

ÍNDICE

<u>12. ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO E PLANO DE EMERGÊNCIA</u>	8
12.1. INTRODUÇÃO.....	8
12.1.1. Objetivo	9
12.1.2. Diferentes abordagens e comparações	11
12.1.3. Justificativa	12
12.2. ANÁLISE DE RISCO CONVENCIONAL.....	13
12.2.1. Resultados e Conclusões.....	14
12.2.2. Introdução	15
12.2.3. Descrição Geral das Instalações e Sistemas.....	15
12.2.3.1. Descrição dos sistemas estudados.....	16
12.2.3.2. Sistema de Combate a Incêndio	19
12.2.4. Ocupação da vizinhança	22
12.2.4.1. Distribuição populacional da vizinhança	22
12.2.5. Características Meteorológicas	23
12.2.6. Produtos envolvidos nos processos e quantidades movimentadas.....	24
12.2.6.1. Introdução	24
12.2.6.2. Quantidade de Produtos Movimentados	25
12.2.6.3. Transporte de Produtos Perigosos.....	25
12.2.7. Identificação dos perigos	26
12.2.7.1. Introdução	26
12.2.7.2. Análise Preliminar de Perigos (APP).....	26
12.2.7.3. Cenários Escolhidos.....	32
12.2.8. Cálculo das frequências dos cenários de acidente	34
12.2.8.1. Introdução	34
12.2.8.2. Frequência dos Eventos Iniciadores.....	37
12.2.8.3. Árvores de Eventos.....	45
12.2.8.4. Cálculo das Frequências dos Cenários de Acidentes	47
12.2.8.4.1. Equação da Frequência dos Cenários.....	47
12.2.8.4.2. Itens dos Cabeçalhos das Árvores de Eventos	48
12.2.8.5. Caracterização dos Cenários Escolhidos.....	50
12.2.8.5.1. Caracterização dos cenários críticos	51
12.2.8.6. Cálculo das Áreas Vulneráveis	63
12.2.8.6.1. Área Vulnerável a Nuvem de Gás Tóxico	64
12.2.8.6.2. Área vulnerável a Radiação Térmica.....	65
12.2.8.6.3. Área Vulnerável a Explosões.....	66
12.2.8.7. Áreas Vulneráveis.....	67
12.2.8.7.1. Área Vulnerável a Radiação Térmica e Bola de Fogo.....	67
<u>EI-02 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura do tubulão</u>	69
12.2.8.7.2. Área Vulnerável a Incêndio em Nuvem.....	69
<u>EI-03 -ruptura no trecho compreendido entre a válvula de bloqueio do tubulão de hidrogênio até regulador de pressão</u>	69
12.2.8.7.3. Área Vulnerável a Nuvem Tóxica	70
12.2.8.7.4. Mapeamento das Áreas Vulneráveis.....	71
12.2.8.8. Efeito Dominó.....	75
12.2.9. Avaliação dos Riscos	77
12.2.9.1. Introdução	77
12.2.9.2. Riscos Individuais.....	78

12.2.9.3.	Riscos Sociais	79
12.2.9.4.	Comparação dos Riscos	79
12.2.9.4.1.	Riscos Individuais	80
12.2.9.4.2.	Riscos Sociais	80
12.2.10.	Recomendações para redução do risco	81
12.2.10.1.	Medidas para Reduzir a Frequência dos Eventos iniciadores:	82
12.2.10.2.	Medidas para Reduzir a Conseqüência dos Eventos iniciadores:	82
12.3.	ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES NUCLEARES	83
12.3.1.	Conceito	83
12.3.2.	Eventos relevantes ocorridos em usinas nucleares	84
12.3.2.1.	O acidente de Three Mile Island – Unidade 2 (TMI-2) – Classe 5 na escala INES	84
12.3.2.2.	O acidente de Chernobyl – Classe 7 na escala INES	85
12.3.3.	A gravidade dos acidentes ocorridos, segundo a escala INES da IAEA	89
12.3.4.	Conclusão	93
12.4.	ANÁLISE DE SEGURANÇA	94
12.4.1.	Introdução	94
12.4.2.	Acidentes de base de Projeto (ABPs)	95
12.4.3.	Caracterização da Metodologia	96
12.5.	ANÁLISE DE RISCOS NUCLEARES	111
12.5.1.	Acidentes que Excedem as Bases de Projeto (Acidentes Severos)	115
12.5.1.1.	Caracterização do Acidente Severo	115
12.5.1.2.	Fenomenologia do Acidente	117
12.5.2.	Metodologia de Avaliação da frequência de Acidentes Severos	123
12.5.2.1.	Árvore de Falhas	123
12.5.2.2.	Árvore de Eventos/Seqüência de Eventos	124
12.5.3.	Frequência de Acidentes Severos – Estudo de Risco Alemão	127
12.5.3.1.	Gerenciamento de Acidentes Severos	128
12.5.4.	Frequência de Acidentes Severos – Angra 3	134
12.5.4.1.	Estado Evolutivo de Angra 3	138
12.5.4.2.	Conclusão	139
12.5.5.	Análise de Conseqüências	140
12.5.5.1.	Introdução	140
12.5.5.2.	Modelo Geral Utilizado pelo Estudo de Risco Alemão	140
12.5.5.3.	Resultados e Comparações	145
12.5.5.4.	Conclusões	150
12.6.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA	151
12.6.1.	Planejamento para Emergências Não Radiológicas	151
12.6.1.1.	Plano de Proteção Contra Incêndio	152
12.6.1.2.	Atendimento aos Acidentes com Cargas Perigosas	155
12.6.2.	Planejamento Geral para Emergências Radiológicas	156
12.6.2.1.	Objetivo	156
12.6.2.2.	Histórico	156
12.6.2.3.	Bases para o Planejamento de Emergência	158
12.6.2.4.	Áreas de Atuação	159
12.6.2.5.	Responsabilidades	160
12.6.2.6.	Classes de Emergência	161
12.6.2.7.	Estrutura Geral para Atendimento às Situações de Emergência Nuclear na CNAAA	162
12.6.2.7.1.	Centros de Emergência	162
12.6.3.	Organização da Eletronuclear para atuação em situação de emergência – Plano de Emergência Local – PEL	165
12.6.3.1.	Coordenador de Emergência da Central de Angra (CECA)	166
12.6.3.2.	Grupo de Emergência da Unidade 3 (GEU-3)	166
12.6.3.3.	Grupo de Emergência de Infra-Estrutura (GEI)	167

12.6.3.4.	Grupo de Emergência do Escritório Central (GEEC).....	168
12.6.3.5.	Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME)	169
12.6.3.6.	Órgãos Externos de Apoio Adicional	169
12.6.3.6.1.	Empresas e Instituições Estrangeiras	169
12.6.3.6.2.	Empresas e Instituições Nacionais.....	170
12.6.3.6.3.	Organizações Internacionais	170
12.6.3.6.4.	Apoio Médico	170
12.6.3.7.	Ações de Emergência.....	171
12.6.3.7.1.	Crítérios para as medidas de proteção.....	171
12.6.3.8.	Recursos Disponíveis para Emergência.....	172
12.6.3.8.1.	Centros de Emergência do PEL	172
12.6.3.8.2.	Equipamentos de Emergência.....	176
12.6.3.9.	Comunicações.....	176
12.6.3.9.1.	Estrutura das Comunicações.....	176
12.6.3.9.2.	Operacionalidade dos Sistemas.....	179
12.6.3.10.	Apoio Logístico	180
12.6.3.10.1.	Transporte	180
12.6.3.10.2.	Combustível	180
12.6.3.10.3.	Alimentação	180
12.6.3.10.4.	Sobressalentes e materiais.....	181
12.6.3.10.5.	Hospedagem.....	181
12.6.3.11.	Acionamento do Plano de Emergência Local (PEL)	181
12.6.3.11.1.	Identificação do Evento	181
12.6.3.11.2.	Classificação e Declaração da Emergência.....	181
12.6.3.11.3.	Notificação Inicial.....	181
12.6.3.11.4.	Notificação aos Empregados da Usina.....	182
12.6.3.11.5.	Notificação ao Público.....	182
12.6.3.11.6.	Conduta dos funcionários que participam dos Grupos/Equipes de Emergência.....	182
12.6.3.11.7.	Conduta do pessoal em caso de evacuação.....	183
12.6.3.11.8.	Alojamento, assistência e retorno da população	183
12.6.3.11.9.	Ações dos Coordenadores de Emergência.....	184
12.6.3.11.10.	Ação das Equipes do Grupo de Emergência da Unidade 3 (GEU-3).....	188
12.6.3.11.11.	Ações das Equipes do Grupo de Emergência de Infra-estrutura (GEI)	190
12.6.3.11.12.	Ações da Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME).....	193
12.6.3.11.13.	Ações do Grupo de Emergência do Escritório Central (GEEC).....	194
12.6.3.11.14.	Ações do Pessoal da Unidade 3 em Função da Declaração de Emergência na Unidade 1 ou na Unidade 2	194
12.6.3.12.	Informações ao Público.....	195
12.6.3.12.1.	Em Situação Normal	195
12.6.3.12.2.	Em situação de Emergência.....	196
12.6.3.13.	Implementação do Plano de Emergência Local.....	196
12.6.3.13.1.	Responsabilidades.....	196
12.6.3.13.2.	Procedimentos Gerais	196
12.6.3.13.3.	Procedimentos Específicos	197
12.6.3.13.4.	Instruções	197
12.6.3.13.5.	Plantões de Emergência	197
12.6.3.13.6.	Treinamento de Pessoal	198
12.6.3.13.7.	Exercícios de Emergência.....	198
12.6.3.13.8.	Aprovação, Revisão e Distribuição.....	199
12.6.3.13.9.	Auditoria	199
12.6.4.	Plano de Emergência Externo – PEE.....	199
12.6.4.1.	Esquema de Acionamento do PEE	200
12.6.4.2.	Coordenação Operacional.....	200

12.6.4.3. Grupos Operacionais – GOp.....	200
12.6.4.3.1. Grupos Operacionais de Evacuação de Áreas.....	201
12.6.4.3.2. Grupos Operacionais de Apoio.....	201
12.6.4.4. Atribuições das Organizações Envolvidas.....	201
12.6.4.4.1. Comando do Primeiro Distrito Naval (1º. DN):.....	202
12.6.4.4.2. Comando Militar do Leste (CML).....	202
12.6.4.4.3. Terceiro Comando Aéreo Regional (III COMAR).....	203
12.6.4.4.4. Agência Regional do Órgão de Inteligência vinculado à Presidência da República.....	203
12.6.4.4.5. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).....	203
12.6.4.4.6. Eletrobrás Termonuclear S.A. (Eletro nuclear).....	204
12.6.4.4.7. Polícia Rodoviária Federal (PRF).....	204
12.6.4.4.8. Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ).....	205
12.6.4.4.9. Prefeitura Municipal de Angra dos Reis.....	205
12.6.4.4.10. Telemar.....	205
12.6.4.5. Exercícios Simulados para Treinamento e Aperfeiçoamento do PEE.....	205
12.6.5. Conclusão.....	207
BIBLIOGRAFIA – VOLUME 6.....	208
ANEXOS – VOLUME 6.....	211

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 - Fluxogramas de processos:.....	211
Anexo 2 – Frequência de ocorrências de ventos.....	214
Anexo 3 - Ficha de Segurança dos Produtos – MSDS.....	215
Anexo 4 - Análise Preliminar de Perigos – APP.....	227
Anexo 5 - Out-Put - Programa Safeti - Efeito Dominó.....	252
Anexo 6 - <i>Output Programa SAFETI/PHAST</i>	255

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Localização e quantidades das estocagens de óleo Diesel.....	17
Tabela 2 - Dimensões (em metros) dos diques de contenção e/ou dos prédios onde os produtos estão localizados.....	18
Tabela 3 - Frequências das ocorrências de ventos na região da CNAAA.....	24
Tabela 4 - Quantidades movimentadas dos principais produtos.....	25
Tabela 5 - Informações sobre transporte dos produtos.....	26
Tabela 6- Planilha utilizada para a Análise Preliminar de Perigos.....	27
Tabela 7- Categorias de Frequências dos Cenários Usadas na APP.....	29
Tabela 8- Categoria de Severidade das Conseqüências dos Cenários.....	30
Tabela 9 - Cenários escolhidos para simulações de conseqüências:.....	32
Tabela 10 – Árvore de Eventos Genérica.....	35
Tabela 11 – Frequências Anuais.....	37
Tabela 12 – Frequência do Evento Iniciador 01.....	38
Tabela 13 – Frequência do Evento Iniciador 02.....	38
Tabela 14 – Frequência do Evento Iniciador 03.....	38
Tabela 15 – Frequência do Evento Iniciador 04.....	38

Tabela 16 – Frequência do Evento Iniciador 05.....	39
Tabela 17 – Frequência do Evento Iniciador 06.....	39
Tabela 18 – Frequência do Evento Iniciador 07.....	39
Tabela 19 – Frequência do Evento Iniciador 08.....	40
Tabela 20 – Frequência do Evento Iniciador 09.....	40
Tabela 21 – Frequência do Evento Iniciador 10.....	41
Tabela 22 – Frequência do Evento Iniciador 11.....	41
Tabela 23 – Frequência do Evento Iniciador 12.....	41
Tabela 24 – Frequência do Evento Iniciador 13.....	41
Tabela 25 – Frequência do Evento Iniciador 14.....	42
Tabela 26 – Frequência do Evento Iniciador 15.....	42
Tabela 27 – Frequência do Evento Iniciador 16.....	43
Tabela 28 – Frequência do Evento Iniciador 17.....	43
Tabela 29 – Frequência do Evento Iniciador 18.....	43
Tabela 30 – Frequência do Evento Iniciador 19.....	43
Tabela 31 – Frequência do Evento Iniciador 20.....	44
Tabela 32 – Frequência do Evento Iniciador 21.....	44
Tabela 33 – Frequência do Evento Iniciador 22.....	44
Tabela 34 – Frequência do Evento Iniciador 23.....	45
Tabela 35 – Árvore de Eventos do Evento Iniciador 005	46
Tabela 36 – Probabilidade de Ignição Imediata	48
Tabela 37 - Ignição em Nuvem.....	49
Tabela 38 - Ponto de Ignição.....	49
Tabela 39 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 01	51
Tabela 40 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 02	51
Tabela 41 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 03	52
Tabela 42 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 04	53
Tabela 43 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 05	53
Tabela 44 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 06	54
Tabela 45 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 07	54
Tabela 46 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 08	55
Tabela 47 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 09	55
Tabela 48 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 10	56
Tabela 49 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 11	56
Tabela 50 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 12	57
Tabela 51 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 13	57
Tabela 52 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 14	58
Tabela 53 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 15	58
Tabela 54 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 16	59
Tabela 55 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 17	59
Tabela 56 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 18	60
Tabela 57 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 19	60
Tabela 58 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 20	61
Tabela 59 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 21	61
Tabela 60 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 22	62
Tabela 61 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 23	62
Tabela 62 – Relação Entre Probit e a Percentagem de Morte na Área Afetada	64
Tabela 63 -Radiação Térmica X Efeito.....	66
Tabela 64 - Níveis de Sobrepressão e Efeito.....	67
Tabela 65 - Áreas Vulneráveis à Radiação Térmica – Jato de fogo.....	68
Tabela 66 - Áreas Vulneráveis à Radiação Térmica – incêndio em poça	68
Tabela 67 - Áreas Vulneráveis a Bola de Fogo.....	69
Tabela 68 - Áreas Vulneráveis à Radiação Térmica – incêndio em nuvem.....	69

Tabela 69 - Áreas Vulneráveis à Nuvem Tóxica	70
Tabela 70 - Dados Utilizados no Cálculo do Risco.....	78
Tabela 71 - Transientes e Acidentes Postulados	98
Tabela 72 - Critérios de Aceitação para Transientes e Acidentes sem Perda de Refrigerante.....	110
Tabela 73 - Critérios de Aceitação para Acidentes com Perda de Refrigerante.....	111
Tabela 74 - Frequências de Eventos Iniciadores LOCA, de Falhas no Sistema de Segurança e de Fusão do Núcleo do Reator (sem medidas de gerenciamento de acidentes).....	130
Tabela 75 - Frequências de Eventos Iniciadores de Transientes, de Falhas do Sistema de Segurança e de Fusão do Núcleo do Reator (sem medidas de gerenciamento de acidentes).	132
Tabela 76 - Frequência de Sequências de Acidentes em Condições de Baixa e Alta Pressão que levam a Fusão do Núcleo do Reator.....	134
Tabela 77 - Principais Diferenças de Projeto entre Angra 3 e Biblis B com Relevância para Pequenos LOCA	136
Tabela 78 - Principais Diferenças de Projeto entre Angra 3 e Biblis B com Relevância para Transientes	137
Tabela 79 - Frequências de Danos ao Núcleo do Reator de Angra 3 e de Biblis B (sem medidas de gerenciamento de acidentes severos).....	138
Tabela 80 - Frequência de Acidentes Severos com Fusão do Núcleo do Reator	138
Tabela 81 – Termo Fonte por Categoria de Liberação.....	142
Tabela 82 – Composição e Características de Atuação das Brigadas.	154
Tabela 83 – Organização dos Treinamentos de Segurança.	155
Tabela 84 - Localização dos Equipamentos do Sistema de Comunicações de Emergência	178
Tabela 85 - Ações do Coordenador do GEU-3	184
Tabela 86 - Ações do Coordenador de Emergência da Central de Angra (CECA).....	185
Tabela 87 - Ações do Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-Estrutura	186
Tabela 88 - Ações do Coordenador do Grupo de Emergência do Escritório Central	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas de Iso-risco para a CNAAA- UNIDADE 3	14
Figura 2 - Comparação do risco para a população externa com o critério de aceitabilidade Feema.....	15
Figura 3 – Mapa de Situação geral das futuras instalações da Unidade 3	16
Figura 4 – Localização da Praia Brava.....	23
Figura 5 - Matriz de Classificação de Riscos Usada em APP.....	31
Figura 6 - Localização dos Pontos de Ignição.....	50
Figura 7 - Área Vulnerável a Radiação Térmica - Jato de fogo.....	72
Figura 8 - Área Vulnerável a Radiação Térmica - Incêndio em Poça.....	73
Figura 9 - Área Vulnerável a Incêndio em nuvem	74
Figura 10 - Área Vulnerável a nuvem tóxica	75
Figura 11 - Área Vulnerável a Explosão – Prédio UBP.....	77
Figura 12 - Curvas de Iso-risco para a Unidade 3 da CNAAA	80
Figura 13 - Comparação do risco para a população externa com o critério de aceitabilidade Feema... ..	81
Figura 14 – Escala Internacional de Eventos Nucleares	90
Figura 15 – Estrutura básica da Escala Internacional de Eventos Nucleares.....	91
Figura 15 – Critérios e exemplos da Escala Internacional de Eventos Nucleares.....	92
Figura 17– Edifício do Reator - Corte.....	122
Figura 18– Árvore de Falhas.....	124
Figura 19 – Árvore de Eventos – Grandes Vazamentos em Tubulação de Resfriamento do Reator... ..	126
Figura 20 – Conexões dos Trens dos Sistemas de Resfriamento de Emergência do Núcleo no Sistema de Refrigeração do Reator.....	127

Figura 21 – Probabilidade de fatalidade por radiação	144
Figura 22 – Distribuição cumulativa complementar de frequência de fatalidades imediatas	146
Figura 23 – Distribuição cumulativa complementar de frequência de fatalidades imediatas	147
Figura 24 – Risco individual em função da distância (ERA: Biblis B).....	148
Figura 25 – Comparação do risco individual de fatalidades imediatas	149
Figura 26 - Zonas de Planejamento de Emergência - ZPEs.....	160
Figura 27 – Organização da Eletronuclear para Atuação em Situações de Emergência.....	166
Figura 28– Grupo de Emergência da Unidade 3	167
Figura 29 – Grupo de Emergência de Infra-Estrutura	168
Figura 30 – Grupo de Emergência do Escritório Central.....	169
Figura 31 – Centros de Emergência da Eletronuclear e suas inter-relações.....	173

12. ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO E PLANO DE EMERGÊNCIA

12.1. INTRODUÇÃO

Toda atividade humana introduz riscos. Nenhuma forma de geração ativa de energia tem risco nulo. Se a represa da usina de Itaipu romper-se, a cidade de Buenos Aires poderá ser inundada, com conseqüências graves para a capital argentina e sua população (Lima e Silva, 2003), e com potencial de causar ao Brasil um contencioso internacional. Essa possibilidade da barragem se romper também existe para todas as outras usinas hidroelétricas no Brasil. No entanto, aceitamos esse risco em troca dos benefícios da energia gerada. Outro exemplo interessante são os três tanques de grande porte de gás localizados na área chamada, por isso, de “Gasômetro”, no coração da cidade do Rio de Janeiro. Se aqueles tanques explodirem, os danos serão virtualmente incalculáveis, considerando-se a proximidade com os milhares de veículos passando por ali todos os dias, com a principal estação rodoviária do Rio de Janeiro e com as edificações do entorno.

Uma usina nuclear introduz um risco de acidente radiológico, o que significa dizer o de causar um impacto ambiental por contaminação de radioatividade. Esse risco é da ordem de grandeza de 10^{-6} por ano, e para Angra 3 da ordem de 10^{-7} /ano (ver item 12.5 Análise de Riscos Nucleares), o que significa uma vez a cada 10.000.000 de anos. Este valor é considerado pelos engenheiros de segurança e analistas de risco como extremamente baixo. Em troca, produz uma energia com impacto virtualmente zero na atmosfera, sem geração de CO₂ ou qualquer outro gás danoso, e sem liberação de poluição líquida nos corpos de água dos quais se utiliza para resfriar o vapor descarregado da turbina. Uma usina nuclear, em conseqüência, não contribui para os riscos de mudança de clima, os do efeito estufa, nem aumenta os riscos do banho de mar nas águas costeiras onde se instala. Ela produz rejeitos de baixa e alta atividade, mas estes são inertizados, empacotados e selados em barris de concreto para posterior disposição em local seguro. Neste contexto, os setores da indústria não nuclear é denominado “convencional”, para diferenciar as instalações nucleares das outras não-nucleares, onde os critérios de segurança são diferentes. Diversas indústrias convencionais, por exemplo, dirigem seus rejeitos gasosos e líquidos para as chaminés e descargas, e os espalham pela atmosfera, rios e mares, todos os dias. São diferentes tratamentos que as diferentes áreas industriais dão aos seus rejeitos. Na área nuclear escolheu-se guardá-los em local seguro.

As usinas nucleares podem, no entanto, liberar radionuclídeos (isótopos radioativos) na atmosfera, em caso de acidentes graves, que não são prováveis, mas teoricamente possíveis. Os acidentes em usinas nucleares diferem daqueles das usinas convencionais pela potencialidade de liberação para o ambiente de significativa quantidade de material radioativo que é gerado no processo de fissão nuclear, e que fica retido no combustível (dióxido de urânio) no reator, e que nele permanece enquanto adequadamente resfriado. A probabilidade

desse perigo potencial vir a causar dano é significativamente baixa, mas não nula. O aspecto importante é que a radioatividade que viesse a ser liberada poderia incluir elementos potencialmente danosos, que permaneceriam assim danosos por muito tempo, e poderiam exigir um processo de descontaminação que é sempre complexo e dispendioso, e nem sempre possível de ser realizado de forma completa. A experiência da CNEN com a descontaminação da cidade de Goiânia em 1987 foi importante para demonstrar isso. A existência destes dois fatores, a potencialidade de liberação de radioatividade em quantidades relevantes, associada ao tempo em que os radionuclídeos liberados podem exercer seu dano, é que justifica a quantidade e qualidade de sistemas de segurança existentes em um reator nuclear de potência do tipo PWR. Uma usina como Angra 3 tem um inventário de aproximadamente 10^{20} Bq de radioatividade. Assim, se parte relevante desta radioatividade fosse liberada para o meio ambiente em caso de acidente, poderiam ocorrer danos às diversas formas de vida na sua área de influência. No entanto, para haver liberação ambiental substancial de radioatividade, seria necessária a ocorrência de diversas falhas em série de vários sistemas de segurança e proteção, do superaquecimento de elementos-combustível até 2.800°C e a subsequente fusão do núcleo ou parte dele, seguida da perda de integridade da contenção. O evento de fusão do núcleo é o mais sério acidente que pode ocorrer em uma Usina Nuclear de Potência (UNP). Desta forma, a segurança de uma UNP tem por objetivo principal o confinamento seguro da radioatividade no seu interior, mesmo em cenários de acidentes severos.

Um dos aspectos relevantes para a segurança é que o reator, mesmo após ter sido desligado, continua a gerar calor. Este calor, denominado calor residual, é gerado pelo decaimento dos produtos de fissão formados durante a operação do reator, e que continua por algum tempo mesmo após o seu desligamento. Imediatamente após o desligamento do reator, o calor residual é de cerca de 6% da potência a que estiver operando o reator; depois de aproximadamente 6 horas atinge 1%; e depois de um dia, 0,7% da potência nominal do reator (*German Risk Study, Nuclear Power Plants, Phase B/GRS-74, jul/90 – GRS,1990*). Notar que 6% da potência térmica de 4.000 MW térmicos (cerca de três vezes a potência elétrica nominal de 1.350 MW) são cerca de 240 MW de potência, o que ainda é relativamente um valor elevado. Desta forma, o núcleo do reator requer resfriamento, mesmo após o desligamento do reator. Sem o devido resfriamento do núcleo após a sua parada, esse calor residual seria suficiente para derreter as varetas de combustível e os produtos radioativos de fissão poderiam ser liberados para o envoltório da contenção e daí, na ocorrência de outras falhas combinadas, para o meio ambiente. Para evitar que isto ocorra, a segurança de uma UNP é garantida através de uma série de medidas estabelecidas em normas nacionais e internacionais aplicáveis ao projeto, em, sua análise de segurança, e aspectos da construção e operação da instalação.

12.1.1. Objetivo

A engenharia de segurança nuclear tem diversos métodos e técnicas para analisar e garantir a segurança de um projeto. Desde avaliações pontuais de determinados sistemas,

análises históricas, testes práticos de funcionamento, simulação matemática do funcionamento de sistemas no computador, análises e discussões de hipóteses acidentais entre especialistas, postulação de eventos, cálculo de confiabilidade de sistemas ou suas partes, análises de risco, análises de consequência, elaboração de planos de emergência, dentre outros, seja no nível apenas intramuros, ou incluindo o ambiente extramuros da instalação. A segurança de uma UNP praticamente usa todos os tipos de técnicas citadas, e mais alguns, para garantir um nível de segurança maior do que o apenas tecnicamente satisfatório, porque busca atender também aos requisitos do risco percebido pela população, o que é incomum no setor industrial.

Nesse ponto, é adequado explicitar a diferença entre perigo e risco que os especialistas consideram. Em engenharia de segurança, denomina-se perigo toda fonte potencial de danos, independentemente do grau de possibilidade desse dano vir a se concretizar. Por exemplo, um tanque de gás inflamável próximo a pessoas é um perigo, a despeito dele se encontrar desprotegido ou não. Fixadas a posição, a natureza e a magnitude de um perigo, não é possível “reduzir” esse perigo (para isso, ter-se-ia que reduzir a magnitude, a quantidade de gás; movê-lo de sua posição, para longe; ou mudar sua natureza, sua composição). O conceito de risco, por outro lado, associa a probabilidade ou frequência esperada de ocorrência de um evento com as suas previsíveis consequências. Voltando ao exemplo do tanque de gás, se não podemos alterar sua quantidade, posição ou natureza para reduzir o perigo, podemos contudo reduzir a probabilidade de esse perigo vir a causar danos. Para isso, basta protegê-lo (o tanque) devidamente, colocar barreiras de segurança em torno dele, instalar sistemas de detecção de desvios operacionais, treinar adequadamente os operadores, além de outras medidas de segurança possíveis. Tecnicamente, dizemos que, embora o perigo continuasse o mesmo, o risco de acidente seria significativamente menor.

O objetivo da engenharia de segurança de UNPs é, a despeito do perigo representado pela inventário de radioatividade existente no núcleo do reator, fazer com que o risco de um acidente radiológico (possibilidade de liberação ambiental de radioatividade) seja tão baixo quanto razoavelmente atingível. *Razoavelmente*, neste contexto, significa atingir o máximo de segurança com os recursos, sistemas e pessoal disponível. Este princípio, conhecido na área nuclear como conceito ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), é difundido pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA, ou *IAEA* em inglês), e usado mundialmente nas instalações nucleares como princípio norteador da cultura de segurança nessa área, assim como das normas e leis relacionadas. O registro histórico de mais de 40 anos (mais de 13.000 reatores-ano) sem um único acidente radiológico comprova de modo consistente o acerto das técnicas usadas na análise de segurança dessas instalações e, conseqüentemente, de seu projeto daí decorrente (Ver item 12.3 Análise Histórica de Acidentes Nucleares, para lembrar que, dos dois únicos acidentes relevantes, o de Chernobyl-4 não era um PWR, e o de TMI-2 não causou impacto radiológico).

12.1.2. Diferentes abordagens e comparações

A filosofia de segurança das UNPs, dessa forma, é baseada fundamentalmente no conceito de Defesa em Profundidade (*Defense in Depth*). Este conceito estabelece a implementação de níveis subsequentes de segurança referentes ao projeto, aos equipamentos, à garantia da qualidade, ao treinamento de operadores, e assim por diante, assim como à implantação de barreiras múltiplas contra a liberação de radioatividade. Essa filosofia é a que está na base dos resultados significativos e inigualáveis do registro histórico sem acidentes radiológicos em UNPs de PWRs. O resultado da aplicação desse princípio ao projeto pode ser visto nas diversas avaliações, que serão primeiramente justificadas a seguir e, secundariamente, apresentadas nas seções seguintes deste capítulo.

Numa instalação convencional, a gestão dos riscos compõe-se basicamente de uma Análise de Riscos e um Plano de Ação de Emergência. Numa UNP, é mais complexa. A forma de enfrentar o perigo primordial de uma UNP, o inventário de radioatividade contido em seu núcleo, e simultaneamente aplicar o conceito ALARA descrito acima, é realizar um conjunto de estudos que inclui uma análise determinista e estudos probabilistas de risco complementares, da seguinte forma: [a] Análise de Riscos Convencional (AR); [b] Análise de Segurança Determinista (ou *determinística*, AS); [c] Análise de Riscos Nuclear (ARN); e [d] Plano de Ação de Emergência (PAE). A justificativa da gestão dos riscos das UNPs ser dessa forma é apresentada abaixo, após uma pequena descrição de cada parte:

[a] A AR (item 12.2 Análise de Risco Convencional) analisa os riscos não nucleares, ou convencionais, da instalação. Essa análise é feita com técnicas conhecidas na engenharia e em avaliação de impactos ambientais, como APP (Análise Preliminar de Perigos), AF (Árvore de Falhas), AE (Árvore de Eventos). Existem tanques de combustível para os geradores *diesel* e outras substâncias perigosas que podem gerar acidentes não radiológicos. Esses acidentes, chamados aqui de *convencionais*, para diferenciar dos nucleares.

