

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Guilherme Aparecido Ribeiro**

**A IMPORTÂNCIA DO USO DAS BARREIRAS DE PROTEÇÃO NOS PROCESSOS  
QUÍMICOS INDUSTRIAIS**

**Taubaté – SP**

**2018**

**Guilherme Aparecido Ribeiro**

**A IMPORTÂNCIA DO USO DAS BARREIRAS DE PROTEÇÃO NOS PROCESSOS  
QUÍMICOS INDUSTRIAIS**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. José Possebon

**Taubaté – SP**

**2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo  
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

R484i Ribeiro, Guilherme Aparecido  
A importância do uso das barreiras de proteção nos processos químicos industriais / Guilherme Aparecido Ribeiro. - 2019.  
21f.: il.

Monografia (especialização) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté, 2019.  
Orientação: Professor Me. Jose Possebon, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

1. Barreiras de proteção. 2. Processos químicos. 3. Acidentes.  
I. Título.

**Guilherme Aparecido Ribeiro**

**A IMPORTÂNCIA DO USO DAS BARREIRAS DE PROTEÇÃO NOS  
PROCESSOS QUÍMICOS INDUSTRIAIS**

Monografia apresentada para  
obtenção do certificado de  
especialização em engenharia de  
segurança do trabalho do  
departamento de Engenharia Civil e  
Ambiental da Universidade de  
Taubaté.

Orientador:

Orientador: José Possebon

Data: \_\_/\_\_/\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

## RESUMO

A indústria tem como principal foco a entrega de produtos com prazo e qualidade exigidos pelos seus clientes, e dentro deste conceito procuram cada vez mais o aumento de suas capacidades produtivas, garantindo um bom retorno financeiro e agregação de valor ao negócio. Contudo, os processos industriais e principalmente os químicos, possuem perigos intrínsecos associados e grandes acidentes já aconteceram e ainda acontecem ao redor do mundo, ocasionando muitas perdas, dentre elas, humanas, materiais, ambientais e de imagem das companhias. É importante que a indústria química ou petroquímica utilize de programas de gestão em segurança de seus processos, implantando barreiras de proteção preventivas e mitigadoras robustas, visando redução de acidentes de grande porte, no qual colocam em risco a saúde e segurança de seus funcionários e até mesmo a sustentabilidade do negócio.

Palavras chave: Barreiras de Proteção. Processos Químicos. Acidentes.

## **ABSTRACT**

The main focus of the industry is the delivery of products with a deadline and quality demanded by its customers, and within this concept increasingly seek to increase their productive capacities, guaranteeing a good financial return and adding value to the business. However, industrial processes and especially chemicals have associated intrinsic hazards and major accidents have already occurred and still occur around the world, causing many losses, including human, material, environmental and image losses of companies. It is important that the chemical or petrochemical industry uses safety management programs for its processes, implementing robust preventive and mitigating protection barriers, aiming at reducing major accidents, which endanger the health and safety of its employees and even even the sustainability of the business.

**Keywords:** Layers of Protection. Chemical Process. Accidents.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Acidente de <i>Flixborough</i> .....	10
Figura 2 Acidente de <i>Seveso</i> .....	10
Figura 3 Acidente na Georgia USA.....	10
Figura 5 Acidente de Cubatão.....	11
Figura 6 Acidente de <i>Bhopal</i> .....	11

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1	Objetivo.....	9
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se às práticas da indústria química e petroquímica em implantar barreiras de proteção em seus processos, visando garantir a segurança, integridade física de seus funcionários e sustentabilidade do negócio.

A REVISÃO DE LITERATURA apresenta o histórico do processo de implantação, as ferramentas utilizadas, modelos de gestão em segurança de processos químicos.

A METODOLOGIA mostra os recursos e meios técnicos utilizados para elaboração do estudo.

Em RESULTADOS E DISCUSSÕES são apresentados sistemas adequados que foram identificados no estudo com acidentes de grande porte envolvendo perdas humanas e materiais, bem como a relevância da boa gestão na manutenção da integridade das barreiras de proteção.

A CONCLUSÃO evidencia a importância das indústrias de implantar e manter ativas suas barreiras de proteção nos processos químicos e petroquímicos industriais, bem como a escolha de elementos de alta confiabilidade.

### 1.1 Objetivo

Mostrar a importância do uso correto das barreiras de proteção nos processos químicos industriais, visando a garantia da segurança das pessoas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Atualmente a segurança nas indústrias químicas provém do crescimento do conhecimento técnico, do conhecimento e gerenciamentos dos perigos e riscos de seus processos industriais e principalmente da implantação e gerenciamento de barreiras de proteção.

