

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

PEDRO HENRIQUE DAMASCENO OTRANTO

**ANÁLISE CRÍTICA DA APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE IDENTIFICAÇÃO  
E AVALIAÇÃO DE RISCOS NA INDÚSTRIA ESMAGADORA DE SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2017

PEDRO HENRIQUE DAMASCENO OTRANTO

**ANÁLISE CRÍTICA DA APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE IDENTIFICAÇÃO  
E AVALIAÇÃO DE RISCOS NA INDÚSTRIA ESMAGADORA DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Química do Departamento Acadêmico de Engenharia Química – DAENQ – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Júlio César Stiirmer

PONTA GROSSA

2017



---

**TERMO DE APROVAÇÃO**

**ANÁLISE CRÍTICA DA APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE IDENTIFICAÇÃO  
E AVALIAÇÃO DE RISCOS NA INDÚSTRIA ESMAGADORA DE SOJA**

por

**PEDRO HENRIQUE DAMASCENO OTRANTO**

Monografia apresentada no dia 19 de Outubro de 2017 ao Curso de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Júlio César Stiirmer  
UTFPR  
Orientador

---

Prof. Dr. César Arthur Martins Chornobai  
UTFPR

---

Profa. Dra. Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli  
UTFPR

---

Profa. Dra. Juliana de Paula Martins  
Responsável pelo TCC do Curso de Engenharia Química

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Química

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ser minha estrutura e segurança.

Agradeço também minha namorada Camila, que me inspira a cada dia ser um homem melhor.

Sou grato a minha família por me dar todo suporte e apoio.

A todos meus colegas pelas amizades, aventuras e experiências que passei nesses anos durante a universidade. Para não ser injusto, não vou nomear ninguém, mas essas pessoas são muito queridas para mim.

Aos professores, sem exceção, pois me ajudaram em minha formação como pessoa e profissional, independente de situações contrárias e difíceis. Espero ter deixado minha contribuição para vocês e também para o curso.

Aos professores Júlio, Chornobai e Juliana que me deram todo apoio para a conclusão.

Foi uma experiência única e sei que é apenas o começo de uma caminhada.

## RESUMO

OTRANTO, Pedro Henrique Damasceno. **Análise crítica da aplicação do procedimento de identificação e avaliação de riscos na indústria esmagadora de soja.** 2017. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, 2017.

A indústria esmagadora de soja possui grande importância econômica na região de Ponta Grossa, contando com diversas empresas e produtores nas cidades próximas. As operações na fábrica incluem equipamentos pesados, grande quantidade de insumos e o uso de diversas substâncias químicas. Devido a essas características as empresas são obrigadas a dispor de tempo, dinheiro e pessoal nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente. O objetivo do presente estudo é realizar uma análise sobre a metodologia da gestão de segurança de processos em indústrias esmagadoras de soja. Como opção metodológica tem-se um estudo exploratório, bibliográfico e qualitativo suportado por uma pesquisa bibliográfica e aplicação a casos de empresas do setor. A partir da aplicação do procedimento de identificação e avaliação dos riscos constata-se que o modelo proposto é qualificado para o uso no setor estudado. Foi possível observar que os itens inseridos na metodologia aplicada possibilitam além estudar possíveis cenários suas consequências, identificar os perigos presentes no processo e ainda indicar pontos de melhoria nas operações.

**Palavras-chave:** Segurança de Processos. Identificação e Avaliação de Riscos. Gerenciamento da Segurança de Processo.

## ABSTRACT

OTRANTO, Pedro Henrique Damasceno. **Análise crítica da aplicação do procedimento de identificação e avaliação de riscos na indústria esmagadora de soja.** 2017. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, 2017.

The soy industry is very important for the region of Ponta Grossa, with many companies and producers in the next cities. The operations in the factories includes heavy equipment, large amount of feedstock and use of several chemical substances. Due these characteristics the companies needs to invest time, money and staff in the areas of health, safety and environment. The objective of this study is to perform an analysis about the methodology of process safety management in the soy industry. As methodologic option, this is an exploratory study, bibliographic and qualitative supported by a bibliographic research and application of company cases. The application of the procedure of identification and evaluation of risks leads to conclude that this model is qualified for the area of study. All items of the methodology helps to evaluate possible scenarios and consequences identify risks on the process and indicates improvement spots in the operations.

**Keywords:** Process Safety. Identification and Evaluation of Risks. Process Safety Management.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Bases e elementos propostos pelo CCPS .....	25
FIGURA 2 – Procedimento de identificação e avaliação de riscos – Criação própria .....	27
FIGURA 3 – Etapa de recebimento da soja – Criação própria.....	30
FIGURA 4 – Etapa de preparação dos grãos – Criação própria.....	31
FIGURA 5 – Etapa de extração do óleo bruto – Criação própria.....	31
FIGURA 6 – Etapa da refinaria do óleo bruto – Criação própria.....	32
FIGURA 7 – Centrífuga em uma refinaria do setor – Criação própria.....	34
FIGURA 8 – Tanque de neutralização em uma refinaria do setor – Criação própria.....	34
FIGURA 9 – Torre de destilação de neutralização em uma refinaria do setor – Criação própria.....	35
FIGURA 10 – Desodorizador de neutralização em uma refinaria do setor.....	38
FIGURA 11 – Árvore de falhas para falha na refinaria – Criação própria.....	39
FIGURA 12 – Camadas de proteção em relação ao vazamento no tanque – Criação própria.....	50
FIGURA 13 – Exemplo de uso da ferramenta do programa “Segurança Paga” – Criação própria .....	57
FIGURA 14 – Dinheiro gasto e de retorno sobre investimentos – Criação própria.....	58
FIGURA 15 – Matriz importância do exemplo – Criação própria.....	62

## **LISTA DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 1 – Custos indiretos e diretos em acidentes – Criação própria.....	56
--	----



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Análise “e se” para uma refinaria em uma empresa esmagadora de soja – Criação própria.....	37
TABELA 2 – Combinação de parâmetros na neutralização – Criação própria .....	37
TABELA 3 – Registro da análise HAZOP – Criação própria.....	38
TABELA 4 – Frequência de dias no ano por camada de proteção – Criação própria.....	50
TABELA 5 – Frequência de dias no ano por incidente – Criação própria .....	52
TABELA 6 – Categoria de perigos – Criação própria .....	60
TABELA 7 – Ranking de perigos – Criação própria.....	61

## LISTA DE SIGLAS

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
Abiquim	Associação Brasileira da Indústria Química
AIChE	American Institute of Chemical Engineers
API	American Petroleum Institute
BS	British Standard
CCPS	Center for Chemical Process Safety
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CSB	Chemical Safety Board
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Fundacentro	Fundação Jorge Duprat e Figueiredo
GANAA	Grupo de Apoio à Normalização Ambiental
Hazan	Hazard Analysis
HAZOP	Hazard and Operability Study
HCl	Ácido clorídrico
ICCA	International Council of Chemical Associations
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
ISO	International Organization for Standardization
LOPA	Layer of Protection Analysis
MCMT	Tricarbonil metilciclopentadienil manganês
MIC	Isocianato de metila
NaOH	Hidróxido de sódio
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OSHAS	Occupational Health and Safety Advisory Services
PHA	Process Hazard Analysis
PHM	Process Hazards Management
PIB	Produto Interno Bruto
PID	Proporcional Integral Derivativo
ppm	Partes por milhão
PSM	Process Safety Management
QRA	Quantitative Risk Analysis
RBPS	Risk Based Process Safety

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA .....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 HISTÓRICO DA SEGURANÇA DE PROCESSOS .....	14
2.1.1 Evolução histórica . .....	15
2.2 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DE PROCESSOS .....	20
2.2.1 Metodologia.....	20
2.2.2 Ferramentas iniciais .....	22
2.2.3 Guia RBPS .....	24
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
3.3 MÉTODOS .....	26
<b>4 ESTUDO DE CASO: REFINARIA .....</b>	<b>27</b>
4.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA .....	28
4.1.1 O processo na refinaria .....	28
4.1.2 Entradas e saídas .....	32
4.1.3 Principais equipamentos .....	33
4.2 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS .....	35
4.2.1 Análise dos perigos do processo .....	36
4.3 IDENTIFICAÇÃO DE CENÁRIOS.....	40
4.3.1 Possíveis cenários... .....	41
4.4 PROBABILIDADE DE ACIDENTES .....	46
4.4.1 Tendências do setor .....	46
4.4.2 Obtendo aprendizado .....	47
4.5 CONSEQUÊNCIA DOS ACIDENTES .....	53
4.5.1 Pessoas e meio ambiente .....	54
4.5.2 Instalações e processo .....	54
4.5.3 Custos .....	56
4.6 DETERMINAÇÃO DOS RISCOS.....	58
4.6.1 Maiores riscos .....	59

4.7 MELHORIA DO SISTEMA .....	64
4.7.1 Pontos de melhoria .....	64
<b>5 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
5.1 ANÁLISE DA METODOLOGIA .....	69
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>70</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	70
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A Revolução Industrial, ocorrida na Europa durante a segunda metade do século XVIII, transformou profundamente as relações trabalhistas, de produção e consumo. A partir de então tem-se um intenso desenvolvimento tecnológico, o que é diretamente relacionado ao avanço da sociedade e conseqüente aumento do tamanho e complexidade das plantas químicas.

No entanto, diversos problemas acompanharam o crescimento do setor e grandes catástrofes estão marcadas na história, como o vazamento de gases tóxicos em Bhopal, Índia, no ano de 1984, que causou 3800 mortes diretas e é considerado o pior acidente industrial já ocorrido.

As conseqüências desses acidentes atingem três grandes áreas: social, ambiental e econômica. Na primeira, os danos podem ser tanto físicos quanto psicológicos, resultando em traumas, lesões e até fatalidades, enquanto em relação ao meio ambiente pode-se ter vazamento de substâncias perigosas ao solo, ar e água. Já na questão financeira, tem-se avarias em máquinas e equipamentos, parada no processo, além do impacto na imagem da empresa no mercado.

Sendo assim, aos poucos as companhias perceberam a necessidade de se investir na área de segurança, começando com uma perspectiva de melhorar o design de equipamentos até alcançar atualmente uma visão holística e integrada do processo. A DuPont, que é pioneira nesse assunto, em 1979 emitiu um padrão de gestão de perigos em processos que guiaria anos mais tarde o desenvolvimento da primeira regulamentação da área de segurança de processos.

O PSM (do inglês *Process Safety Management*) ou Gerenciamento da Segurança de Processos pode ser definido como uma combinação entre especialidades de engenharia e gestão focadas em prevenir grandes acidentes associados a processos químicos. Globalmente, são diversas as empresas que já entenderam a necessidade de se implantar um programa de segurança de processos.

Uma pesquisa feita em 2005 com empresas cadastradas pelo Instituto Norte-americano de Engenheiros Químicos – AIChE (do inglês *American Institute of Chemical Engineers*) demonstra benefícios resultados da aplicação de procedimentos de segurança em processos (CCPS, 2005):

- Aumento de 5% na produtividade;
- Redução de 3% nos custos de produção;
- Corte de 5% nos custos de manutenção;
- Diminuição de 20% nos custos de seguro.

Além da aplicação da gestão de segurança em processos por diversas empresas, o assunto está sendo discutido e disseminado em todo o mundo através de eventos da área. A expectativa é de que as novas plantas químicas a serem construídas considerem aspectos da segurança em processos desde seu projeto até seu funcionamento.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar criticamente a aplicação da metodologia de identificação e avaliação de riscos, proposta pela AIChE, para melhoria melhorias na gestão de acidentes em refinarias de indústrias esmagadoras de soja.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Introduzir o programa de segurança de processos e suas principais ferramentas
- Contextualizar o setor e o processo estudado
- Estudar a aplicação teórica da metodologia em uma refinaria
- Discutir os benefícios da adoção da metodologia

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 HISTÓRICO DA SEGURANÇA DE PROCESSOS**

Robert M. Solow, vencedor do prêmio Nobel em 1987, afirmou que o grande crescimento da economia ocorreu em resultado dos avanços tecnológicos. A indústria química é parte importante desse desenvolvimento, já que a sua complexidade cresce diariamente, contando com pressões mais altas, compostos mais reativos e processos mais eficientes (CROWL, 2011).

Além disso, a indústria química tem enriquecido as nossas vidas e estão presentes nos mais diversos aspectos de nosso cotidiano, desde o alarme que nos acorda, passando pelo lençol de poliéster que dormimos e até no combustível que colocamos em nossos carros, ou seja, estamos cercados pelos benefícios criados por esse setor.

Esse fato revela a tendência da sociedade de sempre inventar maneiras de tentar fazer a vida ser um pouco mais fácil, desde os tempos pré-históricos. Múltiplos passos no desenvolvimento em diversas culturas apresentaram o uso de produtos e criação de processos químicos simples. Tem-se como alguns exemplos o uso de carbonato de sódio pelos egípcios em miçangas e outros ornamentos de vidro, fermentação alcoólica pelos sumerianos na confecção de bebidas, amônia para limpeza de roupas pelos gregos, entre outros (SANDERS).

No entanto, os alicerces das modernas plantas químicas foram construídos por cientistas na Europa, entre os séculos XVII e XVIII, quando estes iniciaram a produção de químicos inorgânicos para a preparação de comida, corantes, pólvora e sabão.

Ainda assim, os maiores passos foram dados no início da Revolução Industrial a partir da metade do século XVIII. O físico Nicolas LeBlanc desenvolveu um processo para se obter carbonato de sódio de sal comum e, patrocinado pelo Duque de Orleans, construiu plantas de larga escala na França e outros países europeus. Esse processo foi utilizado até meados de 1860 e foi precursor do famoso processo Solvay (SANDERS).

Desde então, a evolução nas tecnologias aplicadas, processamento, equipamentos e outras frentes foi exponencial, permitindo um grande aumento nas quantidades produzidas, qualidade do produto final e confiabilidade nas operações. A indústria química atualmente está presente em praticamente todos os segmentos que servem a sociedade e representa grandes parcelas do Produto Interno Bruto (PIB) dos países.

Mesmo com toda essa importância e avanços, o setor sofre com uma problemática duradoura: os acidentes. Os exemplos são inúmeros, desde os primeiros teares e amputações por falta de equipamentos e preocupação com a segurança, liberação de produtos tóxicos no solo, ar e água, e recentemente a acidentes com explosões, mortes e grande destruição (NADERPOUR, 2013).

Esses acontecimentos forçaram os tomadores de decisão das empresas, sociedade e governos a tomarem medidas que, ao longo do tempo, permitiram maior segurança aos envolvidos nas operações industriais. Contudo, essas ações preventivas devem acompanhar o desenvolvimento dos processos e permitir uma gestão de riscos, agindo sobre as possíveis causas e mitigando a probabilidade de acidentes.

Nessa linha de raciocínio, a gestão da segurança de processos propõe uma metodologia para agir pró-ativamente nos problemas e evitar grandes impactos, além de gerar retorno a indústria e garantir bem-estar do ambiente em que está inserida.

### 2.1.1 Evolução histórica

Até a metade do século XVIII a forma de produção característica era o artesanato, o que configurava uma estrutura familiar em que o próprio artesão era proprietário de suas ferramentas e realiza todas as etapas do processo, desde o preparo da matéria-prima até o acabamento final, além da venda (RIOS, 2008).

Na Inglaterra, contudo, ocorre uma grande transformação que afetou o mundo inteiro: a Revolução Industrial. Esse evento foi marcado pelo desenvolvimento de máquinas, processos de produção em massa e inventores com as mais variadas invenções práticas. Lançadeira móvel, fiandeira mecânica, produção de ferro com carvão de coque e máquina a vapor são alguns exemplos de novas tecnologias que modificaram a maneira de comercialização dos produtos. A capacidade de produção também aumentou exponencialmente, sendo do algodão em 60 vezes, tecidos 50 vezes e a produção de ferro multiplicada por 10 (RIOS, 2008).

Para valer a pena o investimento, os gestores buscavam aproveitar ao máximo as novas e caras máquinas com uma gestão rígida, longas jornadas de trabalho e produção em massa dentro de padrões específicos (MOREIRA, 2010).

Todas essas mudanças alteraram profundamente três esferas na sociedade: o modo de vida; as relações comerciais; e a interação homem-ambiente.



A nova realidade era configurada por grandes capitalistas detentores do poderio econômico e os camponeses exilados à cidade procurando emprego. Com isso os empresários possuíam mão-de-obra barata, além de matéria-prima abundante na natureza e um mercado interno desprovido de abastecimento. Essas condições, consideradas ideais, permitiram que as indústrias se consolidassem, assim como o novo modo de vida da sociedade (SANTOS, 2009).

Na visão dos capitalistas da época as máquinas representam o investimento feito, sendo necessário recuperá-lo através da máxima fabricação de produtos. Além disso, esses aparelhos representam a principal preocupação e são os responsáveis pela produção. Os operários, por sua vez, eram vistos apenas como simples fatores de produção que operam as máquinas e vendem sua força de trabalho (RIOS, 2008).

Partindo dessa visão, os engenheiros que desenvolviam os instrumentos de trabalho, máquinas e o processo em si se atentavam apenas em montar um design que beneficiasse a operação contínua. O resultado dessas ações: baixa ergonomia; falta de travas e proteções contra partes móveis, cortantes ou quentes; configuração de um ambiente de trabalho sujo e perigoso; não planejamento de manutenções; entre outros (SANTOS, 2009). Como consequência ocorreu o aumento em diversos tipos acidentes de trabalho e até explosões com mortes no cotidiano das fábricas (SANTOS, 2009).

O ano de 1836, nos Estados Unidos da América revela uma estatística que ilustra alguns desses episódios: foram 496 mortes e 14 explosões registradas. Mesmo com esse alto montante de cadáveres, governos e companhias continuavam indiferentes as reivindicações dos trabalhadores por melhores condições (RIOS, 2008).

Segundo Cavalcante (2011), desde o período de início da manufatura, a destruição de máquinas é um fato constante assim como a dura repressão governamental, que punia com pena de morte os culpados. Entretanto, com o alto índice de desemprego presenciado, causado principalmente em momentos que ocorriam paradas nas fábricas e acidentes graves, o número de revoltados que atacavam as fábricas era muito grande. Com a impossibilidade de punir todos os envolvidos e pressionado pela grande quantidade de afetados pela situação, o governo agiu e criou a Lei Speenhamland que, por meio de impostos recolhidos, oferecia uma garantia de subsistência mínima ao homem incapaz de sustentar a sua família (CARVALHO, 2014).

Moreira (2010) afirma que o Parlamento Britânico adotou uma série de medidas que culminaram no primeiro conjunto de legislações voltadas a proteção dos trabalhadores. A chamada 'Factory Art', publicada em 1864, exigia o uso de ventilação diluidora para reduzir

os contaminantes do ambiente. Essas leis serviram de modelo para vários outros países industrializados exigirem dos empregadores melhores condições de trabalho e responsabilizavam os mesmos por lesões ocupacionais.

No contexto atual, a partir da década de 80 teve-se uma evolução dos sistemas de gestão devido aos grandes saltos tecnológicos, racionalização organização com a metodologia de produção enxuta e o advento da globalização. Dez anos depois uma série de normas e regulamentações surgem nas áreas de segurança, saúde e meio ambiente, como por exemplo a ISO 14001, BS 8800 e OSHAS 18001 (RIOS, 2008).

