande interesse, não somente para a vida profissional, mas também para a pessoal.

Outro agradecimento especial à Profa. Patricia que me orientou e guiou para um caminho possível de trabalhar com este tema, e me deu suporte para enfrentar com leveza os desafios que todo trabalho de graduação nos proporciona.

Agradeço, também, as Profas. Regina e Carina, que através de conselhos e críticas contribuíram no aprimoramento deste.

## RESUMO

A indústria do petróleo é responsável por alguns dos grandes acidentes ambientais ocorridos nos últimos anos. Em função da necessidade de se aprender com os erros do passado para evitar sua recorrência, o presente trabalho propõe uma análise bibliométrica a respeito das produções científicas relacionadas ao acidente do *Exxon Valdez*. A análise bibliométrica mapeia e discute artigos científicos em qualquer campo do conhecimento, objetivando responder com quais características e tendências têm sido produzidos. Foram selecionados, na *plataforma SciVerse Science Direct*, artigos de revisão e pesquisa, resumos de conferências e notícias publicados em periódicos internacionais no período de janeiro de 1995 até julho de 2018. As palavras-chave utilizadas para seleção dos 1.335 artigos foram “*Exxon Valdez Oil Spill*” (EVOS). Com este trabalho, foi possível reconhecer e identificar o que foi e o que está sendo pesquisado a respeito do EVOS, e quais as tendências temáticas encontradas. Os resultados mostram que é significativa a quantidade de artigos produzidos por pelo menos dois autores (80%), ou seja, comprova a colaboração dentro da rede acadêmica. Estados Unidos e Canadá foram os países que se destacaram na produção de conteúdo, somando 50,8%. Os tópicos mais abordados foram os impactos nas espécies animais (31,4%), seguido dos métodos de recuperação (16,1%) e simulação numérica e modelagem (13,3%). Observou-se falta de estudo da literatura acadêmica a respeito dos impactos nas espécies vegetais afetadas por derramamentos de óleo (0,4%), assim como na criação de modelos para previsão de cenários de impactos econômicos.

## ABSTRACT

The oil industry is responsible for some of the major environmental accidents in last years. This study proposes a bibliometric analysis of the documents related to the Exxon Valdez accident, in order to learn from the mistakes of the past to avoid their recurrence. The bibliometric analysis maps and discusses scientific articles in any field of knowledge, trying to answer what are their characteristics and tendencies. Review and research articles, conference abstracts and news published in international journals from January 1995 to July 2018 were selected from SciVerse Science Direct platform. The keywords used to select the 1,335 articles were "Exxon Valdez Oil Spill" (EVOS). It was possible to recognize and identify what was and is still being researched about the EVOS and the thematic trends found. The results show that the quantity of articles produced by at least two authors is about 80%, so, it proves the collaboration within the academic. The United States and Canada were the countries that stood out in the content production on the subject (50,8%). The most discussed topics were impacts on animal species (31,4%), followed by recovery methods (16,1%) and numeric simulation and modeling (13,3%). There was a lack of the academic studies regarding the impacts on plant species affected by oil spills (0,4%), as well as data modeling for predicting economic impacts.

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                        | <b>5</b>  |
| 1.1      | OBJETIVO.....                                  | 6         |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>             | <b>7</b>  |
| 2.1      | O <i>EXXON VALDEZ</i> .....                    | 7         |
| 2.2      | EFEITOS AMBIENTAIS A CURTO PRAZO .....         | 8         |
| 2.3      | EFEITOS AMBIENTAIS A LONGO PRAZO .....         | 9         |
| 2.4      | EFEITOS LEGISLATIVOS .....                     | 11        |
| 2.5      | EFEITOS ECONÔMICOS A CURTO E LONGO PRAZO ..... | 12        |
| 2.6      | MÉTODOS DE REMEDIAÇÃO APLICADOS.....           | 13        |
| 2.7      | OUTROS GRANDES ACIDENTES.....                  | 15        |
| 2.7.1    | <i>Prestige</i> .....                          | 15        |
| 2.7.2    | <i>Deepwater Horizon</i> .....                 | 16        |
| 2.7.3    | <i>Bacia de Campos</i> .....                   | 16        |
| 2.8      | ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....                     | 17        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>                       | <b>18</b> |
| 3.1      | REVISÃO DA LITERATURA .....                    | 18        |
| 3.2      | COLETA DE DADOS.....                           | 18        |
| 3.2.1    | <i>Pré-Processamento dos Dados</i> .....       | 20        |
| 3.3      | PROCESSAMENTOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA .....  | 26        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>           | <b>29</b> |
| 4.1      | ANO.....                                       | 29        |
| 4.2      | PAÍS .....                                     | 30        |
| 4.3      | AUTORES .....                                  | 33        |
| 4.3.1    | <i>Número de autores por artigo</i> .....      | 33        |
| 4.3.2    | <i>Nomes de autores mais frequentes</i> .....  | 35        |
| 4.4      | PALAVRAS-CHAVE DA AMOSTRA.....                 | 36        |
| 4.5      | REVISTAS .....                                 | 37        |
| 4.6      | NÚMERO DE PÁGINAS .....                        | 38        |
| 4.7      | TEMAS PRINCIPAIS .....                         | 39        |
| 4.7.1    | <i>Contexto Brasileiro</i> .....               | 43        |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÕES .....</b>                        | <b>44</b> |
| <b>6</b> | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                        | <b>45</b> |

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

|   |
|---|
| Figura 1 - Área atingida pelo vazamento do <i>Exxon Valdez</i> (em marrom claro), incluindo PWS, Península de Kenai, arquipélago Kodiak e Península do Alasca.....07  |
| Figura 2 - A exposição ao óleo prejudica o desenvolvimento de embriões de arenque do Pacífico de maneiras características, incluindo edema, deformidades da coluna vertebral e defeitos cardíacos. O embrião anormal foi exposto a água oleosa por apenas 4 dias.....11 |
| Figura 3 - Coleta de óleo flutuante por escumação ( <i>skimming</i> ) foi um método eficiente de limpeza.....14   |
| Figura 4 – Arranjo inicial dos dados exportados.....20  |
| Figura 5 – Resultado da primeira etapa para formatação dos dados.....21   |
| Figura 6 – Resultado da segunda etapa para formatação dos dados.....22  |
| Figura 7 – Resultado da terceira etapa para formatação dos dados.....23   |
| Figura 8 – Resultado da quarta etapa para formatação dos dados.....24   |
| Figura 9 – Resultado da quinta e sexta etapas para formatação dos dados.....25  |
| Figura 10 – Resultado da primeira etapa para análise dos autores.....26   |
| Figura 11 – Resultado da segunda etapa para análise dos autores.....27  |
| Figura 12 – Resultado da manipulação para análise das páginas.....28  |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Resultados obtidos buscando as respectivas palavras-chave.....                       | 19 |
| Tabela 2 – Resultados obtidos após refinamento da pesquisa com a palavra-chave determinada..... | 19 |
| Tabela 3 – Siglas e nomes correspondentes.....  | 23 |
| Tabela 4 – Relação de países agrupados por macro-regiões.....                                   | 31 |
| Tabela 5 – Relação quantidade de autores por quantidade de documentos.....                      | 33 |
| Tabela 6 – Países e autores envolvidos em trabalhos do autor destacado.....                     | 35 |
| Tabela 7 – Classificação dos temas por afinidade.....   | 38 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 – Quantidade de publicações por ano.....                         | 29 |
| Gráfico 2 – Quantidade de publicações por país e agrupamentos criados..... | 30 |
| Gráfico 3 – Abertura dos agrupamentos criados.....                         | 32 |
| Gráfico 4 – Quantidade de vezes que os autores foram localizados.....      | 34 |
| Gráfico 5 – Principais palavras-chave mapeadas.....                        | 36 |
| Gráfico 6 – Frequência dos periódicos.....                                 | 37 |
| Gráfico 7 – Quantidade de documentos por páginas.....                      | 37 |

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das atividades petrolíferas próximas a regiões costeiras pode significar grandes ameaças de contaminação para o meio ambiente e animais nativos. Inúmeros são os casos de derramamentos no mar desde a evolução da exploração *offshore* de petróleo e gás. Dentre os mais impactantes se destacam: SS Arrow em 1970 na baía de Chedabucto, Canadá, contaminou aproximadamente 305 km do litoral da nova Escócia; vazamento da Guerra do Golfo, considerado um dos piores da história, no qual estima-se um volume entre 780 mil a 1,5 milhões de toneladas derramadas de óleo; *Feoso Ambassador* derramou por volta de 3.400 toneladas em Qingdao, China, atingindo 230 km de área costeira; *Prestige* em 2002 liberou 60 mil toneladas na costa da Espanha, poluindo mais de 1.300 km. É possível perceber, então, que as consequências ambientais recorrentes das atividades petrolíferas transcendem fronteiras e devem ser estudadas com cautela para se tentar recuperar as regiões afetadas e prevenir novos acidentes. Neste estudo, será retratado o caso específico do acidente referente ao derramamento de óleo do petroleiro *Exxon Valdez* (EV), ocorrido em 24 de março de 1989 na costa do Alasca, Estados Unidos da América.

O *Exxon Valdez*, pertencente à empresa norte americana *ExxonMobil*, seguia carregado de óleo da Encosta Norte do Alasca quando encalhou no recife *Bligh* em *Prince William Sound* (PWS). O navio teve oito de seus onze tanques rompidos e derramou 42 milhões de litros de óleo bruto, cru, que se espalhou por mais de 2 mil km no litoral do Alasca causando o maior acidente ambiental da história dos Estados Unidos até 2011, quando houve outro grande derramamento da *Deepwater Horizon*.

Além de efeitos a curto prazo, derramamentos de óleo geram danos que persistem no ambiente marinho por longo período de tempo, os quais podem ser esquecidos ou tomados como irremediáveis. Este trabalho busca, através de análise bibliométrica sobre os estudos científicos produzidos, analisar quais foram os assuntos mais discutidos e tendências das pesquisas, assim como verificar se ainda há lacunas a serem estudadas mesmo após quase três décadas do ocorrido.

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar uma métrica da produção científica relacionada ao derramamento de óleo do *Exxon Valdez*, reunindo materiais publicados nos últimos anos para entender as características gerais do estado de arte acerca deste acidente, dando base para um possível estudo mais aprofundado no tema incluindo, por exemplo, uma análise sistemática.

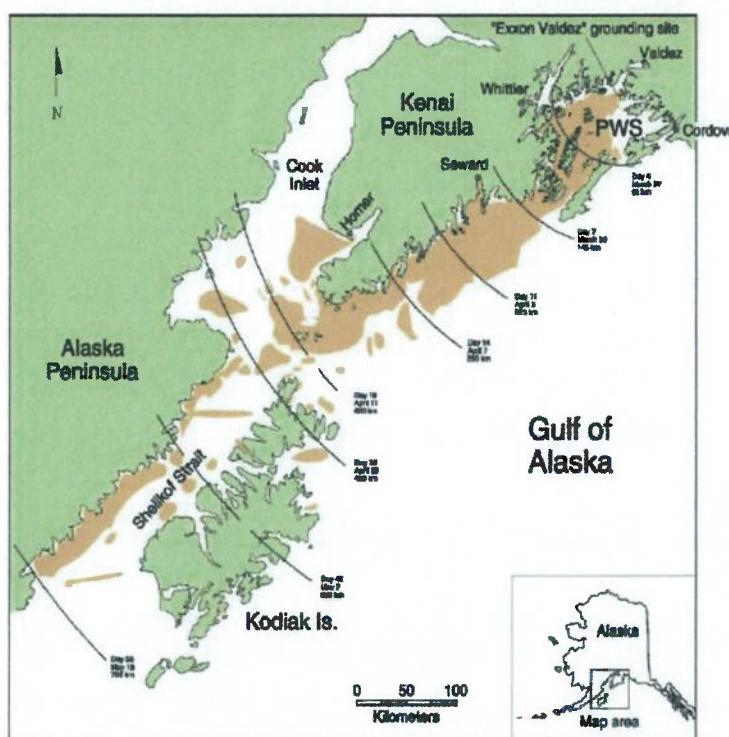
## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O *Exxon Valdez*

O petroleiro *Exxon Valdez* encalhou na costa do Alasca no dia 24 de Março de 1989 liberando aproximadamente 264 mil barris de óleo cru no mar. Segundo a *ExxonMobil*, empresa dona do navio, quando ocorre qualquer acidente de grandes proporções, o primeiro objetivo da resposta de emergência é assegurar saúde e segurança das pessoas envolvidas, seguido das operações de remediação para minimizar o prejuízo ambiental.

Impulsionados pela atenção pública que a mídia trouxe à região do Alasca, a *ExxonMobil* e órgãos ambientais norte-americanos iniciaram as tentativas de contenção com uso de barreiras e agentes dispersantes durante os três dias que se seguiram, obtendo pouco sucesso. Ao passar dos dias, com a ação de tempestades e fortes ventos, a mancha de óleo antes restrita à região de *Prince William Sound* (PWS), local aonde o navio encalhou, migrou para outras regiões do Alasca, como ilustrado na Figura 1, trazendo maiores dificuldades para as equipes de contenção.

**Figura 1 - Área atingida pelo vazamento do *Exxon Valdez* (em marrom claro), incluindo PWS, Península de Kenai, arquipélago Kodiak e Península do Alasca. Fonte: Stanley et al., 2007.**



Existem discordâncias quanto aos efeitos ambientais causados pelo derramamento. No início da década de 90, pesquisadores da *ExxonMobil* e seus consultores alegaram que a maioria dos danos já haviam sido tratados e que o meio ambiente do local estava se recuperando bem; por outro lado, mais recentemente, pesquisas científicas dizem que ainda persiste óleo no litoral do Alasca e que a região continua a apresentar problemas resultantes dos resíduos do petróleo derramado [Peterson et al., 2003]. Conflitos de interesses podem levar a resultados tendenciosos até em pesquisas científicas, o que explicita um dos problemas encontrados nesse contexto e a consequente necessidade de análises imparciais do tema.

Os efeitos variaram de severa e imediata toxicidade, a efeitos crônicos de longo prazo e efeitos indiretos. Os efeitos do derramamento em comunidades interditais, peixes, aves e mamíferos variaram dependendo da severidade e duração da exposição.

## 2.2 Efeitos Ambientais a Curto Prazo

É bem reconhecido que os derramamentos de óleo podem ter efeitos adversos imediatos sobre as populações de vida selvagem, animais foram as principais vítimas do derramamento do EV por entrarem em contato direto com o óleo na subsuperfície da região. As estimativas de animais que morreram logo após o vazamento são de cerca de 250.000 aves marinhas, 3.000 lontras, 300 focas, 250 águias-carecas, mais de 22 orcas e bilhões de salmão e de arenque. Essas estimativas se baseiam na contagem de carcaças encontradas no litoral das praias da região. Cerca de 40 a 45% da massa de petróleo foi assentada em 1989 em 787 km de praias de PWS; outros 7 a 11% foram transportados por 1.203 km da costa do Golfo do Alasca (GOA). Cerca de 2% permaneceram nas praias intermareais<sup>1</sup> de PWS após 3,5 anos [Xia et al., 2010].

O acidente, por ocorrer no início da primavera, afetou intensamente a vida selvagem presente na região, pois o óleo se espalhou na mesma época do ano na qual tem início as estações de reprodução e crescimento de plânctons e animais [Rice et al., 2007]. Além de contar com a morte imediata de diversas espécies como aves

---

<sup>1</sup> Diz-se da zona litoral situada entre o nível médio da maré alta e o nível médio da maré baixa, segundo o dicionário Priberam da Língua Portuguesa

marinhas, lontras, peixes, baleias e focas, o impacto também incluiu os efeitos das tentativas de limpeza do óleo, litigação sobre os danos e mudanças nas práticas tradicionais de subsistência dos povos nativos de PWS [Miraglia et al., 2002]. Os negócios locais vivenciaram queda nos rendimentos devido à baixa no turismo, ou houve falência e demissões em massa, além de uma alocação da força de trabalho na tentativa de recuperação imediata do ambiente.

O derramamento do petroleiro causou um enorme dano ao meio ambiente e foi único em muitos aspectos, particularmente em relação à extensão e grau de contaminação do litoral [Michel et al., 2009].

### 2.3 Efeitos Ambientais a Longo Prazo

Após três anos do acidente, a quantidade de óleo remanescente nas praias PWS em 1992 foi estimada em cerca de 2% do volume derramado, ou cerca de 817 m<sup>3</sup> [Wolfe et al., 1994]. Outros autores também previram uma diminuição praticamente total da quantidade de óleo derramada nas praias de PWS em poucos anos, ao realizar estudos e estimativas de taxa de dispersão do óleo que poderia chegar, segundo Wolfe et al., a uma taxa de diminuição de até 58% ao ano. No entanto, mostraram-se precipitados nas previsões, uma vez que estudos recentes discorrem sobre a persistência de óleo do EV na região de PWS.

Cientistas da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) [Short et al., 2004; Short et al., 2006] estimaram que entre 60 e 100 toneladas de petróleo subterrâneo persistem em muitas praias inicialmente poluídas ao longo de PWS. Short et al. [2006] informaram que o óleo persistente pode contribuir plausivelmente para a lenta recuperação das populações de lontra do mar.

