



**Análise e Gerenciamento de Risco Ambiental na  
Indústria de Petróleo.  
Estudo de Casos: Exploração e Laboratório de  
Análises**

**Ana Paula Alessandra Alves  
Marcela Rodrigues Siciliano**

**Projeto Final de Curso**

**Orientadores:**

**Prof.<sup>a</sup> Erika Christina Ashton N. Chrisman, D. Sc.**

**Priscila de Oliveira Menechini**

**Novembro de 2013**

# **ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO. ESTUDO DE CASOS: EXPLORAÇÃO E LABORATÓRIO DE ANÁLISES.**

*Ana Paula Alessandra Alves*

*Marcela Rodrigues Siciliano*

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção de grau de Engenheira Química.

Aprovado por:

---

Juacyara Carbonelli Campos, D. Sc.

---

Magali Christe Cammarota, D. Sc.

---

Selma Gomes Ferreira Leite, D. Sc.

Orientado por:

---

Erika Christina Ashton N. Chrisman, D. Sc.

---

Priscila de Oliveira Menechini

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Novembro de 2013

Alves, Ana Paula Alessandra.

Siciliano, Marcela Rodrigues.

Análise e Gerenciamento de Risco Ambiental na Indústria do Petróleo. Estudo de Casos: Exploração e Laboratório de Análises/Ana Paula Alessandra Alves/Marcela Rodrigues Siciliano. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2013.

(Projeto Final) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2013.

Orientadores: Erika Christina Ashton N. Chrisman e Priscila de Oliveira Menechini.

1. Análise e Gerenciamento de Risco Ambiental. 2. Exploração. 3. Laboratório de Análises. 4. Projeto Final (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Erika Christina Ashton N. Chrisman, D. Sc – Priscila de Oliveira Menechini.

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.”*

(Chico Xavier)

## **AGRADECIMENTOS**

A nossa orientadora, Prof. Dra. Erika Christina Ashton N. Chrisman, e a Priscila de Oliveira Menechini, pelo apoio, paciência e atenção na realização deste trabalho e por todo carinho e simpatia com que nos acolheram.

À UFRJ e a Escola de Química pela infraestrutura e aos seus docentes pelos ensinamentos adquiridos.

As nossas amigas da Escola de Química, Gabriela Bittencourt de Abreu, Natália Ney Lyrio e Thaís Ferreira Marks Brasil, por terem contribuído na superação das dificuldades durante nossa formação na UFRJ e terem compartilhado experiências únicas de alegria e felicidade durante esses anos.

**Ana Paula Alessandra Alves e Marcela Rodrigues Siciliano**

Ao *Gohonzon*, que devoto-me respeitosamente, pelos benefícios conquistados.

Aos meus pais, Hugo Ricardo Abdênago Alves e Maria Gaeta Alves, pelo amor, carinho, dedicação e investimento em meu futuro, sempre me orientando e oferecendo os elementos indispensáveis da minha formação.

Aos meus irmãos, Carin Rachel Alves e Ricardo Alexandre Alves, pela paciência e compreensão dos momentos difíceis e pela alegria que me dão constantemente de viver pelos meus sobrinhos, Isabeli Alves Marchi e Rafael Sauvignon Alves.

Ao meu companheiro e amor que compartilho toda minha vida, Bernardo Paulino Sotero, por sempre acreditar no meu potencial, me dando força e coragem, e me amar intensamente independente das circunstâncias.

A minha amiga irmã, Karina Grynszpan Cin Cesário da Silva, pela amizade doce desde a infância, apoio, carinho e sempre estar presente nos momentos importantes de minha vida.

A minha amiga, Marcela Rodrigues Siciliano, por ter compartilhado comigo mais este trabalho de muitos que fizemos durante a graduação, pela sua amizade e pelo seu bom humor, sempre fazendo nossos dias mais divertidos.

**Ana Paula Alessandra Alves**

Agradeço a Deus, por cuidar da minha vida e dos meus irmãos, por sempre me abençoar, iluminar meus caminhos, me dar conselhos nos momentos de aflição e por me presentear com pessoas tão especiais em minha vida, como minha família.

Aos meus pais, Paulo Roberto Siciliano e Marise Rodrigues Siciliano, por serem exemplos de vida, pelo amor incondicional, pela realização dos meus sonhos, pela dedicação, incentivo, carinho e por me mostrarem como ser uma pessoa melhor, me conduzindo sempre para o melhor caminho.

As minhas irmãs, Fernanda Rodrigues Siciliano e Beatriz Rodrigues Siciliano, pelo companheirismo, pela amizade sincera, pelo respeito e por saber que sempre posso contar com elas, independente das circunstâncias.

Aos meus avós (*in memorium*), pelo amor, dedicação, carinho, preocupação e por terem colocado pessoas tão maravilhosas no mundo. Em especial cito a minha avó paterna, Filomena Miceli Siciliano, pelos almoços maravilhosos de domingo e a quem devo minha paixão pela culinária.

Aos meus tios e primos, por sempre me incentivarem a nunca desistir, de ir atrás dos meus sonhos e por me proporcionarem momentos inesquecíveis que sempre irei recordar.

A todos os meus amigos, pela amizade, incentivo, apoio, por sempre terem uma palavra de conforto e por entenderem a minha ausência em alguns momentos. Em especial, cito a minha amiga Ana Paula Alessandra Alves, por ter sido minha companheira na faculdade, no estágio, no projeto final, e por tornar meus dias na UFRJ muito mais agradáveis.

**Marcela Rodrigues Siciliano**

Resumo do Projeto de Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários à obtenção de grau de Engenheira Química.

**ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA DE  
PETRÓLEO. ESTUDO DE CASOS: EXPLORAÇÃO E LABORATÓRIO DE  
ANÁLISES**

Ana Paula Alessandra Alves

Marcela Rodrigues Siciliano

Novembro de 2013.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Erika Christina Ashton N. Chrisman, D.Sc.

Após inúmeros acidentes e danos causados ao meio ambiente, o Homem começa a sentir os efeitos negativos de seus atos tanto na qualidade de vida como financeiramente, passando a reconhecer a necessidade de realizar estudos e aplicar medidas preventivas e de contenção. Tendo em vista a importância do petróleo no mundo e seu alto potencial para causar impactos ambientais, o presente trabalho aborda a importância da análise e gerenciamento de risco ambiental para as atividades relacionadas à Indústria de Petróleo. Para isso, foi utilizado como método de análise de riscos a Análise/Avaliação Preliminar de Riscos (APR). Este teve como objetivo verificar a aplicabilidade desse método em atividades de tamanhos relativamente distintos da Indústria de Petróleo: a atividade de exploração e atividade de laboratório de análises químicas do petróleo. Para sua elaboração foram considerados cenários acidentais reais obtidos de empresas relativas a essas atividades. Ainda que as atividades sob análise tenham características e finalidades diferentes, foi possível concluir que o método da APR pode ser utilizado em ambos os casos, auxiliando na identificação dos perigos das atividades e estabelecendo medidas para tentar reduzir os riscos, além de ser um método simples de ser aplicado.

Abstract of a Final Project presented to Escola de Química as partial of fulfillment of the requirements for the degree of Chemical Engineer.

**ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT IN OIL  
INDUSTRY. CASES STUDY: EXPLORATION AND ANALYSIS LABORATORY**

Ana Paula Alessandra Alves

Marcela Rodrigues Siciliano

November, 2013.

Supervisor: Prof.<sup>a</sup> Erika Christina Ashton N. Chrisman, D.Sc.

After numerous accidents and damage to the environment, the man begins to feel the negative effects of their actions in both quality of life and financially, coming to recognize the need to conduct studies and implement preventive measures and containment. Considering the importance of oil in the world and its high potential to cause environmental impacts, this work discusses the importance of environmental risk assessment and management for activities related to the Oil Industry. Therefore, it was used as a method of risk assessment the Preliminary Risk Assessment (PRA). This aimed to verify the applicability of this method in relatively distinct sizes activities of the Oil Industry: oil exploration activity and the analysis laboratories of oil. For their development were considered real accident scenarios obtained from companies related to these activities. Although the activities under consideration have different characteristics and purposes, it was concluded that the PRA method could be utilized in both cases, supporting in hazards identification for activities and establishing measures to try to reduce the risks, besides being a simple method to be used.

## SUMÁRIO

<b>I – Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>II – Objetivos.....</b>	<b>2</b>
<b>III – Revisão da Literatura .....</b>	<b>2</b>
<i>III.1 – A Indústria de Petróleo.....</i>	<i>2</i>
<i>III.2 – Atividade de Exploração de Petróleo .....</i>	<i>5</i>
<i>III.3 – Laboratório de Análises do Petróleo.....</i>	<i>7</i>
<i>III.3.1 – DOPOLAB .....</i>	<i>8</i>
<i>III.4 – Licenciamento Ambiental.....</i>	<i>8</i>
<i>III.5 – Estudos Ambientais.....</i>	<i>15</i>
<i>III.6 – Análise de Riscos Ambientais .....</i>	<i>18</i>
<i>III.6.1- Análise Histórica de Acidentes Ambientais.....</i>	<i>19</i>
<i>III.6.2- Identificação dos Cenários Acidentais .....</i>	<i>19</i>
<i>III.7 – Gerenciamento de Riscos Ambientais.....</i>	<i>20</i>
<i>III.7.1 – Planos de Emergência .....</i>	<i>24</i>
<i>III.8 - Elaboração da APR.....</i>	<i>26</i>
<b>IV – Aplicação do Método e Avaliação Crítica.....</b>	<b>32</b>
<i>IV.1 – Análise de Riscos .....</i>	<i>32</i>
<i>IV.1.1 – Análise Histórica de Acidentes .....</i>	<i>32</i>
<i>IV.1.2 – Análise dos Cenários Acidentais.....</i>	<i>36</i>
<i>IV.1.2.1 – Atividade de Exploração de Petróleo .....</i>	<i>37</i>
<i>IV.1.2.2 – Laboratório de Análises do Petróleo .....</i>	<i>43</i>
<i>IV.2 – Gerenciamento dos Riscos Ambientais .....</i>	<i>47</i>
<b>V – Discussão e Conclusões.....</b>	<b>48</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>50</b>

## FIGURAS

<b>Figura III.1</b> – Derivados de petróleo após o refino em 2007. (Fonte: ANP, 2008 apud ANEEL, 2008).....	4
<b>Figura III.2</b> – Acidente no Golfo do México. (Fonte: USCG, 2010 apud CEDRE, 2013) .....	4
<b>Figura III.3</b> – Perfil de poço exibindo os revestimentos. (Fonte: THOMAS, 2001 apud SCHAFFEL, 2002).....	6
<b>Figura III.4</b> – Representação esquemática do processo de identificação dos cenários acidentais. (Fonte: VAZ JUNIOR, 2013).....	20
<b>Figura III.5</b> – Sistema de Gestão de Riscos (DNV, 2006b).....	21
<b>Figura III.6</b> –Visão Geral de uma Análise e Gerenciamento de Risco. (Fonte: adaptado de VAZ JUNIOR, 2013).....	22
<b>Figura III.7</b> – Fluxograma Simplificado de Acionamento do Plano de Ação de Emergência – PAE (Fonte: Adaptado de MMA, 2013c).....	26
<b>Figura III.8</b> – Modelo de P&ID. (Fonte: TURTON; et. al., 2012) .....	29
<b>Figura III.9</b> – Modelo de APR (Fonte: Adaptado de VAZ JÚNIOR, 2013). .....	31
<b>Figura IV.1</b> – Percentual de acidentes registrados por local referente ao ano de 2012. (Fonte: IBAMA, 2012).....	32
<b>Figura IV.2</b> – Número de acidentes registrados pelo IBAMA, por tipo de evento, no ano de 2012. (Fonte: IBAMA, 2012) .....	33
<b>Figura IV.3</b> – Volume vazado (L) de produtos pertencentes à Classe de Risco 3 (Líquidos Inflamáveis) e fluidos de perfuração no ano de 2012. (Fonte: IBAMA, 2012).....	33
<b>Figura IV.4</b> – Causas de Acidentes na Indústria Petroquímica. (Fonte: MARSH, 2003 apud CROWL; LOUVAR, 2011).....	34
<b>Figura IV.5</b> - Equipamentos associados aos acidentes na Indústria Petroquímica. (Fonte: MARSH, 2003 apud CROWL; LOUVAR, 2011).....	35
<b>Figura IV.6</b> – Causas dos Acidentes em Laboratórios (FERREIRA; et. al., 1995).....	36
<b>Figura IV.7</b> – Matriz de Risco dos Cenários Acidentais. Fonte: AECOM; ENSR; PETROBRAS, 2009. ....	40
<b>Figura IV.8</b> – APR para Atividade de Exploração de Petróleo (Elaboração Própria). ....	42
<b>Figura IV.9</b> – Matriz de Risco dos Cenários Acidentais. Fonte: DOPOLAB, 2010.....	45
<b>Figura IV.10</b> – APR para Laboratório de Análises Químicas do Petróleo (Fonte: Adaptado de DOPOLAB, 2010).....	46

## TABELAS

<b>Tabela III.1</b> - Atividades ou Empreendimentos da Indústria de Petróleo sujeitos ao Licenciamento Ambiental.....	10
<b>Tabela IV.1</b> - Cenários Acidentais para Atividade de Exploração e Produção de Petróleo (Fonte: adaptado de Empresa X).....	37
<b>Tabela IV.2</b> – Categorias de Frequência dos Cenários Acidentais. (Fonte: AECOM; ENSR; PETROBRAS, 2009) .....	39
<b>Tabela IV.3</b> – Categorias de Severidade para danos ao Meio Ambiente. (Fonte: AECOM; ENSR; PETROBRAS, 2009).....	40
<b>Tabela IV.4</b> – Cenários Acidentais do Laboratório de Análises. (Fonte: DOPOLAB, 2010).....	43
<b>Tabela IV.5</b> – Categorias de Frequência dos Cenários Acidentais. (Fonte: DOPOLAB, 2010).....	43
<b>Tabela IV.6</b> – Categorias de Severidade para danos ao Meio Ambiente. (Fonte: DOPOLAB, 2010).....	44
<b>Tabela IV.7</b> – Medidas Preventivas/Mitigadoras (Recomendações) .....	47

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Análise (Avaliação) Preliminar de Perigos
APR	Análise (Avaliação) Preliminar de Riscos
BOP	Blowout Preventer
CEDRE	Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux
CGEMA	Coordenação Geral de Emergências Ambientais
CGPEG	Coordenação Geral de Licenciamento de Petróleo e Gás
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
DNV	Det Norske Veritas
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
ESCP	Equipamentos de Segurança de Cabeça de Poço
FESPSP	Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo
HAZOP	Hazard and Operability Study
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
ISO	International Organization for Standardization

LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PAE	Plano de Ação (Atendimento) de Emergência
PBA	Plano Básico Ambiental
PEI	Plano de Emergência Individual
PEV	Ponto de Ebulição Verdadeiro
PFE	Ponto Final de Ebulição
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram/Drawing
PRE	Plano de Resposta à Emergência
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SAO	Separador de Água e Óleo
SimDis	Destilação Simulada
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
WOAD	Worldwide Offshore Accident Databank

## **I – Introdução**

A exploração de recursos naturais é fundamental para o desenvolvimento das sociedades, mas seus processos envolvem riscos ao meio ambiente. Os acidentes durante os processos de exploração, refino e transporte de Petróleo são objetos de preocupação de empresas do setor e dos Governos, tendo em vista seu potencial para gerar impactos ao meio ambiente.

