

Sumário

Agradecimentos	VII
Prefácio	IX
Unidades e Nomenclatura	XVII

Parte A

O QUE HOUE DE ERRADO?

Capítulo 1	Preparação para a Manutenção	3
1.1	BLOQUEIO	3
1.1.1	Falhas de Bloqueio	3
1.1.2	Bloqueios Removidos Cedo Demais	7
1.1.3	Bloqueio Inadequado	7
1.1.4	Bloqueio em Linhas de Serviços de Utilidades	8
1.1.5	Bloqueios não Removidos	9
1.1.6	Alguns Acidentes Variados Envolvendo Bloqueio para Manutenção	10
1.1.7	Bloqueios em Instalações Elétricas	12
1.2	IDENTIFICAÇÃO	12
1.2.1	A Necessidade de Identificação	12
1.2.2	A Necessidade de Identificações Claras e não Ambíguas	14
1.2.3	A Necessidade de Instruções Claras	16
1.2.4	Identificação de Válvulas de Segurança e Alívio	17
1.2.5	Tenha Certeza de ter Escolhido a Linha Correta	17
1.3	REMOÇÃO DE PERIGOS	18
1.3.1	Equipamentos não Purgados de Gases	18
1.3.2	As Condições Podem Mudar Após os Testes	20
1.3.3	Os Perigos Podem Originar-se de Drenos, Alívios e Outras Aberturas	22
1.3.4	Líquidos Podem Permanecer nas Tubulações	22
1.3.5	Linhas de Serviço Podem Conter Materiais Perigosos	23
1.3.6	Pressão Residual	23
1.3.7	Equipamentos Enviados para Fora da Planta	24

1.4	PROCEDIMENTOS NÃO SEGUIDOS	26
1.4.1	Equipamentos Operados Após a Emissão da PT	26
1.4.2	Não Utilização de EPI (Equipamento de Proteção Individual)	27
1.4.3	Trabalhos nas Proximidades da Planta	28
1.4.4	Trabalho de Manutenção sobre a Água	29
1.4.5	Falta de Entendimento	30
1.4.6	Escavações	32
1.4.7	Uma Permissão para Trabalhar Perigosamente?	33
1.5	QUALIDADE DA MANUTENÇÃO	33
1.5.1	Formas Corretas e Incorretas de Abrir uma Conexão	34
1.5.2	Uso de Força Excessiva	34
1.5.3	Desconhecimento da Resistência do Material	35
1.5.4	Falha na Compreensão de como as Coisas Funcionam ou como são Construídas	38
1.5.5	Tratando os Sintomas em vez da Doença	41
1.5.6	Equipamento Elétrico à Prova de Explosão	42
1.5.7	Trabalho Malfeito (<i>Botching</i>)	42
1.5.8	Quem Deve Decidir como Realizar um Reparo?	44
1.6	UMA NOTA PESSOAL	45
	Referências	46

Capítulo 2 **Mudanças** 49

2.1	MUDANÇA PARA A PARTIDA	49
2.2	MUDANÇAS SUTIS	52
2.3	MUDANÇAS FEITAS DURANTE A MANUTENÇÃO	56
2.4	MUDANÇAS TEMPORÁRIAS	57
2.5	MUDANÇAS SANCIONADAS	59
2.6	MUDANÇAS DE PROCESSO	61
2.7	NOVAS TÉCNICAS	64
2.8	MUDANÇAS ORGANIZACIONAIS	65
2.9	MUDANÇAS GRADUAIS	66
2.10	MUDANÇAS EM CADEIA	67
2.11	MUDANÇAS FEITAS PARA A MELHORIA AMBIENTAL	70
2.11.1	Explosões em Casas de Compressores	70
2.11.2	Aerossóis e Outros Usos do CFC	71
2.11.3	Sistemas de Alívio	72
2.12	CONTROLE DE MUDANÇAS	74
	Referências	75

Capítulo 3 **Acidentes Atribuídos a Erro Humano** 77

3.1	INTRODUÇÃO	77
3.2	ACIDENTES QUE PODERIAM SER PREVENIDOS POR MUDANÇA NO PROJETO DA PLANTA OU NO MÉTODO DE TRABALHO	79
3.2.1	“Não há Nada de Errado com o Projeto, mas o Equipamento não foi Montado Corretamente”	79

3.2.2	Válvula Errada Aberta	81
3.2.3	Você Subiria por uma Tubulação ou Andaria 90 m (300 pés)?	81
3.2.4	Um Erro ao Testar um <i>Trip</i>	81
3.2.5	<i>Layout</i> de Instruções Ruim	82
3.2.6	Uma Leitura Imprecisa não Observada em um Instrumento na Altura do Quadril	83
3.2.7	Erro ao Fechar Válvulas	84
3.2.8	Uma Explosão em um Reator em Batelada	85
3.3	ACIDENTES QUE PODERIAM SER PREVENIDOS COM UM TREINAMENTO MELHOR	88
3.3.1	Leituras Ignoradas	89
3.3.2	Avisos Ignorados	90
3.3.3	Ignorância sobre os Perigos	92
3.3.4	Ignorância sobre os Princípios Científicos	92
3.3.5	Erros de Diagnóstico	94
	Referências	95

