

CONTEÚDO

LISTA DE TABELAS	xix
LISTA DE FIGURAS	xxix
SIGLAS E ABREVIATURAS	xxxv
GLOSSÁRIO	xli
AGRADECIMENTOS	li
PARTE 1	
PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DE PERIGO	1
PREFÁCIO	3
VISÃO GERAL DE GERENCIAMENTO	13
1	
INTRODUÇÃO ÀS DIRETRIZES	17
1.1 EXPERIÊNCIA	18
1.2 RELAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE PERIGOS E ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO DE RISCO	20
1.3 ANATOMIA DE UM INCIDENTE DE PROCESSO	22
1.4 O PAPEL DAS SALVAGUARDAS	27
1.5 AVALIAÇÃO DE PERIGOS AO LONGO DA VIDA ÚTIL DA PLANTA	34
1.6 AVALIAÇÃO DE PERIGOS E REGULAMENTOS	35
1.7 LIMITAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE PERIGOS	36

2

PREPARAÇÃO PARA AVALIAÇÕES DE PERIGOS	41
2.1 INFRAESTRUTURA	41
2.2 OBJETIVOS DA ANÁLISE	42
2.3 DESENVOLVIMENTO DO ESCOPO E LIMITES DA REVISÃO	45
2.4 REQUISITOS DE INFORMAÇÃO	46
2.5 UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAS	49
2.6 PESSOAL E HABILIDADES	51
2.7 CRONOGRAMA E EXECUÇÃO	54
2.8 REUNIÃO INICIAL COM O TIME DA ANÁLISE	57

3

MÉTODOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS.	63
3.1 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS E CONDIÇÕES DE PROCESSO	64
3.2 USO DA EXPERIÊNCIA	67
3.3 DESENVOLVIMENTO DE MATRIZES DE INTERAÇÃO DE REATIVIDADE	69
3.4 RESULTADOS DA IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS	72
3.5 UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE PERIGOS PARA SUA IDENTIFICAÇÃO	73
3.6 AVALIAÇÃO INICIAL DAS CONSEQUÊNCIAS PARA O PIOR CASO	75
3.7 ABORDAGENS DE REDUÇÃO DE RISCOS E REVISÕES DE SEGURANÇA INERENTE	77

4

PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE PERIGOS NÃO BASEADA EM CENÁRIOS.	87
4.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS	90
4.2 REVISÃO DE SEGURANÇA	97
4.3 CLASSIFICAÇÃO RELATIVA	103
4.4 ANÁLISE POR LISTA DE VERIFICAÇÃO	116

5

PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE PERIGOS COM BASE EM CENÁRIOS. 125

- 5.1 ANÁLISE DE *WHAT-IF* 127
- 5.2 ANÁLISE DE *WHAT-IF*/LISTA DE VERIFICAÇÃO 135
- 5.3 ESTUDOS DE PERIGOS E OPERABILIDADE (HAZOP) 143
- 5.4 ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHA (FMEA) 167
- 5.5 ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS (FTA) 176
- 5.6 ANÁLISE DE ÁRVORE DE EVENTOS (ETA) 196
- 5.7 ANÁLISE DE CAUSA-CONSEQUÊNCIA E ANÁLISE DE *BOW-TIE* 206
- 5.8 OUTRAS TÉCNICAS 215

6

SELEÇÃO DE TÉCNICAS PARA AVALIAÇÃO DE PERIGOS. 219

- 6.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE PERIGOS 221
- 6.2 PROCESSO DE TOMADA DE DECISÕES PARA A SELEÇÃO DE TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE PERIGOS 234
- 6.3 EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO PROPOSTOS 236
- 6.4 ANÁLISES DE PERIGO PARA GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS. 243
- 6.5 AVALIAÇÕES DE PERIGOS COMBINADAS 246
- 6.6 AVALIAÇÃO DE PERIGOS EM DIFERENTES FASES DA VIDA DE UMA PLANTA 249
- 6.7 INTEGRAÇÃO DE SEGURANÇA DO TRABALHO, MEIO AMBIENTE, CONFIABILIDADE, MANUTENIBILIDADE, QUALIDADE E SEGURANÇA PATRIMONIAL NAS AVALIAÇÕES DE PERIGO 257