Segundo CHAIB (2005) os objetivos de um sistema de gestão são o de aumentar constantemente o valor percebido pelo cliente nos produtos ou serviços oferecidos, o sucesso no segmento do mercado ocupado (melhores resultados operacionais), satisfação dos funcionários e da sociedade com a contribuição social e ao meio ambiente.

A Organização Internacional para Padronização (ISO – *International Organization for Standardization*) promove a ISO 14000, que se refere a questão de política ambiental da empresa, incluindo a estrutura organizacional, planejamento de atividades, responsabilidades, práticas, entre outros. Já sobre as questões de segurança e saúde ocupacional no final da década de 90 foi publicado a especificação OHSAS (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) 18001 que conta com uma série de diretrizes, normas e indicações sobre o tema (CHAIB, 2005).

Segundo Andrade (2010), contudo, a excelência nesse programa somente será alcançada quando acontecer uma mudança comportamental em toda a organização. É necessário também estar atento as atitudes e percepções dos indivíduos da organização, pois estes fatores refletem o estado do sistema de gestão nas áreas de saúde, segurança e meio ambiente por meio do comportamento dos funcionários. Estes podem ser mensurados diretamente para que a companhia possa aplicar a melhoria contínua em seu sistema (FILHO, 2011).

Pode-se destacar alguns benefícios na utilização de sistemas de gestão integrados: melhor visibilidade em tempo real sobre o desempenho, custos de infraestrutura mais baixos, aumento da eficiência por meio da fusão de processos, eliminação da redundância de informações, redução de riscos operacionais, melhor gerenciamento para tomada de decisão e auxílio no planejamento estratégico (ANDRADE, 2010). Su (2012) ressalta outros benefícios desse sistema de gestão: entendimento dos riscos, melhoria contínua, aumento da eficiência e potência organizacional em comunicação, melhor distribuição de recursos, entre outros.

A aplicação nas fábricas dos sistemas de gestão integrados demonstra a preocupação com três áreas: segurança, saúde e meio ambiente. Dessa forma, as empresas buscavam se adequar a visão da importância do ambiente de trabalho, tanto interno quanto externo, e passar uma imagem melhor à sociedade. De acordo com Crowl (2011), entretanto, acidentes grandes em indústrias químicas tiveram um significativo impacto na percepção pública em relação ao setor e na forma com que governos lidaram com a situação.

Em junho de 1982 a Comunidade Europeia emitiu a diretiva 82/501/CEE, ou diretiva de Seveso I, que tinha por objetivo auxiliar na prevenção de acidentes graves e limitar seus efeitos (SOUZA, 2013). Além de obrigar companhias a realizar relatórios de segurança, essa legislação previa a adoção de medidas para prevenir e mitigar consequências, notificação obrigatória e investigação em caso de acidentes. Contudo, os impactos considerados eram apenas a propriedade, saúde física, meio ambiente e finanças, não considerando aspectos sociais e psicológicos, por exemplo.

Já em 1990, o Instituto Americano de Petróleo publicou um guia com objetivo de ajudar na prevenção e minimizar os efeitos de liberação de materiais tóxicos ou explosivos para a atmosfera através de 11 práticas recomendadas. Estas visam o gerenciamento dos riscos de processo desde o projeto e construção até a partida e operação, além de posteriores modificações e manutenções.

Três anos depois, a Organização Internacional do Trabalho – OIT – emitiu a convenção 174 também busca a prevenção de acidentes industriais maiores que envolvam substâncias perigosas e a limitação dos efeitos.

Apesar das legislações citadas serem importantes, elas ainda não possuíam conteúdo suficiente para dar suporte as empresas na questão da segurança de processos. Portanto, apenas depois da OSHA publicar um padrão com força de lei é que se teve algo mais sólido sobre o tema: o programa Atuação Responsável, que tem como objetivo modificar práticas gerenciais na área socioambiental e reverter a imagem negativa do setor perante a opinião pública. O projeto ainda inclui a segurança das instalações, processos e produtos, além da preservação da saúde ocupacional dos trabalhadores e proteção do meio ambiente no ciclo de vida do produto (NETTO, 2005).

Em resumo, trata-se de uma nova forma das indústrias químicas tomarem decisões nos negócios, baseadas em compromissos éticos com a sociedade. Entretanto, em cada país aplicado é necessário o desenvolvimento de manuais e guias de códigos para auxiliar as empresas na

implantação do programa, além da criação de indicadores para acompanhar o desempenho das mesmas.

Os benefícios da implantação do programa estão sendo notados ao redor do mundo e incluem redução da emissão de poluentes, maior proximidade com as comunidades locais, melhoria da opinião pública em relação as empresas e intercâmbio de informações entre as companhias.

No Brasil, o projeto é coordenado pela Abiquim e sua manutenção é realizada por meio de comissões compostas por lideranças das empresas associadas. A função dessas bancas é criar manuais que auxiliam as empresas englobando seis áreas:

- Segurança de processos;
- Saúde e segurança do trabalhador;
- Proteção ambiental;
- Transporte e distribuição;
- Diálogo com a comunidade e preparação de atendimentos de emergência;
- Gerenciamento de produtos.

Segundo Demajorovic (2006), por meio dessas seis práticas o Atuação Responsável objetiva considerar todos os aspectos referentes à saúde, segurança e meio ambiente em todas as fases do ciclo de vida do produto. Com isso, tem-se a minimização da geração de efluentes e emissões de resíduos sólidos, além da possibilidade de eventuais acidentes que afetam os trabalhadores, meio ambiente ou comunidade.

Concomitantemente a essas mudanças no setor industrial, uma empresa se destacou pela implementação de um sistema de gestão integrado diferenciado. Após um acidente que resultou em 12 mortes, 61 feridos e uma perda material de US\$50 milhões, aproximadamente, a diretoria requisitou que cada planta revisse os procedimentos e processo para tomar medidas preventivas. No ano de 1978 a empresa montou o guia Gerenciamento dos Perigos do Processo. O objetivo deste documento era ajudar na prevenção de acidentes graves envolvendo processo que poderiam afetar trabalhadores, comunidade, meio ambiente e resultar em perdas materiais. Entre as principais características do programa pode-se destacar:

- Estabelecimento de ferramentas para auxiliar o gerenciamento dos esforços na área;
- Descrição compreensível dos princípios essenciais na área;

- Definição clara das responsabilidades e atividades.

## 2.2 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA DE PROCESSOS

Em vista dos graves acidentes ocorridos na década de 80, as decorrentes críticas da sociedade e pressão dos governos, as empresas do setor químico modificaram a maneira de lidar com os riscos associados aos processos. Com isso, questões de segurança, saúde e meio ambiente ganharam importância e tiveram sistemas integrados montados de diferentes formas pelas companhias.

No entanto, o fato que marcou a mudança de postura na área foi a criação da metodologia de gestão da segurança de processos, que instrui as empresas em como investigar, prevenir e aprender com estes eventos.

Este capítulo tem como intenção apresentar a metodologia trabalhada, ferramentas utilizadas e o guia de referência sobre a área.

### 2.2.1 Metodologia

Uma planta química é composta por equipamentos dos mais variados tipos, reagentes e produtos, sistemas hidráulicos, pneumáticos e mecânicos, válvulas, tubulações, tanques, reatores, entre outros. Isso representa uma grande fonte de possíveis riscos para diferentes tipos de acidentes tanto para o meio ambiente, sociedade, trabalhadores e propriedade, ou seja, é necessário haver no cotidiano deste setor um gerenciamento de tais riscos.

Com essa mentalidade e procurando balancear com a necessidade de produção, controle de custos e manutenção, a metodologia de gerenciamento da segurança de processos (PSM, do inglês *Process Safety Management*) foi criada.

Algumas legislações ao redor do mundo que possuíam o objetivo de auxiliar na prevenção de eventos graves no setor foram percursoras da metodologia oficial e pode-se destacar principalmente três: Diretiva de Seveso I, API RP 750 e Convenção 174 da OIT.

Lançada em junho de 1982, a primeira tinha por meta a prevenção de acidentes e suas consequências para o homem e meio ambiente, estabelecendo a necessidade de inventários para produtos perigosos e relatórios de segurança. Considerando os impactos a propriedade, saúde

física, meio ambiente e finanças, essa regulamentação trouxe definições importantes além do início da troca de informações para investigação e aprendizado com os casos na Europa.

A segunda por sua vez foi publicada em 1990 e se trata de um guia com 11 práticas recomendadas a fim de prevenir e minimizar as consequências em eventos com liberação de materiais tóxicos ou explosivos. Entre as atividades pode-se destacar o gerenciamento dos riscos de processo em todas as etapas, desde o projeto, construção, partida e operação.

Por fim, em 1993 a OIT emitiu a convenção 174 com o objetivo de prevenir acidentes industriais maiores envolvendo substâncias perigosas, trazendo definições e recomendações para as empresas do setor.

Somente em 24 de fevereiro de 1992, porém, é que seria lançado pela OSHA um padrão com força de lei contendo requisitos para o gerenciamento de riscos de processo para produtos altamente perigosos, o *Process Safety Management (PSM) of Highly Hazardous Chemicals Standard* composto por 14 elementos.

Para Souza (2013) essa técnica se trata basicamente na aplicação ao processo da empresa em questão de um sistema e controle de gestão com o objetivo de identificar, entender e conter os riscos envolvidos de forma preventiva. De acordo com o centro de segurança de processos químicos (CCPS, do inglês *Center for Chemical Process Safety*) são considerados eventos da área casos envolvendo hidrocarbonetos ou produtos químicos que resultam em lesões pessoais, danos materiais, perda de produção ou impacto ambiental.

A implementação do PSM depende principalmente do comprometimento das lideranças com a criação de um ambiente de trabalho seguro e que permita a aplicação e desenvolvimento de ações para a melhoria contínua. Com isso, quatro passos da gestão são necessários:

- Estabelecer uma cultura de segurança;
- Contar com o comprometimento da gerência;
- Implementar um programa abrangente;
- Atingira a excelência através da disciplina operacional.

Dessa forma é possível ter-se uma estrutura robusta para gestão de riscos, incluindo as análises dos mesmos e tomada das ações necessários, juntamente com a gestão da produção e boas práticas operacionais. O resultado dessa integração é um processo seguro, operacional e

que consegue trazer retorno com resultados positivos, prevenção de acidentes e boa interação com a comunidade inserida.

### 2.2.2 Ferramentas iniciais

Os perigos de um processo muitas vezes não são percebidos até a ocorrência de um acidente e identifica-los é de vital importância para a prevenção de perdas. Contudo, mais do que identificar é necessário também tomar uma atitude e implementar uma ação corretiva, o que só é possível com o estudo e entendimento das falhas.

Para se ter resultados otimizados o ideal é trabalhar com uma equipe com conhecimento do processo e sua operação, incluindo operadores, engenheiros, mecânicos e outros profissionais da área. Então, deve-se escolher ferramentas adequadas para a complexidade do processo e definir um plano para a avaliação do mesmo, procurando atingir como metas a identificação dos perigos do processo, avaliação de casos anteriores e o desenvolvimento de controles aplicáveis.

Diferentes métodos podem ser aplicados em diversas etapas de um processo, mas é essencial escolher as ferramentas mais adequadas para se ter resultados melhores. Essa escolha depende do propósito do estudo, nível de informações obtidas, equipe disponível e tipo do processo e problema.

Neste propósito, este item irá apresentar três ferramentas apresentadas pela AIChE para investigações de falhas que podem ser facilmente aplicadas no setor industrial do estudo:

- Análise “E se”;
- HAZOP – Estudo da operabilidade e perigos (*Hazard and Operability Study*);
- Árvore de falhas.

A análise “E se”, do inglês *What if*, pode ser definida como um brainstorming, ou seja, uma discussão de ideias com questões que comecem com o nome da ferramenta. O objetivo é que cada uma destas perguntas represente potenciais falhas na fábrica ou operação e que a partir daí se discuta possíveis perigos, consequências e recomendações.

Em seu livro Kavarianian (1992) explica a ferramenta em 5 passos simples. O primeiro é definir os limites do estudo, que podem ser categorizados em dois tipos: categoria de consequências, que inclui riscos a pessoas, meio ambiente e econômicos, e a categoria de limites físicos, designados para as áreas da fábrica que devem ser consideradas na análise.

Posteriormente, deve-se obter toda a informação necessária sobre o processo para avaliação, abrangendo temas como materiais utilizados e suas propriedades físicas, a química e termodinâmica do processo, layout da planta, descrição dos equipamentos, controles e instrumentos utilizados, entre outros.

O terceiro passo é selecionar uma equipe de revisão composta por dois ou três membros que tenham uma experiência combinada sobre o processo, as consequências e no uso da ferramenta. Então, procede-se para a revisão com as questões “e se” identificando os perigos, consequências e recomendando soluções ou alternativas para mitigar o risco. Finalmente, a elaboração de um reporte sistemático e de fácil compreensão, geralmente em formato de tabela com as questões, consequências e recomendações.

Crowl (2011) em seu livro define a próxima ferramenta aplicada, Estudo de Perigos e Operabilidade – HAZOP (do inglês *Hazard and Operability Study*), como um procedimento formal e simples para avaliar possíveis perigos, falhas e desvios operacionais. Para seu uso é necessário reunir informações sobre o processo e montar um time composto por funcionários com experiência em diversas áreas. Esse estudo pode durar vários meses e irá requerer investimento de tempo e esforço, mas os resultados obtidos por diversas empresas mostram que os resultados obtidos são satisfatórios.

O autor conduz o procedimento de uso da ferramenta em 12 passos, descritos na sequência. Em primeiro lugar deve-se detalhar o fluxograma geral do processo e separar o mesmo em unidades menores. A partir daí é necessário que se escolha, em uma destas unidades, uma linha operacional para se estudar e então descrever a função da mesma. Posteriormente escolhe-se parâmetros do processo, como fluxo, nível, temperatura, pressão e outros a fim de serem utilizados na montagem da tabela de combinações de parâmetros.

O próximo passo é realizar a montagem da tabela de combinação de parâmetros da linha estudada e para cada desvio aplicável determinar possíveis causas, consequências, recomendações e guardar essas informações de uma forma fácil de ser compreendida.

Um método mais visual para a análise de perigos é a Árvore de Falhas, que consiste em montar um fluxograma lógico com um evento principal como fonte. Antes de desenhar a árvore é necessário levantar algumas informações: o evento de topo, as condições do mesmo, fatos não considerados, limites físicos, configurações do equipamento e qual o nível de consideração para a análise. Então, deve-se desenhar a árvore de falhas com o evento principal no topo e



posteriormente determinar os eventos principais que contribuem para o mesmo (GONÇALVES et al., 2010).

### 2.2.3 Guia RBPS

A AIChE acompanha assuntos referentes a segurança de processo e controle de perdas na indústria química desde a década de 60, reunindo dados e publicando informativos a partir do auxílio de designers, engenheiros, operadores, profissionais da área e especialistas. Em 1985 foi criado o centro para segurança de processos químicos, o CCPS, com o objetivo de desenvolver e disseminar informações técnicas em formato de guias para auxiliar na prevenção de acidentes.

Mesmo com muitas companhias já possuírem sistemas para o gerenciamento de segurança, grande parte destas continua enfrentando desafios pela ineficiência destes sistemas. Em vista dessa problemática o CCPS criou o guia de segurança de processos baseada em riscos, RBPS, como uma plataforma para a próxima geração de sistemas para gerenciamento da segurança de processos e meio para atingir a excelência e melhoria contínua na área.

Baseado em lições aprendidas em diversas indústrias do setor químico, ideias construídas pelos profissionais do CCPS e princípios de gestão, esse guia tem como propósito fornecer ferramentas que auxiliem os profissionais da área a construir e operar sistemas de gerenciamento da segurança de processos mais eficientes, desde como realizar o design do mesmo, corrigir um sistema já existente ou melhorar as práticas aplicadas na empresa. A metodologia também leva em consideração o fato de que os riscos não são iguais e conseqüentemente indica a focar os recursos nos itens que apresentam maior perigo.

Para o método RBPS a eficiência na melhoria da segurança de processos é baseada no entendimento dos perigos da fábrica e suas operações, dos recursos necessários para as atividades e de como estas são influenciadas pela cultura de segurança da organização. O acompanhamento dessa eficiência com indicadores de performance é algo essencial para conhecer as necessidades do sistema de gerenciamento.

A integração com outros sistemas de gerenciamento, como qualidade, meio ambiente, saúde e segurança é um fator essencial para o sucesso do programa, mas a excelência do programa, contudo, depende de quatro pilares segundo o método:

- Comprometimento com a segurança de processos

- Entendimento dos perigos e riscos
- Gerenciamento de riscos
- Aprendizado com as experiências

Esses quatro pilares são constituídos de vinte elementos, conforme a figura abaixo, os quais são baseadas em regulamentos de boas práticas de diversas empresas ao redor do mundo, auxiliando a otimizar a performance e eliminar falhas do programa de PSM.

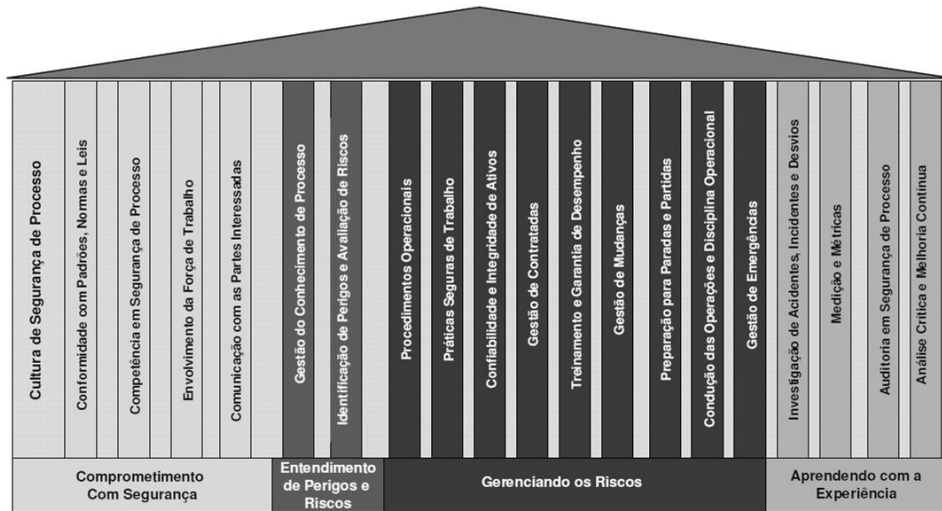


Figura 1 – Bases e elementos propostos pelo CCPS (ABQUIM, 2010)

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 MÉTODOS**

O método utilizado no trabalho é o indutivo já que indica a possibilidade de uso da metodologia sugerida de segurança de processos em indústrias esmagadoras de soja na região. Os três elementos fundamentais para este método são: observação dos fenômenos, descoberta da relação entre eles e generalização da relação (MARCONI; LAKATOS, 2003). Segundo as definições de Gerhardt e Silveira (2009) a pesquisa também contemplou o estudo bibliográfico e documental além de um estudo de caso.

Contando com o uso de livros, artigos e regulamentações sobre a segurança de processos este estudo inicia com dados sobre a evolução da área, raízes dos procedimentos atuais e um resumo sobre a metodologia e ferramentas indicadas por organizações do setor. Então, prossegue com um levantamento de aspectos socioeconômicos e do contexto do setor da indústria esmagadora de soja.