A resposta do ecossistema ao vazamento em PWS mostra, portanto, que as práticas atuais para avaliar os riscos ecológicos do petróleo nos oceanos e, por extensão, outras fontes tóxicas devem ser aperfeiçoadas. Anteriormente, supunha-se que os impactos nas populações derivam quase exclusivamente da mortalidade aguda. No entanto, no ecossistema costeiro do Alasca, a persistência inesperada de óleo tóxico subsuperficial e exposições crônicas, mesmo em níveis subletais, continuaram a afetar a vida selvagem. As reduções demográficas demoradas e as cascadas de efeitos indiretos postergaram a recuperação. O desenvolvimento de toxicologia baseada em ecossistemas é necessário para entender e, finalmente,

prever riscos e impactos crônicos, atrasados e indiretos a longo prazo [Peterson et al., 2003].

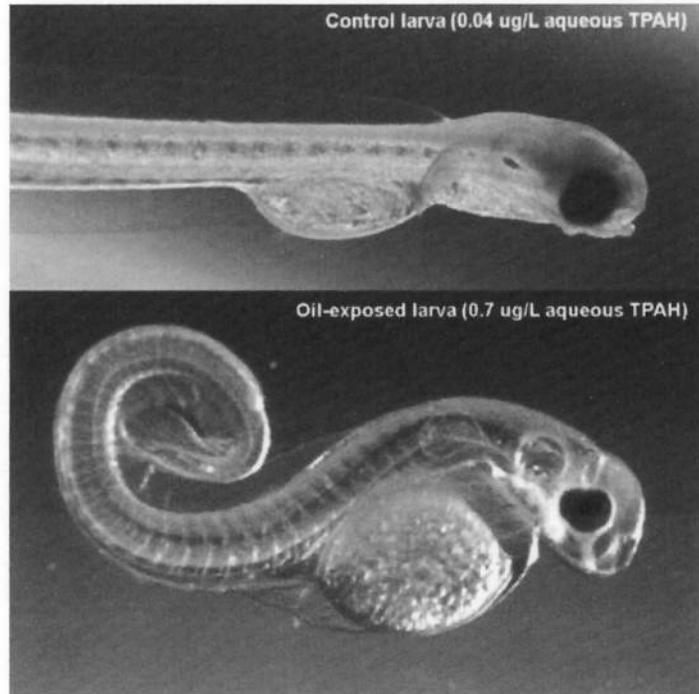
A mortalidade de animais e plantas após esse derramamento teve efeitos indiretos sobre alguns organismos. Diversos animais dependem de outras espécies para sua sobrevivência, como alimento ou abrigo. Por isso, a redução da população de determinada espécie pode alterar toda a cadeia trófica de uma região. A redução de espécies-chave, como as lontras marinhas, ou a espécie comum de algas marinhas intertidais<sup>2</sup> *Fucus*, que fornece abrigo para outros invertebrados, tem efeitos em cascata. Estes são manifestados a longo prazo por serem mediados por mudanças em espécies intermediárias ou em habitats [Peterson et al., 2001].

Além das descobertas a respeito da persistência a longo prazo do óleo nas zonas intertidais, Carls et al. [2005] concluíram também que as manchas descontínuas de subsuperfície do óleo provavelmente afetaram tanto a sobrevivência do salmão rosa quanto a recuperação a longo prazo das lontras do mar e dos patos arlequim. Assim como afetou os embriões de arenque expostos ao óleo, ilustrado na Figura 2, espécies essas mais afetadas a longo prazo pelo acidente.

---

<sup>2</sup> Zona intertidal (ou zona entremarés) corresponde à zona do litoral que fica exposta ao ar durante a maré baixa e que permanece submersa durante a maré alta.

**Figura 2 - A exposição ao óleo prejudica o desenvolvimento de embriões de arenque do Pacífico de maneiras características, incluindo edema, deformidades da coluna vertebral e defeitos cardíacos. O embrião anormal foi exposto a água oleosa por apenas 4 dias. Fonte: Carls et al., 1999.**



De acordo com Naomi L. [2009], o arenque, uma das maiores fontes de rendimento dos pescadores locais, foi uma das poucas espécies marinhas que não se recuperou do desastre. No entanto, o derrame não é visto como o único responsável pelo quase desaparecimento deste peixe na região. A sua pesca em excesso, o aumento de doenças ou o desaparecimento de fontes de alimento podem ter contribuído para este fenômeno.

#### **2.4 Efeitos Legislativos**

Após o acidente em suas águas, os Estados Unidos adotaram uma legislação mais severa para a prevenção da poluição por óleo, o *Oil Pollution Act - OPA*, de 1990. Na lei americana, entre outros dispositivos, há exigências de casco duplo para os petroleiros construídos a partir de então e um cronograma de retirada de serviço dos navios de casco simples construídos antes de 1990, de acordo com a capacidade do navio e sua idade.

Segundo Juras I. (2002), os navios petroleiros de casco simples sem duplo fundo ou costado duplo não seriam autorizados a operar em águas norte-americanas a partir de 1º de janeiro de 2010, a menos que satisfizessem o requisito antes

apontado. Além disso, nos cinco anos que antecederam essa data limite, ou seja, a partir de 2005, os referidos petroleiros não poderiam operar em águas norte-americanas logo que atingissem 25 anos de idade. A razão para a ênfase no design do navio e a exigência de casco duplo tem uma explicação. Nos petroleiros construídos com casco simples, os hidrocarbonetos estão separados da água do mar apenas pela chaparia de fundo e de costado. Se o casco sofrer avaria devido a colisão ou encalhe, o conteúdo dos tanques de carga pode derramar-se no mar e causar uma poluição significativa. Com uma segunda chaparia interna, a uma distância suficiente da chaparia externa, o “casco duplo”, os tanques de carga são protegidos contra avarias e, assim, o risco de poluição é reduzido.

## 2.5 Efeitos Econômicos a Curto e Longo Prazo

Analizando os impactos monetários decorrentes do acidente, além dos custos imediatos envolvendo o emprego de pessoas na limpeza física do litoral, pode-se citar também os custos pela queda do turismo na região.

Observou-se, a curto prazo, uma escassez severa de mão-de-obra no mercado de turismo em todo o estado devido aos melhores pagamentos em trabalhos temporários de remediação do vazamento, o que resultou em um aumento do custo para os clientes das empresas de turismo e sua consequente queda. Nas duas principais áreas afetadas pelo acidente, a renda proveniente do turismo caiu 8% no centro-sul e 35% no sudoeste do Alasca no período de um ano após o ocorrido. O resultado líquido foi uma perda de US\$ 19 milhões em gastos de visitantes [McDowell Group, 1990].

À *Exxon Mobil*, empresa dona do *Exxon Valdez*, foi inicialmente atribuída uma multa de US\$ 5 bilhões. Já este foi um efeito que se estendeu a longo prazo, pois o processo envolvendo a multa manteve-se por anos. A multa originalmente imposta à multinacional, de US\$ 5 bilhões, foi sendo reduzida após atuações da empresa. A *Exxon Mobil* argumentou que não poderia ser responsabilizada pelas ações do capitão do navio, *Joseph Hazelwood*, no dia do acidente e que a multa era exagerada, tanto do ponto de vista das leis que regulam a navegação, quanto em comparação com outras decisões federais sobre multas do tipo. A empresa, a maior do setor petrolífero no mundo, acrescentou que já gastou US\$ 3,4 bilhões em trabalhos de limpeza e outras multas relacionadas ao desastre e à limpeza do derramamento de óleo. O

dinheiro foi dividido entre 32 mil pescadores, proprietários de terra, pequenos empresários, nativos e governos municipais do centro-sul do Alasca [Estadão, 2008].

## 2.6 Métodos de Remediação Aplicados

A primeira ação imediata ao acidente foi remover do navio todo o óleo possível antes que este vazasse para o mar. Stanley et al. [2007] dizem que 80% da carga foi removida com sucesso, e os 20% perdidos representaram o maior vazamento nas águas dos EUA até 1989. Como foram tratados, então, esses 20% de óleo disperso nas águas de PWS?

A *Exxon Corporation* patrocinou a mais extensa limpeza de linha costeira já vista. Envolvendo mais de 10.000 pessoas e US \$ 2 bilhões, essa limpeza usou vários métodos nos primeiros três anos. Durante o verão de 1989, métodos manuais, hidráulicos e de biorremediação foram usados em 396, 486 e 292 de 1060 segmentos de praia, respectivamente. Normalmente, as praias mais fortemente oleadas eram tratadas por múltiplos métodos [Mearns, 1996]. Sucessivamente limpezas menores foram realizadas durante 1990 e 1991.

O método de limpeza mais eficiente era a coleta de óleo flutuando na superfície do mar por meio de operações de escumação<sup>3</sup> (*skimming*), ilustrado na Figura 3. Cerca de 2.900 a 3.500 m<sup>3</sup> do volume original de derramamento foi coletado por vasos de remoção de óleo, principalmente durante o primeiro mês [Wolfe et al., 1994]. A quantidade de óleo recuperado por escumação superficial foi comparável com a quantidade recuperada das praias oleadas nos próximos três anos, o que representou a maior parte da despesa de limpeza [Stanley et al., 2007].

---

<sup>3</sup> Escumar, segundo o dicionário online infopedia, é o ato de retirar a escuma que se forma à superfície de um líquido agitado ou em fermentação.

**Figura 3 - Coleta de óleo flutuante por escumação (*skimming*) foi um método eficiente de limpeza. Fonte: Stanley et al., 2007.**



Os métodos manuais envolviam a remoção manual de tapetes de alcatrão de superfície, detritos e vegetação com óleo, aplicação e recuperação de absorventes de óleo e escavação de lentes espessas de areia oleada. Esses métodos eram às vezes complementados pelo uso de materiais absorventes de óleo ligados a cabos colocados paralelamente à linha costeira que se moviam impulsionados pelo movimento das marés.

Os métodos hidráulicos foram mais controversos devido ao seu maior efeito nas praias. Lavagem de alta pressão (geralmente 345–827 kPa), especialmente por água quente (aproximadamente 60°C), teve efeitos traumáticos na vida de espécies interditais e foi descontinuada no mesmo ano. A velocidade da água de alta pressão desalojou espécies interditais através da lavagem, e as altas temperaturas excederam as tolerâncias de muitas espécies, chegando a cozinhá-las [Peterson, 2001]. As altas temperaturas também tornaram o óleo menos viscoso e, portanto, mais capaz de penetrar nos sedimentos subterrâneos de algumas praias.

Além das técnicas anteriormente mencionadas para remediação de PWS, destaca-se também a biorremediação, que consiste na injeção de substâncias químicas, como o peróxido de hidrogênio, nas águas afetadas com o óleo para que este seja biodegradado mais rapidamente.

A biorremediação é vista como um método para acelerar o processo natural de biodegradação de amostras de óleo, através do fornecimento de nutrientes e oxigênio requeridos pela bactéria ou através de tratamentos externos, como aeração ou controle de temperatura [Hoff, 1993]. A tecnologia de biorremediação foi desenvolvida desde a década de 1940, mas só ganhou popularidade nos anos 80 devido ao famoso derrame de petróleo *Exxon Valdez* [Bragg et al., 1994, Hoff, 1993].

O óleo do *Exxon Valdez* carregado com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH) persistiu em algumas praias em PWS, no Alasca, mais de 20 anos depois que essas praias foram contaminadas. Segundo Boufadel et al. [2006], a taxa de degradação do total de PAH (TPAH) é estimada em 1% ao ano. Baixas concentrações de oxigênio foram as principais responsáveis pela persistência do óleo, e a biorremediação através da injeção de peróxido de hidrogênio e nutrientes em quatro praias em PWS foi realizada nos verões de 2011 e 2012. Verificou-se que devido ao tratamento, a taxa de biodegradação de TPAH ficou entre 13% e 70% durante o verão de 2011 e no verão de 2012.

## 2.7 Outros Grandes Acidentes

A título de informação geral, destacam-se a seguir três vazamentos que impactaram de forma significativa o meio ambiente, animais e seres humanos, assim como o *Exxon Valdez*, em outras regiões oceânicas.

### 2.7.1 *Prestige*

Em novembro de 2002, o naufrágio do petroleiro *Prestige* gerou um grande derramamento de óleo na costa da Galícia, noroeste da Espanha; este acidente afetou as costas da Espanha, França e Portugal. O desastre teve sérias consequências ambientais, econômicas e sociais.

O petroleiro, com bandeira das Bahamas, sofreu danos durante uma tempestade e ficou à deriva, afundando em 19 de novembro de 2002 no oceano Atlântico. Durante semanas, 63 mil toneladas de óleo se espalharam pela costa, contaminando 2.980 km da costa. Diante disso, mais de 300 mil voluntários vindos de toda a Europa participaram das operações de limpeza das praias e corais afetados [A Tribuna, 2017].

O derrame de petróleo do *Prestige*, segundo Garza-Gil et al. [2006], pode ser considerado como um dos piores dos últimos anos, devido à quantidade derramada e à zona afetada: quase toda a costa da Galícia - região noroeste do país, com uma importante atividade de pesca costeira. A pesca foi encerrada na maior parte da costa durante os primeiros 6 meses em 2003, e até 9 meses em áreas mais afetadas. Muitas espécies marinhas foram afetadas, principalmente crustáceos e aquicultura. Este derrame de petróleo gerou uma perda econômica de 65 milhões de euros na renda do setor pesqueiro naquele ano.

### **2.7.2 Deepwater Horizon**

Em 20 de abril de 2010, a plataforma de petróleo *Deepwater Horizon* perfurando o poço Macondo explodiu a 52 milhas da costa da Louisiana, Estados Unidos, com uma perda de vida de 11 trabalhadores e 17 mais feridos. Além da perda de vidas, impactos ambientais significativos do óleo derramado se seguiram. Dias depois, foram descobertos vazamentos de petróleo no fundo do mar e, segundo McNutt et al. [2011], o óleo liberado após a explosão chegou a uma profundidade de 1.500m em um período de 87 dias. Esforços para conter o vazamento falharam e o óleo continuou a escoar para o Golfo do México por meses.

Diante do maior derramamento marítimo de óleo na história nacional, o governo federal dos Estados Unidos interveio para gerenciar a resposta ao acidente, à limpeza e à condução de uma avaliação de danos aos recursos naturais [Greening et al., 2018]. Só foi possível conter o avanço do óleo depois de longos três meses e de muitas tentativas fracassadas. Mas o estrago já era irreversível: a mancha se espalhara por cerca de 1,7 mil quilômetros de praias da costa Sul do país, invadindo mangues e matando animais. À época, imagens de aves e peixes mortos — ou tentando sobreviver em meio à camada negra — se tornaram corriqueiras [Ristow F., 2016].

### **2.7.3 Bacia de Campos**

Já no contexto nacional, destaca-se o acidente ocorrido durante a perfuração de um poço no Campo do Frade, o qual provocou o vazamento de mais de três mil barris de petróleo e uma mancha na Bacia de Campos, no Norte Fluminense, em novembro de 2011. A falha da petrolífera norte-americana Chevron ligou o alerta de ambientalistas, que temiam o comprometimento da fauna marinha e o avanço do óleo

para a costa. Segundo boletim da CBN [2016], a preocupação foi ainda maior porque a *Transocean*, empresa responsável pelo trabalho de perfuração no campo da *Chevron*, era a mesma envolvida na explosão da plataforma *Deepwater Horizon*, descrita anteriormente.

O vazamento foi descoberto por meio de submarinos operados à distância. Mesmo com o plano de emergência criado pela petrolífera, após uma semana a mancha de óleo já atingia 60 quilômetros quadrados. O plano da *Chevron*, aprovado pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), consistia em utilizar uma lama pesada para ajudar a fechar o poço; e em seguida seria usado cimento para inutilizá-lo de forma definitiva. Mesmo assim o vazamento continuava e, a cada dia, o acidente tomava maiores proporções já que era no fundo do mar e o volume de óleo no oceano aumentava [Branco M., 2016].

## 2.8 Análise Bibliométrica

No contexto do petróleo, Barbosa et al. (2018) conduziram uma pesquisa utilizando-se da análise bibliométrica para levantar publicações que fazem referência ao estudo dos impactos do derramamento de óleo na pesca marítima, no sentido de buscar os trabalhos existentes e apresentar um portfólio para pesquisas futuras, através da adoção de uma metodologia bem estruturada pelos autores. Seguindo a mesma linha metodológica, Picinin et al. (2017) realizaram a análise do panorama da produção de petróleo em território brasileiro, verificando as principais contribuições dessa temática ao universo brasileiro e internacional.

A análise bibliométrica é uma abordagem metodológica de estudo que apresenta como principal finalidade mapear e discutir certo grupo de produções científicas, selecionado de acordo com o interesse do pesquisador. A partir da seleção dos artigos, é possível realizar a análise dos mesmos sob diferentes ângulos e verificar quais são as principais tendências e características das produções.

Sustentados e movidos pelo desafio de conhecer o que já foi construído e produzido para depois buscar o que ainda não foi feito, de dedicar cada vez mais atenção a um número considerável de pesquisas realizadas de difícil acesso, de dar conta de determinado saber que se avoluma cada vez mais rapidamente e de divulgá-lo para a sociedade, alguns pesquisadores trazem como opção metodológica a análise bibliométrica [Ferreira N., 2002].

### 3 METODOLOGIA

Este estudo busca realizar uma métrica das características da produção científica sobre derramamentos de petróleo em ambientes marinhos, com foco no acidente do *Exxon Valdez*. Também procura analisar e discutir as diferentes variáveis encontradas e estabelecer relações de semelhança temática em clusters<sup>4</sup> para auxiliar na formulação de problemas e estudos posteriores mais aprofundados no tema. Para tanto, foram seguidos os passos apresentados a seguir.