7**DETERMINAÇÃO DA ADEQUAÇÃO DE SALVAGUARDAS BASEADAS EM RISCO 265**

- 7.1 CENÁRIOS DEFINIDOS A PARTIR DE AVALIAÇÕES DE PERIGOS BASEADA EM CENÁRIOS 267
- 7.2 SEVERIDADE DAS CONSEQUÊNCIAS 270
- 7.3 FREQUÊNCIA DAS CAUSAS INICIADORAS 273
- 7.4 EFICÁCIA DAS SALVAGUARDAS 276
- 7.5 ESTIMATIVA DO RISCO UTILIZANDO MATRIZ DE RISCO OU POR CÁLCULO DIRETO 280
- 7.6 ANÁLISE DE CAMADA DE PROTEÇÃO 282

8**CONSIDERAÇÕES PARA ACOMPANHAMENTO DA ANÁLISE . . . 295**

- 8.1 DESENVOLVIMENTO DE RECOMENDAÇÕES 296
- 8.2 PRIORIZAÇÃO E RESULTADOS DE AVALIAÇÃO DE PERIGOS 298
- 8.3 DOCUMENTAÇÃO DE AVALIAÇÕES DE PERIGOS 311
- 8.4 DESENVOLVIMENTO DE UM GERENCIAMENTO DE RESPOSTA ÀS AVALIAÇÕES DE PERIGO 316
- 8.5 RESOLUÇÃO DOS ITENS DE AÇÃO 319
- 8.6 COMUNICAÇÃO DE DESCOBERTAS ESPECIAIS/ COMPARTILHAMENTO DAS INFORMAÇÕES 321
- 8.7 USO DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE PERIGOS AO LONGO DO CICLO DE VIDA DA PLANTA 322

9**EXTENSÕES E APLICAÇÕES ESPECIAIS 325**

- 9.1 AVALIAÇÃO DE PERIGO DE OPERAÇÕES BASEADAS EM PROCEDIMENTOS 325
- 9.2 AVALIAÇÃO DE PERIGO DE PROCESSOS CONTROLADOS POR SISTEMAS PROGRAMÁVEIS 340
- 9.3 AVALIAÇÃO DE PERIGOS ASSOCIADOS À REATIVIDADE QUÍMICA 345

9.4	COMBINAÇÃO DE FERRAMENTAS	347
9.5	FATORES HUMANOS E ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA	350
9.6	<i>FACILITY SITING</i>	365

PARTE 2

EXEMPLOS RESOLVIDOS.	371
PREFÁCIO PARA OS EXEMPLOS RESOLVIDOS.	373
VISÃO GERAL DE GERENCIAMENTO DOS EXEMPLOS RESOLVIDOS.	375

10

INTRODUÇÃO AOS EXEMPLOS RESOLVIDOS	377
10.1 OBJETIVO.....	378
10.2 ESTRATÉGIA INSTRUCIONAL.....	378
10.3 COMO UTILIZAR OS EXEMPLOS RESOLVIDOS	379

11

DESCRIÇÃO DO EXEMPLO DA INSTALAÇÃO E PROCESSO	381
11.1 HISTÓRICO DA EMPRESA E DA INSTALAÇÃO	382
11.2 VISÃO GERAL DO PROCESSO	382
11.3 DESCRIÇÃO DA VIDA ÚTIL DO PROCESSO	385

12

EXEMPLO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS PARA UM PROCESSO	389
12.1 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	389
12.2 AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA	391
12.3 MATRIZ DE REATIVIDADE	391
12.4 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE PERIGOS USADAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS.....	393
12.5 RESUMO	393

13

FASE DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO – UMA ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO <i>WHAT-IF</i> (O QUE FAZER SE...)	395
13.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	395
13.2 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.....	401
13.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	404
13.4 ACOMPANHAMENTO	407
13.5 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.....	407

14

FASE DE PROJETO CONCEITUAL – UMA ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS	409
14.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	409
14.2 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.....	414
14.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	418
14.4 ACOMPANHAMENTO	421
14.5 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.....	421