Diante do exposto e de sua importância estratégica para a economia dos países, o processo de exploração do Petróleo é alvo de estudos para tornar os acidentes menos frequentes e minimizar os riscos dessa atividade ao meio ambiente.

Para esta finalidade, utilizam-se métodos de Análise e Gerenciamento de Risco Ambiental como ferramentas auxiliares na identificação dos perigos e na elaboração de medidas de prevenção e contenção de acidentes.

O método da Análise Preliminar de Riscos (APR) está contido em muitos estudos ambientais relacionados à atividade de exploração, e sua aplicabilidade pode ser estendida a outras atividades relacionadas à Indústria de Petróleo.

Portanto, aplicamos esse método para duas atividades relacionadas a essa indústria, porém de magnitude de impactos distintas: a atividade de exploração de petróleo e o laboratório de análises químicas do petróleo, e avaliamos sua importância e aplicabilidade em cada caso.

Apesar dos laboratórios causarem impactos ambientais menores quando comparado à atividade de exploração de petróleo, sua contribuição não deve ser desprezada e os estudos ambientais também devem ser considerados.

## **II – Objetivos**

Objetivo geral: O presente trabalho tem como objetivo aplicar o método da Análise Preliminar de Riscos (APR) para um cenário acidental de uma atividade de exploração de petróleo, e para um cenário acidental da atividade de laboratório de análises químicas do petróleo, e descrever um gerenciamento capaz de evitar e/ou reduzir os acidentes.

Objetivos específicos:

- Identificar historicamente os acidentes que possuem maior ocorrência na indústria do petróleo com base na literatura;
- Analisar os cenários acidentais identificados por uma empresa de consultoria ambiental, que denominamos de Empresa X, para o estudo ambiental da atividade de exploração de petróleo de uma empresa petroleira de grande porte;
- Elaborar uma Análise Preliminar de Riscos (APR) para um cenário acidental considerado de pior caso dentre aqueles analisados anteriormente para atividade de exploração de petróleo;
- Analisar os cenários acidentais identificados pelo laboratório de análises químicas do petróleo DOPOLAB;
- Elaborar uma APR para um cenário acidental considerado de pior caso dentre aqueles analisados anteriormente para a atividade do laboratório DOPOLAB;

## **III – Revisão da Literatura**

### *III.1 – A Indústria de Petróleo*

A energia sempre foi e sempre vai ser essencial na vida do homem, porém, apesar de dependermos dela para sobreviver, nos esquecemos dos impactos da sua produção e do seu consumo.

A fonte mais primitiva de energia é a do Sol e do próprio corpo humano. Depois o homem descobriu a energia térmica com o fogo, que facilitou e melhorou sua qualidade de vida.

Ao longo do tempo foi descoberta a energia eólica, utilizada pelos navegadores, e passou-se a usar a água para produção de energia.

Durante a Revolução Industrial, com o aparecimento da máquina a vapor, a lenha e o carvão passaram a ser utilizados em grande escala. Após a Revolução, teve início o uso de combustíveis fósseis, principalmente o petróleo, cuja participação na vida do homem remonta a tempos bíblicos. No entanto, apenas em meados do século XIX, nos Estados Unidos, é que teve início a exploração comercial de campos e a perfuração de poços de petróleo (THOMAS, 2004).

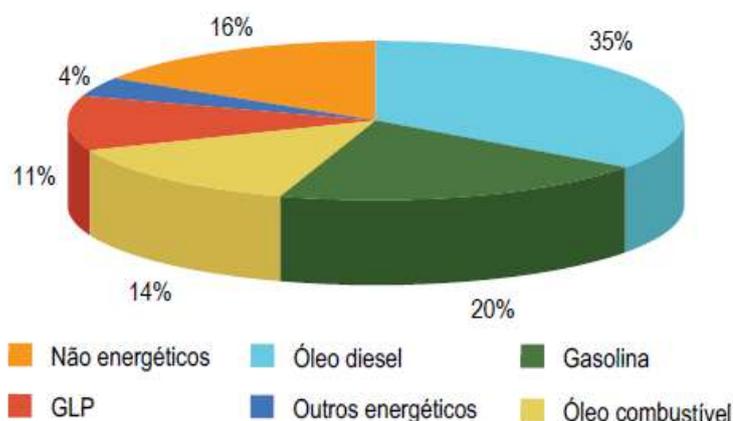
A Era do Petróleo teve início com a destilação do óleo, onde eram obtidos produtos que substituíam o querosene, obtido a partir do carvão, e o óleo de baleia, utilizados para iluminação. Em seguida, com a criação do motor de combustão interna, a gasolina passou a ser o produto principal do seu refino.

O petróleo passou a ser o grande propulsor da economia internacional, alcançando no início dos anos 70 quase 50% do consumo mundial de energia primária, e apesar do seu declínio ao longo dos anos, seu consumo chegou a 40,8% em 2011, segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2013).

A sua importância na sociedade é vasta e tornou-se fundamental. Além de ser uma das principais fontes de energia, seus derivados fazem parte de inúmeros bens de consumo, estando cada vez mais presentes na rotina das pessoas (MARIANO, 2001).

A cadeia produtiva do petróleo compreende as etapas de extração, transporte, refino e a distribuição dos produtos de petróleo (ANEEL, 2008).

Nas refinarias, ocorre o fracionamento dos componentes do petróleo e a obtenção de seus derivados. Os derivados mais conhecidos são: o gás liquefeito (GLP, ou gás de cozinha), gasolina, nafta, óleo diesel, querosene de aviação e iluminação, óleo combustível, asfalto, lubrificante, combustível marítimo, solventes, parafinas e coque de petróleo, como mostra a Figura III.1 (ANEEL, 2008).



**Figura III.1** – Derivados de petróleo após o refino em 2007. (Fonte: ANP, 2008 apud ANEEL, 2008)

Desde o início das atividades de exploração de petróleo, acidentes das mais diversas proporções causaram a contaminação das águas marinhas (CEDRE, 2013a), como a explosão na plataforma petrolífera *Deepwater Horizon* seguida de um vazamento de óleo, no Golfo do México, próxima à costa sul dos Estados Unidos, no dia 20 de Abril de 2010 (CEDRE, 2013b).

Neste acidente, uma quantidade estimada de 4 milhões de barris de petróleo vazou, tornando este o pior vazamento de petróleo dos Estados Unidos. Até a data de 25 de fevereiro de 2013, a BP, empresa envolvida no vazamento, já tinha gasto e se comprometido a pagar um total de US\$37 bilhões em limpeza, restauração, pagamentos e acordos, incluindo US\$4,5 bilhões em multas (REUTERS, 2013).



**Figura III.2** – Acidente no Golfo do México. (Fonte: USCG, 2010 apud CEDRE, 2013)

### III.2 – Atividade de Exploração de Petróleo

A descoberta de novas jazidas de petróleo envolve a análise e o estudo de dados geofísicos e geológicos de bacias sedimentares. Após uma previsão do comportamento das camadas do subsolo, geólogos e geofísicos, atuando em conjunto, propõem o local mais propício para a perfuração de um poço (THOMAS, 2004).

O programa de prospecção de petróleo visa à determinação do local mais favorável para a ocorrência de petróleo, uma vez que não se pode prever sua localização precisa. O escopo do programa consiste em localizar em uma bacia sedimentar as situações geológicas que tenham maiores condições de acúmulo de hidrocarbonetos, bem como analisar qual delas possui o maior potencial de conter petróleo.

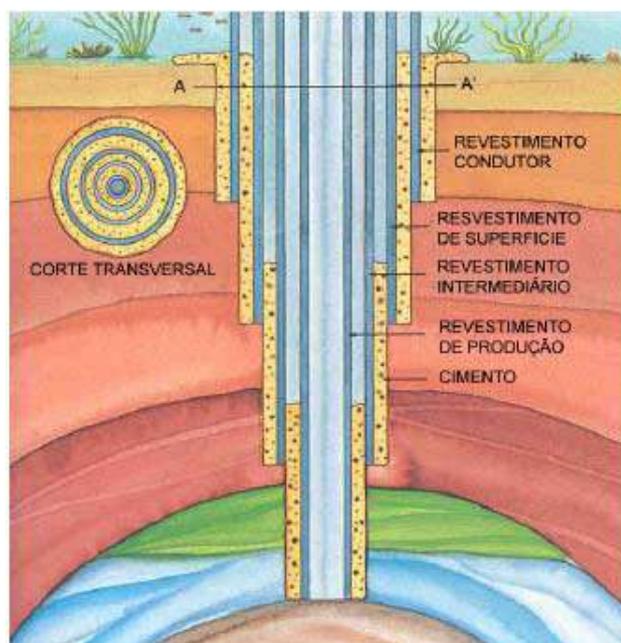
Para a análise da capacidade produzida e da valorização das reservas de óleo e gás, são realizadas avaliações de formações, que compreendem os estudos e as atividades que visam avaliar qualitativamente e quantitativamente o potencial de uma jazida petrolífera. Elas se baseiam na perfilagem e nos testes de formação (THOMAS, 2004).

A perfilagem é feita através de uma sonda, que produz imagens visuais do interior do poço, e o teste de formação, que é a colocação do poço em fluxo, confirma de forma segura, a presença dos hidrocarbonetos na formação e também gera dados das condições de fluxo nas adjacências do poço.

Os métodos de perfuração existentes são: o da percussão e o rotativo. No método de percussão, uma broca pontiaguda de aço, através de golpes com movimentos alternados, leva as rochas ao fraturamento ou esmagamento (LIMA, 2001).

No método rotativo, as rochas são perfuradas, e então fragmentadas, pela ação da rotação e do peso na broca. Esses fragmentos são então carreados por um fluido de perfuração ou lama, que é injetado pela ação de bombas para o interior da coluna de perfuração pela cabeça de injeção (ou *swivel*), que volta à superfície pelo espaço anular formado pelas paredes do poço e da coluna. Quando atinge uma determinada profundidade, uma coluna de revestimento de aço, que tem diâmetro menor que o da broca, desce no poço e a coluna de perfuração é retirada. Faz-se então, a cimentação do anular criado entre os tubos do revestimento e as paredes do poço para a segurança do avanço da perfuração. Logo após, a

coluna de perfuração desce novamente ao poço com uma broca de diâmetro menor que a do revestimento e repete-se novamente o processo de cimentação do poço. Esse processo é repetido até atingir a jazida de petróleo, sendo formado um perfil de poço similar ao apresentado na Figura III.3 (THOMAS, 2004).



**Figura III.3** – Perfil de poço exibindo os revestimentos. (Fonte: THOMAS, 2001 apud SCHAFFEL, 2002)

A cimentação e o revestimento previnem o desmoronamento do poço, controlam as pressões hidrostáticas, impossibilitam a migração de fluidos pelos diferentes estratos rochosos, sustentam os equipamentos da cabeça do poço e de outras colunas de revestimento depois que o poço atinge a profundidade pretendida, isolam o segmento produtor da água e controlam a produção de óleo (SCHECHTMAN, 2006).

Após a cimentação do poço se inicia a etapa de perfuração do campo de petróleo, e, normalmente, durante a etapa de produção são extraídos simultaneamente, gás, óleo, água e impurezas. Como o mercado está apenas interessado nos hidrocarbonetos (óleo e gás), é necessário ter instalações (marítimas ou terrestres) capazes de efetuar o processamento dos fluidos (THOMAS, 2004).

Caso haja um vazamento de óleo durante a atividade, o Sistema de Segurança do Poço é o responsável por tentar conter e bloquear o derramamento, sendo composto pelos Equipamentos de Segurança de Cabeça de Poço (ESCP), além dos equipamentos

complementares que fecham e controlam o poço. O principal componente de segurança do poço é o *Blowout Preventer* (BOP), que é um conjunto de válvulas que permite o fechamento do poço se houver um fluxo incontrolável de fluido no mesmo (THOMAS, 2004).

### *III.3 – Laboratório de Análises do Petróleo*

Os laboratórios de análises químicas de petróleo possuem uma grande importância no contexto da indústria petrolífera, uma vez que todos os produtos finais e intermediários da refinaria de petróleo, bem como o petróleo bruto, passam por análises de certificação de qualidade (FREITAS, 2011).

Esses laboratórios são responsáveis por realizar diferentes análises, tendo como um dos objetivos a caracterização das propriedades físicas e químicas do petróleo.

A caracterização das frações do petróleo ou do petróleo cru é realizada através de dados laboratoriais disponíveis, onde se calculam parâmetros para se determinar a qualidade e as propriedades do mesmo. Constam na literatura diferentes métodos de caracterização e de simulação de processos, porém cada método gera parâmetros distintos de caracterização e, conseqüentemente, estimativa de propriedades físicas finais também distintas (RIAZI, 2005).

Pode-se citar como análises convencionais do petróleo, a determinação da curva do Ponto de Ebulição Verdadeiro (PEV) e o método de cromatografia de Destilação Simulada (SimDis).

Através da curva PEV pode-se definir o rendimento dos óleos crus. Esta curva é representada por diagramas denominados por gráficos de distribuição, que pelas porcentagens de volume destilado versus temperatura pode-se obter o rendimento dos produtos no refino de petróleo (LOPES, 2007).

No método da Destilação Simulada é feita uma simulação do processo de destilação através do uso da cromatografia gasosa. Como resultado final, temos uma curva de destilação, semelhante à curva gerada pelo método da curva PEV. Porém, esta é obtida em um intervalo de tempo menor e com os valores alcançados do Ponto Final de Ebulição (PFE) mais altos (FERREIRA; NETO, 2005).

Outra análise importante feita nos laboratórios é a determinação do teor de água no petróleo. A água é um dos contaminantes mais indesejados no processo de produção, podendo alcançar valores da ordem de 50% em volume ou até mesmo próximo de 100%, ao final da vida econômica dos poços (THOMAS, 2004).

Um fator importante é o treinamento adequado dos profissionais no caso de um derramamento de líquido no laboratório. Nessa questão, os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC), em locais de fácil acesso, são determinantes não só para a garantia da integridade dos ocupantes da área como também para a proteção do ambiente (MOLINARO, 2009).

### *III.3.1 – DOPOLAB*

O laboratório DOPOLAB é um laboratório de análises químicas que envolve a realização de experimentos e a otimização de processos, aplicados a processos orgânicos e petroquímicos, com foco na caracterização das frações pesadas do petróleo e em desenvolvimento analítico (DOPOLAB, 2013a).

Desde 2003, o laboratório atua em pesquisa, desenvolvimento e prestação de serviços oferecendo suporte técnico a Petrobras e a outras empresas (DOPOLAB, 2013a).