Capítulo 4 **Rotulagem de Identificação** 97

4.1	ROTULAGEM DE IDENTIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	97
4.2	ROTULAGEM DE IDENTIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS	100
4.3	ROTULAGEM DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS	102
4.3.1	Rótulos de Identificação Deficientes ou Ausentes	102
4.3.2	Confusão com Denominações Parecidas	103
4.4	RÓTULOS DE IDENTIFICAÇÃO NÃO COMPREENDIDOS	104
	Referências	105

Capítulo 5 **Tanques de Armazenamento** 107

5.1	TRANSBORDAMENTO	107
5.1.1	Alarmes e <i>Trips</i> Podem Tornar o Transbordamento mais Provável	108
5.1.2	Transbordamento Devido a uma Mudança de Função	108
5.1.3	Transbordamento por Gravidade	109
5.2	SOBREPRESSURIZAÇÃO	109
5.2.1	Sobreprensuração com Líquidos	110
5.2.2	Sobreprensuração por Gás ou Vapor	111
5.3	COLAPSO	113
5.4	EXPLOSÕES	116
5.4.1	Uma Típica Explosão de Tanque	117
5.4.2	Algumas Explosões Incomuns de Tanques	118
5.4.3	Uma Explosão em um Antigo Vaso de Pressão Usado como Tanque de Armazenamento	123
5.5	TANQUES DE TETO FLUTUANTE	123
5.5.1	Como Afundar o Teto	123
5.5.2	Incêndios e Explosões	124
5.6	ACIDENTES DIVERSOS	128
5.6.1	Um Tanque se Eleva Sobre o Chão	128
5.6.2	Problemas de Fundação	128

5.6.3	Inertização com Nitrogênio	128
5.6.4	Falha por Fratura Frágil	129
5.7	TANQUES DE PLÁSTICO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO (FRP)	131
	Referências	132

Capítulo 6 Chaminés 135

6.1	EXPLOSÕES EM CHAMINÉS	135
6.2	OBSTRUÇÕES EM CHAMINÉS	139
6.3	RADIAÇÃO TÉRMICA	141
	Referências	141

Capítulo 7 Vazamentos 143

7.1	ALGUMAS FONTES COMUNS DE VAZAMENTOS	144
7.1.1	Válvulas Pequenas	144
7.1.2	Válvulas de Drenagem e Respiros de Alívio	145
7.1.3	Recipientes Abertos	146
7.1.4	Nível e Visores	147
7.1.5	Tampões	148
7.1.6	Mangueiras	149
7.1.7	Serpentina de Resfriamento	152
7.2	CONTROLE DE VAZAMENTOS	153
7.2.1	Válvulas de Bloqueio de Emergência	153
7.2.2	Outros Métodos de Controle de Vazamentos	157
7.2.3	Como não Controlar um Vazamento	157
7.3	VAZAMENTOS SOBRE ÁGUA, SOLO MOLHADO OU ISOLAMENTO TÉRMICO	158
7.3.1	Vazamentos sobre a Água ou Solo Molhado	158
7.3.2	Vazamentos sobre o Isolamento Térmico	158
7.4	DETECÇÃO DE VAZAMENTOS	160
7.5	EMISSÕES FUGITIVAS	161
	Referências	161

Capítulo 8 Gases Inflamáveis em Estado Liquefeito 163

8.1	GRANDES VAZAMENTOS	164
8.1.1	Feyzin	164
8.1.2	Duque de Caxias	167
8.1.3	Reino Unido	167
8.1.4	Cidade do México	168
8.1.5	Qatar	169
8.1.6	Planta de Cloreto de Etila	170
8.2	PEQUENOS VAZAMENTOS	172
8.3	OUTROS VAZAMENTOS	173
8.3.1	Juntas Flangeadas	173
8.3.2	Selos de Bomba	174
8.3.3	Indicadores de Nível	174

8.3.4	Pontos de Amostragem	174
8.3.5	Pequenos Bocais	174
8.3.6	Equipamentos Feitos de Tipos de Aço Inadequados para o Uso em Baixas Temperaturas	174
8.4	SEGURANÇA NO PROJETO DE PLANTAS DE MANUSEIO DE HIDROCARBONETOS LEVES EM ESTADO LIQUEFEITO	175
	Referências	177

Capítulo 9 **Falhas em Tubos e Vasos de Pressão** 179

9.1	FALHAS EM TUBOS	179
9.1.1	Pontos Mortos	180
9.1.2	Suporte Inadequado	183
9.1.3	Injeção de Água	186
9.1.4	Juntas de Expansão	187
9.1.5	Golpe de Ariete	187
9.1.6	Outras Falhas em Tubos	190
9.1.7	Vazamentos em Flanges	193
9.1.8	Falhas Catastróficas	194
9.2	FALHAS EM VASOS DE PRESSÃO	194
9.2.1	Falhas (e Quase Falhas) Evitáveis por Meio de um Melhor Projeto ou Construção	194
9.2.2	Falhas Evitáveis com uma Melhor Operação	198
9.2.3	Cilindros	200
	Referências	201