[b] A AS (item 12.4 Análise de Segurança) é a base do licenciamento nuclear em todo o mundo, e particularmente no Brasil feito através da CNEN. A certificação de que o conceito de Defesa em Profundidade garante a operação segura da usina é feita através da AS, a qual consiste na simulação numérica da operação da usina, avaliando o seu comportamento frente a um espectro abrangente de eventos acidentais, denominados Acidentes de Base de Projeto (ABPs). O espectro de ABPs é definido em normas internacionais, e abrange os acidentes mais relevantes e de maior impacto que possam vir a ocorrer em uma UNP. É importante destacar que, em uma AS, não se postula a falha total de todos os sistemas de proteção e segurança, mas configurações de falhas possíveis de ocorrer em função do alto grau de confiabilidade de todo o Sistema de Segurança do Reator.

[c] A ARN (item 12.5 Análise de Riscos Nucleares) analisa os riscos de origem nuclear, mas possui algumas diferenças de método em relação a uma AR convencional. Ela é feita e usada na área nuclear com o nome de Análise Probabilista de Segurança (APS). Porém,

a análise de riscos nuclear apresentada neste estudo não é rigorosamente uma APS e assim deve receber um nome diferenciado. No projeto de Angra 3 foram incorporados os resultados de um estudo de risco alemão que selecionou seqüências de acidentes severos de uma APS de projeto de uma usina de referência (Biblis B), e calculou então os riscos para essas seqüências específicas. Tendo em vista as significativas equivalências e semelhanças dessa usina com Angra 3, podemos considerar que os resultados do estudo de risco alemão se aplicam adequadamente ao projeto de Angra 3, e veremos por que.

[d] O PAE (item 12.6 Plano de Ação de Emergência) é a última barreira de segurança de uma instalação industrial. São as ações do PAE que minimizam, eventualmente de forma contundente, as conseqüências de um eventual acidente. Para exemplificar, o acidente de Bhopal, na Índia, em 1984, com a instalação da Union Carbide, no qual morreram mais de 4.000 pessoas (2.000 imediatamente), demonstrou de forma cabal como um PAE adequadamente organizado e exercitado é fundamental (United States Chemical Safety and Hazard Investigation Board (1999). Estima-se, conservadoramente, que se aquela instalação tivesse um PAE minimamente implantado, pelo menos cerca de 90% das pessoas mortas teriam sido salvas (Lima-e-Silva, 2003).

12.1.3. Justificativa

Uma UNP precisa dessas três análises (AR, AS, ARN) porque elas se complementam. A AS pressupõe que as respostas dos sistemas de segurança a situações de acidente ocorrem de acordo com o previsto em projeto. Os sistemas de segurança são projetados para controlar todo o elenco de Acidentes de Base de Projeto (ABPs). Trata-se de uma análise determinista; não há considerações de probabilidade de falha no controle do acidente. A AS não utiliza diretamente informação das freqüências de ocorrência de acidentes e probabilidades de falha dos sistemas de segurança. Portanto, é importante destacar que a finalidade da AS é distinta da finalidade da ARN (Baseada na APS, que nos EUA se chama *PRA*, ou “*Probabilistic Risk Analysis*”) e que não é possível, no estado da arte atual, substituir uma pela outra. A AS é a ferramenta essencial na definição e verificação do atendimento dos critérios de segurança dos sistemas e das especificações técnicas de operação da instalação no nível do projeto, enquanto a ARN é uma ferramenta importante para a otimização da segurança da Usina. A ARN trata dos Acidentes Além da Base de Projeto (AABPs), ou acidentes severos. A análise dos AABPs pressupõe situações em que as bases de projeto da usina, que inclui o conceito de defesa em profundidade, são violadas. Na análise desses acidentes pressupõe-se que sistemas de segurança projetados para controlá-los vão falhar, podendo levar a seqüências de eventos com potencial de causar danos no núcleo do reator, e quantifica-se suas freqüências de ocorrência.

Na AS, os acidentes nucleares postulados que estão cobertos por sistemas de segurança, em conformidade com o projeto da usina, não geram qualquer efeito prejudicial fora dela, já que o confinamento das substâncias radioativas é garantido pelos vários níveis e sistemas redundantes de segurança ativa e passiva. Por isto, riscos propriamente ditos para a

população do entorno de uma UNP só existem quando são consideradas seqüências complexas de eventos acidentais, nas quais postula-se que os sistemas de segurança vão falhar e que medidas emergenciais de gerenciamento de acidentes não serão bem sucedidas ou efetivas, cumulativamente. Somente em tais casos, uma liberação substancial de produtos radioativos para o meio ambiente seria possível.

A ARN, desta maneira, trata, com destaque, de seqüências de eventos raros nos quais ocorre a falha total de sistemas de segurança e de ação emergencial. Com base no projeto das usinas, seqüências de acidentes severos são investigadas em respeito a freqüências de ocorrência e efeitos prejudiciais potenciais. Desta forma, a ARN complementa a AS, requerida para o licenciamento nuclear. A ARN assim mostra que, mesmo para seqüências de acidentes raros e severos, que se encontram para além das bases de projeto, a instalação ainda consegue mitigar os efeitos. Podemos afirmar que a ARN apresentada é uma seleção das seqüências acidentais de uma APS genérica elaborada para reatores PWR, e desse nível de potência.

Uma APS propriamente dita, por outro lado, é uma ferramenta destinada ao aprimoramento da segurança operacional de uma dada usina, e assim só pode exercer sua plena utilidade depois que a experiência operacional com a instalação proporcionar dados específicos, com a devida “personalização” (especialização) das taxas de falhas dos componentes, além de outras questões.

12.2. ANÁLISE DE RISCO CONVENCIONAL

Este estudo visa analisar e quantificar os riscos industriais e conseqüências de possíveis acidentes envolvendo os equipamentos e processos das futuras instalações da Unidade 3 da CNAAA (Angra 3).

A Análise de conseqüências abrangeu os cenários identificados na Análise Preliminar de Perigos - APP classificados nas categorias de severidade 3 e 4, o que torna a análise mais conservativa do que a combinação das categorias de freqüência e severidade.

Este estudo foi realizado utilizando-se técnicas de análise de risco que, por sua vez, compõem-se de um conjunto de procedimentos qualitativos, quantitativos e modelos de cálculo, cuja aplicação sistemática resulta na identificação dos perigos potenciais decorrentes da operação de uma instalação industrial e na avaliação/quantificação dos efeitos físicos e riscos devido a eventos acidentais, como liberação de substâncias tóxicas e/ou inflamáveis.

Inicialmente foram identificados os possíveis cenários de acidentes relacionados com o armazenamento e operação de produtos inflamáveis e tóxicos das futuras operações do empreendimento através da aplicação da técnica de Análise de Risco chamada Análise Preliminar de Perigos (APP). A determinação dos sistemas a serem estudados e a APP foram realizados através de reuniões envolvendo profissionais da Eletronuclear e a consultora.

Em um segundo momento, foi realizada a caracterização dos cenários de acidentes, avaliação/quantificação dos efeitos físicos e dos riscos individual e social devido a formação de incêndio em nuvem, jato de fogo, incêndio em poça e nuvem tóxica. Para simulação das conseqüências e cálculo do risco foi utilizado o programa Safeti®, (Anexo 6 - *Output Programa SAFETI/PHAST*)

12.2.1. Resultados e Conclusões

Riscos Individuais - tomando-se como referência o critério adotado pela Feema, o risco individual considerado intolerável gerado por novas instalações para a população externa é de $1.0E-06$ / ano. Da Figura 1, observamos que as curvas de $1.0 E-06$ /ano não alcançam área externa à empresa, portanto, os sistemas da CNAAA - Unidade 3, analisados neste estudo não expõem a população externa a um risco individual inaceitável.

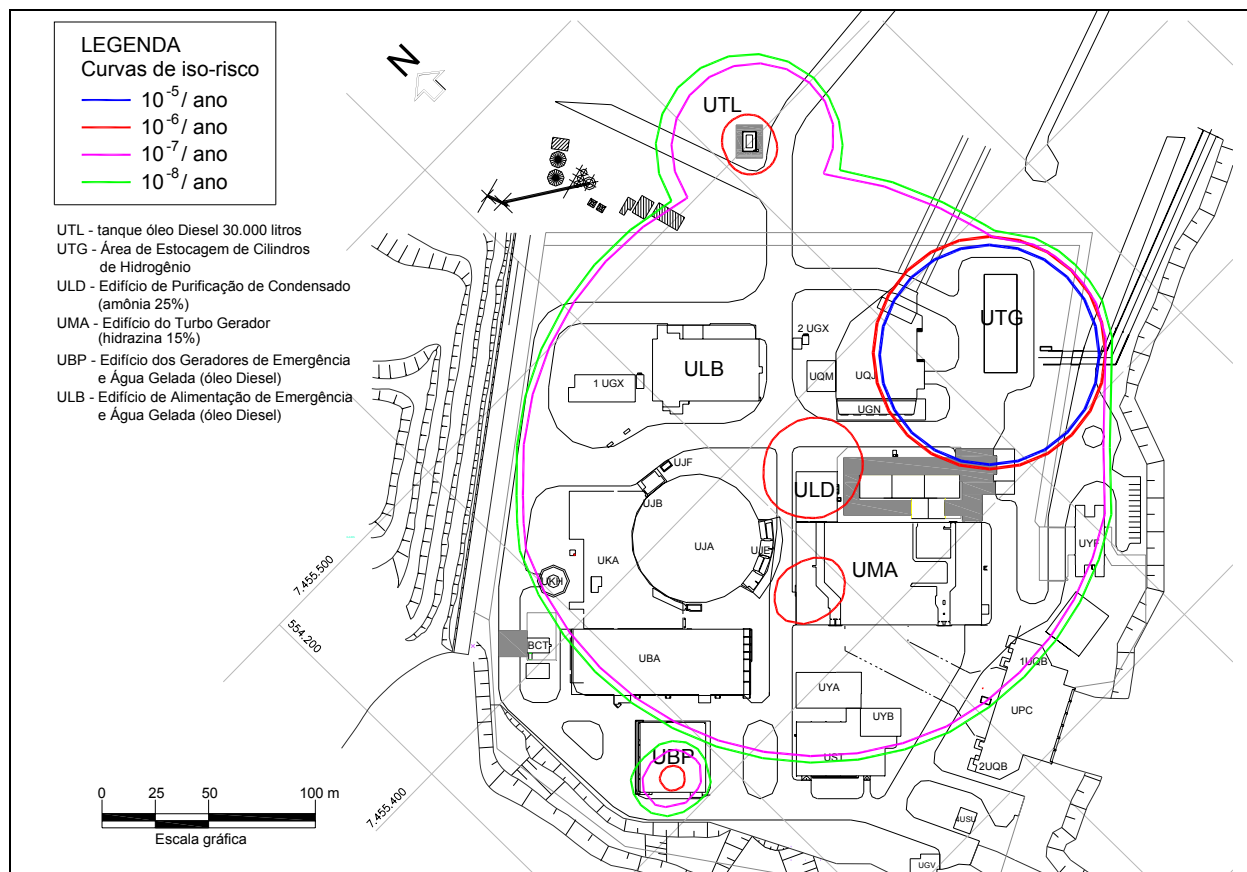


Figura 1 - Curvas de Iso-risco para a Unidade 3 da CNAAA

Riscos Sociais - como a curva de risco $1.0 E-08$ / ano não ultrapassa os limites da empresa, e por isso não alcança população externa, não há risco social associado a esta

instalação, conforme mostra a Figura 2. Os empregados de Angra 3 não foram considerados como população externa conforme metodologia de análise de risco.

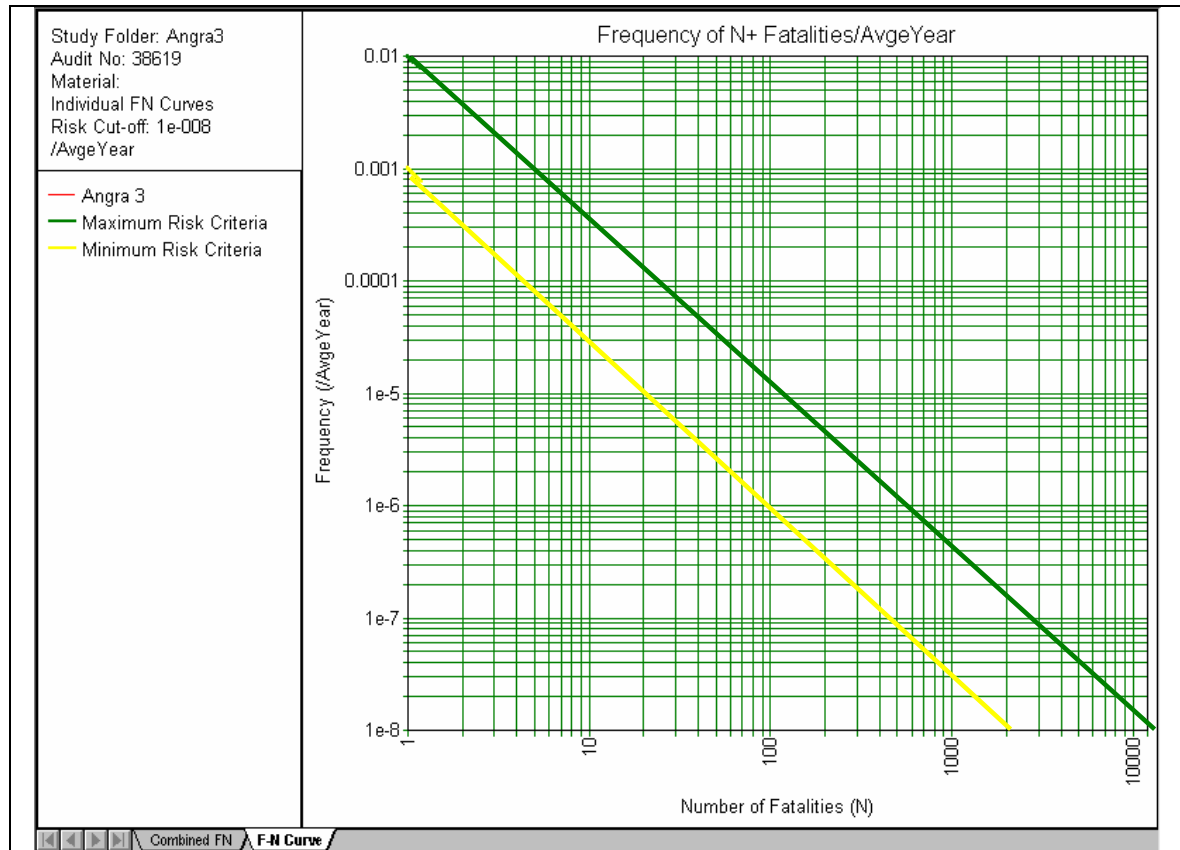


Figura 2 - Comparação do risco para a população externa com o critério de aceitabilidade Feema

12.2.2. Introdução

Nos capítulos a seguir, são apresentadas informações básicas para a realização da Análise de Riscos, tais como: descrição geral das instalações e sistemas, ocupação da vizinhança, sistema de combate a incêndio e características meteorológicas.

Para a realização da Análise de Riscos é fundamental o conhecimento das instalações, processos, as interdependências entre os sistemas, o inventário e as condições de produtos envolvidos no processo.

12.2.3. Descrição Geral das Instalações e Sistemas

A localização dos prédios e instalações estudadas nesta Análise de Risco está destacada na Figura 3.

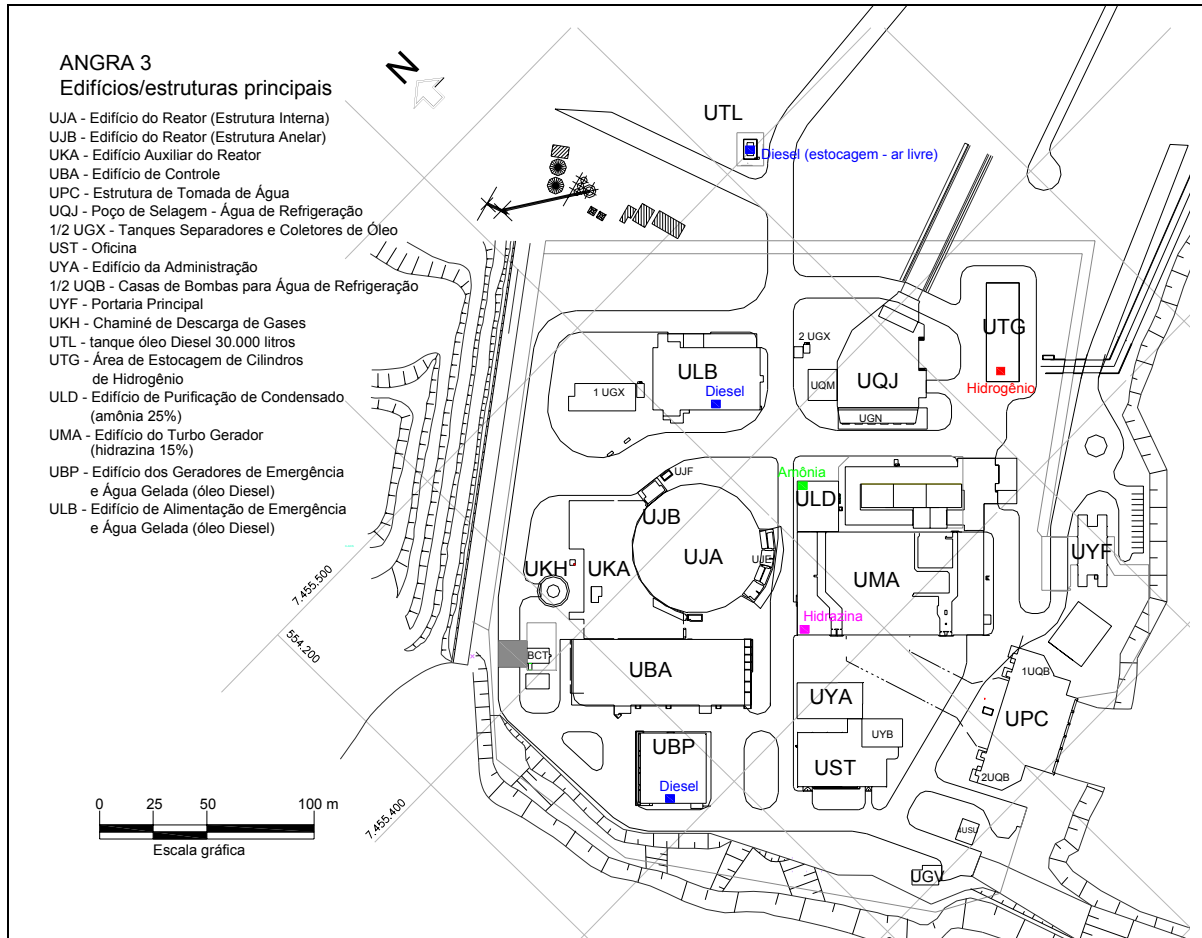


Figura 3 – Mapa de Situação geral das futuras instalações da Unidade 3

12.2.3.1. Descrição dos sistemas estudados

Segue, abaixo, uma descrição sucinta dos sistemas que foram objeto deste estudo, levando-se em consideração, àqueles relacionados com o uso e armazenamento de substâncias inflamáveis, tóxicas e explosivas.

Os fluxogramas de engenharia relativos a estes sistemas estão no Anexo 1.

ÓLEO DIESEL

O óleo Diesel é utilizado nos grupos geradores Diesel dos sistemas de emergência 01 e 02 para alimentação dos motores e equipamentos da unidade em caso de falta de energia elétrica.

As estocagens deste produto estão situadas em três pontos da unidade, conforme mostrado na Figura 2. Suas quantidades estão especificadas na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Localização e quantidades das estocagens de óleo Diesel.

Prédio	Quantidade estocada
Edifício dos geradores de emergência e água gelada - UBP	<ul style="list-style-type: none">• 4 tanques de 95.000L• 1 tanque de 3.000 L
Edifício de alimentação de emergência - ULB	<ul style="list-style-type: none">• 4 tanques de 7.000 L
Ar livre	<ul style="list-style-type: none">• 1 tanque de 30.000L

Os sistemas são abastecidos através de caminhão-tanque, que realiza a descarga de óleo Diesel no tanque estocado ao ar livre, e deste, segue para os demais tanques situados nos prédios acima citados, através de bombas ou por pequenas carretas manuseadas por operadores.

São realizados testes mensais nos sistemas, com a finalidade de detectar antecipadamente problemas durante uma possível emergência.

Estes testes são assistidos por operadores que realizam as inspeções a cada meia hora e controlam a potência do sistema a 25%, 50%, 75% e 100%, através da sala de controle.

Os sistemas possuem detector de nível que é acionado em caso de vazamentos e também ao atingir 80% do volume do tanque.

Os sistemas são estocados a temperatura ambiente e a pressão de trabalho da bomba de alimentação pode chegar até a 10 bar, dependendo dos equipamentos a serem acionados.

O consumo rotineiro mensal de óleo Diesel nos Grupos Geradores Diesel dos Sistemas de Emergência 1 e 2, é destinado somente para testes e foi calculado com base em dados de projeto em cerca de 10 mil litros para os testes de cada redundância, a 100% de carga, no total de 8 redundâncias (8 tanques).

HIDRAZINA

A Hidrazina é estocada em 2 tanques de 2 m³/cada, a 15%, no edifício do turbo gerador (UMA) e é utilizada para aumentar o pH do Circuito Secundário (água/vapor), aumentando a absorção de O₂ e protegendo-o contra corrosão. O aumento do pH se dá devido à liberação gradual de Amônia após o aquecimento do sistema. A concentração de Amônia na linha fica em torno de 0.10 a 0.15 ppm.

O regime de operação é contínuo e os tanques de Hidrazina são alimentados através de contêineres de 1m³, a 64%, e trabalham a 25° C e pressão atmosférica.

AMÔNIA – 25%

A Amônia – 25% é estocada em tanque de 5m³ no edifício denominado ULD – (Edifício de Purificação do Condensado) e tem a mesma finalidade de uso da Hidrazina, porém, é utilizada no início de operação após paradas programadas e não programadas, quando a Hidrazina não é operacionalmente a melhor opção para o aumento do pH visto ser necessário um tempo inicial para que a Hidrazina libere gradualmente a Amônia no sistema – responsável pelo acréscimo do pH.

As paradas programadas ocorrem a cada 14 meses e o abastecimento do tanque se dá 1 vez a cada 2 anos através de caminhão-tanque.

HIDROGÊNIO

O Hidrogênio armazenado em cilindros é utilizado no circuito primário da planta com o intuito de diminuir o oxigênio livre no núcleo do reator e evitar corrosão no sistema. Também é utilizado no tratamento dos rejeitos radioativos e no gerador elétrico.

Será utilizada carreta de tubulões em local aberto e 4 cestos de 12 cilindros cada, no prédio UTG.

A Tabela 2 mostra as dimensões (em metros) dos diques de contenção e/ou dos prédios/localização onde os produtos estão estocados.

Tabela 2 - Dimensões (em metros) dos diques de contenção e/ou dos prédios onde os produtos estão localizados.

Prédio ou Localização	Produto estocado	Quantidade estocada	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Dique (m)
UBP	Óleo Diesel	4 tanques de 95.000 L 1 tanque de 3.000 L	4,65	5,5	8,7	Própria sala
ULD	Amônia – 25%	1 tanque de 5m ³	5,5	2,6	7,4	2,65 x 5,8 h=85 cm
UMA	Hidrazina	2 tanques / 2m ³ cada	Aberto			2,3 x 7,0 h= 0.50
ULB	Óleo Diesel	4 tanques de 7.000 L	2,5	2,2	6,7	2,2 x 6,7 h = 0,44
Ar livre	Óleo Diesel	1 tanque de 30.000 L	---	---	---	5 x 8

Outros sistemas

Os sistemas abaixo não foram incluídos na APP por não possuírem características inflamáveis ou tóxicas nas condições que são manipulados:

HIDRÓXIDO DE SÓDIO 50% E AC. SULFÚRICO 95%

São utilizados na Unidade de regeneração, onde são diluídos com água desmineralizada, para regeneração das resinas de troca iônica.

Estes produtos são estocados em tanques de 3 m³ no prédio ULD – Edifício de Purificação de condensado.

12.2.3.2. Sistema de Combate a Incêndio

O sistema de combate a incêndio dos prédios que contêm os tanques de Diesel é composto por alarmes de fumaça, sistema de dispersores de água que podem ser acionados automaticamente, ou por controle manual remoto, manual local. Caso este sistema não seja suficiente para um combate seguro os sistemas de hidrantes poderão ser acionados por Brigada de Emergência.

Os sistemas fixos de proteção contra incêndio são projetados para proteger toda a Unidade e deve estar disponível para operar a qualquer momento durante o comissionamento, partida da planta, operação normal, parada da planta e “stand by”, bem como durante operações de emergência.

Os Sistemas Fixos de Proteção Contra Incêndio estão divididos em:

- Sistema de água de combate a incêndio
- Sistema de água de Água Nebulizada
- Sistema de combate à incêndio com CO₂
- Sistema de combate à incêndio com FM200
- Sistema de combate à incêndio com espuma

Sistema de Água de Combate à Incêndio

O sistema de água de combate à incêndio tem a função de garantir uma permanente distribuição e suprimento de água de incêndio, em condições de operação, para hidrantes internos e externos, sistema de água nebulizada e sistema de combate com espuma.

Os hidrantes internos e externos são compostos de tubulação, válvulas, mangueiras de incêndio e acessórios na área UZT (hidrantes externos), prédios ou estruturas (hidrantes internos) com saídas localizadas de tal maneira que a água pode ser descarregada sobre a área com fogo na forma de jatos ou spray através das mangueiras e bocais, com o objetivo de extinguir um incêndio e proteger seus ocupantes, além de preservar prédios e estruturas.

No prédio de alimentação de emergência, o sistema de combate à incêndio está conectado com o sistema LAR para garantir a remoção de calor residual pelo lado secundário no caso de falha de todos os sistemas de alimentação de todos os geradores de vapor.

Sistema de Água de Água Nebulizada

O sistema de água de água nebulizada consiste de um sistema de tubulação fixa, conectado ao sistema de água de combate à incêndio através de uma válvula de dilúvio a qual pode ser atuada manual local ou remoto ou automaticamente para liberar o fluxo de água, projetores para descarga de água específica e distribuição sobre os equipamentos ou áreas a serem protegidas.

Existem dois tipos diferentes de Sistema de Água Nebulizada instalada na Unidade:

- Sistema de Tubulação Úmida – Um sistema de combate a incêndio empregando sprinklers automáticos, projetores de água fechados, ligados a um sistema de tubulações contendo água e conectado ao sistema de água de combate a incêndio, para que a água seja descarregada imediatamente dos sprinklers abertos pelo calor do fogo. Este sistema está instalado apenas no prédio UYA.
- Sistema Deluge – Um sistema de combate a incêndio empregando projetores de água abertos ligados a um sistema de tubulações conectado ao sistema de água de combate a incêndio através de uma válvula dilúvio que é aberta automaticamente, pela operação do sistema de detecção instalado na mesma área do projetor ou manualmente local na própria válvula dilúvio ou manualmente remoto. Quando a válvula dilúvio abre, a água flui pelo sistema de tubulações e descarrega água por todos os bocais de spray abertos.

Sistemas de água nebulizada são normalmente usados para proteger equipamentos de processo e estruturas, tanques de gases e líquidos inflamáveis, tubulações e equipamentos elétricos.

A água é atomizada sobre a área do incêndio pelos projetores e assim realiza as seguintes funções:

- Resfriamento, para que a superfície que queima seja resfriada para temperatura abaixo do ponto de ignição ou chama.
- Abafamento devido ao vapor gerado
- Emulsificação ou diluição de algum líquido inflamável presente

Pela combinação destes processos um combate à incêndio mais seguro é obtido nas áreas de maior risco de incêndio, onde o combate à incêndio manual não é possível ou muito difícil.

Sistema de Combate à Incêndio com CO₂

Sistema de CO₂ é um sistema fixo de proteção contra incêndio que usa o Dióxido de Carbono como agente extintor. Este agente é descarregado na área protegida por meio de tubulações e difusores especiais e cobre a área do incêndio com uma nuvem de gás pesado que reduz a concentração de Oxigênio e/ou a fase gasosa do combustível na atmosfera para um ponto onde a combustão não é possível.

Sistemas de CO₂ estão instalados nas seguintes áreas:

- Na estação de enchimento de tambores, localizada no prédio do reator auxiliar.
- Arquivos técnicos, níveis +1,15 e +5,15, localizados nas unidades e prédio de escritório
- Salas de telecomunicações, localizadas no prédio de beneficiamento de condensado
- Todos estes sistemas são fixos com baterias de cilindros, tubulações de distribuição e bocais especiais. A atuação de todos os sistemas é automática, além da possibilidade da ativação remota ou manual local.

Sistema de Combate à Incêndio com FM200

Os sistemas de combate à incêndio com FM200 são sistemas fixos de proteção contra incêndio que usam FM200 (1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropano) como agente extintor. Este agente extingue o fogo pela interferência no processo de combustão, prevenindo a propagação da chama. O FM200 fornece uma boa segurança ao pessoal exposto, pois, ao ser descarregado ele não reduz a visibilidade permitindo que o pessoal saia da área afetada com segurança. Ele é um gás classificado como de baixa toxidez e fornece muito mais segurança para a brigada de incêndio quando for preciso entrar na área do incêndio antes de sua dissipação. Também é um gás que não conduz energia elétrica e é classificado como um gás que não afeta a camada de Ozônio (NFPA 2000).

Pelas suas características os sistemas com FM200 são indicados para incêndios do tipo:

- Salas de computadores;
- Sala de distribuição de cabos das quatro seções redundantes e da estação de controle de emergência no prédio de alimentação de emergência;
- As salas de computadores e servidores no prédio de beneficiamento de condensado.

Todos os sistemas são fixos com baterias de cilindros, difusores especiais e tubulações de distribuição.

A atuação de todos os sistemas é automática, mas é possível também sua ativação remota e/ou manual local.

Sistema de Combate à Incêndio com Espuma

O sistema de combate a incêndio com espuma é um sistema de proteção que usa uma solução de espuma como agente extintor. A solução de espuma é um agente extintor produzido por uma mistura homogênea de espuma concentrada e água numa proporção adequada e com grande quantidade de ar.

Este sistema está instalado para proteger os tanques de óleo diesel UTL e são compostos por:

- Uma estação central de espuma
- Tubulação fixa de suprimento de solução de espuma com câmara de espuma no topo dos tanques
- Hidrantes com canhões de lançamento de espuma para proteção dos diques

Este sistema está ligado ao sistema de água de incêndio e sua atuação é somente manual, abrindo-se a válvula correspondente ao tanque que deve ser protegido.

12.2.4. Ocupação da vizinhança

12.2.4.1. Distribuição populacional da vizinhança

A população mais próxima do empreendimento fica a uma distância de 1 km, na Praia Brava, Distrito de Mambucaba – setores 4 e 5, somando um total de 1472 pessoas.

