

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CAMPO DE SMS**

**RENATO B. BINOTTI A. DE ARAUJO**

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP) EM  
UMA PLANTA TÍPICA DE PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO**

**VITÓRIA**  
**2015**

**Renato B. Binotti A. de Araujo**

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP) EM  
UMA PLANTA TÍPICA DE PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO**

Monografia apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Curso de Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia de Campo de SMS para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Campo de SMS.

Orientador: Prof. M. Sc. Eros Braga Albergaria

**VITÓRIA  
2015**

**RENATO B. BINOTTI A. DE ARAUJO**

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP) EM  
UMA PLANTA TÍPICA DE PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO**

Monografia apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Curso de Pós Graduação Lato Sensu em Engenharia de Campo de SMS para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Campo de SMS.

Vitória, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. M. Sc. Eros Braga Albergaria**  
**ORIENTADOR**

---

**Prof. D. Sc. Daniel Rigo**  
**EXAMINADOR**

## RESUMO

A indústria do petróleo trabalha com atividades que envolvem produtos perigosos que tem o potencial de causar acidentes ambientais, principalmente em sua cadeia produtiva, sendo necessária a utilização de ferramentas que auxiliem no gerenciamento dos riscos. Este trabalho teve o intuito de melhor avaliar uma das ferramentas mais utilizadas no processo de análise de riscos, a metodologia Análise Preliminar de Perigos (APP), para posteriormente fazer uma aplicação prática na atividade de processamento primário. A metodologia utilizada foi a de pesquisa exploratória, utilizando-se da consulta em materiais acadêmicos disponíveis tanto em meio digital, como em meio físico. Conclui-se após o exemplo prático, que o método aqui utilizado é essencial em um sistema de gestão de riscos, porém, trata-se de uma etapa inicial, que deve ser aprofundada e complementada através de outras ferramentas de análise de riscos.

**Palavras chave:** Risco, petróleo, Análise Preliminar de Perigos.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
APP	Análise Preliminar de Perigos
APR	Análise Preliminar de Riscos
BP	<i>British Petroleum</i>
CEDRE	<i>Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux</i>
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DNV	<i>Det Norske Veritas</i>
OGP	<i>International Association of Oil &amp; Gas Producers</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PAEA	Plano de Atendimento a Emergências Ambientais
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
PHA	<i>Preliminary Hazard Analysis</i>
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SMS	Saúde, Meio Ambiente e Segurança
SRA	<i>Society of Risk Analysis</i>
TOG	Teor de Óleos e Graxas
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	6
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>8</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>10</b>
4.1	INDÚSTRIA DE PETRÓLEO	10
4.1.1	<b>A etapa de processamento primário</b>	<b>11</b>
4.2	ACIDENTES AMBIENTAIS E RISCOS AMBIENTAIS	15
4.3	GESTÃO AMBIENTAL	19
4.4	GESTÃO E ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS	20
4.4.1	<b>Método Análise Preliminar de Perigos (APP)</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP) EM UMA PLANTA DE PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO</b>	<b>24</b>
5.1	METODOLOGIA DE UTILIZAÇÃO	24
5.2	APLICAÇÃO DO EXEMPLO PRÁTICO	25
5.2.1	<b>Identificação dos possíveis cenários acidentais</b>	<b>25</b>
5.2.2	<b>Classificação dos cenários acidentais com a matriz de risco</b>	<b>27</b>
5.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS	39
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>42</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria do petróleo é sem dúvida um setor capaz de causar impactos ambientais desde o início de sua cadeia produtiva com a exploração do poço, até o final com o consumo de seus produtos porém, ela é essencial para o modelo de vida adotado pela grande maioria da população mundial nos dias de hoje. Perante a essa contradição entre os impactos positivos e os impactos negativos, é notável o esforço feito por essa indústria ao longo dos últimos anos, para que os negativos sejam evitados ou pelo menos minimizados.

Foi à partir da década de 80, com a publicação pela Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, do relatório Brundtland, que o tema da sustentabilidade começou a entrar em discussão no mundo dos negócios, em especial na indústria do petróleo, através da pressão de variadas entidades interessadas no desempenho ambiental das empresas como: acionistas, consumidores, órgãos governamentais, mídias e grupos ambientais (VARELA; MILONE, 2014).

Assim sendo, percebe-se, de uns tempos para cá, uma busca contínua em atingir um maior equilíbrio entre a preservação ambiental e o desempenho econômico, usando, dentre outros recursos, ferramentas que permitem a identificação, caracterização e gestão dos possíveis riscos ambientais causados pelas atividades industriais.

No caso da indústria do petróleo, torna-se fundamental a utilização das ferramentas para a identificação dos riscos de acidentes ambientais associados às suas atividades, principalmente para atuação no conceito preventcionista, uma vez que, caso não controlados, esses riscos tem o potencial de causar acidentes com consequências catastróficas.

Se faz necessário, também, para algumas atividades dentro da cadeia produtiva com potencial alto de causar impactos ambientais, o uso da análise de risco como ferramenta que possa complementar os estudos de análise de impactos ambientais, quantificando e/ou qualificando os riscos ambientais associados, garantindo um sistema de gerenciamento de riscos eficaz, que possa controlar as possibilidades de ocorrência de acidentes ambientais (KIRCHHOFF, 2004).

Diante da importância das ferramentas de análise riscos na prevenção de acidentes ambientais, e diante o fato de que o risco está cada vez mais inserido dentro da gestão ambiental das empresas, este estudo se propõe a fazer uma avaliação da metodologia Análise Preliminar de Riscos (APR), também conhecida como Análise Preliminar de Perigos (APP), uma das principais técnicas utilizadas em sistemas de gestão de riscos, para posterior aplicação em uma planta típica de processamento primário de petróleo.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os riscos ao meio ambiente existentes na indústria do petróleo, mais especificamente em uma planta típica de processamento primário de petróleo com separação bifásica.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho teve como objetivos específicos os seguintes:

- Conhecer a metodologia Análise Preliminar de Riscos (APR), também chamada de Análise Preliminar de Perigos (APP);
- Entender e mapear as atividades comuns a uma planta típica de processamento primário de petróleo;
- Aplicar e avaliar a metodologia de análise de riscos escolhida nas atividades da planta de processamento primário de petróleo que apresentem riscos ao meio ambiente.

### **3 METODOLOGIA**

O tema proposto neste trabalho é amplamente estudado, e a ferramenta analisada é amplamente difundida tanto no meio acadêmico como no campo prático, portanto, para desenvolvimento deste e atendimento aos objetivos, foi feita uma vasta análise no referencial teórico, além de entrevistas com o orientador para absorção da experiência prática de campo.

Diante disso, pode-se considerar que este trabalho se baseou na pesquisa do tipo exploratória e, segundo Gil (2007 apud Gerhardt; Silveira, 2009), este tipo de pesquisa visa um maior entendimento do problema abordado, sendo que a maioria dessas pesquisas envolve o levantamento bibliográfico; as entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e a análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Como forma de levantamento bibliográfico utilizou-se de arquivos disponíveis em meio digital, encontrados em sítios especializados em busca de arquivos acadêmicos, e de forma a complementar e reforçar o conteúdo dos arquivos digitais, foram consultados livros acadêmicos e manuais sobre o tema abordado.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 INDÚSTRIA DE PETRÓLEO

Variados estudos identificam a presença do petróleo nas atividades humanas desde sociedades mais antigas e menos desenvolvidas. De acordo com Thomas (2004 apud Soares, 2013), na antiga Babilônia, por exemplo, os tijolos eram assentados com asfalto e o betume era amplamente utilizado pelos fenícios na calafetação de embarcações, fato recorrente até dias atuais. Para os egípcios o recurso era utilizado na pavimentação de estradas, foi usado na construção das pirâmides, e também para embalsamar mortos; já os gregos e os romanos o utilizavam para fins bélicos.

Nas sociedades mais modernas, como a que vivemos, o petróleo, além de diversas utilidades, constitui-se na principal matriz energética do mundo, sendo essencial para desenvolvimento das atividades econômicas. Neste sentido, Salvador e Marques (2004 apud Soares, 2013), revelam que o petróleo, o gás e o carvão continuarão sendo os principais meios para suprir essa demanda desenvolvimentista, representando 90% da energia consumida no mundo.