Capítulo 10 **Outros Equipamentos** 203

10.1	CENTRÍFUGAS	203
10.2	BOMBAS	204
10.2.1	Causas de Falhas em Bombas	204
10.2.2	Tipos de Falhas em Bombas	205
10.3	RESFRIADORES DE AR	206
10.4	VÁLVULAS DE SEGURANÇA E ALÍVIO	206
10.4.1	Localização	207
10.4.2	Registros de Válvulas de Segurança e Alívio	207
10.4.3	Mudanças em Válvulas de Segurança e Alívio	208
10.4.4	Tubos de Escape	210
10.4.5	Falhas em Válvulas de Segurança e Alívio	211
10.4.6	Eliminação das Descargas de Alívio	214
10.4.7	Válvulas de Alívio de Vácuo	215
10.5	PERMUTADORES DE CALOR	216
10.5.1	Vazamentos em Tubulações de Água e Vapor	216
10.5.2	Vazamentos Devido ao Resfriamento Evaporativo	216
10.5.3	Danos por Golpe de Ariete/Martelo Hidráulico (<i>Water Hammer</i>)	217
10.5.4	Um Acidente Durante a Manutenção	218
10.6	TORRES DE RESFRIAMENTO	218

10.7 FORNOS 219

10.7.1 Explosões ao Acender um Forno 219

10.7.2 Rupturas em Tubos de Fornos 222

Referências 225

Capítulo 11 Entrada em Vasos 227

11.1 VASOS NÃO LIBERADOS DE MATERIAIS PERIGOSOS 227

11.2 ADMISSÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS 229

11.3 VASOS NÃO ISOLADOS DAS FONTES DE PERIGO 231

11.4 ENTRADAS NÃO AUTORIZADAS 234

11.5 ENTRADAS EM VASOS COM ATMOSFERAS NÃO RESPIRÁVEIS 235

11.6 RESGATE 236

11.7 ANÁLISE DA ATMOSFERA DO VASO 238

11.8 O QUE É UM ESPAÇO CONFINADO? 238

11.9 CADA ERRO POSSÍVEL 239

Referências 239

Capítulo 12 Perigos dos Materiais Comuns 241

12.1 AR COMPRIMIDO 241

12.2 ÁGUA 243

12.3 NITROGÊNIO 245

12.3.1 Nitrogênio Confundido com Ar 246

12.3.2 Ignorância sobre os Perigos 247

12.3.3 Presença Desconhecida de Nitrogênio 249

12.3.4 Nitrogênio Líquido 250

12.4 ÓLEOS PESADOS (INCLUSIVE FLUIDOS TÉRMICOS) 251

12.4.1 Vestígios de Óleo Pesado em Tanques Vazios 251

12.4.2 Vestígios de Óleo Pesado em Tubulações 252

12.4.3 Reservatórios de Óleo Pesado 253

12.4.4 Derramamentos de Óleo Pesado, Inclusive Derramamentos sobre Isolamentos 253

12.4.5 Bolas de Fogo de Óleo Pesado 254

12.4.6 Um Incêndio de Óleo Lubrificante 255

12.4.7 Degradação de Óleos Pesados 256

Referências 256

Capítulo 13 Caminhões-Tanques e Vagões-Tanques 259

13.1 TRANSBORDAMENTO 259

13.2 ROMPIMENTO DE MANGUEIRAS 261

13.3. INCÊNDIOS E EXPLOSÕES 262

13.4 GASES INFLAMÁVEIS EM ESTADO LIQUEFEITO 263

13.5 AR COMPRIMIDO 263

13.6 CAPOTAMENTO 264

13.7	ESVAZIAMENTO OU ENCHIMENTO PELO LOCAL ERRADO	265
13.8	CONTATO COM LINHAS ELÉTRICAS ENERGIZADAS	267
	Referências	267

Capítulo 14 Testes de Trips e de Outros Sistemas de Proteção 269

14.1	O TESTE DEVE SER COMPLETO	269
14.2	TODOS OS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO DEVEM SER TESTADOS	272
14.2.1	Equipamentos Alugados	272
14.2.2	Válvulas de Emergência	273
14.2.3	Tracejamento a Vapor	273
14.2.4	Válvulas de Segurança e Alívio, Respiros de Alívio, Corta-chamas e Itens Semelhantes	273
14.2.5	Outros Equipamentos	274
14.3	TESTES EXAGERADOS	275
14.4	SISTEMAS DE PROTEÇÃO NÃO DEVEM SER REARMADOS AUTOMATICAMENTE	276
14.5	TRIPS NÃO DEVEM SER DESARMADOS SEM AUTORIZAÇÃO	277
14.6	INSTRUMENTOS DEVEM MEDIR DIRETAMENTE O QUE PRECISAMOS SABER	280
14.7	TRIPS SÃO PARA EMERGÊNCIAS, NÃO PARA USO DE ROTINA	281
14.8	TESTES PODEM ENCONTRAR FALHAS	282
14.9	ALGUNS ACIDENTES DIVERSOS	282
14.10	ALGUNS ACIDENTES NO MAR	283
	Referências	284

Capítulo 15 Eletricidade Estática 287

15.1	ELETRICIDADE ESTÁTICA EM ESCOAMENTO DE LÍQUIDOS	288
15.2	ELETRICIDADE ESTÁTICA EM JATOS DE GÁS E JATOS D'ÁGUA	289
15.3	ELETRICIDADE ESTÁTICA EM PÓS E PLÁSTICOS	290
15.4	ELETRICIDADE ESTÁTICA EM TECIDOS	293
	Referências	294