#### 3.1 REVISÃO DA LITERATURA

Objetivando-se analisar a produção científica a respeito do acidente *Exxon Valdez*, foi realizado primeiramente uma revisão da literatura sobre o tema para se contextualizar a respeito dos efeitos a curto e longo prazo, aos métodos de remediação aplicados, às lições aprendidas e possíveis efeitos ainda persistentes no meio ambiente da região afetada. Esta etapa prévia é importante principalmente para se determinar quais serão as palavras-chave utilizadas na captação dos artigos.

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Para realizar o passo anterior, revisão da literatura, fez-se necessário a definição de uma plataforma de busca de artigos científicos. No caso, a base de dados escolhida foi a *SciVerse Science Direct*, disponível em <http://www.sciencedirect.com/>. Essa escolha se justifica pela própria familiaridade adquirida nesta plataforma em trabalhos anteriores e, também, por compreender um vasto acervo e possuir um sistema já conceituado de avaliação crítica [Vianna F., 2012]. Esta base pertencente à editora *Elsevier* contém milhões de publicações, de artigos de periódicos completos a livros oficiais. Os livros do *ScienceDirect* abrangem 24 coleções de disciplinas variadas, como bioquímica, genética e biologia molecular, química, medicina clínica, engenharia e medicina veterinária [Elsevier, 2018].

As palavras-chave escolhidas para se realizar a busca dos materiais foram “*Exxon Valdez Oil Spill*”. A Tabela 1 ilustra as quantidades de documentos encontrados a partir de testes com combinações entre essas palavras.

---

<sup>4</sup> Um cluster pode ser definido como um “aglomerado de coisas semelhantes”. Fonte: dicionário online Priberam da Língua Portuguesa.

**Tabela 1 – Resultados obtidos buscando as respectivas palavras-chave. Fonte: elaboração própria.**

| Palavra-Chave                 | Quantidade de resultados |
|-------------------------------|--------------------------|
| <i>Oil spill</i>              | 42.363                   |
| <i>Exxon Valdez</i>           | 3.117                    |
| <i>Exxon Valdez Oil Spill</i> | 2.618                    |

Obteve-se, então, 2.618 resultados. Para se atingir um número mais refinado filtrou-se o “tipo de publicação” selecionando apenas os artigos de revisão (*review articles*), artigos de pesquisa (*research articles*), resumos de conferências (*conference abstracts*) e notícias (*news*), como ilustrado na Tabela 2.

**Tabela 2 – Resultados obtidos após refinamento da pesquisa com a palavra-chave determinada. Fonte: elaboração própria.**

| Palavra-Chave                 | Tipos de Publicações  | Resultados após filtros |
|-------------------------------|---|-------------------------|
| <i>Exxon Valdez Oil Spill</i> | Artigos de revisão e pesquisa, resumos de conferências e notícias | 1.335                   |

Com a seleção dos 1.335 materiais foi feita a exportação das citações e *abstracts* (resumos). A exportação foi feita em 14 arquivos separados pois a plataforma exibe no máximo 100 artigos por página. A Figura 4 ilustra o formato original que se obteve a partir dessas exportações ao abrir os dados no Excel. Observa-se a necessidade de tratamento dos dados para possibilitar sua análise, uma vez que todas as informações se encontram em uma coluna só (coluna A) e com espaçamento de uma linha em branco entre cada artigo.

**Figura 4 – Arranjo inicial dos dados exportados. Fonte: Elaboração própria.**

|    | A  | B | C | D | E | F |
|----|--|---|---|---|---|---|
| 10 | AU - Galea, Sandro   |   |   |   |   |   |
| 11 | AU - Sandler, Dale P   |   |   |   |   |   |
| 12 | JO - The Lancet Public Health  |   |   |   |   |   |
| 13 | VL - 2   |   |   |   |   |   |
| 14 | IS - 12  |   |   |   |   |   |
| 15 | SP - e560  |   |   |   |   |   |
| 16 | EP - e567  |   |   |   |   |   |
| 17 | PY - 2017  |   |   |   |   |   |
| 18 | DA - 2017/12/01/   |   |   |   |   |   |
| 19 | SN - 2468-2667   |   |   |   |   |   |
| 20 | DO - <a href="https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30194-9">https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30194-9</a>   |   |   |   |   |   |
| 21 | UR - <a href="http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468266717301949">http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468266717301949</a> |   |   |   |   |   |
| 22 | AB - Summary   |   |   |   |   |   |
| 23 | Background   |   |   |   |   |   |
| 24 | Adverse mental health effects have been reported following oil spills but few studies have identified  |   |   |   |   |   |
| 25 | Methods  |   |   |   |   |   |
| 26 | We used data from the Gulf Long-term Follow-up Study, a cohort of workers and volunteers involved  |   |   |   |   |   |
| 27 | Findings   |   |   |   |   |   |
| 28 | Oil spill response and clean-up work was associated with increased prevalence of depression (pre)  |   |   |   |   |   |
| 29 | Interpretation   |   |   |   |   |   |
| 30 | Oil spill clean-up workers with high amounts of total hydrocarbon exposure or potentially stressful  |   |   |   |   |   |
| 31 | Funding  |   |   |   |   |   |
| 32 | National Institutes of Health (NIH) Common Fund and the Intramural Research Program of the NIH, I  |   |   |   |   |   |
| 33 | ER -   |   |   |   |   |   |
| 34 |  |   |   |   |   |   |
| 35 | TY - JOUR  |   |   |   |   |   |
| 36 | T1 - Towards improving the representation of beaching in oil spill models: A case study  |   |   |   |   |   |

### 3.2.1 Pré-Processamento dos Dados

Os tratamentos dos dados anteriormente ilustrados se apresentam a seguir em alguns passos.

1. Foi incluída à esquerda uma coluna na planilha “Dados”, para que fossem atribuídos números aos conjuntos de informação de cada material, utilizando-se a fórmula “SE(B34=\$B\$34;A33+1;A34)”<sup>5</sup> para otimizar o processo. O resultado pode ser observado no trecho da planilha, apresentado na Figura 5.

---

<sup>5</sup> A função SE verifica se uma condição foi satisfeita e retorna um valor se for verdadeiro e retorna outro valor se for falso. Fonte: support.office.com.

**Figura 5 – Resultado da primeira etapa para formatação dos dados. Fonte: Elaboração própria.**

| A    | B   | C | D | E |
|------|---|---|---|---|
| 23 1 | Background  |   |   |   |
| 24 1 | Adverse mental health effects have been reported following oil spills but few stud  |   |   |   |
| 25 1 | Methods   |   |   |   |
| 26 1 | We used data from the Gulf Long-term Follow-up Study, a cohort of workers and ve    |   |   |   |
| 27 1 | Findings  |   |   |   |
| 28 1 | Oil spill response and clean-up work was associate                                  |   |   |   |
| 29 1 | Interpretation  |   |   |   |
| 30 1 | Oil spill clean-up workers with high amounts of total hydrocarbon exposure or pot   |   |   |   |
| 31 1 | Funding   |   |   |   |
| 32 1 | National Institutes of Health (NIH) Common Fund and the Intramural Research Pro     |   |   |   |
| 33 1 | ER -  |   |   |   |
| 34   |   |   |   |   |
| 35 2 | TY - JOUR   |   |   |   |
| 36 2 | T1 - Towards improving the representation of beaching in oil spill models: A case s |   |   |   |
| 37 2 | AU - Samaras, Achilleas G.  |   |   |   |
| 38 2 | AU - De Dominicis, Michela  |   |   |   |
| 39 2 | AU - Archetti, Renata   |   |   |   |
| 40 2 | AU - Lambert, Alberto   |   |   |   |
| 41 2 | AU - Pinardi, Nadia   |   |   |   |
| 42 2 | JO - Marine Pollution Bulletin  |   |   |   |
| 43 2 | VL - 88   |   |   |   |
| 44 2 | IS - 1  |   |   |   |
| 45 2 | SP - 91   |   |   |   |

**Conjunto de dados Artigo 1**

**Conjunto de dados Artigo 2**

2. Percebe-se pelo trecho apresentado na Figura 5, que os dados sobre os artigos ainda estão todos em uma mesma coluna (B). Separou-se então, estas informações em duas colunas, utilizando-se a opção dados e depois texto para colunas. A delimitação por coluna se deu pelo caractere – (hífen). O resultado pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Resultado da segunda etapa para formatação dos dados. Fonte: Elaboração própria.

|    | A | B    | C | D   | E | F |
|----|---|------|---|---|---|---|
| 1  |   | 1 TY | - | JOUR  |   |   |
| 2  |   | 1 T1 | - | Mental health indicators associa  |   |   |
| 3  |   | 1 AU | - | Kwok, Richard K   |   |   |
| 4  |   | 1 AU | - | McGrath, John A   |   |   |
| 5  |   | 1 AU | - | Lowe, Sarah R   |   |   |
| 6  |   | 1 AU | - | Engel, Lawrence S   |   |   |
| 7  |   | 1 AU | - | Jackson, W Braxton  |   |   |
| 8  |   | 1 AU | - | Curry, Matthew D  |   |   |
| 9  |   | 1 AU | - | Payne, Julianne   |   |   |
| 10 |   | 1 AU | - | Galea, Sandro   |   |   |
| 11 |   | 1 AU | - | Sandler, Dale P   |   |   |
| 12 |   | 1 JO | - | The Lancet Public Health  |   |   |
| 13 |   | 1 VL | - | 2   |   |   |
| 14 |   | 1 IS | - | 12  |   |   |
| 15 |   | 1 SP | - | e560  |   |   |
| 16 |   | 1 EP | - | e567  |   |   |
| 17 |   | 1 PY | - | 2017  |   |   |
| 18 |   | 1 DA | - | 2017/12/01/   |   |   |
| 19 |   | 1 SN | - | 2468-2667   |   |   |
| 20 |   | 1 DO | - | <a href="https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30121-2">https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30121-2</a> |   |   |
| 21 |   | 1 UR | - | <a href="http://www.sciencedirect.com/">http://www.sciencedirect.com/</a>                                 |   |   |
| 22 |   | 1 AB | - | Summary Background. Adverse   |   |   |
| 23 |   | 1 ER | - |   |   |   |

Dados 

3. Foi incluída uma coluna no início da planilha (coluna A) e outra (D) entre a coluna com as siglas e a coluna com o caractere – (hífen). Na coluna D colocou-se o nome correspondente a cada uma das siglas apresentadas na coluna C, conforme a relação descrita na Tabela 3. Para preencher a coluna D, foram utilizadas duas fórmulas combinadas, sendo a “SEERRO”<sup>6</sup> e a “PROCV”<sup>7</sup>: “SEERRO(PROCV(C3;DEPARA\_SIGLAS!\$A:\$B;2;FALSO); "")”. Foi inserida uma nova aba na planilha “DEPARA\_SIGLAS” para facilitar o preenchimento da função. Na segunda linha da coluna B, colocou-se o número 1. Na terceira linha colocou-se a seguinte fórmula: SE(C3=C2;B2+1;1). Esta fórmula foi copiada para as demais linhas da coluna A até o final da planilha. As informações que surgiram nas células da coluna B, que eram vizinhas às células vazias da coluna A, foram

<sup>6</sup> A função SEERRO insere determinado termo escolhido pelo usuário em caso de erro. Fonte: support.office.com.

<sup>7</sup> A função PROCV procura um valor na primeira coluna à esquerda de uma tabela e retorna um valor na mesma linha de uma coluna especificada. Fonte: support.office.com.

apagadas. Também foi inserida uma linha acima dos dados para utilizar o filtro e facilitar a validação das modificações, conforme Figura 7.

**Tabela 3 – Siglas e nomes correspondentes.** Fonte: elaboração própria.

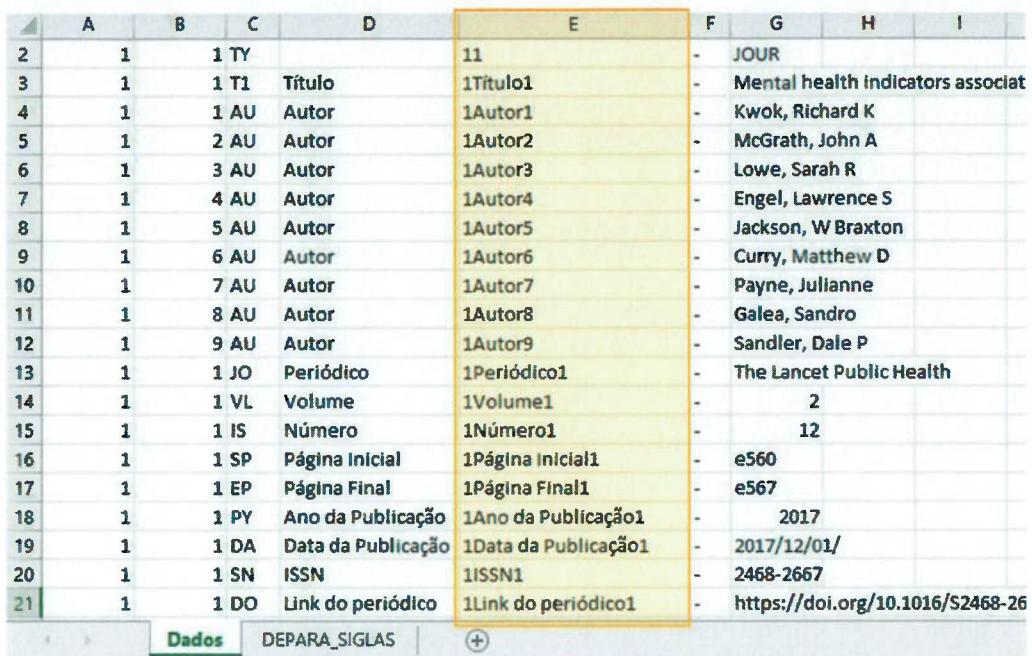
| Sigla | Nome               |
|-------|--------------------|
| JO    | Periódico          |
| T1    | Título             |
| T2    | Subtítulo          |
| VL    | Volume             |
| IS    | Número             |
| SP    | Página Inicial     |
| EP    | Página Final       |
| PY    | Ano da Publicação  |
| DA    | Data da Publicação |
| AU    | Autor              |
| A2    | Revisores          |
| BT    | Título do Livro    |
| SN    | ISSN               |
| KW    | Palavra-chave      |
| UR    | Link do artigo     |
| DO    | Link do periódico  |
| AB    | Resumo             |

**Figura 7 – Resultado da terceira etapa para formatação dos dados.** Fonte: Elaboração própria.

| A  | B   | C    | D                  | E                                       | F | G | H | I |
|----|-----|------|--------------------|---|---|---|---|---|
| 1  | Ref | Sig  |                    | Dados                                   |   |   |   |   |
| 2  | 1   | 1 TY |                    | - JOUR                                  |   |   |   |   |
| 3  | 1   | 1 T1 | Título             | - Mental health indicators associated v |   |   |   |   |
| 4  | 1   | 1 AU | Autor              | - Kwok, Richard K                       |   |   |   |   |
| 5  | 1   | 2 AU | Autor              | - McGrath, John A                       |   |   |   |   |
| 6  | 1   | 3 AU | Autor              | - Lowe, Sarah R                         |   |   |   |   |
| 7  | 1   | 4 AU | Autor              | - Engel, Lawrence S                     |   |   |   |   |
| 8  | 1   | 5 AU | Autor              | - Jackson, W Braxton                    |   |   |   |   |
| 9  | 1   | 6 AU | Autor              | - Curry, Matthew D                      |   |   |   |   |
| 10 | 1   | 7 AU | Autor              | - Payne, Julianne                       |   |   |   |   |
| 11 | 1   | 8 AU | Autor              | - Galea, Sandro                         |   |   |   |   |
| 12 | 1   | 9 AU | Autor              | - Sandler, Dale P                       |   |   |   |   |
| 13 | 1   | 1 JO | Periódico          | - The Lancet Public Health              |   |   |   |   |
| 14 | 1   | 1 VL | Volume             | - 2                                     |   |   |   |   |
| 15 | 1   | 1 IS | Número             | - 12                                    |   |   |   |   |
| 16 | 1   | 1 SP | Página Inicial     | - e560                                  |   |   |   |   |
| 17 | 1   | 1 EP | Página Final       | - e567                                  |   |   |   |   |
| 18 | 1   | 1 PY | Ano da Publicação  | - 2017                                  |   |   |   |   |
| 19 | 1   | 1 DA | Data da Publicação | - 2017/12/01/                           |   |   |   |   |
| 20 | 1   | 1 SN | ISSN               | - 2468-2667                             |   |   |   |   |

4. Inseriu-se uma nova coluna E, na qual juntou-se o número da coluna A com os nomes das siglas da coluna D e os números da coluna B. Isso foi possível por meio da fórmula: CONCATENAR<sup>8</sup>(A2:D2;B2). As fórmulas foram copiadas para as demais linhas da coluna E até o final da planilha. O resultado pode ser observado no extrato exposto na Figura 8.