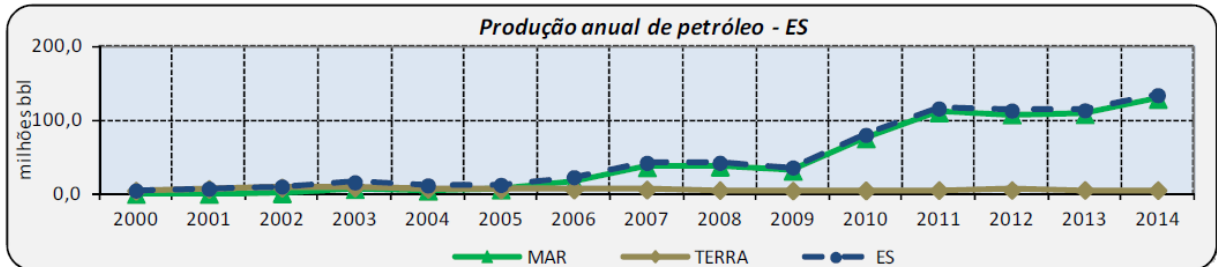
Segundo SEBRAE (2007 apud Costa, 2012), o primeiro registro de descoberta de petróleo no Brasil data de 1939, no poço terrestre DNPM-163, em Lobato, bairro da periferia de Salvador, Estado da Bahia. Ainda de acordo com o mesmo autor, este poço, ainda que considerado antieconômico, incentivou a produção de petróleo no Recôncavo Baiano, “resultando na descoberta da primeira acumulação comercial de petróleo do país, o Campo de Candeias, em 1941”.

No estado do Espírito Santo, as primeiras atividades petrolíferas podem ser consideradas recentes, tendo seu início por volta do ano de 1957, com a realização das primeiras atividades da Petrobras, através de levantamentos geofísicos em terras capixabas, mas somente nos anos 2000 é que o Estado começou a se destacar, a partir das novas descobertas realizadas, se tornando a segunda maior província petrolífera do país no ano de 2007, ficando atrás apenas do Estado do Rio de Janeiro (ESPÍRITO SANTO, 2013).

Ano após ano o Espírito Santo vem aumentando sua participação no cenário nacional, principalmente devido ao aumento expressivo da exploração dos campos marítimos (BDEP/ANP, 2014) e segundo o Boletim da Produção de Petróleo e Gás

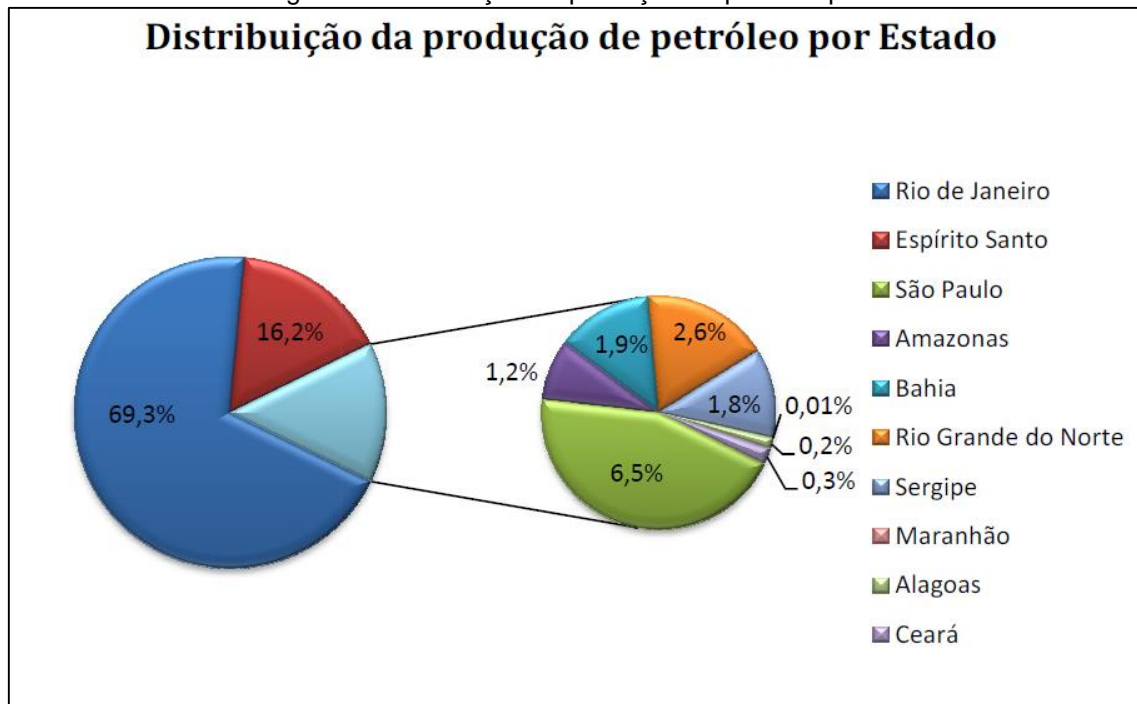
Natural, de Julho de 2014 (ANP,2014), o Estado com seus quarenta e nove poços produtores, atingiu uma produção de mais de 360 mil barris por dia, representando um pouco mais de 16% de toda a produção nacional.

Figura 1 - Gráfico do histórico de produção de petróleo no Espírito Santo



Fonte: ANP, 2014

Figura 2 - Distribuição da produção de petróleo por Estado



Fonte: ANP, 2014

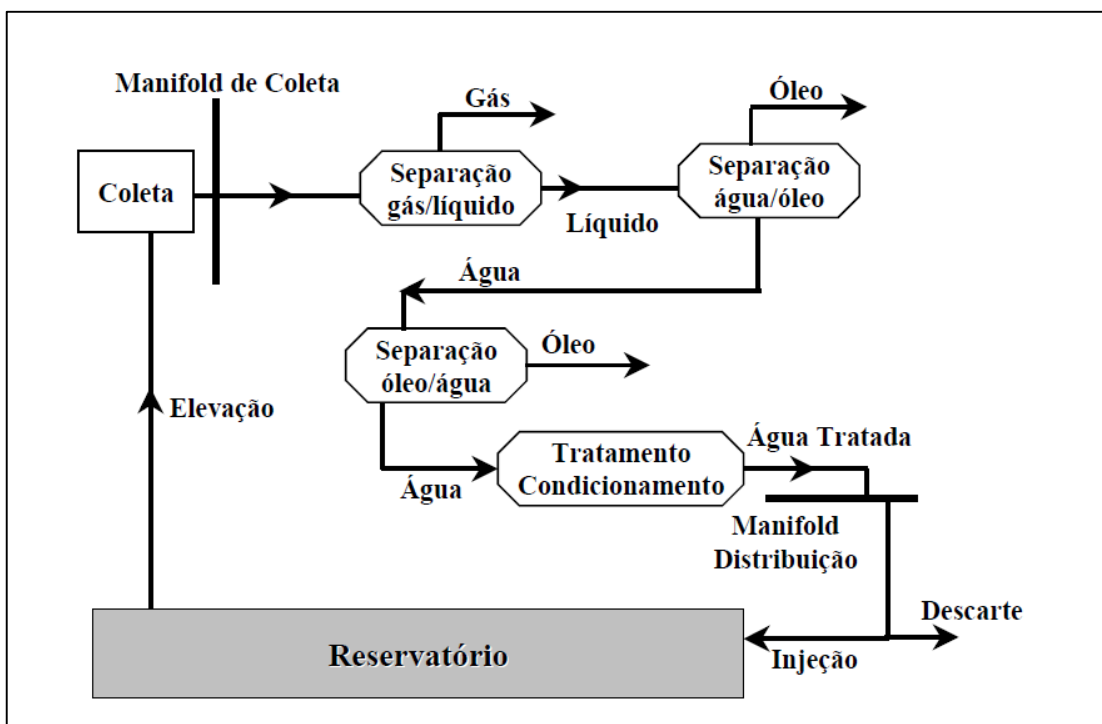
#### 4.1.1 A etapa de processamento primário

O petróleo é raramente produzido na forma de um fluido homogêneo, ocorrendo ao longo da vida do campo petrolífero a produção simultânea de óleo, gás, água e contaminantes (SIQUEIRA, 2012).

No reservatório de um campo produtor, o petróleo encontra-se na fase líquida oleosa, conhecida como óleo, e ao alcançar a superfície através dos *manifolds*, há o surgimento de alguns gases, que aparecem na fase de vapor, e que se encontram em equilíbrio termodinâmico com esse óleo. Além das fases líquida e gasosa, após um certo período de operação, o campo normalmente produz, também, água, seja por estar presente no reservatório, seja por ser injetada para aumentar a recuperação do petróleo (QUELHAS et al., 2012).

Como o mercado consumidor demanda por óleo e gás, após alcançar a superfície, o petróleo passa por uma etapa denominada processamento primário, para a separação desses componentes, para que posteriormente os fluidos óleo e gás separados possam ser enviados para processamentos mais complexos nas unidades de refino e a água com sal e sedimentos seja enviada para tratamento e descarte.

Figura 3 - Esquema simplificado de uma planta de processamento primário de petróleo



Fonte: PETROBRAS, 2007

Em geral, plantas de processamento primário são constituídas por um conjunto de vasos separadores em série, diferindo pelo número de estágios utilizados, dependendo da qualidade final desejada (QUELHAS et al., 2012).