Este laboratório realiza as seguintes análises do petróleo (DOPOLAB, 2013b):

- Análise de Asfaltenos
- Análise SARA (Saturados, asfaltenos, resinas e aromáticos) por Cromatografia em Coluna
- Determinação do teor de asfaltenos
- Determinação do teor de água em petróleo por Karl Fischer.

### *III.4 – Licenciamento Ambiental*

O licenciamento ambiental é de suma importância para a sociedade, pois é o instrumento que o poder público possui de controlar a instalação e operação das atividades, visando preservar o meio ambiente para as sociedades atuais e futuras. Ou seja, é a principal ferramenta que a sociedade tem para controlar a manutenção da qualidade do meio ambiente e, conseqüentemente, a saúde pública e a boa qualidade de vida para a população.

Por definição:

O licenciamento ambiental é uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente e possui como uma de suas características a participação social na tomada de decisão, por meio da realização de Audiências Públicas como parte do processo. Essa obrigação é compartilhada pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente e pelo IBAMA, como partes integrantes do SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente). [...] (IBAMA, 2013)

O SISNAMA foi instituído através da publicação da Lei 6938/81, regulamentada pelo Decreto 99.274, de 06 de junho de 1990, sendo constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público, com a finalidade de estabelecer regras e práticas responsáveis pela proteção e pela melhoria da qualidade ambiental, observando o acesso da opinião pública às informações sobre a degradação ao meio ambiente e às ações de proteção ambiental. Este Sistema é estruturado da seguinte forma:

- **Órgão Superior:** O Conselho de Governo;
- **Órgão Consultivo e Deliberativo:** O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA;
- **Órgão Central:** O Ministério do Meio Ambiente - MMA;
- **Órgão Executor:** O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA;
- **Órgãos Seccionais:** Os órgãos ou entidades estaduais responsáveis pela execução de programas, projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental;
- **Órgãos Locais:** Os órgãos ou entidades municipais, responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, nas suas respectivas jurisdições (CONAMA, 2013).

O órgão federal responsável pelo licenciamento ambiental é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). No estado do Rio de Janeiro, o órgão licenciador responsável é o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e para o município do Rio de Janeiro, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (MMA, 2013b).

Para ter um controle sobre a situação ambiental do País, os Órgãos Seccionais deverão informar sobre os seus planos de ação e programas em execução, gerando um relatório anual, que será consolidado pelo Ministério do Meio Ambiente, publicado e submetido à consideração do CONAMA (CONAMA, 2013).

É de responsabilidade do Estado, do Distrito Federal e dos Municípios a regionalização das medidas estabelecidas pelo SISNAMA, elaborando normas e padrões supletivos complementares (CONAMA, 2013).

A Lei 6.938/81 e as Resoluções CONAMA nº 001/86 e nº 237/97 contêm as principais diretrizes para a realização do licenciamento ambiental.

A Tabela III.1 apresenta as atividades referentes a Indústria de Petróleo que estão sujeitas ao Licenciamento Ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA 237 de 1997.

**Tabela III.1** - Atividades ou Empreendimentos da Indústria de Petróleo sujeitos ao Licenciamento Ambiental.

<b>Extração e tratamento de minerais</b>
Perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural
<b>Indústria química</b>
Fabricação de produtos derivados do processamento de petróleo, de rochas betuminosas e da madeira
<b>Serviços de utilidade</b>
Tratamento e destinação de resíduos industriais (líquidos e sólidos)
<b>Transporte, terminais e depósitos</b>
Transporte de cargas perigosas
Transporte por dutos
Terminais de minério, petróleo e derivados e produtos químicos
Depósitos de produtos químicos e produtos perigosos

Sendo assim, pode-se perceber que as atividades da indústria do petróleo, desde a sua extração até a sua transformação em derivados, demandam em Licenciamento ambiental.

O licenciamento ambiental seguirá as seguintes etapas, de acordo com o Artigo 10 da Resolução CONAMA nº 237/97:

- i) Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais, necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida;

- ii) Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
- iii) Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;
- iv) Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- v) Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente;
- vi) Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- vii) Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico;
- viii) Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

Foi publicado recentemente a Lei Complementar nº 140/2011, de 8 de dezembro de 2011, que dispõe sobre a competência estadual e federal para o licenciamento, tendo como fundamento a localidade do empreendimento (IBAMA, 2013).

Esta Lei consolidou normas de cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas referentes à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora (INEA, 2013a).

Ainda de acordo com a mesma Lei, o licenciamento das atividades marítimas de exploração e produção de petróleo e gás é de responsabilidade do IBAMA, que é conduzido pela Coordenação Geral de Licenciamento de Petróleo e Gás (CGPEG). Seus procedimentos estão regulamentados nas Resoluções CONAMA nº 237/97 e nº 350/04 e pela Portaria MMA nº 422/2011 (IBAMA, 2013).

Compete a União, de acordo com o inciso XIV do Art. 7º da Lei Complementar nº 140, a ação administrativa para promover o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades:

- Localizados ou desenvolvidos conjuntamente no Brasil e em país limítrofe;
- Localizados ou desenvolvidos no mar territorial, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva;
- Localizados ou desenvolvidos em terras indígenas;
- Localizados ou desenvolvidos em unidades de conservação instituídas pela União, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APA);
- Localizados ou desenvolvidos em 2 (dois) ou mais Estados;
- De caráter militar, excetuando-se do licenciamento ambiental, nos termos de ato do Poder Executivo, aqueles previstos no preparo e emprego das Forças Armadas, conforme disposto na Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999;
- Destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN); ou
- Que atendam tipologia estabelecida por ato do Poder Executivo, a partir de proposição da Comissão Tripartite Nacional, assegurada a participação de um membro do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade ou empreendimento;

Na esfera estadual, de acordo com o inciso XIV do Art. 8º da mesma Lei, constitui ação administrativa:

[...] promover o licenciamento ambiental de atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos naturais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, ressalvado o disposto nos arts. 7º e 9º, que definem as ações de competência da União e dos Municípios, respectivamente. Constitui também ação administrativa dos Estados promover o licenciamento ambiental de atividades ou empreendimentos localizados ou desenvolvidos em unidades de conservação instituídas pelo Estado, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APA) (INEA, 2013a).

A ação administrativa representada pelos Municípios, de acordo com o inciso XIV do Art. 9º desta mesma Lei, promove o licenciamento ambiental dos seguintes empreendimentos e atividades:

- Que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, conforme tipologia definida pelos respectivos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente, que consideram os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade; ou
- Localizados em unidades de conservação instituídas pelo Município, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APA);

O impacto de âmbito local é considerado, de acordo com o Art. 1º da Resolução CONEMA nº 42, de 17 de agosto de 2012, como:

[...] qualquer alteração direta ou indireta das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, que afete a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e/ou a qualidade dos recursos ambientais, dentro dos limites do Município.

Os procedimentos de licenciamento ambiental para os níveis Federal, Estadual e Municipal são variados, em consequência da diversidade e especificidade das atividades/empreendimentos passíveis de licenciamento (MMA, 2013a).

O processo de licenciamento ambiental federal possui três etapas: Licenciamento Prévio, Licenciamento de Instalação e Licenciamento de Operação. Para cada etapa há estudos específicos que são elaborados pelo empreendedor e são entregues ao IBAMA para análise e deferimento (IBAMA, 2013).

Para subsidiar a etapa de obtenção da Licença Prévia, o empreendedor encaminha ao IBAMA o Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) sendo o empreendimento de significativo impacto ambiental. Para os demais empreendimentos, são requeridos apenas estudos mais simplificados. O EIA é um documento técnico-científico e o RIMA é o documento público que reflete as informações e conclusões do EIA e é apresentado de forma objetiva e adequada a compreensão de toda a população (IBAMA, 2013).

Para a obtenção da Licença de Instalação, o empreendedor elabora o Plano Básico Ambiental (PBA) que detalha os programas ambientais necessários para a minimização dos impactos negativos e maximização dos impactos positivos, identificados na elaboração do EIA (IBAMA, 2013).

E por último, para a etapa de obtenção da Licença de Operação, o empreendedor elabora um conjunto de relatórios descrevendo a implantação dos programas ambientais e medidas mitigadoras previstas nas etapas de Licenciamento Prévio e Licenciamento de Instalação.

As autorizações referentes a cada licença são:

- i) **Licença Prévia (LP)** – É solicitada ao IBAMA na fase de planejamento da implantação, alteração ou ampliação do empreendimento. Essa licença aprova a viabilidade ambiental do projeto e autoriza sua localização e concepção tecnológica bem como o estabelecimento das condições a serem consideradas no desenvolvimento do projeto executivo.
- ii) **Licença de Instalação (LI)** – É autorizado o início da obra ou a instalação do empreendimento. Essa licença possui um prazo de validade que é estabelecido pelo cronograma de instalação do projeto ou atividade que não pode superar seis anos. Caso o empreendimento envolva desmatamento, também é necessário a "Autorização de Supressão de Vegetação".
- iii) **Licença de Operação (LO)** – Autoriza o início do funcionamento da obra/empreendimento. A licença só é concedida depois de ser realizada uma vistoria em que é verificado se todas as exigências e detalhes técnicos descritos

no projeto aprovado foram desenvolvidos e atendidos durante a sua instalação e se estão de acordo com o previsto nas LP e LI. O prazo de validade não pode ser inferior a quatro anos e nem exceder a dez anos (IBAMA, 2013).

Para obtenção das licenças junto ao órgão Estadual do Rio de Janeiro, o requerimento de elaboração dos estudos (EIA/RIMA) depende da magnitude das alterações ambientais efetivas ou potenciais dos empreendimentos (INEA, 2013b).

O prazo para análise e deferimento da licença é estabelecido no Art. 14º da Resolução CONAMA 237/97 abaixo:

O órgão ambiental competente poderá estabelecer prazos de análise diferenciados para cada modalidade de licença (LP, LI e LO), em função das peculiaridades da atividade ou empreendimento, bem como para a formulação de exigências complementares, desde que observado o prazo máximo de 6 (seis) meses a contar do ato de protocolar o requerimento até seu deferimento ou indeferimento, ressalvados os casos em que houver EIA/RIMA e/ou audiência pública, quando o prazo será de até 12 (doze) meses.

### *III.5 – Estudos Ambientais*

Segundo a Resolução CONAMA nº 237 de 1997, definem-se os Estudos Ambientais por:

Os Estudos Ambientais são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e **análise preliminar de risco**.

O EIA (Estudo de Impacto Ambiental) é um documento instituído pela Resolução CONAMA nº 001/86, onde se avaliam as consequências de um projeto para o meio ambiente. Neste estudo são descritos os detalhes técnicos da operação, as especificações da área onde será realizada a atividade, os possíveis impactos para a população e para o meio ambiente e as ações que deverão ser tomadas para evitar ou diminuir esses impactos.

De acordo com a mesma Resolução, o Estudo de Impacto Ambiental deverá conter, no mínimo:

- Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto com completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, de forma a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto:
  - **Meio físico** – o subsolo, as águas, o ar e o clima, ressaltando os recursos naturais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, correntes atmosféricas;
  - **Meio biológico e os ecossistemas naturais** – a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;
  - **Meio sócio-econômico** – uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.
- Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, por meio de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos, a médio e a longo prazo, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais;
- Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas;
- Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

O RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) deverá retratar as conclusões obtidas pelo EIA. Este relatório é destinado ao público em geral, em especial aos habitantes da área de influência do empreendimento, com o objetivo de informar as vantagens e desvantagens do projeto, assim como as consequências para o meio ambiente natural, social e cultural. O mesmo deverá ser redigido com uma linguagem clara e objetiva, ilustradas por diversas técnicas de comunicação visual, como mapas, cartas e gráficos (INEA, 2013b).

Pela mesma Resolução CONAMA nº 001/86, o Relatório de Impacto Ambiental contemplará, no mínimo, os seguintes tópicos:

- Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;
- A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação, a área de influência, as matérias primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnicas operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;
- A síntese dos resultados dos estudos de diagnóstico ambiental da área de influência do projeto;
- A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;
- A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, com a hipótese de sua não realização;
- A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;
- O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;
- Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

Portanto, com as análises realizadas pelo EIA/RIMA é possível concluir se uma atividade é viável ambientalmente. Esta viabilidade atesta que o projeto pode ser realizado sem que haja significativos prejuízos para o meio ambiente. Porém, cabe ao órgão responsável pelo licenciamento ambiental analisar o estudo e confirmar esta viabilidade (AECOM; OGX, 2011).

Inicialmente, os estudos EIA/RIMA não continham riscos de acidente, pois consideravam impactos ambientais como aqueles provenientes de alterações ambientais causadas durante a fase de construção ou por ações normais de empreendimento (ex.: emissão de efluentes, alterações das condições sociais, etc). Entretanto, atualmente, essa visão foi modificada e tornaram-se comuns a inclusão da identificação de perigos bem como a avaliação de riscos para empreendimentos que manipulam substâncias perigosas ou que podem trazer elevados riscos de acidentes para a população sob a área de influência (DNV, 2006b).

### *III.6 – Análise de Riscos Ambientais*

A Análise de Risco é um instrumento preventivo, onde são estimadas as frequências de ocorrência de um acidente, assim como a magnitude das suas consequências (BITAR; OTEGA, 1998).

Nesta análise há uma diferença na definição de Perigo e Risco. O **perigo** é uma condição física ou química que possui potencial para causar danos às pessoas, propriedades ou ao meio ambiente. Ele é inerente à presença do agente (químico, físico, biológico). Já o **risco** é uma medida de danos à vida humana, meio ambiente ou perda econômica resultante da combinação entre a frequência de ocorrência e a magnitude das perdas ou danos. O risco é a exposição ao perigo, definido pelo produto da frequência do cenário acidental pela respectiva consequência (VAZ JUNIOR, 2013).

Alguns métodos de Análise de Risco encontrados são: Check-lists, Hazop, Hazid, Árvore de Falhas, Árvore de Eventos, *What If*, LOPA e Análise (Avaliação) Preliminar de Riscos (APR) ou Análise Preliminar de Perigos (APP).

O Hazop (*Hazard and Operability Study*) e a APR/APP são os mais utilizados tanto nacionalmente como internacionalmente (DNV, 2006a).

Os acidentes podem ocorrer a qualquer momento e em qualquer lugar, portanto o objetivo da análise de risco é justamente identificar um problema antes que este se inicie ou se agrave. Certas medidas que são simples quando aplicadas em fase de projeto podem tornar-se muito complicadas depois que a planta já está montada. Assim, os perigos devem ser identificados, preferencialmente, ainda durante a fase de projeto, pois quanto mais tarde o fizer, maiores serão as chances de um acidente ocorrer.

As primeiras etapas para se elaborar uma Análise de Risco é avaliar historicamente os acidentes ocorridos para uma atividade, e depois identificar os cenários acidentais desse empreendimento.

### *III.6.1- Análise Histórica de Acidentes Ambientais*

A Análise Histórica de Acidentes é um método utilizado para identificar os cenários acidentais em instalações que podem gerar impacto ambiental ou causar um acidente grave.

Algumas das informações encontradas nesta análise são:

- Identificação das causas de um acidente;
- Severidade das consequências;
- Frequência de ocorrência dos acidentes (FESPSP, 2004).