Quanto ao estudo de caso o objetivo do mesmo é compreender o processo que envolve uma refinaria de uma indústria esmagadora de soja por meio de um procedimento de identificação dos perigos. A aplicação teórica da metodologia visa demonstrar a possível aplicação da mesma nas empresas do setor, sua adaptação aos programas de segurança já existentes e os benefícios na prevenção de acidentes.

#### 4 ESTUDO DE CASO: REFINARIA

O estudo de caso foi realizado a partir da visita técnica em uma indústria esmagadora de soja da região de Ponta Grossa e o conhecimento teórico sobre o processo produtivo. As fábricas produtoras de óleo de soja aproveitam praticamente toda a matéria-prima do processo, produzindo como produto final o farelo, que é comercializado principalmente para o mercado de rações animais, e diversos subprodutos, como o tocoferol, borra e a lecitina, utilizada pelo setor alimentício.

Apesar desse vasto catálogo, o carro chefe dessas companhias são os óleos, em especial o refinado. Dessa forma este capítulo tem como objetivo analisar o caso da refinaria do setor estudado seguindo o procedimento de identificação e avaliação de riscos promovido pela AIChE no guia RBPS, representado na figura abaixo.

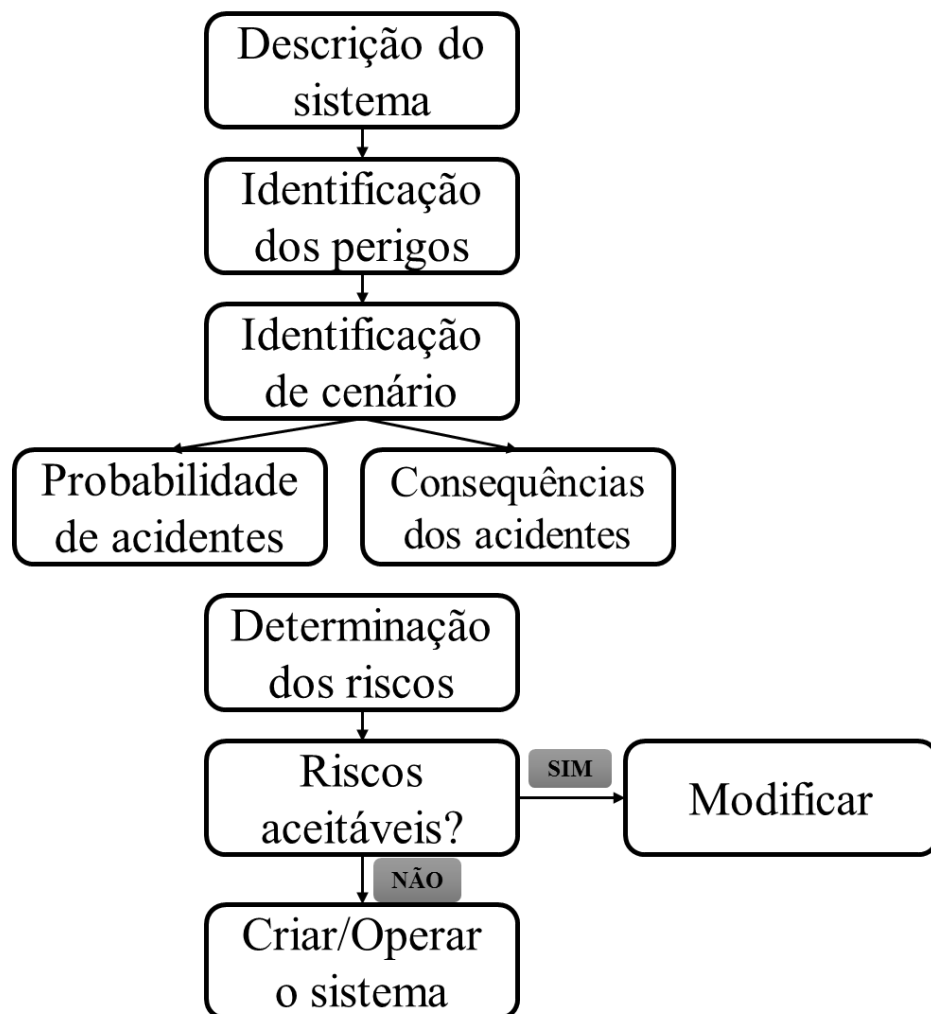


Figura 2 – Procedimento de identificação e avaliação de riscos – Criação própria

## 4.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O processo da refinaria se trata de um sistema com múltiplas frentes, sendo composto de etapas de transformações físicas e químicas, adição de produtos químicos e remoção de certas substâncias indesejadas. Controlado por um sistema automatizado, essa etapa de produção é composta tanto por equipamentos simples, como bombas e secadores, até equipamentos mais complexos, como é o caso da coluna de destilação.

### 4.1.1 O processo na refinaria

A matéria prima com que se trabalha, a soja, ser composta por proteínas, água, óleo, cinzas e carboidratos e com o objetivo de melhorar a aparência, odor e sabor do óleo bruto obtido na extração, esta etapa reduz a umidade e remove os componentes listados abaixo:

- Substâncias coloidais, proteínas, fosfatídeos;
- Ácidos graxos livres, ácidos graxos oxidados, lactonas, acetais e polímeros;
- Substâncias coloridas como clorofila, xantofila, carotenóides;
- Substâncias voláteis como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas e ésteres de baixo peso molecular;
- Substâncias inorgânicas, silicatos, fosfatos e outros minerais.

Pode-se classificar os óleos em três categorias, segundo a portaria nº 795, de 15 dezembro de 1993, e a instrução normativa nº 49, de 22 de dezembro de 2006:

- Bruto ou cru: tal como foi extraído do grão.
- Degomado ou Purificado: após extração dos fosfolipídeos.
- Óleo vegetal comestível: refinado mediante o emprego de processos tecnológicos adequados.

O óleo bruto é obtido logo após a destilação da micela, mistura entre o óleo extraído da soja e o solvente utilizado, depois da saída do extrator. Suas principais características são: cor escura, forte odor, alto teor de fosfatídeos e presença de goma. A qualidade deste produto é afetada diretamente pelas propriedades da soja processada e pelo extrator utilizado, sendo geralmente utilizado um tanque pulmão para armazenamento antes da sequência para o refinamento do mesmo.

Já o óleo degomado é resultante da retirada dos fosfolipídeos por meio de centrifugação, o que resulta em uma substância mais clara, com um teor 90% menor de fosfatídeos e sem a presença de gomas. Apesar de ainda se tratar de um produto intermediário, a sua comercialização direta é comum nas grandes empresas esmagadoras de soja e normalmente tem como alvo a importação.

Por fim, o óleo vegetal comestível é o resultado final da refinaria e é comercializado amplamente no varejo, sendo caracterizado por ser claro, com odor fraco, constituído principalmente por triglicerídeos de ácidos graxos e contendo pequenas quantidades de outros lipídeos.

O controle de qualidade deve ser extremamente rigoroso, por se tratar de um produto alimentício, e variáveis como presença de sabão, acidez, peróxidos e outros componentes são de importante avaliação antes de iniciar o envase e distribuição.

De acordo com Embrapa (2001) o processamento da soja pode ser separado basicamente em quatro etapas, como ilustrado nas próximas imagens:

- Recebimento dos grãos
- Preparação da soja
- Extração do óleo bruto
- Refinamento do óleo e secagem do farelo

A soja recebida geralmente tem como procedência produtores locais e o principal meio de transporte utilizado são caminhões carregando entre 20 e 40 toneladas da matéria prima. Os grãos são encaminhados pela portaria e seguem para a classificação, em que se analisa a umidade e presença de impurezas nos mesmos. Essas duas características podem alterar o preço pago já que afetam diretamente a qualidade do processo final. Os caminhões seguem para os tombadores, locais em que a soja é descarregada, e daí para peneiras rotativas que tem a função de remover impurezas antes de os mesmos serem armazenados nos silos. Conforme a necessidade da fábrica a soja é enviada para o processo e afim de que a umidade esteja ideal, entre 11 e 12%, esta passa por secadores que buscam mantê-la nesta faixa (GUARIENTI,2009).

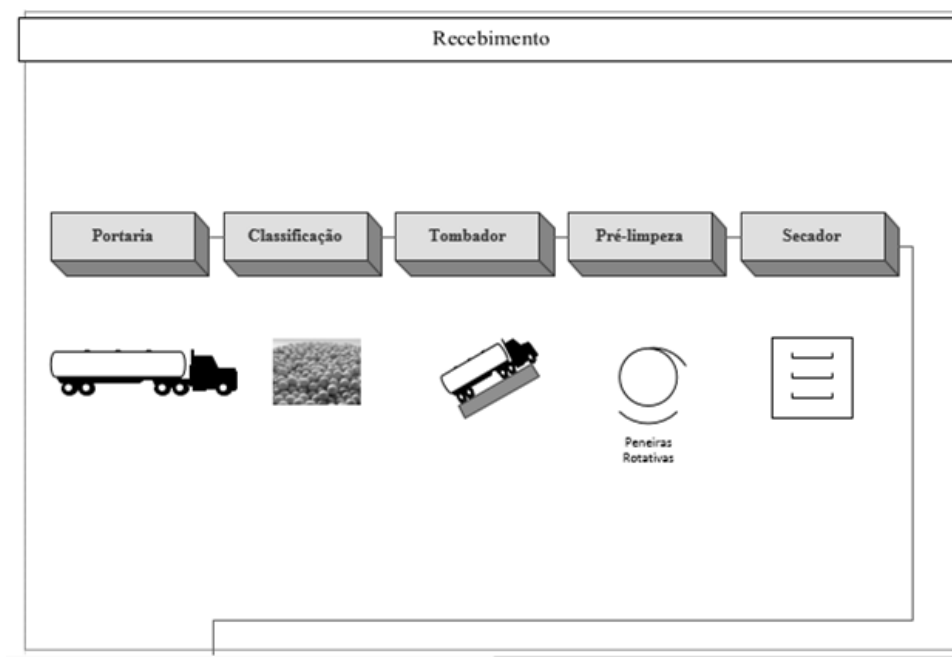


Figura 3 – Etapa de recebimento da soja – Criação própria

Segue-se então para a preparação dos grãos, ou seja, a etapa que almeja deixar os mesmos com as características ideais para a extração do óleo e obtenção do farelo. Agitadores magnéticos iniciam o processo removendo impurezas presentes, posteriormente passando pelos quebradores que fragmentam a soja em oito pedaços e os separadores de casca, ciclones com a função de remover a casca presente e encaminhar a mesma para ser armazenada em silo e ser posteriormente adicionada no farelo (CUSTÓDIO, 2003).

Conforme indica Guarienti (2009) com os grãos quebrados e sem casca estes seguem para ser condicionados, ou seja, atingir características ideais para a laminação, como plasticidade e umidade baixa. Os laminadores, equipamento com dois rolos que giram em sentido oposto, têm em sua saída lâminas com espessura entre 25 e 30 milímetros que possuem como principal característica a formação de bolsões de óleo.

Para se ter uma extração do óleo eficiente, no entanto, é necessário passar as lâminas por um equipamento que, variando temperatura, pressão e volume, consegue expandi-las e assim ter o óleo distribuído de maneira mais uniforme. Antes de seguir para a próxima etapa a massa expandida deve ser resfriada até uma temperatura de 58°C a fim de otimizar o processo (EMBRAPA, 2001).

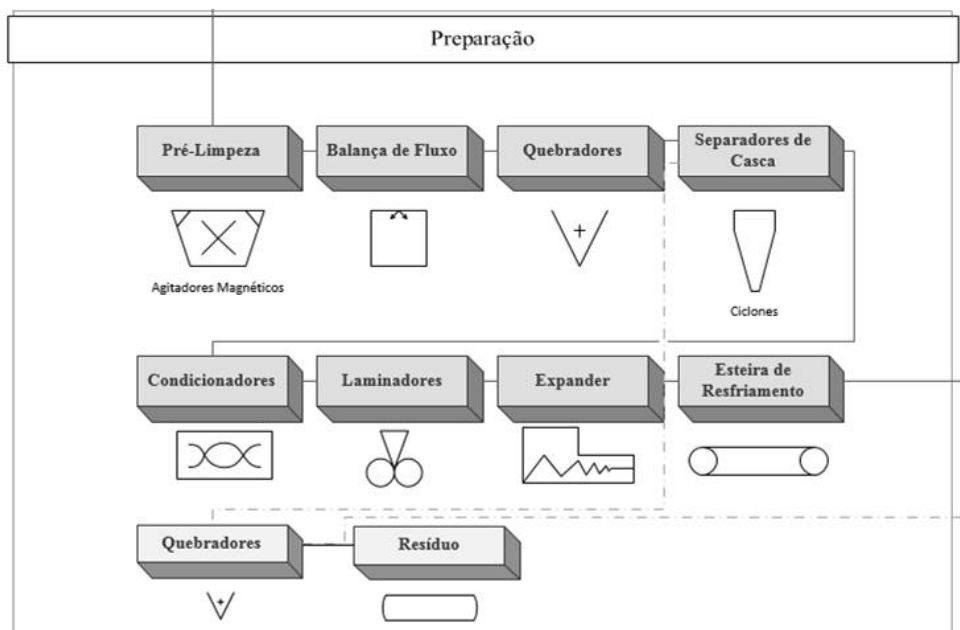


Figura 4 – Etapa de preparação dos grãos – Criação própria

Custódio (2003) explica que o extrator rotativo recebe a massa expandida e, por meio de lavagens com hexano, tem como saídas a micela, uma mistura entre solvente e óleo, e o lex, uma composição de farelo, óleo e solvente. Este equipamento separa o processo em duas linhas: farelo e óleo. O primeiro segue para a remoção do solvente, ser tostado, secado, britado e posteriormente embarcado para a destinação final, enquanto que o óleo bruto segue para a refinaria.

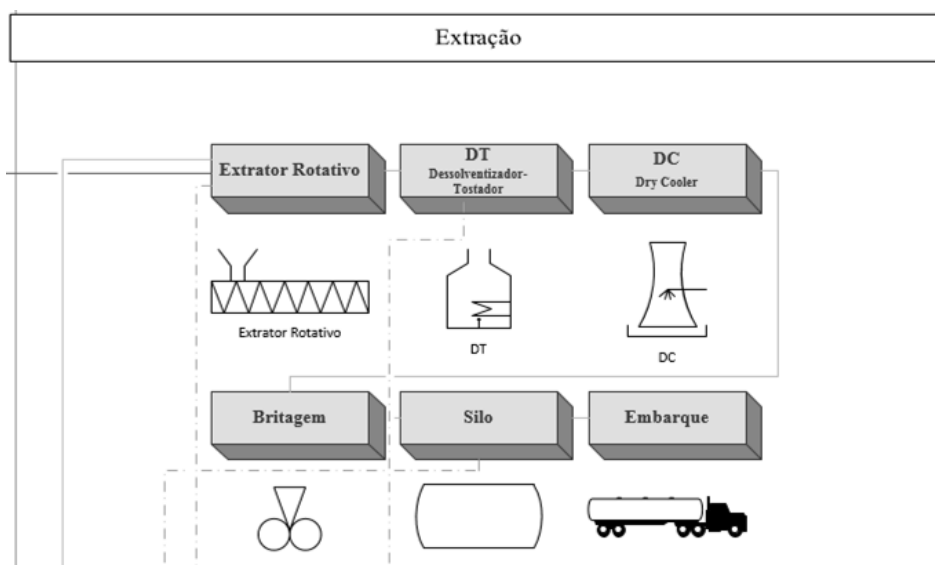


Figura 5 – Etapa de extração do óleo bruto – Criação própria



Segundo Embrapa (2001) o óleo extraído, classificado como bruto, passa por quatro etapas na refinaria:

- Degomação
- Neutralização
- Clarificação
- Desodorização

Na primeira parte, o óleo segue para uma centrífuga em que se tem a adição de água e a remoção da goma, que por sua vez segue para ser secada e transformada em um subproduto com valor comercial, a lecitina. O óleo já sem goma, degomado, passa por um filtro de polimento e um secador para remover impurezas e umidade, e depois segue para um tanque de agitação contínua em que se adiciona água ácida e posteriormente um álcali com o intuito de remover substâncias não desejadas e evitar a formação de sabão.

O óleo neutralizado passa por um filtro de terra ativada e posteriormente para uma torre de destilação, o desodorizador, que tem como função eliminar sabores, odores e substâncias indesejadas, obtendo o tocoferol, subproduto com valor comercial, e o principal produto gerado no processo: o óleo refinado (EMBRAPA, 2001).

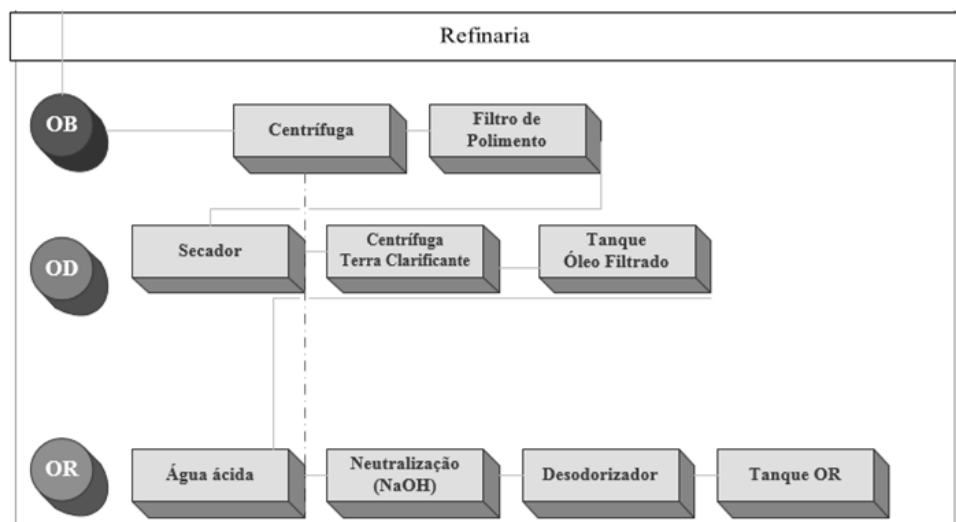


Figura 6 – Etapa da refinaria do óleo bruto – Criação própria

#### 4.1.2 Entradas e saídas

A degomagem do óleo tem como finalidade remover os fosfatídeos, proteínas e substâncias coloidais, reduzindo também a quantidade de álcali necessária na neutralização.

O óleo que estava armazenado no tanque pulmão é aquecido a uma temperatura entre 60°C e 70°C, sofre a adição de 1% a 3% de água e é então direcionado para a centrífuga que, em um tempo de 20 a 30 minutos, produz um precipitado e o óleo degomado que segue para filtros de baixa micragem para retirada de sólidos.

Já o precipitado se trata de um subproduto com valor comercial e é homogeneizado, secado e levado a um tanque de viscosidade para posteriormente ser vendido como lecitina, utilizada principalmente na indústria alimentícia.

A adição de ácido fosfórico é feita para auxiliar na retirada de toda a goma restante no óleo e é necessário então realizar a neutralização com álcali para alcançar as características desejadas. Além disso, tem-se a eliminação de impurezas, como proteínas, ácidos graxos oxidados e glicerídeos.

Em um tanque com agitação contínua tem-se a entrada do óleo degomado para que se possa realizar um tratamento químico a fim de atingir determinadas especificações de características físico-químicas. A primeira lavagem feita é com água ácida quente e posteriormente tem-se a adição de NaOH 50% para a neutralização e remoção de sabão residual. Na saída, este óleo neutralizado passa por um filtro com terra ativada com o objetivo de remover resíduos sólidos e clarificar o mesmo.