Capítulo 16 Materiais de Construção 295

16.1	UTILIZAÇÃO DE MATERIAL ERRADO	295
16.2	HIDROGÊNIO PRODUZIDO PELA CORROSÃO	299
16.3	OUTROS EFEITOS DA CORROSÃO	300
16.4	PERDAS DE REVESTIMENTOS DE PROTEÇÃO	301
16.5	ALGUNS OUTROS ACIDENTES CAUSADOS PELA CORROSÃO	301
16.6	INCÊNDIOS	302
16.7	SELEÇÃO DE MATERIAIS	302
	Referências	303

Capítulo 17 Métodos de Operação 305

17.1	PRESSÃO RESIDUAL	305
17.2	LIMPEZA DE LINHAS OBSTRUÍDAS	307

17.3	VÁLVULAS EM POSICIONAMENTO INCORRETO	308
17.4	RESPONSABILIDADES NÃO DEFINIDAS	310
17.5	FALHAS DE COMUNICAÇÃO	311
17.6	TRABALHOS EM BOCAS DE VISITA	313
17.7	UMA LINHA, DUAS ATRIBUIÇÕES	314
17.8	BLOQUEIO INADVERTIDO	314
17.9	ARMAZENAMENTO INCOMPATÍVEL	315
17.10	MANUTENÇÃO: ISTO É REALMENTE NECESSÁRIO?	315
17.11	FALHA DE INTERTRAVAMENTO	316
17.12	QUEBRA DE EMULSÃO	318
17.13	EFEITO CHAMINÉ	319
	Referências	321

Capítulo 18 Contrafluxos, Outros Desvios não Antecipados e Hazops 323

18.1	CONTRAFLUXO ORIUNDO DE VASO DE RECEBIMENTO DE PRODUTO OU DE RETORNO À PLANTA PELA LINHA DE PURGA	323
18.2	CONTRAFLUXO EM TUBULAÇÕES DE SERVIÇO	325
18.3	CONTRAFLUXO EM BOMBAS	326
18.4	CONTRAFLUXO EM REATORES	327
18.5	CONTRAFLUXO EM DRENOS	329
18.6	OUTROS DESVIOS	329
18.7	UM MÉTODO PARA ANTECIPAR DESVIOS	331
18.8	ALGUMAS ARMADILHAS NO HAZOP	332
18.9	HAZOP EM PLANTAS DE PROCESSO EM BATELADA	334
18.10	HAZOP PARA CAMINHÕES-TANQUES	335
18.10.1	“Mais Pressão”	335
18.10.2	“Menor Temperatura”	336
18.10.3	“Mais que”	336
18.11	HAZOP: CONCLUSÕES	336
	Referências	337

Capítulo 19 Eu não Sabia que... 339

19.1	A AMÔNIA PODE EXPLODIR	339
19.2	TESTES HIDROSTÁTICOS PODEM SER PERIGOSOS	341
19.3	MOTORES A DIESEL PODEM INFLAMAR VAZAMENTOS DE GASES	342
19.4	O DIÓXIDO DE CARBONO PODE ACENDER UMA MISTURA INFLAMÁVEL	343
19.5	GOTAS NEBULIZADAS PODEM EXPLODIR	344
19.6	A ORIGEM DO PROBLEMA ESTAVA EM OUTRO LUGAR	345
	Referências	346

Capítulo 20	Problemas com Controles por Computador	349
20.1	FALHAS DE <i>HARDWARE</i> E DE <i>SOFTWARE</i>	349
20.2	TRATANDO O COMPUTADOR COMO UMA CAIXA-PRETA	350
20.2.1	Os Perigos da Complexidade	351
20.2.2	Efeitos Imprevistos de um Pequeno Vazamento	352
20.2.3	Efeitos Imprevistos de uma Falha de Medição	353
20.2.4	Novas Tendências Podem não Ser Notadas	353
20.2.5	Um Erro que não Seria Cometido sem um Computador	354
20.3	MÁ ESTIMATIVA SOBRE COMO O OPERADOR RESPONDERÁ	354
20.4	OUTROS PROBLEMAS	356
20.4.1	Erros nos Dados Inseridos no Computador	356
20.4.2	Falhas por não Informar as Mudanças para os Operadores	356
20.4.3	Mudanças	357
20.4.4	<i>Software</i> Antigo	357
20.5	INTERFERÊNCIA NÃO AUTORIZADA	357
20.6	NOVAS APLICAÇÕES	359
20.7	CONCLUSÕES	360
	Referências	361
	Leitura Adicional	361
Capítulo 21	Projeto Inerentemente mais Seguro	363
21.1	BHOPAL	364
21.1.1	“O que Você não Tem não Pode Vazar”	364
21.1.2	Localização da Planta	365
21.1.3	Mantenha Materiais Incompatíveis Separados	365
21.1.4	Mantenha os Equipamentos de Proteção em Funcionamento – e Dimensione-os Corretamente	366
21.1.5	<i>Joint Ventures</i>	366
21.1.6	Treinamento em Prevenção de Perdas	367
21.1.7	Resposta ao Público	367
21.2	OUTROS EXEMPLOS DE PROJETO INERENTEMENTE SEGURO	368
21.2.1	Intensificação	368
21.2.2	Substituição	369
21.2.3	Atenuação	370
21.2.4	Limitação dos Efeitos	371
21.2.5	Seveso	372
21.2.6	Instalações Existentes	373
21.3	PROJETO AMIGÁVEL AO USUÁRIO	373
	Referências	374
	Leituras Adicionais sobre Bhopal	374
Capítulo 22	Reações – Planejadas e não Planejadas	375
22.1	FALTA DE CONHECIMENTO	375
22.2	MISTURA POBRE	377
22.3	CONTAMINAÇÃO	380