Não existem residências, escolas, creches ou outras ocupações sensíveis num raio superior a 500m de distância do empreendimento.

A Figura 4 indica a localização da Praia Brava, destacada em vermelho, dentro do raio de 1 km.

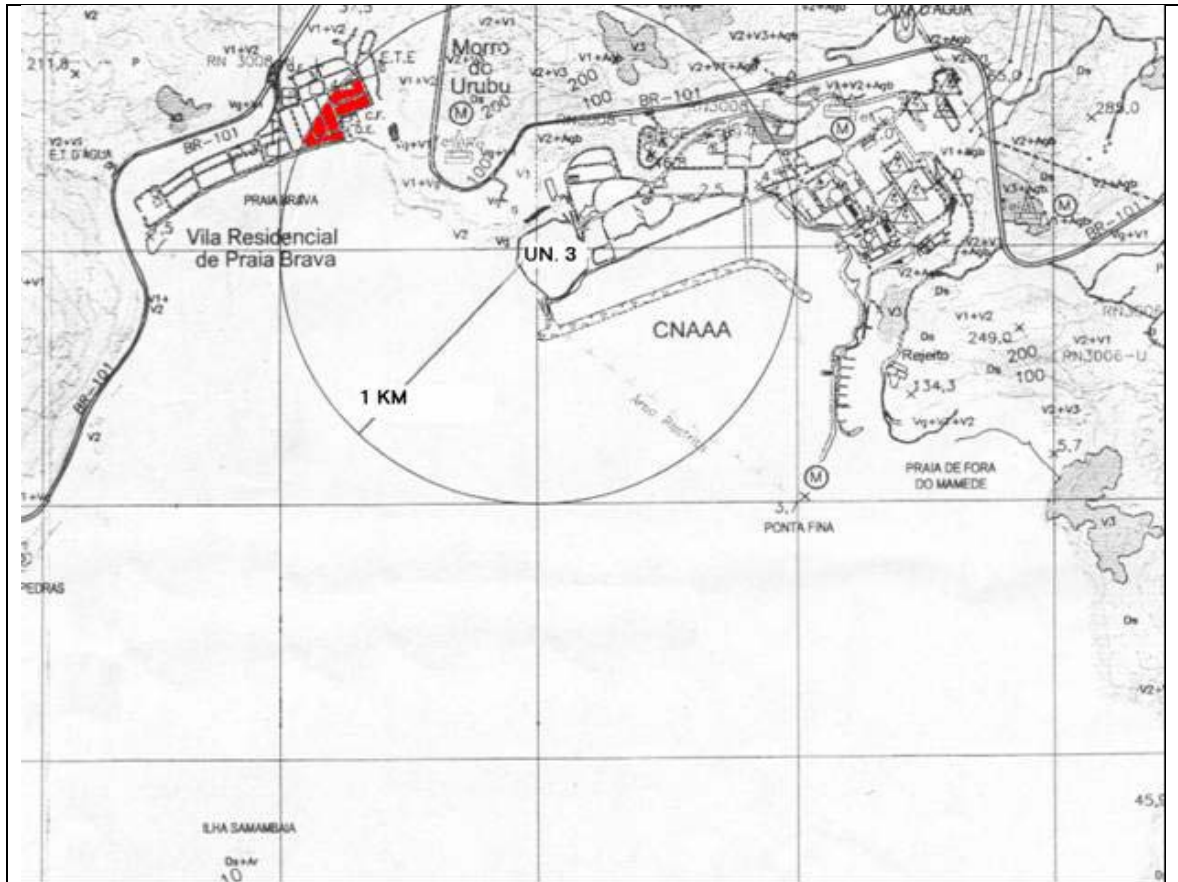


Figura 4 – Localização da Praia Brava

Fonte: Pesquisa socioeconômica AID 5, março de 2002 – Sociedade Científica da Escola Nacional de Ciências Estatísticas – Science /ENCE/IBGE

12.2.5. Características Meteorológicas

Abaixo são apresentados os parâmetros climáticos que podem afetar a dispersão de nuvens geradas por liberações de substâncias tóxicas e/ou inflamáveis.

A Tabela 3 apresenta as frequências das ocorrências de ventos na região da CNAAA. Os dados foram obtidos a partir do PSAR (Preliminary Safety Analysis Report) de Angra 3, que apresenta as informações coletadas, no período de 01 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2001, dos sensores de vento (velocidade e direção) localizados na Torre A na estação meteorológica da Eletronuclear.

Tabela 3 - Frequências das ocorrências de ventos na região da CNAAA

DIREÇÃO	FAIXA DE VELOCIDADE DO VENTO EM m/s			
	0,00 - 1,00	1,01 – 2,00	2,01 -3,00	Maior que 3,01
	VELOCIDADE MÉDIA QUE REPRESENTA A FAIXA DE VEL.			
	1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s
N	3,97	1,3	0,7	0,7
NE	6,05	3,41	2,0	2,17
L	5,9	1,34	3,1	2,11
SE	4,6	1,06	0,6	0,07
S	5,5	1,34	3,1	2,11
SW	11,7	9,56	5,5	3,33
W	7,2	3,38	1,68	1,52
NW	3,91	0,8	0,2	0,09

Fonte: Angra 3 Preliminary Safety Analysis Report (PSAR) – Rev 0 – Abril, 2002

Os dados da Tabela 3 são apresentados em porcentagem de ocorrência e consideraram os seguintes parâmetros:

- Altitude da estação meteorológica: 3 m
- Altura do anemômetro: 10 m
- Temperatura do Ar: 298 K
- Temperatura do Solo: 303 K
- Pressão atmosférica: 1 atm
- Umidade Relativa: 70%
- Classe de Estabilidade Atmosférica: Todas

12.2.6. Produtos envolvidos nos processos e quantidades movimentadas

12.2.6.1. Introdução

O conhecimento das características dos produtos utilizados é fundamental para a análise de risco das instalações da Empresa.

Para tal, foi utilizado o Banco de Dados CHEMINFO para obter as propriedades físico-químicas, caracterização quanto à toxicidade e inflamabilidade dos produtos inflamáveis e tóxicos manuseados nas instalações da Unidade 3 da CNAEA. As características dos produtos (MSDS), que serão utilizados na empresa são apresentadas no Anexo 3.

12.2.6.2. Quantidade de Produtos Movimentados

A Tabela 4 abaixo apresenta as quantidades estocadas dos produtos da empresa, selecionados por sua inflamabilidade e/ou toxidez.

Tabela 4 - Quantidades movimentadas dos principais produtos

Local	Nº de Tanques	Produto estocado	Capacidade /tanque
Prédio UBP	4	Óleo Diesel	95.000 l
	1	Óleo Diesel	3.000 l
Prédio ULB	4	Óleo Diesel	7.000 l
Estocagem ar livre	1	Óleo Diesel	30.000 l
Prédio ULD	1	NH ₄ OH 25%	5 m ³
Prédio UMA	2	Hidrazina 15%	3 m ³
Prédio UTG	48	Cilindros de Hidrogênio	4 cestas de 12 cilindros = 48
	11	Tubulões	1 carreta com 11 tubulões

12.2.6.3. Transporte de Produtos Perigosos

Na Tabela 5 são apresentadas as informações sobre o transporte dos produtos, os meios de transporte, as vias empregadas, carga, frequência de remessas esperadas e impactos sobre as vias.

Tabela 5 - Informações sobre transporte dos produtos

Produto	Meio de Transporte	Vias Empregadas	Carga	Frequência	Impacto sobre as vias
Óleo Diesel	Caminhão-tanque	Av. Brasil – BR 101	10.000 L	1 remessa/mês	1. Derramamento e possível contaminação de solo e água 2. Incêndio
Hidrazina	Caminhão Baú	Rodovia Rio-Santos	2000 kg	4 remessas/ano	1. Derramamento e possível contaminação de solo e água 2. Incêndio
Amônia a 25%	Caminhão Baú	Av. Brasil Rodovia Rio-Santos	150 L	1 remessa/mês	1. Derramamento / possível contaminação de solo e água 2. Formação de nuvem tóxica
Hidrogênio	Caminhão Baú	Av. Brasil Rodovia Rio-Santos	1 cesta	1 remessa/mês	Incêndio
	Carreta		1 carreta	2 remessas/mês	Incêndio

12.2.7. Identificação dos perigos

12.2.7.1. Introdução

Aqui será realizada a identificação dos cenários de acidentes relativos as instalações de Angra 3, estudando-se os eventos capazes de ocasionar os acidentes e suas principais conseqüências. Para esta identificação foi utilizada a técnica de Análise Preliminar de Perigos (APP).

12.2.7.2. Análise Preliminar de Perigos (APP)

A Análise Preliminar de Perigos (APP) é uma metodologia estruturada para identificar os perigos que podem ser causados devido à ocorrência de eventos indesejáveis. Esta metodologia pode ser usada para sistemas em início de desenvolvimento ou em fase de projeto e, também, como revisão geral de segurança de sistemas já em operação. Na APP são levantadas as causas de cada um dos eventos e as suas respectivas conseqüências, sendo, então, feita uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência do cenário do acidente, da

severidade das conseqüências e do risco associado. Portanto, os resultados obtidos são qualitativos, não fornecendo estimativa numérica.

Metodologia de Análise

O escopo da APP abrange todos os eventos perigosos cujas causas tenham origem nas instalações analisadas, englobando tanto as falhas intrínsecas de componentes ou sistema, como eventuais erros operacionais (erros humanos). Ficam excluídos da análise os eventos perigosos causados por agentes externos, tais como quedas de aviões ou helicópteros, terremotos e inundações. Tais eventos externos foram excluídos por serem as suas freqüências de ocorrência consideradas extremamente baixas.

Para a análise dos eventos indesejáveis na APP, foram identificadas as substâncias presentes nas instalações, independente da freqüência de uso, que por sua vez, foi considerada no item freqüência de eventos iniciadores. No caso da Unidade 3 da CNAAA verificou-se, nesta etapa do trabalho, a presença de produtos tóxicos e inflamáveis. Portanto, foram considerados, por exemplo, os seguintes eventos indesejáveis:

- grande liberação de gás inflamável
- pequena liberação de gás inflamável
- grande liberação de líquido inflamável
- pequena liberação de líquido inflamável
- grande liberação de gás tóxico
- pequena liberação de gás tóxico

A realização da análise foi feita através do preenchimento de uma planilha de APP para cada módulo de análise da instalação. A planilha utilizada nesta APP, mostrada na Tabela 6, contém 9 colunas, as quais foram preenchidas conforme a descrição apresentada a seguir.

Tabela 6- Planilha utilizada para a Análise Preliminar de Perigos

Perigo	Causa	Modo de Detecção	Efeito	Categorias			Medidas/ Observações	No Cenário
				Freqüência	Severidade	Risco		

1ª coluna: Perigo

Esta coluna contém os perigos identificados para o módulo de análise em estudo. De uma forma geral, os perigos são eventos acidentais que têm potencial para causar danos às instalações, aos operadores, ao público ou ao meio ambiente. Portanto, os perigos de uma forma geral, referem-se a eventos tais como liberação de material inflamável e tóxico.

2ª coluna: Causa

As causas de cada perigo são discriminadas nesta coluna. Estas causas podem envolver tanto falhas intrínsecas de equipamentos (vazamentos, rupturas, falhas de instrumentação, etc), bem como erros humanos de operação e manutenção.

3ª coluna: Modo de Detecção

Os modos disponíveis na instalação para a detecção do perigo identificado na primeira coluna foram relacionados nesta coluna. A detecção da ocorrência do perigo tanto pode ser realizada através de instrumentação (alarmes de pressão, de temperatura, etc), como através de percepção humana (visual, odor, etc).

4ª coluna: Efeito

Os possíveis efeitos danosos para a população externa de cada perigo identificado foram listados nesta coluna. Os principais efeitos dos acidentes envolvendo substâncias tóxicas e/ou inflamáveis incluem:

- nuvem tóxica;
- incêndio em nuvem;
- explosão de nuvem;
- incêndio em poça;
- jato de fogo.

5ª coluna: Categoria de Frequência do Cenário

No âmbito desta APP, um cenário de acidente é definido como o conjunto formado pelo perigo identificado, suas causas e cada um dos seus efeitos. Exemplo de cenário de acidente possível:

Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura de tubulação podendo levar à formação de uma nuvem inflamável tendo como consequência incêndio ou explosão da nuvem.

De acordo com a metodologia de APP adotada neste trabalho, os cenários de acidentes foram classificados em categorias de frequência, as quais fornecem uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência para cada um dos cenários identificados, conforme Tabela 7.

6ª coluna: Categoria de Severidade

Também de acordo com a metodologia de APP adotada neste trabalho, os cenários de acidentes foram classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa do grau de severidade das conseqüências de cada um dos cenários identificados. As categorias de severidade utilizadas no presente trabalho estão na Tabela 8.

7ª coluna: Categoria de Risco

Combinando-se as categorias de freqüência com as de severidade obtêm-se a Matriz de Riscos, conforme Figura 5, a qual fornece uma indicação qualitativa do nível de risco de cada cenário identificado na análise.

8ª coluna: Medidas/Observações

Esta coluna contém as medidas que devem ser tomadas, diminuir a freqüência ou severidade do acidente ou quaisquer observações pertinentes ao cenário de acidente em estudo.

9ª coluna: Identificação do Cenário de Acidente

Esta coluna contém um número de identificação do cenário de acidente. Foi preenchida seqüencialmente para facilitar a consulta a qualquer cenário de interesse.

Tabela 7- Categorias de Freqüências dos Cenários Usadas na APP

Categoria	Denominação	Faixa de Freqüência (/ano)	Descrição
A	Extremamente Remota	$< 10^{-4}$	Extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil da instalação
B	Remota	10^{-3} a 10^{-4}	Não deve ocorrer durante a vida útil da instalação
C	Improvável	10^{-2} a 10^{-3}	Pouco provável que ocorra durante a vida útil da instalação
D	Provável	10^{-1} a 10^{-2}	esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação
E	Freqüente	$> 10^{-1}$	esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil da instalação

Tabela 8- Categoria de Severidade das Conseqüências dos Cenários

Categoria	Denominação	Descrição/Características
I	Desprezível	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Não ocorrem lesões/mortes de funcionários, de terceiros (não funcionários) e/ou de pessoas extramuros (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.
II	Marginal	Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (os danos são controláveis e/ou de baixo custo de reparo); Lesões leves em funcionários, terceiros e/ou em pessoas extramuros;
III	Crítica	Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente, levando à parada ordenada da unidade e/ou sistema; Lesões de gravidade moderada em funcionários, em terceiros e/ou em pessoas extramuros (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros); Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe.
IV	Catastrófica	Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente, levando à parada desordenada da unidade e/ou sistema (reparação lenta ou impossível); Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (em funcionários e/ou em pessoas extramuros).

FREQÜÊNCIA

	A	B	C	D	E	
						IV S E V
						III E R I
						II D A D
						I E

SEVERIDADE		FREQÜÊNCIA	
I	DESPREZÍVEL	A	EXTREMAMENTE REMOTA
II	MARGINAL	B	REMOTA
III	CRÍTICA	C	IMPROVÁVEL
IV	CATASTRÓFICA	D	PROVÁVEL
		E	FREQÜENTE

	RISCO
	(1) DESPREZÍVEL
	(2) MENOR
	(3) MODERADO
	(4) SÉRIO
	(5) CRÍTICO

Figura 5 - Matriz de Classificação de Riscos Usada em APP

Realização da APP

A prévia identificação dos sistemas a serem estudados foi realizada em reuniões com os consultores e o grupo de Operação, Meio Ambiente e Engenharia da Eletronuclear. Os sistemas de estocagem de Hidrogênio, Óleo Diesel, Hidrazina e Amônia 25% foram os escolhidos para serem analisados na APP, conforme definição do termo de referência.

Foi feita uma apresentação dos objetivos do trabalho e da metodologia de APP para que todos entendessem a metodologia da análise. A seguir, foram preenchidas as planilhas da APP, identificando-se os perigos, suas causas, seus modos de detecção e suas conseqüências. Finalmente foi feita uma estimativa das categorias de freqüência e severidade.

Depois do preenchimento das planilhas da APP, procedeu-se à análise dos resultados obtidos, listando-se os cenários que deverão ter suas conseqüências simuladas.

Planilhas da APP

As planilhas da Análise Preliminar de Perigos para a Unidade 3 da CNAEA estão apresentadas no Anexo 4.

12.2.7.3. Cenários Escolhidos

A Tabela 9 apresenta os cenários que serão objeto da análise quantitativa, considerando a configuração dos sistemas estudados.

Os cenários classificados nas categorias de severidade III e IV foram escolhidos para este estudo por serem os cenários onde foram previstas os maiores danos, e que têm potencial para gerar danos à população exposta dentro e fora dos limites de Angra 3.

Tabela 9 - Cenários escolhidos para simulações de conseqüências:

Eventos Iniciadores	Número do Cenário
Sistema de Armazenagem de Hidrogênio	
EI-01 - Grande liberação de substância inflamável devido a explosão do cilindro de Hidrogênio;	01 e 02
EI-02 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura do Tubulão por fragilização do metal.(trincas, idade, corrosão, etc...)	07 e 08
EI-03 -Ruptura no trecho compreendido entre a válvula de bloqueio do tubulão de hidrogênio até regulador de pressão	09 e 10
Sistema de Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio UBP	
EI-04 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no tanque principal de Óleo Diesel;	18, 19 e 20

Eventos Iniciadores	Número do Cenário
EI-05 - Grande liberação de substância inflamável devido ruptura no trecho entre a tubulação que sai do tanque principal até o tanque secundário, passando pela bomba;	21, 22 e 23
EI-06- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho entre o tanque secundário e os motores a diesel;	24, 25 e 26
EI-07- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de retorno dos motores diesel e o tanque secundário;	27, 28 e 29
EI-08- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de retorno dos motores diesel e o tanque principal;	30, 31 e 32
EI-09- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de retorno do tanque secundário e o tanque principal;	33, 34 e 35
EI-10- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no tanque secundário de Óleo Diesel:	36, 37 e 38
Sistema de Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio ULB	
EI-11 -Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no tanque principal de Óleo Diesel:	39, 40 e 41
EI-12- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho entre a tubulação que sai do tanque principal até os motores a diesel , passando pela bomba :	45, 46 e 47
EI-13- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de retorno entre os motores a diesel e o tanque principal;	48, 49 e 50
Sistema de Armazenamento de Óleo Diesel em local aberto	
EI-14 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do caminhão até tanque principal.	54, 55 e 56
EI-15 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho do tanque até os motores diesel, passando pela bomba:	57, 58 e 59
EI-16 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no tanque principal de Óleo Diesel:	60, 61 e 62
Armazenamento de Hidrazina – Prédio UMA Edifício do Turbo Gerador	
EI-17 - Grande liberação de substância tóxica (Hidrazina) devido a ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do container até tanque principal:	68
EI-18 - Grande liberação de substância tóxica (Hidrazina) devido a ruptura no trecho de tubulação entre os tanques de Hidrazina :	69
EI-19 - Grande liberação de substância tóxica devido a ruptura no trecho de tubulação de saída das bombas até os sistemas de processo.	70

Eventos Iniciadores	Número do Cenário
EI-20 - Grande liberação de substância tóxica devido a ruptura no tanque de Hidrazina:	71
Armazenamento de Amônia a 25%– Prédio ULD Edifício de Purificação de Condensado	
EI-21- Grande liberação de substância tóxica devido a ruptura no trecho de abastecimento do tanque de Amônia a 25%.	75
EI-22- Grande liberação de substância tóxica devido a ruptura no trecho de tubulação de saída do tanque até alimentação do circuito secundário.	76
EI-23- Grande liberação de substância tóxica devido a ruptura no tanque de Amônia a 25%.	77

12.2.8. Cálculo das freqüências dos cenários de acidente

12.2.8.1. Introdução

O risco de um acidente fica perfeitamente caracterizado quantitativamente como um conjunto formado por três elementos, conforme demonstrado abaixo:

$$\text{Risco} = \{\text{Cenário, Freqüência, Conseqüência}\}$$

O cenário de acidente, definido na análise quantitativa de riscos, consiste na composição da ocorrência de um evento iniciador de acidente e das diferentes possibilidades de evolução do acidente, dependendo da performance dos sistemas de proteção, das várias possibilidades de condições atmosféricas no instante do acidente e da presença ou não de eventuais fontes de ignição, no caso de acidente envolvendo gás inflamável. A freqüência esperada de ocorrência do cenário é referida a um certo intervalo de tempo, normalmente considera-se o período de 1 (um) ano, de modo que o risco seja obtido em uma base anual.

A partir desta caracterização quantitativa, pode-se expressar quantitativamente o risco de uma instalação de várias formas distintas, sendo as mais comuns, as chamadas “curvas F X N” e o “risco social médio”.

A curva F x N, também chamada “função de distribuição cumulativa complementar” é obtida ordenando-se todos os cenários de acidente por ordem crescente de conseqüências e construindo-se uma curva formada pela junção dos pontos cujas coordenadas são: na abscissa o número de vítimas fatais e na ordenada a freqüência acumulada dos cenários com N vítimas fatais.

O risco social médio é definido pela equação:

$$\text{Risco Social Médio} = \sum f_i \times C_i, (i = 1 \dots n)$$

Em caso de ocorrência de um vazamento de líquido inflamável (não tóxico), por exemplo, o risco pode ser avaliado, utilizando-se o esquema de cálculo representado pela Árvore de Eventos (AE) genérica mostrada na Tabela 10, cuja construção é explicada a seguir.

O objetivo de uma AE consiste em apresentar, de uma forma sistemática, todos os cenários possíveis de ocorrer em consequência de um dado evento iniciador de acidente, considerando, desta forma, as diferentes possibilidades de evolução do acidente deflagrado por aquele evento iniciador e permitindo o cálculo das frequências de ocorrência dos cenários de interesse.

No caso de uma liberação de líquido inflamável em uma instalação industrial qualquer, a primeira pergunta a ser feita na AE corresponde à ocorrência ou não de ignição imediata. Em caso afirmativo (ramo superior), tem-se a ocorrência de um incêndio em poça, cuja radiação térmica pode causar danos às pessoas e às estruturas nas imediações da poça.

Tabela 10 – Árvore de Eventos Genérica

Evento iniciador 1	Ignição imediata	Direção do vento	Velocidade do Vento	Ignição retardada	Incêndio Explosão	Id	Cenário dos acidentes
	S					1	Incêndio em poça
	N	Norte	V= 0 a 2m/s	S	I	2	Incêndio em nuvem
					E	3	Explosão
				N		4	Dispersão
			V= 2 a 4m/s	S	I	5	Incêndio em nuvem
					E	6	Explosão
				N		7	Dispersão
			V= 4 a 6m/s	S	I	8	Incêndio em nuvem
					E	9	Explosão
				N		10	Dispersão
			V= > 6 m/s	S	I	11	Incêndio em nuvem
					E	12	Explosão
				N		13	Dispersão
		Nordeste	V= 0 a 2m/s	S	I	14	Incêndio em nuvem
					E	15	Explosão

Evento iniciador 1	Ignição imediata	Direção do vento	Velocidade do Vento	Ignição retardada	Incêndio Explosão	Id	Cenário dos acidentes
				N		16	Dispersão
			V= 2 a 4m/s	S	I	17	Incêndio em nuvem
					E	18	Explosão
				N		19	Dispersão
			V= 4 a 6m/s	S	I	20	Incêndio em nuvem
					E	21	Explosão
				N		22	Dispersão
			V= > 6 m/s	S	I	23	Incêndio em nuvem
					E	24	Explosão
				N		25	Dispersão
		Leste	V= 0 a 2m/s	S	I	26	Incêndio em nuvem
					E	27	Explosão
				N		28	Dispersão
			V= 2 a 4m/s	S	I	29	Incêndio em nuvem
					E	30	Explosão
				N		31	Dispersão
			V= 4 a 6m/s	S	I	32	Incêndio em nuvem
					E	33	Explosão
		...		N		34	Dispersão

Caso não ocorra ignição imediata do líquido derramado, dá-se a formação de uma nuvem de vapor que é transportada pelo vento.

A terceira e a quarta colunas da AE perguntam, respectivamente, pela direção e velocidade do vento. Na quinta coluna da AE da Tabela 10 é questionada a ocorrência de ignição retardada da nuvem. Caso a nuvem se desloque para as direções onde não há pontos de ignição, a nuvem se dispersa sem causar nenhum efeito. Para as demais direções caso a nuvem atinja, com concentração dentro dos limites de inflamabilidade, um dos pontos de ignição existentes, poderá ocorrer uma explosão da nuvem (UVCE, “Unconfined vapor cloud Explosion”) ou um rápido incêndio da nuvem sem que seja gerada uma onda de sobrepressão

significativa (“flash fire”), podendo resultar em mortes e outros danos. Caso não haja ignição, a nuvem se dispersa no meio ambiente sem causar qualquer dano.

Após a construção das árvores de eventos para cada evento iniciador, a frequência de cada cenário é obtida multiplicando-se a frequência do evento iniciador pelas probabilidades dos itens do cabeçalho da árvore (ignição imediata, sistema de controle do vazamento, direção e velocidade do vento, etc.)

Assim, para a árvore genérica da Tabela 10 temos, por exemplo, o valor da frequência do cenário é 2 dado por:

Freq. (Cen 2) = (Freq. do evento iniciador) x (prob. de não ocorrer ignição imediata) x (fração do tempo que o vento sopra na direção norte com o vento entre 0 e 2 m/s) x (prob. de ocorrer ignição retardada) x (prob. que a ignição resulte em incêndio em nuvem).

A primeira etapa para o cálculo das frequências dos cenários consiste na obtenção das frequências dos eventos iniciadores, como apresentado no item 12.2.8.2.

12.2.8.2. Frequência dos Eventos Iniciadores

A frequência de cada causa foi obtida, em quase todos os casos, multiplicando-se o número de componentes pela frequência de ruptura de cada componente, tendo como base a Tabela 11, cujos dados foram extraídos do banco de dados TF Data-Principia, que foi construído a partir de banco de dados e literatura internacional.

A frequência de utilização dos sistemas também foi levada em consideração, uma vez que alguns sistemas são acionados em ocasiões de paradas programadas ou testes.

As tabelas a seguir (Tabela 11 a Tabela 34) apresentam o cálculo das frequências para os eventos iniciadores selecionados na APP.

Tabela 11 – Frequências Anuais

Componente	Frequência Anual para grande vazamento (/ano)
Bomba (selo mecânico)	2 E-05
Filtro	1 E-05
Flanges/conexões para instrumentação	1E-05
Trocador de Calor	2 E-05
Tubulação até 2” (por metro)	5 E-07

Componente	Frequência Anual para grande vazamento (/ano)
Tubulação (2” a 6”/ por metro)	3 E-07
Tubulação > 6” (por metro)	1 E-07
Tanque/Vaso de Pressão (ruptura intrínseca)	7 E-06
Válvula (automática/manual)	3 E-05
Válvula de Retenção	2 E-05
Visor de Nível	1 E-03

Tabela 12 – Frequência do Evento Iniciador 01

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Cilindro de Hidrogênio	48	3.36 E-4
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		3.36 E-4

Tabela 13 – Frequência do Evento Iniciador 02

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Tubulão de Hidrogênio	11	7.7 E-05
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		7.7 E-05

Tabela 14 – Frequência do Evento Iniciador 03

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de ½”	10 m	5,0 E-06
Flanges	3	3,0E-05
Filtro	1	1,0 E-05
Válvulas	11	3,3 E-04
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		3,8 E-04

Tabela 15 – Frequência do Evento Iniciador 04

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Tanque de Óleo Diesel	04	7,0 E-06
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		2,8 E-05

Tabela 16 – Frequência do Evento Iniciador 05

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 25 mm	30 m	1,5 E-05
Flange	01	1,0 E-05
Bomba	01	2,0 E-05
Válvulas	02	6,0 E-05
Frequência de ruptura		1,1 E-04
Probabilidade de ocorrer ruptura durante os testes: 2 h/mês / sistema. Total de 4 sistemas = 8h / mês = 96h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 96 h / 8760 h / ano =		1,1 E-02
FREQÜÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		1,2 E-06

Tabela 17 – Frequência do Evento Iniciador 06

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 25 mm	30 m	1,5 E-05
Flange	01	1,0 E-05
Bomba	01	2,0 E-05
Válvulas	04	1,2 E-04
Frequência de ruptura		1,7 E-04
Probabilidade de ocorrer ruptura durante os testes: 2 h/mês / sistema. Total de 4 sistemas = 8h / mês = 96h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 96 h / 8760 h / ano =		1,1 E-02
FREQÜÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		1,9 E-06

Tabela 18 – Frequência do Evento Iniciador 07

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 25 mm	30 m	1,5 E-05
Flange	01	1,0 E-05
Válvulas	02	6,0 E-05

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Frequência de ruptura		8,5 E-05
Probabilidade de ocorrer ruptura durante os testes: 2 h/mês / sistema. Total de 4 sistemas = 8h / mês = 96h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 96 h / 8760 h / ano =		1,1 E-02
FREQÜÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		9,4 E-07

Tabela 19 – Frequência do Evento Iniciador 08

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 25 mm	30 m	1,5 E-05
Linha de 10 mm	20 m	1,0 E-05
Flange	01	1,0 E-05
Frequência de ruptura		3,5 E-05
Probabilidade de ocorrer ruptura durante os testes: 2 h/mês / sistema. Total de 4 sistemas = 8h / mês = 96h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 96 h / 8760 h / ano =		1,1 E-02
FREQÜÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		3,9 E-07

Tabela 20 – Frequência do Evento Iniciador 09

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 50 mm	30 m	1,5 E-05
Flange	01	1,0 E-05
Frequência de ruptura		2,5 E-05
Probabilidade de ocorrer ruptura durante os testes: 2 h/mês / sistema. Total de 4 sistemas = 8h / mês = 96h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 96 h / 8760 h / ano =		1,1 E-02
FREQÜÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		2,8 E-07

Tabela 21 – Frequência do Evento Iniciador 10

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Tanque de Óleo Diesel	01	7,0 E-06
Probabilidade de ocorrer ruptura durante os testes, quando o tanque estiver cheio: 2 h/mês / sistema. Total de 4 sistemas = 8h / mês = 96h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 96 h / 8760 h / ano =		1,1 E-02
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		7.7 E-08

Tabela 22 – Frequência do Evento Iniciador 11

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Tanque de Óleo Diesel	04	7,0 E-06
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		2,8 E-05

Tabela 23 – Frequência do Evento Iniciador 12

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 80 mm	30 m	9,0 E-06
Bomba	01	2,0 E-05
Válvulas	04	1,2 E-04
Flange	01	1,0 E-05
Frequência de ruptura		1,6 E-04
Probabilidade de ocorrer ruptura durante os testes: 2 h/mês / sistema. Total de 4 sistemas = 8h / mês = 96h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 96 h / 8760 h / ano =		1,1 E-02
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		1,8 E-06

Tabela 24 – Frequência do Evento Iniciador 13

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 20 mm	30 m	1,5 E-05
Válvulas	01	3,0 E-05

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Flange	01	1,0 E-05
Frequência de ruptura		5,5 E-05
Probabilidade de ocorrer ruptura durante os testes: 2 h/mês / sistema. Total de 4 sistemas = 8h / mês = 96h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 96 h / 8760 h / ano =		1,1 E-02
FREQÜÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		6,1 E-07

Tabela 25 – Frequência do Evento Iniciador 14

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 80 mm	10 m	3,0 E-06
Flange	01	1,0 E-05
Frequência de ruptura		1,3 E-05
Probabilidade de ocorrer a ruptura durante o abastecimento: 1 vez/mês = 1 h/mês = 12 h/ano Probabilidade = 12 h / 8760 h/ano = 1,4E-03/ano		1,4 E-03
FREQÜÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		1,8 E-08

Tabela 26 – Frequência do Evento Iniciador 15

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 80 mm	500 m	1,5 E-04
Válvulas	01	3,0 E-05
Bomba	01	2,0 E-05
Flange	10	1,0 E-04
Frequência de ruptura		3,0 E-04
Probabilidade de ocorrer ruptura durante o uso: 10 h/mês . 10h / mês = 120 h/ano para os quatro sistemas Frequência anual = 120 h / 8760 h / ano =		1,4 E-02
FREQÜÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		4,2 E-06

Tabela 27 – Frequência do Evento Iniciador 16

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Tanque de Óleo Diesel	01	7,0 E-06
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		7,0 E-06

Tabela 28 – Frequência do Evento Iniciador 17

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 15 mm	10 m	5,0 E-06
Linha de 25 mm	10 m	5,0 E-06
Válvulas	02	6,0 E-05
Bomba	01	2,0 E-05
Flange	01	1,0 E-05
Frequência de ruptura		1,0 E-04
Probabilidade de ocorrer ruptura durante o abastecimento de Hidrazina: 1 h / abastecimento. No ano = 4h/ano. Frequência anual = 4 h / 8760 h / ano		4,6 E-04
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		4,6 E-08

Tabela 29 – Frequência do Evento Iniciador 18

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 50 mm	10 m	5,0 E-06
Flange	01	1,0 E-05
Frequência de ruptura		1,5 E-05
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		1,5 E-05

Tabela 30 – Frequência do Evento Iniciador 19

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 25 mm	100 m	5,0 E-05
Válvulas	12	3,6 E-04
Flange	05	5,0 E-05

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Frequência de ruptura		4,6 E-04
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		4,6 E-04

Tabela 31 – Frequência do Evento Iniciador 20

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Tanque de Hidrazina	02	7,0 E-06
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		1,4 E-05

Tabela 32 – Frequência do Evento Iniciador 21

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 50 mm	10 m	5,0 E-06
Válvulas	01	3,0 E-05
Flange	05	5,0 E-05
Frequência de ruptura		8,5 E-05
Probabilidade de ocorrer ruptura durante o abastecimento de Amônia a 25% 1 h / abastecimento/ 2 anos. No ano = 0,5h/ano. Frequência anual = $0.5 / 8760 = 5,7 E-05$		5,7 E-05
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		4,9 E-09

Tabela 33 – Frequência do Evento Iniciador 22

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Linha de 50 mm	50 m	2,5 E-05
Linha de 50 mm	50 m	2,5 E-05
Linha de 50 mm	50 m	2,5 E-05
Válvulas	12	3,6 E-04
Flange	05	5,0 E-05
Frequência de ruptura		4,9 E-04
Probabilidade de ocorrer ruptura durante o uso de Amônia a 25% 48 h de uso / a cada 14 meses = $48h / 14 \text{ meses} = 41,14 \text{ h / ano}$ Frequência anual = $41,14 / 8760 = 4,7 E-03$		4,7 E-03
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		2,3 E-06

Tabela 34 – Frequência do Evento Iniciador 23

Causa	Número de Componentes	Frequência/ano
Tanque de Amônia a 25%	01	7,0 E-06
FREQUÊNCIA TOTAL DO EVENTO INICIADOR		7,0 E-06

12.2.8.3. Árvores de Eventos

Características das Árvores de Eventos

Para cada um dos eventos iniciadores foi construída uma Árvore de Evento (como apresentada na Tabela 10). Como exemplo, a Tabela 35 mostra parte da Árvore do Evento Iniciador 05: “Grande liberação de substância inflamável devido ruptura no trecho entre a tubulação que sai do tanque principal até o tanque secundário, passando pela bomba”, construída conforme metodologia descrita. As demais árvores são semelhantes, diferenciando-se, no evento iniciador e nos pontos de ignição.