Por fim, o óleo passa por uma torre de destilação de 5 pratos recheada para remoção de substâncias não desejadas no produto final, como peróxidos, ácidos graxos livres e tocoferol. As principais características da desodorização é a remoção completa de sabores e odores indesejados, aplicação de vácuo para facilitar a operação e injeção de vapor para controle de temperatura nos pratos.

#### 4.1.3 Principais equipamentos

O primeiro equipamento em destaque é a centrífuga, que no processo estudado possui duas correntes de entrada, óleo e água, e duas de saída, resíduo e óleo. Basicamente a centrifugação se configura da separação de líquidos – nesse caso óleo e goma solubilizada em água – a partir de rotação e separação por diferença de densidade.

Com a criação de uma zona de baixa pressão e outra de alta pressão, o líquido que se encontra entre as palhetas no interior do rotor é arrastado do centro para a periferia pelo efeito da força centrífuga, produzindo um fluxo em alta velocidade contra a carcaça e ocorre a

separação entre os líquidos, sendo que um escorre pelo fundo da centrífuga e outro é bombeado por uma saída lateral. A figura abaixo ilustra as linhas de entrada e saída além do movimento de rotação no equipamento.

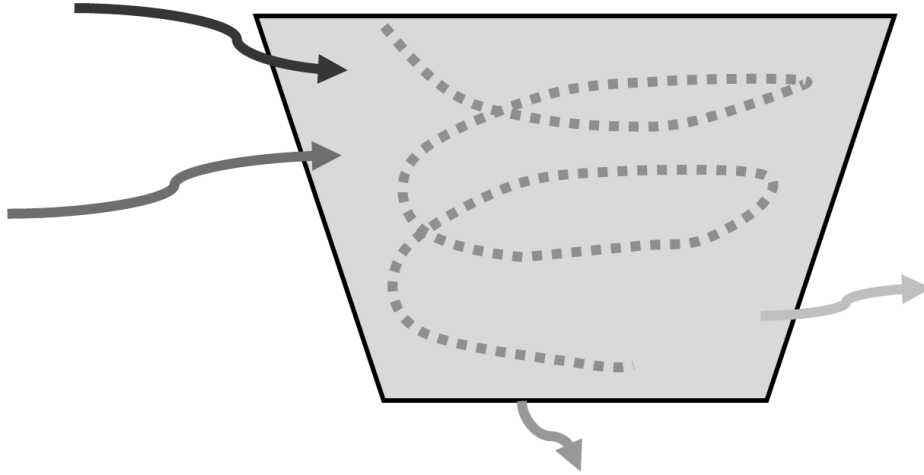


Figura 7 – Centrífuga em uma refinaria do setor – Criação própria

Já o tanque de neutralização conta com um sistema de agitação contínua e não tem acúmulo de reagentes ou produtos, ou seja, o fluxo é contínuo durante toda a operação da refinaria. A primeira entrada é a de óleo e lavagem ácida, depois sendo adicionado NaOH e tendo a saída o óleo neutralizado. Neste equipamento é possível a reação e homogeneização entre os reagentes para que se obtenha as características desejadas para o óleo.

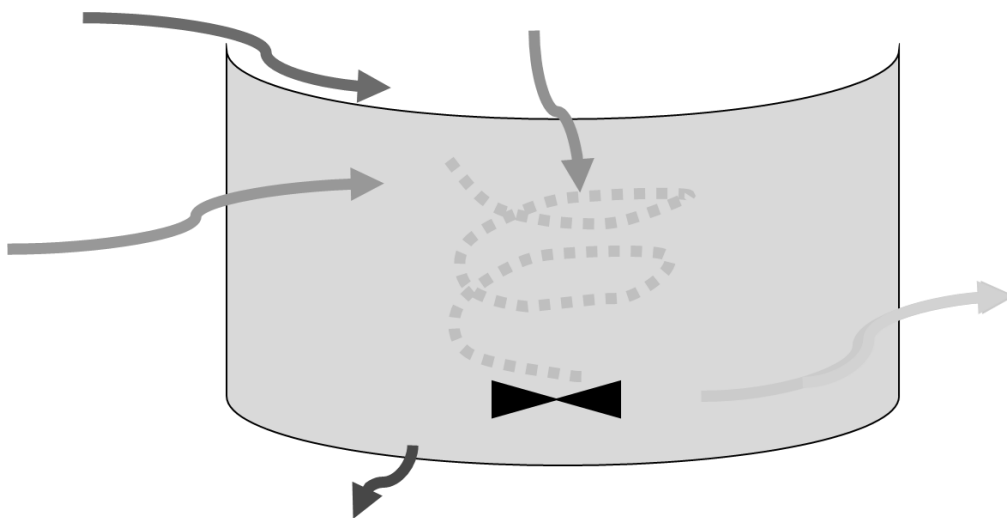


Figura 8 – Tanque de neutralização em uma refinaria do setor – Criação própria

A etapa de desodorização conta com uma torre de destilação que tem como função separar do óleo substâncias, odores e sabores indesejados. O processo físico de equilíbrio líquido vapor é o fundamento da destilação, que permite separar dois ou mais componentes de uma mistura. A diferença de volatilidades entre os componentes é o princípio base de funcionamento.

O funcionamento deste equipamento pode ser basicamente resumido na capacidade de promover a transferência de calor e massa entre correntes líquidas e de vapor saturadas. Formado por um recipiente cilíndrico com pratos internos, tem-se a circulação de vapor e líquido em contracorrente que se encontram em cada prato e o deixam em equilíbrio.

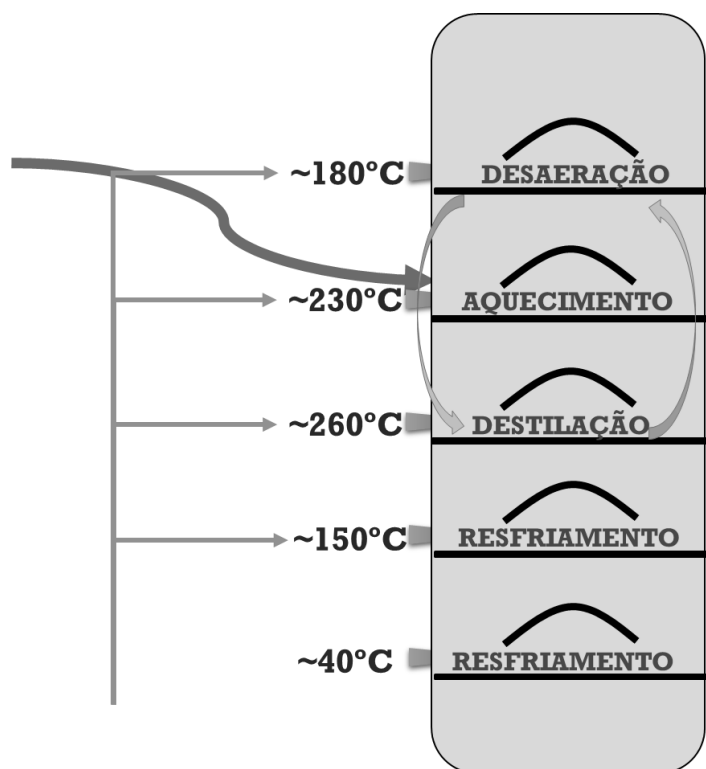


Figura 9 – Torre de destilação de neutralização em uma refinaria do setor – Criação própria

#### 4.2 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Segundo a AIChE, perigos são componentes físicos ou químicos característicos do processo que possuem potencial para causar danos a pessoas, meio ambiente e propriedade, podendo ser intrínsecos do material ou seu uso. Os acidentes históricos no setor industrial químicos revelam que a falta de conhecimento dos perigos auxiliou na ocorrência dos mesmos.

Baseado no aprendizado obtido com estes eventos, atualmente as empresas estão tomando atitudes proativas e uma das principais é a aplicação da metodologia do gerenciamento da segurança de processos. Para aplicar o PSM, porém, é necessário conhecer o funcionamento, os perigos associados e quais os possíveis cenários e ações necessárias para cada um. Esse entendimento da situação geral permite que a equipe aplique as ferramentas, procedimentos e desenvolva planos de ação para diferentes situações.

Este capítulo tem como objetivo demonstrar como pode ser feita avaliação dos perigos do processo, utilizando como exemplo o estudo de caso realizado no trabalho. O primeiro passo é um levantamento teórico com o auxílio da metodologia de análise de perigos, sendo seguida pela identificação dos principais riscos encontrados e por fim o levantamento de critérios de risco percebido para posterior uso.

#### 4.2.1 Análise dos perigos do processo

Algumas indústrias químicas possuem plantas piloto ou simulam suas operações em laboratório para estudar melhorias no processo. Além disso é possível utilizar destas instalações para investigar possíveis falhas e assim evitar acidentes na escala industrial, pois como afirmam Aziz, Shariff e Rusli (2013) existem semelhanças entre laboratório e realidade. A OSHA, por meio da norma 29 CFR 1910.119, indica métodos para se trabalhar com a segurança de processos nas operações em laboratórios e plantas pilotos.

Entretanto, a instalação de plantas piloto é uma ação muito custosa e grande parte das empresas não acreditam em seu custo benefício. Outras medidas que possuem um custo menor atingem as expectativas dos gestores e são indicadas pela OSHA para a investigação de possíveis falhas nas plantas.

A metodologia de análise dos perigos do processo (PHA, do inglês *Process Hazard Analysis*) é um exemplo e permite determinar locais com potencial problemas de segurança do processo, identificar medidas corretivas e planejar ações emergenciais para eventuais falhas de controles de proteção.

Nas próximas páginas deste item serão apresentadas as análises realizadas no processo estudado com o uso de três ferramentas já discutidas – “e se”; HAZOP; Árvore de Falhas – e posteriormente o destaque e discussão sobre os perigos levantados no estudo realizado sobre a refinaria de empresas do setor.

A tabela abaixo retrata uma análise utilizando a ferramenta “e se” para o caso da refinaria em uma empresa esmagadora de soja, considerando cada etapa do processo e as informações já levantadas durante o trabalho.

<b>E se ...</b>	<b>Consequência</b>	<b>Recomendações</b>
A água utilizada na centrífuga for insuficiente	Passagem de goma em maior quantidade para a neutralização	Verificar constantemente o fluxo de água na centrífuga
Ocorrer vazamento de água ácida ou álcali no tanque de neutralização	Contaminação do ambiente e possibilidade de contato das substâncias com colaboradores	Desenvolver sistemas de contenção ao redor do tanque e planos de emergência
Acontecer a saturação dos filtros clarificantes	Passagem de sólidos e ineficiência na clarificação	Montar planejamento para verificação e troca dos filtros
Houver queda de vácuo no desodorizador	Aumento da energia e tempo necessário na etapa	Receber notificações da caldeira sobre variações imediatamente
Houver variação da temperatura no desodorizador	Dano as características do produto final	Monitorar a caldeira e inserir controladores no sistema
Ocorrer vazamento das substâncias destiladas	Perigo de intoxicação, explosão e incêndio	Examinar periodicamente a torre de destilação
Ocorrer vazamento de óleo refinado	Contaminação do ambiente e da área com óleo quente	Possuir sistemas de contenção ao redor do desodorizador

Tabela 1 – Análise “e se” para uma refinaria em uma empresa esmagadora de soja – Criação própria

Nas tabelas abaixo tem-se a aplicação da ferramenta HAZOP para a linha operacional de neutralização.

<b>Parâmetros</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>A – Fluxo</b>					X					
<b>B – Temperatura</b>		X	X							
<b>C – pH</b>						X				
<b>D – Agitação</b>					X					
<b>E – Nível</b>								X	X	
<b>F – Reação</b>				X						

Tabela 2 – Combinação de parâmetros na neutralização – Criação própria

Linha	Parâmetro	Desvios	Causas	Consequências	Ações
Neutralização	A	5	Fluxo reduzido de um ou mais reagentes	Produto fora de especificação	Averiguar encanamento e sistemas de alimentação
	B	2/3	Água ácida com temperatura baixa	Reação não completa.	Verificar sistema de aquecimento
	C	6	pH não neutro ao sair do tanque	Danos aos próximos equipamentos	Checar sistema de monitoramento
	D	5	Problemas com o sistema de agitação	Reação não completa	Manutenção preventiva no sistema de agitação
	E	8/9	Nível alto no tanque e vazamento	Parada no processo.	Conferir controles de nível periodicamente
	F	4	Contaminação por sabão	Produto fora da especificação	Apurar a qualidade dos reagentes

Tabela 3 – Registro da análise HAZOP – Criação própria

Considerando a refinaria do setor em estudo, pode-se desenhar uma árvore de falhas sobre a coluna de destilação por se tratar de um equipamento complexo e de uma etapa importante para a indústria. Definindo o problema tem-se:

- Evento principal: Problemas no desodorizador devido à temperatura alta
- Evento existente: Alta temperatura na torre de destilação
- Eventos não considerados: Falhas elétricas, catástrofes naturais
- Limites físicos: O equipamento ilustrado na figura X
- Configuração do equipamento: Alimentação no segundo prato, processo contínuo e com vazão máxima.
- Nível de resolução: O equipamento ilustrado na figura X

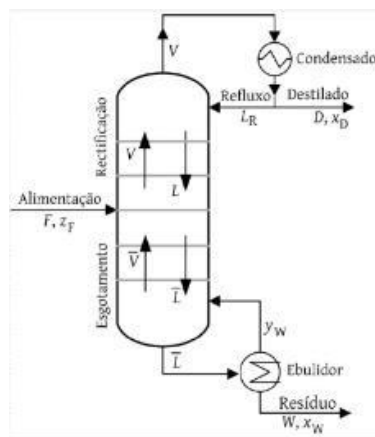


Figura 10 – Desodorizador de neutralização em uma refinaria do setor (SANDERS, 2005)

Como possíveis causas do evento principal têm-se:

- Falha no alarme de alta temperatura, que por sua vez pode ter sido causado pela falha na luz de alarme ou falha no interruptor de temperatura.
- Falha no sistema de desligamento de emergência, que por sua vez pode ter sido causado pela falha no interruptor de temperatura ou na válvula de alívio de temperatura.

Abaixo, segue a árvore de falhas para este caso:

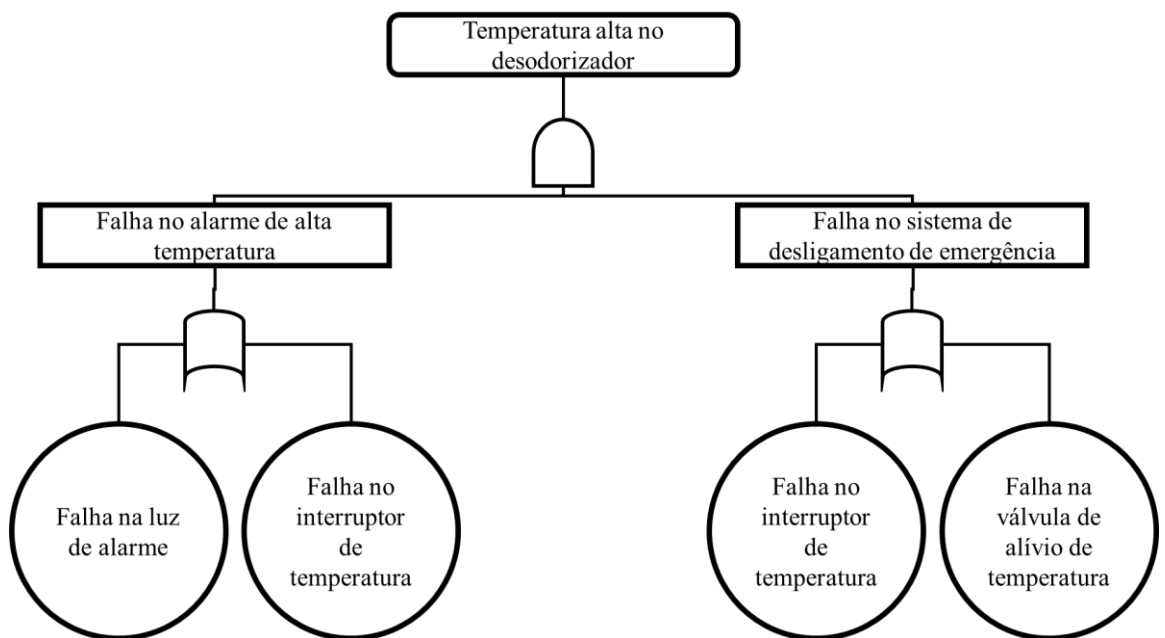


Figura 11 – Árvore de falhas para falha na refinaria – Criação própria

O uso das ferramentas permite que a empresa possa analisar basicamente possíveis causas, suas consequências e discutir quais ações são necessárias em cada caso. E apesar de sua aplicação ser simples um time de profissionais experientes é requerido para que se possa ter um resultado ótimo e soluções eficientes. Além disso, as ferramentas podem ter seu uso conjunto, ou seja, uma servir de complemento à outra para que se possa chegar a resultados otimizados.

A análise “e se” serve como um princípio de discussão para cada ponto levantado, ou seja, a partir daí o time envolvido deve investigar os possíveis erros no setor e propor melhorias estruturadas de acordo com um estudo mais denso sobre o assunto. A simplicidade do método



permite que os membros da equipe levantem possibilidades juntamente com os operadores de forma simples e rápida.

Para o caso da refinaria uma possível ação posterior a construção da tabela pode ser a priorização de acordo com a gravidade dos problemas levantados e seguinte investigação para implementar uma ação corretiva imediata. As questões com menor importância também seriam registradas para serem apuradas em outro momento, a fim de que se possa mitigar as falhas em todo o processo.

Segundo Martins (2014) a análise HAZOP permite que o time visualize os problemas de acordo com os parâmetros desejados e com desvios definidos, ou seja, auxilia no levantamento de informações mais específicas sobre cada caso e conseqüentemente facilita a idealização de medidas mitigadoras.

Para problemas de fluxo, por exemplo, tem-se uma visão mais clara sobre quais aspectos estão sendo afetados e disso pode-se tirar conclusões mais assertivas. Uma possibilidade de resolução nesse caso seria a verificação do sistema de alimentação imediatamente e em uma futura parada programada checar se não há problemas com a tubulação utilizada.

A árvore de falhas, por sua vez, pode ser usada em uma etapa posterior ao uso das ferramentas anteriores já que permite o estudo de um caso específico com a definição do sistema, limites e suas características. Com o evento principal esclarecido deve-se então decidir as possíveis causas para cada nível da árvore, fato que é facilitado pelo formato visual da metodologia. Outra vantagem do método muito útil na indústria é a facilidade para apresentar e explicar os resultados obtidos para pessoas não envolvidas no projeto, pois muitas vezes as ações necessárias requerem recursos dispendiosos.

Analisando os resultados encontrados com as três ferramentas tem-se que os principais perigos envolvem vazamentos, variação de temperatura e problemas no fluxo de produtos e reagentes.

#### 4.3 IDENTIFICAÇÃO DE CENÁRIOS

Apesar do gerenciamento da segurança de processos ter como objetivo evitar todos os riscos envolvidos e mitigar suas conseqüências, a realidade de sua aplicação demonstra que é necessário priorizar os casos, investindo maior quantidade de recursos e esforços para resolver aqueles que apresentam maior perigo.