Figura 8 – Resultado da quarta etapa para formatação dos dados. Fonte: Elaboração própria.



| A  | B | C    | D                  | E                    | F | G   | H | I |
|----|---|------|--------------------|----------------------|---|---|---|---|
| 2  | 1 | 1 TY |                    | 11                   | - | JOUR  |   |   |
| 3  | 1 | 1 T1 | Título             | 1Título1             | - | Mental health indicators associat   |   |   |
| 4  | 1 | 1 AU | Autor              | 1Autor1              | - | Kwok, Richard K   |   |   |
| 5  | 1 | 2 AU | Autor              | 1Autor2              | - | McGrath, John A   |   |   |
| 6  | 1 | 3 AU | Autor              | 1Autor3              | - | Lowe, Sarah R   |   |   |
| 7  | 1 | 4 AU | Autor              | 1Autor4              | - | Engel, Lawrence S   |   |   |
| 8  | 1 | 5 AU | Autor              | 1Autor5              | - | Jackson, W Braxton  |   |   |
| 9  | 1 | 6 AU | Autor              | 1Autor6              | - | Curry, Matthew D  |   |   |
| 10 | 1 | 7 AU | Autor              | 1Autor7              | - | Payne, Julianne   |   |   |
| 11 | 1 | 8 AU | Autor              | 1Autor8              | - | Galea, Sandro   |   |   |
| 12 | 1 | 9 AU | Autor              | 1Autor9              | - | Sandler, Dale P   |   |   |
| 13 | 1 | 1 JO | Periódico          | 1Periódico1          | - | The Lancet Public Health  |   |   |
| 14 | 1 | 1 VL | Volume             | 1Volume1             | - | 2   |   |   |
| 15 | 1 | 1 IS | Número             | 1Número1             | - | 12  |   |   |
| 16 | 1 | 1 SP | Página Inicial     | 1Página Inicial1     | - | e560  |   |   |
| 17 | 1 | 1 EP | Página Final       | 1Página Final1       | - | e567  |   |   |
| 18 | 1 | 1 PY | Ano da Publicação  | 1Ano da Publicação1  | - | 2017  |   |   |
| 19 | 1 | 1 DA | Data da Publicação | 1Data da Publicação1 | - | 2017/12/01/   |   |   |
| 20 | 1 | 1 SN | ISSN               | 1ISSN1               | - | 2468-2667   |   |   |
| 21 | 1 | 1 DO | Link do periódico  | 1Link do periódico1  | - | <a href="https://doi.org/10.1016/S2468-26">https://doi.org/10.1016/S2468-26</a> |   |   |

5. Em uma nova aba (Consolidado), nomeou-se 50 colunas da seguinte forma e ordem: Título, Subtítulo, Autor (20 vezes), Volume, Número, Página Inicial, Página Final, Ano da Publicação, Data da Publicação, Periódico, Revisores, Título do Livro, ISSN, Palavra-chave (15 vezes), Link do artigo, Link do periódico, Resumo. Ainda em Consolidado, uma nova coluna foi incluída na coluna A, da segunda linha desta coluna em diante, iniciou-se uma numeração até 1335, que corresponde ao número total de material coletado.
6. Foi inserida uma linha em 1, na qual foi atribuído o número “1” para todas as variáveis e, respectivamente, de “1” a “20” para a variável “Autor” e de

<sup>8</sup> A função CONCATENAR junta dois ou mais termos em um único. Fonte: support.office.com.

“1” a “15” para a variável “Palavra-chave”. Então, na célula B3 da Consolidado, colocou-se a seguinte fórmula: “SEERRO(PORCV(CONCATENAR(\$A3:B\$2:B\$1);Dados\$E:\$G;3;falso);””). A fórmula foi copiada para as demais células da linha 3 e, em seguida, arrastada até a última linha. O resultado desta etapa pode ser observado no extrato ilustrado na Figura 9.

**Figura 9 – Resultado da quinta e sexta etapas para formatação dos dados. Fonte: Elaboração própria.**

| Índice | Título         | Subtítulo  | Autor 1  | Autor 2 | Autor 3 | Autor 4 | Autor 5 | Autor 6 | Autor 7 | Autor 8 | Autor 9 |
|--------|----------------|------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1      | 1 Mental he    |            | Kwok, Rich McGrath, J Lowe, Sara Engel, Law Jackson, N Curry, Mat Payne, Jul Galea, San Sandler, D Samaras, A De Domini Archetti, F Lamberti, Pinardi, N |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 2      | 2 Towards Ir   |            |  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 3      | 3 Multi-year   |            | Irvine, Gai Mann, Dar Short, Jeff  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 4      | 4 Field appli  |            | Hose, Jo El Brown, Eva   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 5      | 5 Using tole   |            | Reynolds, Braman, N  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 6      | 6 Organic ge   |            | Bence, A.E Kvenvolden, Kennicutt,  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 7      | 7 Evaluating   |            | Gibson, D Catlin, Dar Hunt, Kels Fraser, Jan Karpan, Friedrich, Bimbi, Me Cohen, Jo Maddock, Finlayson, Stevens, T Arthur, Jar Rissik, David             |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 8      | 8 Recovery c   |            | Peterson,  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 9      | 9 The “Exxon   |            | Marty, Gar Hoffmann Okihiro, M Hepler, Ke Hanes, David   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 10     | 10 Retrospec   |            | Taylor, Chi Duffy, Law Terry Bow Blundell, C   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 11     | 11 Profiles of |            | Esler, Dani Ballachey, Trust, Kim Iverson, S Reed, John Miles, A K Henderson, Woodin, B Stegeman   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 12     | 12 Cytochron   |            | Xu, Mengy Wang, Gar Zeng, Zhix Chen, Jun Zhang, Xin Wang, Lon Song, Wei Xue, Qunji   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 13     | 13 Diverse w   |            | Gilligan, E Harner, E.J.O'Reilly, J. Page, D.S. Burns, W.J   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 14     | 14 A Compari   |            | Bock, Mich Robinson, Wenning, French-McRowe, Jill Walker, Al   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 15     | 15 Patterns o  | SPATIAL A  | Cushing, D Roby, Dan Irons, David  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 16     | 16 Comparati   |            |  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 17     | 17 Alaska fac  |            |  |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 18     | 18 Evaluation  | 7th Intern | Albert, Os Amaral, Haigh, Ric  |         |         |         |         |         |         |         |         |

- Substituiu-se todas as fórmulas da planilha por letras e números, pois assim, o arquivo Excel fica mais leve em tamanho e evita-se futuros problemas com vínculos na análise dos dados. Para tanto, selecionou-se todas as células e utilizou-se o comando copiar seguido do comando colar especial, opção colar valores.
- Uma vez que a extração dos dados a partir do SciVerse ScienceDirect não disponibiliza a exportação da filiação dos autores, foi consultado manualmente, artigo por artigo, o País de origem dos autores e inserido na nova coluna D. Nesta etapa, foi considerado o País no qual mais autores tivessem filiação em comum.

Após a conclusão dos passos de 1 a 8, os dados ficaram finalmente dispostos na aba “Consolidado” da maneira desejada para prosseguimento do estudo.

### 3.3 PROCESSAMENTOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Inicia-se, então, a análise dos materiais reunidos quanto aos anos de publicação, autores, países a partir da criação de novas abas para cada assunto na mesma base de dados anteriormente manuseada. Em cada aba, é criada uma tabela dinâmica a partir das informações contidas em “Dados” e escolhidos campos respectivos a cada tema de interesse para criação da tabela.

Para se analisar a frequência que cada autor se apresenta nos materiais foram realizados os passos a seguir.

1. Na aba “Dados”, anteriormente criada, foi filtrado na coluna D apenas a palavra “Autor”. Desta copiou-se a coluna A, na qual consta a referência do material, ou seja, sua numeração de 1 até o 1.335, e a coluna G na qual constam os nomes dos autores. Criou-se, então, a aba “Base\_autores” e inseriu-se nesta os dados copiados. Obteve-se, portanto, uma coluna com todos os nomes dos autores e o respectivo material em que ele aparece, conforme extrato da aba “Base\_autores” ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Resultado da primeira etapa para análise dos autores. Fonte: Elaboração própria.

| A  | B                       |
|----|-------------------------|
| 1  | Material                |
| 1  | Autores                 |
| 2  | 1 Galea, Sandro         |
| 3  | 1 Curry, Matthew D      |
| 4  | 1 Engel, Lawrence S     |
| 5  | 1 Jackson, W Braxton    |
| 6  | 1 Kwok, Richard K       |
| 7  | 1 Lowe, Sarah R         |
| 8  | 1 McGrath, John A       |
| 9  | 1 Payne, Julianne       |
| 10 | 1 Sandler, Dale P       |
| 11 | 2 Archetti, Renata      |
| 12 | 2 De Dominicis, Michela |
| 13 | 2 Lamberti, Alberto     |
| 14 | 2 Pinardi, Nadia        |
| 15 | 2 Samaras, Achilleas G. |
| 16 | 3 Short, Jeffrey W.     |
| 17 | 3 Irvine, Gail V.       |
| 18 | 3 Mann, Daniel H.       |
| 19 | 4 Brown, Evelyn D       |
| 20 | 4 Hose, Jo Ellen        |
| 21 | 5 Braman, Nick          |
| 22 | 5 Reynolds, Joel H.     |
|    | Dados                   |
|    | base_autores            |

2. Na coluna C foi utilizada a fórmula “CONT.SE(\$B\$2:\$B\$4738;B2)”<sup>9</sup> para obter-se a quantidade de vezes que determinado nome aparece nessa lista. A seguir, foi criada a aba “Autores”, cópia da “Base\_autores”, para remover as linhas duplicadas e manter somente o nome do autor e a contagem de vezes que este se apresenta na coleção de materiais. Foi removida a coluna A, selecionadas a nova coluna A (nomes dos autores) e B (contagem) e utilizado o comando Dados - Remover Duplicatas. O resultado deste passo pode ser observado na Figura 11 a seguir.

Figura 11 – Resultado da segunda etapa para análise dos autores. Fonte: Elaboração própria.

|    | A                         | B        |
|----|---------------------------|----------|
| 1  | Autores                   | contagem |
| 2  | A. Trust, Kimberly        | 1        |
| 3  | Aamand, Jens              | 1        |
| 4  | Aas, Endre                | 1        |
| 5  | Abbott, Je'Anna           | 1        |
| 6  | Abdel-khalik, A. Rashad   | 1        |
| 7  | Abdullah, Nuraisyah Chua  | 2        |
| 8  | Abed, Raeid M.M.          | 1        |
| 9  | Abedi, Ehsan              | 1        |
| 10 | Abessa, D.M.S.            | 2        |
| 11 | Abir, Haim                | 1        |
| 12 | Aboelmaged, Mohamed Gamal | 1        |
| 13 | Abolghasemi Mahani, A.    | 1        |
| 14 | Abookire, Alisa A.        | 1        |
| 15 | Abrajano, Teofilo A.      | 1        |
| 16 | Abrams, Robert M.         | 1        |
| 17 | Abudulai, Naamah L.       | 1        |
| 18 | Abu-Elgheit, M.A.         | 1        |
| 19 | Achten, C.                | 1        |
| 20 | Acquaviva, M.             | 1        |
| 21 | Acquaviva, Monique        | 1        |
| 22 | Adam, Susanne             | 1        |

O mesmo tratamento foi feito para os periódicos e palavras-chave, respectivamente nas abas “Base\_periódicos” e “KW”.

<sup>9</sup> A fórmula CONT.SE é utilizada para contar o número de células que atendem a um critério; por exemplo, para contar o número de vezes que uma cidade específica aparece em uma lista de clientes. Fonte: support.office.com.

Para se analisar a quantidade de páginas por artigo, foram filtrados na coluna D de “Dados” as seguintes variáveis: “Palavra Inicial” e “Palavra Final”. Copiou-se para outra aba, “Base\_num\_pags”, a coluna D e a coluna G com as informações de interesse. Utilizou-se então a fórmula “SE(A2=A3;C3-C2;0)” na nova coluna D para calcular a quantidade de páginas de cada material. O resultado pode ser observado na Figura 12 a seguir. Após o cálculo da quantidade de páginas, utiliza-se a fórmula “CONT.SE(\$B\$2:\$B\$4738;B2)” para calcular quantas vezes cada quantidade de página se repete.

Figura 12 – Resultado da manipulação para análise das páginas. Fonte: Elaboração própria.

| 1  | Ref | B                 | C    | D        |
|----|-----|-------------------|------|----------|
|    |     | Dados             |      | Num_Pags |
| 2  | 1   | 1 Página Inicial  | 560  | 7        |
| 3  | 1   | 1 Página Final    | 567  | 0        |
| 4  | 2   | 2 Página Inicial  | 91   | 10       |
| 5  | 2   | 2 Página Final    | 101  | 0        |
| 6  | 3   | 3 Página Inicial  | 572  | 12       |
| 7  | 3   | 3 Página Final    | 584  | 0        |
| 8  | 4   | 4 Página Inicial  | 167  | 11       |
| 9  | 4   | 4 Página Final    | 178  | 0        |
| 10 | 5   | 5 Página Inicial  | 1496 | 8        |
| 11 | 5   | 5 Página Final    | 1504 | 0        |
| 12 | 6   | 6 Página Inicial  | 7    | 35       |
| 13 | 6   | 6 Página Final    | 42   | 0        |
| 14 | 7   | 7 Página Inicial  | 48   | 14       |
| 15 | 7   | 7 Página Final    | 62   | 0        |
| 16 | 8   | 8 Página Inicial  | 27   | 9        |
| 17 | 8   | 8 Página Final    | 36   | 0        |
| 18 | 9   | 9 Página Inicial  | 1    | 102      |
| 19 | 9   | 9 Página Final    | 103  | 0        |
| 20 | 10  | 10 Página Inicial | 569  | 15       |
| 21 | 10  | 10 Página Final   | 584  | 0        |
| 22 | 11  | 11 Página Inicial | 1132 | 6        |

base\_num\_pags Dados base\_kw

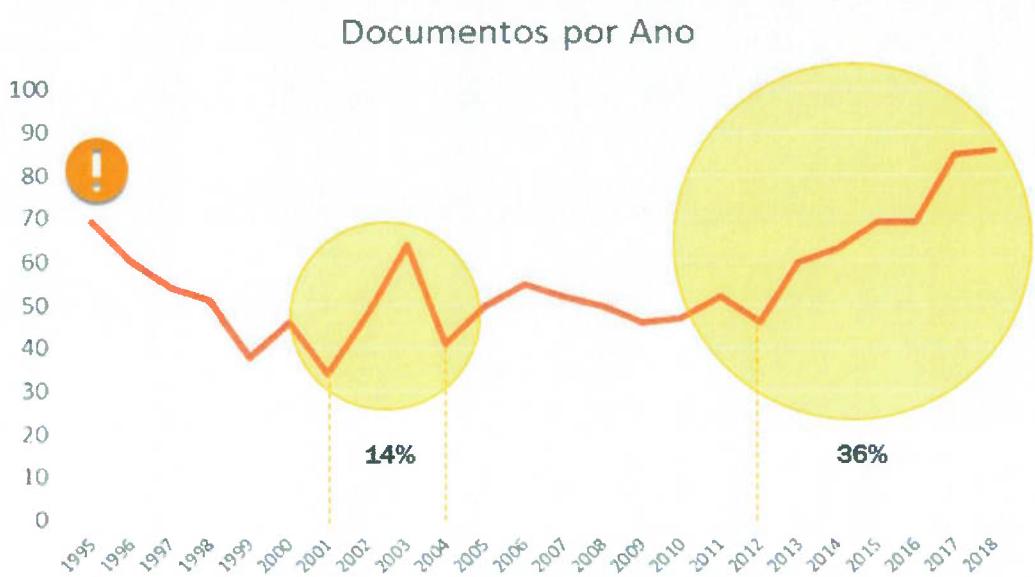
Após estes últimos tratamentos dos dados, é possível avançar para a etapa de exposição e análise dos resultados obtidos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANO

Na aba “Ano” foi criada uma tabela com os anos desde 1995 a 2018, e as respectivas quantidades de publicações em cada. A partir desta, criou-se um gráfico para ilustração e mais fácil visualização das informações, conforme observa-se no Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 – Quantidade de publicações por ano. Fonte: Elaboração própria.



Na fonte de dados utilizada, *ScienceDirect*, não foi possível encontrar materiais anteriores a 1994, apesar do fato em questão ter ocorrido em 1989. Essa limitação, no entanto, não impossibilita a análise e inferências a respeito do comportamento das publicações ao longo dos anos disponíveis.

Observa-se uma tendência oscilatória de produções entre 1995 até 2012, com alguns picos e correspondentes quedas. Dado que o acidente do *Exxon Valdez* ocorreu em 1989 e não temos informações anteriores a 1994, a lógica de análise escolhida será a comparação com outros grandes acidentes mundiais.

Dos anos 2002 a 2004 nota-se um crescimento acentuado das publicações, reunindo 14% dos trabalhos, pico no ano 2003. Este crescimento pode estar relacionado ao naufrágio do navio *Prestige*, atingindo a costa da Espanha, França e Portugal no ano de 2002.