A primeira coluna de cada AE caracteriza o EI. No caso do Evento Iniciador 05 não há possibilidade de bloqueio, portanto, a coluna seguinte refere-se a ocorrência ou não de ignição imediata (no local). Em caso afirmativo, pode ocorrer formação de Jato de fogo. Não havendo ignição imediata (no local) do produto liberado, dá-se a formação de uma nuvem de vapor que é transportada pelo vento ou retirada de dentro de prédio pelo sistema de ventilação. Portanto, as perguntas subsequentes referem-se ao fato de ser dia ou noite, à direção e velocidade do vento.

O transporte da nuvem de vapor no meio ambiente depende fundamentalmente da topografia local, da velocidade do vento e do grau de turbulência da atmosfera no momento do acidente. Para a turbulência atmosférica foi assumida classe de estabilidade D, a qual corresponde a um comportamento médio na região.

Foram consideradas 8 direções de vento e para a velocidade, os valores obtidos na região foram classificados em um número de categorias de velocidades representativas das condições meteorológicas da região. Neste trabalho foram utilizadas quatro categorias:

1ª - velocidade média = 1,0 m/s

2ª - velocidade média = 2,0 m/s

3ª - velocidade média = 3,0 m/s

4ª - velocidade média = 4,0 m/s

Estas quatro categorias caracterizam as diferenças no processo de dispersão da nuvem, cobrindo adequadamente todo o conjunto dos valores de velocidades do vento obtidos na região.

Nas colunas seguintes questiona-se sobre a ocorrência de ignição retardada da nuvem. Em caso afirmativo a última pergunta refere-se a ocorrência de incêndio em nuvem (I) ou explosão (E). Não ocorrendo ignição retardada a nuvem se dispersa no meio ambiente sem causar qualquer dano.

Tabela 35 – Árvore de Eventos do Evento Iniciador 005

Evento iniciador 5	Ignição imediata	Direção do vento	Velocidade do Vento	Ignição retardada	Incêndio Explosão	Id	Cenário dos acidentes
	S					1	Jato de fogo ou Incêndio em poça
	N	Norte	V= 1 m/s	S	I	2	Incêndio em nuvem
					E	3	Explosão
				N		4	Vazamento sem ignição
			V= 2 m/s	S	I	5	Incêndio em nuvem
					E	6	Explosão
				N		7	Vazamento sem ignição
			V= 3 m/s	S	I	8	Incêndio em nuvem
					E	9	Explosão
				N		10	Vazamento sem ignição
			V= 4 m/s	S	I	11	Incêndio em nuvem
					E	12	Explosão
				N		13	Vazamento sem ignição
		Nordeste	V= 1 m/s	S	I	14	Incêndio em nuvem

Evento iniciador 5	Ignição imediata	Direção do vento	Velocidade do Vento	Ignição retardada	Incêndio Explosão	Id	Cenário dos acidentes
					E	15	Explosão
				N		16	Vazamento sem ignição
			V= 2 m/s	S	I	17	Incêndio em nuvem
					E	18	Explosão
				N		19	Vazamento sem ignição
			V= 3 m/s	S	I	20	Incêndio em nuvem
					E	21	Explosão
				N		22	Vazamento sem ignição
			V= 4 m/s	S	I	23	Incêndio em nuvem
					E	24	Explosão
				N		25	Vazamento sem ignição

12.2.8.4. Cálculo das Frequências dos Cenários de Acidentes

12.2.8.4.1. Equação da Frequência dos Cenários

Como descrito anteriormente, foi construída uma AE para cada EI, e a frequência de cada cenário foi obtida multiplicando-se o valor da frequência do EI pelas probabilidades dos itens do cabeçalho da Árvore de Eventos.

Assim, por exemplo, a frequência do cenário 5 do EI-05 é dada por:

Freq. (Cen 5) = (Freq. do evento iniciador EI-05) x (prob. de não ocorrer ignição imediata) x (fração do tempo que o vento sopra na direção norte com o velocidade de 2 m/s) x (prob. de ocorrer ignição retardada) x (prob. que a ignição resulte em incêndio em nuvem).

12.2.8.4.2. Itens dos Cabeçalhos das Árvores de Eventos

Ignição Imediata - Como referência, apresentamos na Tabela 36 os valores das probabilidades de ignição imediata adotados pelo *Safety and Reliability Directorate* – UK (SRD) da Inglaterra na Análise de Risco de *Canvey Island* - SRD(1978).

Obs: O SRD é uma organização de consulta das indústrias de óleo e gás, nucleares e químicas do Reino Unido.

Tabela 36 – Probabilidade de Ignição Imediata

Fontes de Ignição	Probabilidade
Nenhuma	0,1
Muito Poucas	0,2
Poucas	0,5
Muitas	0,9

- Nenhuma - Nenhuma prontamente identificável, ex: liberação limitada de hidrocarboneto líquido em um dique em caso de enchimento excessivo do tanque.
- Muito Poucas - Grande liberação de gás liquefeito sob pressão após ruptura catastrófica do tanque em uma área de tancagem (“tank farm”)
- Poucas - Liberação de material inflamável próximo a operações não contínuas, ex: liberação de GLP de um tanque próximo a instalações rodoviárias ou ferroviárias.
- Muitas - Liberação de material inflamável em uma instalação industrial de processo ou uma liberação resultante de um incêndio ou explosão nas vizinhanças.

Neste trabalho foi adotado o valor de 0,9 para probabilidade de ignição imediata dentro das instalações industriais e 0,5 para locais externos à instalação. Comparado ao valor da Tabela 36, os valores adotados neste trabalho correspondem a situações onde haveria “muitas” e “poucas” fontes de ignição.

Direção e Velocidade do Vento - A fração do tempo em que o vento sopra em cada direção e a fração em que o vento está em cada uma das quatro faixas de velocidade, foram obtidas de dados da própria empresa conforme Anexo 2.

Ignição Retardada - Existem poucos trabalhos na literatura disponível, de onde se possa aferir sem ambigüidades a probabilidade de ignição de uma nuvem de gás inflamável devido a uma dada fonte de ignição. Pode-se dizer que, a fixação dos valores dessas probabilidades é ainda uma questão de julgamento dos analistas. Existem incidentes

registrados na literatura, em que nuvens de gás inflamável passaram sobre o que pareciam ser, à primeira vista, fontes certas de ignição (probabilidade de ignição = 1) sem que tenha havido ignição. Um exemplo bem conhecido é o incidente ocorrido em Pensacola, Flórida em 1971, quando parte de uma nuvem contendo cerca de 30 toneladas de ciclohexano (a mesma substância que causou a explosão em Flixborough) penetrou na casa de força de uma fornalha, fazendo com que uma densa fumaça negra fosse emitida pela chaminé, sem que tenha ocorrido explosão (Lees, 1980).

Os valores das probabilidades de ignição de uma nuvem em movimento adotados pelo SRD da Inglaterra na Análise de Riscos de *Canvey Island* (SRD/1978) estão mostrados na Tabela 37

Tabela 37 - Ignição em Nuvem

Nuvens Passando Sobre	Probabilidade
Terreno vazio	0,0
Sítio Industrial	0,9
Terminal da British Gas	0,5

A Figura 6 apresenta a localização dos ponto de ignição considerado. Os valores de probabilidades dos pontos de ignição utilizados no presente trabalho são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38 - Ponto de Ignição

Local do Ponto de Ignição	Ponto de Ignição ID	Probabilidade de ignição	Nº veículos/h
Rua Interna	01	0.5	20
Área de Produção	02	0.5	---
Área de Produção	03	0.5	---

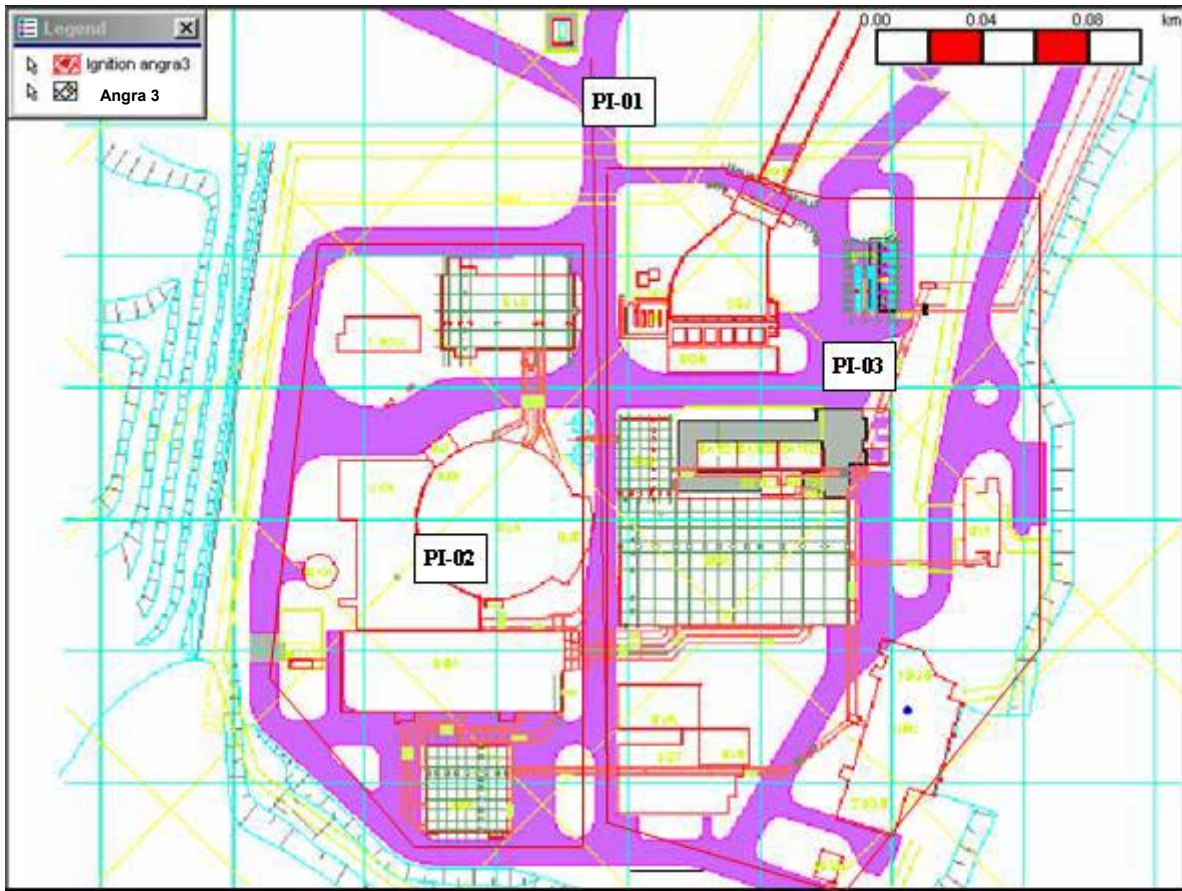


Figura 6 - Localização dos Pontos de Ignição

12.2.8.5. Caracterização dos Cenários Escolhidos

Neste capítulo serão apresentadas as áreas atingidas pelos efeitos dos possíveis acidentes envolvendo as instalações, considerando as condições ambientais predominantes na região.

A determinação da área vulnerável para cada um dos cenários de acidente identificados na APP, é o que denominamos de “Análise de Vulnerabilidade”. Para os cálculos das áreas vulneráveis, foram utilizadas quatro velocidades de vento (1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s) que caracterizam a rosa dos ventos da região da CNAAA e classe de estabilidade D. Portanto, as áreas vulneráveis estimam o alcance dos efeitos físicos dos acidentes analisados, tomando como base as condições meteorológicas médias da região.

Para a avaliação da área vulnerável, a primeira etapa é a “caracterização do cenário de acidente”, que consiste na apresentação de todas as condições físicas e das hipóteses necessárias para a determinação dos efeitos físicos do acidente, tais como, a situação física do vazamento na fábrica, o produto envolvido, as suas condições termodinâmicas no momento

do vazamento, o diâmetro da tubulação, o tempo de vazamento e as condições atmosféricas. A seguir (no item 12.2.8.5.1 Caracterização dos cenários críticos) serão caracterizados cada cenário de acidente selecionado para simulação. Para cada acidente caracterizado é obtida uma área vulnerável para cada tipo de efeito característico do acidente simulado. O mapeamento das áreas vulneráveis a cada um dos tipos de efeitos físicos é apresentado no item 12.2.8.7 Áreas Vulneráveis. Os resultados foram obtidos utilizando-se o programa Safeti® que está descrito juntamente com a listagem de saída no Anexo 6.

As tabelas a seguir (Tabela 39 a Tabela 61) apresentam a caracterização de cada cenário de acidente selecionado para simulação em termos de condições de estocagem ou processo, local e condições de liberação do material.

12.2.8.5.1. Caracterização dos cenários críticos

Tabela 39 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 01

Cenários: 01 e 02	
Ponto de Liberação:	Grande liberação de substância inflamável devido a explosão do cilindro de Hidrogênio.
Material:	Hidrogênio
Estado do Material:	Gás pressurizado
Tipo de liberação:	Instantânea
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Bola de Fogo
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K Pressão 168 bar Veloc. descarga 1987m/s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: sem dique
Sistema localizado em local aberto	

Tabela 40 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 02

Cenários: 07 e 08	
Ponto de Liberação:	Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura do Tubulão.
Material:	Hidrogênio
Estado do Material:	Gás pressurizado

Cenários: 07 e 08	
Tipo de liberação:	Instantânea
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Bola de Fogo
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K
	Pressão 168 bar
	Veloc. descarga 1985 m/s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: sem dique
Sistema localizado em local aberto	

Tabela 41 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 03

Cenários: 09 e 10	
Ponto de Liberação:	Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho compreendido entre a válvula de bloqueio do tubulão de hidrogênio até regulador de pressão
Material:	Hidrogênio
Estado do Material:	Gás pressurizado
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Jato de Fogo
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K
	Pressão 168 bar
	Veloc descarga 500 m/s
	Vazão de descarga 0,35 kg/s
	Duração 85 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: sem dique
Sistema localizado em local aberto	

Tabela 42 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 04

Cenários: 18, 19 e 20	
Ponto de Liberação:	Ruptura no tanque principal de Óleo Diesel.
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Instantânea
Efeitos:	Incêndio em poça / Incêndio em nuvem
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K
	Veloc descarga 0,22 m/s
	Vazão de descarga 5,1 E-04 kg/s
	Duração 9900 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: 48 m ²
<p>Sistema de 5 tanques localizado no edifício UBP, com as seguintes dimensões: 5,5 m (largura) x 8,7 m (comprimento) e 4,65m (altura)</p> <p>Ventilação forçada feita por ventilador que segue para o teto do edifício: Troca de ar : 3 m³/s (head principal)</p>	

Tabela 43 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 05

Cenários: 21, 22 e 23	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho entre a tubulação que sai do tanque principal até o tanque secundário, passando pela bomba :
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos :	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça / Jato de fogo
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K
	Velocidade de descarga 2.57 m/s
	Vazão de Descarga 0.92 kg/s
	Duração 9900 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: 48 m ²
<p>Sistema de 5 tanques localizado no edifício UBP, com as seguintes dimensões: 5,5 m (largura) x 8,7 m (comprimento) e 4,65m (altura)</p> <p>Ventilação forçada: Troca de ar : 82 m³/s</p>	

Tabela 44 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 06

Cenários: 24, 25 e 26	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho entre o tanque secundário e os motores a diesel
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça / Jato de fogo
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K
	Velocidade de descarga 2.57 m/s
	Vazão de Descarga 0.92 kg/s
	Duração 9900 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: 48 m ²

Sistema de 5 tanques localizado no edifício UBP, com as seguintes dimensões: 5,5 m (largura) x 8,7 m (comprimento) e 4,65m (altura)

Ventilação forçada: Troca de ar : 82 m³/s

Tabela 45 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 07

Cenários: 27, 28 e 29	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de retorno dos motores diesel e o tanque secundário;
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça / Jato de fogo
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K
	Velocidade de descarga 2.57 m/s
	Vazão de Descarga 0.92 kg/s
	Duração 9900 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: 48 m ²

Sistema de 5 tanques localizado no edifício UBP, com as seguintes dimensões: 5,5 m (largura) x 8,7 m (comprimento) e 4,65m (altura)

Ventilação forçada: Troca de ar : 82 m³/s

Tabela 46 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 08

Cenários: 30, 31 e 32									
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de retorno dos motores diesel e o tanque principal;								
Material:	Óleo Diesel Marítimo								
Estado do Material:	Líquido								
Tipo de liberação:	Transiente								
Efeitos :	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça/ jato de fogo								
Caracterização do vazamento:	<table border="0"> <tr> <td>Temperatura</td> <td>298 K</td> </tr> <tr> <td>Velocidade de descarga</td> <td>2.57 m/s</td> </tr> <tr> <td>Vazão de Descarga</td> <td>0.92 kg/s</td> </tr> <tr> <td>Duração</td> <td>9900 s</td> </tr> </table>	Temperatura	298 K	Velocidade de descarga	2.57 m/s	Vazão de Descarga	0.92 kg/s	Duração	9900 s
Temperatura	298 K								
Velocidade de descarga	2.57 m/s								
Vazão de Descarga	0.92 kg/s								
Duração	9900 s								
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 48 m ²								
Sistema de 5 tanques localizado no edifício UBP, com as seguintes dimensões: 5,5 m (largura) x 8,7 m (comprimento) e 4,65m (altura) Ventilação forçada: Troca de ar : 82 m ³ /s									

Tabela 47 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 09

Cenários: 33, 34 e 35									
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de retorno do tanque secundário e o tanque principal;								
Material:	Óleo Diesel Marítimo								
Estado do Material:	Líquido								
Tipo de liberação:	Transiente								
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça / jato de fogo								
Caracterização do vazamento:	<table border="0"> <tr> <td>Temperatura</td> <td>298 K</td> </tr> <tr> <td>Velocidade de descarga</td> <td>3.91 m/s</td> </tr> <tr> <td>Vazão de Descarga</td> <td>5.60 kg/s</td> </tr> <tr> <td>Duração</td> <td>134 s</td> </tr> </table>	Temperatura	298 K	Velocidade de descarga	3.91 m/s	Vazão de Descarga	5.60 kg/s	Duração	134 s
Temperatura	298 K								
Velocidade de descarga	3.91 m/s								
Vazão de Descarga	5.60 kg/s								
Duração	134 s								
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 48 m ²								
Sistema de 5 tanques localizado no edifício UBP, com as seguintes dimensões: 5,5 m (largura) x 8,7 m (comprimento) e 4,65m (altura) Ventilação forçada: Troca de ar : 85 m ³ /s									
Inventário utilizado : Vazão da bomba x tempo de resposta do operador: 1,5 m ³ /h x 0,5 h = 750 l.									

Tabela 48 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 10

Cenários: 36, 37 e 38	
Ponto de Liberação	Ruptura no tanque secundário de Óleo Diesel:
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Instantânea
Efeitos:	Incêndio em poça / Incêndio em nuvem
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 48 m ²

Sistema de 5 tanques localizado no edifício UBP, com as seguintes dimensões: 5,5 m (largura) x 8,7 m (comprimento) e 4,65m (altura)
Ventilação forçada: Troca de ar : 82 m³/s

Tabela 49 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 11

Cenários: 39, 40 e 41	
Ponto de Liberação:	Ruptura no tanque principal de Óleo Diesel:
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Instantânea
Efeitos:	Incêndio em poça / Incêndio em nuvem
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298K
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 14 m ²

Sistema de 4 tanques localizado no edifício ULB, com as seguintes dimensões: 2,2 m (largura) x 6,7 m (comprimento) e 2,5m (altura)
Ventilação forçada: Troca de ar : 0,53m³/s

Tabela 50 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 12

Cenários: 45, 46 e 47	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho entre a tubulação que sai do tanque principal até os motores a diesel, passando pela bomba
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça / jato de fogo
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298K
	Velocidade de descarga 2.23 m/s
	Vazão de Descarga 0.51 kg/s
	Duração 9900 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: 14 m ²
Sistema de 4 tanques localizado no edifício ULB, com as seguintes dimensões: 2,2 m (largura) x 6,7 m (comprimento) e 2,5m (altura)	
Ventilação forçada: Troca de ar : 0,53m ³ /s	

Tabela 51 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 13

Cenários: 48, 49 e 50	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de retorno entre os motores a diesel e o tanque principal;
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça / jato de fogo
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298K
	Velocidade de descarga 2.23 m/s
	Vazão de Descarga 0.51 kg/s
	Duração 9900 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: 14 m ²
Sistema de 4 tanques localizado no edifício ULB, com as seguintes dimensões: 2,2 m (largura) x 6,7 m (comprimento) e 2,5m (altura)	
Ventilação forçada: Troca de ar : 0,53m ³ /s	

Tabela 52 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 14

Cenários: 54, 55 e 56									
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do caminhão até tanque principal								
Material:	Óleo Diesel Marítimo								
Estado do Material:	Líquido								
Tipo de liberação:	Transiente								
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça / jato de fogo								
Caracterização do vazamento:	<table border="0"> <tr> <td>Temperatura</td> <td>298K</td> </tr> <tr> <td>Velocidade de descarga</td> <td>22.3m/s</td> </tr> <tr> <td>Vazão de Descarga</td> <td>81.7 kg/s</td> </tr> <tr> <td>Duração</td> <td>104 s</td> </tr> </table>	Temperatura	298K	Velocidade de descarga	22.3m/s	Vazão de Descarga	81.7 kg/s	Duração	104 s
Temperatura	298K								
Velocidade de descarga	22.3m/s								
Vazão de Descarga	81.7 kg/s								
Duração	104 s								
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 40 m ²								

Tabela 53 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 15

Cenários: 57, 58 e 59									
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho do tanque até os motores diesel, passando pela bomba:								
Material:	Óleo Diesel Marítimo								
Estado do Material:	Líquido								
Tipo de liberação:	Transiente								
Efeitos:	Incêndio em nuvem / Incêndio em poça / jato de fogo								
Caracterização do vazamento:	<table border="0"> <tr> <td>Temperatura</td> <td>298K</td> </tr> <tr> <td>Velocidade de descarga</td> <td>17.8 m/s</td> </tr> <tr> <td>Vazão de Descarga</td> <td>65.2 kg/s</td> </tr> <tr> <td>Duração</td> <td>391 s</td> </tr> </table>	Temperatura	298K	Velocidade de descarga	17.8 m/s	Vazão de Descarga	65.2 kg/s	Duração	391 s
Temperatura	298K								
Velocidade de descarga	17.8 m/s								
Vazão de Descarga	65.2 kg/s								
Duração	391 s								
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 40 m ²								

Tabela 54 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 16

Cenários: 60, 61 e 62	
Ponto de Liberação:	Ruptura no tanque principal de Óleo Diesel armazenado em local aberto
Material:	Óleo Diesel Marítimo
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Instantânea
Efeitos:	Incêndio em poça / Incêndio em nuvem
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 40 m ²

Tabela 55 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 17

Cenário: 68	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do container até tanque principal.
Material:	Hidrazina 64%
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Nuvem tóxica
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298K Velocidade de descarga 5.20 m/s Vazão de Descarga 2.55kg/s Duração 393 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 16,1 m ²
Sistema com 2 tanques localizado em área aberta.	

Tabela 56 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 18

Cenário: 69	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de tubulação entre os tanques de Hidrazina
Material:	Hidrazina 15%
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Nuvem tóxica
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298 K Velocidade de descarga 1.84 m/s Vazão de Descarga 3.60 kg/s Duração 1111 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 16.1 m ²
Sistema com 2 tanques localizado em área aberta.	

Tabela 57 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 19

Cenário: 70	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de tubulação de saída das bombas até os sistemas de processo.
Material:	Hidrazina 15%
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Nuvem tóxica
Caracterização do vazamento:	Temperatura 310K Velocidade de descarga 1.64 m/s Vazão de Descarga 0.803kg/s Duração 4982 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 16.1 m ²
Sistema com 2 tanques localizado em área aberta.	

Tabela 58 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 20

Cenário: 71	
Ponto de Liberação	Ruptura no tanque de Hidrazina
Material:	Hidrazina 15%
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Instantânea
Efeitos:	Nuvem Tóxica
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298K
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 16.1 m ²

Sistema com 2 tanques localizado em área aberta.

Tabela 59 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 21

Cenário: 75	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de abastecimento do tanque de Amônia 25%
Material:	Amônia 25%
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Nuvem Tóxica
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298K Velocidade de descarga 344 m/s Vazão de Descarga 13,92 kg/s Duração 359 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s Área do dique: 15.3 m ²

Sistema de 1 tanque localizado no edifício ULD, com as seguintes dimensões: 2,6 m (largura) x 7,4 m (comprimento) e 5,5m (altura)
Ventilação forçada: Troca de ar : 0,2m³/s

Tabela 60 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 22

Cenários: 76	
Ponto de Liberação:	Ruptura no trecho de tubulação de saída do tanque até circuito secundário
Material:	Amônia 25%
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Transiente
Efeitos:	Nuvem Tóxica
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298K
	Velocidade de descarga 376.7 m/s
	Vazão de Descarga 17.6 kg/s
	Duração 285 s
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: 15.3 m ²
Sistema de 1 tanque localizado no edifício ULD, com as seguintes dimensões: 2,6 m (largura) x 7,4 m (comprimento) e 5,5m (altura)	
Ventilação forçada: Troca de ar : 0,2m ³ /s	

Tabela 61 - Cenários referentes ao Evento Iniciador 23

Cenários: 77	
Ponto de Liberação	Ruptura no tanque de Amônia 25%
Material:	Amônia 25%
Estado do Material:	Líquido
Tipo de liberação:	Instantânea
Efeitos:	Nuvem Tóxica
Caracterização do vazamento:	Temperatura 298K
Caracterização da Dispersão:	Classe de estabilidade: D
	Velocidade do vento: 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 m/s
	Área do dique: 15.3 m ²
Sistema de 1 tanque localizado no edifício ULD, com as seguintes dimensões: 2,6 m (largura) x 7,4 m (comprimento) e 5,5m (altura)	
Ventilação forçada: Troca de ar : 0,2m ³ /s	

12.2.8.6. Cálculo das Áreas Vulneráveis

O manuseio de substâncias perigosas (tóxicas, inflamáveis ou reativas) ou de grandes quantidades de energia, seja em instalações de processo, estocagem ou transporte, está sujeita à ocorrência de liberações acidentais destas substâncias ou de energia de forma descontrolada.