Em vista disso, o próximo passo após o levantamento de perigos é a identificação de quais os pontos que apresentam maior necessidade de atenção e o guia RBPS classifica essa etapa como identificação de cenários. Resumidamente trata-se do levantamento de possíveis ocorrências e a descrição da situação a fim de auxiliar o estudo das mesmas durante as próximas etapas.

Sendo assim, este capítulo tem o intuito de identificar os possíveis cenários em uma refinaria no setor estudado e discutir sobre a formação e ocorrência do evento na operação, falha de equipamentos e sistemas de controle.

#### 4.3.1 Possíveis cenários

Considerando os principais perigos encontrados com o uso das ferramentas escolhidas, este item irá analisar possíveis cenários para cada um destes durante o processo de refino do óleo bruto.

O produto final obtido é o óleo vegetal comestível e o mesmo não apresenta características físicas similares a substâncias químicas classificadas como perigosas, assim como os intermediários na refinaria, mas podem acarretar graves acidentes na área da segurança de processo durante as etapas de refino similarmente a outros setores industriais químicos.

No quesito de vazamento as possibilidades são diversas, já que o transporte é realizado por meio de tubulações, o líquido é trabalhado em uma temperatura alta, tem-se a adição de produtos químicos, entre outros fatores. Baseando-se na literatura e informações da ABIOVE este item irá considerar os três pontos mais problemáticos para o problema de vazamentos:

- Tubulações
- Equipamentos
- Tanques

A refinaria de uma indústria esmagadora de soja é composta por diversos equipamentos, tanques, filtros, entre outros e trabalha com o óleo bruto, e os intermediários, que será transformado no produto final. O transporte destes líquidos é feito por meio de tubulações de vários diâmetros, tipos e comprimentos, percorrendo toda a estrutura do setor e área externa onde se encontram os tanques.

No segundo volume de seu livro prevenção de perdas nos processos industriais, Lees (1996) discute sobre os principais problemas que podem ocorrer em relação ao transporte por meio de tubos para uma refinaria são os seguintes:

- Corrosão
- Falha mecânica
- Erro operacional

No primeiro caso tem-se duas possibilidades: corrosão interna e externa. Isso significa que é importante acompanhar todo o ciclo de vida em relação aos tubos, desde a escolha do material, instalação correta no recinto e proteção contra eventos naturais ou externos. Acidentes com corrosão além de acarretar em vazamento do produto e consequente perda de material, parada no processo e dano a estrutura, pode causar acidentes com os colaboradores e meio ambiente.

Para evitar este tipo de problema uma possibilidade é a verificação periódica das tubulações por meio de uma *checklist*, ou seja, uma lista com itens para serem conferidos e certificados como conformes ou não, a fim de agir de forma preventiva.

Falhas mecânicas, por sua vez, ocorrem quando há o rompimento do material e podem ser causados por contato físico, eventos naturais (furacões, terremotos), agentes químicos (chuva ácida, substâncias químicas) entre outras possibilidades. Da mesma forma que o caso anterior, essa falha pode causar perdas do produto, acidentes e danos materiais. A ferramenta ‘5 por quê?’ é um método simples para se avaliar pequenos incidentes pelo fato de permitir ao colaborador investigar as possíveis causas e determinar ações imediatas para que se evite eventos maiores.

Entre as principais causas dessa falha pode se destacar a falta de acompanhamento do estado do tubo, já que pequenos eventos, fraturas e quebras podem acarretar em futuros rompimentos. O tempo de fadiga, qualidade do material escolhido e condições do ambiente em que o mesmo é instalado são outros fatores que afetam diretamente o tempo de vida útil e seguro dos tubos, sendo necessário planejamento para que se realize o acompanhamento, reparos e até trocas da tubulação utilizada.

Apesar do principal líquido transportado ser óleo vegetal e este não possuir características de substâncias perigosas, tem-se linhas de ácidos e bases utilizados na etapa de

neutralização que, se comprometidas, podem resultar em graves acidentes químicos, alteração das propriedades do produto final e danos a estrutura.

Já o caso de erro operacional é configurado quando decisões equivocadas do operador afetam o funcionamento do sistema e resultam em aumento de pressão, temperatura ou outra causa que podem levar ao comprometimento das tubulações. Geralmente a ocorrência desta situação é presenciada quando não a pessoa não possui treinamento adequado, tempo de experiência suficiente para tomar decisões corretas e suporte do superior imediato em caso de dúvidas.

Dessa forma é necessário treinar funcionários novos com o auxílio de profissionais mais experientes e ferramentas que permitam maior entendimento sobre o processo, função e responsabilidades, além de dar suporte para eventuais dúvidas.

Na grande maioria das empresas a refinaria é controlada a partir de um sistema computadorizado que permite ao colaborador acompanhar as variáveis do processo e alterar algumas faixas de trabalho de acordo com a situação. Elementos de segurança como válvulas de alívio, desvio de linha e avisos na interface de comando auxiliam a prevenir acidentes por sua ação imediata, mas mesmo com o uso destas ferramentas cabe ao operador estar atento às circunstâncias e eventos que acontecem durante seu turno de trabalho.

As válvulas de alívio auxiliam no caso de aumento da pressão, já que permitem a liberação de vapor para que se tenha a normalização enquanto que desvios de linha servem quando ocorre entupimentos, interdições ou outras circunstâncias que impeçam o prosseguimento do material pela tubulação normal, sendo este desviado para uma linha alternativa. Essas situações, contudo, podem ser evitadas caso haja um procedimento que oriente o colaborador a inspecionar periodicamente variáveis importantes para certos equipamentos e, se necessário, tomar atitudes anteriores ao sistema de emergência.

Portanto, tem-se que o trabalho com tubulações requisita cuidado desde o planejamento até a operação no setor e envolve tanto a gerência quanto a equipe de operadores já que é necessária ação de ambos os grupos em determinados momentos para acidentes sejam prevenidos.

Outra característica marcante de uma refinaria em empresas do setor é o armazenamento dos líquidos de trabalho nos equipamentos e tanques, o que resulta no risco de vazamento. As principais consequências para tais eventos se configuram em possibilidade de acidente com

colaboradores, contaminação do meio ambiente e de trabalho, perdas do processo e danos materiais.

Diversas ferramentas são utilizadas na tentativa de evitar este tipo de problema e entre elas pode-se destacar as seguintes:

- Áreas de contenção
- Controle de nível
- Sistema de válvulas

Para evitar casos de derramamento do produto, intermediário ou reagente, é indicado que haja uma área de contenção ao redor equipamento ou tanque em que existe essa possibilidade, ou seja, um design que permita fácil contenção, limpeza e manutenção dos locais com maior tendência para este tipo de acidente, além de boa sinalização. A ferramenta “e se” é indicada para auxiliar na determinação dos locais adequados para instalação de uma área de contenção assim como as ações necessárias.

Juntamente a isso é necessário manter um plano de emergência para cada possível caso de vazamento, sendo os colaboradores treinados e os utensílios necessários para a contenção disponíveis e sinalizados. Uma pequena quantidade de óleo tem a capacidade de contaminar vários litros da água e o derramamento deste pode resultar em um impacto negativo para o ambiente, assim como o vazamento de reagentes ácidos e básicos podem causar acidentes e danos materiais.

Com o intuito de evitar os vazamentos é prática comum a instalação de controladores de nível, ou seja, ferramentas para manter o líquido dentro do volume desejado nos equipamentos e tanques. Desde sensores manuais até eletromecânicos esta tecnologia permite o trabalho, com limites inferiores e superiores para o líquido, dentro de uma margem de segurança.

No entanto, sistemas de backup e medidores visuais são indicados para que o operador possa ter segurança e possa agir preventivamente caso haja algum problema com os controladores. A falha desses acessórios pode resultar em vazamentos, falta de alimentação e até dano a equipamentos, e a inexistência de medidas de reserva pode ocasionar a parada no processo para manutenção ou troca do sistema.

A aplicação de instrumentos com controladores lógicos é uma escolha que possibilita, através de um sistema computadorizado, manter o nível entre limites superiores e inferiores

com pouca variação. A configuração PID – Proporcional Integral Derivativo – é a que possui melhor resposta a uma possível variação no fluxo, mantendo o nível ao redor de um valor estipulado, chamado *setpoint*, com variação mínima, chamada de *offset*, porém requisita controladores mais avançados.

Os controladores, entretanto, apenas enviam comandos de acordo com os cálculos feitos de acordo com a situação e o seu meio de ação no processo é o sistema de válvulas, que permitem maior ou menor fluxo conforme o necessitado. Além disso, há a possibilidade de desviar linhas, cortar fluxo e efetuar a medida de vazão com este sistema, sendo uma importante peça no controle de vazamentos em uma refinaria.

No entanto, tem-se algumas limitações dentre as quais pode-se destacar: o limite físico das válvulas, ou seja, elas trabalham com uma faixa limitada de fluxo que podem controlar; possíveis falhas mecânicas e eventuais trocas, fato que irá necessitar a parada no processo; e erro de comunicação entre controladores e válvulas, o que pode levar a necessidade de o operador agir manualmente.

Considerando estes pontos é possível entender que falhas mecânicas são passíveis de ocorrência e que as ferramentas para evitar estes casos têm limites, sendo necessário sistema de backup e procedimentos de emergência para eventual ação dos operadores.

Os equipamentos envolvidos são integrados e controlados por sistemas informatizados, cabendo ao operador monitorar os dados da tela, atentar-se para o caso de alarmes e realizar pequenas manutenções necessárias para a continuidade da operação. O investimento realizado pela indústria na compra destes considera a capacidade de processamento, eficiência, necessidade de manutenção, entre outros fatores e com isso espera-se uma continuidade operacional que justifique os altos custos.

O levantamento de cenário é essencial para a aplicação do gerenciamento da segurança de processos já que permite a empresa reunir profissionais da área a fim de estudar as possibilidades nos problemas levantados em etapas anteriores. Independente da peculiaridade de cada processo, equipamentos envolvidos e experiência dos profissionais, o guia RBPS auxilia a companhia a evoluir no procedimento para chegar a possíveis soluções de melhoria.

Para alcançar esse objetivo, porém é necessário analisar a probabilidade dos acidentes se baseando no histórico, casos no setor e aprendizados na área. O próximo passo da

metodologia tem como objetivo avaliar a probabilidade dos possíveis acidentes levantados e irá auxiliar na definição das ações necessárias e áreas de prioridade.

#### 4.4 PROBABILIDADE DE ACIDENTES

Os riscos em uma indústria química estão presentes em todos os locais, seja em equipamentos, ruas ou escritórios, mas a partir do levantamento dos cenários realizados no item anterior é possível avaliar especificamente onde há maior probabilidade de ocorrência.

Diversos estudos realizados no mundo mostram a redução, mas não exclusão, dos acidentes industriais do setor químico. Dessa forma há a necessidade de continuar aprimorando os conhecimentos, práticas e técnicas para prevenir esses eventos, sendo o entendimento dos problemas um fator essencial.

Sendo assim, este item objetiva discutir o momento das indústrias envolvidas no estudo por meio de pesquisas feitas na literatura e em publicações realizadas por associações do setor.

##### 4.4.1 Tendências do setor

O último relatório de desempenho da Abiquim, com dados referentes a 2013, traz alguns indicativos sobre a aplicação do programa Atuação Responsável no país e reafirma o compromisso da associação em atender os elementos-chave do programa original do Conselho Internacional das Associações das Indústrias Químicas (ICCA).

Números das pesquisas revelam um bom resultado em diversas áreas e especificamente em relação à segurança percebe-se uma sensível melhoria no conhecimento sobre prevenção de acidentes de trabalho. As estratégias em diferentes instâncias, envolvendo governo, trabalhadores e empresas, são as principais responsáveis pelos avanços identificados.

Acidentes com e sem afastamento, no período entre 2006 e 2013, apresentaram reduções significativas no setor, porém o resultado mais satisfatório encontrado é em relação a taxa de gravidade, que mostra uma redução de 45,7% na ocorrência de acidentes graves e registro de zero fatalidades no ano de 2013.

Outro avanço importante para o setor é representado pela tecnologia aplicada nos mecanismos de proteção de instalações e confiabilidade das operações, ou seja, a aplicação de

sistemas que permitam a segurança de processo ao longo de todo o ciclo de vida, envolvendo funcionários e atividades da organização.

No Brasil, a Abiquim por meio da Comissão de Segurança de Processo tem trabalhado no sentido de disseminar práticas e proporcionar a capacitação no assunto. Além de assuntos técnicos, um desafio é conscientizar as empresas sobre a importância de registrar e informar seus eventos, a fim de que estes possam ser estudados e contabilizados em estudos. Dessa forma, é possível avaliar mais consistentemente o perfil da indústria nacional e planejar melhor as ações para a melhoria dos resultados.

Entretanto, eventos na área de segurança de processos continuam a ocorrer. Os dados do gráfico 1 revelam uma elevação nos acidentes de processo com lesões, vazamentos e eventos com fogo.

Avaliando os dados percebe-se a necessidade da melhoria contínua com ações proativas, investimentos de recursos e tempo na investigação dos acidentes e capacitando funcionários a fim de reduzir as ocorrências e os impactos nas indústrias químicas.

Para ter-se o acompanhamento do desempenho da indústria em relação a segurança de processos é necessário manter o controle de indicadores interessantes para a gerência da melhoria contínua, como por exemplo taxa de acidentes com e sem afastamento, vazamentos, paradas não programadas, ocorrência de produtos fora da especificação, incêndios, entre outros.

#### 4.4.2 Obtendo aprendizado

Cada empresa deve possuir um sistema de registro e armazenamento dos acidentes ocorridos amplamente divulgado e simples para que tenha participação efetiva dos funcionários. Além disso, este deve abranger todo ciclo de vida do produto, ou seja, desde o fornecedor da matéria prima até o destino final a fim de que se tenha resultados mais expressivos (RIVIERE; MARLAIR; VIGNES, 2010).

Diversas empresas do setor estudado já aplicam ferramentas para que os funcionários discutam sobre os acidentes ocorridos na planta e em outras filiais, promovem eventos com relação à conscientização sobre segurança e promovem continuamente projetos para prevenção de acidentes. No entanto é necessário transformar estes dados em informações, ou seja, segmenta-los por setor, tipo, causa e outros a fim de facilitar as decisões a serem tomadas pelos gestores no momento de traçar estratégias para redução de acidentes (RIVERA et al., 2015).



Neste intuito associações em todo o mundo coletam esses dados para gerar gráficos sobre a evolução de diversos indicadores e, em conjunto com as empresas, buscar soluções para os problemas encontrados nos diversos setores. Casos de proporções globais são analisados profundamente para que os mesmos erros cometidos não venham ser repetidos, novas medidas de proteção sejam tomadas e até mudanças em regulamentações, tecnologias ou no processo sejam feitas.

Fatores como exposição e vazamento de produtos químicos, mortes, danos a instalações, processo e comunidade, entre outros servem para categorizar os riscos que envolvem os processos nas indústrias químicas, ou seja, é um setor que envolve diversos perigos. Pelo fato de envolverem aspectos socioeconômicos e ambientais as análises realizadas sobre os eventos devem ser tanto qualitativas, como algumas ferramentas já destacadas (“e se”, árvore de falhas e HAZOP), quanto quantitativas.

Do ponto de vista matemático duas técnicas quantitativas que são recomendadas pelo comitê de segurança de processos da AIChE podem ser destacadas: QRA e LOPA. A teoria sobre ambas foi retirada do livro *Segurança de Processos Químicos*, de Daniel A. Crowl.

A primeira, Análise Quantitativa de Riscos (do inglês *Quantitative Risk Analysis*), é uma metodologia que auxilia no entendimento de riscos gerais do processo e na identificação dos locais em que as operações, engenharia e manutenção podem ser melhoradas a fim de diminuir os riscos. Uma de suas principais vantagens é a efetividade na avaliação de perigos nos quais os métodos qualitativos não conseguem trazer diferentes alternativas e estratégias de redução. Seu uso pode ser resumido em cinco etapas:

1. Definir potenciais sequências de eventos e incidentes;
2. Avaliar as consequências destes;
3. Estimar as frequências dos incidentes;
4. Estimar os impactos no âmbito socioeconômico e ambiental;
5. Plotar um gráfico de frequência x consequências para avaliar se os riscos são aceitáveis ou não.

A segunda ferramenta é definida como Análise das Camadas de Proteção (do inglês *Layer of Protection Analysis*) e objetiva analisar o efeito de diversas camadas de proteção adicionadas ao redor de um evento sobre sua frequência e consequências. Apesar deste método

utilizar valores aproximados e gerar resultados conservadores, em comparação ao anterior, este é capaz de auxiliar os gestores na tomada de decisão sobre os riscos aceitáveis ou não em um cenário levantado. Os principais passos para seu uso são os seguintes:

1. Identificar uma consequência;
2. Levantar um cenário de acidente e uma causa associada com a consequência;
3. Estimar a frequência do evento inicial;
4. Adicionar as camadas de proteção em torno da consequência escolhida e estimar a probabilidade de falha para cada uma;
5. Plotar um gráfico de frequência x consequências para avaliar se os riscos são aceitáveis ou não.

Com a finalidade de ilustrar o uso e aplicação das ferramentas apresentadas no setor estudado, apresenta-se abaixo um exemplo referente ao problema de vazamento de álcali no tanque de neutralização da refinaria em uma indústria esmagadora de soja.

Aplicando os passos para a LOPA tem-se:

1. A consequência analisada será a questão de vazamento de álcali.
2. O cenário se passa no tanque de neutralização na refinaria e a principal causa investigada é a falha no controlador de nível do tanque.
3. Estima-se que esse problema ocorra, em média, uma vez por mês e em uma escala anual  $1/365$  ou  $0,00274$  aproximadamente.
4. A imagem abaixo representa as camadas de proteção em relação ao vazamento no tanque e a tabela seguinte as probabilidades estimadas de falha dos mesmos.