15

FASE DE OPERAÇÃO DA PLANTA-PILOTO – UMA ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO DE ESTUDO DE HAZOP	423
15.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	423
15.2 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.....	429
15.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	439
15.4 SEGUIMENTO	445
15.5 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.....	445
15.6 ABORDAGEM ALTERNATIVA CAUSA POR CAUSA.....	446
15.7 EXTENSÃO DA ABORDAGEM CAUSA POR CAUSA USANDO ESTIMATIVAS DE RISCOS DE CENÁRIOS.....	452

16

FASE DE ENGENHARIA DETALHADA – UMA ILUSTRAÇÃO DOS MÉTODOS DE ANÁLISE DA ÁRVORE DE FALHAS E DA ÁRVORE DE EVENTOS	457
16.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	457

16.2	DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.....	462
16.3	RESULTADOS	471
16.4	ACOMPANHAMENTO	474
16.5	CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.....	474
17		
	FASE DE CONSTRUÇÃO / PARTIDA – UMA ILUSTRAÇÃO DA ANÁLISE DE LISTA DE VERIFICAÇÃO E DOS MÉTODOS DE REVISÃO DE SEGURANÇA.	477
17.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA HISTÓRICO	477
17.2	DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.....	480
17.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	484
17.4	ACOMPANHAMENTO	486
17.5	CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.....	486
18		
	FASE DE ROTINA DE OPERAÇÃO – UMA ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO DE REVISÃO DE SEGURANÇA PARA GERENCIAMENTO DE MUDANÇAS	489
18.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	489
18.2	DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.....	491
18.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	494
18.4	ACOMPANHAMENTO	494
18.5	CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.....	495
19		
	OPERAÇÃO NORMAL – ESTUDO DE HAZOP PARA REVISÃO CÍCLICA.....	497
19.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	497
19.2	DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.....	502
19.3	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	508
19.4	ACOMPANHAMENTO	509
19.5	CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.....	515

20

FASE DE EXPANSÃO DA PLANTA – UMA ILUSTRAÇÃO DE RELATIVE RANKING E DE MÉTODOS DE ESTUDO DE HAZOP PARA UM PROCESSO EM BATELADA	517
20.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	517
20.2 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.	524
20.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.	533
20.4 ACOMPANHAMENTO (<i>FOLLOW-UP</i>)	537
20.5 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.	538

21

FASE DE INVESTIGAÇÃO DE INCIDENTE – UMA ILUSTRAÇÃO DOS MÉTODOS DE FMEA E HRA.	549
21.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	549
21.2 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.	554
21.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.	564
21.4 ACOMPANHAMENTO	568
21.5 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.	569

22

DESCOMISSONAMENTO – ANÁLISES DE <i>WHAT-IF</i>/LISTA DE VERIFICAÇÃO	571
22.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	571
22.2 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE.	577
22.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.	582
22.4 ACOMPANHAMENTO	582
22.5 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES.	583

APÊNDICES**A**

LISTAS DE VERIFICAÇÕES E FORMULÁRIOS ADICIONAIS	585
A1 EXEMPLO DE LISTAS DE VERIFICAÇÕES PARA AVALIAÇÃO DE MUDANÇAS	587

A2	EXEMPLO DE FORMULÁRIO DE REVISÃO DO GERENCIAMENTO DE RISCO EM MUDANÇAS	591
A3	EXEMPLO DE LISTA DE VERIFICAÇÃO DE REATIVIDADE	593
A4	LISTA DE VERIFICAÇÃO DE PROCESSO INERENTEMENTE MAIS SEGURO	601
B	PERGUNTAS COMPLEMENTARES PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS	607
C	SÍMBOLOS E ABREVIações PARA DIAGRAMAS DE PROBLEMAS – EXEMPLO	663
D	SOFTWARES AUXILIARES	665
E	MATRIZ DE COMPATIBILIDADE QUÍMICA	667
F	ORGANIZAÇÕES QUE OFERECEM RECURSOS DE MELHORIA DE SEGURANÇA DE PROCESSO	675
	BIBLIOGRAFIA SELECIONADA.	683
	ÍNDICE	685