Estas liberações descontroladas geram os efeitos físicos dos acidentes (sobrepções, fluxos térmicos e nuvens de gases tóxicos) os quais podem ocasionar danos às pessoas e/ou instalações presentes na região atingida. A extensão dos possíveis danos é proporcional à intensidade do efeito físico causador do dano. Os modelos de vulnerabilidade estabelecem a relação entre a intensidade do efeito físico e o dano correspondente, permitindo obter-se o limite da zona vulnerável a um determinado nível de dano. Assim a análise de vulnerabilidade tem como objetivo identificar a região atingida por danos causados por liberações acidentais.

Para avaliação dos danos causados pelos acidentes, utilizam-se as equações de Probit, que permitem relacionar a intensidade do efeito físico com o nível de dano esperado. Ela é apresentada da seguinte forma:

$$Y = k_1 + k_2 \ln (V)$$

Onde:

Y = Probit, que está relacionado com a percentagem de morte na área afetada pelo acidente

V = medida da intensidade do efeito físico causador dos danos (sobrepção, impulso, radiação térmica X tempo de exposição ou concentração x tempo de exposição)

K1, K2 = parâmetros específicos para cada tipo de dano e de substância

Os coeficientes, K1 (parâmetro de localização) e K2 (parâmetro de inclinação) são determinados a partir de dados empíricos.

A percentagem de morte na área afetada pelo acidente corresponde à função de distribuição acumulada de Y, sendo definida pela equação:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Y-5} \exp - (u^2/2) du$$

Esta correspondência matemática é mais fácil de ser usada na forma de um quadro, conforme mostrado na Tabela 62, na qual a primeira linha e a primeira coluna indicam a percentagem de morte na área afetada correspondente aos valores de Probit que constam nas demais linhas e colunas.

Com base no modelo de vulnerabilidade, as equações de probit referem-se aos seguintes efeitos:

Radiação Térmica: morte por queimadura

Explosão: morte por impacto

Gás Tóxico: morte por intoxicação

Tabela 62 – Relação Entre Probit e a Percentagem de Morte na Área Afetada

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.00	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.5	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33

12.2.8.6.1. Área Vulnerável a Nuvem de Gás Tóxico

Os efeitos causados por uma nuvem de gás tóxico sobre as pessoas dependem do tipo de gás, da concentração desse gás e do tempo que as pessoas ficam expostas.

No caso de gás tóxico, a concentração de interesse corresponde ao valor de concentração que mata um certo percentual da população num determinado período de tempo de exposição, determinando assim a área vulnerável a este nível de carga tóxica. A equação de probit para morte por exposição a nuvem de gás tóxico tem a forma:

$$Y = K_1 + K_2 \ln (C^n t)$$

Onde:

K1, K2 e n = parâmetros que dependem da substância tóxica (adimensional)

C = concentração de material tóxico na nuvem, (ppm)

t = tempo de exposição (minutos)

Assim, pode-se determinar, a partir dos cálculos de dispersão da nuvem tóxica, as áreas correspondentes ao IDLH (concentração máxima de uma substância no ar, na qual pessoas podem estar expostas, em um tempo de 30 minutos, sem ocasionar morte ou efeitos à saúde) e LC₁₋₃₀ (concentração letal para 1% da população exposta durante um tempo de 30 minutos).

Considerando* as constantes K1 e K2 -9,82 e 0,71 respectivamente, obtém-se o valor para LC₁₋₃₀ da Amônia:

$$2.67 = -9.82 + 0,71 (\ln C^2 \times 30)$$

$$C = 1206 \text{ ppm}$$

*Referência: Manual do Software SAFETI

12.2.8.6.2. Área vulnerável a Radiação Térmica

As áreas vulneráveis devido a ocorrência de jato de fogo, incêndio em poça ou bola de fogo ficam delimitadas pelas linhas de isofluxo térmico correspondentes aos níveis de fluxo térmico de interesse. Estes níveis de interesse podem ser determinados usando-se a equação de probit. A equação de probit para morte por queimadura, decorrente de jato de fogo, incêndio em poça ou bola de fogo, é dada por:

$$Y = -14,9 + 2,56 \ln (T I^{4/3} 10^{-4})$$

Onde :

T = tempo (em segundos) de exposição à radiação térmica

I = intensidade de radiação térmica (W/m²)

A Tabela 63 mostra, para alguns níveis de efeito e tempos de exposição, os valores de fluxo térmico correspondentes. Assim, por exemplo, a linha de isofluxo térmico de 12,5 kW/m², correspondente à probabilidade de morte igual a 1% das pessoas expostas por um

período de 30 segundos, pode ser usada para definir o limite da área vulnerável. Como o efeito da bola de fogo gerada pelo “BLEVE” não deve ultrapassar o tempo de 20 segundos, conservativamente, o nível de radiação que mata 1% de pessoas expostas para este tipo de efeito deve ser calculado considerando este tempo de exposição.

Tabela 63 -Radiação Térmica X Efeito

Efeito	Radiação térmica (kW/m ²)	BLEVE / Bola de Fogo Radiação térmica (kW/m ²)
90% de letalidade	37.5 30 seg de exposição	52.0 20 seg de exposição
1% de letalidade	12.5 30 seg de exposição	18.0 20 seg de exposição
Queimaduras graves para pele em um minuto de exposição	5.0	-
Queimaduras que provocam dor em 20 segundos de exposição	-	5.0

12.2.8.6.3. Área Vulnerável a Explosões

Para a determinação da área vulnerável a explosão de nuvem não confinada devido a liberação de substância inflamável, é considerada a massa da substância liberada que está entre o limite inferior e superior de inflamabilidade. Assim, se a massa encontrada entre estes limites superar a massa mínima necessária para uma explosão, a equação de probit poderá fornecer o percentual de fatalidades na região afetada.

Equação de probit para morte por hemorragia no pulmão:

$$Y = -77,1 + 6,91 \ln \Delta P$$

ΔP = sobrepressão (N/m²)

Morte por impacto:

$$Y = -46,1 + 4,82 \ln J$$

Onde:

J = impulso (N.s/m²)

Outras equações de probit podem ser usadas para cálculo da percentagem de pessoas que sofrerão outros efeitos de menor severidade e danos, tais como:

- Ruptura de tímpano
- Ferimento por impacto
- Ferimento por fragmentos
- Danos estruturais
- Quebra de vidros

Através destas equações podemos obter na Tabela 64, a seguir.

Tabela 64 - Níveis de Sobrepressão e Efeito

Efeito	Percentagem	ΔP (N/m ²)	ΔP (psi)
Fatalidade	1	106869	15,5
Ruptura de tímpano	90	84116	12,2
Ruptura de tímpano	1	16547	2,4

12.2.8.7. Áreas Vulneráveis

As tabelas desta seção (Tabela 65 a Tabela 69) apresentam os resultados das áreas vulneráveis para cada efeito físico. As maiores distâncias para cada efeito físico foram marcadas sobre um lay-out da Unidade 3 da CNAAA e sua vizinhança.

O efeito de explosão em nuvem não foi alcançado para nenhum cenário estudado.

12.2.8.7.1. Área Vulnerável a Radiação Térmica e Bola de Fogo

As tabelas a seguir (Tabela 65 a Tabela 67) apresentam as distâncias obtidas para cada nível de fluxo térmico por jato de fogo, incêndio em poça e bola de fogo respectivamente.

37,5 kW/m²: 90% de fatalidade em trinta segundos de exposição

12,0 kW/m²: 1% de fatalidade em trinta segundos de exposição

5 kW/ m²: Queimaduras graves na pele em trinta segundos de exposição

Os quadros preenchidos com “NA” significa que o efeito não alcança o nível pesquisado.

Os Eventos que porventura não aparecerem nos quadros, não apresentaram os efeitos indicados no quadro.

Tabela 65 - Áreas Vulneráveis à Radiação Térmica – Jato de fogo

Eventos Iniciadores	Raio das Áreas Vulneráveis (alcance em metros)		
	Queimadura Grave 5,0 kW/m ²	1% de Fatalidade 12 kW/m ²	90% de Fatalidade 37,5 kW/m ²
EI-03 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho compreendido entre a válvula de bloqueio do tubulão de hidrogênio até regulador de pressão	25.28	22.42	19.87
EI-09- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de retorno do tanque secundário e o tanque principal	120.14	104.03	NA
EI-13- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de retorno entre os motores a diesel e o tanque principal	45.95	NA	NA
EI-14 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do caminhão até tanque principal.	43,16	36,72	NA
EI-15 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho do tanque até os motores diesel, passando pela bomba.	35,61	30,27	NA

Tabela 66 - Áreas Vulneráveis à Radiação Térmica – incêndio em poça

Eventos Iniciadores	Raio das Áreas Vulneráveis (alcance em metros)		
	Queimadura Grave 5,0 kW/m ²	1% de Fatalidade 12 kW/m ²	90% de Fatalidade de 37,5 kW/m ²
EI-14 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do caminhão até tanque principal.	65,58	33,11	NA
EI-15 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho do tanque até os motores diesel, passando pela bomba:	90,10	43,67	NA

Tabela 67 - Áreas Vulneráveis a Bola de Fogo

Eventos Iniciadores	Raio das Áreas Vulneráveis Bola de Fogo (alcance em metros)		
	Queimaduras que provocam dor 5,0 KW/m ²	1% de Fatalidade 18 KW/m ²	90% de Fatalidade 52 KW/m ²
EI-01 - Grande liberação de substância inflamável devido a explosão do cilindro de Hidrogênio;	22,82	12,13	6,96
EI-02 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura do tubulão.	67,09	35,89	20,62

12.2.8.7.2. Área Vulnerável a Incêndio em Nuvem

A Tabela 68 apresenta os alcances máximos das nuvens correspondentes ao limite inferior de inflamabilidade da substância liberada. Estes alcances definem os raios das áreas vulneráveis dos cenários de incêndio em nuvem.

Tabela 68 - Áreas Vulneráveis à Radiação Térmica – incêndio em nuvem

Eventos Iniciadores	Raio das Áreas Vulneráveis (alcance em metros)
EI-01 - Grande liberação de substância inflamável devido a explosão do cilindro de Hidrogênio;	8,0
EI-02 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura do Tubulão	33,06
EI-03 -ruptura no trecho compreendido entre a válvula de bloqueio do tubulão de hidrogênio até regulador de pressão	19,54
EI-09- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de retorno do tanque secundário e o tanque principal	0,07
EI-13- Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de retorno entre os motores a diesel e o tanque principal;	10,30
EI-14 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do caminhão até tanque principal.	11,40

Eventos Iniciadores	Raio das Áreas Vulneráveis (alcance em metros)
EI-15 - Grande liberação de substância inflamável devido a ruptura no trecho do tanque até os motores diesel, passando pela bomba:	8,83

12.2.8.7.3. Área Vulnerável a Nuvem Tóxica

A Tabela 69 apresenta os raios das áreas vulneráveis a exposição a nuvem tóxica de Amônia a 25%.

A concentração utilizada na simulação foi o IDLH. O IDLH - *Immediately Dangerous to Life or Health*, é a concentração máxima de uma substância no ar, na qual uma pessoa pode ficar exposta, em um tempo máximo de 30 minutos, sem ocasionar morte ou efeitos irreversíveis à saúde.

Tabela 69 - Áreas Vulneráveis à Nuvem Tóxica

Eventos Iniciadores	Nuvem Tóxica (alcance em metros)
EI-17 - Grande liberação de substância tóxica (Hidrazina) devido a ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do container até tanque principal:	102,12
EI-18 - Grande liberação de substância tóxica (Hidrazina) devido a ruptura no trecho de tubulação entre os tanques de Hidrazina:	90,23
EI-19 - Grande liberação de substância tóxica (Hidrazina) devido a ruptura no trecho de tubulação de saída das bombas até os sistemas de processo.	88,68
EI-20 - Grande liberação de substância tóxica devido a ruptura no tanque de Hidrazina:	121,41
EI-21- Grande liberação de substância tóxica devido a ruptura no trecho de abastecimento do tanque de Amônia a 25%	813,22
EI-22- Grande liberação de substância tóxica (Amônia 25%) devido a ruptura no trecho de tubulação de saída do tanque até alimentação do circuito secundário.	904,54
EI-23- Grande liberação de substância tóxica devido a ruptura no tanque de Amônia a 25%.	337,83

12.2.8.7.4. Mapeamento das Áreas Vulneráveis

As figuras abaixo (Figura 7 a Figura 10) mostram respectivamente, a delimitação das áreas vulneráveis dos eventos que apresentaram maior alcance para radiação térmica devido a jato de fogo, incêndio em poça, incêndio em nuvem e nuvem tóxica para os eventos iniciadores relativos aos processos estudados.

Como o cenário simulado para cada efeito foi o mais crítico dos possíveis acidentes, as curvas apresentadas nas ilustrações incluem as áreas vulneráveis aos efeitos de todos os cenários de acidente de menor consequência.

As Figura 7 e Figura 8 mostram, respectivamente, as áreas vulneráveis ao nível de 5 kW/m² para jato de fogo - raio de 120,14 (EI-09) e incêndio em poça – raio de 90,10 m (EI-15).

Normalmente, jatos de fogo e incêndio em poça não são eventos de grande periculosidade para pessoas, pois a sua natureza relativamente gradual e a necessidade de um certo tempo de exposição para que o dano seja efetivamente consignado, possibilita que pessoas potencialmente afetadas alcancem abrigos contra radiação térmica.

A Figura 9 mostra a área vulnerável a incêndio em nuvem para o Hidrogênio (EI-02) – raio de 33,06 m.

A Figura 10 mostra a área que poderá ser atingida pela nuvem tóxica de Amônia 25% (IDLH=300 ppm) para o EI-22 que alcançaria um raio de 904,54 m

Vale lembrar que as áreas vulneráveis mostradas nas Ilustrações supracitadas são contornos externos das áreas potencialmente atingidas pelos efeitos danosos de possíveis liberações acidentais. Portanto, no caso de vazamento em um determinado ponto da Unidade 3 da CNAEA, a área realmente atingida seria apenas uma parte daquela apresentada, sendo definida pela direção e velocidade do vento dominante no momento do vazamento.

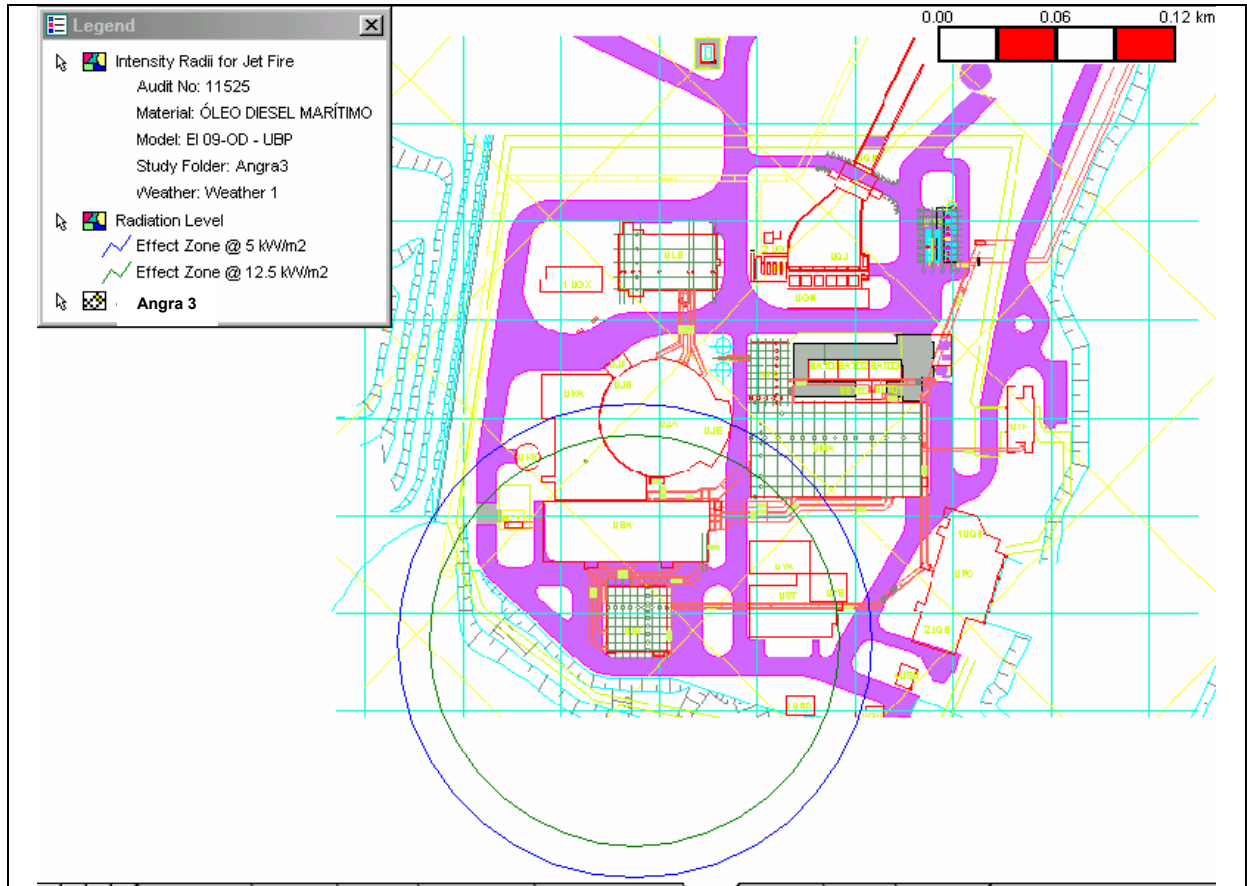


Figura 7 - Área Vulnerável a Radiação Térmica - Jato de fogo

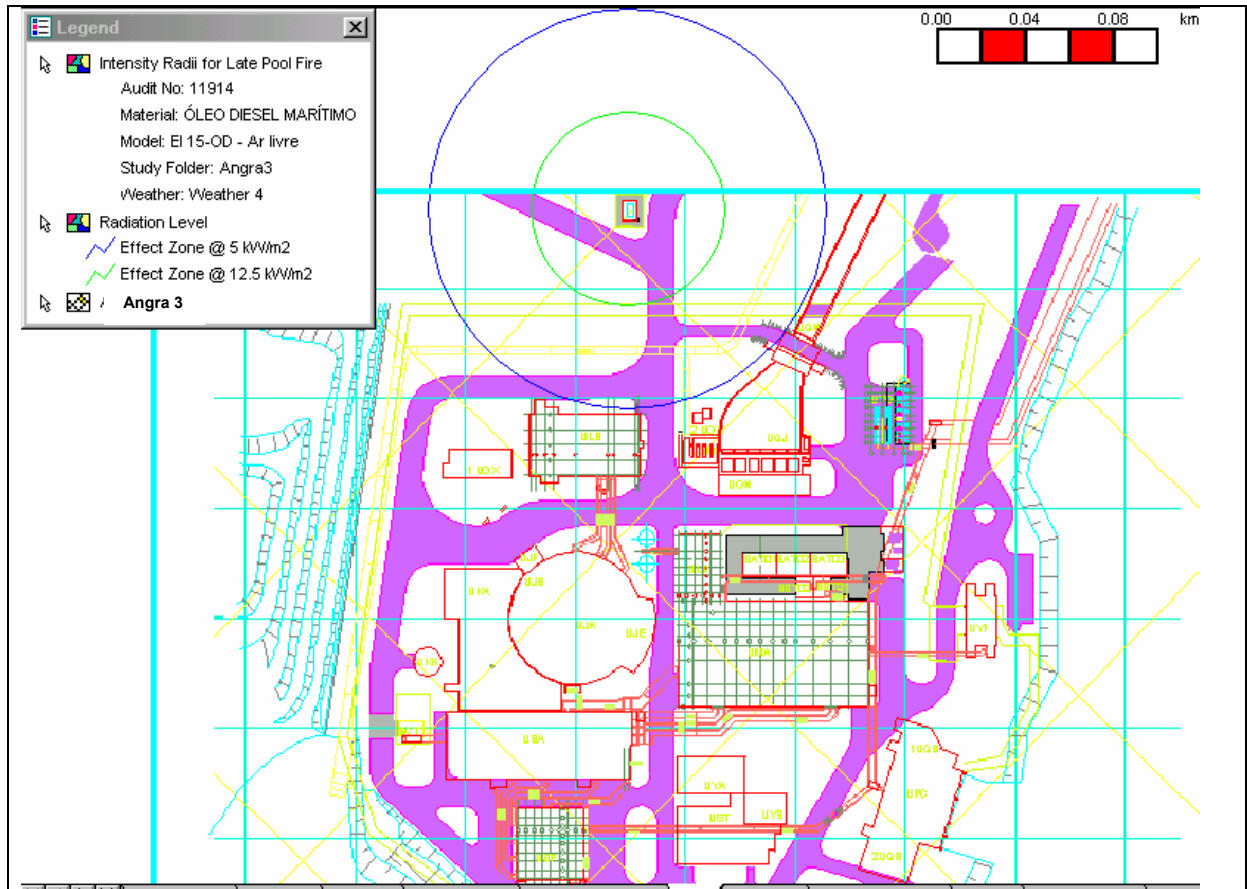


Figura 8 - Área Vulnerável a Radiação Térmica - Incêndio em Poça

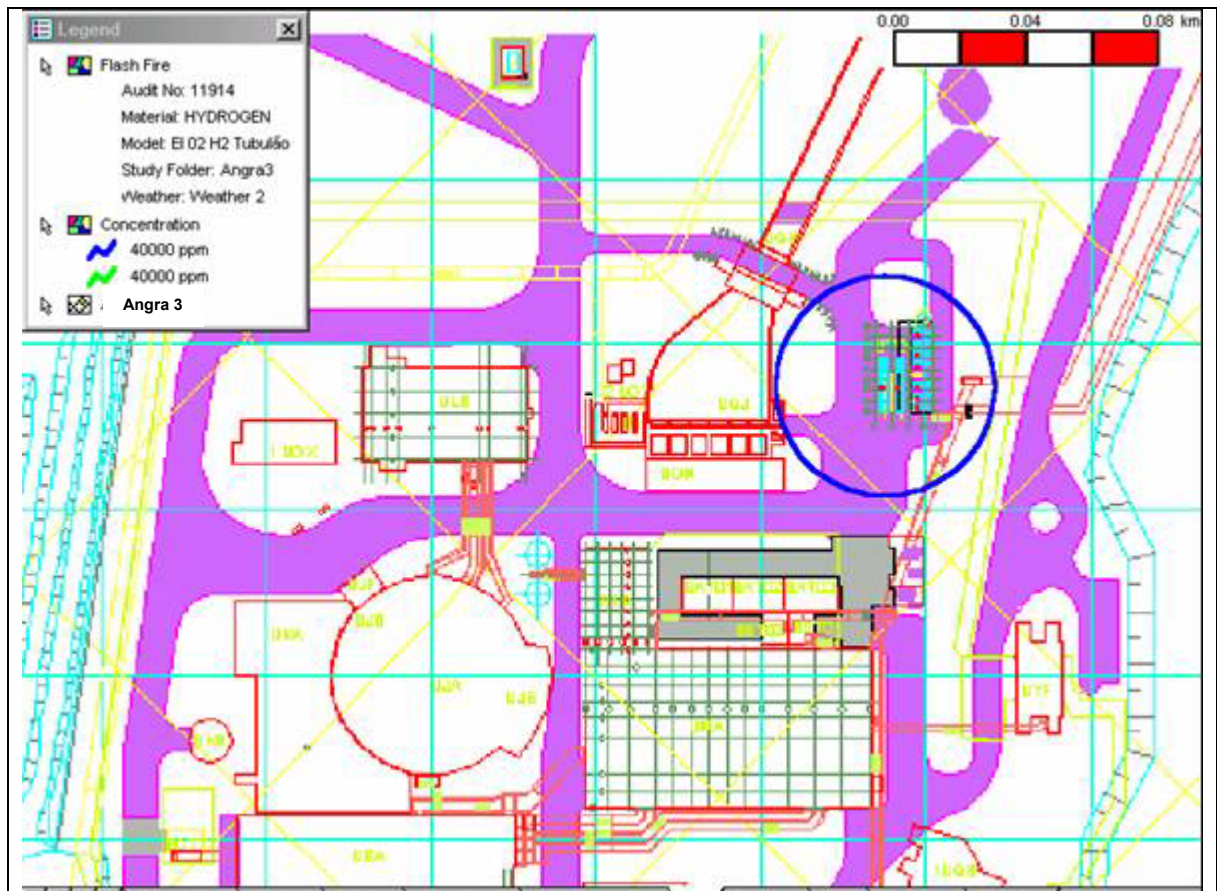


Figura 9 - Área Vulnerável a Incêndio em nuvem

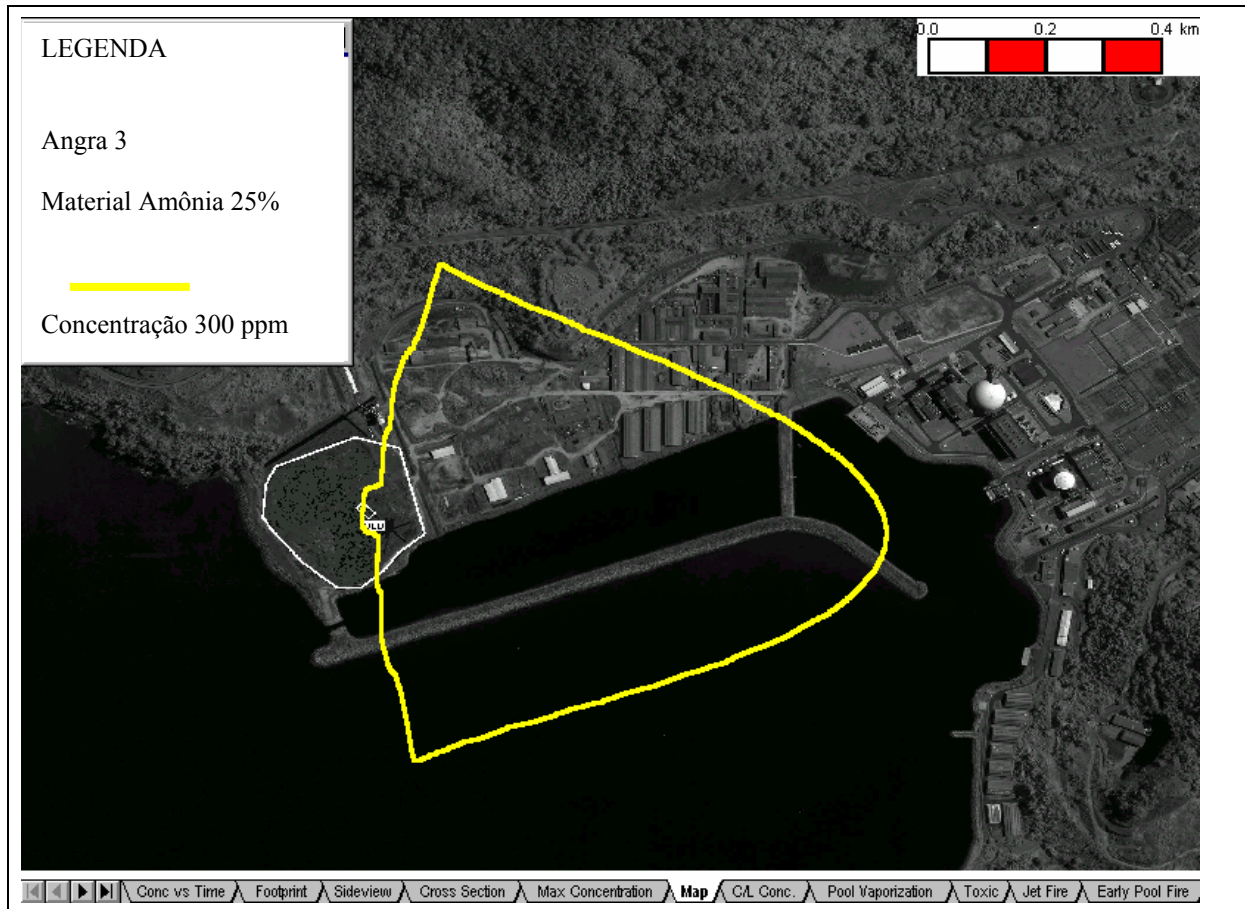


Figura 10 - Área Vulnerável a nuvem tóxica

12.2.8.8. Efeito Dominó

Duas situações foram analisadas e consideradas neste item:

1- EXPLOSÃO NA ARMAZENAGEM DE ÓLEO DIESEL NO PRÉDIO UBP AFETANDO OS PRÉDIOS CONSIDERADOS “CLASSE I” (estruturas essenciais para o desligamento seguro da planta)

Não foi observado nenhum resultado de possíveis explosões resultantes das condições simuladas para os eventos iniciadores envolvendo os tanques de Óleo Diesel do prédio UBP, que contém o maior inventário deste produto.

Porém, foi simulada, uma situação hipotética na qual a massa mínima para uma explosão foi acumulada dentro do prédio UBP, (limite superior de inflamabilidade do Óleo Diesel) e foram obtidos os dados de sobrepressão, os quais foram plotados no mapa da Unidade (Figura 11).

O out-put deste evento está no Anexo 5.

Observa-se na ilustração e no resultado da simulação, que as ondas que atingem um raio de 25,23 metros, são de 0.0686 bar, não oferecendo risco de danos a edificações adjacentes, visto que, para haver danos estruturais a prédios, são necessárias ondas de sobrepressão de 0.35 bar.

De qualquer forma, no dimensionamento das estruturas civis classificadas como “Classe I” para o CNAAA, serão consideradas, além das cargas normais, as chamadas cargas especiais, externas e internas, que se caracterizam por uma probabilidade de ocorrência igual ou inferior a 10^{-2} por ano.

São elas:

Cargas Especiais Externas:

Terremoto, explosão de TNT, impacto de veículos e onda de pressão devida à explosão do Tanque de Água de Alimentação.

Terremoto de Desligamento Seguro (SSE)

Os dados geológicos e sismológicos determinados para o terremoto SSE, com a consideração de uma área de raio igual a 200 milhas (322 Km) em torno da planta conforme recomendação do USNRC (United States Nuclear Regulatory Commission).

Explosão de TNT

Os efeitos de uma explosão de 50000 lbs (22679 kg) de TNT será considerada com epicentro localizado no trecho da estrada mais próximo à estrutura a ser dimensionada..

Explosão do Tanque de Água de Alimentação (BPW)

A onda de pressão decorrente da explosão do Tanque de Água de Alimentação (localizado dentro do prédio da turbina) é postulada como consequência de um terremoto SSE e, portanto, os efeitos desta explosão e do terremoto SSE devem ser considerados simultaneamente no dimensionamento das estruturas. Este caso de carregamento é designado como SSB (SSE+BPW).

2- INCÊNDIO EM UM TANQUE DE DIESEL PODENDO AFETAR AOS OUTROS ESTOCADOS NO MESMO PRÉDIO

Considerando os procedimentos e sistemas de segurança existentes no prédio UBP de óleo diesel, é pouco provável que um incêndio em poça (dique) naquela área, venha desencadear outros efeitos importantes em outros tanques próximos. Abaixo, estão algumas condições que garantem a não propagação e extinção do incêndio.