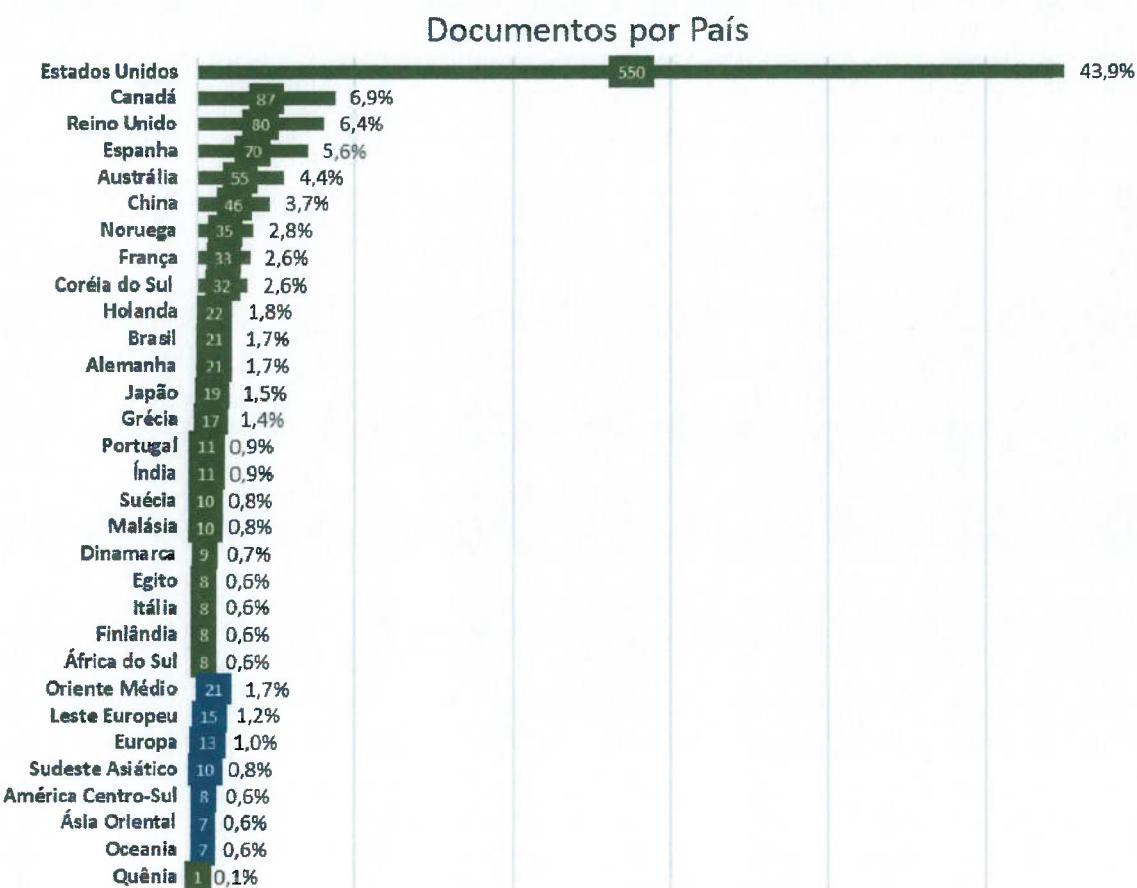
Já em 2010 tivemos a explosão da plataforma *Deepwater Horizon*, no Golfo do México, seguida do vazamento na Bacia de Campos, litoral do Rio de Janeiro, em 2011. Os dados mostram que, a partir de 2011, há crescimento acentuado e praticamente constante da quantidade de artigos produzidos, com um total de 36% dos artigos.

#### 4.2 PAÍS

Já na aba “País” foi criada uma tabela com os países e as respectivas quantidades de publicações em cada. A partir desta, criou-se um gráfico para ilustração e mais fácil visualização das informações, conforme observa-se no Gráfico 2 a seguir.

Observou-se que diversos países apresentaram percentuais de participação muito pequenos e, portanto, foram contabilizados juntos em alguns agrupamentos criados seguindo critério de proximidade geográfica. Destacados em azul, constam os agrupamentos feitos para melhor visualização dos dados, sendo que a Tabela 4 informa quais países estão em cada grupo criado.

**Gráfico 2 – Quantidade de publicações por país e agrupamentos criados. Fonte: Elaboração própria.**



Os Estados Unidos da América (EUA) foram responsáveis por quase metade de toda a produção dos documentos selecionados neste estudo. No total somaram-se 1.335 materiais, dos quais 550 provenientes dos EUA (44%). Segundo Zanlorenssi et al. [2018], os quatro países com maior despesa anual em pesquisa e desenvolvimento (P&D) são, respectivamente: Suíça, Singapura, Estados Unidos e Israel. Países com maior PIB per capita investem proporcionalmente mais em P&D. Os resultados observados neste estudo mostram estar presentes todos os quatro destacados pela UNESCO, mas predominância dos EUA e do Canadá.

Destaca-se, também, a produção proveniente do Canadá, correspondendo a quase 7% dos estudos. Pode-se atribuir esses resultados à proximidade geográfica do acidente e consequentes efeitos colaterais nestes países. A produção concentrada na América do Norte soma 50,8%.

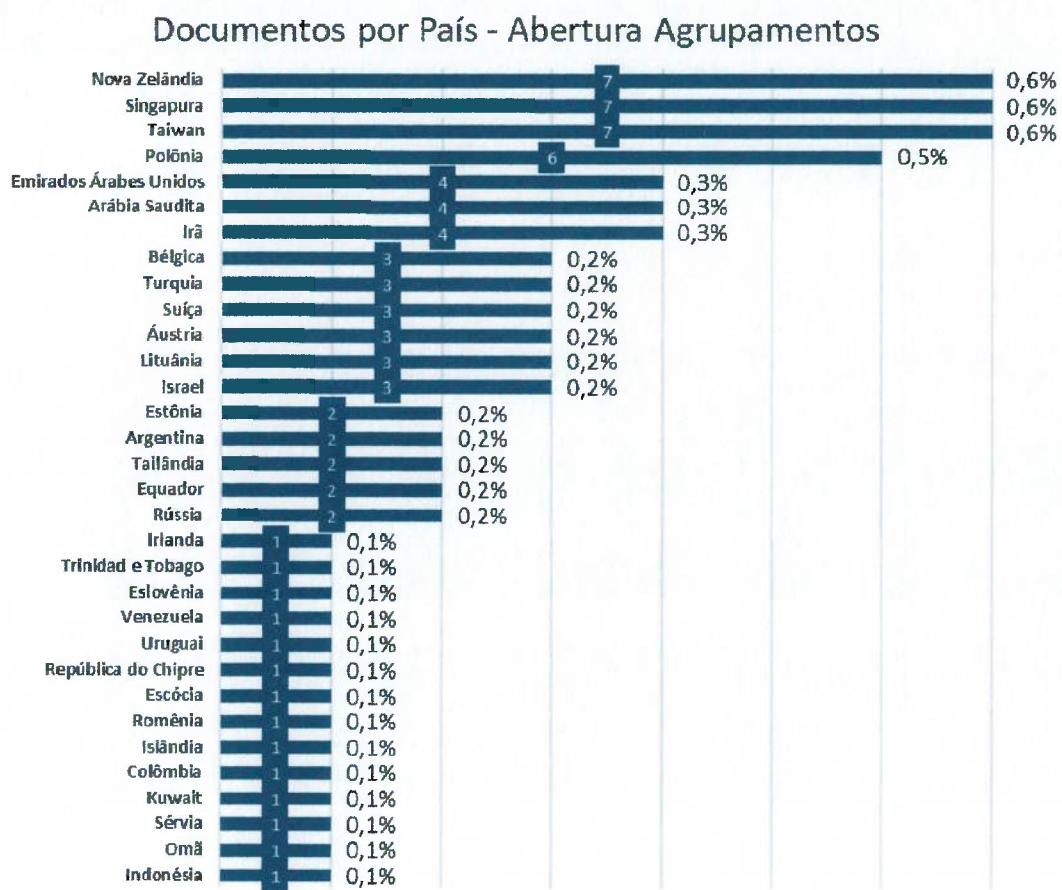
A Europa é responsável por 27,1% das publicações. Tamanha produção científica pode ser justificada tanto pelo maior incentivo à pesquisa e desenvolvimento em países com altos PIB per capita quanto pelos acidentes que ocorreram na costa europeia, como o *Prestige*.

**Tabela 4 – Relação de países agrupados por macro-regiões. Fonte: elaboração própria.**

| Grupo              | Países                 |                     |
|--------------------|------------------------|---------------------|
| América Centro-Sul | Argentina              | Venezuela           |
|                    | Equador                | Uruguai             |
|                    | Trinidad e Tobago      | Colômbia            |
| Ásia Oriental      | Taiwan                 |                     |
| Europa             | Bélgica                | Eslavônia           |
|                    | Suíça                  | Escócia             |
|                    | Áustria                | Islândia            |
|                    | Irlanda                |                     |
| Leste Europeu      | Polônia                | Rússia              |
|                    | Lituânia               | Romênia             |
|                    | Estônia                | Sérvia              |
| Oceania            | Nova Zelândia          |                     |
| Oriente Médio      | Emirados Árabes Unidos | Israel              |
|                    | Arábia Saudita         | República do Chipre |
|                    | Irã                    | Kuwait              |
|                    | Turquia                | Omã                 |
| Sudeste Asiático   | Singapura              | Indonésia           |
|                    | Tailândia              |                     |

A seguir, apresenta-se no Gráfico 3, a relação de quantidade de documentos produzidos por país realizando-se a abertura para os grupos anteriormente destacados em azul.

Gráfico 3 – Abertura dos agrupamentos criados. Fonte: Elaboração própria.



## 4.3 AUTORES

### 4.3.1 Número de autores por artigo

A Tabela 5 apresenta a quantidade de materiais produzidos de acordo com o número de autores. A quantidade nula de autores se refere àqueles documentos que não constam com nomes autorais, a maior parte destes sendo notícias.

Nota-se que pelo menos 80% dos trabalhos foi realizada por mais de um pesquisador, o que comprova uma alta colaboração científica entre autores de diferentes países, embora os trabalhos se concentrem na América do Norte como discutido anteriormente. Por outro lado, 16,5% dos documentos apresentam autoria individual, mostrando ser possível trabalhar individualmente no tema.

**Tabela 5 – Relação quantidade de autores por quantidade de documentos. Fonte: elaboração própria.**

| Quantidade de autores | Quantidade de documentos | %           |
|-----------------------|--------------------------|-------------|
| 0                     | 49                       | 3,7%        |
| 1                     | 220                      | 16,5%       |
| 2                     | 314                      | 23,5%       |
| 3                     | 251                      | 18,8%       |
| 4                     | 165                      | 12,4%       |
| 5                     | 105                      | 7,9%        |
| 6                     | 76                       | 5,7%        |
| 7                     | 41                       | 3,1%        |
| 8                     | 33                       | 2,5%        |
| 9                     | 28                       | 2,1%        |
| 10                    | 15                       | 1,1%        |
| 11                    | 5                        | 0,4%        |
| 12                    | 10                       | 0,7%        |
| 13                    | 4                        | 0,3%        |
| 14                    | 5                        | 0,4%        |
| 15                    | 3                        | 0,2%        |
| 16                    | 6                        | 0,4%        |
| 17                    | 1                        | 0,1%        |
| 20                    | 4                        | 0,3%        |
| <b>Total</b>          | <b>1.335</b>             | <b>100%</b> |

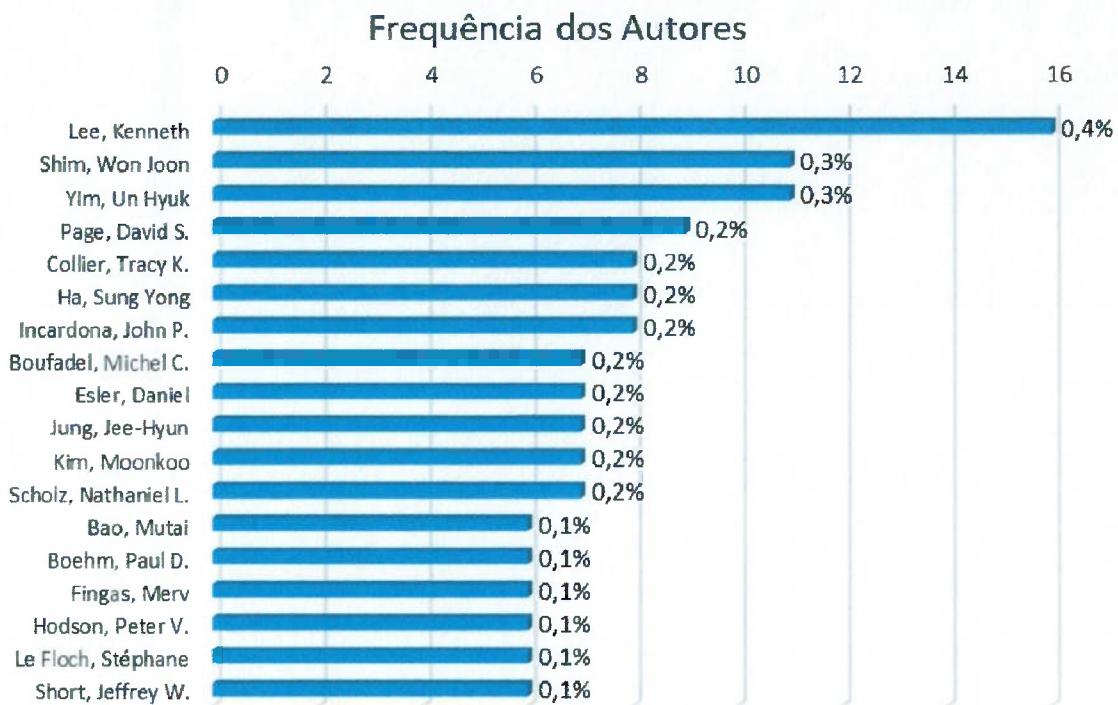
A média de quantidade de autores por documento é de 3,5. Segundo Vanz [2009], a média de autores esperada em artigos da área de Engenharia e Ciências é de aproximadamente 4,7, pois nestas áreas um pesquisador que trabalha sozinho, ou em pequenos grupos, acaba por publicar menos artigos do que um pesquisador que trabalha em um grande laboratório ou projeto multinacional.

#### 4.3.2 Nomes de autores mais frequentes

Após o tratamento dos dados dos autores explicitado no tópico 3.3, foi possível criar o Gráfico 4 a seguir, ilustrando os 18 nomes que mais apareceram nos documentos selecionados. A porcentagem se dá em relação ao número total de autores, que neste caso é de 4.036.

Percebe-se que não há predominância de autores, ou seja, não há uma concentração de materiais em determinado nome, uma vez que o primeiro da lista, Kenneth Lee, corresponde a somente 0,4% de todos os autores.

Gráfico 4 – Quantidade de vezes que os autores foram localizados. Fonte: Elaboração própria.



Para todos os materiais em que o Kenneth Lee colaborou foram mapeados as quantidades de outros autores e os países. O resultado dessa análise consta na Tabela 6 a seguir, a qual traz em cada linha um trabalho diferente atrelado ao País que se insere e quantidade de outros autores envolvidos. Percebe-se contribuições de três países junto ao autor destacado: Canadá, EUA e Reino Unido com frequências de 50%, 31% e 19% respectivamente. Esta análise vai ao encontro do resultado obtido na visão anterior, reforçando a ideia de alta colaboração científica neste contexto.

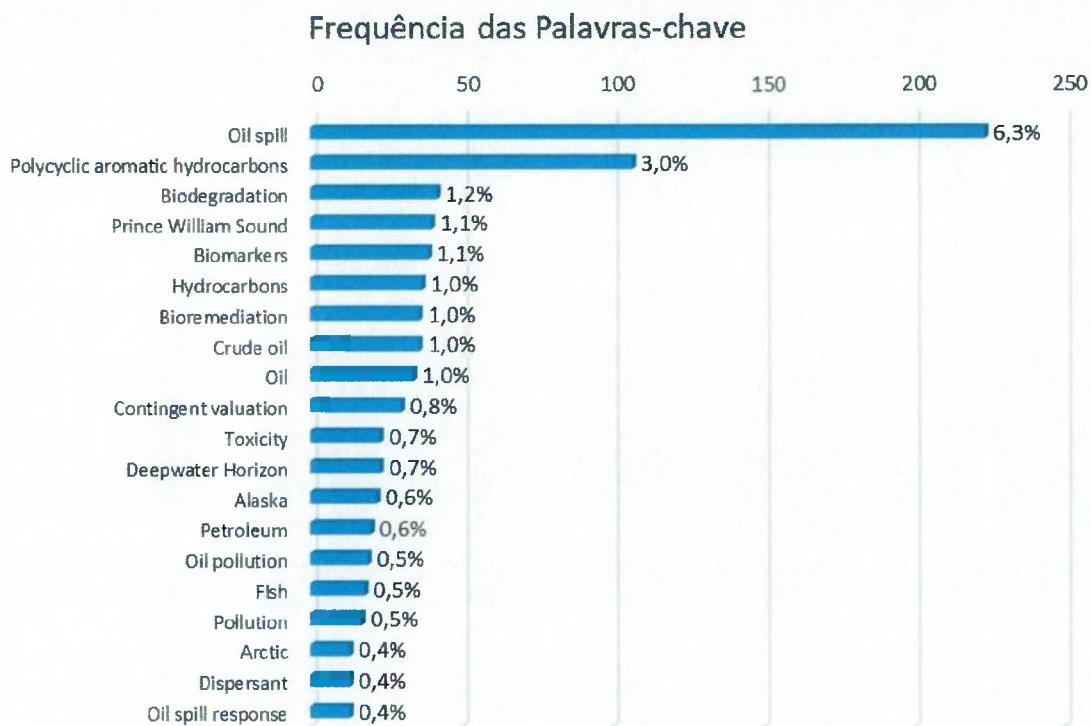
**Tabela 6 – Países e autores envolvidos em trabalhos do autor destacado. Fonte: elaboração própria.**

| País        | Autores envolvidos |
|-------------|--------------------|
| Kenneth Lee | Canadá 3           |
|             | Canadá 2           |
|             | EUA 7              |
|             | EUA 7              |
|             | Canadá 3           |
|             | Canadá 2           |
|             | EUA 5              |
|             | EUA 2              |
|             | Reino Unido 9      |
|             | Canadá 5           |
|             | EUA 12             |
|             | Canadá 8           |
|             | Canadá 3           |
|             | Reino Unido 4      |
|             | Reino Unido 12     |
|             | Canadá 4           |

#### 4.4 PALAVRAS-CHAVE DA AMOSTRA

Embora tenham sido utilizadas apenas as palavras “*Exxon Valdez Oil Spill*” para coletar a amostra de 1.335 materiais, foram mapeadas no total 3.536 palavras-chave. Destas, somente 224 correspondem ao termo “*oil spill*”, o mais repetido nessa seleção (6,4%). Termos semelhantes ou no plural foram considerados como o mesmo, por exemplo “*fishes*” foi considerado como “*fish*” e “PAH” como “*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*”. O Gráfico 5 ilustra as 20 palavras-chave, ou termos, que mais se apresentam.