22.4	REAÇÕES COM MATERIAIS AUXILIARES	381
22.5	TREINAMENTOS OU PROCEDIMENTOS DEFICIENTES	381
22.6	PRAZOS DE VALIDADE	382
	Referências	384
	Leitura Adicional sobre Reações Descontroladas	385

Parte B

E AINDA CONTINUA DANDO ERRADO

Capítulo 23	Manutenção	389
23.1	PREPARAÇÃO INADEQUADA DE UMA PLANTA DISTANTE	389
23.1.1	O que Houve de Errado?	390
23.2	RELAXAMENTO MUITO PREMATURO COM AS PRECAUÇÕES	390
23.2.1	Lições Aprendidas	391
23.3	FALHAS NO ISOLAMENTO RESULTAM EM INCÊNDIO	392
23.4	ISOLAMENTO INVOLUNTÁRIO	393
23.5	PRÁTICAS RUINS E DEFICIÊNCIA DE DETALHAMENTO NO PROJETO	394
23.6	DESMONTAGEM	395
23.6.1	Junta Errada Quebrada	395
23.6.2	Pressão Acumulada em Equipamentos Fora de Uso	397
23.7	COMISSIONAMENTO	398
23.8	OUTROS PERIGOS OCULTOS	399
23.9	MUDANÇAS NO PROCEDIMENTO	400
23.10	PONTOS MORTOS	401
23.10.1	Um Tubo Fora de Uso Torna-se um Ponto Morto	401
23.10.2	Um Ponto Morto em um Vaso	402
	Referências	403
Capítulo 24	Entradas em Espaços Confinados	405
24.1	ISOLAÇÃO INCOMPLETA	405
24.2	ADMISSÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS	406
24.3	DEFICIÊNCIAS NOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO	407
24.4	ANÁLISE DEFICIENTE DA ATMOSFERA	408
24.5	QUANDO UM ESPAÇO TORNA-SE CONFINADO?	409
24.6	MINHA PRIMEIRA ENTRADA EM UMA EXPLOSÃO DE GASÔMETRO	412

24.7	FALHA DE UM PROCEDIMENTO COMPLEXO	414
24.7.1	O que Houve de Errado?	415
24.8	EPIDEMIAS DE ENTRADAS INSEGURAS	416
24.8.1	Experiência Semelhante em Outro Lugar	418
24.8.2	Evitando a Necessidade	418
	Referências	419
Capítulo 25	Mudanças em Processos e Plantas	421
25.1	MUDANÇAS EM PROCESSOS	422
25.1.1	Um Aumento na Escala é uma Mudança	422
25.1.2	Aumento de Escala não Reconhecido	422
25.1.3	Ignorância de uma Reação	423
25.1.4	Mudanças Feitas para Lidar com Situações Anormais	423
25.1.5	Uma Situação Anormal Produzida por uma Mudança no Processo	424
25.2	MUDANÇAS EM EQUIPAMENTOS DE PLANTAS DE PROCESSO	425
25.2.1	Mudanças na Direção do Fluxo	425
25.2.2	Duas Mudanças no Combate a Incêndios	427
25.2.3	A Adição de Isolamento é uma Mudança	428
25.2.4	Duas Mudanças não Autorizadas	429
25.2.5	Uma Mudança Muito Simples	429
25.2.6	Uma Mudança Temporária	430
25.2.7	Outra Mudança Trivial	430
25.2.8	Mudanças Indesejadas	431
25.2.9	Uma Mudança no Tipo de Válvula	432
25.2.10	Uma Mudança no Agente de Resfriamento	432
25.2.11	Uma Falha em Reconhecer a Necessidade de Mudança Consequente	432
25.2.12	Um Exemplo de Estradas de Ferro	433
25.2.13	Outro Incidente Histórico	433
25.3	MUDANÇAS GRADUAIS	433
25.3.1	Uma Mudança Gradual na Concentração	434
25.3.2	Uma Mudança Gradual na Manutenção	434
25.3.3	Mudanças Graduais nos Procedimentos	435
25.4	MUDANÇAS FEITAS DEVIDO ÀS RAZÕES PARA O EQUIPAMENTO OU OS PROCEDIMENTOS TEREM SIDO ESQUECIDAS	435
	Referências	436
Capítulo 26	Mudanças na Organização	439
26.1	UM ACIDENTE EM UMA PLANTA DE PROCESSAMENTO DE ETILENO	440
26.1.1	Mudanças de Curto Prazo	441
26.1.2	Mudanças de Longo Prazo	441
26.1.3	Uma Falha em Aprender com o Passado	442
26.2	A EXPLOSÃO DE LONGFORD	443
26.3	A EXPLOSÃO EM UMA REFINARIA NA CIDADE DO TEXAS	446
26.3.1	Outra Indústria: Problemas Semelhantes	449