Todos os tanques estão estocados em salas separadas;

Os diques são dotados de sensor de nível, de modo a detectar o início de vazamentos;

Existência de brigada de incêndio treinada e disponível 24 horas para debelar incêndios com os equipamentos acionados automaticamente para a extinção do incêndio

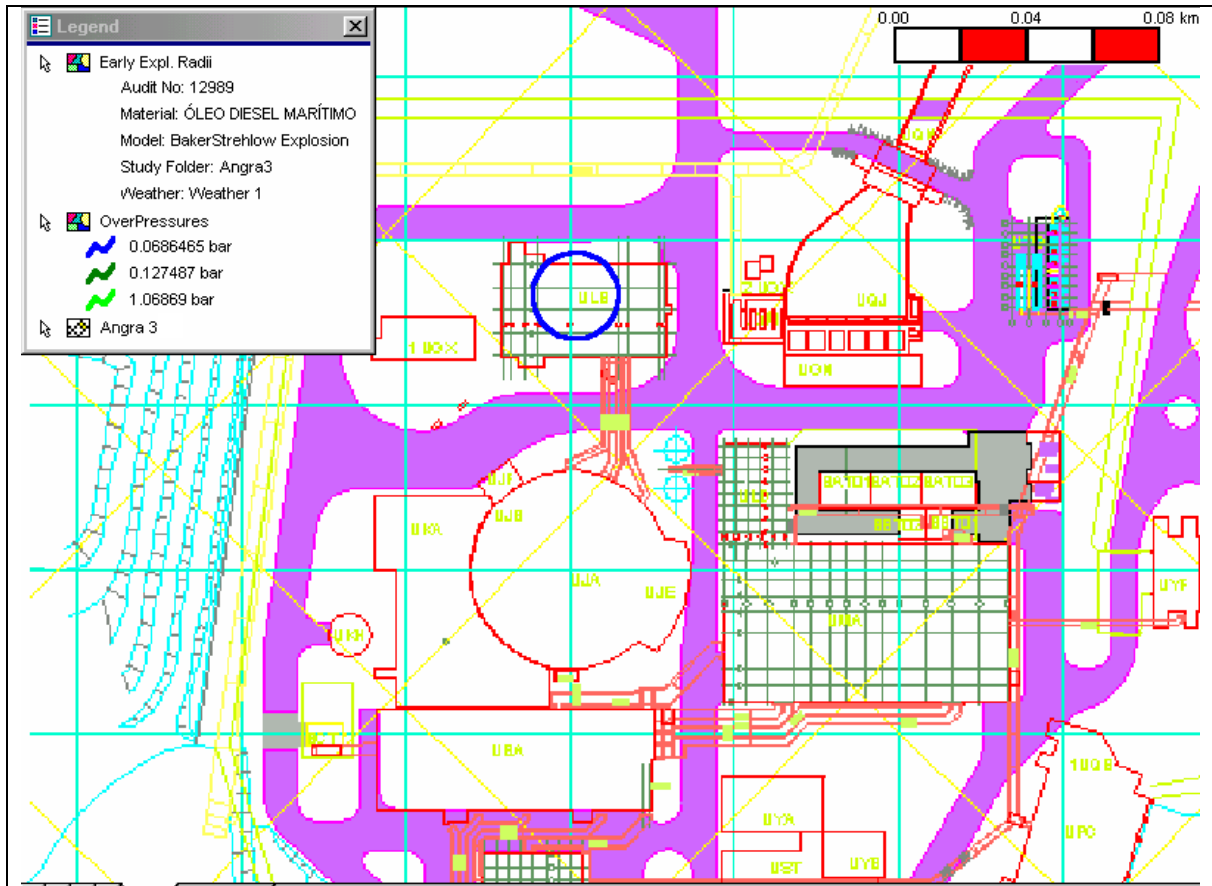


Figura 11 - Área Vulnerável a Explosão – Prédio UBP

12.2.9. Avaliação dos Riscos

12.2.9.1. Introdução

Os resultados dos cálculos dos riscos das instalações da Unidade 3 da CNAAA (Angra 3) são aqui apresentados. Geralmente são calculados dois tipos de risco: os riscos individuais e os riscos sociais. Os riscos individuais são apresentados na forma de curvas de iso-risco e os riscos sociais na forma de curvas F x N.

O cálculo foi feito pelo programa Safeti®, desenvolvido pela DNV Technica, que calcula os riscos individuais em cada ponto, para cada um dos cenários de acidente obtidos a partir de cada um dos eventos iniciadores. Este programa constrói as curvas de iso-risco individual e produz as curvas F x N de risco social, a partir de uma série de dados gerados pelo analista e fornecidos ao programa, os quais são listados na Tabela 70.

Tabela 70 - Dados Utilizados no Cálculo do Risco

Informações	Localização no Relatório
Descrição do Processo	Item 12.2.3
Ocupação da Vizinhança	Item 12.2.4
Características Meteorológicas	Item 12.2.5
Produtos envolvidos	Item 12.2.6
Frequência dos eventos iniciadores	Item 12.2.8
Caracterização dos cenários	Item 12.2.8.5

12.2.9.2. Riscos Individuais

Internacionalmente em avaliações de risco, os riscos provenientes de acidentes em uma instalação industrial são classificados em dois tipos: risco social e risco individual. O primeiro refere-se ao risco para toda a comunidade exposta, onde são consideradas todas as possibilidades de ocorrência de conseqüências múltiplas (mais de uma vítima) em cada cenário de acidente. O risco individual indica o potencial de dano para cada pessoa da comunidade exposta, sendo que o seu valor varia em função da posição do indivíduo em relação às fontes de risco existentes.

No processo de tomada de decisão sobre a aceitabilidade dos riscos de uma determinada instalação, os riscos individuais têm desempenhado um papel fundamental, em virtude da grande preocupação da sociedade com os acidentes de grandes proporções, ou seja, aqueles que envolvem um grande número de vítimas. Devido a possibilidade de uma instalação apresentar níveis de risco social considerados aceitáveis, mas expor determinado indivíduo ou grupo de indivíduos a um nível de risco muito alto, torna-se necessário a avaliação do risco individual que nos dará uma indicação do risco que estão submetidas aquelas pessoas mais expostas.

O risco individual tem sido definido como:

“A frequência esperada por ano de que um indivíduo situado em determinada posição nas proximidades de uma indústria de processos químicos venha ter um certo nível de dano (morte, ferimento, perda econômica, incômodo, etc...) em decorrência de acidentes nos sistemas analisados”.

Atualmente, os riscos individuais de uma instalação estão sendo expressos através dos chamados “contornos de risco individual” ou “contornos de iso-risco”. Esses contornos ligam os pontos de mesmo nível de risco individual, fornecendo uma indicação gráfica dos níveis de risco individual nas proximidades de uma dada instalação. Conhecendo-se a distribuição

populacional na região, pode-se então determinar se algum grupo específico está submetido a níveis inaceitáveis de risco individual.

Neste trabalho, de forma a calcular os riscos individuais, as árvores de Eventos foram divididas em duas partes. A primeira parte, chamada *Árvore de Eventos Sistêmica*, contém o evento iniciador, com sua frequência de ocorrência, e um ou mais ramos relativos às probabilidades de falha ou sucesso dos sistemas de segurança da instalação que sejam relevantes para o desenrolar do referido acidente, gerando uma ou mais seqüências de possíveis acidentes.

A segunda parte de árvore de eventos, aqui denominada de *Árvore de Eventos Fenomenológica*, parte de cada seqüência gerada nas árvores sistêmicas, e gera um conjunto de cenários dependentes dos fenômenos relevantes para a evolução do acidente, tais como, a direção e a velocidade do vento. A ocorrência ou não de ignição imediata, de ignição nas diversas fontes de ignição, bem como a possibilidade de ocorrência de incêndio ou explosão são também consideradas nos casos de produtos inflamáveis.

Riscos Individuais - Resultados

Os contornos de risco individual (curvas de iso-risco) para a CNAEA- Unidade 3 estão apresentados na Figura 12. Esta ilustração indica os níveis de risco individual nas regiões em torno da instalação analisada, de onde pode-se observar quais as áreas que estão submetidas aos maiores níveis de risco individual. Os resultados mostrados nesta ilustração podem ser comparados diretamente aos critérios de aceitabilidade de riscos individuais adotado pela Feema.

12.2.9.3. Riscos Sociais

O risco social é uma medida do risco para o grupo constituído por toda a comunidade exposta aos efeitos do acidente. Portanto, o risco social diz respeito a toda a população exposta, relacionando a magnitude dos danos que podem ser causados sobre a comunidade como um todo (múltiplas vítimas) e as frequências esperadas dos acidentes capazes de causar os referidos danos.

Nos trabalhos de análise de riscos, os riscos sociais estão sendo expressos através das chamadas curvas $F \times N$. Estas curvas fornecem a frequência esperada de acidentes com número de vítimas maior ou igual a qualquer valor desejado ou pré-estabelecido por órgãos governamentais. A grande vantagem dessas curvas é que elas mostram graficamente todo o espectro de risco da instalação, indicando explicitamente o potencial de acidentes de grande magnitude da instalação analisada.

12.2.9.4. Comparação dos Riscos

A comparação dos riscos com os critérios de aceitabilidade adotados atualmente pela Feema, nos fornece os resultados descritos abaixo.

12.2.9.4.1. Riscos Individuais

Tomando-se como referência o critério adotado pela Feema, o risco individual considerado tolerável gerado por novas instalações para a população externa é de $1.0E-06$ / ano. Na Figura 12, observamos que a curva de $1.0 E-06$ /ano não alcançou área externa à empresa, portanto, os sistemas da CNAAA - Unidade 3, analisados neste estudo não expõem a população externa a um risco individual inaceitável.

12.2.9.4.2. Riscos Sociais

Como a curva de risco $1.0 E-08$ / ano não ultrapassa os limites da empresa, e por isso não alcança população externa, não há risco social associado a esta instalação, conforme mostra a Figura 13. Os empregados de Angra 3 não foram considerados como população externa conforme metodologia de análise de risco.

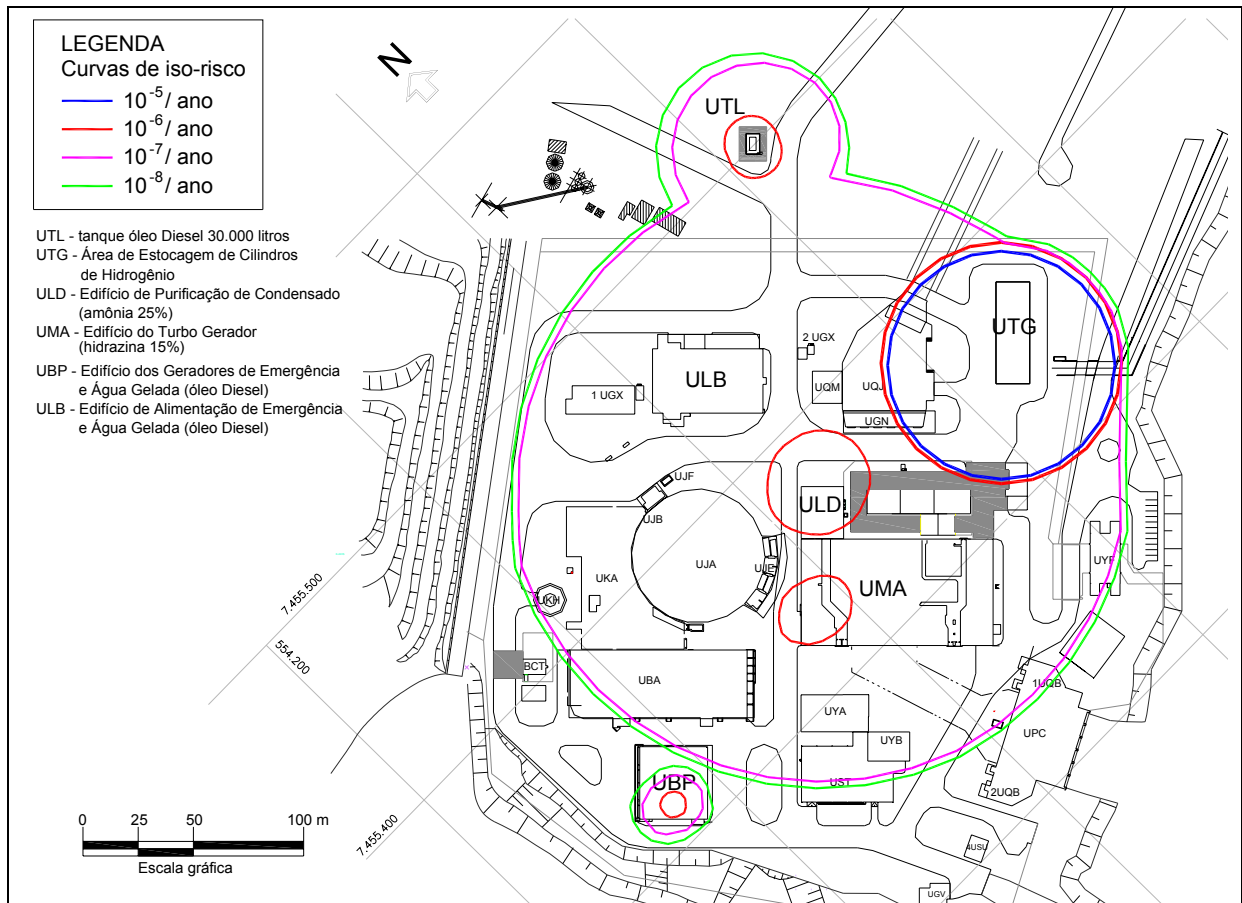


Figura 12 - Curvas de Iso-risco para a Unidade 3 da CNAAA

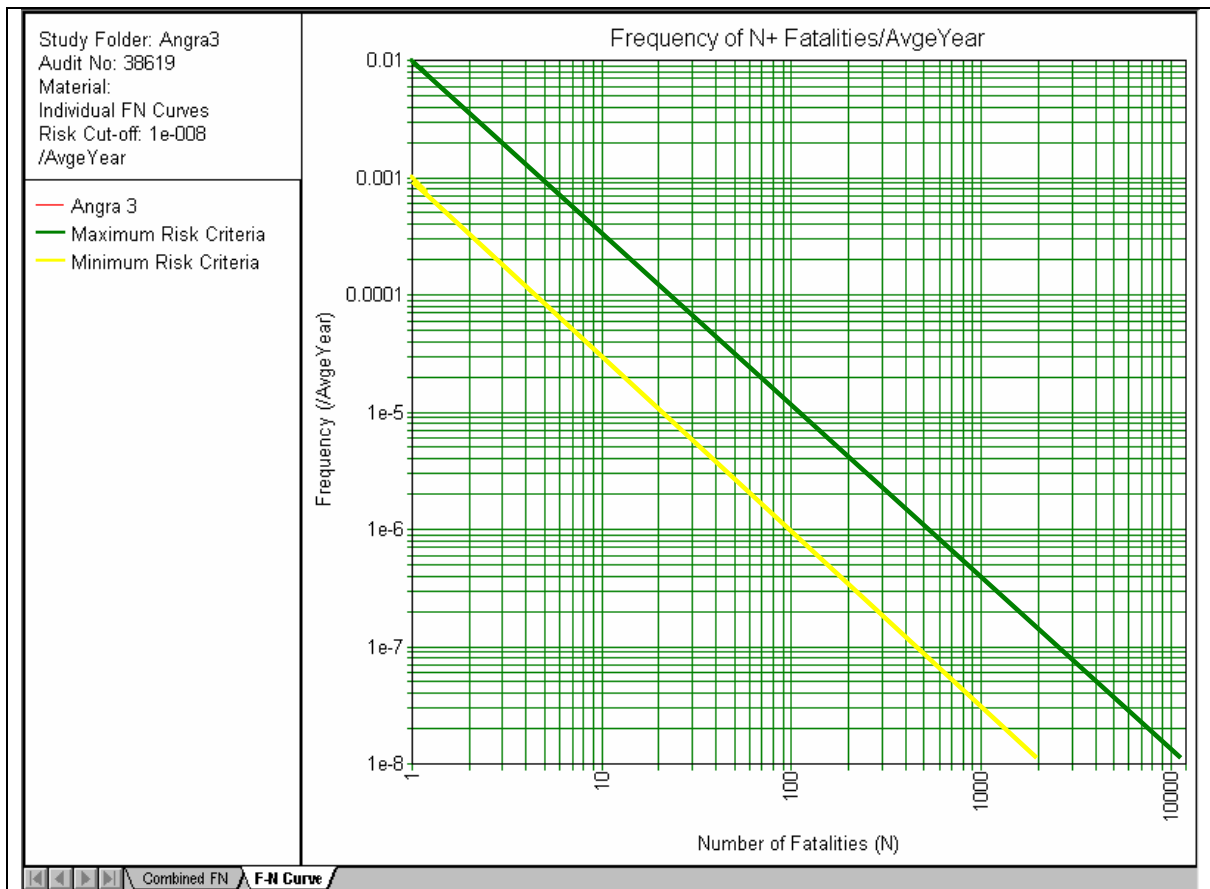


Figura 13 - Comparação do risco para a população externa com o critério de aceitabilidade Feema.

12.2.10. Recomendações para redução do risco

Apesar das futuras instalações analisadas neste estudo não apresentarem risco considerado intolerável para a população vizinha, segundo os resultados obtidos e comparados com os critérios da Feema, a empresa deverá adotar medidas para redução do risco, principalmente em virtude do grande inventário de Óleo Diesel e a distância alcançada pela nuvem tóxica em consequência de um dos eventos da estocagem de Amônia a 25% (EI-22).

As medidas de atenuação de riscos devem ser adotadas com as seguintes finalidades:

- a) Reduzir a frequência de ocorrência dos eventos iniciadores.
- b) Minimizar suas consequências.

É fundamental que qualquer tipo de vazamento seja detectado logo que possível, de modo que possa ser rapidamente controlado, uma vez que a causa principal para os cenários de possíveis acidentes é o vazamento em tubulações, válvulas, bombas e flanges.

Portanto, em caso de ocorrência de um vazamento é importante reduzir a um mínimo as conseqüências com a rápida resposta através de um Plano de Brigada de Emergência.

12.2.10.1. Medidas para Reduzir a Frequência dos Eventos iniciadores:

Devem ser estabelecidos por escrito e implementados, procedimentos para manter a integridade a confiabilidade dos sistemas, equipamentos e dispositivos referidos a seguir, bem como a frequência de sua realização.

Este item deve contemplar as recomendações citadas na APP, relativas a manutenção dos equipamentos dos sistemas de Óleo Diesel, Hidrazina, Amônia a 25% e de Hidrogênio.

- Manutenção dos tanques de Óleo Diesel, Hidrazina, Amônia a 25%;
- Manutenção e Teste dos Sistemas de controle (incluindo sistemas de monitorização, alarme e detectores de nível dos sistemas de óleo diesel);
- Manutenção e Teste dos Sistemas de ventilação dos prédios
- Manutenção e Teste Sistema de Combate a Incêndio.
- Manutenção dos diques de contenção;

Tais procedimentos deverão conter explicitamente a realização de inspeções e testes funcionais dos itens referidos e a respectiva frequência de realização.

12.2.10.2. Medidas para Reduzir a Conseqüência dos Eventos iniciadores:

A Unidade deverá incluir em seu Plano de Brigada de Emergência, os cenários identificados na APP, bem como treinar seus funcionários para responderem aos cenários apresentados através de exercícios práticos.

Em caso de grandes vazamentos de óleo diesel, uma equipe de emergência deverá ser acionada, de maneira a conter o vazamento e evitar que uma atmosfera inflamável se forme dentro dos prédios, impedindo a formação de massa suficiente para uma explosão. (cenários identificados na APP)

12.3. ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES NUCLEARES

12.3.1. Conceito

A Análise Histórica de Acidentes – AH – caracteriza-se pela investigação dos eventos acidentais ocorridos na própria instalação em estudo e/ou em instalações similares por meio da consulta a bancos de dados de registros de acidentes, e consiste no levantamento dos principais acidentes ocorridos no passado, as suas causas e conseqüências.

A AH é uma técnica qualitativa preliminar de auxílio à identificação dos perigos existentes em uma instalação específica. Ela permite um melhor conhecimento prévio de possíveis eventos acidentais e pode estabelecer as bases para a elaboração da identificação específica necessária.

Embora haja registro de alguns pequenos acidentes ocorridos desde o início da exploração da energia nuclear para geração de energia, no caso das usinas nucleares os principais acidentes foram o de Three Mile Island - Unidade 2 (TMI-2), Estados Unidos da América, em 1979, e o acidente de Chernobyl, Unidade 4, Ucrânia, em 1986. Os bancos de dados de registros de acidentes nucleares em todo o mundo corroboram essa evidência (Ver, por exemplo, www.nrc.gov; www.epa.gov).

O acidente de TMI-2 ficou sendo de especial importância no contexto da análise de segurança de usinas nucleares, pois evidenciou que, mesmo em seqüências severas de acidentes, não previstas nas análises de segurança até então, os danos maiores ficaram restritos à instalação, não havendo liberação relevante de material radioativo para o meio ambiente. O acidente de Chernobyl, por outro lado, demonstrou que as medidas de segurança conduzidas e aplicadas aos reatores PWR ocidentais são necessárias e fizeram falta ao reator ucraniano. Pode-se dizer que foi o não atendimento dos reatores da Central de Chernobyl aos critérios de segurança adotados nos reatores PWR ocidentais que resultou na liberação de grande quantidade de material radioativo atingindo vários países e causando conseqüências para o meio ambiente. Estes dois eventos serão descritos em mais detalhes a seguir, mas é oportuno notar que, para facilitar a compreensão dos eventos, o acidente de TMI-2 foi um acidente industrial, mas não um acidente radiológico, dado que não houve liberação relevante de radioatividade ao meio ambiente. O acidente de Chernobyl-4 não pode, por outro lado, ser transposto para Angra 3, pelo fato dessas usinas apresentarem características básicas de projeto bastante diferenciada como será descrito.

No entanto, as análises e relatos destes acidentes são importantes para a segurança de usinas nucleares de potência (UNP), e de fato geraram muitas melhorias nos sistemas de segurança em todo o mundo.

12.3.2. Eventos relevantes ocorridos em usinas nucleares

12.3.2.1. O acidente de Three Mile Island – Unidade 2 (TMI-2) – Classe 5 na escala INES

i. A instalação

Three Mile Island está localizado próximo a Middletown, Pennsylvania, e abrigava dois reatores nucleares de potência, TMI-1 e TMI-2, com reatores do tipo PWR, os quais, juntos, geravam 1.700 MW. O acidente ocorreu na unidade 2.

ii. Causas do acidente (President's Commission, 1979)

O acidente começou às 4h da manhã do dia 28 de março de 1979, quando houve uma falha do sistema secundário da usina. As bombas do sistema de alimentação principal pararam em virtude de uma falha mecânica ou elétrica, interrompendo o fluxo de água para o gerador de vapor. Primeiro a turbina, e depois o reator, foram automaticamente desligados. Imediatamente, a pressão no sistema primário começou a aumentar, e a válvula do pressurizador – PORV – foi aberta, drenando a água para um tanque no piso do prédio da contenção. Esta válvula deveria ter-se fechado quando a pressão voltou a descer, o que não aconteceu. Falhas na indicação da válvula aberta no painel do controle e erros de interpretação por parte dos operadores fizeram com que o calor residual do núcleo do reator (gerado pelos produtos de decaimento radioativo) não fosse removido. Além disto, o sistema de alimentação de emergência, que havia sido testado 42 horas antes do acidente, estava com as válvulas fechadas (outra falha administrativa e de procedimento). Assim, embora o sistema de alimentação tenha entrado em operação, a água não alcançou o gerador de vapor. Descobriu-se depois que estas válvulas estavam fechadas, e então foram reabertas, mas já com cerca de 8 minutos depois do início do acidente.

Uma outra combinação de falhas levou o operador a entender que o pressurizador estava cheio de água. O indicador de nível, que indica ao operador a quantidade de água capaz de remover o calor residual, incorretamente indicou que o sistema estava cheio, e o operador parou de injetar água por meio do sistema de injeção de alta pressão.

Assim, não houve o resfriamento do núcleo do reator (a remoção do calor residual), causando o sobreaquecimento do combustível e do zircônio (material que reveste o combustível), que reagiu com a água gerando hidrogênio, liberado para a contenção. Houve a preocupação de que, com a diminuição da pressão do reator, houvesse a expansão do hidrogênio, resultando numa possível explosão com danos ao prédio da Contenção, o que poderia levar a uma grande liberação de material radioativo para o ambiente. Isto não aconteceu, no entanto. Apesar disto, o Governador da Pensilvânia, no dia 30 de março, ordenou a evacuação preventiva da população de crianças pequenas e mulheres grávidas residentes num raio de 5 milhas (aprox. 8 km) da usina, e sugeriu que todos os moradores dentro de um raio de 10 milhas (aprox. 16 km) da usina permanecessem dentro de suas casas

e com as janelas fechadas. No dia 4 de abril de 1979, a situação do reator TMI-2 foi considerada sob controle.

O núcleo do reator foi seriamente danificado e uma grande quantidade de material radioativo foi liberada para a contenção, e pequenas quantidades para o ambiente, pela chaminé. O tanque para o qual foi drenada a água do pressurizador (a válvula PORV falhou aberta) transbordou, entrando em contato com a base do núcleo do reator e, em virtude do calor excessivo, evaporada e condensada nas paredes do prédio da contenção, fazendo com que materiais radioativos ficassem permeados nas superfícies porosas. Entretanto, o foco principal de contaminação ficou restrito a esta área da usina.

iii. Conseqüências do acidente

Foram liberados para a atmosfera externa gases nobres, especialmente Xe-133, e algum I-131, presentes na Contenção, mas em quantidades que não resultaram em doses relevantes para a população do entorno (U.S.NRC, 1979).

Estudos detalhados das conseqüências radiológicas foram conduzidos pela *U. S. Nuclear Regulatory Commission – NRC* pela *Environmental Protection Agency – EPA Department of Health* e vários outros. Milhares de amostras ambientais – ar, solo, água, leite, vegetação e alimentos – foram coletadas e analisadas. Todos os resultados demonstraram que a dose resultante para a população foi significativamente baixa, sendo que os valores medidos foram da ordem dos níveis da radiação de fundo (*background*). No caso do I-131, as concentrações medidas no leite foram cerca de 300 vezes inferior ao nível que a FDA recomendava como sendo necessária para a retirada do gado de pastagens. O principal impacto sobre a saúde da população foi o estresse e o medo gerado pelo acidente.

Do lado negativo, o acidente de TMI-2 causou uma grande perda econômica, pois inutilizou o reator. Do lado positivo, como já citado, introduziu mudanças nos procedimentos e critérios de análise de segurança das instalações nucleares.

O acidente de TMI-2 é considerado um acidente Classe 5 na Escala INES (ver item 12.3.3 A gravidade dos acidentes ocorridos, segundo a escala INES da IAEA), i.e., “ACIDENTE COM RISCO FORA DA ÁREA DA INSTALAÇÃO”.

12.3.2.2. O acidente de Chernobyl – Classe 7 na escala INES

i. A instalação

O Complexo de Energia de Chernobyl está localizado a cerca de 130 km de Kiev, Ucrânia, e a 20 km da fronteira com a Bielorrússia. Consiste num conjunto de 4 reatores do tipo BWR (RBMK-1000) moderado a grafite. As unidades 1 e 2 foram construídas entre 1970 e 1977, e as unidades 3 e 4 completadas em 1983. A área do entorno apresenta baixa densidade populacional. A cidade mais próxima, Pripyat, está distante 3 km, com cerca de 49.000 habitantes.

O reator RBMK-1000 é um projeto soviético, do tipo tubo de pressão moderado a grafite, e que usa como combustível o dióxido de urânio levemente enriquecido (2% U-235). É um reator de água leve, com alimentação direta do vapor nas turbinas, sem a intervenção do gerador de vapor (trocaador de calor). A água circulada no núcleo do reator produz o vapor que alimenta duas turbinas de 500 MWe cada. A água, além de produzir o vapor para alimentar as turbinas, também serve como refrigerante do reator. Como já citado, o moderador, cuja função é reduzir a energia dos nêutrons para permitir a manutenção da reação em cadeia, é constituído de grafite. Uma mistura de nitrogênio e hélio circula entre os blocos de grafite, para prevenir a oxidação e melhorar a transmissão do calor produzido pela interação dos nêutrons, do moderador para o canal de combustível. O núcleo do reator propriamente dito tem cerca de 7 metros de altura e 12 metros de diâmetro. A potência do reator é de 3.200 MWt, ou 1.000 MWe. A instalação não possui o envoltório da concentração do reator, existente nos reatores ocidentais.

Um dos aspectos importantes relacionados a este tipo de reator é possuir uma baixa estabilidade à baixa potência (potência de saída menor que 20% da potência nominal), em virtude da predominância do efeito do coeficiente de reatividade "void" positivo. Isso significa que o tempo de permanência à baixa potência deve ser minimizado, porque o nível de segurança cai nessa situação.

ii. Causas

O acidente ocorreu durante a realização de um teste elétrico, que prevê o desligamento do sistema de resfriamento de emergência do núcleo, cuja função é fornecer água para resfriamento do núcleo em situações de emergência, o que se constitui por si só numa degradação da segurança se não devidamente compensada por outros fatores. O reator tinha sido desligado para manutenção de rotina no dia 25 de abril de 1986, e foi decidido se aproveitar a parada para a realização do teste.

Para realização do teste, o reator deveria ter sido estabilizado em cerca de 1.000 MWt antes do desligamento. Entretanto, devido a problemas de funcionamento do sistema (IAEA, 1992), a potência caiu para 30 MWt. Os operadores tentaram elevar a potência desligando os reguladores automáticos e retirando todas as barras de controle manualmente (mais uma degradação da segurança). Por volta de 1h de 26 de abril, o reator se estabilizou em 200 MWt e, a partir daí, se tornou muito instável. Embora houvesse um procedimento de operação que estabelecia um número mínimo de 30 barras de controle como necessárias para o controle do reator, e para o teste estavam sendo usadas 6-8 barras, pois as demais foram retiradas para compensar a redução de potência, decidiram continuar o programa de testes.

Houve um aumento no fluxo de refrigerante, resultando em uma queda da pressão de vapor. Os operadores, então, decidiram reduzir o fluxo de água de alimentação, presumivelmente para manter a pressão de vapor. Simultaneamente, as bombas que foram energizadas pela parada das turbinas foram fornecendo cada vez menos água de resfriamento para o reator. A perda de água de resfriamento aumentou a instabilidade do reator.

O súbito aumento na produção de vapor rompeu parte do combustível, e pequenas partículas quentes de combustível reagiram com a água, causando uma explosão de vapor, que destruiu o núcleo do reator. Houve uma segunda explosão, dois ou três segundos depois, aumentando a destruição do prédio do reator. A nuvem de fumaça, produtos de fissão radioativos e fragmentos do núcleo alcançaram a atmosfera. Os materiais mais pesados se depositaram próximo à usina mas muitos produtos de fissão, especialmente o inventário de gases nobres, alcançaram grandes distâncias, atingindo vários outros países.