Gráfico 5 – Principais palavras-chave mapeadas. Fonte: Elaboração própria.

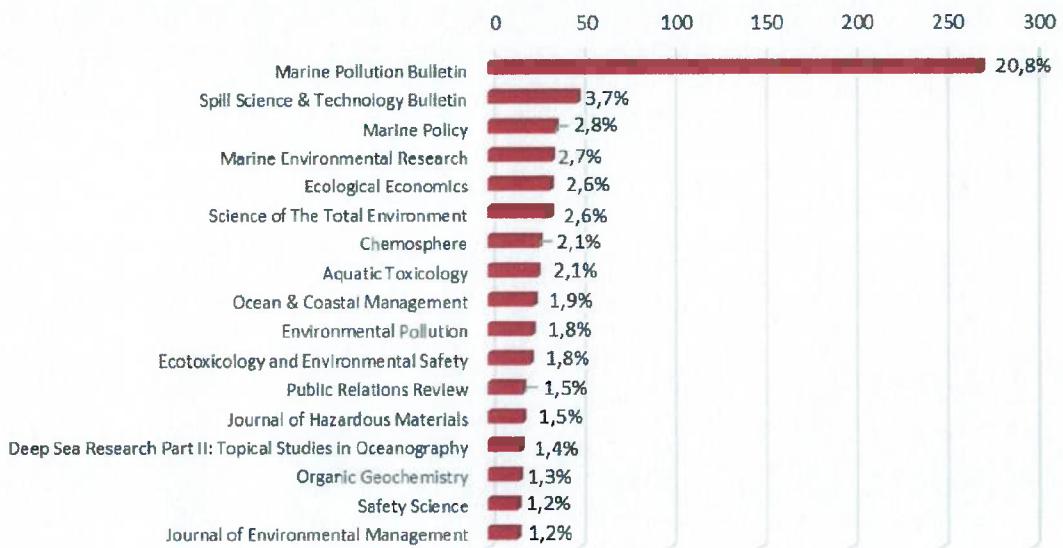


A segunda palavra-chave que mais se apresenta é a “*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*”, componente químico do óleo derramado do EV. Seguido pela “*Biodegradation*” e “*Prince William Sound*”, respectivamente o processo de biodegradação do óleo e o local mais afetado pelo acidente.

#### 4.5 REVISTAS

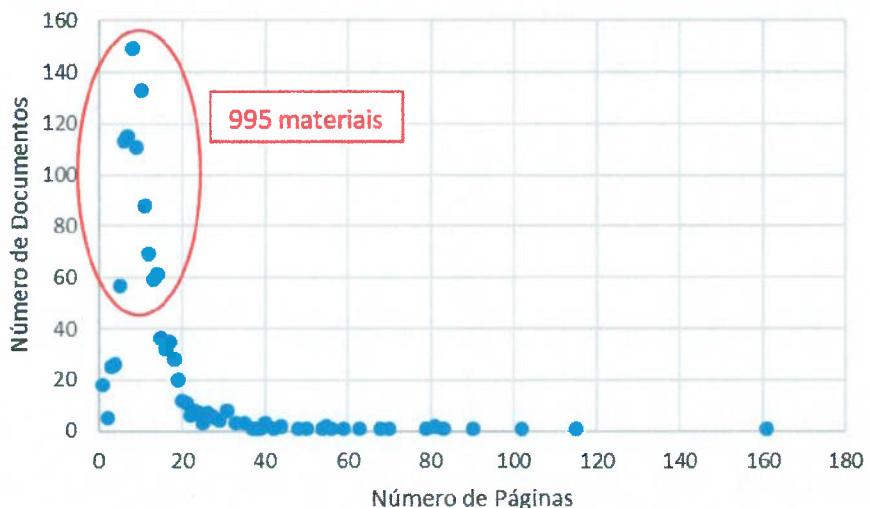
Tem-se, no total, 285 revistas distintas. Diferentemente dos autores, a análise das revistas presentes na amostra nos indica que há uma concentração de produções na *Marine Pollution Bulletin*. Aproximadamente 21% dos documentos selecionados pertencem a esta. O Gráfico 6 a seguir ilustra a distribuição dos 17 nomes de revistas que mais se apresentam.

A *Marine Pollution Bulletin* atenta-se ao uso racional dos recursos marítimos e marinhos em estuários, mares e oceanos, bem como com a documentação da poluição marinha e a introdução de novas formas de medição e análise. Uma ampla gama de tópicos é discutida como notícias, comentários, resenhas e relatórios de pesquisa, não apenas sobre o descarte de efluentes e controle de poluição, mas também sobre a gestão, aspectos econômicos e proteção do ambiente marinho em geral [Elsevier, 2018].

**Gráfico 6 – Frequência das revistas. Fonte: Elaboração própria.**

#### 4.6 NÚMERO DE PÁGINAS

Conforme mencionado na etapa 3.2 na coleta de dados foram extraídas as páginas inicial e final de cada artigo. Com essa informação foi possível contabilizar a quantidade de páginas de cada um. Dos 1.335 materiais exportados, apenas 1.290 continham informação sobre número de página. Destes, 995 (77%) tem maior frequência quanto ao número de páginas, em média 9 páginas por documento. Os documentos com menos de 3 páginas são em sua maioria notícias e os com mais de 20 páginas capítulos de livros. A distribuição pode ser observada no Gráfico 7 a seguir.

**Gráfico 7 – Quantidade de documentos por páginas. Fonte: Elaboração própria.**

#### 4.7 TEMAS PRINCIPAIS

Dos 1.335 artigos selecionados, encontraram-se disponíveis os resumos (*abstracts*) de 1.211, uma vez que as notícias e alguns capítulos de livro não contêm essa informação. Após leitura dos resumos de cada material selecionado, foi atribuído um assunto por afinidade temática. Foram classificados, então, 13 agrupamentos de temas e calculada a porcentagem relativa de cada grupo em relação ao número total de artigos analisados. Os dados constam na Tabela 7 a seguir.

**Tabela 7 – Classificação dos temas por afinidade. Fonte: elaboração própria.**

|       | Agrupamento                        | Quantidade de materiais | %    |
|-------|------------------------------------|-------------------------|------|
| 1     | Impactos gerais                    | 57                      | 4,7  |
| 2     | Impactos nas espécies animais      | 380                     | 31,4 |
| 3     | Impactos nos seres humanos         | 47                      | 3,9  |
| 4     | Impactos na flora                  | 5                       | 0,4  |
| 5     | Impactos econômicos                | 24                      | 2,0  |
| 6     | Impactos legislativos              | 19                      | 1,6  |
| 7     | Métodos de recuperação             | 195                     | 16,1 |
| 8     | Simulações numéricas e modelagem   | 161                     | 13,3 |
| 9     | Trabalhos de revisão da literatura | 76                      | 6,3  |
| 10    | Trabalhos de pesquisa pública      | 43                      | 3,5  |
| 11    | Óleo no mar                        | 138                     | 11,4 |
| 12    | Estudos de caso                    | 33                      | 2,7  |
| 13    | Outros                             | 19                      | 1,6  |
| TOTAL |                                    | 1.211                   | 100% |

Em todos os grupos acima citados, há trabalhos relacionados diretamente ao derramamento do *Exxon Valdez* (EV), correspondendo a 31%, assim como há trabalhos que discutem pontualmente outros acidentes e, também, estudos que discorrem somente sobre o óleo como componente poluidor do ambiente.

O primeiro agrupamento reúne 57 materiais que discutem brevemente todo e qualquer tipo de impacto causado por acidentes com petróleo, seja através de derramamentos, explosões, vazamento de oleodutos ou naufrágio de plataformas e navios, assim como as lições aprendidas nestes desastres. Destes, 42% focam especificamente o EV, e discorrem tanto quanto a presença de outras substâncias químicas junto ao óleo, como alcatrão, e impactos a longo prazo, quanto a presença de óleo em sedimentos de areia mais profundos. Trabalhos mais genéricos mapeiam os derramamentos ocorridos durante as últimas décadas, sua frequência e localização geográfica. Aqui destaca-se, também, a divergência de resultados obtidos em análises dos impactos a longo prazo do EV; enquanto alguns autores relatam a persistência de óleo impactando o litoral do Alasca até os dias atuais, outros afirmam que o ambiente já está praticamente todo recuperado. Essa divergência de afirmações reforça o possível conflito de interesses ao qual as pesquisas científicas estão sujeitas, como mencionado anteriormente.

Foram categorizados no segundo grupo aqueles artigos que discutem os impactos causados nas comunidades de diversas espécies animais direta, e indiretamente, afetadas por vazamentos de óleo. Somaram-se um total de 380 trabalhos; o que caracteriza, então, este como o agrupamento com maior quantidade de estudos, correspondendo a 31,4% dos artigos selecionados. Os principais animais analisados, inclusive em laboratório, foram os patos, salmão, arenque, mexilhão e pássaros. Diretamente relacionados ao EV, foram encontrados 147 artigos (39%), enquanto os 233 restantes (61%) referem-se a outros acidentes pontuais, como o *Prestige*, *Deepwater Horizon* ou a casos em geral de contaminação dos animais por óleo derramado.

Já o impacto nos seres humanos foi separado no terceiro agrupamento, o qual recebeu menor atenção dos pesquisadores visto que soma somente 47 trabalhos, número muito menor em relação aos impactos nos outros animais. Constatase aqui, o que Ramirez et al. [2017] já haviam analisado ao dizer que efeitos nocivos do petróleo em várias espécies foram estudados extensivamente, no entanto, poucos estudaram os efeitos da exposição ao óleo na saúde humana. Estes poucos estudos discorrem tanto sobre os efeitos físicos dos profissionais contratados para limpeza imediata das costas afetadas, quanto dos possíveis efeitos psicológicos.

O quarto agrupamento, impacto sobre as espécies vegetais, foi o que apresentou menor quantidade de trabalhos realizados, apenas 5, correspondendo a 0,4% dos trabalhos realizados sobre derramamentos de petróleo. Ou seja, foi um tema mais negligenciado ainda que o impacto sobre os seres humanos antes destacado.

Trabalhos que analisam os prejuízos econômicos, tanto para as empresas responsáveis pelos acidentes, quanto para a população da região afetada, foram inseridos no quinto grupo, o qual soma um total de 24 artigos. Os prejuízos econômicos envolvem as multas aplicadas, a perda advinda da redução das atividades de turismo e pesca, o valor da reposição de espécies e, principalmente, o valor investido em técnicas de remediação e tentativa de limpeza imediata da região, que também envolve o emprego temporário de profissionais.

O sexto agrupamento reúne 19 estudos que discutem a relação entre as legislações ligadas à indústria do petróleo, principalmente quanto à segurança e prevenção de acidentes. Analisam-se as leis de proteção que surgiram ou se tornaram mais severas. No que tange o EV, destaca-se o *Oil Pollution Act (OPA)*, de 1990, no qual os Estados Unidos adotaram a obrigatoriedade da construção de petroleiros com casco duplo para poderem navegar legalmente em áreas marítimas norte-americanas.

Temas relacionados aos métodos de remediação e tecnologias para realizar a limpeza da costa e sedimentos foram classificados no sétimo grupo, totalizando 195 estudos. Os métodos de recuperação foram o segundo tema mais estudado pelos pesquisadores, somando um total de 16,1%, ficando atrás apenas dos impactos em animais. Este grupo apresenta uma gama variada de assuntos, desde a utilização e aperfeiçoamento de técnicas para estimular a degradação do óleo, como a biorremediação e utilização de polímeros, a técnicas de contenção física pela utilização de barreiras e boias, como também técnicas de remoção do óleo através de esponjas e até mesmo fios de cabelo humanos. Segundo Ifelegeue et al. [2015], o cabelo humano tem potencial para uso como um biossorvente de baixo custo, eficaz e ambientalmente amigável para a limpeza de derramamentos de óleo. Também foram encontrados estudos de desenvolvimento de algoritmos que, através de satélites, podem realizar a detecção automatizada das manchas de óleo nos mares, facilitando as operações de limpeza e remediação. Além disso, também foram mapeados trabalhos que analisam os impactos ambientais gerados pelos próprios métodos de recuperação aplicados.

O oitavo agrupamento reúne 161 trabalhos que utilizam de técnicas teóricas, numéricas e computacionais para criar simulações de possíveis impactos após acidentes e, também, para previsão dos impactos antes que acidentes ocorram. Também foram encontradas modelagens de derramamento de óleo combinadas com dados batimétricos, meteorológicos, oceanográficos e geomorfológicos num esforço maior de prevenção de vazamentos. Alguns também incorporam dados econômicos e biológicos para criar novos critérios de avaliação de riscos, voltados a tomada de decisão em tempo real. Algumas simulações criam um sistema de previsão para traçar possíveis trajetórias de derramamento de óleo em áreas vulneráveis. Trabalhos de simulação numérica e modelagem foram o terceiro tema mais frequente no todo, correspondendo a 13,3% de todos os materiais.

Trabalhos de revisão da literatura foram classificados no nono agrupamento. Os 76 materiais estudam assuntos diversos, tais quais métodos de remediação através da biodegradação do óleo e, também, a utilização de esponjas na limpeza dos vazamentos. Outros trabalhos analisam de forma geral as causas e efeitos de diversos outros acidentes numa janela temporal pré-determinada pelos pesquisadores.

No décimo grupo, foram considerados os 43 trabalhos que, dentre outras atividades, entrevistaram as populações afetadas pelos principais acidentes ocorridos nos últimos anos. Como a população reage e entende os possíveis impactos dos acidentes, a cobertura da mídia e a percepção geral do público, inclusive em redes sociais, foram alguns dos focos analisados por essas pesquisas. Também foram examinadas as estratégias adotadas pelas diversas fontes de notícias envolvidas em influenciar a representação simbólica de questões públicas e políticas.

Já as interações físico-químicas do óleo disperso em água do mar foram estudadas pelos artigos do décimo primeiro grupo. Neste, reuniu-se um total de 138 materiais, uma quantidade significativa de 11,4% em relação a todos os trabalhos. A sua importância pode ser justificada pelo fato do óleo interagir química e fisicamente com os sedimentos presentes tanto em suspensão na água, quanto no fundo do mar e nas costas rochosas. Levando-se em consideração que os reservatórios de petróleo nada mais são do que rochas porosas preenchidas por óleo, o interesse por esta interação é inevitável uma vez que o óleo derramado, quando em contato com novos sedimentos, pode persistir neste estado “óleo-mineral” por décadas. Análises de

toxicidade e formas com que o óleo flui nos mares também foram incluídas nesta categoria.

O penúltimo agrupamento classifica os 33 trabalhos de estudos pontuais, específicos, os chamados estudos de caso. Um dos artigos, por exemplo, ilustra o contexto de construção de uma rede de tubos submarinas (*pipelines*) por uma empresa que precisava defender seu projeto. Outros pesquisadores focaram no acidente da *Deepwater Horizon* para relacionar a utilização de novas tecnologias com desastres na indústria do petróleo.

Por fim, foram reunidos no último grupo aqueles trabalhos que não se encaixaram em nenhuma das doze categorias anteriores. Foram encontrados 19 estudos que analisavam desde a evolução das refinarias, a metais poluindo os mares, até análises das bandeiras dos navios.

#### **4.7.1 Contexto Brasileiro**

Anteriormente, foram identificados 21 trabalhos de autores com filiação principal no Brasil. A análise dos principais temas que se apresentam nesta seleção vai ao encontro da tendência encontrada acima: 38% são trabalhos sobre os impactos nas espécies de animais e 19% tanto para simulação numérica e modelagem de impactos, quanto para métodos de recuperação.

No entanto, há de se destacar que nenhuma das 21 produções brasileiras relacionam-se ao EV. Os estudos que estão relacionados diretamente a algum acidente referem-se àqueles ocorridos em terras e litoral nacionais, como o acidente da Bacia de Campos.

## 5 CONCLUSÕES

Foram 29 anos de estudos a respeito do derramamento do *Exxon Valdez* (EV) e, ainda hoje, pesquisadores constatam haver óleo na costa afetada. Pela magnitude do ocorrido, este trabalho se propôs a entender como a academia se manifestou ao longo do tempo através da metodologia da análise bibliométrica. Foram utilizadas as palavras-chave “*Exxon Valdez Oil Spill*” para seleção dos artigos na plataforma *ScienceDirect* e filtrados os tipos de publicação, selecionando artigos de revisão e pesquisa, resumos de conferência e notícias, obtendo-se uma amostra de 1.335 materiais. Uma dificuldade encontrada foi a limitação da própria plataforma quanto aos materiais publicados antes de 1995. Como o acidente se deu em 1989, um dos objetivos da análise era determinar quanto o EV estimulou o aumento das pesquisas científicas. Este ponto ficou inconclusivo e pode ser contornado num próximo estudo. Após a exportação e tratamento dos dados, foi necessário realizar a consulta manual, artigo por artigo, dos países de afiliação dos autores para posterior análise.