Dependendo do tipo de fluidos produzidos num campo petrolífero e da viabilidade técnico-econômica, a planta de processamento primário pode ter um grau de complexidade variável. As mais simples realizam apenas a separação gás/óleo/água, enquanto que as complexas incluem o condicionamento e compressão do gás, tratamento e estabilização do óleo, e o tratamento da água para descarte ou reinjeção (THOMAS, 2004 apud SIQUEIRA, 2012)

Após uma separação primária das correntes de fluidos produzidos, ocorre o tratamento individual das fases gás, óleo e água a fim de se atingir as especificações necessárias à comercialização do óleo e gás e as especificações ambientais para o descarte da água (PETROBRAS, 2007).

Tabela 1 – Parâmetros dos fluidos após o processamento primário

CORRENTE	PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO
Gás	Teor de água	máx. 3 a 5 lb/Mscf (na BR: 2lb/Mscf)
	Teor de H <sub>2</sub> S	máx. 10 a 15 ppm
	Teor de inertes, CO <sub>2</sub>	máx. 4% vol (na BR: 2%vol.)
Óleo	BS&W Refino: máx. 1% vol Exportação: máxi. 0,5% vol	BS&W Refino: máx. 1% vol Exportação: máxi. 0,5% vol
	Teor de sais Refino: máx.: 570 mg/L (em NaCl)	Teor de sais Refino: máx.: 570 mg/L (em NaCl)
		Exportação: máx. 285 mg/L (em NaCl)
Água produzida	TOG	Máx. 20 ppm
	Temperatura	Máx. 40°

Fonte: PETROBRAS, 2007

#### 4.1.1.1 Separação dos fluidos

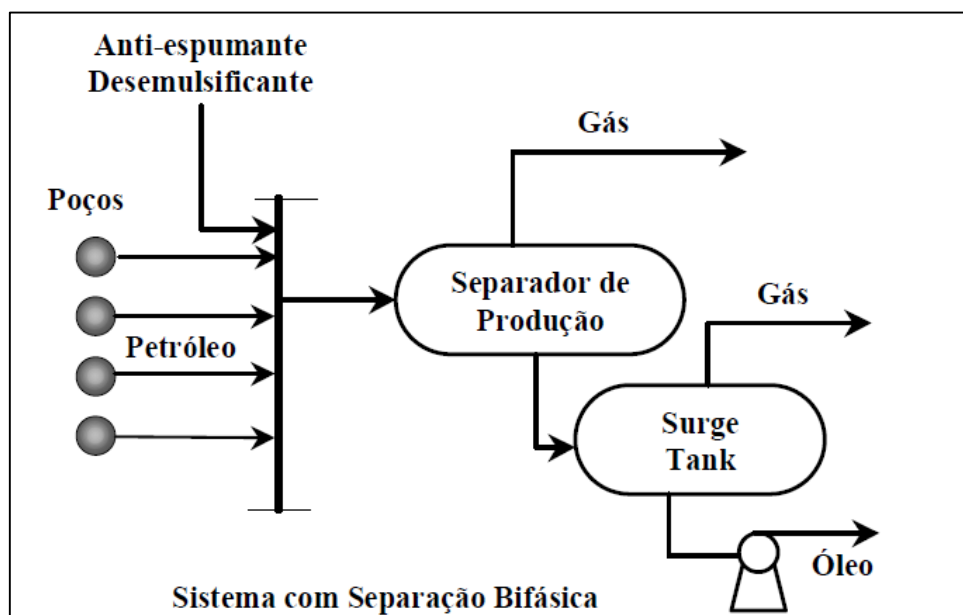
A planta, considerada neste estudo, é uma planta de processamento primário de petróleo e gás menos complexa, que como mencionado anteriormente, consiste apenas na separação das fases água, óleo e gás.

Essa separação é realizada com o auxílio de equipamentos como vasos separadores que, dependendo da quantidade relativa das fases presentes no fluido,

podem ser bifásicos ou trifásicos, atuando em série ou paralelo, orientados vertical ou horizontalmente (SANT'ANNA, 2005 apud CAMPOS, 2012)

Uma planta típica de processamento primário com separação do tipo bifásica, objeto de análise desse estudo, pode ser considerada mais simples, obedecendo ao fluxograma exemplificado na figura a seguir, onde há a presença de coletores de produção, separador de teste, separadores bifásicos de produção, tanques acumuladores e dutos de exportação.

Figura 4 - Planta típica de processamento primário com separador bifásico



Fonte: PETROBRAS, 2007

De forma simplificada, um separador é composto por quatro seções, sendo elas: seção de separação primária, de acumulação (ou de coleta de líquido), de separação secundária (ou de decantação) e de aglutinação.

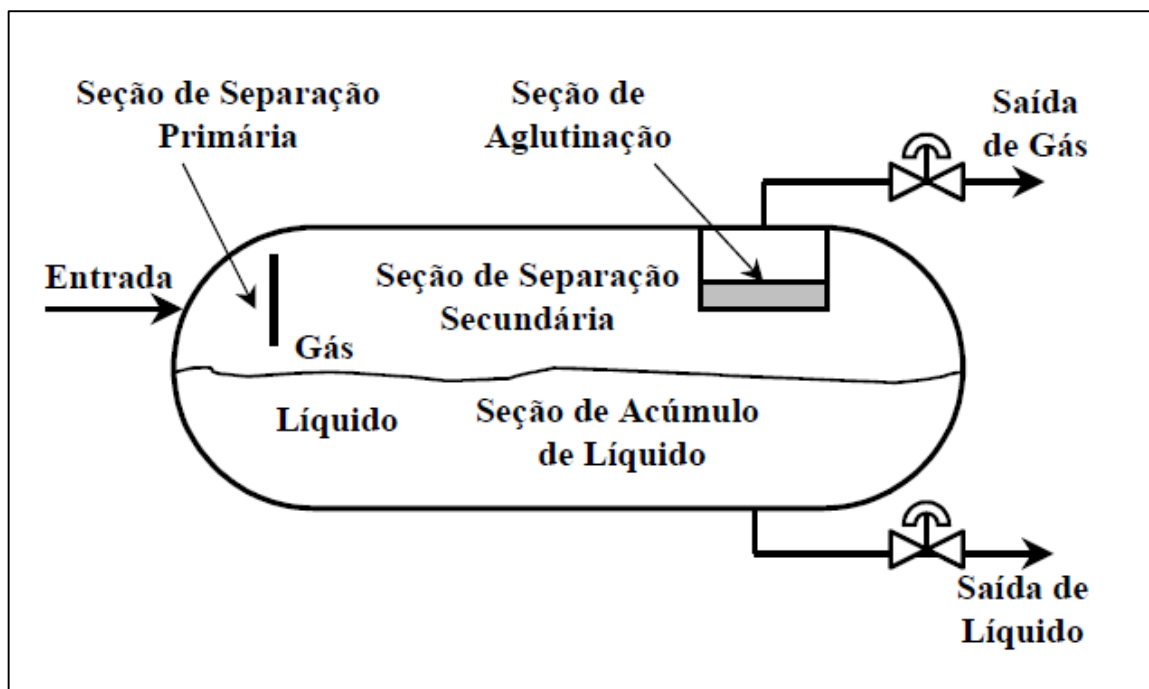
Segundo Petrobras (2007), o funcionamento de um separador típico se dá da seguinte maneira.

Na seção de separação primária, há uma mudança de velocidade e direção do fluxo do fluido, devido ao choque com dispositivos defletores, com isso, o líquido segue para o fundo do tanque, na seção de acumulação, e o gás, por diferença de densidade separa-se, indo para a parte superior.

O gás separado fica na seção de separação secundária, onde gotículas maiores de líquido se separam por meio de decantação.

Já na seção de aglutinação, caso ainda haja a presença, gotículas menores de líquido são separadas do fluxo gasoso através de meios porosos, que facilitam a coalescência e a decantação, então, o gás sai pela válvula de descarga superior, controlada através de um regulador de pressão, e o líquido sai pela válvula de descarga inferior, controlada por um controlador de nível.

Figura 5 - Esquema simplificado de um separador bifásico



Fonte: PETROBRAS, 2007

## 4.2 ACIDENTES AMBIENTAIS E RISCOS AMBIENTAIS

Conforme visto em itens anteriores, apesar da extrema importância da indústria de petróleo para a sociedade moderna, pode-se dizer que a imagem da mesma é manchada tanto pelo risco associado às suas atividades, quanto pelo histórico de acidentes, com impactos ambientais significativos, que ocorreram desde o princípio da utilização desse recurso natural.

Os principais impactos da atividade petrolífera estão relacionados ao risco de acidentes e derramamento de óleo; vazamentos; desastre ecológico; poluição ambiental; degradação ambiental; desmatamento; impacto sobre ecossistemas marinhos e terrestres; alteração dos ecossistemas vizinhos; poluição de praias, de



costões rochosos, de manguezais, de águas oceânicas, dos rios; poluição do ar; estresse ambiental, dentre outros. (SILVA, 2008 apud SOARES, 2012).