26.4	TERCEIRIZAÇÃO	449
26.5	POLIVALÊNCIA E ENXUGAMENTO (<i> Downsizing </i>)	450
26.6	COMO PERDER SUA REPUTAÇÃO	450
26.7	CONVENIÊNCIA ADMINISTRATIVA <i>versus</i> BOA CIÊNCIA	451
26.8	O CONTROLE DAS MUDANÇAS GERENCIAIS	452
26.9	ALGUNS PONTOS QUE UMA FICHA DE ORIENTAÇÃO DEVE ABORDAR	452
26.10	PENSAMENTOS PARA REFLEXÃO	453
	Referências	453
Capítulo 27 Mudança dos Procedimentos em Alternativa aos Projetos		455
27.1	ARRANJO FÍSICO ENGANOSO DE VÁLVULA	457
27.2	REPROJETO SIMPLES NEGLIGENCIADO	460
27.3	PENSAMENTO NÃO IMAGINATIVO	461
27.4	SÓ DIGA ÀS PESSOAS PARA SEGUIR AS REGRAS	463
27.5	NÃO MONTE DE FORMA INCORRETA	463
27.6	APERTE CORRETAMENTE OU ELIMINE A NECESSIDADE	465
27.7	AS MELHORIAS DE PROCEDIMENTOS DEVEM SER SEMPRE A PRIMEIRA OPÇÃO?	465
	Referências	466
Capítulo 28 Materiais de Construção (Inclusive Isolamento)		467
28.1	OXIDAÇÃO	467
28.1.1	A Formação de Ferrugem Consome Oxigênio	467
28.1.2	Elevação por Ferrugem	468
28.1.3	Um Líquido Pode Ficar Preso Atrás da Ferrugem	468
28.1.4	A Oxidação como um Catalisador	468
28.1.5	A Ferrugem Congestiona as Válvulas	469
28.1.6	Reações Térmitas	469
28.1.7	A Oxidação Enfraquece o Metal	469
28.1.8	Plantas Antigas e Padrões Modernos	470
28.1.9	O Aço Inoxidável pode Oxidar	470
28.2	ISOLAMENTO	471
28.2.1	O Isolamento Oculta o que Há por Baixo	471
28.2.2	O Isolamento Molhado é Ineficiente	472
28.2.3	Derramamentos sobre o Isolamento Podem se Degradar e Inflamar	472
28.2.4	Alguns Isolamentos são Inflamáveis	473
28.2.5	Revestimentos Metálicos sobre o Isolamento Devem ser Aterrados	473
28.2.6	O Isolamento Pode Cair	473
28.3	FALHA POR FRATURA FRÁGIL	473
28.3.1	Temperatura Muito Baixa de Resfriamento Adiabático	474
28.3.2	Temperatura Muito Baixa em Decorência da Adição de Fluidos Frios	474

28.3.3	Falhas de Fabricação	474
28.3.4	Uso de Materiais Inadequados	474
28.4	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ERRADOS	475
28.4.1	Materiais de Construção Errados e Contaminantes	475
28.4.2	Uma Reação Apressada Quando a Planta Vazou	476
28.5	UMA CORROSÃO COLOCOU UMA COLUNA EM ÓRBITA	477
28.6	UMA CORROSÃO INESPERADA	479
28.7	OUTRA FALHA NA INSPEÇÃO DE TUBULAÇÕES	479
28.8	COMO NÃO ESCREVER UM RELATÓRIO DE ACIDENTE	480
	Referências	481

Capítulo 29 Métodos de Operação 483

29.1	O ALARME DEVE SER FALSO	483
29.2	UM ACIDENTE FAMILIAR – MAS NÃO TÃO SIMPLES QUANTO PARECIA	484
29.2.1	O que Podemos Aprender?	485
29.2.2	Outro Acidente Semelhante	485
29.3	MAIS RELUTÂNCIA EM ACREDITAR NO ALARME	487
29.4	AS LIMITAÇÕES DE INSTRUÇÕES	488
29.5	NOVAMENTE AS LIMITAÇÕES DE INSTRUÇÕES	489
29.6	PLANTA VAZIA QUE ESTÁ FORA DE UTILIZAÇÃO	489
29.7	UM TRABALHINHO QUE CAIU NO ESQUECIMENTO – ATÉ QUE HOUE UM VAZAMENTO	490
29.7.1	O que Houve de Errado?	490
29.8	ERRO DE PROJETO + ERRO DE CONSTRUÇÃO + ERRO OPERACIONAL = DERRAMAMENTO	491
29.8.1	O que Houve de Errado?	492
	Referências	493

Capítulo 30 Explosões 495

30.1	UMA EXPLOSÃO EM UM TANQUE DE GASÓLEO	495
30.1.1	Lições Aprendidas	496
30.2	OUTRO TIPO DE EXPLOSÃO	497
30.3	UM + UM = MAIS QUE DOIS	498
30.4	“SUFICIENTEMENTE PERTO É SUFICIENTEMENTE BOM”	499
30.5	OUTRA EXPLOSÃO INFLAMADA POR UM LEITO DE CARBONO	500
30.6	UMA EXPLOSÃO EM UMA ALTERNATIVA AO LEITO DE CARBONO	501
30.7	APENAS UMA PEQUENA MUDANÇA	502
30.7.1	Lições Aprendidas	502