Um incêndio na Unidade 4 teve início, e principalmente a queima da grafite foi de difícil controle. Por um período de 10 dias, uma grande quantidade de material radioativo foi liberada para o meio ambiente.

Assim, segundo a IAEA (1992), os principais fatores que contribuíram para o acidente foram:

- Características inseguras do projeto do reator (e.g., ausência de contenção);
- Análise de segurança inadequada;
- Atenção insuficiente na revisão independente da segurança do reator;
- Procedimentos inadequados não satisfatoriamente embasados na análise de segurança;
- Inadequada troca de informações de segurança importantes entre os operadores e entre os operadores e os projetistas;
- Inadequado entendimento por parte dos operadores de aspectos de segurança da usina, denotando falta de treinamento adequado;
- Não conformidade, por parte dos operadores, dos requisitos operacionais formais e dos procedimentos de testes;
- Insuficiente controle regulatório, incapaz de fazer frente à pressão por parte da produção;
- Falta de cultura de segurança, tanto local quanto nacional.

iii. Conseqüências

Segundo a IAEA (1996), a quantidade total de material radioativo liberado foi da ordem de 12×10^{18} Bq, incluindo $(6-7) \times 10^{18}$ Bq devido aos gases nobres. Cerca de 3-4% do combustível usado no reator no momento do acidente, assim como 100% dos gases nobres e 20-60% dos radionuclídeos voláteis foram liberados. A atividade da quantidade dos principais radionuclídeos liberados foi estimada ser: ^{131}I : $\sim(1,3-1,8) \times 10^{18}$ Bq; ^{134}Cs : $\sim 0,05 \times 10^{18}$ Bq; ^{137}Cs : $\sim 0,09 \times 10^{18}$ Bq. Este material foi disperso e depositado por toda a superfície da Terra. Entretanto, a maioria foi depositada na região do entorno da usina, atingindo os territórios da Bielorrússia, Rússia e Ucrânia.

As medidas de emergência iniciais visavam principalmente interromper a liberação de material radioativo, e incluíram o controle do incêndio nos escombros do reator e a construção de uma estrutura de confinamento, denominada "sarcófago", que só foi terminada em novembro de 1986.

A resposta ao acidente envolveu um grande número de trabalhadores, incluindo os operadores da usina, voluntários, bombeiros, pessoal militar e indivíduos da população em geral, denominados *liquidators* ("liquidantes"). Cerca de 200.000 liquidantes trabalharam na região no período de 1986-1987, quando as exposições à radiação foram mais altas. Entre 600.000 a 800.000 mil pessoas foram registradas como envolvidas nas atividades voltadas à mitigação das conseqüências do acidente: limpeza, construção do sarcófago, descontaminação, evacuação, construção de estradas, entre outras.

A zona de exclusão na qual a permanência da população foi proibida foi de 4.300 km², incluindo as repúblicas da Bielorrússia e Ucrânia. De 27 de abril até meados de agosto de 1986, cerca de 116.000 pessoas haviam sido evacuadas de suas casas.

As 200.000 pessoas que participaram das atividades de resposta ao acidente entre 1986-1987 receberam doses médias da ordem de 100 mSv (a dose equivalente efetiva máxima para um indivíduo do público é 1 mSv/ano no Brasil - CNEN, 1988). Cerca de 10% receberam doses da ordem de 250 mSv; um pequeno percentual recebeu doses maiores que 500 mSv; enquanto várias dezenas de pessoas receberam doses da ordem de 1.000 mSv. As 116.000 pessoas evacuadas também foram expostas à radiação. Cerca de 10% receberam doses maiores que 50 mSv e menos de 5% receberam doses acima de 100 mSv. As doses na tireóide devido ao iodo mostraram-se particularmente altas, especialmente para as crianças, quando comparadas às doses recebidas por outros órgãos do corpo humano.

Um total de 237 trabalhadores da usina apresentou os sintomas clínicos associados à exposição à radiação e foram hospitalizados. Destes, foram diagnosticados 134 casos de Síndrome Aguda da Radiação (SAR) e 28 morreram (os que trabalharam diretamente no controle do incêndio do reator foram os que sofreram as maiores doses de radiação). Dois outros trabalhadores da Unidade 4 não morreram em conseqüência da radiação, mas de trombose coronária. Durante os 10 anos seguintes, 14 outros morreram.

O aumento na incidência de câncer da tireóide entre as pessoas das áreas afetadas, especialmente crianças, é a única evidência clara dos dados de impacto à saúde da população resultantes do acidente de Chernobyl. O número de casos registrados até o fim de 1995 é de 800 em crianças até 15 anos, sendo mais de 400 casos localizados em até 6 meses após o acidente. Até 1996, três crianças morreram em função de câncer na tireóide. Apesar da agressividade destes tumores as crianças têm respondido favoravelmente ao tratamento padrão adotado.

Todos os outros estudos sobre a incidência de outros tipos de cânceres e efeitos à saúde da população residente nos territórios contaminados e na zona restrita não são conclusivos. Estudos realizados, utilizando-se modelos preditivos, indicam que a incidência

de câncer fatal na população (7,1 milhões de habitantes) deverá ser da ordem de 6.600 casos nos próximos 85 anos, contra um número esperado de fatalidades espontâneas de 870.000 fatalidades por câncer. Assim, o aumento de incidência de outros cânceres (exceto de tireóide), bem como de efeitos hereditários entre esta população, será difícil de discernir, mesmo com estudos epidemiológicos muito bem planejados e conduzidos, segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1995).

Vários estudos têm apontado como significativa a incidência de efeitos psicológicos e sociais na população afetada, como ansiedade, depressão e doenças psicossomáticas associadas ao estresse mental. Estes efeitos resultam da falta de informação, particularmente logo após o acidente, estresse e trauma da relocação, quebra de vínculos sociais e o medo sobre os efeitos futuros da exposição à radiação.

Com relação às conseqüências para a fauna e a flora, as doses letais foram alcançadas em alguns ecossistemas e espécies radiosensíveis, especialmente as coníferas e alguns pequenos mamíferos, num raio de 10 km da usina. Em 1989, o ambiente natural em sua maior parte já havia se recomposto. Nenhum impacto severo em populações ou ecossistemas foi observado. A possibilidade de efeitos genéticos de longo prazo continua sendo estudada.

O acidente de Chernobyl foi considerado um acidente Classe 7 na escala INES, e.g., “ACIDENTE GRAVE”.

12.3.3. A gravidade dos acidentes ocorridos, segundo a escala INES da IAEA

A Escala Internacional de Eventos Nucleares ou, em inglês, *International Nuclear Event Scale* (INES), é um mecanismo para a pronta e clara comunicação ao público da importância que têm, para a segurança, os eventos ocorridos em instalações nucleares. Ao colocar os eventos dentro de uma mesma perspectiva, a escala visa facilitar uma compreensão pronta e mútua entre a comunidade nuclear, os meios de comunicação e o público, embora a maioria do público ainda não conheça a INES.

A INES foi concebida por um grupo internacional de peritos. O grupo orientou-se, em seu trabalho, pelas diversas reuniões internacionais organizadas até então para discutir a viabilidade de uma escala desse tipo. A escala reflete, também, a experiência obtida com o emprego de escalas similares na França e no Japão, além de levar em consideração estudos realizados em vários outros países. Os EUA, o único país com programa nuclear importante que se manteve por algum tempo afastado do desenvolvimento da INES, resolveram adotá-la tentativamente. O Brasil aderiu oficialmente à INES através da CNEN. A INES passou a ser adotada formalmente para usinas nucleares desde abril de 1991, após mais de um ano de utilização internacional em nível de teste.

A escala permite classificar os eventos em níveis de 1 a 7, em uma ordem crescente de importância para a segurança, dependendo do seu impacto sobre o meio ambiente, aspecto mais importante, do impacto sobre o sítio da usina ou do nível de deterioração da defesa em

profundidade. Este último aspecto, apesar de não implicar em acidente, reflete o grau de indisponibilidade das barreiras e níveis de segurança da instalação. Os níveis mais baixos – de 1 a 3 – são denominados incidentes nucleares, e os superiores – de 4 a 7 – de acidentes nucleares. Os eventos que não têm importância para a segurança denominam-se desvios, e classificam-se como de nível 0, “ABAIXO DA ESCALA”. Os eventos que não são pertinentes para a segurança são denominados "FORA DA ESCALA". A Figura 14 mostra a classificação numérica geral por tipo de incidente ou acidente.

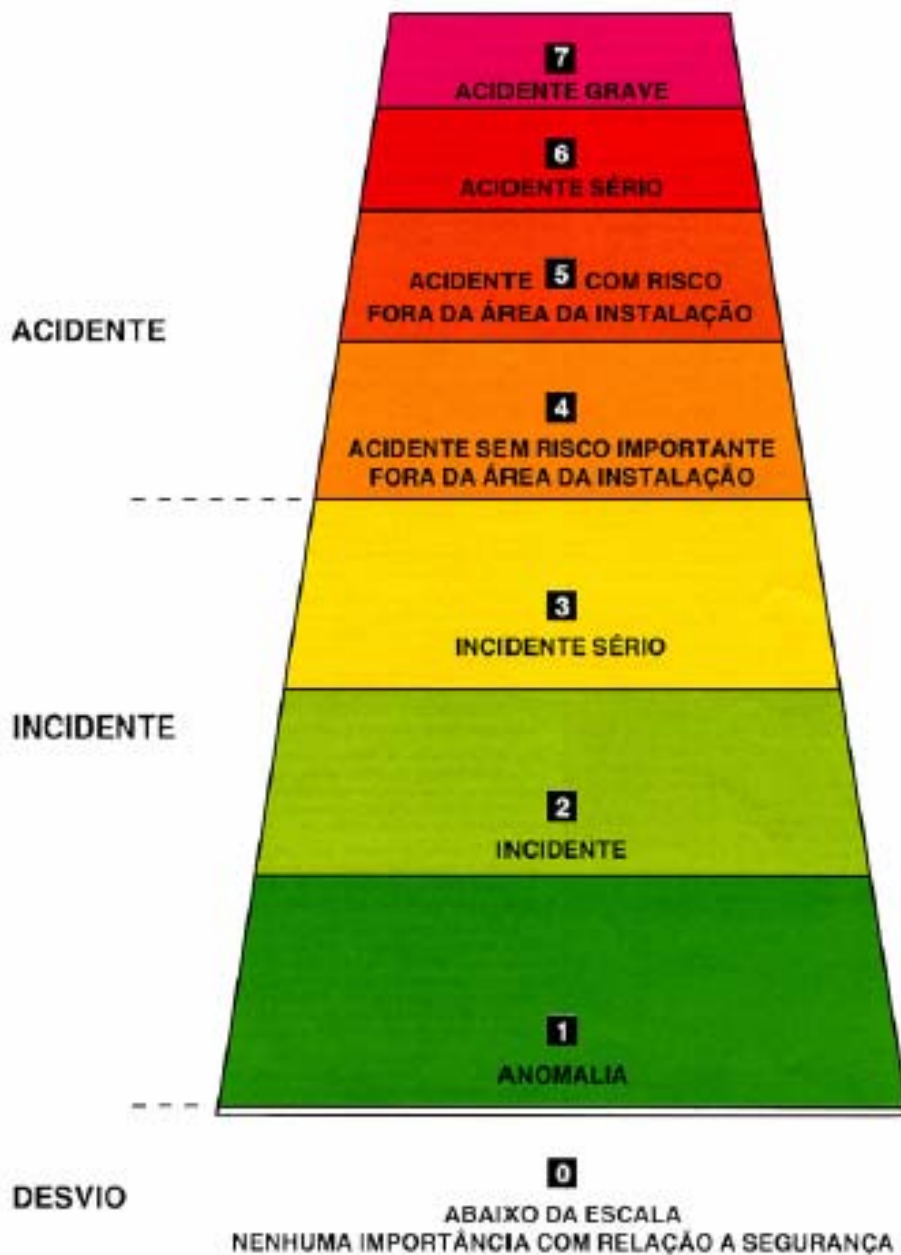


Figura 14 – Escala Internacional de Eventos Nucleares

Fonte: Agência Internacional de Energia Atômica

A estrutura básica da INES baseia-se em critérios que envolvem impactos acidentais fora e dentro da área da instalação nuclear e degradação das barreiras de proteção, conforme pode ser visto na Figura 15. A apresenta, com maiores detalhes, os critérios de classificação da INES, classificando alguns incidentes e acidentes que foram notícia. Como se pode verificar na figura, tendo em vista os impactos causados pelos acidentes das usinas de Three Mile Island – Unidade 2 (TMI-2) e Chernobyl-4, estes foram classificados como de nível 5 e 7, respectivamente.

	CRITÉRIOS OU ATRIBUTOS DE SEGURANÇA		
	IMPACTO FORA DA ÁREA DA INSTALAÇÃO	IMPACTO NA ÁREA DA INSTALAÇÃO	DEGRADAÇÃO DA DEFESA EM PROFUNDIDADE
7 ACIDENTE GRAVE	LIBERAÇÃO GRAVE MÚLTIPLOS EFEITOS À SAÚDE E AO MEIO AMBIENTE		
6 ACIDENTE SÉRIO	LIBERAÇÃO IMPORTANTE POSSIBILIDADE DE EXIGÊNCIA DA APLICAÇÃO INTEGRAL DAS CONTRA-MEDIDAS PREVISTAS		
5 ACIDENTE COM RISCO FORA DA ÁREA DA INSTALAÇÃO	LIBERAÇÃO LIMITADA POSSIBILIDADE DE EXIGÊNCIA DA APLICAÇÃO PARCIAL DAS CONTRA-MEDIDAS PREVISTAS	DANOS GRAVES NO NÚCLEO DO REATOR/BARREIRAS RADIOLÓGICAS	
4 ACIDENTE SEM RISCO IMPORTANTE FORA DA ÁREA DA INSTALAÇÃO	LIBERAÇÃO PEQUENA EXPOSIÇÃO DO PÚBLICO EM TORNO DOS LIMITES PRESCRITOS	DANOS IMPORTANTES NO NÚCLEO DO REATOR/BARREIRAS RADIOLÓGICAS/EXPOSIÇÃO FATAL DE UM TRABALHADOR	
3 INCIDENTE SÉRIO	LIBERAÇÃO MUITO PEQUENA EXPOSIÇÃO DO PÚBLICO A UMA FRAÇÃO DOS LIMITES PRESCRITOS	DISPERSÃO GRAVE DA CONTAMINAÇÃO/EFEITOS AGUDOS SOBRE A SAÚDE DE UM TRABALHADOR	QUASE ACIDENTE – PERDA TOTAL DAS BARREIRAS DE SEGURANÇA
2 INCIDENTE		DISPERSÃO IMPORTANTE DA CONTAMINAÇÃO/ SUPEREXPOSIÇÃO DE UM TRABALHADOR	INCIDENTE COM FALHAS IMPORTANTES NOS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA
1 ANOMALIA			ANOMALIA ALÉM DO REGIME DE OPERAÇÃO AUTORIZADO
0 ABAIXO DA ESCALA DESVIO	NENHUMA IMPORTÂNCIA COM RELAÇÃO A SEGURANÇA		
EVENTO FORA DA ESCALA	NENHUMA PERTINÊNCIA COM RELAÇÃO A SEGURANÇA		

Figura 15 – Estrutura básica da Escala Internacional de Eventos Nucleares.

OBS: Os critérios que figuram na matriz são somente indicadores gerais. As definições detalhadas são dornecidas no Manual dos Usuários do INES.

Fonte: Agência Internacional de Energia Atômica

NÍVEL	DESCRIPTOR	CRITÉRIOS	EXEMPLO
ACIDENTES 7	ACIDENTE GRAVE	* Liberação externa de uma fração importante do material radioativo de uma instalação grande (por exemplo, o núcleo de um reator de potência). Seria constituída, tipicamente, de uma mistura de produtos de fissão radioativos de vida curta e longa (em quantidades radiologicamente equivalentes a mais de algumas dezenas de milhares de tetrabequeréis de Iodo-131). Esta liberação poderia ocasionar efeitos agudos para a saúde: efeitos tardios para a população de uma vasta região que englobasse, possivelmente, mais de um país; e conseqüências a longo prazo para o meio ambiente.	Central Nuclear de Chernobil, URSS (atualmente na Ucrânia), 1986.
ACIDENTES 6	ACIDENTE SÉRIO	* Liberação externa de materiais radioativos (em quantidades radiologicamente equivalentes a uma liberação de milhares a dezenas de milhares de tetrabequeréis de Iodo-131). Esta liberação resultaria, provavelmente, na aplicação integral das contra-medidas previstas nos planos locais para casos de emergência a fim de limitar os efeitos graves sobre a saúde.	Usina de reprocessamento Kishtim, URSS (atualmente na Rússia), 1957.
ACIDENTES 5	ACIDENTE COM RISCO FORA DA ÁREA DA INSTALAÇÃO	* Liberação externa de materiais radioativos (em quantidades radiologicamente equivalentes a uma liberação de centenas a milhares de tetrabequeréis de Iodo-131). Esta liberação resultaria, provavelmente, na aplicação parcial das contra-medidas previstas nos planos para casos de emergência a fim de limitar os efeitos graves sobre a saúde. * Danos graves à instalação nuclear. Pode incluir danos graves a uma grande parte do núcleo de um reator de potência, um acidente de criticidade importante ou um incêndio ou explosões importantes, que liberem grande quantidade de radioatividade dentro da instalação.	Reator de Windscale, Reino Unido, 1957. Three Mile Island, EUA, 1979.
ACIDENTES 4	ACIDENTES SEM RISCO IMPORTANTE FORA DA ÁREA DA INSTALAÇÃO	* Liberação externa de radioatividade que resulte, para o indivíduo mais exposto fora da área da instalação, numa dose da ordem de alguns milisiverts(*). Com essa liberação, seria pouco provável a necessidade de aplicação de medidas de proteção fora da área da instalação, excetuando-se, talvez, um controle dos alimentos locais. * Danos importantes à instalação nuclear. Um acidente deste tipo poderia compreender danos à central nuclear, tais como, a fusão parcial do núcleo de um reator de potência, ou eventos comparáveis em instalações que sejam não sejam reatores, criando problemas graves de retorno a normalidade na área da instalação. * Irradiação de um ou mais trabalhadores que implique em uma superexposição com alta probabilidade de morte precoce.	Usina de reprocessamento de Windscale, Reino Unido, 1973. Central de Saint-Laurent, França, 1980. Unidade Crítica de Buenos Aires, Argentina, 1983.
INCIDENTES 3	INCIDENTE SÉRIO	* Liberação externa acima dos limites autorizados, resultando, para o indivíduo mais exposto fora da área da instalação, em uma dose da ordem de décimos de milisiverts(*). Provavelmente, medidas de proteção fora da área da instalação não seriam necessárias. * Eventos na área da instalação implicando em doses recebidas pelos trabalhadores suficientes para causar efeitos agudos à saúde e/ou eventos que provoquem uma grave contaminação, como por exemplo, a liberação de alguns milhares de tetrabequeréis de atividade em uma contenção secundária de onde o material pode ser retornado a uma área de armazenamento satisfatória. * Incidentes nos quais uma falha suplementar dos sistemas de segurança poderia conduzir a condições de acidente ou a uma situação em que, caso ocorressem certos eventos iniciadores, os sistemas de segurança seriam incapazes de impedir o acidente.	Central de Vandellós, Espanha, 1989.
INCIDENTES 2	INCIDENTE	* Incidentes com falha importante dos dispositivos de segurança mas nos quais subsiste defesa em profundidade suficiente para fazer frente às falhas adicionais. * Evento resultando numa dose recebida por um trabalhador acima do limite de dose anual estabelecido e/ou evento que implique na presença de quantidades significativas de radioatividade em áreas da instalação para as quais, de acordo com o projeto, tal fato não seja justificável, e que exija medidas corretivas.	
INCIDENTES 1	ANOMALIA	* Anomalia além do regime de operação autorizado. Pode ocorrer devido a uma falha de equipamento, a um erro humano ou a procedimentos inadequados (é conveniente distinguir as anomalias das situações em que os limites e condições são excedidas e que são convenientemente gerenciadas por meio de procedimentos adequados. Estas situações são consideradas tipicamente "abaixo da Escala").	
ABAIXO DA ESCALA / ZERO	DESVIO	NEHUMA IMPORTÂNCIA COM RELAÇÃO A SEGURANÇA	

Figura 16 – Critérios e exemplos da Escala Internacional de Eventos Nucleares.

OBS: (*) As doses são expressas em termos de dose equivalente efetiva (dose de corpo inteiro). Quando for conveniente, esses critérios podem ser expressos em termos dos limites anuais de descarga de efluentes correspondentes, autorizados pelas autoridades nacionais.

Fonte: Agência Internacional de Energia Atômica

12.3.4. Conclusão

O registro histórico sobre os acidentes com usinas nucleares traz algumas conclusões importantes:

- a) No início da década de 1970 havia previsões catastróficas sobre os acidentes que poderiam vir a ocorrer, e que as usinas nucleares então em projeto e construção pelo mundo todo poderiam provocar danos irremediáveis e estrondosos. Filmes como a ‘Síndrome da China’ prenunciavam catástrofes impressionantes. Passados mais de 30 anos, pode-se constatar que essas previsões não correspondiam à verdade, e que os níveis de segurança dos reatores projetados pela engenharia de segurança foram efetivamente suficientes para evitar essas conseqüências;
- b) O acidente de TMI-2 em 1979, um reator nuclear do mesmo tipo que o de Angra 3 (PWR), demonstrou que: [i] os reatores são seguros, mas não infalíveis; [ii] a redundância e diversidade dos sistemas de segurança e o princípio da defesa em profundidade garantem um nível de segurança alto o bastante para evitar até mesmo que seqüências de acidentes severos imprevistas causem danos ao meio ambiente;
- c) O acidente de Chernobyl mostrou que: [i] reatores nucleares são de fato perigosos (assim como uma represa ou uma refinaria, lugares onde se armazenam materiais ou energias potencialmente perigosos); [ii] desprezar a questão da segurança em tais sistemas, como foi feito pela supervisão daquela usina, pode causar danos significativos;
- d) As usinas tipo PWR, como as da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, usam princípios de redundância e diversidade dos sistemas de segurança, e de defesa em profundidade, para garantir um nível de segurança muito acima da média da indústria convencional, como demonstram os cálculos de risco e a análise de segurança apresentadas nas seções que se seguem. O reator Chernobyl-4, para citar algumas diferenças com Angra 3, não possuía contenção, usava grafite (inflamável) como moderador em vez de água e era instável à baixa potência. Os seus operadores não possuíam treinamento adequado e normas de segurança e procedimentos de operação foram desobedecidos.

12.4. ANÁLISE DE SEGURANÇA

12.4.1. Introdução

O projeto de um reator nuclear incorpora requisitos e critérios de segurança que visam garantir o confinamento dos produtos de fissão de tal forma que, mesmo em caso de acidente, as conseqüências para o meio ambiente e população do entorno sejam as mínimas possíveis. Dentre estes critérios e requisitos de segurança, estão incluídos os relativos à ocorrência de eventos externos (por exemplo, sismos) e internos (por exemplo, rupturas de tubulações e condições termo-hidráulicas transitórias desfavoráveis) à usina.

A investigação e a verificação da conformidade do projeto com os requisitos e critérios de segurança internacionalmente definidos é o objeto principal do Estudo de Análise de Segurança. Para tanto, os chamados **Acidentes de Base de Projeto – ABPs** (*Design-Basis Accidents*) – conjunto de eventos acidentais postulados – são detalhadamente investigados de acordo com critérios de aceitação estabelecidos em normas de órgãos de licenciamento de atividades nucleares, nacionais e internacionais.

A principal tarefa da Análise de Segurança (AS) é especificar e determinar a segurança do projeto da usina. Para este propósito, os ABPs são eventos pré-determinados e investigados com alto grau de sofisticação e detalhe, de tal forma que suas análises incluam seqüências e conseqüências de variada gama de causas. Por conta dos limites especificados para a investigação de acidentes, a AS é também conhecida como Análise Determinista de Segurança (ou *determinística*, como é conhecida na área nuclear), em contra-posição à Análise Probabilista de Segurança – APS (ou *probabilística*, como é conhecida). A AS parte da premissa de que certas seqüências acidentais ocorrerão de fato, simula estas ocorrências em modelos de computador, e analisa a resposta da instalação para aqueles acidentes, verificando se os sistemas de segurança reagem de acordo e atendem aos requisitos de segurança exigidos pelas normas internacionais e pela legislação nacional. Ou seja, descarta a probabilidade de **não ocorrência** dos acidentes selecionados, desconsiderando essa possibilidade na avaliação quantitativa da resposta da usina.

Esta técnica, formalmente utilizada, é a de maior aceitação em todo o mundo para a avaliação de segurança no licenciamento de usinas nucleares de potência, tipo PWR, por organismos nacionais, como a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN – no Brasil, e internacionais, e tem se mostrado uma ferramenta essencial para a garantia do alto nível de segurança das UNPs ocidentais. A seção anterior (12.3 Análise Histórica de Acidentes Nucleares) esclarece sobre os registros de ocorrência de eventos acidentais relacionados a reatores nucleares, demonstrando como a AS tem se mostrado uma ferramenta eficaz, eficiente e **rigorosa quanto à segurança** comparativamente às análises de risco comumente elaboradas para instalações convencionais.

No âmbito do licenciamento nuclear de uma usina, a Análise de Segurança é parte integrante do PSAR (*Preliminary Safety Analysis Report*)¹, também chamado de RPAS (“Relatório Preliminar de Análise de Segurança”) e do FSAR (*Final Safety Analysis Report*), Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS), os quais são submetidos à aprovação do órgão licenciador nacional, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A autorização para início da construção da usina é concedida somente após a aprovação do PSAR, enquanto a autorização para operação, somente após a aprovação do FSAR.

Assim, neste item, é apresentado um resumo da Análise de Segurança realizada para a usina de Angra 3, compreendendo a lista de ABPs analisados e os critérios de aceitação a serem atendidos.

12.4.2. Acidentes de base de Projeto (ABPs)

Os eventos acidentais postulados – ABPs – variam desde incidentes triviais, até seqüências complexas de eventos que incluem falhas ou mau-funcionamento em diversos dispositivos dos sistemas de segurança, de forma independente ou em decorrência.

O espectro de ABPs a ser analisado é fixado em normas, e é baseado na experiência internacional acumulada em projeto, análise e licenciamento de usinas nucleares envolvendo aproximadamente 5.000 reatores-ano de operação, e estão associados a condições de operação anômalas ou acidentais que colocam em risco os requisitos básicos de segurança – resfriamento do núcleo, controle de reatividade e confinamento de produtos radioativos. Estas condições são:

- Aumento da remoção de calor nos geradores de vapor pelo ciclo secundário
- Redução da remoção de calor nos geradores de vapor pelo ciclo secundário
- Redução da vazão de resfriamento do reator
- Anomalias na Distribuição de Potência e Reatividade do Reator
- Aumento do inventário de refrigerante do reator
- Redução do inventário de refrigerante do reator
- Liberação de produtos radioativos de sistemas ou componentes
- Falha no Desligamento Seguro do Reator sob Demanda

Em função da frequência de ocorrência os ABPs são classificados como:

- Transientes Operacionais;

¹ A necessidade de acesso às autoridades internacionais faz com que o relatório seja escrito em inglês. Da mesma forma, não existe também um RFAS, mas um FSAR (*Final Safety Analysis Report*).

- Acidentes;
- Transientes Operacionais Antecipados sem Desligamento Rápido do Reator (ATWS – do inglês *Anticipated Transients Without Scram*).

Transientes Operacionais são eventos acidentais de frequência relativamente alta (algumas ocorrências durante a vida útil da usina).

Acidentes são eventos indesejados, de frequência de ocorrência muito baixa, dos quais não se espera nenhuma ocorrência durante a vida útil da usina, mas que são postulados para demonstrar-se que os sistemas de segurança da usina são capazes de levar o reator a desligamento seguro mesmo em circunstâncias acidentais. Desligamento seguro é a situação na qual a potência do reator é reduzida ao seu nível mínimo e estabilizada, não acarretando daí nenhum dano ao ambiente ou a vidas humanas.

Os **ATWS** são eventos extremamente raros devido à alta confiabilidade da função de desligamento rápido do Sistema de Proteção do Reator. São também analisados para garantir que, mesmo no caso de uma falha do Sistema de Proteção do Reator, este pode ser levado a um desligamento seguro.

Na Tabela 71 adiante, é apresentado todo o espectro de ABPs analisados para Angra 3, para cada uma das condições anômalas listadas acima. Nas tabelas, os Transientes Operacionais são indicados por **T**, Acidentes por **A** e Transientes Antecipados sem Desligamento Rápido do Reator por **ATWS**.

12.4.3. Caracterização da Metodologia

A Análise de Segurança de Angra 3 consiste na avaliação do comportamento dos sistemas operacionais e de segurança, frente aos eventos postulados, Transientes Operacionais, Acidentes e ATWS, apresentados na Tabela 71., em atendimento aos três objetivos principais de segurança:

- Desligamento seguro do reator e manutenção das condições de subcriticalidade;
- Remoção do calor residual e;
- Limitação das liberações radioativas.

A avaliação é realizada com base na comparação dos resultados das simulações numéricas dos eventos analisados, com uso de programas de computador específicos, com os respectivos Critérios de Aceitação apresentados na Tabela 72 para eventos acidentais sem perda de refrigerante e na Tabela 73 para eventos acidentais com perda de refrigerante (LOCA).

O atendimento aos Critérios de Aceitação significa atendimento aos objetivos principais de segurança acima. Como estes são genéricos, há necessidade de transformá-los

em requisitos mais específicos para cada categoria de evento acidental. Estes requisitos, assim especificados, são chamados de Funções de Segurança, e geram os Critérios de Aceitação, apresentados na Tabela 72 e Tabela 73.

O grau de exigência para as Funções de Segurança e, conseqüentemente, para os Critérios de Aceitação, é estabelecido a partir das probabilidades de ocorrência das diferentes categorias de eventos acidentais: quanto mais freqüente o evento, mais restritivo é o Critério de Aceitação, ou seja, o nível de conseqüências permitido para os eventos mais freqüentes é menor do que para os eventos raros ou remotos.