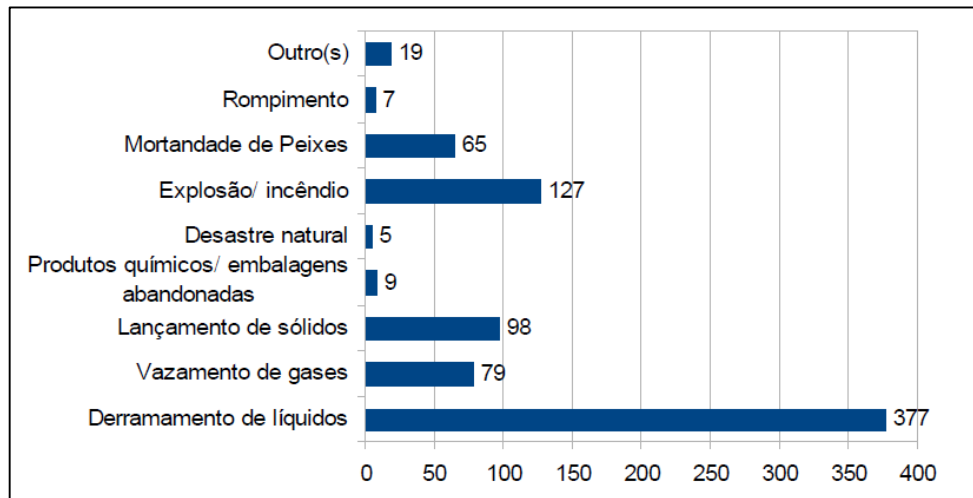
Os derramamentos de óleo nas atividades petrolíferas são bastante comuns, entretanto, a maior parte deles é de pequenos volumes, rapidamente contidos e que, por isso, não são amplamente divulgados (GOMES, 2014). Segundo dados do estudo anual da International Association of Oil and Gas Producers – OGP (OGP, 2012b apud GOMES, 2014), de um total de 6.996 derramamentos, cerca de 60% foram de volumes inferiores a um barril de petróleo (159 litros). Ainda de acordo com o mesmo estudo, esses acidentes são mais comuns nas atividades *onshore* do que nas atividades *offshore*, sendo que em 2011, 83% dos vazamentos de óleo reportados ocorreram em terra, enquanto que apenas 7% ocorreram no mar.

Um derrame pode, então, provocar uma série de impactos, dentre eles alterações físicas e químicas dos habitats naturais, resultante, por exemplo, da incorporação do óleo ao sedimento, recobrimento físico da fauna e flora, efeitos letais ou sub-letais nos organismos, e mudanças nas comunidades biológicas resultantes dos efeitos do óleo sobre organismos-chave. (DICKS, 1998 apud SILVA, 2004).

Ao longo da história da indústria do petróleo, vários acidentes ambientais foram registrados, sendo a maioria envolvendo vazamentos e/ou derramamentos de óleo. Segundo a reportagem vinculada na revista EXAME (2010), nos últimos 70 anos, mais de 80 episódios lançaram nos mares e oceanos cerca de 7,4 bilhões de litros de petróleo.

De acordo com os dados com os dados contidos nos relatório de acidentes ambientais do IBAMA (2014), no período de 2006 a 2013, foi registrado um total de 3.970 eventos caracterizados como acidentes ambientais, sendo a região Sudeste, onde está a maior parte da atividade industrial brasileira, responsável por mais de 60% desse total registrado. Dentre esses acidentes ambientais, a maioria dos eventos é classificada como Derramamento de líquidos e Explosão/Incêndio, eventos esses diretamente ligados à indústria do petróleo, desde o início até o final de sua cadeia produtiva.

Figura 6 - Quantitativo de acidentes ambientais registrados em 2013



Fonte: IBAMA, 2014

O CEDRE (Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux) reporta a ocorrência de 157 acidentes entre 1970 e 2012 envolvendo derramamento de hidrocarbonetos (CEDRE, 2012 apud COSTA, 2012), dos quais 58 ocorreram entre 2000 e 2012. Embora este seja um dos maiores bancos de dados consolidado para informações para derramamentos de petróleo e de substâncias químicas, há ausência de informação sobre diversos derramamentos, como os ocorridos no Brasil em 2000 e 2011, por exemplo (COSTA, 2012).

A Lei 9.966/00 (Lei do Petróleo) estabelece em seu Art. 2º, XIV., o conceito de incidente, como “qualquer descarga de substância nociva ou perigosa, decorrente de fato ou ação intencional ou acidental que ocasione risco potencial, dano ao meio ambiente ou à saúde humana (SOARES, 2013)

A partir desse conceito, a Agência Nacional do Petróleo (ANP) elabora um relatório com o desempenho de segurança das operações de exploração e produção de petróleo.

Ao analisar o relatório elaborado pela ANP, no ano de 2013, verifica-se que a agência conclui que grande parte dos incidentes com potenciais de danos ao meio ambiente estão relacionados à falta de identificação e análise de riscos, ou ainda devido à má utilização dessas ferramentas.

Na tabela a seguir são apresentados os resultados da série histórica de incidentes reportados à Agência, deixando em evidência os que tem risco potencial de causar dano ao meio ambiente.

Tabela 2 – Classificação dos incidentes reportados com riscos potenciais ao meio ambiente

TIPO	ANO					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Descarga ou vazamento de petróleo e derivados	59	101	86	79	109	89
Descarga ou vazamento de água oleosa	02	07	24	95	34	21
Descarga ou vazamento de fluido de perfuração	05	15	27	42	33	35
Explosão e/ou incêndio	02	05	11	50	79	85

Fonte: ANP, 2013

Segundo ETKIN (2010), apesar do aumento do volume de óleo explorado, nos últimos 20 anos a frequência e o volume total derramados tem diminuído drasticamente no mundo todo, principalmente por conta das legislações e técnicas mais duras, aplicadas à indústria logo após o acontecimento dos acidentes de maiores impactos e repercussões.

Mesmo tendo sido reduzido, o derrame de óleo causado acidentalmente ainda é considerado como um dos acidentes mais significativos em termos de poluição ambiental, por estar normalmente associado à grandes volumes de óleo derramado, que podem causar danos significativos, tanto sociais, quanto econômicos, e principalmente ambientais.

Segundo a CETESB, no Brasil, o primeiro registro refere-se a um vazamento estimado de 66.530 m<sup>3</sup>, ocorrido após a explosão e consequente afundamento do navio *Sinclair Petrolore*, próximo à Ilha de Trindade (ES), no ano de 1960.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a ocorrência de maior repercussão no Brasil foi o rompimento do oleoduto na Baía da Guanabara, no ano 2000, com vazamento de 1.300 m<sup>3</sup> de óleo combustível marítimo, causando a contaminação de praias, costões, manguezais, unidades de conservação e patrimônio histórico. Houve mortandade de aves aquáticas, crustáceos e impactos negativos às atividades da pesca, do extrativismo e do turismo.

Dentre os acidentes significativos, que tiveram repercussões internacionais, destaca-se o ocorrido no Golfo do México, na plataforma *Deepwater Horizon*, a serviço da empresa *British Petroleum*. Considerado o maior acidente já ocorrido nos Estados

Unidos, onde foram derramados, aproximadamente 4,9 milhões de barris de petróleo, e causando o óbito de 11 trabalhadores.

Segundo PIRES (2012), no acidente da plataforma *Deepwater Horizon* foi utilizada a análise de árvore de causas para definir e avaliar vários cenários, modos de falha e possíveis contribuintes, sendo identificados os pontos chaves para a causa do acidente. Esses pontos, juntos, permitiram que o acidente em questão tivesse as proporções que teve, não havendo um evento único ou determinante para a sequência de eventos que ocorreram.

Diante desses cenários de acidentes ambientais envolvendo as atividades da cadeia produtiva do petróleo, a imagem desse tipo de indústria está fortemente atrelada à poluição, e caracterizada como uma indústria degradadora. Portanto, cada vez mais se faz necessária uma gestão integrada bem estruturada em todo o setor, composta de um bom sistema de gestão ambiental, composto também por um eficaz sistema de análise de riscos, tema este foco do trabalho aqui apresentado.

#### 4.3 GESTÃO AMBIENTAL

Frysinger (2001 apud Chaib, 2005) afirma que as questões relativas ao meio ambiente devem ser tratadas pelas empresas de forma diferenciada, seja por poderem resultar em sanções financeiras por descumprimento às inúmeras leis aplicadas ao tema, seja por agregarem valor ao produto e a imagem da organização. Ainda sobre essa ótica diferenciada que as empresas devem dar às questões de meio ambiente, Molina (2005) reforça que a não adoção de um sistema de gestão ambiental pelo empreendedor, invariavelmente pode vir a acarretar no aumento de custos; redução de lucros; perda de posição no mercado e, na aplicação de penalidades administrativas

Antes de mais nada, é importante salientar que sistemas de gestão ambiental genéricos, que não se adequam as variadas nuances e especificidades de cada empresa, e que buscam apenas agradar auditores e obter uma, ou várias, das certificações existentes no mercado, não só não servem para gerir as atividades que possam causar possíveis impactos ambientais, como acabam sendo vistos como inúteis pelas diversas partes envolvidas, perdendo a principal força do sistema, que é colaboração do fator humano.