30.8	UMA EXPLOSÃO EM UM TUBO	503
30.8.1	Lições Aprendidas	504
30.9	UMA EXPLOSÃO DE PÓ EM UM DUTO	504
30.10	PRECAUÇÕES ÓBVIAS NEGLIGENCIADAS	505
30.10.1	O que Houve de Errado?	506
30.11	UMA EXPLOSÃO DE TAMBOR	506
30.12	<i>SLOP-OVER</i> – A CINDERELA DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS E PETROLÍFERAS	507
30.13	EXPLOSÕES DE GASOLINA FRIA AO AR LIVRE	508
30.13.1	Buncefield	510
30.14	A INEVITABILIDADE DA IGNIÇÃO	510
30.14.1	A Indústria da Aviação	511
30.14.2	Conclusões	513
	Referências	513

Capítulo 31 **Comunicação Deficiente** 515

31.1	O QUE SE ENTENDE POR <i>SIMILAR</i> ?	515
31.2	MAIS ERROS <i>SIMILARES</i>	517
31.3	ENTREGA DE MATERIAL ERRADO	518
31.4	OFERTAS EMPACOTADAS	518
31.5	“DELÍRIOS DE RELADORES”	519
31.6	MESMA PLANTA DE PROCESSO E PRODUTO, MAS SEM COMUNICAÇÃO	521
31.7	UMA FALHA NA INTERFACE ENTRE O PROJETO E A CONSTRUÇÃO	522
31.8	FALHA DE COMUNICAÇÃO ENTRE <i>MARKETING</i> E TECNOLOGIA	522
31.9	COMUNICAÇÃO DEMAIS	523
31.10	NADA FOI DITO AOS PROJETISTAS	523
31.11	CONCLUSÕES	524
	Referências	525

Capítulo 32 **Eu não Sabia...** 527

32.1	... QUE METAIS PODEM QUEIMAR	527
32.1.1	Outro Incêndio de Metal	528
32.2	... QUE O ALUMÍNIO É PERIGOSO QUANDO MOLHADO	528
32.3	... QUE A BORRACHA E OS PLÁSTICOS SÃO PERMEÁVEIS	529
32.4	... QUE ALGUNS PLÁSTICOS PODEM ABSORVER MATERIAIS E SE EXPANDIR	529
32.5	... O QUE HAVIA POR BAIXO	530
32.6	... O MÉTODO DE CONSTRUÇÃO	531
32.7	... MUITO SOBRE ELETRICIDADE ESTÁTICA	532
32.7.1	Outra Ignição Estática	534
32.7.2	Um Efeito Incomum da Eletricidade Estática	534

32.8	... QUE UMA PEQUENA CONTAMINAÇÃO PODIA TER UM EFEITO TÃO GRANDE	535
32.9	... QUE NÃO PODEMOS OBTER UMA BOA VEDAÇÃO ENTRE FLANGES DE PEQUENA ESPESSURA PARAFUSADOS	536
32.10	... QUE FONTES DE IGNIÇÃO NÃO PREVISTAS FREQUENTEMENTE ESTÃO PRESENTES	537
32.11	... QUE “MANTER A LETRA DA LEI” NÃO É O BASTANTE	538
32.12	... A FORÇA DO AR COMPRIMIDO	540
	Referências	540
Capítulo 33 Controle		543
33.1	INSTRUMENTOS QUE NÃO PODEM FAZER O QUE QUEREMOS QUE ELES FAÇAM	543
33.1.1	Medindo o Parâmetro Errado	543
33.1.2	Um Alarme que se Autoinicia Imediatamente	544
33.1.3	Um <i>Trip</i> que não Funcionava em Condições Anormais	546
33.1.4	Um Visor com Alcance Limitado	547
33.1.5	Uma Explosão em uma Planta de Ácido Nítrico	548
33.1.6	Confusão entre Vapores e Gases não Condensáveis	548
33.1.7	Equipamentos de Proteção Causaram uma Explosão	549
33.1.8	Um Procedimento que não Pode Fazer o que Queremos que Ele Faça	551
33.1.9	Evitando Erros Semelhantes	552
33.2	INSTRUMENTAÇÃO MUITO PEQUENA	552
33.3	OS DIAGRAMAS NÃO ESTAVAM ATUALIZADOS	553
33.4	UMA REINICIALIZAÇÃO AUTOMÁTICA FALHA EM REINICIAR	554
33.5	PROCEDIMENTOS: UMA CARACTERÍSTICA ESSENCIAL DOS SISTEMAS DE CONTROLE	554
	Referências	556
Capítulo 34 Vazamentos		557
34.1	VAZAMENTOS EM TANQUES DE ARMAZENAMENTO	558
34.1.1	Um Vazamento em uma Solda Ruim	558
34.1.2	Um Vazamento em um Tanque de Plástico	559
34.1.3	Um Vazamento em um Tanque Revestido	559
34.2	VAZAMENTOS EM TUBOS COM REVESTIMENTO	559
34.3	VAZAMENTOS ATRAVÉS DE VÁLVULAS FECHADAS	560
34.4	UM VAZAMENTO CAUSADO POR UM <i>SURGE</i> (PICOS DE PRESSÃO)	562
34.5	VAZAMENTOS POR ACESSÓRIOS DE TUBULAÇÃO ROSQUEADOS	563
34.6	OUTROS PONTOS FRÁGEIS EM TUBULAÇÕES	564
	Referências	565
Capítulo 35 Reações – Planejadas e Não Planejadas		567
35.1	RETARDO NA MISTURA DE REAGENTES	567
35.2	ESPERANDO ATÉ DEPOIS DO QUARTO ACIDENTE	569