Não basta apenas adotar medidas de proteção aos trabalhadores de uma indústria com base em equipamentos de proteção individual (EPI's), pois há situações de risco em que um EPI não será suficiente para evitar ou minimizar uma lesão ou dano, neste caso é preciso trabalhar em sistemas de proteção que faça abrangência e não só à segurança e saúde das pessoas, mas também da proteção ao meio ambiente, ativos e imagem da companhia.

Conforme apresentação da Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim) 50 anos, grandes acidentes deixaram marcas na história das indústrias químicas e ocasionaram grandes perdas e marcas em suas imagens, além do que, ocasionaram erosão da credibilidade em função destes eventos: a saber.

Abaixo estão alguns dos mais relevantes acidentes tecnológicos ocorridos na indústria química mundial.

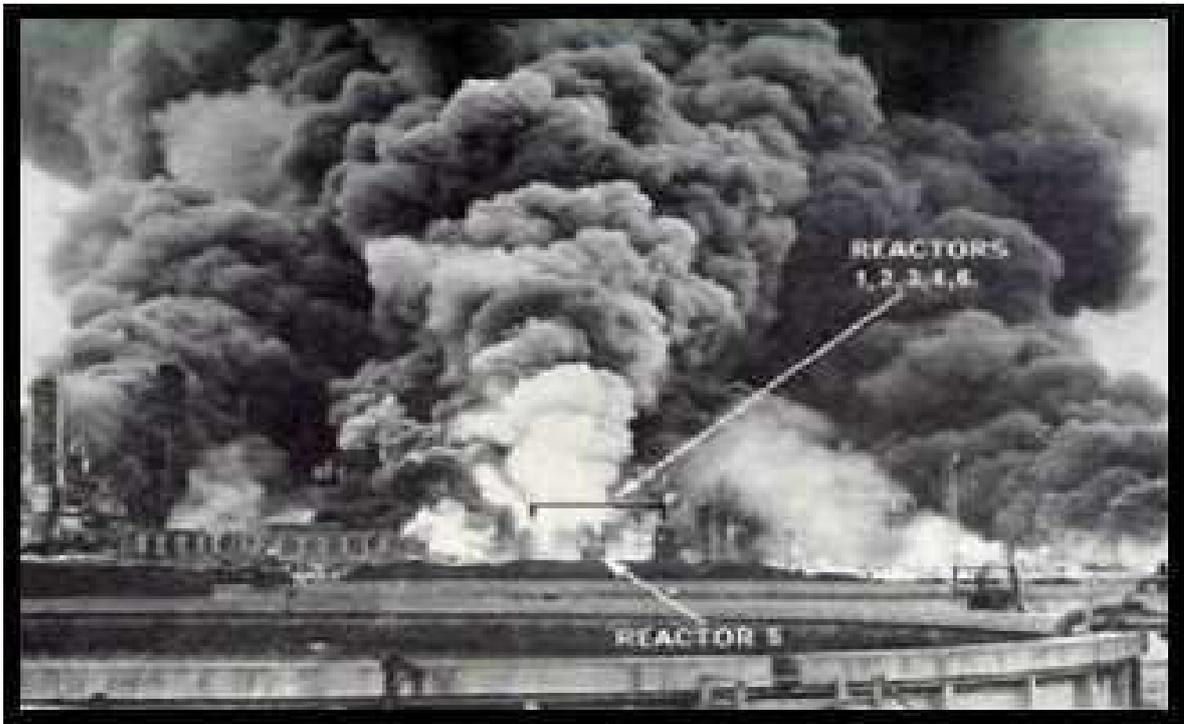


Figura 1: Explosão de ciclohexano na Inglaterra.

Fonte: Fernandes, 2014.



Figura 2: Emissão de nuvem tóxica na Itália.

Fonte: Fernandes, 2014.



Figura 4: Explosão na Geórgia.

Fonte: CSB, 2009.



Figura 5: Explosão em Cubatão.  
Fonte: Folha de São Paulo, 2018.



Figura 6: Liberação de nuvem tóxica na Índia.  
Fonte: Fundacentro, 2014.

*Bhopal* (m-isocianato Índia), o maior acidente químico industrial do mundo...