Portanto, pode-se entender como sistema de gestão ambiental adequado, aquele em que a empresa avalia os aspectos e impactos ambientais decorrentes de suas atividades e posteriormente aplica a eles esforços administrativos e operacionais para eliminar, reduzir, controlar ou mitigar os danos que possam ser causados ao meio ambiente.

Já a norma internacional ISO 14.001, que trata sobre os requisitos para uso do Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), publicada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define o tema basicamente como uma parte do sistema gestão de uma organização, dotado de um conjunto de elementos inter-relacionados utilizados para gerenciar os aspectos ambientais.

Assim, a adoção de um modelo de gestão, especialmente para a indústria do petróleo, devido ao seu potencial poluidor, vem se tornando imprescindível, na medida em que a variável ambiental está passando a ser considerada como parte integrante do negócio de petróleo (MOLINA, 2005).

Dentre as ferramentas de um bom sistema de gestão ambiental, Epelbaum (2004, apud Barata, 2007) aponta a análise de risco como uma das mais eficientes, em paralelo a outras como, auditorias, indicadores ambientais, indicadores de desempenho, avaliação de impacto ambiental, gestão ambiental de fornecedores e educação ambiental.

Desta maneira, fica claro, e é essencial que o tema meio ambiente deve ser tratado nas empresas com uma abordagem preventcionista para evitar a poluição e, nesse sentido, a análise de risco está cada vez mais ganhando espaço nos sistemas de gestão ambiental.

#### 4.4 GESTÃO E ANÁLISE DE RISCOS AMBIENTAIS

A análise de risco pode ser definida como um processo composto por basicamente três elementos: avaliação de risco, gerenciamento de risco e comunicação de risco (CODEX, 2013 apud Júnior; Cutrim, 2013). Essa definição se aproxima da utilizada pela SRA (*Society of Risk Analysis* – Sociedade de Análise de Risco), em que a análise de risco engloba a avaliação de riscos, a caracterização do risco, a comunicação do risco, o gerenciamento do risco e as políticas relativas ao risco (JÚNIOR; CUTRIM, 2013).

Em outras áreas, a análise de risco já é bem estabelecida com uma ferramenta de gestão usada para lidar com as incertezas, mas nos últimos tempos vem sendo inserida também como uma ferramenta para evitar danos ambientais, principalmente pelas agências ambientais, devido a tendência de se evitar, não só a poluição crônica, mas também a poluição causada por acidentes e/ou emergências ambientais.

A indústria do petróleo, por lidar com produtos perigosos, que tem potencial de risco elevado, e, ainda, por utilizar máquinas, equipamentos e mão de obra humana, que são susceptíveis a falhas, é um segmento industrial onde a análise de riscos é essencial, e tem sido utilizado de forma ampla em suas atividades.

Segundo Molina (2005), as exigências cada vez maiores dos órgãos governamentais, principalmente através da pressão popular e da mídia, vem fazendo com que indústrias, como a do petróleo, adotem soluções cada vez melhores visando a melhoria de seu desempenho ambiental, com o fim último de gerenciamento dos riscos tecnológicos ambientais.

Um sistema de gestão de riscos deve estar pautado na prevenção, incluindo ações, pessoal e recursos, que possam antecipar acidentes ambientais ou com trabalhadores, e, para tanto, se faz necessária a identificação e avaliação dos perigos para controle dos riscos, evitando danos ao meio ambiente, ao patrimônio ou às pessoas.

É de consenso na literatura que o gerenciamento de riscos é uma área com termos conflitantes, e há uma necessidade amplamente reconhecida para uma reflexão crítica de suas definições, conteúdo de núcleo, princípios e regulamentações (AVEN, 2011 *apud* FEKETE, 2012, *apud* JÚNIOR; CUTRIM, 2013).

Diante necessidade, e diante das inúmeras interpretações para os diversos conceitos aplicados nessa área, se faz necessário aqui explicitar a definição que será utilizada neste trabalho para os termos “perigo” e “risco”, para que haja uma melhor aplicação da ferramenta de análise de risco a ser utilizada.

Entende-se como perigo a característica da atividade ou substância, passível de causar algum tipo de dano, e risco como o potencial ou probabilidade, que essa atividade ou substância perigosa tem de causar consequências indesejadas (DNV, 2006).

Ainda segundo o DNV (2006), pode-se entender que o potencial de ocorrência expressa o elemento de incerteza inerente ao conceito risco e, portanto, que a única forma de eliminar o risco, ou a incerteza, é eliminando a fonte causadora, que é o

perigo. Como essa eliminação, no cenário prático, na maioria das vezes é inviável seja pelo fator econômico, seja pelo fator tecnológico ou, como no caso da indústria do petróleo, por não ser possível fazer a substituição dos produtos perigosos, que são matérias primas essenciais ao processo produtivo. Faz-se o uso de ferramentas de análise de risco que possam avaliar se esse risco está dentro de um padrão aceitável, ou se há necessidade de melhorias na segurança dos processos.

A realização de uma análise de riscos ambientais tem por objetivo a identificação dos possíveis cenários acidentais seus respectivos desdobramentos, através da avaliação das consequências ao meio ambiente, visando a proposição de medidas de mitigação dos riscos para níveis aceitáveis e para seu gerenciamento (PETROBRAS, 2012).

Neste trabalho escolheu-se a Análise Preliminar de Riscos (APR), também conhecida como Análise Preliminar de Perigos (APP), pelo motivo de ser talvez a técnica mais utilizada por variados setores industriais, incluindo a indústria do petróleo, tanto nacionalmente, quanto internacionalmente, e por ser uma ferramenta que serve como subsídio para aplicação de outras mais complexas.

#### **4.4.1 Método Análise Preliminar de Perigos (APP)**

A metodologia em questão surgiu nos Estados Unidos da América, desenvolvida pelo Departamento de Defesa, para ser usado nos programas militares de segurança, onde é chamada de *Preliminary Hazard Analysis* (PHA), e portanto, numa tradução livre deveria ser chamada no Brasil de Análise Preliminar de Perigos (APP), porém, é mais comumente conhecida como Análise Preliminar de Riscos (APR). Por ser o termo original, será utilizado o primeiro termo, daqui em diante, para se referir a ferramenta em questão, neste trabalho.

O método da APP pode ser considerado simples quanto a aplicação e visualização dos resultados, e a busca da falha depende, fundamentalmente, dos critérios de referência, do julgamento do analista e do detalhamento aplicado a investigação. Sua operabilidade se desenvolve de forma qualitativa, onde as informações objetivam a resolução dos problemas levantados (BARRETTO, 2008).

Essa técnica é bastante difundida e utilizada, preferencialmente, em projetos novos, porém, por ser uma metodologia simples e por ser usada para investigação e

análise crítica para evitar possíveis acidentes, também vem sendo bastante aplicada em atividades em operação que lidam com produtos perigosos.

A APP é aplicada para uma análise inicial qualitativa, desenvolvida na fase de projeto e de processo, produto ou sistema, com especial importância para investigação de novos sistemas de alta inovação ou pouco conhecidos, isto é, quando a experiência em riscos na operação é deficiente. Além das características básicas de análise inicial, torna-se útil também como uma ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas já operacionais, mostrando aspectos que poderiam passar despercebidos (FARIA, 2011 apud HOLLEBEN; CATAI; AMARILLA, 2012).

A APP deve focalizar todos os eventos perigosos cujas falhas tenham origem na instalação em análise, contemplando tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, de instrumentos e de materiais, como erros humanos. Na APP devem ser identificados os perigos, as causas e os efeitos (consequências) e as categorias de severidade correspondentes, bem como as observações e recomendações pertinentes aos perigos identificados, devendo os resultados serem apresentados em planilha (CETESB, 2003).

As vantagens da utilização dessa metodologia são que, além de ser uma ferramenta simples, que pode ser aplicada por um profissional e/ou equipe que tenha o mínimo de conhecimento do método e dos processos analisados, ainda é eficiente na revisão dos procedimentos de segurança e identificação dos riscos de cada atividade ou sistema. Porém, por não ser uma técnica aprofundada, normalmente é utilizada como subsídio para aplicação de outras metodologias mais complexas.



## **5 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP) EM UMA PLANTA DE PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO**

Para fins de aplicação da ferramenta, utilizou-se a metodologia presente na Apostila do “Curso sobre estudo de análise de riscos e programa de gerenciamento de riscos” desenvolvida pela empresa DNV (DNV, 2006) e utilizada pelo Ministério de Meio Ambiente do Governo Federal do Brasil, que foi adaptada ao cenário utilizado.

A metodologia dessa apostila será descrita no item a seguir de forma objetiva, para que posteriormente possa ser feito um exemplo prático de aplicação em uma planta típica de processamento primário.