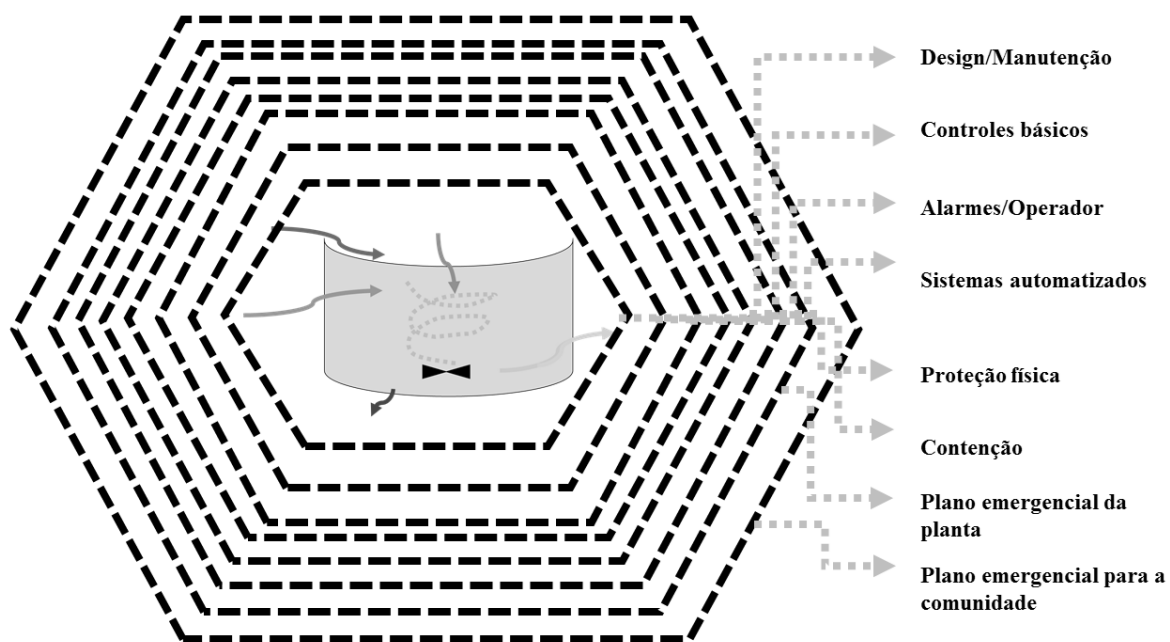


Figura 12 – Camadas de proteção em relação ao vazamento no tanque – Criação própria

Camada de proteção	Frequência – dias no ano (dias/365)
1 - Design/Manutenção	12 (0,033)
2 - Controles básicos	6 (0,0165)
3 - Alarmes/Operador	3 (0,082)
4 - Sistemas automatizados	1 (0,0028)
5 - Proteção física	$10^{-1}$ (0,00028)
6 - Contenção	$10^{-3}$ (0,0000028)
7 - Plano emergencial da planta	$10^{-4}$ (0,00000028)
8 - Plano emergencial para a comunidade	$10^{-5}$ (0,000000028)

Tabela 4 – Frequência de dias no ano por camada de proteção - - Criação própria

- Com a frequência estimada para a falha de cada camada de proteção aplicada ao evento analisado, pode-se construir um gráfico de frequência x consequência, em que a região inferior a linha representa a área em que as falhas são aceitáveis enquanto que acima da mesma os erros não são aceitáveis.

Aplicando a outra ferramenta, QRA, tem-se:

1. Para o mesmo evento, uma possível sequência de eventos segue:

- Falha no controlador de nível;
- Erro no painel de controle do equipamento não indicando o problema anterior;
- Aumento constante do nível no tanque;
- Defeito no sistema automático de alívio de nível;
- Início da produção de produto não conforme;
- Vazamento de álcali na área próxima;
- Expansão da área do produto químico sobre a contenção e avanço com risco aos funcionários do setor;
- O produto entra em contato com outros equipamentos e depósito de outras substâncias;
- Começo de incêndio na instalação do equipamento e alastramento para áreas próximas;
- Fogo atinge setor com alta concentração de solvente inflamável e há o risco de explosão na planta.

2. No primeiro instante as consequências afetam apenas o equipamento, sendo supridas com ações de manutenção, mas conforme a evolução do problema pode-se ter a necessidade da mobilização de funcionários do setor para verificar o evento. Com a persistência do erro, o processo é afetado e o produto passa a ser produzido fora da especificação. O vazamento além da contenção oferece riscos para os operadores da área por exposição ao produto químico e na possibilidade de se iniciar um incêndio que em um curto período de tempo pode se alastrar na unidade toda e até com o potencial de afetar a comunidade próxima.

3. Separando os incidentes por categoria de acordo com a sua área de atuação pode-se estimar a frequência dos mesmos de acordo com a tabela abaixo.

<b>Incidentes (área de atuação)</b>	<b>Frequência – dias no ano (dias/365)</b>
1 – Equipamento	36 (0,099)
2 – Setor	12 (0,033)
3 – Processo	4 (0,011)
4 – Funcionários	1 (0,0028)
5 – Planta	$10^{-1}$ (0,00028)
6 – Comunidade	$10^{-3}$ (0,0000028)

Tabela 5 – Frequência de dias no ano por incidente – Criação própria

4. As três primeiras categorias de incidentes interferem diretamente no contexto econômico da companhia, já que envolvem custos de manutenção, realojamento de função, parada de processo, produtos fora de especificação, entre outros.

Quando os problemas atingem os funcionários adiciona-se o âmbito social pela possibilidade de afastamentos, injúrias e até mortes. Por fim, quando o evento está fora de controle e afeta a planta como um todo e a comunidade em volta tem-se um problema nas esferas social, econômica e ambiental, pois tem-se a liberação de produtos químicos, perda de atividade na planta e risco à vida dos funcionários.

5. Então, é possível plotar o gráfico..

A análise quantitativa sobre os perigos e a reflexão sobre os níveis aceitáveis de risco permitem que os gestores da unidade possam avaliar as possíveis consequências de eventuais falhas no processo nas três esferas mencionadas no exemplo anterior.

#### 4.5 CONSEQUÊNCIA DOS ACIDENTES

A indústria química, independente do ramo, consome uma grande quantidade de energia elétrica, recursos naturais, água, entre outros e também gera uma alta carga de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Além disso trabalha com substâncias inflamáveis, grandes equipamentos e máquinas além de utilizar altas pressões, temperaturas e fluxos de produtos.

Nesse contexto os acidentes em uma unidade têm alto potencial de destruição com consequências em diversas esferas, como já noticiado em casos históricos no setor. Explosões, incêndios, liberação de toxinas e vazamentos podem resultar em mortes, contaminação do meio ambiente, perda da capacidade de processamento e até levar empresas a falência.

Devido a isso gestores, governantes e funcionários devem ter como prioridade garantir a operação do processo com sustentabilidade e a maior segurança possível seja por meio de procedimentos, equipamentos, sistemas ou regulamentações.

Objetivando discutir as consequências de eventuais acidentes este capítulo traz dados sobre o efeito causado na sociedade e meio ambiente, dados sobre os danos ao meio ambiente e pessoas, propriedade e ao processo além de informações referentes ao custo de tais eventos às companhias.

#### 4.5.1 Pessoas e Meio Ambiente

Qualquer instalação industrial está inserida em um local que abrange uma sociedade local, fauna e flora do ambiente e é formada por trabalhadores de diferentes formações sociais.

Toda matéria prima para o processo da mesma é retirada da natureza, seja direta ou indiretamente pela própria empresa, e da mesma forma seus resíduos causam impacto ao chegarem no destino final. A relação entre empresa e a comunidade ao seu redor também é importante, sendo importante manter uma relação amistosa em fatores como barulho, trânsito, lixos e outros.

O Programa de Atuação Responsável indicado pela Abiquim para as indústrias químicas realiza uma integração com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada pela Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, em relação a disposição de resíduos e sete itens do seu programa estão alinhados as exigências da lei. Essa e outras ações provocaram resultados positivos segundo os indicadores estabelecidos para avaliar a gestão dos resíduos sólidos nas empresas do setor.

#### 4.5.2 Instalações e Processo

No cotidiano das fábricas é comum o incentivo para que os operadores relatem qualquer tipo de incidente, erro ou falha para que este possa ser registrado e caso necessário

estudado posteriormente. Na prática, entretanto, muitos funcionários omitem pequenos deslizes dos históricos e de seus chefes com medo de punições.

Este fato, porém, pode esconder falhas nas metodologias, equipamentos e processo e que caso fossem corrigidas imediatamente seriam de fácil solução. A falta de conhecimento nos mesmos tem alto potencial de acarretar em outros erros iguais ou maiores e o acúmulo e repetição destes em determinado local pode levar a um acidente.

Para ilustrar o potencial danoso de tais ações segue um exemplo para um processo em uma empresa esmagadora de soja. Se o operador responsável pela refinaria percebe que no momento de coletar amostra na centrífuga há um vazamento, mas não conserta ou passa para o próximo turno, há grande possibilidade desse episódio se tornar maior e afetar as instalações próximas e até o processo. A seguir tem-se uma hipotética sequência de eventos:

- Não notificação sobre vazamento na centrífuga;
- Vazamento se intensifica e tem-se uma ruptura pequena no encanamento de saída do equipamento;
- O óleo começa a se acumular nos locais próximos;
- Aumenta-se o rompimento e há perda de pressão na linha;
- Funcionários de diversas áreas procuram saber a localização do problema e a carga processada é reduzida;
- Depois de visualizar o vazamento perto da centrífuga, encontra-se o vazamento;
- Pela gravidade é necessário paralisar o processo para realizar manutenção na linha próxima ao equipamento;
- Uma avaliação posterior indica que o tempo de vida estimado da centrífuga foi reduzido em 50% por causa do acidente.

O caso ilustrado apesar de simples relata como uma pequena desatenção pode comprometer o desempenho da indústria como um todo, afetando tanto o processo quanto uma série de equipamentos. Levando em consideração as características pertinentes da indústria as consequências de falhas encontradas durante a operação podem ser catastróficas, como já exemplificado em itens anteriores.

O risco de incêndios e explosões é o que atualmente mais preocupa as autoridades e gerentes, já que a carga de produto químico com que se trabalha é alta e estaticamente é a

causa dos maiores danos nas indústrias. O hexano é um exemplo de substância muito utilizada nas empresas esmagadoras de soja e que é altamente inflamável, podendo entrar em autoignição à temperatura de 245°C, relativamente baixa para alguns processos.

De acordo com os dados que envolvem os principais acidentes ocorridos na história do setor químico as explosões além de trazer danos para pessoas e meio ambiente afetam profundamente a estrutura financeira da empresa.

Destruição de equipamentos e prédios, parada na produção, perda de produtos finalizados e intermediários, desvalorização da marca e multas representam alguns exemplos do impacto causado. Neste sentido o papel de convencer os gerentes sobre o investimento realizado com sistemas de segurança em geral tem respaldo no potencial de destruição dos acidentes com fogo. O próximo capítulo, porém, ilustra com números, possibilidades e leis o tamanho do prejuízo que as empresas podem ter com tais eventos.

#### 4.5.3 Custos

Vilela, Almeida e Vezzà (2013) afirmam que em relação aos acidentes de trabalho é necessário que os profissionais responsáveis pelo processo tenham três objetivos básicos: investigar o histórico de registros da empresa; estudar as decisões estratégicas de gestão para as operações; e entender a relação as atitudes dos gestores com a dos operadores.

Todos estes fatores têm potencial de auxiliar o controle dos custos operacionais em uma indústria química já que afetam diretamente os investimentos realizados, ritmo de produção, satisfação dos funcionários e outros pontos críticos no cotidiano industrial.

Soares (2008) indica que calcular o custo dos acidentes é importante para a conscientização dos gestores de que a prevenção dos mesmos é um meio eficiente de aumentar a produtividade e ao mesmo tempo evitar perdas. Isso acaba sendo importante na soma das despesas já que todo empregador possui também custos diretos com os funcionários, como por exemplo as contribuições mensais à Previdência Social.

No caso de acidentes, porém, gastos indiretos podem atingir altos valores e, apesar de serem dificilmente computáveis, devem ser levados em consideração. Como exemplo pode



se destacar reparos ou substituição de equipamentos, serviços assistenciais não segurados, horas extras, despesas jurídicas, queda de produção, entre outros.

O programa da OSHA chamado de a “Segurança Paga” (do inglês *Safety Pays*) auxilia empregadores no cálculo do impacto de acidentes envolvendo funcionários no lucro da empresa. A ferramenta, disponível no sítio eletrônico da OSHA, usa uma margem de lucro informada e a média dos custos dependendo do tipo de caso além de um multiplicador para custos indiretos no evento (OSHA, 2014).

Este fator utilizado no cálculo é proveniente de estudos da própria organização que mostram a relação entre custos diretos e indiretos, em que eventos com menores valores diretos possuem maiores valores indiretos sendo gastos. O gráfico abaixo ilustra a relação entre os dois tipos de custos em diversas faixas de despesas das empresas em virtude de um acidente.

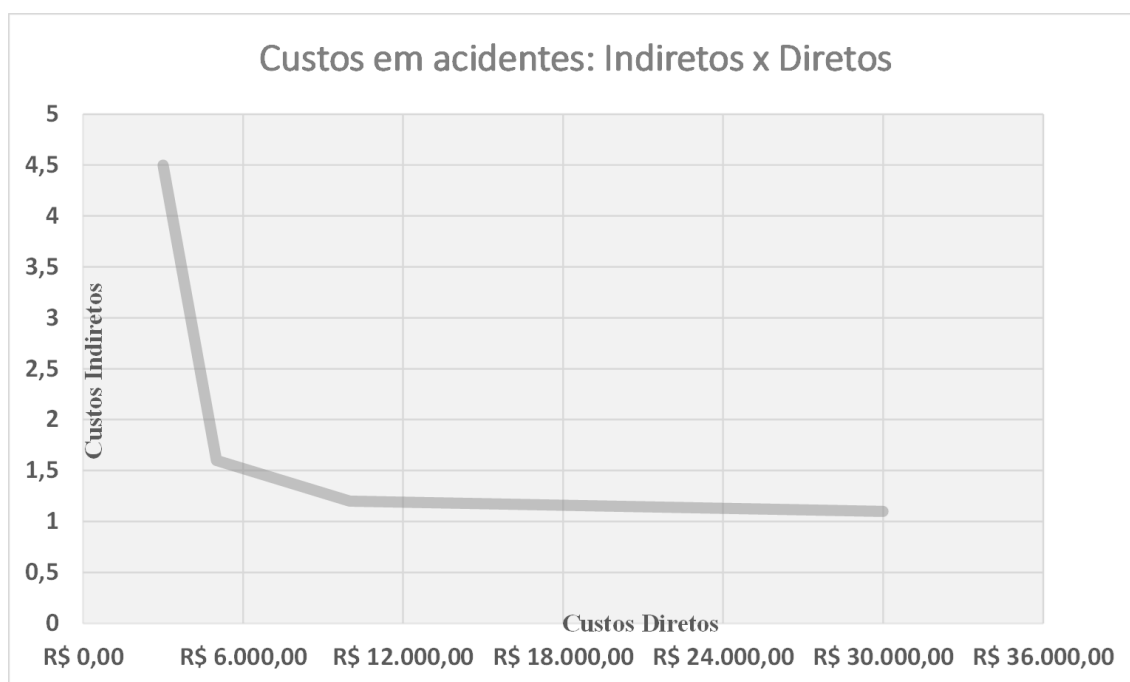


Gráfico 1 – Custos indiretos e diretos em acidentes – Criação própria

O exemplo abaixo foi feito utilizando a ferramenta online do programa a “Segurança Paga” e ilustra um caso em que o funcionário sofre uma queimadura durante o expediente. Com essa informação, o valor de compensação que o mesmo deve receber e a margem de lucro da

empresa, tem-se como resultado os valores de custos diretos e indiretos, além das vendas adicionais necessárias para compensar essas despesas.

Tipo de acidente	Queimadura			
Compensação	\$	1.000,00		
Margem de lucro			3%	

	Custos diretos	Custos Indiretos	Custos Totais	Vendas Adicionais
Queimadura	\$ 37.389,00	\$ 41.127,90	\$ 78.516,90	\$ 2.617.230,00
Compensação	\$ 1.000,00	\$ 4.500,00	\$ 5.500,00	\$ 183.333,33
<b>Total</b>	<b>\$ 38.389,00</b>	<b>\$ 45.627,90</b>	<b>\$ 84.016,90</b>	<b>\$ 2.800.563,33</b>

Figura 13 – Exemplo de uso da ferramenta do programa “Segurança Paga” – Criação própria

Analisando o cálculo realizado primeiramente percebe-se a proporção apresentada no gráfico acima aplicada e também que o impacto financeiro é grande não apenas nos custos, mas também no alto valor requisitado nas vendas da empresa. A OSHA calcula que anualmente US\$ 170 bilhões é o valor gasto nos Estados Unidos em despesas com acidentes.

#### 4.6 DETERMINAÇÃO DOS RISCOS

As etapas presentes nos capítulos anteriores proporcionam aos envolvidos no estudo da segurança de processo o conhecimento do sistema em questão, ou seja, o processo, principais entradas e saídas além dos equipamentos. Então o foco volta-se a identificação dos perigos na atmosfera investigada e levantamento de possíveis cenários em que falhas proporcionem riscos ao meio ambiente, pessoas e instalações.

Com o objetivo de aprender com os erros próprios e de outras fábricas, avaliar os riscos inerentes do setor e conhecer pontos críticos do processo é realizado o estudo da probabilidade de acidentes. Em seguida, com auxílio de um estudo teórico e prático tem-se ciência das implicações que erros podem causar na sociedade e ambiente próximos além dos impactos financeiros à companhia.

Todo esse embasamento permite aos profissionais envolvidos uma visão abrangente sobre o processo, o setor e os riscos que envolvem as atividades de uma indústria química. Com isso, é possível determinar quais os riscos que devem ser priorizados, ou seja, quais atividades

devem ser melhor avaliadas e ter maior investimento de acordo com o nível de perigo que acidentes na mesma podem causar.

Este capítulo tem como objetivo apresentar ferramentas que auxiliem na tomada de decisão dos profissionais responsáveis pela segurança de processo das indústrias químicas.

#### 4.6.1 Maiores riscos

Cada vez mais as empresas buscam reduzir os gastos para aumentar a margem de lucro alcançada, ou seja, o planejamento de custos está sendo aprimorado e as decisões de investimento são ainda mais importantes. Em vista disso toda compra solicitada e efetuada por gerentes, engenheiros e outros funcionários deve ser justificada e mostrar retorno financeiro, como ilustra a imagem abaixo.

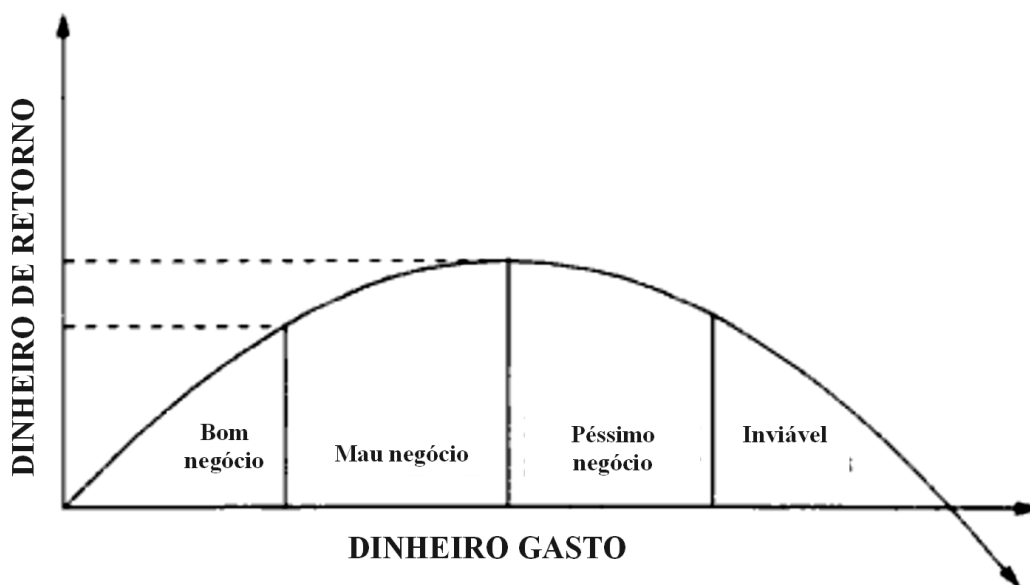


Figura 14 – Dinheiro gasto e de retorno sobre investimentos – Criação própria

Quando se tem um gasto pequeno e um retorno próximo a quantia investida tem-se um bom negócio, enquanto que a medida que o valor de investimento cresce o negócio passa a ser desinteressante para a empresa e pode atingir a classificação de inviável pelo fato do retorno ser muito menor do que o esforço realizado (KLETZ, 2001).