Essa análise é elaborada com base em bancos de dados e referências bibliográficas, e tem como principal objetivo facilitar a identificação dos cenários e das potenciais falhas em empreendimentos futuros, possibilitando a implementação de medidas preventivas e mitigadoras.

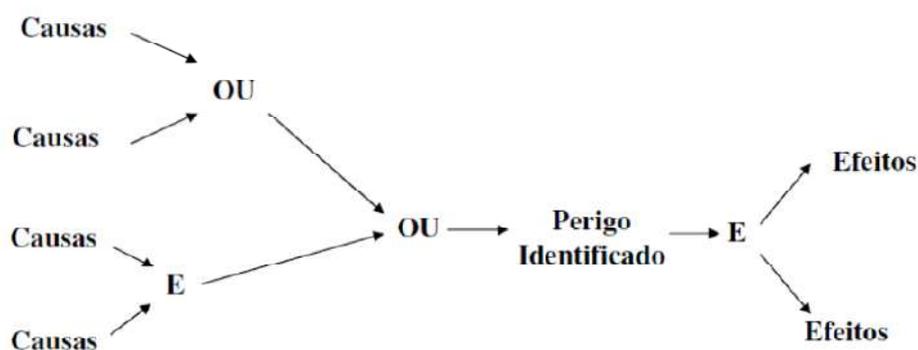
Podemos citar como exemplo de banco de dados para atividades de exploração *offshore*, o Relatório Estatístico do *Worldwide Offshore Accident Databank* (WOAD), elaborado pela *Det Norske Veritas* (DNV), que tem sido utilizado em análises de risco por empresas que prestam consultoria ambiental.

### *III.6.2- Identificação dos Cenários Acidentais*

Um cenário acidental (hipótese acidental ou acidente) é definido como uma sequência de eventos não intencionais que geram impactos com consequências indesejáveis. O evento

iniciador é o primeiro evento da sequência. Consequências distintas podem ser obtidas através do mesmo evento iniciador e, portanto, cenários acidentais diferentes. As consequências podem distinguir tanto quanto o efeito físico quanto em magnitude (CCPS, 2008).

A Figura III.4 representa de forma esquemática o processo de identificação de um cenário acidental. Para um mesmo cenário ocorrer, pode haver uma sequência de falhas (E) ou de uma falha ou outra (OU) (VAZ JUNIOR, 2013).



**Figura III.4** – Representação esquemática do processo de identificação dos cenários acidentais. (Fonte: VAZ JUNIOR, 2013)

É importante que seja feita uma análise completa dos principais perigos identificados, incluindo suas causas e efeitos, a fim de evitar situações inesperadas. Para que esta análise seja a mais completa possível, é necessária a união da experiência do profissional da equipe para aquela atividade específica com os dados e informações encontrados na literatura.

### III.7 – Gerenciamento de Riscos Ambientais

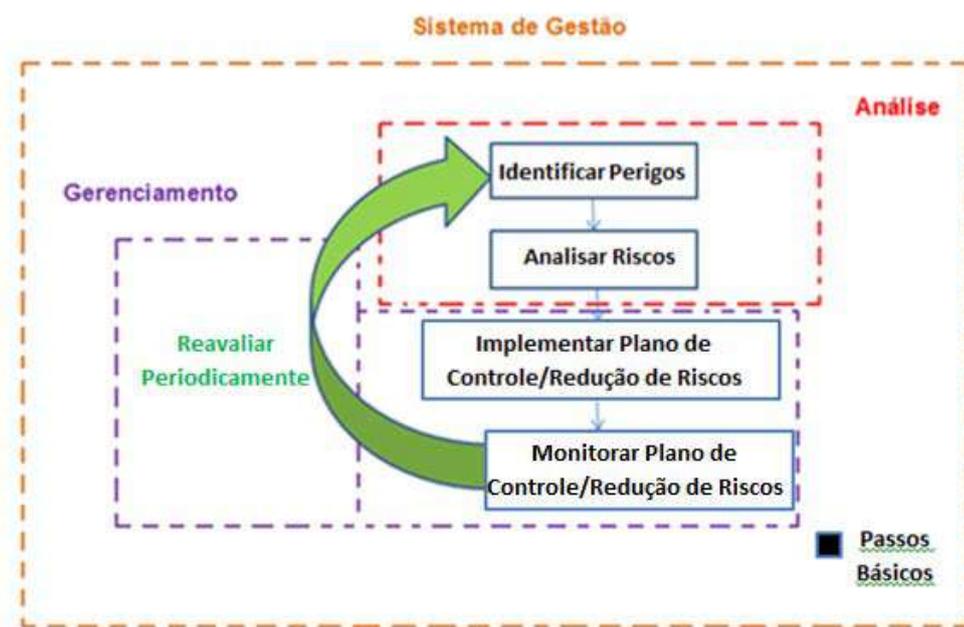
O gerenciamento de riscos pode ser definido como uma aplicação sistemática de políticas de gestão, procedimentos e práticas de análises, avaliações e controle dos riscos, a fim de proteger tanto funcionários e o público em geral, bem como o ambiente e as instalações, evitando assim, a interrupção do processo (CROWL; LOUVAR, 2011).

Dessa forma, fazem parte das etapas do processo de gerenciamento de riscos:

- i) Identificação dos perigos;
- ii) Análise de riscos;

- iii) Implementação de um plano controle/ redução dos riscos;
- iv) Monitoração do plano;
- v) Reavaliação periódica do plano (DNV, 2006b).

O processo de gerenciamento se divide em duas fases: a primeira é a fase de análise e a segunda é a fase do gerenciamento propriamente dito, como exemplificado na Figura III.5. Na primeira fase busca-se identificar os perigos/riscos, e na segunda fase, constitui-se a implementação do Plano de Controle/Redução de Riscos, a monitoração e a reavaliação periódica do mesmo (DNV, 2006b).



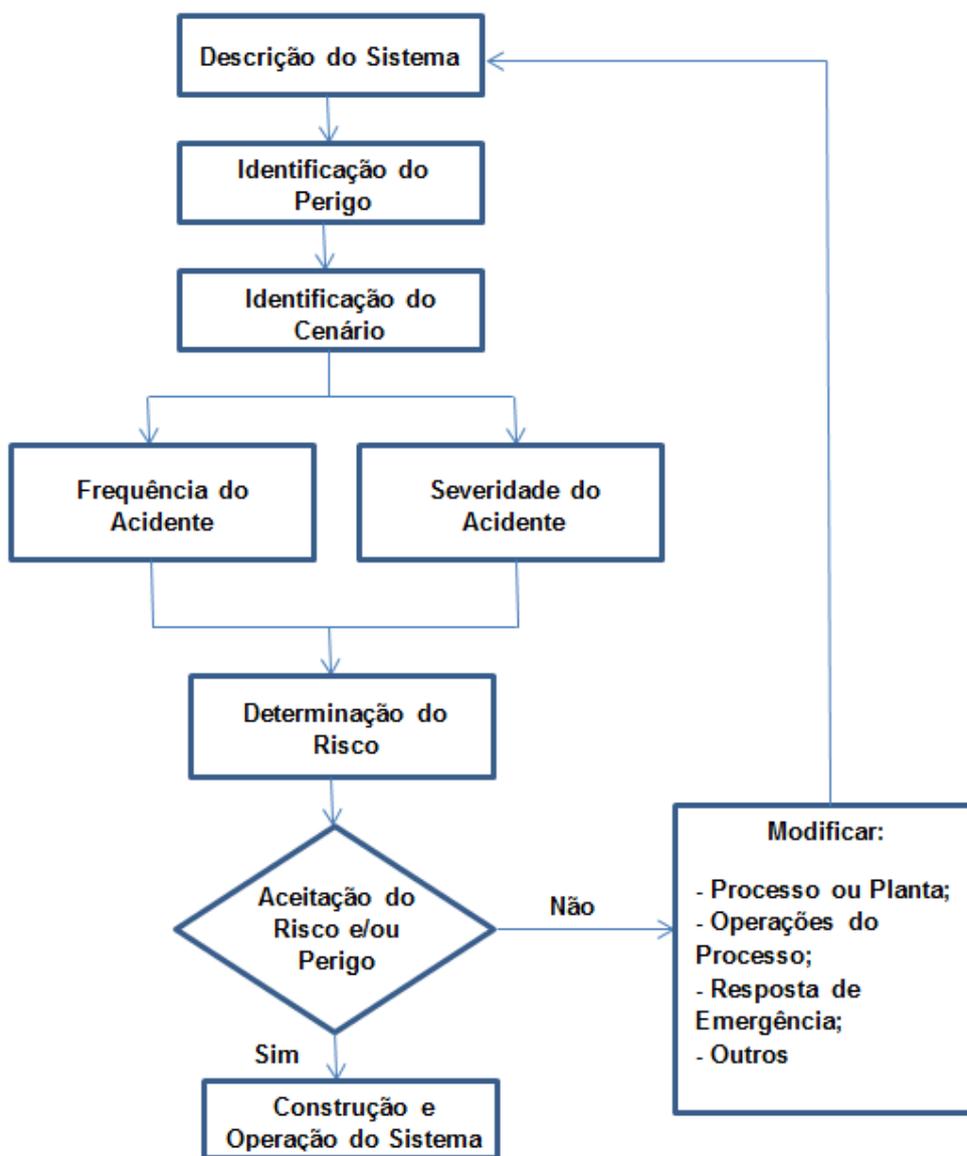
**Figura III.5** – Sistema de Gestão de Riscos (DNV, 2006b).

De maneira geral, quando se trata de gerenciamento de riscos, algumas perguntas chaves devem ser completamente respondidas em cada etapa do processo para uma melhor avaliação. Podemos citar como exemplos de perguntas sobre cada área:

- i) **Identificação:** Quais são os perigos? O que pode dar errado?
- ii) **Avaliação:** Quais são as causas e as consequências dessa atividade? Qual é a probabilidade? Qual é o risco?

- iii) **Controle:** As causas podem ser eliminadas? Como prevenir tais situações? Os controles existentes são suficientes?
- iv) **Mitigação/Recuperação:** Os impactos potenciais podem ser limitados? Quais são as medidas de mitigação/recuperação necessárias?

O fluxograma a seguir demonstra como é feita, de uma forma geral, uma Análise e Gerenciamento de Risco.



**Figura III.6** –Visão Geral de uma Análise e Gerenciamento de Risco. (Fonte: adaptado de VAZ JUNIOR, 2013).

A finalidade deste gerenciamento é garantir que as recomendações apresentadas na Análise Preliminar de Risco (APR) sejam realizadas durante as operações, a fim de manter os riscos em nível tolerável. Dessa forma, são elaborados procedimentos, como os programas de manutenção e inspeções periódicas dos equipamentos, assim como realizados treinamentos.

O Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) tem dois objetivos:

- Reduzir a probabilidade de ocorrência dos cenários acidentais (Medidas Preventivas);
- Reduzir a magnitude das consequências destes cenários (Medidas Mitigadoras) (ICF; PETROBRAS, 2011).

As normas mais conhecidas dentre as que discorrem sobre os sistemas de gestão são a ISO para qualidade e meio ambiente (ISO 14001) e a OHSAS (OHSAS 18000) para saúde e segurança (DNV, 2006c).

No Brasil, o Programa de Gerenciamento de Riscos é requisito para obtenção da licença de operação do processo de licenciamento ambiental, tanto pelo órgão federal IBAMA quanto pelos os órgãos estaduais (DNV, 2006c).

A estrutura de apresentação do PGR ao IBAMA é igual a da CETESB-SP, que consiste de (DNV, 2006c):

- Informações de segurança de processo
- Revisão dos riscos de processo
- Gerenciamento de modificações
- Manutenção e garantia da integridade de sistemas críticos
- Procedimentos operacionais
- Capacitação de recursos humanos
- Investigação de incidentes
- Plano de Ação de Emergência (PAE) / Plano de Emergência Individual (PEI)
- Auditorias.

### *III.7.1 – Planos de Emergência*

Os planos de emergência são de suma importância caso haja um acidente durante a atividade. Podemos citar como exemplos desses planos: o Plano de Resposta à Emergência (PRE), o Plano de Emergência Individual (PEI), e o Plano de Ação de Emergência (PAE).

O Plano de Resposta à Emergência (PRE) é desenvolvido para fornecer as informações necessárias para resposta aos incidentes de forma rápida, segura, eficaz e eficiente. Os incidentes são impactos causados às pessoas ou ao ambiente, exigindo operações de resposta à emergência (CHEVRON; ECOLOGUS, 2006).

As operações de resposta à emergência envolvem os atos praticados próximo ou no local do incidente para controlar a situação e suas consequências, assegurar a segurança das vítimas, realizar os planos de ação e facilitar a comunicação.

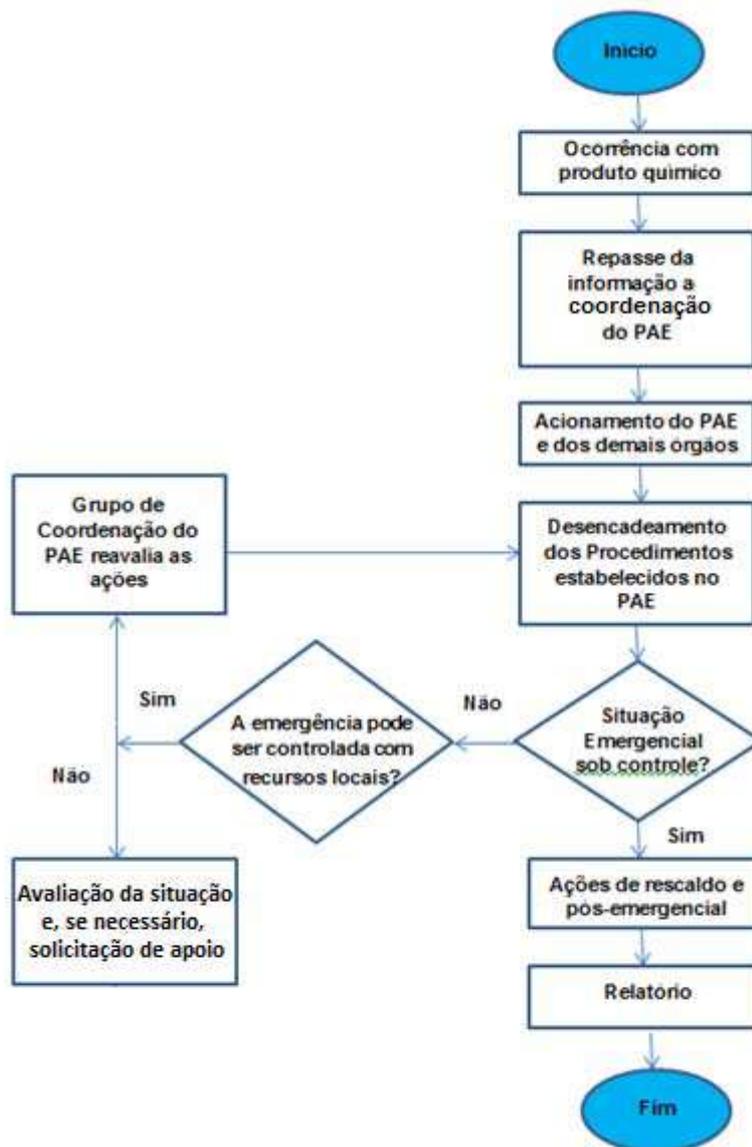
As operações também incluem os atos distantes do local do incidente a fim de dar suporte às operações locais, facilitar o planejamento, tratar assuntos de terceiros e gerenciar financeiramente as operações de resposta.