### **5.1 METODOLOGIA DE UTILIZAÇÃO**

O escopo da APP abrange todos os eventos perigosos da instalação analisada, incluindo falhas intrínsecas de componentes ou sistemas e eventuais erros operacionais e/ou de manutenção. A partir disso são levantadas causas e consequências de cada evento, para que por final seja feita uma avaliação qualitativa da frequência, severidade e do risco associado. Todos os passos citados são registrados em uma planilha específica.

Para preenchimento da planilha para realização da APP devem ser seguidos os seguintes passos:

- Subdivisão da instalação em diversos módulos;
- Definição das fronteiras do sistema;
- Determinação dos produtos perigosos existentes no sistema e suas condições de processo e/ou estocagem;
- Preenchimento das planilhas de APP em reuniões da equipe de análise.

A planilha de APP sugerida pela DNV é composta de nove colunas onde são preenchidos os itens: Perigos, que é preenchido a partir da identificação de substâncias perigosas e/ou de condições capazes de dar origem aos acidentes; Causas; Fatores atenuantes, ou salvaguardas, ou modos de detecção; Efeitos, ou consequências; Categoria de frequência; Categoria de severidade; Categoria de risco, que é o cruzamento da frequência com a severidade; Recomendações, ou observações para mitigação do risco; e Identificador do cenário de acidente.

## 5.2 APLICAÇÃO DO EXEMPLO PRÁTICO

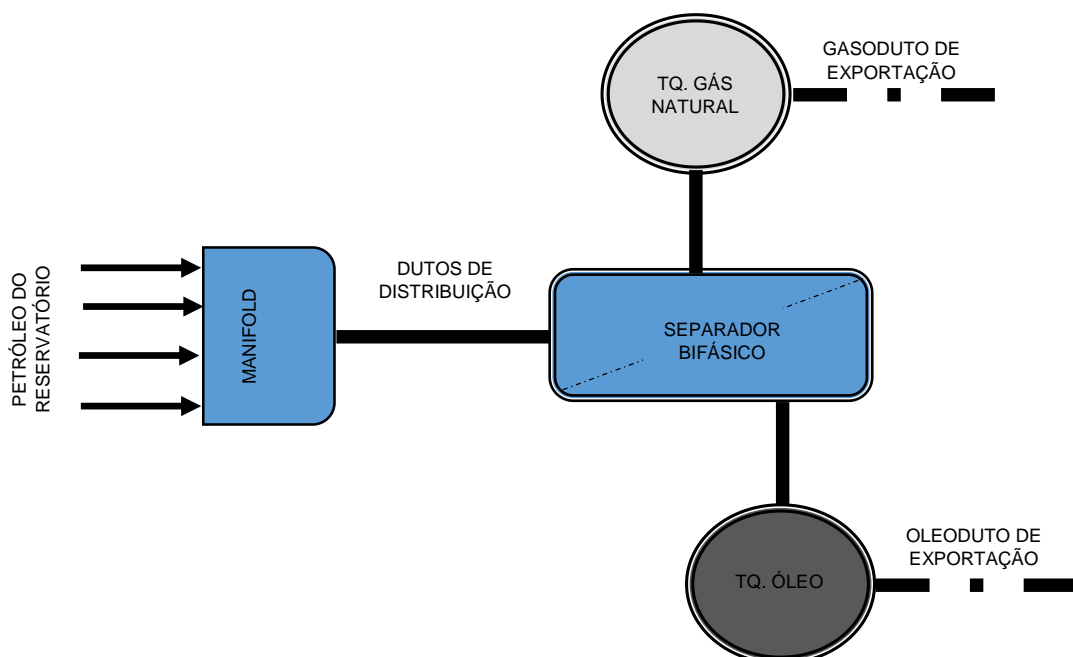
### 5.2.1 Identificação dos possíveis cenários acidentais

Como etapa inicial para aplicação da Análise Preliminar de Perigos (APP) serão formulados possíveis cenários acidentais, que possam ocorrer dentro de uma planta típica de processamento de petróleo, através da identificação dos perigos das atividades envolvidas.

Para fins de realização do exemplo prático será considerada uma planta nova onde haja o recebimento do petróleo advindo do reservatório, com posterior distribuição para o equipamento separador de fluidos e armazenamento dos produtos gerados, sendo o gás e o óleo, que finalmente são exportados para os fins que se destinam.

Portanto a planta foi dividida em: (a) área de recebimento do petróleo, onde serão avaliados o equipamento manifold de coleta e os dutos de distribuição; (b) área de separação dos fluidos, onde será avaliado o equipamento separador bifásico; e (c) área de armazenamento e exportação, onde serão avaliados o tanque de armazenamento de gás, o tanque de armazenamento de óleo, o gasoduto de exportação e o oleoduto de exportação.

Figura 7 - Desenho esquemático da planta avaliada



A partir dessas áreas e equipamentos foram identificados possíveis cenários acidentais e suas causas e os efeitos possíveis ao meio ambiente, conforme quadro a seguir.

É importante ressaltar que para formulação dos cenários acidentais, considerou-se como perigos os produtos, substâncias, atividades ou eventos do processo que pudessem causar algum tipo de dano ou acidente ambiental. Já como causas considerou-se as falhas do sistema que pudessem desencadear o evento causador do dano, e, finalmente, considerou-se como efeitos, as consequências que os cenários acidentais teriam sobre o meio ambiente, deixando claro que nesta aplicação prática não foram consideradas consequências ao patrimônio e/ou aos trabalhadores envolvidos nas atividades.

Quadro 1 - Possíveis cenários acidentais

Perigos	Causas	Efeitos
Liberação de líquido inflamável (petróleo)	Vazamento e/ou derramamento e/ou ruptura de equipamentos Falhas humanas	Contaminação do solo, Contaminação de recurso hídrico, e/ou incêndio em poça.
Liberação de gás inflamável (gás associado)	Vazamento e/ou ruptura de equipamentos Falhas humanas	Contaminação do ar, incêndio em nuvem, e/ou explosão.
Liberação de líquido inflamável (óleo)	Vazamento e/ou derramamento e/ou ruptura de equipamentos Falhas humanas Transbordamento	Contaminação do solo, Contaminação de recurso hídrico, e/ou incêndio em poça.
Liberação de gás inflamável (gás natural)	Vazamento e/ou ruptura de equipamentos Falhas humanas Aumento da pressão	Contaminação do ar, incêndio em nuvem, e/ou explosão.
Explosão de equipamento	Falhas humanas Aumento da pressão Falha de equipamento (válvulas, detectores, etc.)	Contaminação do ar, incêndio em nuvem, e/ou explosão.

Fonte: Autor

### 5.2.2 Classificação dos cenários acidentais com a matriz de risco

Após a identificação dos perigos, através da formulação dos possíveis cenários acidentais, foram classificadas as frequências e severidades, através da matriz de riscos do quadro a seguir, para se chegar a uma categoria de risco para cada evento.

Para a coluna de frequência foi utilizada uma metodologia de classificação subdivida em cinco tipos a saber:

- A – Extremamente remota: possível, porém extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da planta;
- B – Remota: Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação, apesar de haver referências históricas de ocorrência;
- C – Pouco provável: possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação;
- D – Provável: Esperado ocorrer mais de uma vez durante a vida útil da instalação;
- E – Frequente: Esperado ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação.

Assim como ocorre com a frequência, para melhor avaliação, a severidade é dividida também em sub categorias, conforme a seguir:

- I – Desprezível: Nenhum dano ou dano não mensurável;
- II – Marginal: Danos irrelevantes;
- III – Crítica: Possíveis danos, que podem alcançar áreas externas da instalação, impactos moderados e/ou de reduzido tempo de recuperação, que são controláveis e/ou reparáveis;
- IV – Catastrófica: Possíveis danos que podem alcançar áreas externas da instalação, impactos graves e/ou de tempo de recuperação elevado, que podem ser considerados irreparáveis.

Quadro 2 - Matriz de riscos

MATRIZ DE RISCOS		Frequência				
		A	B	C	D	E
Severidade	I	Moderado	Moderado	Não tolerável	Não tolerável	Não tolerável
	II	Baixo	Moderado	Moderado	Não tolerável	Não tolerável
	III	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Não tolerável
	IV	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado
SEVERIDADE		FREQUENCIA			RISCO	
I – Baixa; II – Moderada; III – Séria; IV – Crítica.		A – Extremamente remota; B – Remota; C – Ocasional; D – Provável; E – Frequente.			1 – Baixo; 2 – Moderado; 3 – Não tolerável.	

Fonte: Adaptado de DNV, 2006

Após o cruzamento de informações de severidade e de frequência, chega-se a classificação do risco, que para este trabalho foi dividido em três sub categorias:

- Risco baixo: pode ser considerado trivial e, portanto, não requer medidas;
- Risco moderado: deve ser acompanhado e monitorado, adotando-se medidas preventivas;
- Risco não tolerável: a atividade em questão deve ser paralisada e corrigida ou alterada até que o risco seja enquadrado como baixo ou moderado.