As ferramentas descritas a seguir se baseiam em possíveis acidentes e as consequências dos mesmos e auxiliam os responsáveis na análise dos perigos inerentes em um processo. O princípio básico desses métodos é basicamente é o mesmo: analisar a frequência dos eventos escolhidos e os efeitos que estes podem causar em diversas áreas para a partir daí determinar a importância ou prioridade dos mesmos para investimentos, estudos e melhoria.

O primeiro método é a Hazan ou Análise de Perigos (do inglês *Hazard Analysis*) e busca realizar uma simples ponderação sobre a frequência e os efeitos de possíveis eventos e com isso auxiliar na tomada de decisão sobre a prioridade dos mesmos. Os três passos a seguir resumem sua aplicação:

- Aferir a frequência do evento;
- Estimar as consequências em diversas áreas;
- Confrontar as informações anteriores e refletir sobre a prioridade necessária para tal evento.

Desse modo tem-se uma análise que envolve elementos quantitativos e qualitativos para ajudar na tomada de decisão. A seguir dois exemplos objetivam ilustrar possíveis casos em uma fábrica do setor.

A produção de um óleo com a acidez alta, ou seja, fora da especificação pode ser causado por um erro operacional simples. Definindo a frequência deste evento como uma vez na semana, o que significa 52 vezes no ano, tem-se o primeiro passo do Hazan completo. Analisando então as consequências desse erro verifica-se que a produção pode ser afetada, pois será necessário reprocessar o produto, e há uma pequena perda financeira causada por isso.

Já o caso de incêndio na torre de destilação em uma refinaria pode ser causado pelo contato de diversas fontes de ignição com as substâncias inflamáveis do processo na presença de oxigênio. Considerando a confiabilidade dos sistemas de segurança aplicados no setor tem-se uma frequência esperada baixa e que pode ser considerada uma vez no ano. Em contrapartida as consequências de um acidente com essas características podem incluir lesões e até mortes, prejuízo da continuidade do processo, danos à equipamentos e causar uma perda financeira considerável.

Confrontando os dados de ambos os casos se percebe que o primeiro apesar de ser mais frequente causa menores danos, ao contrário do segundo que ocorre menos vezes, mas tem maior potencial de destruição. Com estes dados seria então possível aos responsáveis pela segurança de processos em uma indústria química avaliar a priorização em investimentos na área.

Semelhante a ferramenta anterior, o Ranking Rápido (do inglês *Rapid Ranking*) considera que quanto mais sérias as consequências de um evento menor deve ser a frequência tolerável. Além disso, outros fatores como custos, reação da sociedade e danos ao processo são levados em consideração na análise e há a categorização dos eventos em cinco categorias de acordo com suas características.

Os fatores avaliados para categorizar os eventos incluem os danos causados à planta e aos funcionários, avarias ao processo, perdas no negócio, os efeitos na sociedade assim como a repercussão social e a frequência anual. O quadro abaixo traz os critérios utilizados nessa metodologia.

Categoria de perigos						
Área de risco	Descrição do risco	Categoria do perigo				
		1	2	3	4	5
Planta	Dano	< \$3.000	< \$30.000	<\$300.000	< \$ 2m	> \$ 2m
	Efeito nos funcionários	Lesões pequenas	Lesões	Fatalidades (10% de chance)	Fatalidade	Múltiplas fatalidades
Processo	Dano	Nenhum	Nenhum	Pequeno	Moderado	Severo
Negócios	Perdas	Nenhuma	Nenhuma	Pequena	Severa	Total
Sociedade	Dano	Nenhum	Pouco	Pequeno	Moderado	Severo
	Efeito nas pessoas	Nenhum	Pouco	Hospitalizações	Fatalidades (10% de chance)	Fatalidade
	Reação	Nenhuma	Local	Local (alta)	Nacional (baixa)	Nacional (alta)
Frequência (anual)	-	1	0,1	0,01	0,001	0,0001

Tabela 6 – Categoria de perigos – Criação própria

Após definir a categoria que o evento pertence deve-se comparar a frequência do ocorrido com a frequência do histórico do mesmo. Caso a ocorrência seja menor ou igual do

que a média registrada é necessário estar alerta, mas se a frequência for maior há a necessidade de tomar atitudes imediatas para prevenir acidentes maiores. O quadro a seguir traz o ranking de perigos de acordo com a comparação das frequências.

Ranking de perigos						
Categoria do risco	Frequência esperada comparada com o histórico				Legenda	
	Menor	Igual	Maior	Incerta		
1	D	D	D/C	D/C	A	Prioridade ALTÍSSIMA
2	D	C/B	B/A	B	B	Prioridade ALTA
3	C	B	A	B/A	C	Prioridade MODERADA
4 e 5	C/B	B/A	A	A	D	Prioridade BAIXA

Tabela 7 – Ranking de perigos – Criação própria

A última ferramenta é uma adaptação da matriz importância desempenho de Slack e mapeia a performance da empresa em critérios previamente definidos. Então, monta-se um gráfico em que um eixo é o nível de importância para a companhia e o outro é uma comparação do desempenho em relação as referências legais e adotadas por associações do setor (SANTOS; GOHR; VARVAKIS, 2012). Resumidamente, tem-se os quatro passos seguintes:

- Definir os critérios a ser avaliados;
- Comparar o desempenho com as referências dos mesmos;
- Indicar a importância de cada critério para a empresa;
- Plotar o resultado e de acordo com a área indicada tomar as decisões necessárias.

A seguir tem-se um exemplo de aplicação da ferramenta e os critérios escolhidos para análise são:

- Reuniões de feedback com operadores;
- Taxa de acidentes com afastamento (anual);
- Número de reporte de quase-acidentes (anual);
- Orçamento em segurança de processos (anual).

Em comparação com dados fornecidos por associações do setor, como a Abiquim e OSHA, leis e regulamentações e o histórico da empresa tem-se, respectivamente, o seguinte desempenho dos critérios escolhidos: o primeiro está abaixo do esperado, o segundo similar as taxas nacionais, o terceiro também abaixo e o último acima da média no país. Para a empresa o critério de maior importância é o segundo, sendo que o quarto é intermediário e os dois restantes pouco importantes. Dessa forma, segue a matriz importância desempenho do exemplo.

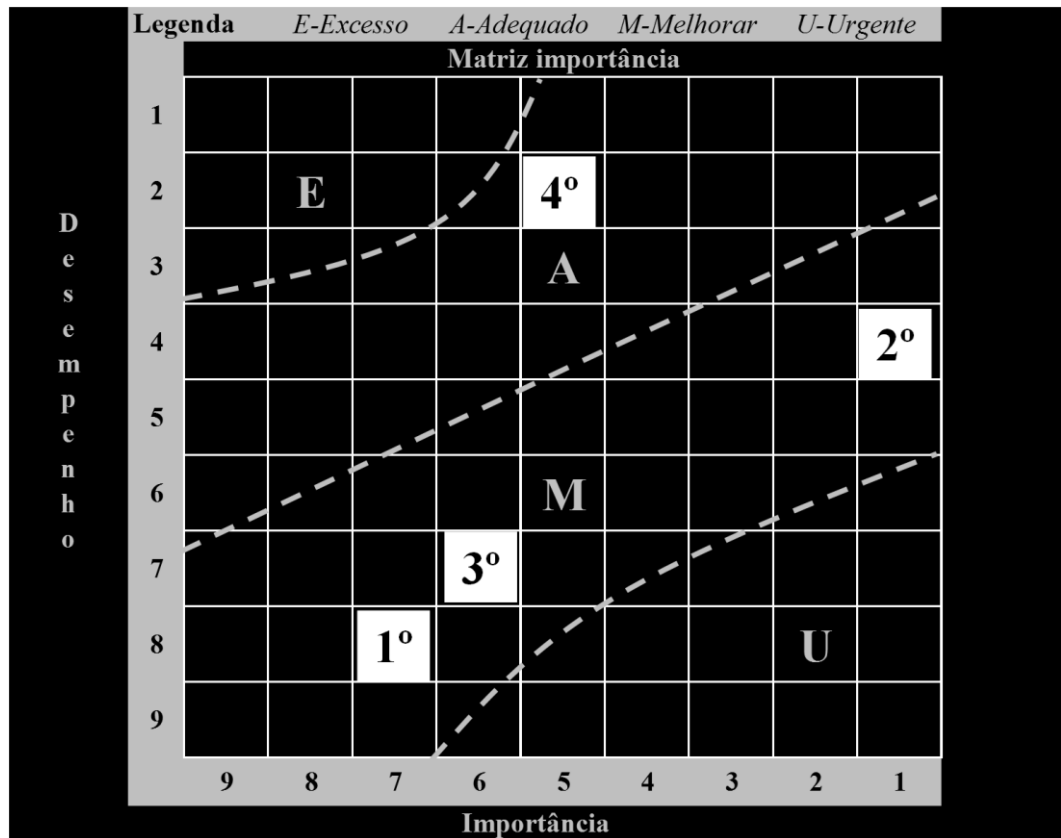


Figura 15 – Matriz importância do exemplo – Criação própria

Com estes resultados é possível verificar a área em que cada critério está inserido e então tomar decisões mais assertivas. O último critério está definido como adequado, pois possui importância mediana, porém com um ótimo desempenho, enquanto que o segundo, apesar da alta importância, tem um ótimo desempenho mediano. Os critérios restantes têm pouca importância para a empresa, mas seu desempenho é fraco de acordo com a comparação. Assim, estes três estão no setor de melhoria e devem ser avaliados detalhadamente pelos responsáveis do processo.

Os métodos apresentados têm como objetivo auxiliar no momento de tomada de decisão e indicam, através de diferentes critérios de avaliação, quais áreas devem ser priorizadas para estudo e futuros investimentos. Entretanto a empresa deve instaurar limites aceitáveis em todos os setores para que nenhum acidente ou perda grave seja causada por falta de prevenção.

De acordo com Hidaka, Izato e Miyake (2014) o aprendizado com situações passadas, a aplicação de ferramentas indicadas por organizações do setor e a análise de acidentes, independentemente do tamanho, são fatores essenciais para construir e manter uma estratégia de níveis aceitáveis na segurança de processos. Somado a esses pontos, Wachter e Yorio (2014) indicam a necessidade da participação dos operadores nas discussões sobre os acidentes e possíveis melhorias, pelo fato deles possuírem percepções do cotidiano no processo.

Portanto a definição sobre os níveis aceitáveis para a empresa deve-se, em primeiro lugar, levar em consideração os estudos realizados sobre o processo – perigos inerentes, cenários levantados, probabilidades e consequências – e os dados coletados sobre o setor. Posteriormente a discussão deve considerar fatores internos, como política financeira da empresa, percepção dos operadores sobre procedimentos e técnicas além do estilo de gestão nos diversos níveis operacionais. Neste ponto, então, tem-se conhecimento suficiente para definir a melhor estratégia de investimento, monitoramento e melhoria para a segurança do processo.

## 4.7 MELHORIA DO SISTEMA

### 4.7.1 Pontos de melhoria

Crowl e Louvar (2011) indicam em seu livro que o último passo do procedimento de identificação e avaliação de riscos, promovido pela AIChE no guia RBPS, é promover a melhoria do sistema aplicado. Os autores classificam três pontos principais para este passo:

- Processo
- Operação
- Resposta de emergência

No processo ocorre a transformação da matéria prima nos produtos desejados pela empresa e sendo assim sua continuidade é essencial para os negócios. Em contrapartida os



riscos inerentes são muito altos pelo fato de se trabalhar com altas pressões, temperaturas e produtos químicos.

As melhorias no processo, então, devem atender tanto a otimização das operações quanto a segurança dos fatores envolvidos. A compra de equipamentos mais eficientes, desenvolvimento de tecnologias de menor impacto ambiental, treinamento dos funcionários, aplicação de novas metodologias em segurança, entre outros servem de exemplos.

Com isso, é notável que os investimentos realizados envolvem altos valores e a companhia exige retorno no aumento de eficiência na atividade investida. Essas decisões são estratégicas para o futuro da empresa e por isso são de longo prazo, tomadas apenas após o estudo sobre opções, custo benefício e montagem de um plano de ação.

Por outro lado, as mudanças realizadas na operação são mais constantes e com prazo menor, pois trata-se do cotidiano das atividades. Geralmente o operador vislumbrando uma melhor maneira de realizar seu trabalho indica a modificação ao supervisor da área e este estuda a ideia. Como exemplo podem ser citadas pequenas adaptações nos equipamentos, revisão de pontos específicos em procedimentos, reorganização do ambiente de trabalho, entre outros.

A participação dos operadores no processo de melhoria continua na empresa é essencial pelo fato destes estarem próximos ao processo, possuindo uma percepção diferente de seus supervisores e gerentes, ou seja, podem indicar mudanças em pontos que passam despercebidos a estes.

Já para aumentar a efetividade do último item destacado, resposta de emergências, é necessária a participação dos funcionários de todos os níveis em eventos, reuniões e organizações internas da área. Os diferentes pontos de vista permitem montar uma visão geral e completa sobre o desempenho atual das metodologias para resposta de emergências, além de melhorar a qualidade das soluções de melhoria propostas.

As discussões envolvem diversos temas como possíveis acidentes, importância de reportar falhas, consequências de eventos, rotas e plano de evacuação, entre outros. Essas questões geralmente são levantadas em eventos organizados pela CIPA, Comissão Interna de Prevenção de Acidentes, e distribuídas durante o ano para que se tenha uma abordagem continua sobre os temas.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O setor da refinaria possui uma etapa essencial para as indústrias esmagadoras de soja, a transformação do óleo bruto em outros tipos de óleo comercializáveis. Desse modo, a preocupação com a segurança do processo da mesma deve ser elevada e a metodologia aplicada no capítulo anterior busca trazer mais ferramentas para o controle e avaliação dos perigos.

Este capítulo, por sua vez, objetiva analisar criticamente as fases de aplicação da metodologia indicada, os benefícios presumíveis para a segurança do processo das empresas do setor e como pode ser realizada a integração aos programas das companhias.

### 5.1 ANÁLISE DA METODOLOGIA

A abordagem do procedimento de identificação e avaliação de riscos visa a construção de um cenário geral do setor estudado e posteriormente um aprofundamento nas variáveis do processo que possam causar riscos. O estudo dos possíveis cenários e consequências permitem a priorização das áreas e tarefas de maior risco além de fornecer um embasamento para a melhoria do sistema vigente.

Normalmente o grupo de trabalho formado para a melhoria na segurança do processo possui profissionais de diversas áreas e estes possuem diferentes níveis de conhecimento dos setores. Dessa forma o primeiro passo da metodologia é fundamental para o prosseguimento do estudo já que visa entender o processo do setor, ou seja, conhecer as principais entradas e saídas, equipamentos e transformações. Visitas do grupo ao setor guiada por operadores e supervisores da área são suficientes para a absorção das principais informações nesse primeiro momento.

Em seguida a equipe deve indicar os pontos mais frágeis do processo em relação à segurança e então aplicar ferramentas para auxiliar no estudo dos mesmos. Com a identificação dos potenciais problemas encontrados é possível sugerir medidas corretivas na operação, modificar procedimentos e melhorar a resposta de emergência em possíveis situações. A participação dos funcionários da área é importante na discussão de pontos de melhoria operacional.

Apesar do estudo considerar o processo de toda refinaria e várias situações de risco é necessário elencar as prioridades para auxiliar no momento de decisão sobre os investimentos.

Com isso é realizado um levantamento de cenário em que se consideram os eventos mais relevantes para a fábrica e com maior probabilidade de consequências graves além de ser iniciada a discussão sobre as ações que devem ser tomadas.

O conhecimento sobre os perigos do processo, entretanto, deve ser adquirido de casos históricos, eventos ocorridos em outras plantas do setor e principalmente do histórico de registros da fábrica. Esse entendimento permite os gestores a compreender o momento das empresas do ramo, conhecer tendências e aplicar ferramentas para o controle e uso dos fatos ocorridos na unidade.

Com isso é de igual importância conhecer as consequências de possíveis eventos à sociedade, meio ambiente e processo para que haja a conscientização em todos os níveis de funcionários sobre a relevância dos sistemas de segurança. Mudança nas regulamentações e leis, desenvolvimento de novas tecnologias e redução de custos em caso de acidentes são outros fatores que devem ser levados em consideração neste estudo sobre possíveis consequências.

A tomada de decisão sobre os investimentos e mudanças por parte do grupo responsável pela segurança de processos pode então ser baseada nos resultados obtidos pelas etapas anteriores da metodologia. O uso de ferramentas para determinar a prioridade dos maiores riscos do processo é fundamental nessa fase, pois estas auxiliam na criação de um sistema de ação e resposta a emergências.

Por fim, a aplicação da teoria de melhoria contínua se faz necessária para que o sistema utilizado esteja em constante estudo e evolução, permitindo a aplicação de novidades, aprendizados e novas soluções. Além disso o último passo da metodologia prevê a revisão dos procedimentos do processo, operação, resposta de emergência e outros, o que deve ser feito periodicamente.

A metodologia estudada é aplicada em diferentes tipos de indústrias do setor químico e, apesar de simples, trazem resultados positivos para as empresas. Como principais benefícios de sua aplicação podem ser destacados os seguintes campos:

- Financeiro
- Aplicação
- Integração

O investimento necessário envolve mais do que valores financeiros e necessita também de estrutura, reuniões periódicas e o comprometimento do alto escalão da empresa. O grupo de trabalho deve se reunir para discutir e planejar as etapas, ter tempo durante o expediente ou em forma de horas extras para se dedicar exclusivamente na função e contar com o apoio dos coordenadores da unidade sobre as soluções propostas.

Dessa forma o investimento financeiro basicamente depende da estrutura que a fábrica já possui e não é elevado pelo fato de não ser necessário a compra de equipamentos na aplicação das ferramentas. As etapas requerem avaliação das situações, discussão e proposição de ideias através de uma equipe com pessoas de áreas e níveis diferentes. O aceite ou não das soluções encontradas é o passo que envolve uma avaliação mais detalhada sobre o aporte financeiro a ser investido.

O estudo realizado pode oferecer inúmeras ideias e possíveis soluções, algo que tornaria sua aplicação insustentável e por isso a etapa em que ocorre a priorização das áreas que apresentam maior perigo é de alta relevância. Além de otimizar os recursos investidos, a definição de prioridades auxilia na redução de custos, melhoria da segurança no setor e na conscientização da importância sobre a manutenção das práticas seguras por parte dos operadores e do retorno de investimento em relação aos tomadores de decisão.

Já a manutenção dessa metodologia dentro das empresas pode ser feita por meio da integração com o setor responsável pelas áreas de segurança, saúde e meio ambiente, o qual a grande maioria das indústrias químicas possui. O fato de agregar técnicos e engenheiros de segurança do trabalho é importante nessa escolha, além de que a interação com as diversas fases do processo ser muito grande.

Portanto essa metodologia traz a possibilidade de conseguir resultados na gestão de perigos com um custo baixo, além de ser facilmente integrada a áreas já existentes nas fábricas.

As ferramentas apresentadas no trabalho com base na metodologia estudada tem como características comum os seguintes pontos:

- Simples entendimento e aplicação;
- Baixo custo;
- Adaptação a diversas situações e processos;
- Resultados obtidos em diversas empresas.