O Plano de Emergência Individual (PEI), é um documento que apresenta os procedimentos necessários em situações de emergência, caso haja um vazamento de óleo para o mar. De acordo com a Resolução CONAMA nº 293/2001, o PEI deverá conter no mínimo os seguintes tópicos:

- Identificação da instalação;
- Cenários acidentais;
- Informações e procedimentos para resposta:
  - Sistemas de alerta de derramamento de óleo;
  - Comunicação do incidente;
  - Estrutura organizacional de resposta;
  - Equipamentos e materiais de resposta;
  - Procedimentos operacionais de resposta:
    - Procedimentos para interrupção da descarga de óleo;
    - Procedimentos para contenção do derramamento de óleo;

- Procedimentos para proteção de áreas vulneráveis;
  - Procedimentos para monitoramento da mancha de óleo derramado;
  - Procedimentos para recolhimento do óleo derramado;
  - Procedimentos para dispersão mecânica e química do óleo derramado;
  - Procedimentos para limpeza das áreas atingidas;
  - Procedimentos para coleta e disposição dos resíduos gerados;
  - Procedimentos para deslocamento dos recursos;
  - Procedimentos para obtenção e atualização de informações relevantes;
  - Procedimentos para registro das ações de resposta;
  - Procedimentos para proteção das populações;
  - Procedimentos para proteção da fauna.
- Encerramento das operações;
  - Mapas, cartas náuticas, plantas, desenhos e fotografias;
  - Anexos.

Já o PAE (Plano de Ação de Emergência) é um documento que descreve as ações necessárias para minimizar os impactos decorrentes de um perigo em geral (DNV, 2006c). O fluxograma a seguir (Figura III.7) mostra, de uma forma simplificada, como é feito o acionamento do PAE.



**Figura III.7** – Fluxograma Simplificado de Acionamento do Plano de Ação de Emergência – PAE (Fonte: Adaptado de MMA, 2013c).

### III.8 - Elaboração da APR

A Análise Preliminar de Riscos (APR) ou Análise Preliminar de Perigos (APP) é um método de análise de risco qualitativo, que teve origem no Programa de Segurança Militar do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (LIMA, 2011), utilizado para identificar os potenciais perigos e as principais áreas de risco de uma unidade, e estabelecer medidas preventivas.

Como o próprio nome diz, estes estudos são análises preliminares, realizadas antes de um estudo mais completo, podendo ser utilizados na fase inicial de desenvolvimento das instalações, durante a fase de projeto ou durante a fase de operação.

Os perigos identificados são classificados de acordo com a sua frequência (número de vezes que o perigo pode ocorrer durante todo o período da atividade) e severidade (o quanto o acidente pode agredir o meio ambiente).

Com a APR/APP, é possível estudar os riscos, as possíveis causas do perigo e as medidas que podem impedir que o acidente aconteça.

Para sua elaboração, deve-se primeiramente fazer uma reunião de todos os dados disponíveis da planta a ser estudada, bem como de informações relevantes obtidas de plantas similares ou, até mesmo, de plantas diferentes, mas que utilizem equipamentos e/ou materiais similares.

A metodologia da APR/APP compreende as seguintes etapas:

- i) Subdivisão da instalação em módulos de análise;
- ii) Definição das fronteiras do sistema;
- iii) Determinação dos produtos perigosos que existem no sistema e as condições de processo e/ou estocagem;
- iv) Preenchimento das planilhas em reuniões de grupo de análise. (DNV, 2006a)

A APR pode ser representada de diferentes maneiras (VAZ JUNIOR, 2013), a forma mais comum de ser encontrada é na forma de tabela, como o modelo da Figura III.9, e são empregadas as seguintes definições para o preenchimento das colunas:

- **1ª coluna: Perigo**

Esta coluna contém os potenciais perigos identificados em uma análise preliminar.

- **2ª coluna: Causas**

As causas de cada evento são listadas nesta coluna. Estas causas podem envolver tanto falhas intrínsecas dos equipamentos (rupturas, falhas de instrumentação, etc.), como erros humanos de operação.

- **3ª coluna: Modo de Detecção**

Nesta coluna são apresentados os possíveis modos de detecção de acidentes, através da própria percepção humana ou por meio de instrumentos indicados para tal finalidade.

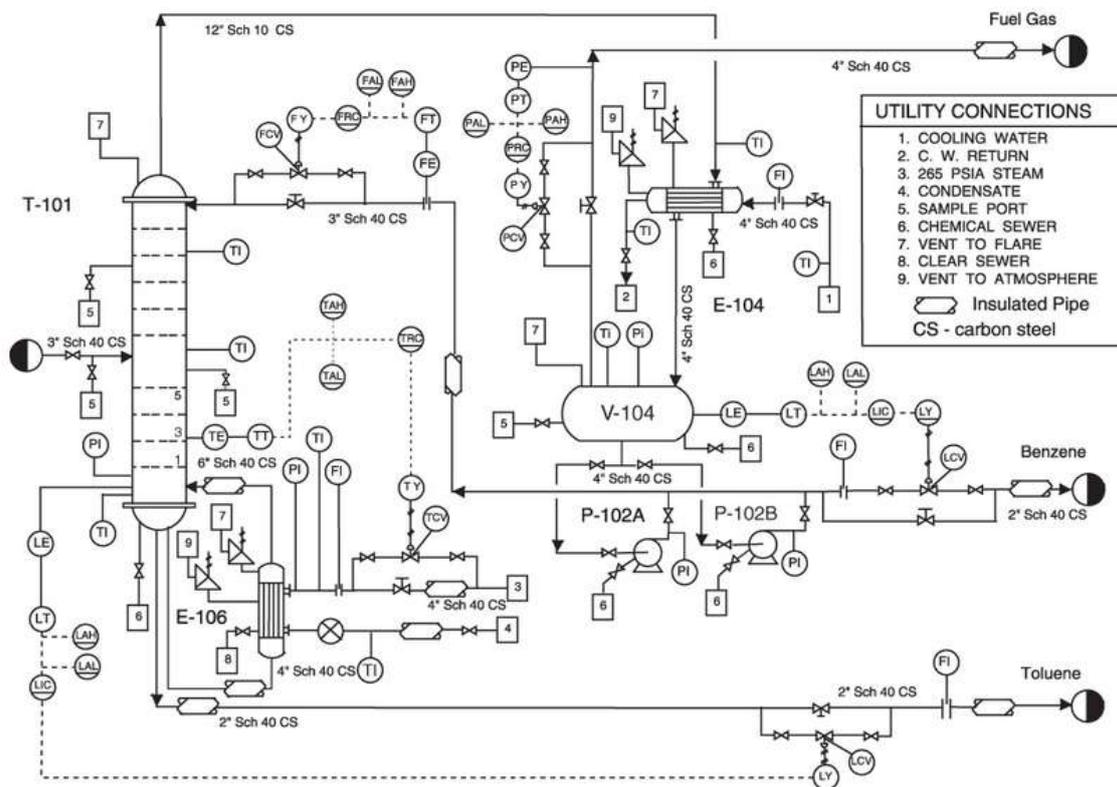
- **4ª coluna: Efeitos**

Os possíveis danos ao meio ambiente e instalações para cada evento são identificados nesta coluna. São incluídas a fauna, flora e instalações (ecossistemas/meio ambiente).

- **5ª coluna: Frequência**

Os cenários de acidentes são classificados em categorias de frequência, as quais fornecem uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência, para cada uma das Hipóteses Acidentais identificadas.

Para calcular a frequência dos cenários acidentais algumas empresas consultoras analisam o P&ID (*Piping and Instrumentation Diagram/Drawing*) para cada cenário correspondente, que é um diagrama que mostra as tubulações e os equipamentos de uma planta, conforme mostrado na Figura III.8. As taxas de falha de cada componente podem ser encontradas em bancos de dados ou na literatura, onde no final é feita uma soma das taxas de todos esses componentes.



**Figura III.8** – Modelo de P&ID. (Fonte: TURTON; et. al., 2012)

- **6ª coluna: Severidade**

A severidade representa uma mensuração do dano esperado associado a uma determinada hipótese acidental. Geralmente é determinada com base na quantidade e toxicidade das substâncias liberadas na região, tanto do ponto de vista ambiental como socioeconômico.

- **7ª coluna: Risco**

A coluna risco é obtida pela Matriz de Risco através da combinação das categorias de frequências com as de severidade, gerando uma indicação qualitativa do nível de risco de cada um dos cenários identificados e avaliados.

Essa matriz classifica os riscos com base no nível dos riscos. Ela define quais riscos necessitam de uma análise adicional ou mais detalhada, quais necessitam ser tratados prioritariamente ou quais necessitam de um nível mais alto de

gestão. Além disso, esse tipo de matriz define se um dado risco pode ser aceitável ou não, de acordo com sua localização na matriz.

Os cenários identificados com risco alto e risco médio são alvos de estudos mais detalhados, com o objetivo de diminuir seus riscos. Estes podem ser minimizados a partir de investimentos para redução da Severidade (disposição espacial; medidas de remediação) ou para redução da Frequência (manutenção; redundância) (VAZ JUNIOR, 2013).

Os níveis de risco que são designados em cada célula depende das definições para as escalas de frequência/severidade e também de sua aplicação. Eles podem estar associados a regras decisivas, como por exemplo, o nível de atenção da gestão ou o tempo em que a resposta é necessária (ABNT, 2012).

- **8ª coluna: Recomendações**

Esta coluna contém as recomendações de medidas de redução do risco associados aos perigos identificados.

- **9ª coluna: Cenário**

Nesta coluna é apresentada uma classificação numérica para a hipótese acidental analisada, que é formada pelo conjunto do perigo identificado, suas causas, modos de detecção, efeitos, frequência e severidade.

As categorias de frequência e severidade, bem como as matrizes de risco, variam de acordo com cada estudo. Isso se deve a percepção e a experiência particular da equipe analista de risco na definição da escala adequada para cada caso. Consequentemente, não há uma norma definida quanto às mesmas.

Análise Preliminar de Riscos - APR								
EMPRESA								
Sistema:					Data:			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações	Cenário

**Figura III.9** – Modelo de APR (Fonte: Adaptado de VAZ JÚNIOR, 2013).

## IV – Aplicação do Método e Avaliação Crítica

### IV.1 – Análise de Riscos

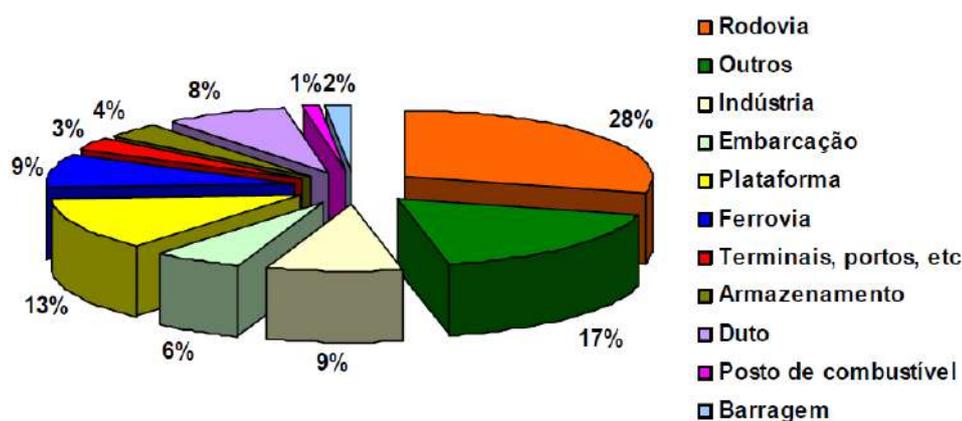
O método escolhido para este trabalho foi o de APR/APP, uma vez que, de acordo com o levantamento de licenças ambientais que realizamos no site do IBAMA, percebemos que esse método foi o mais utilizado pelas empresas do setor de petróleo em suas análises de risco.

#### IV.1.1 – Análise Histórica de Acidentes

Para análise dos cenários acidentais das atividades de exploração e do laboratório de análises do petróleo foi realizada uma pesquisa buscando identificar os principais acidentes envolvidos com a Indústria do Petróleo.

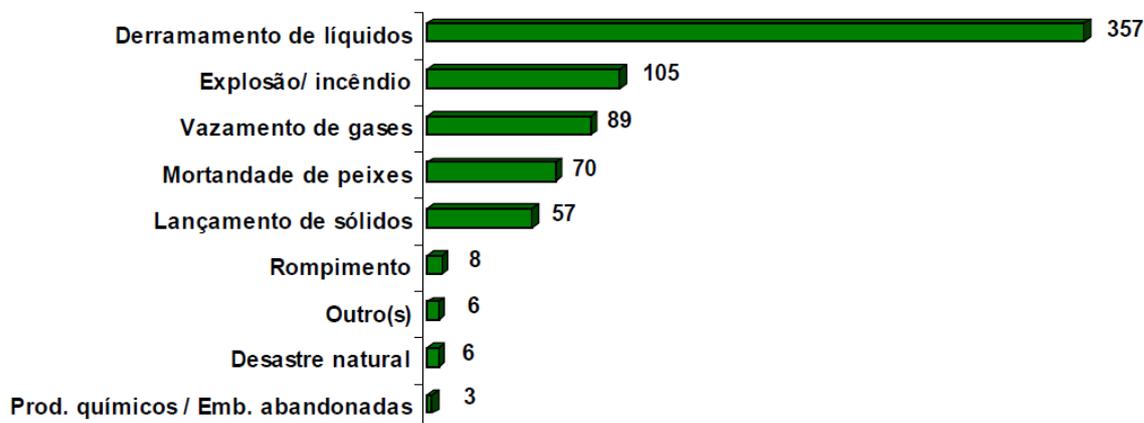
Uma vez que não identificamos registros específicos a respeito das atividades mencionadas anteriormente, utilizamos dados próximos a essas atividades.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo IBAMA (2012), os acidentes em plataformas de petróleo representaram 13% do total registrado em 2012, como pode ser observado pela Figura IV.1.