Entre as décadas de 80 e 90 o mundo testemunhou um crescimento sem precedentes e inusitado de eventos de grande porte, resultando em perdas de vidas, grandes prejuízos patrimoniais e impactos ambientais adversos, tudo em proporções nunca registradas anteriormente, visto que, para atender a demanda crescente de produtos químicos para os mercados, as indústrias acabavam por manter estoques elevados de produtos perigosos em suas plantas químicas elevando o potencial de consequências quando da ocorrência de eventos indesejáveis envolvendo estes materiais.

Em 03 dezembro de 1984, aconteceu na Índia o maior acidente industrial do mundo, e se tornou um marco assustador na história da indústria química, onde uma fábrica liberou uma nuvem química que matou milhares de pessoas em poucas horas. O que aconteceu lá em *Bhopal* chocou o mundo todo, quando um vazamento de água para um tanque de metil isocianato provocou uma violenta reação descontrolada, com emissão de grande quantidade de gases tóxicos para a atmosfera. O evento resultou na morte de aproximadamente três mil pessoas. O acidente de *Bhopal* embora pelas proporções, não é um caso isolado e sinalizou para a necessidade da implantação de formas mais eficazes de gerenciamento de segurança de processos dando suporte à tecnologia de produção cada vez mais acelerada.

De acordo com Puiatti (2000), os primeiros a sofrer os danos causados pelos acidentes são os trabalhadores, pois estão sempre próximos e expostos ao risco. Assim, ao longo das últimas décadas, houve uma grande preocupação dos próprios trabalhadores e de seus representantes (sindicatos, comissões de fábrica, etc.) em buscar novas formas e sistemas de proteção, desde a intervenção no local de trabalho até a defesa de posições perante as confederações empresariais e os governos, por intermédio de suas instituições públicas de pesquisas, com vistas à criação de legislações nacionais e internacionais para a prevenção de acidentes maiores.

Algumas normas regulamentadoras trazem em seus conteúdos recomendações mínimas para a garantia da segurança dos trabalhadores. Algumas recomendações tratam da implantação de barreiras de proteção, que é uma medida de proteção coletiva que protege com muito mais eficiência os trabalhadores quando comparado aos equipamentos de proteção individuais que não evitam a ocorrência do acidente mas amenizam as consequências.

Entre essas normas a NR-10 em seu item 10.2, a NR-12 em seu item 12.41, a NR-13 em seu item 13.5.1.3 e a NR-20 em seu item 20.5.2, menciona esse ponto.

### **3 METODOLOGIA**

Estão baseadas na obtenção de dados de livros, análises bibliográficas, “sites” especializados em análises de risco e gerenciamento de segurança do processo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As barreiras de proteção são indispensáveis em todo processo químico e faz parte fundamental da segurança de processos e equipamentos. Existem diversas situações que podem acarretar em desvios dentro de um processo químico e isto leva a cenários acidentais de forma a provocar danos catastróficos nos locais onde as instalações operam.

A operação de um processo químico com barreiras desativadas ou em situação de desvios, levar ao seguinte dilema: parar a unidade de produção ou operar provisoriamente sem aquela barreira de segurança. A opção pela segunda alternativa pode ser economicamente favorável, mas potencialmente expõe pessoas, equipamentos e processos a riscos indesejáveis.

Sabendo que cada barreira de proteção tem sua confiabilidade determinada, a eventual instalação de um desvio é praticamente inerente ao longo dos ciclos de produção e para isso é recomendável um robusto processo de gerenciamento destes sistemas de segurança. Este trabalho demonstra a importância e benefícios dos sistemas de barreiras para a segurança dos trabalhadores da indústria química.

Barreiras de proteção é todo grupo de equipamentos, acessórios, dispositivo instrumental e mecânico ou ações de controle que protegem a instalação de algum evento indesejado ou limita as suas consequências.

As barreiras de proteção podem ser aplicadas de acordo com uma sequência lógica, sendo que sua colocação em série deve estabelecer uma ordem de se evitar que o evento iniciador se desenvolva ao longo das falhas de uma das barreiras, e a falha de uma barreira não pode provocar a falha das demais barreiras do sistema.

A implantação de barreiras de proteção em um processo começa no projeto de uma instalação, no qual o engenheiro responsável analisando todo o sistema, já prevê condições anormais que podem levar a situações indesejáveis no decorrer do processo e nesta etapa já instala algumas barreiras de proteção no projeto. Numa segunda etapa essas barreiras são sugeridas na análise de risco, as quais podem ser efetuadas por diversas ferramentas, tais como: *Hazop* (Análise de risco e operabilidade), APP (Análise Preliminar de Perigos), *LOPA* (*Layers of Protection Analysis*).