Verificou-se que surgem picos na quantidade de pesquisas realizadas logo após grandes acidentes, como o *Prestige* e o *Deepwater Horizon*. A maior parte das publicações e estudos sobre o tema provém dos Estados Unidos (EUA) e Canadá, somando 50,8%. Este fato deve-se principalmente pelo histórico de incentivo à Pesquisa e Desenvolvimento que os EUA fomentam atrelado ao alto PIB per capita desses países, assim como pela proximidade da região afetada.

Pelo menos 80% dos trabalhos foi realizada por mais de um pesquisador, o que comprova uma alta colaboração científica entre autores de diferentes países. Uma vez que os trabalhos feitos por somente um autor, 16,5%, é uma quantidade significativa, pode-se inferir que também é possível trabalhar sozinho com o tema.

Embora apenas 31% dos materiais selecionados estejam diretamente relacionados ao EV, foi possível verificar algumas tendências temáticas; sendo os mais frequentes, respectivamente, impactos nas espécies animais (31,4%), métodos de recuperação (16,1%) e simulação numérica e modelagem (13,3%). Essa tendência igualmente se apresenta nos 21 trabalhos brasileiros. Em contrapartida, há escassez de estudo quanto aos impactos na flora (0,4%) e não há simulações para previsão de cenários de prejuízo econômico no caso de derramamentos, afim de incentivar a busca por novas tecnologias e sistemas de prevenção de acidentes.

## 6 REFERÊNCIAS

- Barboza T. R., Freitas R. R., Uma análise bibliométrica sobre os impactos do derramamento de petróleo na pesca marítima, 2018, Research, Society and Development, v.8-1.
- Boufadel M. C., Geng X., Short J., Bioremediation of the Exxon Valdez oil in Prince William Sound beaches, 2016, Marine Pollution Bulletin. V. 113. Pages 156-164.
- Bragg J. R., Prince R. C., Harner E.J., Atlas R.M., Effectiveness of bioremediation for the Exxon Valdez oil spill, 1994, Nature. V. 368. Pages 413-418.
- Branco M., Gigante americana Chevron provoca vazamento de óleo na Bacia de Campos. 2016. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/em-destaque/gigante-americana-chevron-provoca-vazamento-de-oleo-na-bacia-de-campos-20427385>>. Acesso em 08 de Outubro de 2018.
- Carls M. G., R. A. Heintz, G. D. Marty, and S. D. Rice, Cytochrome P4501A induction in oil-exposed pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* embryos predicts reduced survival potential, 2005, Mar. Ecol. Prog. Ser. V. 301. Pages 253–265.
- Carls, M. G., S. D. Rice, and J. E. Hose, Sensitivity of fish embryos to weathered crude oil: part 1. Low-level exposure during incubation causes malformations, genetic damage and mortality in larval Pacific herring (*Clupea pallasii*), 1999, Env. Toxicol. Chem. V. 18. Pages 481–493.
- CBN, 2011: vazamento da Chevron causa mancha de óleo na Bacia de Campos. 2016. Disponível em: <<http://cbn.globoradio.globo.com/institucional/historia/aniversario/cbn-25-anos/boletins/2016/03/22/2011-VAZAMENTO-DA-CHEVRON-CAUSA-MANCHA-DE-OLEO-NA-BACIA-DE-CAMPOS.htm>>. Acesso em 29 de Setembro de 2018.
- Charles H. Peterson, Stanley D. Rice, Jeffrey W. Short, Daniel Esler, James L. Bodkin, Brenda E. Ballachey, David B. Irons, Long-Term Ecosystem Response to the Exxon Valdez Oil Spill, Science, 2003, Vol. 302, Issue 5653, Pages 2082-2086.
- Elsevier, Welcome to the leading platform of peer-reviewed scholarly literature, About ScienceDirect. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect>>. Acesso em 15 de Julho de 2018.
- Estadão, Justiça dos EUA reduz multa no caso Exxon Valdez: Multa original por acidente em 1989 foi reduzida de US\$ 2,5 bi para US\$ 500 milhões. Junho 2008. Disponível em: <<https://www.estadao.com.br/noticias/geral,justica-dos-eua-reduz-multa-no-caso-exxon-valdez,195832>>. Acesso em 10 de Agosto de 2018.
- ExxonMobil. Oil Spill Response Field Manual, ExxonMobil Research and Engineering Company, 2014 revision. Disponível em: <<http://corporate.exxonmobil.com/search?search=ExxonMobil%20oil%20spill%20response%20field%20manual>>. Acesso em 06 de Junho de 2017.

Ferreira N. S., As Pesquisas Denominadas “Estado da Arte”, 2002, Educação & Sociedade, ano XXIII, v. 79, págs. 257-272.

Garza-Gil M. D., Surís-Regueiro J. C., Varela-Lafuente M. M., Assessment of economic damages from the Prestige oil spill, 2006, Marine Policy, v. 30. Pages 544-551.

Greening H., Swann R., St. Pé K., Testroet-Bergeron S., Allen R., Alderson M., Hecker J., Bernhardt S. P., Local implementation of a national program: The National Estuary Program response following the Deepwater Horizon oil spill in the Gulf of Mexico, 2018, Marine Policy, v. 87, Pages 60-64.

Hoff R. Z., Bioremediation: an overview of its development and use for oil spill cleanup, 1993, Marine Pollution Bulletin. V. 26. Pages 476-481.

Ifelebuegu A. O., Anh Nguyen T. V., Ukolije-Ikwut P., Momoh Z., Liquid-phase sorption characteristics of human hair as a natural oil spill sorbent, 2015, Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 3 – 2, Pages 938-943.

Ilidia da A. G. Martins Juras, Medidas de Prevenção de Acidentes com Navios Petroleiros, Consultoria Legislativa, Dezembro 2002, pág. 4. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/arquivos-pdf/pdf/211044.pdf>>. Acesso em 08 de Junho de 2018.

McDowell Group, An Assessment of the Impact of the Exxon Valdez Oil Spill on the Alaska Tourism Industry, 1990, Washington, United States, Phase I: Initial Assessment. Page 5.

McNutt M., Camilli R., Guthrie G., Hsieh P., Labson V., Lehr B., Maclay D., Ratzel A., Sogge M. K., Assessment of Flow Rate Estimates for the Deepwater Horizon/Macondo Well Oil Spill, 2011, Washington DC, United States, Flow Rate Technical Group report to the National Incident Command, Interagency Solutions Group, Pages 1-22.

Mearns A. J., Exxon Valdez shoreline treatment and operations: Implications for response, assessment, monitoring, and research, 1996, American Fisheries Society Symposium. V. 18. Pages 309-328.

Naomi L., Lasting legacy of the Exxon Valdez: Twenty years on, the iconic oil spill remains an expensive ecological disaster. Nature, março 2009. Disponível em: <<https://www.nature.com/news/2009/090320/full/news.2009.176.html>>. Acesso em 12 de Junho de 2018.

Peterson C. H., The Exxon Valdez oil spill in Alaska: Acute, indirect and chronic effects on the ecosystem, 2001, Adv. Mar. Biol. 39: 1-103.

Picinin C. T., Ferreira R. H. M., Pilatti L. A., Análise bibliométrica para caracterização da produção de petróleo no território brasileiro, ALTEC 2017, Cidade do México. Disponível em: <[http://www.uam.mx/altec2017/pdfs/ALTEC\\_2017\\_paper\\_232.pdf](http://www.uam.mx/altec2017/pdfs/ALTEC_2017_paper_232.pdf)>. Acesso em 29 de Novembro de 2018.

Ramirez M. I., Arevalo A. P., Sotomayor S., Bailon-Moscoso N., Contamination by oil crude extraction – Refinement and their effects on human health, 2017, Environmental Pollution, v. 231, Pages 415-425.

Rita A. M., The Cultural and Behavioral Impact of the Oil Spill on the Native Peoples of Prince William Sound, Alaska, Spill Science & Technology Bulletin, Volume 7, Issue 1, 2002, Pages 75-87.

Ristow F., Plataforma explode no Golfo do México e causa maior desastre ambiental dos EUA. O Globo, 2016. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/destaque/plataforma-explode-no-golfo-do-mexico-causa-maior-desastre-ambiental-dos-eua-20445451>>. Acesso em 21 de Agosto de 2018.

Stanley D. Rice, Jeffrey W. Short, Mark G. Carls, Adam Moles and Robert B. Spies, Chapter 5 - The Exxon Valdez Oil Spill, In Long-term Ecological Change in the Northern Gulf of Alaska, Elsevier, Amsterdam, 2007, Pages 419-520.

Tribuna, Justiça espanhola determina indenização de mais de 1,5 bi de euros por Prestige, Novembro de 2017. Disponível em: <<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalhe/porto&mar/justica-atribui-indenizacao-de-mais-de-eur-15-bi-a-espanha-por-prestige/?cHash=240c76893b4eb5b64a0d9c3cb3f18215>>. Acesso em 16 de Agosto de 2018.

Vanz, S. A. S. As redes de colaboração científica no Brasil: 2004-2006. Tese de Doutorado – Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), 2009, pág. 204.

Vianna, F. C., Discussão Epistemológica da Produção Científica Brasileira em Biodiesel, 2012, São Paulo, Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, pág. 61.

Wolfe D. A., Hameedi M. J., Galt J., Watabayashi G., Short J., O'Clair C., Rice S., Michel J., Payne J.R., Braddock J., Hanna S., Salel D., Fate of the oil spilled from the Exxon Valdez, 1994, Environ. Sci. Technol. V. 28. Pages 561A-568A.

Yuqiang Xia, Michel C. Boufadel, Lessons from the Exxon Valdez Oil Spill disaster in Alaska, Disaster Advances, Vol.3 (4), 2010.

Zanlorenssi G., Maia G., Quadros T., Qual é o investimento em pesquisa ao redor do mundo. Jornal Nexo, 2018. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/grafico/2018/09/14/Qual-%C3%A9-o-investimento-em-pesquisa-ao-redor-do-mundo>>. Acesso em 21 de Agosto de 2018.



## Análise bibliométrica da produção científica sobre o *Exxon Valdez*

Pamela Aranda Frisco

Orientador: Profa. Dr. Patricia Helena Lara dos Santos Matai

Artigo Sumário referente à disciplina PMI1096 – Trabalho de Formatura para Engenharia de Petróleo II  
Este artigo foi preparado como requisito para completar o curso de Engenharia de Petróleo na Escola Politécnica da USP. Template versão 2018v11.

### Resumo

A indústria do petróleo é responsável por alguns dos grandes acidentes ambientais ocorridos nos últimos anos. Em função da necessidade de se aprender com os erros do passado para evitar sua recorrência, o presente trabalho propõe uma análise bibliométrica a respeito das produções científicas relacionadas ao acidente do *Exxon Valdez*. A análise bibliométrica mapeia e discute artigos científicos em qualquer campo do conhecimento, objetivando responder com quais características e tendências têm sido produzidos. Foram selecionados, na plataforma *SciVerse Science Direct*, artigos de revisão e pesquisa, resumos de conferências e notícias publicados em periódicos internacionais no período de janeiro de 1995 até julho de 2018. As palavras-chave utilizadas para seleção dos 1.335 artigos foram “*Exxon Valdez Oil Spill*” (EVOS). Com este trabalho, foi possível reconhecer e identificar o que foi e o que está sendo pesquisado a respeito do EVOS, e quais as tendências temáticas encontradas. Os resultados mostram que é significativa a quantidade de artigos produzidos por pelo menos dois autores (80%), ou seja, comprova a colaboração dentro da rede acadêmica. Estados Unidos e Canadá foram os países que se destacaram na produção de conteúdo, somando 50,8%. Os tópicos mais abordados foram os impactos nas espécies animais (31,4%), seguido dos métodos de recuperação (16,1%) e simulação numérica e modelagem (13,3%). Observou-se falta de estudo da literatura acadêmica a respeito dos impactos nas espécies vegetais afetadas por derramamentos de óleo (0,4%), assim como na criação de modelos para previsão de cenários de impactos econômicos.

### Abstract

The oil industry is responsible for some of the major environmental accidents in last years. This study proposes a bibliometric analysis of the documents related to the Exxon Valdez accident, in order to learn from the mistakes of the past to avoid their recurrence. The bibliometric analysis maps and discusses scientific articles in any field of knowledge, trying to answer what are their characteristics and tendencies. Review and research articles, conference abstracts and news published in international journals from January 1995 to July 2018 were selected from *SciVerse Science Direct* platform. The keywords used to select the 1,335 articles were “*Exxon Valdez Oil Spill*” (EVOS). It was possible to recognize and identify what was and is still being researched about the EVOS and the thematic trends found. The results show that the quantity of articles produced by at least two authors is about 80%, so, it proves the collaboration within the academic. The United States and Canada were the countries that stood out in the content production on the subject (50,8%). The most discussed topics were impacts on animal species (31,4%), followed by recovery methods (16,1%) and numeric simulation and modeling (13,3%). There was a lack of the academic studies regarding the impacts on plant species affected by oil spills (0,4%), as well as data modeling for predicting economic impacts.

## 1. Introdução

O desenvolvimento das atividades petrolíferas próximas a regiões costeiras pode significar grandes ameaças de contaminação para o meio ambiente e animais nativos. Inúmeros são os casos de derramamentos no mar desde a evolução da exploração *offshore* de petróleo e gás. Neste estudo, será retratado o caso específico do acidente referente ao derramamento de óleo do petroleiro *Exxon Valdez* (EV), ocorrido em 24 de março de 1989 na costa do Alasca, Estados Unidos da América.

O EV, pertencente à empresa norte americana *ExxonMobil*, seguia carregado de óleo da Encosta Norte do Alasca quando encalhou no recife *Bligh* em *Prince William Sound* (PWS). O navio teve oito de seus onze tanques rompidos e derramou 42 milhões de litros de óleo bruto, cru, que se espalhou por mais de 2 mil km no litoral do Alasca causando o maior acidente ambiental da história dos Estados Unidos até 2011, quando houve outro grande derramamento da *Deepwater Horizon*.

Além de efeitos a curto prazo, derramamentos de óleo geram danos que persistem no ambiente marinho por longo período de tempo, os quais podem ser esquecidos ou tomados como irremediáveis. Este trabalho busca, através de análise bibliométrica sobre os estudos científicos produzidos, analisar quais foram os assuntos mais discutidos e tendências das pesquisas, assim como verificar se ainda há lacunas a serem estudadas mesmo após quase três décadas do ocorrido.

## 2. Metodologia

Este estudo busca realizar uma métrica das características da produção científica sobre derramamentos de petróleo em ambientes marinhos, com foco no EV. Também procura analisar e discutir as diferentes variáveis encontradas e estabelecer relações de semelhança temática em clusters para auxiliar na formulação de problemas e estudos posteriores mais aprofundados no tema. Para tanto, foram seguidos os passos apresentados a seguir.

### 2.1. Revisão da literatura

Objetivando-se analisar a produção científica a respeito do EV, foi realizado primeiramente uma revisão da literatura sobre o tema para se contextualizar a respeito dos efeitos a curto e longo prazo, aos métodos de remediação aplicados, às lições aprendidas e possíveis efeitos ainda persistentes no meio ambiente da região afetada. Esta etapa prévia é importante principalmente para se determinar quais serão as palavras-chave utilizadas na captação dos artigos.

### 2.2. Coleta de dados

Para realizar o passo anterior, revisão da literatura, fez-se necessário a definição de uma plataforma de busca de artigos científicos. No caso, a base de dados escolhida foi a *SciVerse Science Direct*. A palavra-chave escolhida para seleção dos artigos foi “*Exxon Valdez Oil Spill*”. A partir dela, para se atingir um número mais refinado de artigos a serem analisados, filtrou-se o “tipo de publicação” selecionando apenas os artigos de revisão (*review articles*), artigos de pesquisa (*research articles*), resumos de conferências (*conference abstracts*) e notícias (*news*) obtendo-se, então, uma amostra de 1.335 materiais. A seguir foi feita a exportação das citações e *abstracts* para arquivos no formato “.ris”. Copiou-se o conteúdo destes arquivos no *Microsoft Excel*, objetivando-se facilitar os tratamentos necessários para que os dados fossem analisados com mais facilidade.

Resumidamente, foram realizados os seguintes passos no tratamento dos dados:

- 2.2.1. Atribuição de números de referência aos conjuntos de informação de cada material, de 1 a 1.335.
- 2.2.2. Correspondência de cada tipo de informação a uma sigla, por exemplo para nomes dos autores foi atribuída a sigla “Autor”, enquanto para os *abstracts* foi atribuída “Resumo” e assim por diante.
- 2.2.3. Ativou-se os recursos de filtro do *Excel* para possibilitar a seleção das informações de interesse.

### 3. Resultados e Discussões

Através da seleção dos dados de interesse pelos filtros do software, foi possível criar tabelas dinâmicas para fazer análises qualitativas e quantitativas dos dados extraídos.