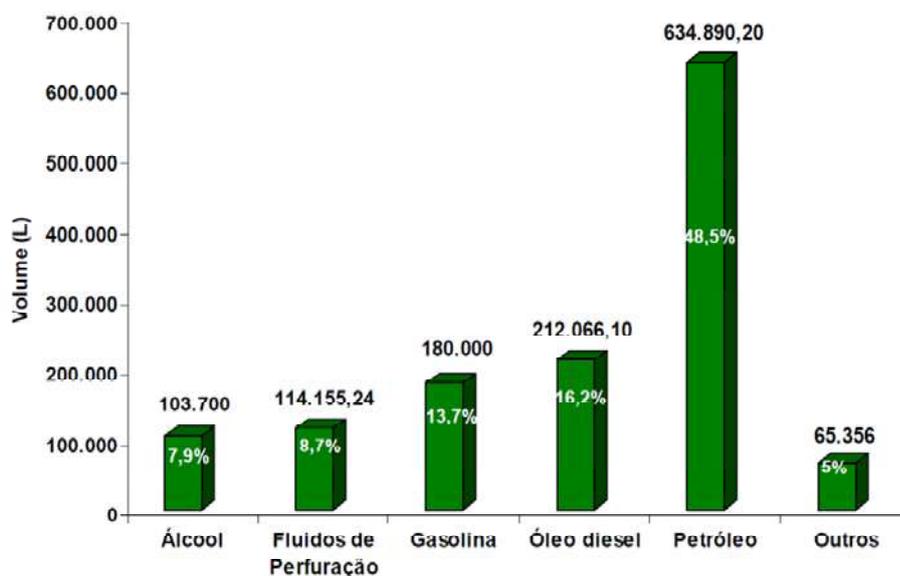
**Figura IV.1** – Percentual de acidentes registrados por local referente ao ano de 2012. (Fonte: IBAMA, 2012)

Quanto ao tipo de evento ocorrido nos acidentes ambientais, o derramamento de líquido foi o evento mais registrado no mesmo ano com 50,9% do total de registros, seguido de explosões e incêndios com 15% (IBAMA, 2012).



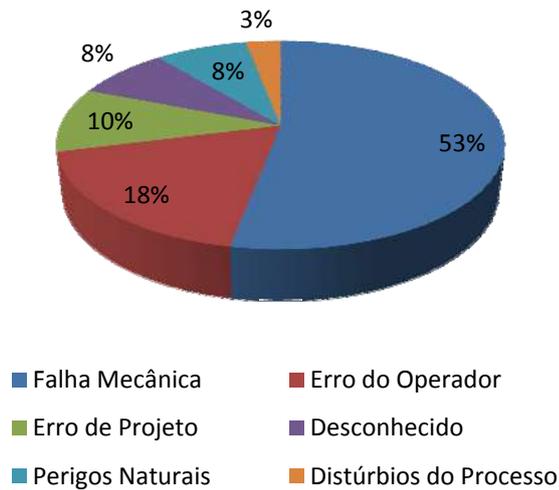
**Figura IV.2** – Número de acidentes registrados pelo IBAMA, por tipo de evento, no ano de 2012. (Fonte: IBAMA, 2012)

De acordo com o levantamento feito desde 2011 pela Coordenação Geral de Emergências Ambientais (CGEMA), coordenação que faz parte da estrutura do IBAMA, o petróleo foi o produto de maior volume vazado referente aqueles de Classe 3 (“líquidos inflamáveis”) e fluidos de perfuração, representando 48,5% do total, como mostra a Figura IV.3 (IBAMA, 2012).



**Figura IV.3** – Volume vazado (L) de produtos pertencentes à Classe de Risco 3 (Líquidos Inflamáveis) e fluidos de perfuração no ano de 2012. (Fonte: IBAMA, 2012)

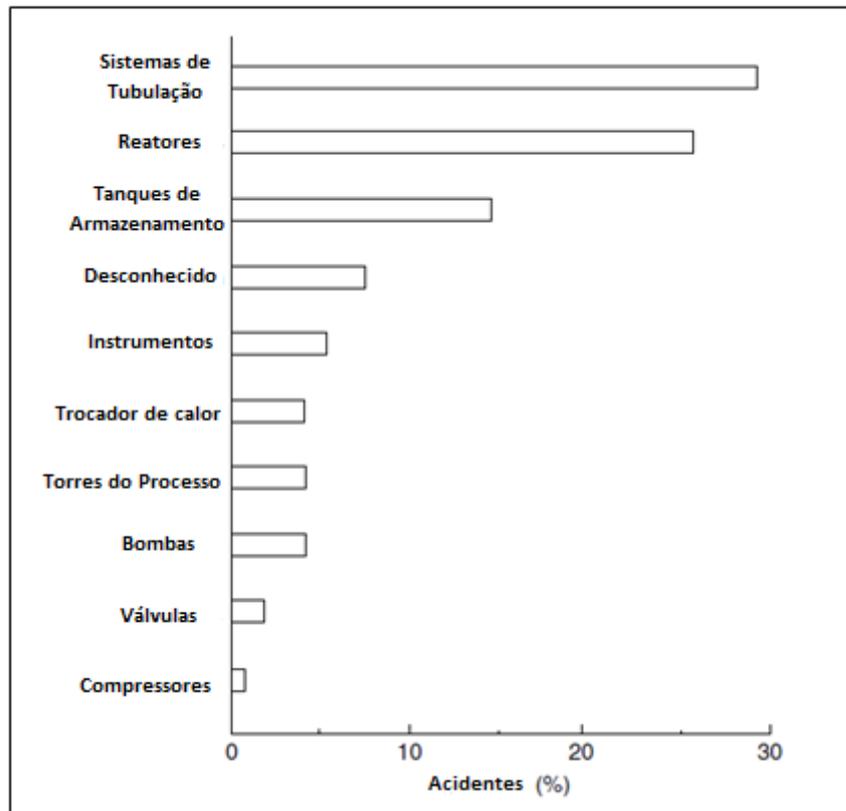
Como não obtivemos acesso aos bancos de dados e também não encontramos dados na literatura referentes as causas de acidentes para a atividade de exploração, utilizamos dados referentes à indústria petroquímica como referência, conforme representado na Figura IV.4.



**Figura IV.4** – Causas de Acidentes na Indústria Petroquímica. (Fonte: MARSH, 2003 apud CROWL; LOUVAR, 2011).

De acordo com este gráfico, destaca-se a falha mecânica como sendo o de maior representatividade com 53%, seguido por erro do operador com 18%.

Quanto aos equipamentos que estão associados aos acidentes ocorridos na indústria petroquímica, os sistemas de tubulação, seguido dos reatores e dos tanques de armazenamento, são os mais representativos como pode ser observado pela Figura IV.5.



**Figura IV.5** - Equipamentos associados aos acidentes na Indústria Petroquímica. (Fonte: MARSH, 2003 apud CROWL; LOUVAR, 2011).

Segundo Crowl e Louvar (2011), os acidentes com plantas químicas seguem padrões típicos. Ao fazer uma análise desses padrões, como representado pelas Figuras IV.4 e IV.5, há uma maior agilidade na identificação dos acidentes que poderão ocorrer na planta.

Para os laboratórios, a manipulação das substâncias químicas é uma das principais causas de ocorrência de acidentes, levando a consequências ambientais e ocupacionais (PIGOSSO, 2011). Podemos citar como consequências ambientais, os incêndios, as explosões e os derramamentos.

Como também não obtivemos dados da literatura a respeito das causas de acidentes para as atividades de laboratórios de análises químicas de petróleo, utilizamos então dados relativos à laboratórios de análises químicas não vinculados ao setor de petróleo.

A Figura IV.6 apresenta o resultado de um levantamento feito nos laboratórios para mostrar a causa dos acidentes. Através desse estudo, é possível notar o quão é importante o ser humano. Assim, nos laboratórios é imprescindível que os técnicos tenham cuidados especiais, precisão e atenção durante as atividades para evitar acidentes.



**Figura IV.6** – Causas dos Acidentes em Laboratórios (FERREIRA; et. al., 1995).

#### *IV.1.2 – Análise dos Cenários Acidentais*

Para a elaboração da APR é necessário que os perigos estejam identificados, ou seja, que os cenários acidentais tenham sido identificados de acordo com a atividade. A fim de que pudéssemos reproduzir APR baseadas em **cenários reais** das atividades envolvidas, nós utilizamos cenários provenientes de empresas relacionadas a essas atividades.

Depois de feita uma análise dos cenários acidentais obtidos pela Empresa X relativa à atividade de exploração e pelo laboratório de análises químicas do petróleo DOPOLAB, elaboramos as APR referentes aos cenários considerados de pior caso para cada atividade. Adotamos como critério para consideração de “pior caso”, a Análise Histórica de Acidentes (item IV.1.1) de atividades próximas aquelas realizadas pelas empresas citadas.

Os cenários acidentais analisados neste trabalho serão aqueles capazes de provocar vazamento de óleo, derivados e produtos químicos para o ambiente, visto também anteriormente no item IV.1.1 - Análise Histórica de Acidentes, como sendo o principal tipo de evento acidental ocorrido no ano de 2012 (Figura IV.2).

#### IV.1.2.1 – Atividade de Exploração de Petróleo

Após um estudo de diferentes análises de risco de plataformas de petróleo, disponíveis no site do IBAMA, adaptamos uma lista de cenários acidentais obtidas por uma empresa de consultoria ambiental, que denominamos de Empresa X, para um estudo ambiental de uma petroleira de grande porte, a fim de reproduzir cenários reais encontrados nessas plataformas. Estes cenários estão apresentados na Tabela IV.1, sendo que para a elaboração da planilha - APR apenas o considerado de pior caso será abordado.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 398/08 esses cenários são classificados de acordo com o volume vazado:

- **Pequeno Vazamento:** volume vazado  $\leq 8 \text{ m}^3$ ;
- **Médio Vazamento:**  $8 \text{ m}^3 \leq$  volume vazado  $\leq 200 \text{ m}^3$ ;
- **Grande Vazamento:** volume vazado  $\geq 200 \text{ m}^3$ .

**Tabela IV.1 - Cenários Acidentais para Atividade de Exploração e Produção de Petróleo**  
(Fonte: adaptado de Empresa X)

Cenário	Sistema	Perigo
1	Segurança do Poço	Pequeno vazamento de óleo cru e gás durante o processo de perfuração devido à perda de controle de poço ( <i>Blowout</i> ).
2		Médio vazamento de óleo cru e gás durante o processo de perfuração devido à perda de controle de poço ( <i>Blowout</i> ).
3		Grande vazamento de óleo cru e gás durante o processo de perfuração devido à perda de controle de poço ( <i>Blowout</i> ).
4	Armazenamento e Circulação do Fluido de Perfuração	Pequeno vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes e consequente derrame para o mar.
5		Médio vazamento de fluido de perfuração devido a furos, trincas e falhas de vedação na tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes e consequente derrame para o mar.

6		Grande vazamento de fluido de perfuração devido à ruptura total da tubulação de transferência e acessórios entre o tanque de armazenamento e o ponto de aplicação com espalhamento de fluido por áreas adjacentes e consequente derrame para o mar.
7	Teste de Formação	Pequeno vazamento de óleo através do queimador devido à falha no sistema de queima.
8		Médio vazamento de óleo através do queimador devido à falha no sistema de queima.
9	Abandono do Poço	Pequeno vazamento de óleo cru/gás devido à perda de estanqueidade dos tampões de abandono.
10		Médio vazamento de óleo cru/gás devido à perda de estanqueidade dos tampões de abandono.
11		Grande vazamento de óleo cru/gás devido à perda de estanqueidade dos tampões de abandono.
12	Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível	Pequeno vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo para o mar.
13		Médio vazamento de óleo combustível devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo para o mar.
14		Grande vazamento de óleo combustível devido à ruptura total ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo para o mar.
15	Armazenamento e Circulação de Óleo Lubrificante	Pequeno vazamento de óleo lubrificante devido a furos, trincas ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo para o mar.
16		Médio vazamento de óleo lubrificante devido à ruptura total ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo para o mar.
17	Armazenamento de Óleo Sujo	Pequeno vazamento de óleo sujo a partir do tanque de armazenamento deste produto existente na unidade.
18	Armazenamento e Circulação de Cimento	Pequeno vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.
19		Médio vazamento de cimento a partir dos silos de armazenamento destes produtos existentes na unidade.
20	Drenagem Controlada de Efluentes Oleosos	Pequeno vazamento de resíduo oleoso devido a furo/ruptura na linha e acessórios a partir do separador de água e óleo (SAO).

21	Estabilidade da Unidade	Grande vazamento de óleo e/ou produtos químicos devido ao afundamento da Unidade em função da perda de estabilidade.
22	Abastecimento da Unidade de Perfuração	Pequeno vazamento de óleo combustível durante a operação de abastecimento da Unidade.
23	Armazenamento de Óleo Combustível nas Embarcações de Apoio	Pequeno vazamento de óleo combustível a partir dos tanques de armazenamento das embarcações de apoio.
24		Médio vazamento de óleo combustível a partir dos tanques de armazenamento das embarcações de apoio.
25		Grande vazamento de óleo combustível a partir dos tanques de armazenamento das embarcações de apoio.
26	Operações de Carga e Descarga	Pequeno vazamento de óleo devido à queda de carga no mar.

Para avaliar cada cenário, foram adotadas tabelas de categoria de Frequência e de Severidade, bem como a Matriz de Risco, comumente utilizadas em operações *offshore*, representadas pelas Tabelas IV.2 e IV.3 e pela Figura IV.7.

**Tabela IV.2** – Categorias de Frequência dos Cenários Acidentais. (Fonte: AECOM; ENSR; PETROBRAS, 2009)

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Faixa de Frequência (anual)</b>	<b>Descrição</b>
A	Extremamente Remota	$F \leq 10^{-4}$	Conceitualmente possível, porém, extremamente improvável de ocorrer durante a realização da atividade.
B	Remota	$10^{-4} \leq F \leq 10^{-3}$	Não esperado ocorrer durante a realização da atividade.
C	Ocasional	$10^{-3} \leq F \leq 10^{-2}$	Possível de ocorrer durante a realização da atividade.
D	Provável	$10^{-2} \leq F \leq 10^{-1}$	Esperado ocorrer pelo menos uma vez durante a realização da atividade.
E	Frequente	$F \geq 10^{-1}$	Esperado ocorrer várias vezes durante a realização da atividade.

**Tabela IV.3** – Categorias de Severidade para danos ao Meio Ambiente. (Fonte: AECOM; ENSR; PETROBRAS, 2009)

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição das Categorias</b>	<b>Faixa de Volume</b>
I	Desprezível	Sem danos ou danos insignificantes ao meio ambiente.	Até 1m <sup>3</sup>
II	Marginal	Pequenos danos ao meio ambiente (rápido restabelecimento do ecossistema).	1 - 8m <sup>3</sup>
III	Crítica	Severos danos ao meio ambiente (lento restabelecimento do ecossistema).	8 – 200m <sup>3</sup>
IV	Catastrófica	Grandes danos ao meio ambiente (lento restabelecimento do ecossistema).	Maior que 200m <sup>3</sup>

<b>Matriz de Risco</b>				
<b>Frequência</b>	<b>Severidade</b>			
	I	II	III	IV
A	<b>Risco Baixo</b>	<b>Risco Baixo</b>	<b>Risco Baixo</b>	<b>Risco Médio</b>
B	<b>Risco Baixo</b>	<b>Risco Baixo</b>	<b>Risco Médio</b>	<b>Risco Médio</b>
C	<b>Risco Baixo</b>	<b>Risco Médio</b>	<b>Risco Médio</b>	<b>Risco Alto</b>
D	<b>Risco Médio</b>	<b>Risco Médio</b>	<b>Risco Alto</b>	<b>Risco Alto</b>
E	<b>Risco Médio</b>	<b>Risco Alto</b>	<b>Risco Alto</b>	<b>Risco Alto</b>

**Figura IV.7** – Matriz de Risco dos Cenários Acidentais. Fonte: AECOM; ENSR; PETROBRAS, 2009.

O cenário acidental que será abordado neste trabalho será o de número 14 referente à Tabela IV.1 (“Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível”). Este cenário foi escolhido por envolver sistemas de tubulação, tanques de armazenamento e o vazamento de óleo combustível. Os dois primeiros foram vistos anteriormente como um dos principais equipamentos associados a acidentes na Indústria Petroquímica (Figura IV.5) e o óleo combustível, por ser este um derivado do petróleo. Pela Figura IV.3 vemos que o petróleo e seus derivados possuem um volume vazado significativo ao meio ambiente em 2012.