35.3	TEMPERATURA BAIXA PODE NÃO SIGNIFICAR MENOS RISCO	570
35.4	ESQUECENDO-SE DE ADICIONAR UM REAGENTE	571
35.5	TESTES INADEQUADOS	572
35.6	O MEIO DE AQUECIMENTO ESTAVA MUITO QUENTE	573
35.7	UMA SUBSTÂNCIA INSTÁVEL É DEIXADA EM ESPERA POR MUITO TEMPO	574
	Referências	574

Capítulo 36 **Projeto e Operação Poderiam Ter Sido Melhores** 577

36.1	ÁGUA NO TUBO DE ESCAPE DAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA E ALÍVIO	577
36.2	UMA JORNADA NA MÁQUINA DO TEMPO	578
36.2.1	Erros de Projeto	579
36.2.2	Erros de Operação	580
36.3	ESTRANGULAMENTOS EM QUEIMADORES DE SEGURANÇA	580
36.4	OUTRAS EXPLOSÕES EM QUEIMADORES DE SEGURANÇA	582
36.5	PROJETO RUIM, PROTEÇÃO NEGLIGENCIADA	583
36.5.1	O que Houve de Errado?	584
36.6	DIVERSOS SISTEMAS RUINS NÃO FAZEM UM SISTEMA BOM	585
36.6.1	O que Houve de Errado?	587
36.7	“FALHAS NO GERENCIAMENTO, NOS EQUIPAMENTOS E NOS SISTEMAS DE CONTROLE”	588
36.7.1	Uma Melhor Gestão Poderia Ter Impedido o Incidente	590
36.7.2	Um Melhor Controle das Mudanças Poderia Ter Evitado o Incidente	590
36.7.3	Um Melhor Controle de Processo Poderia Ter Evitado o Incidente	591
36.8	MUDANÇAS NOS PROJETOS E NAS OPERAÇÕES	591
36.9	A IRRELEVÂNCIA DA CULPA	592
	Referências	593

Capítulo 37 **Acidentes em Outras Indústrias** 595

37.1	EXPLOSÃO EM UMA MINA DE CARVÃO	595
37.2	ACIDENTES MARÍTIMOS	596
37.2.1	Um Visor Enganoso	596
37.2.2	Mantenha-se Afastado	597
37.2.3	Conexões Erradas	598
37.2.4	Preparação para Manutenção	598
37.2.5	Entrada em Espaços Confinados	598
37.2.6	Por Falta de um Pregos, um Navio foi Perdido	599
37.3	ERRO HUMANO	599
37.4	TESTES DEVEM SER COMO NA VIDA REAL	600
37.5	CARGA E RESISTÊNCIA MUITO PRÓXIMAS	601
37.6	O SÉCULO XIX	602
	Referências	602

Capítulo 38	Investigação de Acidentes – Oportunidades Perdidas	605
38.1	INVESTIGAÇÕES DE ACIDENTES QUE FREQUENTEMENTE ENCONTRAM SÓ UMA CAUSA	605
38.2	INVESTIGAÇÕES DE ACIDENTES SÃO FREQUENTEMENTE SUPERFICIAIS	606
38.3	INVESTIGAÇÕES DE ACIDENTES RELACIONAM O ERRO HUMANO COMO CAUSA	607
38.4	RELATÓRIOS DE ACIDENTES QUE BUSCAM PESSOAS PARA CULPAR	607
38.5	RELATÓRIOS DE ACIDENTES QUE DIZEM QUE AS CAUSAS SÃO DIFÍCEIS OU IMPOSSÍVEIS DE SEREM ELIMINADAS	608
38.6	MUDAMOS PROCEDIMENTOS AO INVÉS DE PROJETOS DE CONCEPÇÃO	609
38.7	PODEMOS IR MAIS LONGE	609
38.8	NÓS NÃO DEIXAMOS QUE OS OUTROS APRENDAM COM A NOSSA EXPERIÊNCIA	610
38.9	NÓS LEMOS OU RECEBEMOS APENAS VISÕES PANORÂMICAS	610
38.10	NÓS ESQUECEMOS AS LIÇÕES APRENDIDAS E PERMITIMOS QUE O ACIDENTE OCORRA NOVAMENTE	611
38.10.1	Deficiências no Treinamento de Segurança	612
38.10.2	Bancos de Dados	613
38.10.3	Bloqueios Culturais e Psicológicos	615
	Referências	616
Capítulo 39	Um Acidente que Pode Ter Afetado o Futuro da Segurança do Processo	617
39.1	POR QUE A ICI, MAIS DO QUE OUTRAS EMPRESAS, FEZ ESSAS MUDANÇAS?	619
39.2	O QUE TERIA ACONTECIDO SE A ICI NUNCA TIVESSE EXISTIDO?	619
39.3	POR QUE A ICI CHEGOU AO FIM?	620
39.4	DO QUE SENTIREMOS FALTA NOS ANOS QUE ESTÃO POR VIR?	621
	Referências	622
Apêndice 1	Frequências Relativas de Acidentes	623
Apêndice 2	Por que Devemos Publicar Relatórios de Acidentes?	627
Apêndice 3	Dicas para os Investigadores de Acidentes	629
Apêndice 4	Leituras Recomendadas	631
Apêndice 5	Pensamentos para Reflexão	633
Índice		635