Quadro 3 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de recebimento de petróleo

PLANILHA DE ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Recebimento de petróleo								
Subárea/Equipamento: Manifold de coleta; Dutos de distribuição								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Liberação de líquido inflamável (petróleo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derramamento e/ou Vazamento e/ou ruptura em:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acessórios;</li> <li>- Mangotes;</li> <li>- Bombas;</li> <li>- Válvulas.</li> </ul> </li> <li>Falhas humanas de manutenção, inspeção e/ou operação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Tubos mais resistentes a corrosão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incêndio em poça;</li> <li>Contaminação do solo;</li> <li>Contaminação de recurso hídrico;</li> </ul>	D	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Bacia de contenção para recuperação de vazamentos;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> </ul>	1

Fonte: Autor

Quadro 4 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de recebimento de petróleo - continuação

PLANILHA DE ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Recebimento de petróleo								
Subárea/Equipamento: Manifold de coleta; Dutos de distribuição								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Liberação de gás inflamável (gás associado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vazamento e/ou ruptura em:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Acessórios;</li> <li>Mangotes;</li> <li>Bombas;</li> <li>Válvulas.</li> </ul> </li> <li>Falhas humanas de manutenção, inspeção e/ou operação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Detectores de gás inflamável</li> <li>Odor;</li> <li>Tubos mais resistentes a corrosão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incêndio em nuvem;</li> <li>Explosão em nuvem;</li> <li>Contaminação do ar;</li> </ul>	D	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> </ul>	2

Fonte: Autor

Quadro 5 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de separação dos fluidos

PLANILHA DE ANÁLISE DE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Separação dos fluidos								
Subárea/Equipamento: Separador bifásico								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Liberação de líquido inflamável (óleo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derramamento e/ou Vazamento e/ou ruptura em:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acessórios;</li> <li>- Mangotes;</li> <li>- Bombas;</li> <li>- Válvulas.</li> </ul> </li> <li>Falhas humanas de manutenção, inspeção e/ou operação.</li> <li>Transbordamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Detector es de nível;</li> <li>Normas técnicas de projeto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incêndio em poça;</li> <li>Contaminação do solo;</li> <li>Contaminação de recurso hídrico;</li> </ul>	D	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Bacia de contenção para recuperação de vazamentos;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> </ul>	3

Fonte: Autor



Quadro 6 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de separação dos fluidos - continuação

PLANILHA DE ANÁLISE DE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Separação dos fluidos								
Subárea/Equipamento: Separador bifásico								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Liberação de gás inflamável (gás natural)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vazamento ou ruptura em:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Linhas;</li> <li>- Acessórios;</li> <li>- Mangotes;</li> <li>- Bombas;</li> <li>- Válvulas;</li> <li>- Estrutura.</li> </ul> </li> <li>Falhas humanas de manutenção, inspeção e/ou operação.</li> <li>Aumento de pressão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Detectores de pressão;</li> <li>Vents;</li> <li>Flare;</li> <li>Normas técnicas de projeto.</li> </ul>	Incêndio em nuvem; Explosão em nuvem; <ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminação do ar;</li> </ul>	D	II	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> <li>Manter funcionando os vents e o flare.</li> </ul>	4

Fonte: Autor

Quadro 7 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de separação dos fluidos - continuação

PLANILHA DE ANÁLISE DE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Separação dos fluidos								
Subárea/Equipamento: Separador bifásico								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Explosão do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pressurização inadequada;</li> <li>Formação de atmosfera explosiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Vents;</li> <li>Flare;</li> <li>Detectores de pressão;</li> <li>Normas técnicas de projeto.</li> </ul>	Incêndio em nuvem; Explosão em nuvem; <ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminação do ar;</li> </ul>	B	IV	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> <li>Manter funcionando os vents e o flare.</li> </ul>	5

Fonte: Autor

Quadro 8 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de armazenamento e distribuição

PLANILHA DE ANÁLISE DE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Armazenamento e distribuição								
Subárea/Equipamento: Tanques de armazenamento de gás natural								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Liberação de gás inflamável (gás natural)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vazamento ou ruptura em:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Linhas;</li> <li>- Acessórios;</li> <li>- Mangotes;</li> <li>- Bombas;</li> <li>- Válvulas;</li> <li>- Estrutura.</li> </ul> </li> <li>Falhas humanas de manutenção, inspeção e/ou operação.</li> <li>Aumento de pressão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Válvulas de segurança</li> <li>Sensores de pressão;</li> <li>Odor;</li> <li>Vents;</li> <li>Normas técnicas de projeto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incêndio em nuvem;</li> <li>Explosão em nuvem;</li> <li>Contaminação do ar;</li> </ul>	C	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> <li>Manter funcionando os vents</li> </ul>	6

Fonte: Autor

Quadro 9 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de armazenamento e distribuição - continuação

PLANILHA DE ANÁLISE DE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Armazenamento e distribuição								
Subárea/Equipamento: Tanques de armazenamento de óleo								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Liberação de líquido inflamável (óleo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derramamento e/ou Vazamento e/ou ruptura em:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acessórios;</li> <li>- Mangotes;</li> <li>- Bombas;</li> <li>- Válvulas.</li> </ul> </li> <li>Falhas humanas de manutenção, inspeção e/ou operação.</li> <li>Transbordamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Sensores de nível;</li> <li>Normas técnicas de projeto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incêndio em poça;</li> <li>Contaminação do solo;</li> <li>Contaminação de recurso hídrico;</li> </ul>	C	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Bacia de contenção em piso adequado para recuperação de vazamentos;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> </ul>	7

Fonte: Autor

Quadro 10 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de armazenamento e distribuição - continuação

PLANILHA DE ANÁLISE DE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Armazenamento e distribuição								
Subárea/Equipamento: Tanques de armazenamento de óleo; Tanques de armazenamento de gás natural								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Explosão do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pressurização inadequada;</li> <li>Formação de atmosfera explosiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Vents;</li> <li>Detectores de pressão;</li> <li>Normas técnicas de projeto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incêndio em nuvem;</li> <li>Explosão em nuvem;</li> <li>Contaminação do ar;</li> </ul>	B	IV	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> <li>Manter funcionando os vents</li> </ul>	8

Fonte: Autor

Quadro 11 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de exportação

PLANILHA DE ANÁLISE DE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Exportação								
Subárea/Equipamento: Gasoduto								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Liberação de gás inflamável (gás natural)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vazamento ou ruptura em:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Linhas;</li> <li>- Acessórios;</li> <li>- Mangotes;</li> <li>- Bombas;</li> <li>- Válvulas;</li> <li>- Estrutura.</li> </ul> </li> <li>Falhas humanas de manutenção, inspeção e/ou operação.</li> <li>Aumento de pressão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Detectores de nível;</li> <li>Odor;</li> <li>Tubos mais resistentes a corrosão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incêndio em nuvem;</li> <li>Explosão em nuvem;</li> <li>Contaminação do ar;</li> </ul>	C	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> <li>Alocar os dutos em terrenos adequados;</li> <li>Inspecionar as conexões da montagem dos dutos;</li> <li>Inspecionar e corrigir possíveis corrosões.</li> </ul>	9

Fonte: Autor

Quadro 12 - Planilha de Análise Preliminar de Perigos para a área de exportação - continuação

PLANILHA DE ANÁLISE DE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)								
Área: Exportação								
Subárea/Equipamento: Oleoduto								
POTENCIAL DE DANOS	CAUSAS	FATORES ATENUANTES	EFEITOS	CATEGORIAS			RECOMENDAÇÕES	CENÁRIO
				F	S	R		
Liberação de líquido inflamável (óleo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derramamento e/ou Vazamento e/ou ruptura em:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acessórios;</li> <li>- Mangotes;</li> <li>- Bombas;</li> <li>- Válvulas.</li> </ul> </li> <li>Falhas humanas de manutenção, inspeção e/ou operação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeção visual;</li> <li>Válvulas de segurança;</li> <li>Tubos mais resistentes a corrosão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incêndio em poça;</li> <li>Contaminação do solo;</li> <li>Contaminação de recurso hídrico;</li> </ul>	D	III	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabalhadores da área operacional devidamente treinados;</li> <li>Equipe de brigadistas a postos;</li> <li>Inspeção visual periódica;</li> <li>Manutenção preventiva e corretiva periódica;</li> <li>Elaboração e execução do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);</li> <li>Elaboração e execução do Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).</li> <li>Alocar os dutos em terrenos adequados;</li> <li>Inspecionar as conexões da montagem dos dutos;</li> <li>Inspecionar e corrigir possíveis corrosões.</li> </ul>	10

Fonte: Autor

### 5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para fins desse estudo, em uma planta simplificada e típica de processamento primário de petróleo foram encontrados dez cenários com possibilidades de causar acidentes que possam impactar ao meio ambiente.

Desses dez cenários foram verificadas a ocorrência de três ocorrências com grau de risco considerado baixo e sete situações com grau de risco considerado moderado, não sendo encontrada nenhuma situação com grau de risco não tolerável.