Neste cenário, o máximo volume de óleo que poderá ser liberado para o mar corresponde ao volume do maior tanque de armazenamento de óleo combustível da Unidade Marítima. Consideramos para a análise, um tanque de óleo com um volume maior que 200m<sup>3</sup>. Logo, através da Tabela IV.3 vemos que a categoria de severidade para esse cenário é a IV, denominada Catastrófica. Caso ocorra um acidente com essa hipótese haverá grandes danos ao meio ambiente e um lento restabelecimento do ecossistema.

Com relação à frequência de acidentes, como não tivemos acesso ao P&ID para este cenário acidental, consideramos para a análise a categoria calculada pela Empresa X, sendo esta a C, denominada Ocasional.

Com a Severidade e a Frequência vemos se o risco é Baixo, Médio ou Alto. Para o cenário analisado, fazendo a combinação das categorias vemos que o Risco é Alto, de acordo com a matriz de Risco da Figura IV.7.

Por fim, elaboramos a planilha APR apresentada na Figura IV.8 para este cenário acidental. As causas, os modos de detecção, os efeitos e as recomendações foram elaborados com base em perigos similares a este encontrados em estudos ambientais da atividade de exploração de petróleo.

Análise Preliminar de Riscos - APR								
EMPRESA X								
Sistema: Armazenamento e Circulação de Óleo Combustível					Data: xx/xx/xxxx			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações	Cenário
Grande vazamento (volume $\geq 200\text{m}^3$ ) de óleo combustível devido à ruptura total ou falhas de vedação em tanques, linhas e/ou acessórios cobrindo desde o tanque de armazenamento até o ponto de consumo e resultando em liberação de óleo para o mar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrosão;</li> <li>- Ruptura do Tanque;</li> <li>- Falha na vedação de juntas e conexões;</li> <li>- Falha Operacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrumentação de Controle;</li> <li>- Visual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminação Ambiental;</li> <li>- Possibilidade de Incêndio/Explosão.</li> </ul>	<b>C</b>	<b>IV</b>	<b>Alto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fazer periodicamente inspeção e manutenção preventiva dos equipamentos, tanques, tubulações e válvulas;</li> <li>- Monitoramento do nível do tanque;</li> <li>- Realizar treinamento, atualização e conscientização dos operadores;</li> <li>- Seguir o programa de treinamento para situações de emergência;</li> <li>- Acionar o Plano de Resposta à Emergência, bem como o Plano de Emergência Individual (PEI).</li> </ul>	<b>14</b>

**Figura IV.8** – APR para Atividade de Exploração de Petróleo (Elaboração Própria).

#### IV.1.2.2 – Laboratório de Análises do Petróleo

Os cenários acidentais encontrados no laboratório de análises químicas de petróleo DOPOLAB, capazes de causar derramamentos e, conseqüentemente, danos ao ambiente, estão representados na Tabela IV.4 a seguir.

**Tabela IV.4** – Cenários Acidentais do Laboratório de Análises. (Fonte: DOPOLAB, 2010)

Cenário	Sistema	Perigo
1	Recebimento de Amostras	Derramamento de Amostras
2	Armazenamento de Amostras	
3	Execução de ensaios	
4	Lavagem/Limpeza	
5	Transferência para o Cliente	

Assim como foi descrito anteriormente, as categorias de Frequência e Severidade e a matriz de risco para os Laboratórios de Análises são também elaboradas com base no estudo de cada caso. Portanto, utilizamos as Tabelas IV.5 e IV.6 referentes a análise de risco realizada pelo laboratório de análise DOPOLAB.

**Tabela IV.5** – Categorias de Frequência dos Cenários Acidentais. (Fonte: DOPOLAB, 2010)

Categoria	Denominação	Critérios
A	Improvável	Nunca ocorrido no Laboratório (últimos 10 anos)
B	Pouco provável	Já ocorrido no Laboratório (no mínimo uma vez e no máximo 10 vezes, nos últimos 10 anos)
C	Possível	Já ocorrido no Laboratório (no mínimo uma vez e no máximo 12 vezes por ano)
D	Provável	Ocorrido algumas vezes ao ano no Laboratório (mais de uma vez por mês)
E	Muito provável	Ocorrido diversas vezes ao ano no Laboratório (mais de uma vez por semana)

**Tabela IV.6** – Categorias de Severidade para danos ao Meio Ambiente. (Fonte: DOPOLAB, 2010)

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição das Categorias</b>
I	Desprezível	Causa danos desprezíveis ao ambiente, reversíveis em um pequeno intervalo de tempo e que podem ser mitigados por ação imediata e/ou pela simples regeneração do próprio meio. Sem necessidade de investimento financeiro. Abrangência restrita ao local onde ocorre a atividade dentro do laboratório.
II	Leve	Causa pequenos danos ao ambiente, reversíveis em um pequeno intervalo de tempo e que podem ser mitigados por ação simples. Sem necessidade de investimento financeiro relevante. Abrangência restrita ao local onde ocorre a atividade ou no máximo a setores adjacentes.
III	Moderada	Causa modificações relevantes cujos efeitos alteram de forma significativa o meio ambiente, sendo que podem ser revertidos em médio prazo e mitigados por ação de relativa complexidade. Necessita de investimento financeiro. Abrangência excede o local onde ocorre a atividade e os setores adjacentes, mas fica restrito aos limites do laboratório.
IV	Alta	Causa modificações severas ao ambiente ou cujos efeitos são considerados de difícil reversibilidade devido ao longo prazo, e/ou à complexidade das ações necessárias e/ou ao elevado investimento para a remediação. Abrangência excede os limites do laboratório.
V	Muito Alta	Causa modificações severas ao ambiente ou cujos efeitos são considerados de difícil reversibilidade devido ao longo prazo, e/ou à complexidade das ações necessárias e/ou ao elevado investimento para a remediação. Abrangência excede os limites do laboratório. Expõe de maneira significativa à imagem do Laboratório perante as partes interessadas.

A Matriz de Risco elaborada pelo laboratório DOPOLAB classifica os cenários em Risco Trivial, Risco Tolerável, Risco Moderado, Risco Substancial e Risco Intolerável, conforme mostrado na Figura IV.9.

<b>Matriz de Risco</b>					
<b>Frequência</b>	<b>Severidade</b>				
	I	II	III	IV	V
A	<b>Risco Trivial</b>	<b>Risco Tolerável</b>	<b>Risco Tolerável</b>	<b>Risco Moderado</b>	<b>Risco Moderado</b>
B	<b>Risco Tolerável</b>	<b>Risco Tolerável</b>	<b>Risco Moderado</b>	<b>Risco Moderado</b>	<b>Risco Substancial</b>
C	<b>Risco Tolerável</b>	<b>Risco Moderado</b>	<b>Risco Moderado</b>	<b>Risco Substancial</b>	<b>Risco Substancial</b>
D	<b>Risco Moderado</b>	<b>Risco Moderado</b>	<b>Risco Substancial</b>	<b>Risco Substancial</b>	<b>Risco Intolerável</b>
E	<b>Risco Moderado</b>	<b>Risco Substancial</b>	<b>Risco Substancial</b>	<b>Risco Intolerável</b>	<b>Risco Intolerável</b>

**Figura IV.9** – Matriz de Risco dos Cenários Acidentais. Fonte: DOPOLAB, 2010.

Muitos acidentes em laboratórios estão associados com o armazenamento e manuseio dos produtos químicos. Isso ocorre devido à diversidade de produtos e de sua estocagem imprudente associada com a falta de controle (USP, 2004). Assim, o cenário acidental abordado para os laboratórios também será o de Armazenamento (Cenário 2).

A planilha APR para o cenário acidental “Armazenamento de Amostras” apresentada na Figura IV.10, foi elaborada e adaptada com base nas informações da análise de riscos fornecidas pelo laboratório DOPOLAB.

Como a análise de risco feita pelo laboratório DOPOLAB foi feita em fase de operação, a categoria de frequência foi elaborada com base na experiência adquirida pelo laboratório, considerando o tempo de operação de 10 anos. Este cenário acidental (cenário 2) nunca ocorreu no laboratório neste período de tempo e, portanto, a categoria referente é A (Improvável).

A categoria de severidade para este cenário, indicada pelo DOPOLAB, foi a categoria II (Leve), em que foram analisadas hipoteticamente as consequências deste caso (caso ocorresse este cenário no laboratório). Como dito antes, a elaboração dessas tabelas envolve a experiência de um profissional da área de segurança e a experiência dos profissionais específicos do laboratório em questão, sendo portanto, estas hipóteses categorizadas de forma qualitativa.

Análise Preliminar de Riscos - APR								
DOPOLAB								
Sistema: Armazenamento de Amostras					Data: xx/xx/xxxx			
Perigo	Causas	Modo de Detecção	Efeitos	Categoria de Frequência	Categoria de Severidade	Risco	Recomendações	Cenário
Derramamento de Amostras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estocagem Inadequada;</li> <li>- Falta de Controle e Planejamento;</li> <li>- Pouco conhecimento das propriedades do material estocado;</li> <li>- Negligência dos Técnicos.</li> </ul>	- Visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminação do Solo;</li> <li>- Contaminação da Água;</li> <li>- Alteração da qualidade da Água e do Solo;</li> <li>- Incêndio/Explosão.</li> </ul>	<b>A</b>	<b>II</b>	<b>Tolerável</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Armazenar amostras em caixas de PVC com tampas;</li> <li>- Realizar treinamento, atualização e conscientização dos profissionais envolvidos;</li> <li>- Seguir procedimentos com base em regras que evitem o derramamento;</li> <li>- Monitoramento do nível de amostras;</li> <li>- Acionar o Plano de Atendimento à Emergência (PAE);</li> <li>- Construir barreiras de contenção nas prateleiras;</li> <li>- Armazenar adequadamente com base no tipo de amostra, separando os passíveis de reação.</li> </ul>	<b>2</b>

**Figura IV.10** – APR para Laboratório de Análises Químicas do Petróleo (Fonte: Adaptado de DOPOLAB, 2010).

#### IV.2– Gerenciamento dos Riscos Ambientais

As recomendações das APR fazem parte do Programa de Gerenciamento de Riscos como medidas preventivas/mitigadoras. Para o estudo em questão, a Tabela IV.7 apresenta as recomendações dos cenários acidentais para cada caso.

**Tabela IV.7 – Medidas Preventivas/Mitigadoras (Recomendações)**

<b>Atividade de Exploração e Produção de Petróleo (EMPRESA X)</b>	<b>Laboratório de Análise (DOPOLAB)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Fazer periodicamente inspeção e manutenção preventiva dos equipamentos, linhas, tanques, tubulações e válvulas;</li><li>- Monitoramento do nível do tanque;</li><li>- Realizar treinamento, atualização e conscientização dos operadores;</li><li>- Seguir o programa de treinamento em situações de emergência;</li><li>- Acionar o Plano de Resposta à Emergência (PRE), bem como o Plano de Emergência Individual (PEI).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Armazenar produtos em caixas de PVC com tampas;</li><li>- Seguir procedimentos com base em regras que evitem o derramamento;</li><li>- Monitoramento do nível de amostras;</li><li>- Realizar treinamento, atualização e conscientização dos profissionais envolvidos;</li><li>- Acionar o Plano de Atendimento à Emergência (PAE);</li><li>- Construir barreiras de contenção nas prateleiras;</li><li>- Armazenar adequadamente com base no tipo de produto, separando os passíveis de reação.</li></ul>

## V – Discussão e Conclusões

Os riscos só ganham importância e passam a ser analisados após um acidente ocorrer. Antes, a única preocupação em uma atividade era a qualidade do produto desenvolvido. Depois, a segurança do trabalhador durante a atividade ganhou importância e, atualmente, uma das grandes preocupações é o meio ambiente.

Na literatura, é notório que a quantidade de análises de riscos ambientais feitas para as atividades de exploração e produção de petróleo é superior às realizadas para os laboratórios de análises. Isso ocorre já que as consequências dos impactos ambientais que podem ser causados durante a atividade de exploração podem ser muito mais agravantes do que as que podem ocorrer nos laboratórios.

Quando analisamos os riscos obtidos dos cenários acidentais escolhidos com base em critérios conservadores, podemos verificar que o risco ambiental no caso da atividade de exploração de petróleo é alto, e para o caso do laboratório é tolerável. Esse resultado reflete as categorias de frequência e severidade para cada caso.

O risco tolerável obtido na análise para o laboratório DOPOLAB se deve ao grande cuidado e preocupação que este laboratório possui com questões de segurança. Esse laboratório, além de utilizar métodos de análises de risco, ele implementa as medidas recomendadas de prevenção e mitigadoras, a fim de evitar os acidentes. No entanto, muitos laboratórios não possuem essa preocupação com o armazenamento, causando grandes chances de ocorrência de acidentes que podem gerar problemas ambientais, como o derramamento e, até mesmo, incêndios e explosões.

Em março de 2001, por exemplo, o Laboratório do Departamento de Engenharia Química (LADEQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) sofreu um incêndio que destruiu quase todas as suas instalações, deixando de receber pesquisas dos alunos e docentes e perdendo aparelhos de alto valor (UFRJ, 2004). O custo para a reconstrução e ampliação do laboratório foi cerca de R\$ 2 milhões, sendo que a nova infraestrutura teve seu sistema de segurança contra incêndio aumentado (FINEP, 2004).

A análise de risco pelo método das APR utiliza parâmetros quantitativos e qualitativos, o que a torna passível de erros tanto por parte dos órgãos fiscalizadores quanto pelos fiscalizados. Porém, este é um método simples de ser aplicado e que pode ser utilizado em todas ou em qualquer fase da atividade: fase de planejamento, instalação e operação.

Além disso, este método representa de forma clara e completa as hipóteses acidentais pela construção simples de uma tabela que reproduz uma visão geral do cenário acidental, desde suas causas até os efeitos e as medidas a serem tomadas.

Podemos concluir que, as APR podem ser aplicadas em ambas as atividades e, conseqüentemente, pode ser utilizada para qualquer tamanho de empreendimento, além de ser uma ferramenta de grande valia no auxílio para prevenção e contenção de acidentes na Indústria de Petróleo.