#### 3.1. Anos

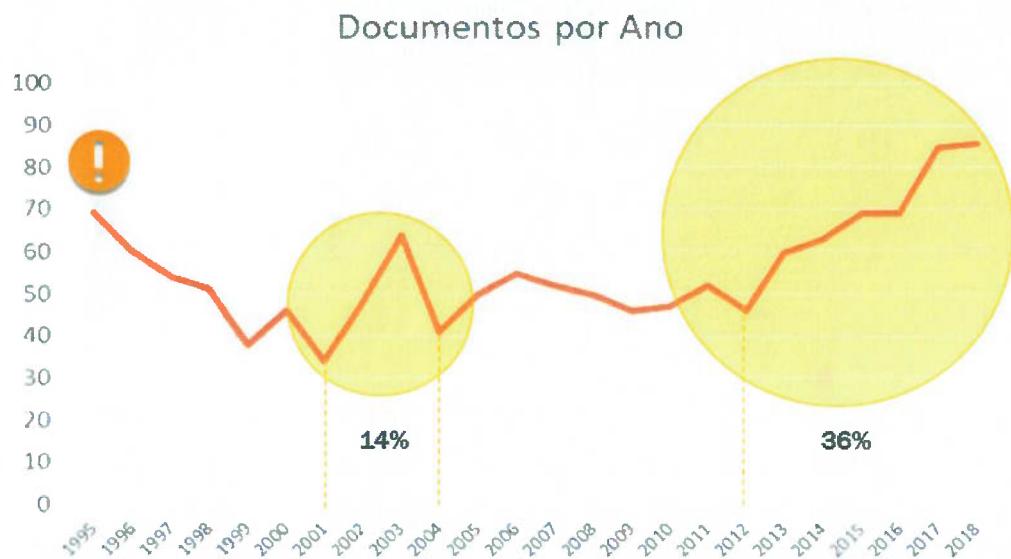
Na fonte de dados utilizada, *ScienceDirect*, não foi possível encontrar materiais anteriores a 1994, apesar do fato em questão ter ocorrido em 1989. Essa limitação, no entanto, não impossibilita a análise e inferências a respeito do comportamento das publicações ao longo dos anos disponíveis.

Observa-se no Gráfico 1 uma tendência oscilatória de produções entre 1995 até 2012, com alguns picos e correspondentes quedas. Dado que o acidente do EV ocorreu em 1989 e não temos informações anteriores a 1994, a lógica de análise escolhida será a comparação com outros grandes acidentes mundiais.

Dos anos 2002 a 2004 nota-se um crescimento acentuado das publicações que somam 14% de todos os artigos, pico no ano 2003. Este crescimento pode estar relacionado ao naufrágio do navio *Prestige*, atingindo a costa da Espanha, França e Portugal no ano de 2002.

Já em 2010 tivemos a explosão da plataforma *Deepwater Horizon*, no Golfo do México, seguida do vazamento na Bacia de Campos, litoral do Rio de Janeiro, em 2011. Os dados mostram que, a partir de 2011, há crescimento acentuado e praticamente constante da quantidade de artigos produzidos, somando 36% de todos os trabalhos reunidos.

Gráfico 1 - Quantidade de publicações por ano. Fonte: Elaboração própria.



#### 3.2. Países

Os Estados Unidos da América (EUA) foram responsáveis por quase metade de toda a produção dos documentos selecionados neste estudo. No total somaram-se 1.335 materiais, dos quais 550 provenientes dos EUA (44%). Segundo Zanlorenssi et al. [2018], os quatro países com maior despesa anual em pesquisa e desenvolvimento (P&D) são, respectivamente: Suíça, Singapura, Estados Unidos e Israel. Países com maior PIB per capita investem proporcionalmente mais em P&D. Os resultados observados neste estudo mostram estar presentes todos os quatro destacados pela UNESCO, mas predominância dos EUA e do Canadá. Destaca-se, também, a produção proveniente do Canadá, correspondendo a quase 7% dos estudos. Pode-se atribuir esses resultados à proximidade geográfica do acidente e consequentes efeitos colaterais nestes países. A produção concentrada na América do Norte soma 50,8%.

### 3.3. Autores

Pelo menos 80% dos trabalhos foi realizada por mais de um pesquisador, o que comprova uma alta colaboração científica entre autores de diferentes países, embora os trabalhos se concentrem na América do Norte como discutido anteriormente. Por outro lado, 16,5% dos documentos apresentam autoria individual, mostrando ser possível trabalhar sozinho no tema.

A média de quantidade de autores por documento é de 3,5. Segundo Vanz [2009], a média de autores esperada em artigos da área de Engenharia e Ciências é de aproximadamente 4,7, pois nestas áreas um pesquisador que trabalha sozinho, ou em pequenos grupos, acaba por publicar menos artigos do que um pesquisador que trabalha em um grande laboratório ou projeto multinacional.

Percebe-se relativa distribuição homogênea em relação aos nomes dos autores, ou seja, não há uma concentração de materiais em determinado nome, uma vez que o autor com maior frequência de aparição, Kenneth Lee, corresponde a somente 0,4% de todos os outros.

### 3.4. Palavras-chave

Foram mapeadas, no total, 3.536 palavras-chave distintas. Destas, 224 correspondem ao termo “*oil spill*”, o mais repetido nessa seleção (6,4%). A segunda palavra-chave que mais se apresenta é a “*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*”, componente químico do óleo derramado do EV. Seguido pela “*Biodegradation*” e “*Prince William Sound*”, respectivamente o processo de biodegradação do óleo e o local mais afetado pelo acidente.

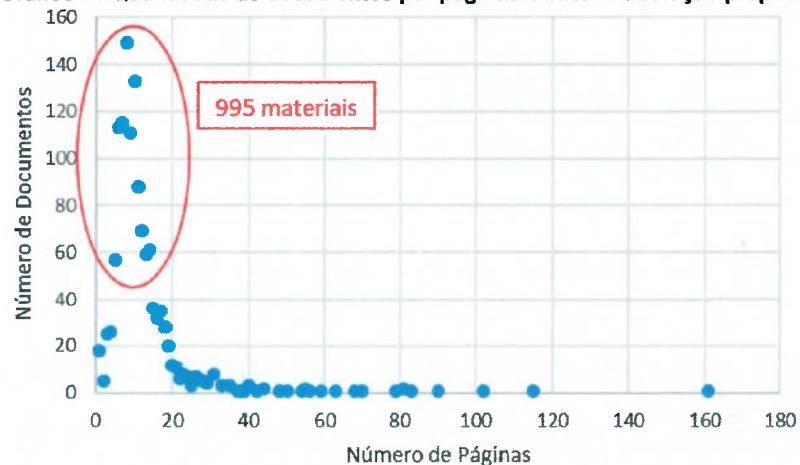
### 3.5. Revistas

Tem-se, no total, 285 revistas distintas. Diferentemente dos autores, os dados nos indicam que há uma concentração de produções na *Marine Pollution Bulletin*. Aproximadamente 21% dos artigos selecionados pertencem a esta revista.

### 3.6. Número de Páginas

Dos 1.335 materiais exportados, apenas 1.290 continham informação sobre número de página. Destes, 995 (77%) tem maior frequência quanto ao número de páginas, em média 9 páginas por documento. Os documentos com menos de 3 páginas são em sua maioria notícias e os com mais de 20 páginas capítulos de livros. A distribuição pode ser observada no Gráfico 2 a seguir.

Gráfico 2 - Quantidade de documentos por páginas. Fonte: Elaboração própria.



### 3.7. Temas Principais

Após leitura dos 1.211 resumos disponíveis, foram classificados 13 agrupamentos de temas e calculada a porcentagem relativa de cada grupo em relação ao número total de artigos analisados. Os dados constam na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Classificação dos temas por afinidade. Fonte: Elaboração própria.

|       | Agrupamento                        | Quantidade de materiais | %    |
|-------|------------------------------------|-------------------------|------|
| 1     | Impactos gerais                    | 57                      | 4,7  |
| 2     | Impactos nas espécies animais      | 380                     | 31,4 |
| 3     | Impactos nos seres humanos         | 47                      | 3,9  |
| 4     | Impactos na flora                  | 5                       | 0,4  |
| 5     | Impactos econômicos                | 24                      | 2,0  |
| 6     | Impactos legislativos              | 19                      | 1,6  |
| 7     | Métodos de recuperação             | 195                     | 16,1 |
| 8     | Simulação numérica e modelagem     | 161                     | 13,3 |
| 9     | Trabalhos de revisão da literatura | 76                      | 6,3  |
| 10    | Trabalhos de pesquisa pública      | 43                      | 3,5  |
| 11    | Óleo no mar                        | 138                     | 11,4 |
| 12    | Estudos de caso                    | 33                      | 2,7  |
| 13    | Outros                             | 19                      | 1,6  |
| TOTAL |                                    | 1.211                   | 100% |

Em todos os grupos acima, há trabalhos relacionados diretamente ao derramamento do EV, correspondendo a 31%, assim como há trabalhos que discutem pontualmente outros acidentes e, também, estudos que discorrem somente sobre o óleo como componente poluidor do ambiente.

O primeiro agrupamento reúne 57 materiais que discutem brevemente todo e qualquer tipo de impacto causado por acidentes com petróleo, seja através de derramamentos, explosões, vazamento de oleodutos ou naufrágio de plataformas e navios, assim como as lições aprendidas nestes desastres. Trabalhos mais genéricos mapeiam os derramamentos ocorridos durante as últimas décadas, sua frequência e localização geográfica. Aqui destaca-se, também, a divergência de resultados obtidos em análises dos impactos a longo prazo do EV; enquanto alguns autores relatam a persistência de óleo impactando o litoral do Alasca até os dias atuais, outros afirmam que o ambiente já está praticamente todo recuperado.

Foram categorizados no segundo grupo aqueles artigos que discutem os impactos causados nas comunidades de diversas espécies animais direta, e indiretamente, afetadas por vazamentos de óleo. Somaram-se um total de 380 trabalhos; o que caracteriza, então, este como o agrupamento com maior quantidade de estudos, correspondendo a 31,4% dos artigos selecionados. Os principais animais analisados, inclusive em laboratório, foram os patos, salmão, arenque, mexilhão e pássaros. Diretamente relacionados ao EV, foram encontrados 147 artigos (39%), enquanto os 233 restantes (61%) referem-se a outros acidentes pontuais, como o *Prestige*, *Deepwater Horizon* ou a casos em geral de contaminação.

Já o impacto nos seres humanos foi separado no terceiro agrupamento, o qual recebeu menor atenção dos pesquisadores visto que soma somente 47 trabalhos. Constatata-se aqui, o que Ramirez et al. [2017] já haviam analisado ao dizer que efeitos nocivos do petróleo em várias espécies foram estudados extensivamente, no entanto, poucos estudaram os efeitos da exposição ao óleo na saúde humana.

O quarto agrupamento, impacto sobre as espécies vegetais, foi o que apresentou menor quantidade de trabalhos realizados, apenas 5, correspondendo a 0,4% dos trabalhos. Ou seja, foi um tema mais negligenciado ainda que o impacto sobre os seres humanos.

Trabalhos que analisam os prejuízos econômicos, tanto para as empresas responsáveis pelos acidentes, quanto para a população da região afetada, foram inseridos no quinto grupo, o qual soma um total de 24 artigos. Os prejuízos econômicos envolvem as multas aplicadas, a perda advinda da redução das atividades de turismo e pesca, o valor da reposição de espécies e, principalmente, o valor investido em técnicas de

remediação e tentativa de limpeza imediata da região, que também envolve o emprego temporário de profissionais.

O sexto agrupamento reúne 19 estudos que discutem a relação entre as legislações ligadas à indústria do petróleo. Analisam-se as leis de proteção que surgiram ou se tornaram mais severas. No que tange o EV, destaca-se o *Oil Pollution Act* (OPA), de 1990, no qual os Estados Unidos adotaram a obrigatoriedade da construção de petroleiros com casco duplo para poderem navegar legalmente em áreas marítimas norte-americanas.

Temas relacionados aos métodos de remediação foram classificados no sétimo grupo, totalizando 195 estudos. Este foi o segundo tema mais estudado pelos pesquisadores, somando um total de 16,1%, ficando atrás apenas dos impactos em animais. Este grupo apresenta uma gama variada de assuntos, desde a biorremediação e utilização de polímeros na degradação do óleo, a técnicas de contenção física pela utilização de barreiras e boias, como também técnicas de remoção do óleo através de esponjas e até mesmo fios de cabelo humanos. Também foram encontrados estudos de desenvolvimento de algoritmos que, através de satélites, podem realizar a detecção automatizada das manchas de óleo nos mares, facilitando as operações de limpeza em tempo real.

O oitavo agrupamento reúne 161 trabalhos que utilizam de técnicas teóricas, numéricas e computacionais para criar simulações de possíveis impactos após acidentes e, também, modelos de previsão dos impactos antes que acidentes ocorram. Alguns incorporam dados meteorológicos, batimétricos, oceanográficos, econômicos e biológicos para criar novos critérios de avaliação de riscos. Trabalhos de simulação numérica e modelagem foram o terceiro tema mais frequente no todo, correspondendo a 13,3% de todos os materiais.

Trabalhos de revisão da literatura foram classificados no nono agrupamento. Os 76 materiais estudam assuntos diversos, tais quais métodos de remediação através da biodegradação do óleo e, também, a utilização de esponjas na limpeza dos vazamentos. Outros trabalhos analisam de forma geral as causas e efeitos de diversos outros acidentes numa janela temporal pré-determinada pelos pesquisadores.

No décimo grupo, foram considerados os 43 trabalhos que, dentre outras atividades, entrevistaram as populações afetadas pelos principais acidentes ocorridos nos últimos anos. Como a população reage e entende os possíveis impactos dos acidentes, a cobertura da mídia e a percepção geral do público, inclusive em redes sociais, foram alguns dos focos analisados por essas pesquisas.

Já as interações físico-químicas do óleo disperso em água do mar foram estudadas pelos artigos do décimo primeiro grupo. Neste, reuniu-se um total de 138 materiais, uma quantidade significativa de 11,4% em relação a todos os trabalhos. A sua importância pode ser justificada pelo fato do óleo interagir química e fisicamente com os sedimentos presentes tanto em suspensão na água, quanto no fundo do mar e nas costas rochosas. Levando-se em consideração que os reservatórios de petróleo nada mais são do que rochas porosas preenchidas por óleo, o interesse por esta interação é inevitável uma vez que o óleo derramado, quando em contato com novos sedimentos, pode persistir neste estado “óleo-mineral” por décadas. Análises de toxicidade e formas com que o óleo flui nos mares também foram incluídas nesta categoria.

O penúltimo agrupamento classifica os 33 trabalhos de estudos pontuais, específicos, os chamados estudos de caso. Um dos artigos, por exemplo, ilustra o contexto de construção de uma rede de tubos submarinas (*pipelines*) por uma empresa que precisava defender seu projeto. Outros pesquisadores focaram no acidente da *Deepwater Horizon* para relacionar a utilização de novas tecnologias com desastres na indústria do petróleo.

Por fim, foram reunidos no último grupo aqueles trabalhos que não se encaixaram em nenhuma das doze categorias anteriores. Foram encontrados 19 estudos que analisavam desde a evolução das refinarias, a metais poluindo os mares, até análises das bandeiras dos navios.

## 4. Conclusão

Foram 29 anos de estudos a respeito do derramamento do *Exxon Valdez* (EV) e, ainda hoje, pesquisadores constatam haver óleo na costa afetada. Pela magnitude do ocorrido, este trabalho se propôs a entender como a academia se manifestou ao longo do tempo através da metodologia da análise bibliométrica. Foram utilizadas as palavras-chave “*Exxon Valdez Oil Spill*” para seleção dos artigos na plataforma *ScienceDirect* e filtrados os tipos de publicação, selecionando artigos de revisão e pesquisa, resumos de conferência e notícias, obtendo-se uma amostra de 1.335 materiais. Uma dificuldade encontrada foi a limitação da própria plataforma quanto aos materiais publicados antes de 1995. Como o acidente se deu em 1989, um dos objetivos da análise era determinar quanto o EV estimulou o aumento das pesquisas científicas. Este ponto ficou inconclusivo e pode ser contornado num próximo estudo. Após a exportação e tratamento dos dados, foi necessário realizar a consulta manual, artigo por artigo, dos países de afiliação dos autores para posterior análise.

Verificou-se que surgem picos na quantidade de pesquisas realizadas logo após grandes acidentes, como o *Prestige* e o *Deepwater Horizon*. A maior parte das publicações e estudos sobre o tema provém dos Estados Unidos (EUA) e Canadá, somando 50,8%. Este fato deve-se principalmente pelo histórico de incentivo à Pesquisa e Desenvolvimento que os EUA fomentam atrelado ao alto PIB per capita desses países, assim como pela proximidade da região afetada.

Pelo menos 80% dos trabalhos foi realizada por mais de um pesquisador, o que comprova uma alta colaboração científica entre autores de diferentes países. Uma vez que os trabalhos feitos por somente um autor, 16,5%, é uma quantidade significativa, pode-se inferir que também é possível trabalhar sozinho com o tema.

Embora apenas 31% dos materiais selecionados estejam diretamente relacionados ao EV, foi possível verificar algumas tendências temáticas; sendo os mais frequentes, respectivamente, impactos nas espécies animais (31,4%), métodos de recuperação (16,1%) e simulação numérica e modelagem (13,3%). Essa tendência igualmente se apresenta nos 21 trabalhos brasileiros. Em contrapartida, há escassez de estudo quanto aos impactos na flora (0,4%) e não há simulações para previsão de cenários de prejuízo econômico no caso de derramamentos, afim de incentivar a busca por novas tecnologias e sistemas de prevenção de acidentes.

## 5. Referências

- RAMIREZ M. I., AREVALO A. P., SOTOMAYOR S., BAILON-MOSCOSO N., *Contamination by oil crude extraction – Refinement and their effects on human health*, 2017, Environmental Pollution, v. 231, Pages 415-425.
- VANZ, S. A. S. *As redes de colaboração científica no Brasil: 2004-2006*. Tese de Doutorado – Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), 2009, pág. 204.
- ZANLORENSSI G., MAIA G., QUADROS T., *Qual é o investimento em pesquisa ao redor do mundo*. Jornal Nexo, 2018. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/grafico/2018/09/14/Qual-%C3%A9-o-investimento-em-pesquisa-ao-redor-do-mundo>>. Acesso em 21 de Agosto de 2018.