Um modelo de barreiras de proteção é o desenvolvido em 1990 pelo psicólogo e professor britânico James T. Reason, associado inicialmente à falha humana. Nesse

modelo estão representadas as diversas proteções que impedem a evolução de um determinado evento iniciador até o acidente e suas conseqüências indesejadas. Essas barreiras, de caráter preventivo ou de mitigação de conseqüências, representam as possíveis diversas e múltiplas camadas de proteção, cuja visão integrada de segurança de processo irá associar prioritariamente aos cenários acidentais mais críticos (MAH).



Figura 1 Modelo de barreira proposto por James T. Reason

Fonte: Consultoria RSEM, 2018

As barreiras podem ser preventivas, ou seja, são aquelas que tem por função evitar que um evento acidental ocorra e as de cunho mitigador que são aquelas que têm por função minimizar a consequência de um acidente caso ele ocorra por falha das barreiras preventivas.

Um modelo de barreiras funcional segue o exemplo abaixo:

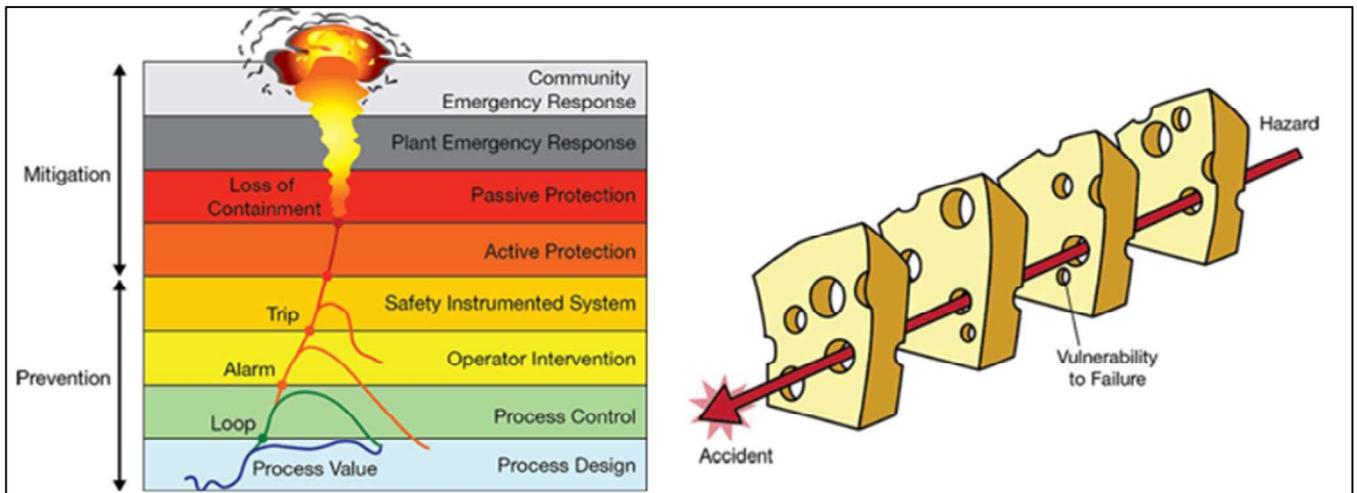


Figura 2: Modelo representando as camadas preventivas e mitigadoras.

Fonte: *AICHE the global Home Chemical Engineers*

As barreiras preventivas são desenvolvidas da seguinte forma:

- O sistema de controle (*Loop*) controla o processo dentro dos limites normais de operação, esta barreira inclui as ações operacionais executadas manualmente, os treinamentos operacionais, os procedimentos operacionais dentre outros.
- Os alarmes críticos e intervenções operacionais (*Alarm*) devem ser acionados pelo sistema básico de controle no qual um alarme é emitido quando a variável de processo sai do controle e neste momento exige-se uma ação do operador para retomar o controle do processo.
- Os sistemas instrumentado de segurança, (*Trip*) é uma combinação de sensores, lógicas e elementos finais, com níveis de integridade definidos, que trata uma situação anormal no processo e traz para região de controle ou ocasiona o envio do processo para uma região segura, podendo ser o desligamento total de uma de instalação em operação. Esta barreira também é conhecida como intertravamento.

- A proteção física (*Active protection*) contém dispositivos que são dimensionados, projetados, instalados e mantidos de forma apropriada, são barreiras independentes de proteção, que oferecem um alto grau de proteção contra sobre pressão ou vácuo.
  - Válvulas de segurança;
  - Discos de ruptura , válvulas quebra-vácuo, com respectivos *set-points*;
  - *Fire-proofing, flame arrestors* com respectivas características.