## Referências Bibliográficas

AECOM DO BRASIL; ENSR INTERNATIONAL BRASIL; PETROBRAS. **Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais: Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BM-BAR-5, Bacia de Barreirinhas**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/Atividade%20de%20Perfura%E7%E3o%20Mar%EDtima%20no%20Bloco%20BM-Bar-5,%20bacia%20de%20Barreirinhas/RCA%20BM-BAR-5\\_formato%20reduzido/II.7%20An%20e%20Ger%20Riscos%20Amb/0332\\_0013%20-%20II.7%20An%20e%20Ger%20Riscos%20Amb%20Rev.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/Atividade%20de%20Perfura%E7%E3o%20Mar%EDtima%20no%20Bloco%20BM-Bar-5,%20bacia%20de%20Barreirinhas/RCA%20BM-BAR-5_formato%20reduzido/II.7%20An%20e%20Ger%20Riscos%20Amb/0332_0013%20-%20II.7%20An%20e%20Ger%20Riscos%20Amb%20Rev.pdf)>. Acesso em: 21 out 2013.

AECOM DO BRASIL; OGX PETRÓLEO E GÁS. **Relatório de Impacto Ambiental dos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, Bacia de Campos**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/Produ%E7%E3o%20de%20Petroleo%20nos%20blocos%20BM-C-39%20e%20BM-C-40,%20Bacia%20de%20Campos/EIArev00/II.15%20RIMA/II.15%20RIMA\\_BM\\_C\\_39\\_40.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/Produ%E7%E3o%20de%20Petroleo%20nos%20blocos%20BM-C-39%20e%20BM-C-40,%20Bacia%20de%20Campos/EIArev00/II.15%20RIMA/II.15%20RIMA_BM_C_39_40.pdf)>. Acesso em: 18 out 2013.

AECOM DO BRASIL; TOTAL. **Estudo Ambiental de Perfuração do Campo Xerelete, Bacia de Campos**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/ATIVIDADES%20DE%20PERFURA%C3%87%C3%83O%20EXPLORAT%C3%93RIA%20NO%20CAMPO%20DE%20XERELETE%20BLOCO%20BC-2/II\\_8\\_AGR/II.8\\_AGRA.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/ATIVIDADES%20DE%20PERFURA%C3%87%C3%83O%20EXPLORAT%C3%93RIA%20NO%20CAMPO%20DE%20XERELETE%20BLOCO%20BC-2/II_8_AGR/II.8_AGRA.pdf)>. Acesso em: 18 out 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. cap. 7.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GAS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 2008. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. cap. 7.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO/IEC 31010: Gestão de Riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos.** Rio de Janeiro, 2012.

AUSTRALIAN INSTITUTE OF PETROLEUM (AIP). **Industry Information.** Disponível em: <<http://www.aip.com.au/>>. Acesso em: 24 out 2013.

BITAR, O. Y.; ORTEGA, R. D. E. Gestão Ambiental. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). 1998. cap. 32, p. 499-508.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus afins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 24 maio 2013.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/Lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp140.htm)>. Acesso em: 24 maio 2013.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures.** 3. Rd. New York: AICHE, 2008. In: BARBOSA, D. P. **A influência do fator humano nos cenários acidentais de uma refinaria de petróleo.** Niterói, 2009. p. 27.

CENTRE DE DOCUMENTATION, DE RECHERCHE ET D'EXPÉRIMENTATIONS SUR LES POLLUTIONS ACCIDENTELLES DES EAUX (CEDRE). **Accidents.** Disponível em: <<http://www.cedre.fr/fr/accident/classement-alphabetique.php>>. Acesso em: 15 nov 2013a.

\_\_\_\_\_. **Deepwater Horizon.** Disponível em: <[http://www.cedre.fr/en/spill/deepwater\\_horizon/deepwater\\_horizon.php](http://www.cedre.fr/en/spill/deepwater_horizon/deepwater_horizon.php)>. Acesso em: 30 nov 2013b.

CHEVRON; ECOLOGUS ENGENHARIA CONSULTIVA. **Plano de Respostas a Emergência – Atividade de Produção de Petróleo – Campo de Frade, Bacia de Campos.** Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/Campo%20de%20Frade/PEI/Texto.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2013.

CONSELHO ESTADUAL DO DE MEIO AMBIENTE DO RIO DE JANEIRO (CONEMA). Resolução CONEMA nº 42, de 17 de agosto de 2012. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeConteudo?article-id=162754>>. Acesso em: 24 maio 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 24 maio 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 24 maio 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 293, de 12 de dezembro de 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res29301.html>>. Acesso em: 22 out 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 350, de 6 de julho de 2004. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2004\\_350.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2004_350.pdf)>. Acesso em: 30 nov 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 398, de 11 de junho de 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=575>>. Acesso em: 23 jun 2013.

\_\_\_\_\_. **O que é o CONAMA.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/estr1.cfm>>. Acesso em: 24 maio 2013.

CROWL, D. A.; LOUVAR, J. F. **Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications**. 3. ed. Boston: Prentice Hall, 2011.

DET NORSKE VERITAS (DNV). **Apostila do Curso sobre Estudo de Análise de Riscos e Programa de Gerenciamento de Riscos. Módulo 3: Técnicas de Identificação de Perigos: HAZOP e APP**. Rio de Janeiro, 2006a.

\_\_\_\_\_. **Apostila do Curso sobre Estudo de Análise de Riscos e Programa de Gerenciamento de Riscos. Módulo 2: Risco e Impacto Ambiental**. Rio de Janeiro, 2006b.

\_\_\_\_\_. **Apostila do Curso sobre Estudo de Análise de Riscos e Programa de Gerenciamento de Riscos. Módulo 13: PGR/PAE**. Rio de Janeiro, 2006c.

DOPOLAB. **Levantamento e análise de aspecto impacto e perigo e dano**. Rio de Janeiro, 2010.

FALLA, F. S. et. al. **Characterization of crude petroleum by NIR**. Journal of petroleum science and engineering, 127 – 137, 2005. In: PANTOJA, P. A. **Caracterização do petróleo por técnicas espectroscópicas e sua utilização na avaliação e desenvolvimento de métodos de inferência em processo de refino**. São Paulo, 2010.

FERREIRA, A. A.; NETO, F. R. A. **A destilação simulada na indústria do petróleo**. Quim. Nova, Rio de Janeiro, v. 28, n. 3, fev. 2005.

FERREIRA, V. L. P. et. al. **Boas práticas para laboratório: segurança**. São Paulo: Associação Brasileira de Profissionais da Qualidade de Alimentos, 1995. 42 p. (Manual Série Qualidade). In.: TOCCHETTO, L. F. **Segurança em laboratórios de análises químicas: estudo de caso na Embrapa Florestas**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2004. 53 p.

FINEP. Laboratório do Departamento de Engenharia Química da UFRJ é reinaugurado após incêndio. In: Notícias. **FINEP**, 29 jun 2004. Disponível em: <>. Acesso em: 19 nov 2013.

FIRJAN. **Manual de Licenciamento Ambiental: Guia de procedimentos passo a passo**. Rio de Janeiro: GMA, 2004. 23p.

FREITAS, E. G. **O trabalho em laboratório na indústria do petróleo: do procedimento à competência**. São Carlos, 2011.

FUNDAÇÃO ESCOLA DE SOCIOLOGIA E POLÍTICA DE SÃO PAULO (FESPSP). Governo do Estado de São Paulo. **Estudo de Impacto Ambiental. Programa Rodoanel Mario Covas**. São Paulo, 2004. v. IX. Anexos 11 ao 17.

GIMENEZ, K. P. et. al. **Análise de riscos físicos, químicos e ergonômicos nos laboratórios de solos e análises químicas da UTFPR**. Paraná, 2009.

ICF INTERNATIONAL; PETROBRAS. **Relatório de Controle Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BM-PAMA-8, Bacia do Pará-Maranhão**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/Perfura%E7%E3o%20Mar%EDtima%20-%20Bloco%20BM-PAMA-8%20-%20Bacia%20do%20Par%E1Maranh%E3o/028189-RCA-RL-0001-00\\_Item-II-7\\_AGR-NS-21.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/Perfura%E7%E3o%20Mar%EDtima%20-%20Bloco%20BM-PAMA-8%20-%20Bacia%20do%20Par%E1Maranh%E3o/028189-RCA-RL-0001-00_Item-II-7_AGR-NS-21.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2013.

INSTITUTO BRASIL PNUMA. **As Normas ISO 14000**. Disponível em: <<http://www.brasilpnuma.org.br/saibamais/iso14000.html>>. Acesso em: 13 ago 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Relatório de Acidentes Ambientais**. IBAMA, 2012.

\_\_\_\_\_. **Sistema Informatizado de Licenciamento Ambiental Federal**. IBAMA, 2013. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/>>. Acesso em: 24 maio 2013.

INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (INEA). Governo do Rio de Janeiro. **Portal de Licenciamento**. In: Competências. Disponível em: <<http://200.20.53.7/Ineaportal/Conteudo.aspx?ID=C6BBA8C1-DB9E-4B4B-94AF-67947333FD03>>. Acesso em: 17 set 2013a.

\_\_\_\_\_. Governo do Rio de Janeiro. **Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental**. Disponível em: <[http://www.inea.rj.gov.br/fma/eia\\_rima\\_apresentacao.asp](http://www.inea.rj.gov.br/fma/eia_rima_apresentacao.asp)>. Acesso em: 18 out 2013b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key World Energy Statistics**. Paris, 2013.

LIMA, F. S. et. al. **Análise de Risco associados ao duto de biogás gerado no sistema de tratamento de efluente – UASB**. Revista da Faculdade de Tecnologia e Ciências - Rede de Ensino FTC, Salvador, ano 9, nº 27, set. 2011.

LIMA, H.R. P. **Fundamentos de Perfuração**. Apostila do curso de formação de engenheiros de petróleo da Petrobrás, Centro de Desenvolvimento de Recursos-Humanos Norte-Nordeste. Salvador, 2001.

LOPES, M. S. et. al. **Curvas de destilação obtidas pelo processo de destilação molecular (PEV – Ponto de Ebulição Verdadeiro)**. Campinas, 2007.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. Rio de Janeiro, 2001.

MARSH. **The 100 Largest Losses 1972-2001: Large Property Damage Losses in the Hydrocarbon-Chemical Industries**. 20. ed. Marsh's Risk Consulting Practice, 2003. In:

CROWL, D. A.; LOUVAR, J. F. **Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications**. 3. ed. Boston: Prentice Hall, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Portaria nº 422, de 26 de outubro de 2011. Disponível em: <[http://licenciamento.ibama.gov.br/Encontro%20Superintendentes%20-%20DILIC/Normativos/Portaria\\_MMA\\_422%20-%20licenciamento%20petroleo%20e%20gas%20exploracao.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Encontro%20Superintendentes%20-%20DILIC/Normativos/Portaria_MMA_422%20-%20licenciamento%20petroleo%20e%20gas%20exploracao.pdf)>. Acesso em: 30 nov 2013.

\_\_\_\_\_. **Portal Nacional de Licenciamento Ambiental**. In: Licenciamento Ambiental: Procedimentos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/portal-nacional-de-licenciamento-ambiental/licenciamento-ambiental/procedimentos>>. Acesso em: 19 set 2013a.

\_\_\_\_\_. **Portal Nacional de Licenciamento Ambiental**. In: Órgãos Licenciadores. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/portal-nacional-de-licenciamento-ambiental/%C3%B3rg%C3%A3os-licenciadores>>. Acesso em: 19 set 2013b.

\_\_\_\_\_. **Plano de Ação de Emergência – PAE**. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_p2r2\\_1/arquivos/roteiro\\_pae.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_p2r2_1/arquivos/roteiro_pae.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2013c.

MOLINARO, E. M. et. al. **Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde: volume 1**. Rio de Janeiro: EPSJV; IOC, 2009.

PARDO, J. A. G. **Metodologia para análise e gestão de riscos em pavimentos ferroviários**. Ouro Preto, 2009.

PETROBRAS. **Exploração e Produção de Petróleo e Gás**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/perfil/atividades/exploracao-producao-petroleo-gas/>>. Acesso em: 15 out 2013.

PIGOSSO, P. A. **Elaboração de procedimentos de ação emergencial em acidentes químicos nos laboratórios de ensino do curso de Engenharia Ambiental da UPF**. Passo Fundo, 2011.

RIAZI, M. R. **Characterization and properties of petroleum fractions**. 1<sup>st</sup> ed. 2005. In:

PANTOJA, P. A. **Caracterização do petróleo por técnicas espectroscópicas e sua utilização na avaliação e desenvolvimento de métodos de inferência em processo de refino**. São Paulo, 2010.

REUTERS. Julgamento da BP sobre vazamento no Golfo do México começa nesta segunda. **Jornal O Globo**, Rio de Janeiro, 25 fev. 2013. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/julgamento-da-bp-sobre-vazamento-no-golfo-do-mexico-comeca-nesta-segunda-7667562>>. Acesso em: 16 nov. 2013.

SCHECHTMAN, R. **Análise de Risco Ambiental em Atividades de Exploração (Perfuração) e Produção de Petróleo**. Rio de Janeiro, 2006.

SZKLO, A. S. **Fundamentos do refino de petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de engenharia do petróleo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2001. In: SCHAFFEL, S. B. **A questão ambiental na etapa da perfuração de poços marítimos de óleo e gás no Brasil**. Rio de Janeiro, 2002.

THOMAS, J. E. et al. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2004.

TURTON, R. et. al. **Analysis, synthesis, and design of chemical process**. 4. ed. Prentice Hall, 2012.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). Instituto de Química. **Manual de Segurança**. São Paulo, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). UFRJ inaugura complexo de laboratórios. **UFRJ**, Rio de Janeiro, 29 jun 2004. Disponível em: [http://www.ufrj.br/detalha\\_noticia.php?codnoticia=1290](http://www.ufrj.br/detalha_noticia.php?codnoticia=1290). Acesso em: 19 nov 2013.

US COAST GUARD (USCG). **Deepwater Horizon on fire**. 2010. In: CENTRE DE DOCUMENTATION, DE RECHERCHE ET D'EXPÉRIMENTATIONS SUR LES POLLUTIONS ACCIDENTELLES DES EAUX (CEDRE). **Deepwater Horizon**. Disponível em: <[http://www.cedre.fr/en/spill/deepwater\\_horizon/deepwater\\_horizon.php](http://www.cedre.fr/en/spill/deepwater_horizon/deepwater_horizon.php)>. Acesso em: 30 nov 2013.

VAZ JUNIOR, C. A. V. **Aulas de Segurança de Processos**. In: Aula – Gerenciamento de Risco. Disponível em: <<http://www.eq.ufrj.br/docentes/cavazjunior/>>. Acesso em: 15 out 2013.

ZAMBOM, R. A. et. al. **Projeto do Laboratório de Análises Físico-Químicas de Petróleo da UNIFEI levando em consideração as boas práticas laboratoriais**. Revista P&D em Engenharia de Produção, Itajubá, nº 08, nov. 2008.