O uso destas ferramentas tem intuito de auxiliar o grupo responsável pela aplicação da metodologia na evolução dos passos da metodologia, seja na construção de cenários, avaliação de riscos ou na definição de prioridades. Dessa forma é possível que durante as reuniões o conhecimento adquirido sobre o processo seja posto em prática e de uma maneira lúdica a equipe chegar a proposição de soluções.

A descrição detalhada sobre a teoria, o modo de usar e exemplos de cada ferramenta são encontradas facilmente em sítios eletrônicos, livros e artigos sobre a segurança de processo. Casos de empresas que obtiveram resultados com seu uso são utilizados por organizações do setor para incentivar a divulgação e absorção das mesmas por indústrias dos mais variados ramos.

Isso é possível porque elas ajudam a montar um cenário sobre os perigos envolvidos, independente do processo que está sendo avaliado, facilitando a visualização dos equipamentos, medidas de proteção e interferência humana. A discussão discorre então sobre as possibilidades levantadas, mas a presença de funcionários de múltiplas áreas, funções e responsabilidades é que pode guiar o grupo a soluções mais assertivas, concretas e efetivas.

Somando os fatores discutidos é possível concluir que as ferramentas, sejam estas indicadas pela metodologia aplicada ou por organizações do setor químico, ajudam na melhoria dos trabalhos do grupo responsável pela segurança do processo e outras áreas envolvidas no cotidiano da fábrica.

## 6 CONCLUSÃO

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou aplicar a metodologia de identificação e avaliação de riscos, da AIChE, em um estudo de caso teórico sobre a refinaria em indústrias esmagadoras de soja a fim de avaliar possíveis melhorias ao sistema de gestão de acidentes das empresas do setor.

A escolha do estudo sobre as indústrias esmagadoras de soja é baseada na importância das mesmas para a região de Ponta Grossa, a existência de sistemas similares em relação à segurança e a possibilidade de retorno, em diversas frentes, para as companhias com o uso da metodologia analisada. O estudo de caso sobre a refinaria de uma indústria do setor apresenta a simplicidade dos passos, facilidade de uso e os possíveis benefícios a serem observados com seu uso.

O método indutivo permitiu a observação das características do procedimento aplicado, o levantamento de relações entre o mesmo e o processo em destaque e permitiu a indicação de uso no setor da soja. Dessa forma foi possível contribuir com uma sugestão para melhoria dos sistemas de segurança nas empresas da região através de uma revisão bibliográfica a partir de artigos, dissertações e livros da área de segurança de processos.

Dados de organizações do setor químico e agências regulamentadoras sobre segurança indicam que os procedimentos de segurança de processo estão sendo cada vez mais visados nas empresas pelos benefícios que trazem. Sendo assim é esperado que as indústrias esmagadoras de soja participem desse movimento e incorporem em seus programas os procedimentos da gestão de segurança de processo.

Uma possível extensão do estudo é a aplicação da metodologia em uma indústria da região e avaliar os efeitos da mesma em relação a integração com os programas da empresa, o cotidiano do processo e as melhorias percebidas após um período definido.

A exploração dos benefícios já obtidos por empresas que já adotaram as práticas da segurança de processo também é uma possibilidade viável, seja por estudo de caso, questionário ou levantamento bibliográfico.

A área da gestão da segurança de processo ainda possui muitos pontos a serem desenvolvidos e isso pode levar a melhoria contínua da continuidade operacional, viabilidade socioeconômica e ambiental dos processos além da busca por um equilíbrio entre indústria e ambiente.

## REFERÊNCIAS

ABIQUIM (São Paulo). **Pacto Nacional da Indústria Química**. 2010. Disponível em: <[http://canais.abiquim.org.br/pacto/Pacto\\_Nacional\\_Abiquim.pdf](http://canais.abiquim.org.br/pacto/Pacto_Nacional_Abiquim.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2014.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. **The business case for process safety**. Nova Iorque: AIChE, 2005. 24 slides, color.

ANDRADE, Renata Miranda. **Abordagem estratégica das ações integradas de segurança, meio ambiente e saúde (SMS) e responsabilidade social corporativa (RSC)**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS. **O desempenho da indústria química brasileira em 2013**. 2013. Disponível em: <[http://www.abiquim.org.br/pdf/Livro\\_Desempenho\\_da\\_Industria\\_Quimica.pdf](http://www.abiquim.org.br/pdf/Livro_Desempenho_da_Industria_Quimica.pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2014.

AZIZ, H. A.; SHARIFF, A. M.; RUSLI, R. Managing Process Chemicals Information for Pilot Plant based on Process Safety Management Standard. 6th International Conference On Process Systems Engineering, Kuala Lumpur, p.141-146, jun. 2013.

AZIZ, H. Abdul; SHARIFF, A. Mohd; RUSLI, R. Managing process safety information based on process safety management requirements. Process Safety Progress, Tronoh, v. 33, n. 1, p.41-48, 7 jun. 2013. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/prs.11610.

BLACK, Derrick; HULL, Elizabeth; JACKSON, Ken. Combining a Safety Management Process with a Safety Framework. *Intelligent Information Management*, [s.l.], v. 02, n. 04, p.233-242, mar. 2010. Scientific Research Publishing, Inc., DOI: 10.4236/iim.2010.23028.

CALIXTO, Eduardo et al. Risk Assessment Methodology to Support Shutdown Plant Decision. *Open Journal Of Safety Science And Technology*. Rio de Janeiro, p. 116-124. mar. 2013.

CARVALHO, Carlos Roberto Gomes de. **O uso de questionários para a percepção da cultura de segurança:** Um passo na direção de uma organização de alta confiabilidade. 2011. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

CASTANHO, André Moraes. Direitos Humanos na Primeira Revolução Industrial. **FIAET**, Presidente Prudente, fev. 2010.

CASTRO, César de (Londrina). Embrapa. Indicadores de sustentabilidade da cadeia produtiva da soja no Brasil. 2014. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104993/1/Indicadores-de-sustentabilidade-da-cadeia-produtiva-da-soja-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2015.

CAVALCANTE, Zedequias Vieira; SILVA, Mauro Luis Siqueira da. A importância da revolução industrial no mundo da Tecnologia. **VII EPCC**, Maringá, out. 2011.

CERETTA, Paulo Sergio; LIMA, Sidarta Ruthes de; LIMA, Michael Ruthes de. Sistemas de informação: minimização de acidentes através do relato de incidentes Paulo. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 24, 2004, Florianópolis. Florianópolis: Abrepro, 2004. p. 2568 - 2575.



CHAIB, Erick Brizon. **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) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

CORRÊA, Solange de Araújo Simões. **Análise das causas de acidentes do trabalho na indústria química: Estudo de caso com apoio da metodologia Tripod-Beta.** 2010. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

CROWL, Daniel A.; LOUVAR, Joseph F. **Chemical Process Safety: fundamentals with applications.** Boston: Prentice Hall, 2011. 710 p.

CUSTÓDIO, Aline Ferrão. **Modelagem e Simulação do Processo de Separação de Óleo de Soja-Hexano por Evaporação.** 2003. 247 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Unicamp, Campinas, 2003.

DALL'AGNOL, Amélio (Londrina). **Embrapa. O complexo agroindustrial da soja brasileira.** 2007. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50127/1/43.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

EK, Åsa; RUNEFORS, Marcus; BORELL, Jonas. **Relationships between safety culture aspects – A work process to enable interpretation.** Marine Policy. Lund,, p. 179-186. jan. 2014.

EMBRAPA. Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. 2001. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/462866/1/doc171.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2015.

FERRARI, Roseli Aparecida; OLIVEIRA, Vanessa da Silva; SCABIO, Ardalla. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físicoquímica e consumo em gerador de energia. Química Nova, Ponta Grossa, v. 28, n. 1, p.19-23, nov. 2005.

FRAGA, Gilberto Joaquim; MEDEIROS, Natalino Henrique. A Indústria de Esmagamento na região de expansão da soja: uma releitura dos índices HHI E CR4. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 8, 2005, Maringá. A Indústria de Esmagamento na região de expansão da soja. Maringá: Anpec Sul, 2005. p. 1 - 11.

FRANDJI, Welington. **Higiene e segurança do trabalho**: São Paulo, 2010. Color. Disponível em: <<http://www.pngalbertogomes.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/21/1840/16/arquivos/File/Tec em Portos/3semestre/HigieneSegurandoTrabalho.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

FTHENAKIS, Vasilis M. Prevention and Control of Accidental Releases of Hazardous Materials in PV Facilities. Progress In Photovoltaics Research, New York, v. 6, n. 1, p.91-98, dez. 1997.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIBSON, N. Process Safety: A subject for scientific research. Trans Icheme, Yorkshire., v. 77, n. 1, p.149-153, maio 1999.

GOMES, Adriano. **A inserção da dimensão comportamental nos atuais sistemas de gestão da segurança do trabalho.** 2009. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

GONÇALVES FILHO, Anastacio Pinto; ANDRADE, José Célio Silveira; MARINHO, Marcia Mara de Oliveira. Cultura e gestão da segurança no trabalho: uma proposta de modelo. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 18, n. 1, p.1-17, jan. 2011.

GONÇALVES, Juliana Machion et al. Análise da atividade na análise de acidentes do trabalho. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos. Análise da atividade na análise de acidentes do trabalho. São Carlos: Abrepro, 2010. p. 1 - 13.

GUARIENTI, Édio Patric. O Solvente Hexano no Processo de Extração de Óleo de Soja. 2009. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial, Faculdade Três de Maio, Três de Maio, 2009.

HAROLD, Michael P.; OGUNNAIKE, Babatunde A. Process Engineering in the Evolving Chemical Industry. *Aiche Journal*, New York, v. 46, n. 11, p.2123-2130, nov. 2000.

HIDAKA, Akihiko; IZATO, Yuichiro; MIYAKE, Atsumi. Lessons Learned from Recent Accidents in the Chemical Industry in Japan. *Open Journal Of Safety Science And Technology*, Yokohama, v. 04, n. 03, p.145-156, set. 2014. Scientific Research Publishing, Inc., DOI: 10.4236/ojsst.2014.43016.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi (Londrina). Embrapa. Avaliação econômica da produção de soja para a safra 2013/14.2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94190/1/Avaliacao-economica-da-producao-de-soja-para-a-safra-2013-14.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2015.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi (Londrina). Embrapa. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. 2014. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. Metodologia da Pesquisa: Um guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

KLEIN, James A. Two centuries of process safety at DuPont. Process Safety Progress, New York, v. 28, n. 2, p.114-122, jun. 2009. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/prs.10309.

KLETZ, Trevor. Hazop and Hazan. 4. ed. Londres: Icheme, 2001. 221 p.

LEMES, Alyne. Incêndio em indústria química deixa dois feridos em Ponta Grossa. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/incendio-em-industria-quimica-deixa-dois-feridos-em-ponta-grossa-cmdw677fj1d517vdqjvooqedq>>. Acesso em: 04 ago. 2014.

LESS, Frank P. **Loss prevention in the process industries:** hazard identification, assessment and control. 2. ed. Loughborough: Butterworth Heinemann, 1996. 1278 p.

LEVESON, Nancy G.; STEPHANOPOULOS, George. A system-theoretic, control-inspired view and approach to process safety. *Aiche Journal*, Cambridge, v. 60, n. 1, p.2-14, 28 nov. 2013. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/aic.14278.

LOUVAR, J. F.. How to prevent process accidents. **Process Safety Progress**, Chicago, v. 30, p.188-190, 2 jun. 2011. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prs.10455>>. Acesso em: 07 jul. 2014.

MAFFEI, José Carlos. **Estudo de potencialidade da integração de sistemas de gestão da qualidade, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional**. 2001. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Fundamentos da Metodologia Científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, Alaide Barbosa. Desenvolvimento de uma metodologia para gestão de risco com base no método CORAS e avaliação quantitativa para aplicação em plantas de saneamento. 2014. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, USP, São Paulo, 2014.

MIRANDA, Fernando Silveira Melo Plentz. A Mudança do Paradigma Econômico, a Revolução Industrial e a Positivização do Direito do Trabalho. **Direito Brasil**, São Roque, v. 1, n. 6, jan. 2012.

MOORE, David A. et al. Enterprise PSM Development, Implementation, and Auditing. *Process Safety Progress*, New York, p.1-6, jun. 2014.

MOTA, Vicente Olavo. **Características de um treinamento eficaz em segurança e saúde ocupacional**: Estudo de caso: obra de construção e montagem na indústria de petróleo e gás. 2009. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

MURPHY, John F. Safety & Health News. Process Safety Progress, New York, v. 33, n. 1, p.104-108, mar. 2014.

NETTO, Washington Blanco Lima. **Gestão estratégica de meio ambiente e segurança: reflexão incluindo gestão de perdas**. 2005. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

Organização Internacional do Trabalho. **História da OIT**. Disponível em: <<http://www.oitbrasil.org.br/content/história>>. Acesso em: 04 jul. 2014.

OSHA. OSHA's Safety Pays Program. Disponível em: <<https://www.osha.gov/Region7/fallprotection/safetypays.html>>. Acesso em: 06 nov. 2014.

PLANAS, E. **Historical evolution of process safety and major-accident hazards preventions in Spain**. 2013. Curso de Engenharia Química, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2013.

PRADO, Eduardo R. A.; LOPES, Gabriela F. Análise das bombas transportadoras de miscela em uma fábrica de óleo de soja. Engevista, Maringá, v. 16, n. 4, p.367-379, dez. 2014.

PRISCO, Rita de Cássia Boccuzzi; SAVOY, Vera Lúcia Tedeschi. Risk Management in Laboratory Quality Control of Pesticides. Open Journal Of Safety Science And Technology, São Paulo, v. 04, n. 01, p.1-7, jan. 2014. Scientific Research Publishing, Inc.,. DOI: 10.4236/ojsst.2014.41001.

QIANG, Liu. Many new measures to build safer chemical enterprises. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY, 7., 2012, Beijing. Many new measures to build safer chemical enterprises. Nanjing: Elsevier, 2012. p. 180 - 184.

RIOS, Virgílio Cavalcanti. **Proposta de road map do método seis sigma integrado à gestão da segurança, meio ambiente e saúde:** Uma aplicação na área de E&P da Petrobras. 2008. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

RIVIERE, Carine; MARLAIR, Guy; VIGNES, Alexis. Learning of the root factors of incidents potentially impacting the biofuel supply chains from some 100 significant cases. **International Symposium On Loss Prevention And Safety Promotion In The Process Industry**, Bruges, v. 1, n. 13, p.35-42, jun. 2010.

RIVERA, Selva S. et al. Assessment of Biofuel Accident Risk: A Preliminary Study. **Proceedings Of The World Congress On Engineering**, Londres, jul. 2015.

RIVERA, Selva S.; LEOD, Jorge E. Núñez Mc. Human Error in Biofuel Plants Accidents. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING, 2, 2008, Londres. Anais. Londres: Wce, 2008. p. 1 - 6.

S.M.L.CARVALHO; M.G.C.SILVA. Preliminary risk analysis applied to the handling of health-care waste. Brazilian Journal Of Chemical Engineering. São Paulo, p. 377-381. out. 2002.

SALZANO, E.; SERIO, M. di; SANTACESARIA, E.. Emerging safety issues for biodiesel production plant. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SAFETY & ENVIRONMENT IN PROCESS INDUSTRY, 4., 2010, Florença. Emerging safety issues for biodiesel production plant. Florença: Icspi, 2010. p. 1 - 6.

SANTOS, Adriano Gomes dos. **A inserção da dimensão comportamental nos atuais sistemas de gestão de segurança do trabalho.** 2009. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

SANTOS, Luciano Costa; GOHR, Cláudia Fabiana; VARVAKIS, Gregorio. Prioridades competitivas para a estratégia de operações de serviços: Uma análise dos critérios de valor percebido de uma academia de ginástica. Revista Produção Online, Florianópolis, v. 12, n. 1, p.133-158, jan. 2012.

SAUD, Yaneira E.; ISRANI, Kumar Chris; GODDARD, Jeremy. Bow-tie diagrams in downstream hazard identification and risk assessment. Process Safety Progress, Houston, v. 33, n. 1, p.26-35, 4 maio 2013. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/prs.11576.

SEDIYAMA, Aline Fumie et al. Análise da Estrutura, Conduta e Desempenho da Indústria Processadora de Soja no Brasil no Período de 2003 a 2010. Resr, Piracicaba, v. 51, n. 1, p.161-182, abr. 2013.

SOARES, Fábio Rubens; DEMAJOROVIC, Jacques. O programa atuação responsável no Brasil. In: II WORKSHOP GESTÃO INTEGRADA: RISCO E SUSTENTABILIDADE, 2006,



São Paulo. **O programa atuação responsável no Brasil**. São Paulo: Centro Universitário Senac, 2006. p. 1 - 10.

SOARES, Luiz de Jesus Peres. Os impactos financeiros dos acidentes do trabalho no orçamento brasileiro: Uma alternativa política e pedagógica para redução dos gastos. 2008. 67 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Orçamento Público, Instituto Serzedello Corrêa, Brasília, 2008.

SOUZA, Rodrigo Gris de. **Análise crítica da aplicação da técnica de segurança de processo baseada em risco**: Estudo de caso em uma empresa de energia. 2013. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

SOUZA, Rodrigo Gris de; LIMA, Gilson Brito Alves. Importância dos elementos estruturantes de um programa de gestão de segurança de processo: estudo de caso em uma empresa de energia. Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Niterói, jun. 2013.

STAAK, Daniel et al. Safety assessment on distillation columns: From shortcut methods and heuristics to dynamic simulation. *AICHe Journal*, New York, v. 57, n. 2, p.458-472, 10 jan. 2011. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/aic.12270.

SU, Teh-sheng et al. Analysis of the Multi-Relationships and Their Structures for Safety Culture. *Open Journal Of Safety Science And Technology*, Taipei, v. 02, n. 03, p.89-97, ago. 2012. Scientific Research Publishing, Inc,. DOI: 10.4236/ojsst.2012.23012.

VILELA, Rodolfo Andrade de Gouveia; ALMEIDA, Ildeberto Muniz; VEZZÁ, Flora Maria Gomide. A Investigação de Acidentes Industriais: uma entrevista com Michel Llory. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 22, n. 1, p.262-269, mar. 2013.

VITORELI, Gislaine Aparecida et al. Estruturação de um programa de qualificação em gestão da qualidade, segurança e saúde ocupacional: apresentação dos resultados de uma aplicação piloto realizada no aglomerado metal-mecânico de Sertãozinho - São Paulo. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 19, n. 4, p.689-704, jan. 2012.

WACHTER, Jan K.; YORIO, Patrick L.. The Mediating Role of Workers' Climate and Behavioral Perceptions on Safety Management System Performance. *Open Journal Of Safety Science And Technology*, Pittsburgh,, v. 04, n. 02, p.84-97, maio 2014. Scientific Research Publishing, Inc., DOI: 10.4236/ojsst.2014.42010.

YUAN, Zhihong; CHEN, Bingzhen; ZHAO, Jinsong. An overview on controllability analysis of chemical processes. *Aiche Journal*, New York, v. 57, n. 5, p.1185-1201, 29 jun. 2010. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/aic.12340.

YUAN, Zhihong et al. State-of-the-art and progress in the optimization-based simultaneous design and control for chemical processes. *Aiche Journal*, New York, v. 58, n. 6, p.1640-1659, 29 mar. 2012. Wiley-Blackwell. DOI: 10.1002/aic.13786.