As barreiras de cunho mitigador são desenvolvidas da seguinte forma:

A proteção física pós-perda de contenção (*Passive protection*) consiste na primeira contenção física após a ocorrência do acidente, sendo recursos passivos que proporcionam elevado nível de proteção se forem projetados e mantidos de forma apropriada. Exemplos:

- Os diques de contenção;
- Os detectores de gases;
- As paredes a prova de explosão;
- Os sistemas de espumas.

A preparação para atendimento a emergência (*Plant emergency response*) é a primeira barreira para resposta à emergência em uma planta, é uma barreira mitigadora que envolve todo recurso de uma instalação no combate a emergência, composto por:

- Diretriz para atendimento a emergências, brigada de incêndio;
- Fluxo de comunicação, simulados de emergências;
- Recursos físicos de combate a emergências;
- Recursos móveis de combate a emergências.

O plano de gestão de crises (*Community emergency response*) é uma barreira mitigadora que vai ser acionada após uma emergência, visa administrar a situação de crise com eficácia, de forma a minimizar os impactos aos funcionários, contratados, pessoas da comunidade e ao meio ambiente. Esta barreira é acionada quando a emergência sai do controle da 6ª barreira.

## **5 CONCLUSÃO**

Conclui-se que o uso correto e a manutenção da integridade mecânica das barreiras de proteção dos processos químicos industriais, trazem mais segurança aos funcionários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAZIL. Agência Nacional do Petróleo – ANP. **Noções de Segurança de processo.** Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/images/Palestras/SOMAT2/1-Seguranca\\_de\\_processo-CCPS.pdf](http://www.anp.gov.br/images/Palestras/SOMAT2/1-Seguranca_de_processo-CCPS.pdf)>. Acesso em: 24 julho. 2018.

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. **O Desenvolvimento de uma Indústria Química Brasileira Sustentável.** Disponível em: <<http://www.abq.org.br/entequi/2010/entequi2010-painel2.1.pdf>>. Acesso em: 24 julho 2018.

RSEM – Consultoria em Gerenciamento de Risco e Sustentabilidade. **Desenvolvimento de Programa de Segurança de Processo: Um caso de sucesso entre a Braskem e a DNV.** Disponível em: <<https://www.rsem.com.br/desenvolvimento-de-programa-de-seguranca-de-processo-um-caso-de-sucesso-entre-a-braskem-e-a-dnv/>>. Acesso em: 25 julho 2018.

BRAZIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Fundacentro. **Acidente de Bhopal** Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/Acidente%20de%20Bhopal%20-%20falhas.pdf>. Acesso em: 28 julho 2018.

BRAZIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Fundacentro. **Prevenção de acidentes industriais maiores** Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/bibliotecadigital/publicacao/detalhe/2012/9/prevencao-de-acidentes-industriais-maiores>>. Acesso em: 30 julho 2018.

PUIATTI, R. **A prevenção e os trabalhadores – aspectos comparativos da legislação dos EUA**, da Grã-Bretanha e da Holanda. In: FREITAS, C. M; PORTO, M. F .S.; MACHADO, J. M. H. (Orgs.). **Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000.

AICHE *The Global Home Chemical Engineers. Incidente Summary: **Flixborough Case History***. Disponível em: <https://www.aiche.org/ccps/topics/elements-process-safety/commitment-process-safety/process-safety-culture/flixborough-case-history>  
Acesso em: 29 julho 2018.

FERNANDES, Roberto. Blogspot. Desastre de **Flixborough** Inglaterra. Disponível em: <http://profrobertofernandes.blogspot.com/2014/09/o-desastre-de-flixborough.html>  
Acesso em 30 julho 2018.

FERNANDES, Roberto. Blogspot. Acidente em **Seveso** nuvem tóxica. Disponível em: <http://profrobertofernandes.blogspot.com/2014/09/o-desastre-de-seveso.html> Acesso em 29 julho 2018.

CSB – Chemical Safety Board Disponível em: <https://www.csb.gov/imperial-sugar-company-dust-explosion-and-fire/>, 2009  
Acesso em 02 agosto 2018

FOLHA de São Paulo, Jornal. Explosão em **Cubatão**. Disponível em: <https://f5.folha.uol.com.br/saiunonp/2014/10/1531855-fogo-infernal-deixa-93-mortos-em-cubatao.shtml>. Acesso em: 02 agosto 2018