Esses resultados se devem, principalmente, aos fatores atenuantes básicos existentes na unidade de processamento primário de petróleo, como as válvulas de segurança, sensores de nível e de pressão, normas técnicas de projeto e tubos mais resistentes a corrosão.

Como controle adicional para esses riscos, considerou-se na avaliação, ser necessária a adoção de treinamentos de funcionários operacionais, adoção de programas de controle e atendimento de emergências, normas e procedimentos de manutenção e inspeção de campo.

Ficou identificado como risco com maior frequência de acontecimento, o de pequenos vazamentos ocorridos em tubulações de transporte dos fluidos, isso se dá pela natureza corrosiva dos produtos transportados. Para esse tipo de cenário se faz necessário um acompanhamento periódico, principalmente no que diz respeito a manutenção e troca do equipamento.

O cenário com o risco com maior severidade identificado foi o de explosão de equipamentos, pelo potencial de vazamentos de grandes proporções de fluídos, podendo vir a causar impactos severos e de difícil recuperação ao meio ambiente. Para esse tipo de cenário também se faz necessário um acompanhamento periódico, principalmente no que diz respeito a manutenção e operação dos equipamentos, apesar de ter sido classificado como grau de risco baixo. Essa classificação se deu pela frequência baixa, principalmente devidos aos fatores atenuantes.

Destaca-se que a avaliação dos riscos é preliminar, tendo sido considerado que a instalação obedece as normas e legislação vigentes, e que a mesma passou por processos fiscalizatórios dos órgãos responsáveis, antes da liberação de sua operação.

Vale ser citado que uma das normas a serem atendidas por uma planta de processamento primário de petróleo, a Norma Regulamentadora nº 20 (NR-20), do



Ministério do Trabalho e Emprego (TEM), que trata sobre a Saúde e Segurança no trabalho com inflamáveis e combustíveis, apesar de não ser de aplicação direta ao meio ambiente, é de suma importância no aspecto prevencionista da situação aqui avaliada, visto que traz procedimentos e exigências, como capacitação de pessoal e manutenção e inspeção de instalações, que culminam numa maior segurança das instalações e operações ligadas às atividades da indústria do petróleo, reduzindo assim a probabilidade de ocorrência dos acidentes ambientais.

Além disso, essa norma exige ainda que sejam elaboradas, documentadas e revisadas as análises de riscos das operações que envolvem o uso de inflamáveis e combustíveis.

## 6 CONCLUSÕES

Com este trabalho foi possível obter um entendimento maior acerca das atividades da indústria do petróleo e perceber que, apesar de ser uma atividade essencial para a sobrevivência da humanidade no estilo de vida atual, essa atividade é cercada de riscos ao meio ambiente que devem ser melhor geridos com uma gestão ambiental eficiente, que preveja a utilização da gestão de riscos em seu escopo.

Foi apresentada de forma mais detalhada a técnica de Análise Preliminar de Perigos (APP), ferramenta esta que tem suas vantagens e desvantagens e que prova ser muito útil para identificação dos riscos associados às atividades produtivas do petróleo, desde que seja empregada de forma adequada.

Ao aplicar a metodologia proposta, foram identificados em uma planta típica de processamento de petróleo como riscos relevantes ao meio ambiente a liberação de fluídos inflamáveis (petróleo, gás associado, gás natural e óleo) e o de explosão de equipamentos, que poderão vir a causar impactos aos recursos hídricos, ao solo e ao ar, e conseqüentemente a fauna e flora locais.

Portanto, este trabalho, onde se usou a Análise Preliminar de Perigos, serviu como etapa inicial de um processo de gestão dos riscos e, caso seja necessário, podem ser utilizadas técnicas complementares, principalmente as de análise quantitativa de riscos, assim como a elaboração de programas de controle dos riscos, como o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), e programas de preparação de emergências em caso de acidentes, como o Plano de Atendimento a Emergências Ambientais (PAEA).

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Relatório de segurança operacional das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural**. ANP, 2013.

\_\_\_\_\_. **Boletim da produção de petróleo e gás natural**. ANP, 2014.

BARATA, E. dos S. **Ganhos na redução de impactos ambientais como resultado da aplicação da técnica de confiabilidade HAZOP**. 2007. 90 f. Monografia (Especialização em Tecnologias Ambientais), Curso de Especialização em Tecnologias Limpas, Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, 2007.

BARRETTO, R. da E. **Análise Preliminar de Perigos (APP) em projetos de arquitetura**: aplicação e teste de viabilidade da ferramenta de análise risco. 2008. 282 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2008.

CAMPOS, M. G. de. **Abordagem de ciclo de vida na avaliação de impactos ambientais no processamento primário offshore**. 2012. 142 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro –RJ, 2012.

CHAIB, E. B. D. **Proposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte**: um estudo de caso da indústria metal-mecânica. 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético), Programa de Pós Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB).

**Emergências Químicas**, 2003. Disponível em:

<<http://emergenciasquimicas.cetesb.sp.gov.br/tipos-de-acidentes/vazamentos-de-oleo/>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. **Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos**. São Paulo: CETESB, 2003.

COSTA, D. M. B. da. **A valoração econômica como ferramenta para a compensação de derramamentos de petróleo**. 2012. 217 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Programa de Pós Graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2012.

DERT NORSKE VERITAS (DNV). **Apostila do curso sobre estudo de análise de riscos e programa de gerenciamento de riscos**. Rio de Janeiro: DNV, 2006. Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acesso em: 15 ago. 2015.

ESPÍRITO SANTO. **Petróleo e Gás Natural**. Vitória: 2013. Disponível em: <[http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/petroleo\\_gas.aspx](http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/petroleo_gas.aspx)>. Acesso em: 18 ago. 2015.

ETKIN, D. S. **Analysis of oil spill trends in the United States and worldwide**. International oil spill conference, 2001. Disponível em: <[www.environmental-research.com/publications/pdf/spill\\_costs/paper4.pdf&usq=AFQjCNEiG7LWw4J5cLhvc9d6ohMNYgGtxg&sig2=JBtXclZqSNEjz113lzm2qg&cad=rja](http://www.environmental-research.com/publications/pdf/spill_costs/paper4.pdf&usq=AFQjCNEiG7LWw4J5cLhvc9d6ohMNYgGtxg&sig2=JBtXclZqSNEjz113lzm2qg&cad=rja)> Acesso em: 15 ago. 2015.

EXAME. **Os 10 maiores acidentes petrolíferos da história**. São Paulo: EXAME, 2010. Disponível em: < [www.exame.com](http://www.exame.com)>. Acesso em: 18 ago. 2015.

GERHARDT, T. E., SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 2009. 120 f. Apostila do curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural oferecido pela Universidade Aberta do Brasil e pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2009.

GOMES, A. P. P. **Gestão ambiental da água produzida na indústria de petróleo: melhores práticas e experiências internacionais**. 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), Programa de Pós Graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Relatório de acidentes ambientais 2013**. IBAMA, 2014.

KIRCHHOFF, D. **Avaliação de risco ambiental e o processo de licenciamento: o caso do gasoduto de distribuição de gás brasileiro trecho São Carlos – Porto Ferreira**. 2004. 136 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2004.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **NR 20 – Segurança e Saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis**. 2012. Disponível em: <[http://www3.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_20.pdf](http://www3.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_20.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2015.

MOLINA, A. de O. V. **Licenciamento ambiental e compensação ambiental: aplicação na indústria do petróleo no Brasil**. 2005. 252 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental), Programa de Pós Graduação em Sistema de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 2005.

PETROBRAS. **Estudo complementar para a atividade de produção e escoamento de petróleo e gás natural do polo pré-sal da bacia de Santos – Etapa 1/FPSO Cidade de São Paulo: Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais**. PETROBRAS, 2012. Disponível em: <<http://licenciamento.ibama.gov.br/Petroleo/>>. Acesso em: 12 set. 2015.

\_\_\_\_\_. **Processamento primário de petróleo**. Escola de Ciências e Tecnologias E&P, Universidade Petrobras. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2007.

PIRES, M. M. **Gestão da integridade de barreiras**: fator chave na prevenção de acidentes. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2012.

QUELHAS, A. D. et al. **Processamento do petróleo e gás**: petróleo e seus derivados, processamento primário, processos de refino, petroquímica, meio ambiente. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SILVA, P. R. da. **Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira**: estrutura e implicações ambientais. 2004. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) Programa de Pós Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2004.

SIQUEIRA, R. B. do N. **Estudo sobre processamento primário de petróleo**. 2012. 52 f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semi – Árido, Angicos – RN, 2012.

SOARES, F. I. L. **Uma proposta de avaliação de desempenho ambiental na indústria de petróleo em Mossoró/RN com base na análise envoltória de dados (DEA)**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo e Gás, Universidade Potiguar, Mossoró – RN, 2013.

VARELA, C. G.; MILONE, D. **A resposta do mercado aos Acidentes Ambientais na Indústria Petrolífera**: Estudo do caso do desastre no golfo do México. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo: ENGEMA, 2014.