Tabela 71 - Transientes e Acidentes Postulados

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. nucleo	I & C	Premissas	
1 Aumento da Remoção de Calor nos Geradores de Vapor pelo Ciclo Secundário - Principais Características							
1.1. Mau Funcionamento do sistema de água de alimentação principal que resulta em uma diminuição na sua temperatura	Desvio dos aquecedores de água de alimentação principal (lado de alta pressão)	T	100	EE	0K	-	WL: Desconsiderada a limitação da potência integral do reator WC: Sem controle de pressão do refrigerante
			100	EE	WL/WC	-	
1.2. Mau Funcionamento do sistema de água de alimentação principal que resulta em um aumento na sua vazão	Abertura inadvertida de uma válvula de controle de água de alimentação e permanecendo presa aberta.	T	100	EE	0K	-	2R: Desligamento do reator a partir do segundo setpoint (o primeiro é desconsiderado) WC: Sem controle de temperatura média do refrigerante
			100	EE	2R/WC	-	
1.3. Mau funcionamento ou Falha do Regulador de Pressão do Vapor, que Resulta em Aumento da Vazão de Vapor Principal	a) Abertura inadvertida de uma válvula de desvio de vapor da turbina	T	100	EE	OK	-	2R: Desligamento do reator a partir do segundo setpoint (o primeiro é desconsiderado) RC1: Uma válvula de alívio de vapor principal fora de serviço (fechada). RC2: um grupo gerador-diesel de emergência fora de serviço.
			100	EE	WL/WC1	-	
	b) Abertura inadvertida de todas as válvulas de desvio de vapor da turbina	A	100	EE	2R/WC2	SF1/RC1	SF1: válvula de alívio do vapor principal presa na posição fechada SF2: válvula de bloqueio do vapor principal presa na posição aberta
			100	IB	2R/WC2	SF1/RC1	

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. núcleo	I & C	Premissas	
			100	IB	2R/WC2	SF2/RC2	<p>WC1: Sem controle da pressão mínima do vapor principal</p> <p>WC2: Sem controle de pressão do refrigerante e de nível de água do Pressurizador</p> <p>WL: Desconsiderada a limitação da potência integral do reator</p>
1.4. Abertura inadvertida de uma válvula de alívio ou de segurança do gerador de vapor	Abertura de uma válvula de segurança de vapor principal, permanecendo presa na posição aberta.	A	0	EE	WC	RC/SF	<p>WC: Sem controle de pressão do refrigerante</p> <p>RC: Uma válvula de alívio do vapor principal fora de serviço (fechada)</p>
			100	EE	WL/WC	-	<p>SF: válvula de isolamento de segurança do vapor principal presa na posição ‘fechada’</p> <p>WL: Desconsiderada a limitação da potência integral do reator</p>
1.5. Falhas na tubulação de vapor principal, dentro e fora da contenção	a) Quebra 2A na linha de vapor principal, a juzante da válvula de isolamento de vapor principal	A	100	EE	2R/WC	SF2/RC1/AA	<p>SF1: Barra de controle emperrada</p> <p>SF2: Válvula de isolamento de vapor principal no circuito acidentado na posição ‘aberta’.</p> <p>SF3: Ruptura de tubo de gerador de vapor (falha postulada adicional).</p>
	b) Quebra 0,1A em uma linha de vapor principal, a montante da válvula de isolamento de vapor à carga zero	A	0	EE	2R/WC	SF1/RC2/AA1	<p>RC1: Um grupo diesel gerador de emergência, fora de serviço.</p> <p>2R: Desarme do reator a partir do segundo setpoint</p>

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. nucleo	I & C	Premissas	
	c) Idem item a), juntamente com a ruptura de tubo de gerador de vapor (com modo de potência de emergência)	A	100	EE	2R/WC	SF3/RC1/AA	(primeiro setpoint desconsiderado) RC2: Uma bomba adicional do sistema suplementar de injeção de boro fora de serviço. WC: Sem controle de pressão do refrigerante e de nível de água do Pressurizador. AA: Desconsideradas as bombas de carregamento de alta-pressão, e as bombas de partida e parada. AA1: Desconsideradas as bombas de carregamento de alta pressão.

2 Redução da Remoção de Calor nos Geradores de Vapor pelo Ciclo Secundário - Principais Características

2.1 Mau funcionamento ou falha do regulador de pressão do vapor principal, que resulta em diminuição da vazão do vapor principal	Mau funcionamento do controle de pressão mínima do vapor principal.	T	-	-	-	-	Coberto pelo evento 2.3
2.2 Perda de Suprimento da Energia Elétrica Externa	Redução na potência do gerador para aproximadamente 4,6%	T	100	EE	OK	-	WL: Desconsiderada a queda de barra de controle devido à rejeição de carga. WC: Não Relevante levando em conta WL
			100	EE	WL/WC	-	
2.3.Desarme ou Desligamento do grupo turbina-gerador	a)Desarme da Turbina	T	100	IB	OK	-	SF: Uma válvula de alívio do vapor principal presa na posição fechada.

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. nucleio	I & C	Premissas	
elétrico principal			100	IB	WI/WC	-	2R: Desligamento do reator à partir do segundo “set-point” (o 1º set-point é desconsiderado). RC: Uma válvula de alívio do vapor principal fora de serviço.
	b) Desarme da turbina, com a indisponibilidade da estação de desvio de vapor da turbina	A	100	IB	2R/WC	AA/RC/SF	WL: Desconsiderada a queda de barra de controle devido à rejeição de carga.
			100	IB	WL/WC	AA/RC/SF	WC: Sem controle de pressão do refrigerante. AA: Desconsiderada as bombas de partida e parada.
2.4. Fechamento inadvertido das válvulas de isolamento do vapor principal	a) Fechamento de uma válvula de isolamento do vapor principal	T	100	IB	OK	-	WC: Sem controle de pressão do refrigerante. SF: Um grupo diesel-gerador de emergência falha na partida
			100	IB	2R/WC	-	RC: Um grupo diesel-gerador de emergência fora de serviço
	b) Fechamento de todas as válvulas de isolamento do vapor principal	A	100	IB	2R/WC	SF/RC/AA1/AA2	2R: Desligamento do reator à partir do segundo setpoint (o 1º set-point é desconsiderado). AA1: Desconsideradas as bombas de partida e parada. AA2: Modo de potência de emergência no desarme da turbina.
2.5. Perda de Vácuo no Condensador	Desarme da Turbina e 10 segundos após, fechamento das válvulas de desvio do vapor principal	T	100	IB	OK	-	2R: Desligamento do reator à partir do segundo set-point (o 1º set-point desconsiderado)
			100	IB	2R/WC	-	WL: Desconsiderado a queda de barra de controle devido à rejeição de carga.
			100	IB	WL/WC	-	WC: Sem controle de pressão do refrigerante.
2.6. Perda simultânea de alimentação elétrica interna e externa da usina (modo potência)	Desarme da Turbina e modo de potência de emergência	T	100	IB	OK	-	WC: Sem controle de nível do Pressurizador SF: uma bomba de água de alimntos de emergência

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. nucleo	I & C	Premissas	
de emergência).	coincidentes		100	IB	WC	SF/RC/ AA1/AA2	falha na partida RC: uma bomba de água de alimentação de emergência fora de serviço AA1: Desconsideradas as bombas de partida e parada AA2: Desconsideradas as bombas de carregamento de alta pressão
2.7.Perda da vazão normal de água de alimentação principal	a)Falha de uma bomba de água de alimentação	T	100	IB	OK	AA	WL: Desconsiderada a limitação de potência do reator devido a baixa vazão de água de alimentação WC: Sem controle de pressão do refrigerante. AA: Bomba de água de alimentação principal disponível falha na partida
			100	IB	WL/WC	AA	
	b)Falha de todas as bombas de água de alimentação		100	IB	OK	-	
			100	IB	WL/WC	-	
2.8.Falhas na tubulação de água de alimentação	a) Quebra 2A na linha de água de alimentação à jusante da última válvula de retenção	A	100	EE	2R/WC	SF/RC/ AA1/AA2	2R: Desligamento do reator à partir do segundo set-point (1º set-point é desconsiderado) SF: Um grupo diesel-gerador de emergência falha na partida RC: Um grupo diesel-gerador de emergência fora de serviço WL: Desconsiderada a limitação de potência do reator devido a baixa vazão de água de alimentação
	b) Quebra 2A na linha de água de alimentação principal, à montante da última válvula de retenção (coberto pelo evento a)	A					WC: Sem controle de pressão do refrigerante AA1: Desconsideradas as bombas de partida e parada AA2: Uma bomba de emergência de água de alimentação alimenta o gerador de vapor afetado

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. nucleo	I & C	Premissas	
	c) Quebra 2A na linha de água de alimentação principal à montante da estação de válvula de controle	A	100	EE	WL/WC	SF/RC	
3 Redução do Fluxo de Refrigerante do Reator - Principais Características							
3.1.Desarme individual ou múltiplo das Bombas de Refrigeração do Reator (BRR)	a)Desarme de uma bomba	T	100	IB	OK	-	WL: Desconsiderada a limitação de potência do reator pela perda da bomba de refrigeração do reator. WC: Sem controle de temperatura média do refrigerante
			100	IB	WL/WC	-	
	b)Desarme de todas as bombas	T	100	IB	OK	-	Coberto pelo item 2.6

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. nucleo	I & C	Premissas	
3.2. Emperramento do eixo da bomba de refrigerante de reator (BRR)		A	-	-	-	-	Coberto pelo item 3.3
3.3. Quebra do eixo da BRR	Perda repentina da BRR com queda gradual de rotação (coastdown)	A	100	IB	WL/WC	SF/RC	<p>SF/RC: Não relevante (nenhum sistema de segurança acionado)</p> <p>WL: Desconsiderada a limitação de potência do reator em condição de alta energia no SRR</p> <p>WC: Sem controle de temperatura média do refrigerante</p>
4. Anomalias na Distribuição de Potência e Reatividade no Reator - Principais Características							
4.1. Retirada descontrolada da barra de controle em condição subcrítica ou de partida em baixa potência		T	0	IB	OK	-	2R: Desligamento do reator a partir do segundo setpoint (1º set-point é desconsiderado)
			0	IB	2R	-	
4.2. Retirada descontrolada da barra de controle com o reator em potência	Retirada da barra do limite de inserção devido a falha no controle da temperatura média do refrigerante	T	100	IB	OK	-	WL: Desconsiderada a limitação da potência integral do reator. WC: Sem controle de pressão do refrigerante.
			100	IB	WL/WC	-	
			30	IB	OK	-	
			30	IB	WL/WC	-	
4.3. Queda de Barra de Controle	Acidente de queda de barra	T	100	IB	OK	-	WL: Desconsiderado o sinal de detecção de queda de barra
			100	IB	WL	-	
4.4. Partida de uma bomba de refrigeração do reator inativa em nível impróprio de potência		T	65	EE	OK	-	WC: Sem controle de pressão do refrigerante. 2R: Desligamento do reator a partir do segundo setpoint (1º set-point é desconsiderado)
			65	EE	2R/WC	-	

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. núcleo	I & C	Premissas	
4.5.Mau funcionamento do Sistema de Controle Químico e de Volume, que resultam no decréscimo de concentração de boro no refrigerante do reator.	Injeção de água desmineralizada pelas bombas de recirculação	T	100	IB	OK	-	WL: Desconsiderado o sistema de limitação do movimento do conjunto de barra de controle. WC: Sem controle da temperatura média do refrigerante
			100	IB	WL/WC	-	
4.6.Carregamento e Operação inadvertidos do reator com um elemento combustível em posição imprópria no núcleo		T					
4.7.Acidentes de Ejeção de Barras de Controle		A	100 85 30 0	IB	2R	WC1/ WC2/ WC3	2R: Desconsiderado o desarme do reator por potência > máxima WC1: Sem controle da temperatura média do refrigerante WC2: Sem controle da pressão do refrigerante WC3: Sem controle do nível de água do Pressurizador

5. Aumento no Inventário de Refrigerante no Reator - Principais Características

5.1.Operação inadvertida do Sistema de Refrigeração de Emergência do Núcleo durante a Operação de Potência		T					Não relevante para Angra 3 devido à altura manométrica da bomba ser de 110 bar
5.2.Mau funcionamento (ou erro do operador) do Sistema de Controle Químico e de Volume que aumenta o inventário do refrigerante do reator.	Fechamento da válvula redutora de alta pressão	T	100	EE	OK	-	WL: Desconsiderada a limitação de potência do reator em condição de alta energia no SRR. WC: Sem controle de pressão do refrigerante.
			100	EE	WL/WC	-	

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. nucleio	I & C	Premissas	

6. Diminuição no Inventário de Refrigerante do Reator - Principais Características

6.1. Abertura Inadvertida de uma válvula de segurança ou de alívio do pressurizador	Abertura da válvula de alívio e subsequente fechamento da respectiva válvula de isolamento.	T	100	IB	OK	-	
6.2. Ruptura de uma linha de instrumentação ou de outras linhas que penetram na Contenção proveniente do sistema de refrigeração do reator		A	100	-	-	-	
6.3. Ruptura de Tubo de Gerador de Vapor - GV	a) Ruptura 2A de tubo de Gerador de Vapor - GV	A	100	EE	2R/WC1/WC2	AA/RC1/SF1	SF1: Uma bomba do Sistema suplementar de injeção de boro falha ao partir SF2: Um grupo diesel-gerador de emergência falha ao partir RC1: Uma bomba do sistema suplementar de injeção de boro fora de serviço RC2: Um grupo diesel-gerador de emergência fora de serviço WC1: Sem controle de nível de água do Pressurizador WC2: Sem controle de temperatura média do refrigerante AA: Desconsideradas as bombas de alta pressão de injeção de segurança
			0	EE	2R/WC1/WC2	AA/RC1/SF1	
	b) Ruptura 2A de tubo de GV com modo de potência de emergência no desarme da turbina		100	EE	2R/WC1/WC2	AA/RC2/SF2	

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. núcleo	I & C	Premissas	
	c) Ruptura 2A de tubo de GV com resfriamento até as condições de operação do sistema de remoção de calor residual		100	EE	OK	-	
6.4. Acidentes de Perda de Refrigerante (LOCA) Resultando em um Espectro de rupturas Postuladas de Tubulações Dentro dos Limites de Pressão do Sistema de Refrigeração do Reator	(a) Quebra 2A na perna fria	A	100	*)	**)	AA/RC/SF	AA: Modo de potência de emergência RC: Um grupo diesel-gerador de emergência fora de serviço SF: Válvula de retenção na linha de resfriamento de emergência da perna quente presa na posição fechada *) cenário do pior caso (máxima energia armazenada) **) somente sistemas de classe de segurança em operação
	(b) Quebra 80 cm ² na perna fria	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(c) Quebra 160 cm ² na perna fria	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(d) Quebra 250cm ² na perna fria	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(e) Quebra 380cm ² na perna fria (linha de injeção SREN)	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(f) Quebra 800cm ² na perna fria	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(g) Quebra de 380 cm ² na perna quente (linha injeção SREN)	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(h) Quebra de 442 cm ² na perna fria	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(i) Quebra de 200 cm ² na perna fria	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(j) Quebra de 100 cm ² na perna fria	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	

Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. núcleo	I & C	Premissas	
	(k) Quebra de 437 cm ² na linha de surto do Pressurizador	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	armazenada) **) somente sistemas de classes de segurança em operação (nenhum sistema de I&C em operação)
	(l) Quebra de 50 cm ² na perna fria	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(m) Vazamento de 20 cm ² no vaso de pressão do reator	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	
	(n) Abertura Inadvertida com Falha no Fechamento de 21 cm ² em uma Válvula de alívio do Pressurizador	A	106	*)	**)	AA/RC/SF	

7 Liberações Radioativas de Subsistemas ou Componentes- Principais Características

7.1.Vazamento ou Falha no Sistema de Rejeitos Radioativos Gasosos							
7.2.Vazamento ou Falha no Sistema de Rejeitos Radioativos Líquidos							
7.3.Efeitos de um terremoto no prédio auxiliar do reator							
7.4.Acidentes com o manuseio do combustível							
7.5. Acidentes com queda do recipiente de transporte de combustível usado							

8. Transientes Antecipados sem Desligamento Rápido do Reator -ATWS- Principais Características

8.1.ATWS em Modo de Potência de Emergência	-	ATWS	100	IB	OK	-	
--	---	------	-----	----	----	---	--



Evento genérico	Evento específico	Cat. do evento	Condições iniciais e limite				Observações
			Potência %	Cond. nucleo	I & C	Premissas	
8.2.ATWS com perda de suprimento de água de alimentação principal	-	ATWS	100	IB	OK	-	

FONTE: RFAS - Cap. 15

T = transientes; A = acidentes; ATWS = transientes antecipados sem desligamento rápido do reator

EE – Núcleo de equilíbrio, Fim do Ciclo (Equilibrium Core, End of Cycle); IB - Núcleo Novo, Começo do Ciclo (Initial Core, Beginning of Cycle)

WL – sem Sistema de limitação; WC – sem Sistema de controle; RC – caso de reparo; SF – falha simples; AA - suposição de falhas adicionais; SREN – Sistema de Refrigeração de Emergência do Núcleo

Tabela 72 - Critérios de Aceitação para Transientes e Acidentes sem Perda de Refrigerante

Parâmetros de Segurança	Distúrbios Operacionais Transientes (T)	Acidentes (A)	Distúrbios Previstos sem Desligamento do Reator por Queda de Barras – (ATWS)
Transferência de calor do refrigerante / para o revestimento do combustível	Não admissível DNB (DNBR > 1,2) ou temp. do revestimento < 600 à 650 °C	DNB* admissível. Exceto nos casos de potencial liberação do refrigerante do reator para fora da contenção	DNB admissível
Temperatura do revestimento do combustível	No caso do DNBR < 1,2, temp. revestimento < 600 à 650 °C	$T_{rev} < 1200$ °C. Nos casos de potencial liberação do refrigerante do reator para fora da contenção $T_{rev} < 650$ °C	Assegurar a remoção de calor de acordo com RSK Guideline (recomendado que $T_{rev} < 1200$ °C)
Integridade do revestimento do combustível	Operação contínua irrestrita	Perdas limitadas da integridade admissíveis - nos casos com possibilidade de liberação do refrigerante do reator para fora da contenção, não é admissível perda de integridade do revestimento	-
Temperatura do combustível	$T_{máx} < T_{fusão}$ para 100% da seção transversal da pastilha	$T_{máx} < T_{fusão}$ para 90% da seção transversal da pastilha no ponto quente	-
Operação da válvula de alívio do pressurizador	Não admissível a operação da válvula	Admissível a operação da válvula	Admissível a operação da válvula
Operação da válvula de segurança do pressurizador	Não admissível a operação da válvula	Admissível a operação da válvula	Admissível a operação da válvula
Pressão do Sistema de Refrigeração do Reator - Ciclo Primário	Limites de Serviço - Nível B do código ASME (Nível B: pressão < 1,1 vezes pressão de projeto) Pressão de projeto: 175 bar	Limites de Serviço - Nível C ou D do Código ASME em concordância com a especificação de projeto - (Nível C: pressão < 1,2 vezes pressão de projeto)	Limite de Serviço - nível C do código ASME em concordância com RSK Guideline (Nível C: pressão < 1,2 vezes pressão de projeto)
Pressão do Sistema Secundário	Limites de Serviço – Nível B do código ASME (Nível B: pressão < 1,1 vezes pressão de projeto) Pressão de projeto: 88,3 bar	Limites de Serviço – Nível C ou D do código ASME em concordância com a especificação de projeto Nível C: pressão < 1,2 vezes pressão de projeto	Limite de Serviço nível D do código ASME

Fonte: RPAS – Cap. 15

(*) DNB – Departure from Nucleat Boiling

Tabela 73 - Critérios de Aceitação para Acidentes com Perda de Refrigerante.
(LOCA, sub-item 6.4. da Tabela 71).

PARÂMETROS DE SEGURANÇA	ACIDENTES COM PERDA DE REFRIGERANTE *
Temperatura do revestimento do combustível	$T_{rev} < 1.200^{\circ}\text{C}$
Oxidação local do revestimento	$< 17\%$
Oxidação do núcleo todo	$< 1\%$
Geometria do núcleo	Deve ser mantida geometria que permita resfriamento durante e após o acidente

FONTE: RPAS – Cap. 15

(*) - Critérios de Aceitação de acordo com a Norma CNEN NE-1.20 “Aceitação de Sistemas de Refrigeração de Emergência”, outubro de 1985.

12.5. ANÁLISE DE RISCOS NUCLEARES

Em paralelo à análise de segurança determinista (AS), técnicas de análise probabilista (análise de riscos), utilizadas inicialmente na otimização de projetos de sistemas de segurança individuais (análise de confiabilidade), começaram, a partir da década de 1970, a serem utilizadas para a avaliação de usinas nucleares como um todo, sendo conhecida na área como APS, iniciais de “Análise Probabilista de Segurança” (ou Análise Probabilística de Segurança). A Análise de Segurança (AS), foi configurada tendo por base estudos de probabilidades de ocorrência de acidentes e suas seqüências, mas a avaliação propriamente dita é determinista, porque se os acidentes postulados ocorrerem, as probabilidades dos eventos iniciadores não serão levadas em conta, e o reator e seus sistemas de segurança serão confrontados com situações determinadas a priori. Já uma APS usa o conceito de risco em toda a sua extensão, avaliando os resultados em função de suas probabilidades ou freqüências relativas de ocorrência associadas às suas conseqüências para determinação do grau de risco dos sistemas ou da instalação inteira. A APS surge como uma ferramenta útil na gestão do risco operacional da instalação, apontando a importância de certas falhas específicas no funcionamento da instalação como um todo.

A APS é uma ferramenta de gestão de riscos importante na fase de operação de uma usina, quando os dados de falhas dos componentes e o comportamento dos diversos sistemas da instalação vão sendo registrados e podem ser incorporados na APS. Na fase de projeto, no entanto, estes dados são ainda desconhecidos, e assim a utilidade da APS é limitada, porque se baseia em falhas de componentes genéricos, não necessariamente representativos do funcionamento real dos componentes daquela instalação em particular, sujeitos a circunstâncias operacionais, ambientais e humanas diversas. Dessa forma, esta seção se destina a apresentar o que denominamos de Análise de Risco Nuclear (ARN), que não se configura uma APS completa, mas que utiliza técnicas probabilistas baseadas em APS, e

busca acessar seqüências importantes que conduzam a acidentes severos ou além da base de projeto, nas quais eventualmente os sistemas de segurança são admitidos falhar por completo.

A probabilidade de ocorrência de falhas sucessivas e de eventos desfavoráveis necessários para a fusão do núcleo – classe de acidentes severos, não considerados no escopo dos Acidentes de Base de Projeto (ABPs) – é remota, mas não é nula, o que significa que tais acidentes são possíveis de ocorrer. Vale ressaltar que para Angra 3, mesmo no caso de ocorrência de um acidente severo, não necessariamente ocorrerá liberação de material radioativo para a atmosfera, em quantidades que possam colocar em risco a saúde ou a vida da população circunvizinha à Usina. A liberação de grande quantidade de material radioativo para o meio ambiente só ocorrerá se, além da ocorrência da fusão do núcleo, também houver o comprometimento significativo da integridade da Contenção (ver o acidente de TMI-2 no item 12.3 Análise Histórica de Acidentes Nucleares). Sendo assim, a questão crucial passa a ser, adicionalmente às probabilidades da fusão do núcleo, conhecer a probabilidade da perda de integridade do envoltório de contenção, que no caso de Angra 3 é uma chapa de aço com 3 cm de espessura e uma pesada estrutura de concreto armado, com cerca de 60 cm de espessura, que caracteriza o Edifício ou Prédio do Reator.

Uma forma indireta de comprovar a eficácia e eficiência dos sistemas de segurança de uma Usina Nuclear de Potência (UNP) tipo PWR é consultar o registro histórico (apresentado no item 12.3 Análise Histórica de Acidentes Nucleares), onde um acidente numa usina desse tipo foi capaz de destruir uma parte do combustível, no entanto sem conseqüências ambientais, porque o envoltório de contenção manteve sua integridade e não permitiu a liberação descontrolada de radionuclídeos para o meio ambiente.

Com sua especificação do projeto de segurança, a AS (apresentada no item 12.4), é uma pré-condição necessária para investigação de riscos. Na ARN devem ser considerados outros cenários e investigadas suas probabilidades e conseqüências finais. Com seus métodos probabilistas, ela é utilizada para rever o projeto de segurança de uma usina e aprimorar o conceito existente de segurança. Neste contexto, o benefício da análise probabilista é o fato de que a importância dos ABPs e dos acidentes severos pode ser avaliada de forma quantitativa, com base na freqüência esperada. Desta forma, aspectos críticos da segurança do projeto podem ser identificados, com base em sua contribuição relativa na formação da freqüência de acidentes, e assim induzir modificações que aumentem a segurança das instalações.

- Antecedentes da APS

O primeiro trabalho abrangente utilizando técnicas probabilistas na AR, aplicado a usinas nucleares, foi publicado em outubro de 1975, com o título de Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in U. S. Commercial Nuclear Power Plants, conhecido como WASH-1400 (NUREG 75/014), coordenado pela U.S. Atomic Energy Commission, posteriormente U.S. Nuclear Regulatory Commission (US-NRC), envolvendo dezenas de

especialistas, universidades, cientistas, técnicos, projetistas e operadores de usinas nucleares do tipo água leve (BWR e PWR), durante aproximadamente quatro anos.

Os resultados do WASH-1400, refletindo o estágio de conhecimento da época, indicaram que os riscos para o público de acidentes em usinas nucleares eram reduzidos em relação aos riscos de outras atividades, como acidentes de trânsito, de aviões ou em instalações industriais convencionais, com base nas seguintes considerações:

- Acidentes graves, com dano ou fusão de núcleo, têm probabilidade de ocorrência muito baixa;
- As possíveis conseqüências dos potenciais acidentes graves em reatores não são, em geral catastróficas (grande número de vítimas fatais) e, em muitos casos, são muito menores que em acidentes não-nucleares;
- Os acidentes não-nucleares examinados no Estudo, incluindo fogo, explosões e liberações tóxicas da indústria convencional, queda de aviões, terremotos e outros têm, em geral, maior probabilidade de ocorrência do que um acidente numa UNP.

Dois fatos saltam de importância imediata: primeiro, o registro histórico sobre a frequência de acidentes radiológicos traz uma oportunidade de confrontação das previsões de então com a frequência real de ocorrência de acidentes graves após 13.000 reatores-ano de operação (ver 12.3 Análise Histórica de Acidentes Nucleares). Segundo, o acidente de Chernobyl, que causou impacto ambiental na Europa e psicológico em todo o mundo, trouxe a questão de acidentes nucleares para a notoriedade pública, mostrando que, primeiro, reatores nucleares são de fato perigosos (assim como uma represa ou uma refinaria, lugares onde se armazenam materiais ou energias potencialmente perigosos) e, segundo, o de que desprezar a questão da segurança em tais sistemas, como foi feito pelos supervisores daquela usina, pode causar danos significativos. No entanto, qualquer comparação entre o que aconteceu em Chernobyl-4 e o que poderia acontecer com Angra 3 (ou Angra 1 ou 2), termina aqui, porque são sistemas com níveis de segurança radicalmente diferentes (ver 12.3 Análise Histórica de Acidentes Nucleares).

O WASH-1400, desta forma, consolidou a metodologia probabilista de AR para a avaliação de UNPs, que, a partir de então, começou a ser utilizada e aceita internacionalmente como uma ferramenta de avaliação e de otimização da segurança e, portanto, de redução dos riscos das usinas nucleares em operação.

Em 1979, o *Federal Minister for Research and Technology* da Alemanha, publica o *German Risk Study for Nuclear Power Plants, Phase A* (“Estudo de Riscos Alemão”, ERA Fase A) para reatores PWR (Pressurized Water Reactor, “Reator à Água Pressurizada”), tendo como usina de referência a usina de Biblis B, de 1.300 MWe, de projeto semelhante ao de Angra 2 e 3. Em 1981, inicia-se a Fase B do mesmo trabalho, também direcionado para reatores PWR e a mesma usina de referência.

Na Fase A do ERA foi utilizada a mesma metodologia do WASH-1400. Na Fase B, o mesmo estudo foi repetido, porém considerando o estado da arte com relação à metodologia de análise probabilista de riscos. A Fase B do ERA é abrangente e profunda. Contou com ampla participação nacional e internacional, incorporando os novos conhecimentos e técnicas de pesquisas em segurança de reatores. Em 1985, a Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS), autoridade maior em segurança de reatores na Alemanha, é chamada pelo Governo Alemão, em função de suas pesquisas individuais no campo, para coordenar, elaborar novas pesquisas, incluir as pesquisas individuais e publicar os resultados parciais de tópicos assim que estes fossem finalizados para edição. Em 1990, é então publicado o *German Risk Study for Nuclear Power Plants, Phase B (ERA-B)*, para reatores PWR da mesma classe de Angra 3, e que é o estudo usado como base desta ARN de Angra 3 ora apresentada. A justificativa de aplicação do ERA-B à Angra 3 é o fato de serem ambas do mesmo tipo (PWR), mesma faixa de potência (1.300 MWe) e mesmo projeto (Siemens). Além disso, são usinas projetadas dentro de uma mesma filosofia de segurança e critérios de projeto.

Em 1990, a *International Atomic Energy Agency (IAEA)*, publica o IAEA-TECDOC-543 – Procedures for Conducting Independent PEER Reviews of Probabilistic Safety Assessment e The Use of Probabilistic Safety Assessment in the Relicensing of Nuclear Power Plants for Extended Lifetimes- IAEA-TECDOC - 547, que indica o uso das técnicas de Análise de Riscos para avaliação da segurança de usinas nucleares.

Nos EUA, em dezembro de 1990, é publicado “Severe Accident Risks: An Assesment for Five U.S. Nuclear Power Plants”, conhecido como NUREG-1150, atualizando resultados do WASH-1400². Em 1992, o US-DOE (Department of Energy), publica o documento “Hazard Categorization and Accident Analysis Techniques for Compliance with Nuclear Safety Reports (DOE-5480.23)” - DOE-STD-1027-92, onde já indica técnicas de Análise de Riscos, como FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), Hazop (Hazard and Operability Analysis), Árvores de Falhas (Fault Trees) e Árvores de Eventos (Event Trees) para utilização em análise de segurança, consolidando também nos EUA a AR no setor nuclear.

- Escopo da ARN

A ARN deve investigar a probabilidade e as condições nas quais acidentes possam levar a uma fusão do núcleo, a despeito das características de segurança existentes; isto implica em analisar acidentes de probabilidade remota de ocorrência, já que postula falhas

² Note-se aqui que, já em maio de 1986, com a publicação do estudo NSAC-100, encomendado à *NUS Corporation pelo NSAC - Nuclear Safety Analysis Center*, centro de estudos mantido pelas empresas geradoras de eletricidade dos EUA, foram divulgados resultados analíticos sobre as seqüências de acidentes severos consideradas no WASH-1400 que evidenciaram riscos ainda menores que os calculados anteriormente, uma vez que os termos-fontes foram drasticamente reduzidos, à luz da evolução das pesquisas e do conhecimento científico após TMI-2, acarretando em evoluções mais lentas dos acidentes e menores concentrações das liberações).

múltiplas, concomitantes, de vários sistemas de segurança projetados para o controle desses acidentes. Uma ARN tem como etapas principais:

- Identificação e agrupamento de eventos potencialmente iniciadores de acidentes e quantificação de suas frequências;
- Determinação das correspondentes seqüências de eventos que levam a danos no núcleo do reator;
- Identificação das funções de segurança e, através da AS do acidente, determinação dos seus requisitos mínimos necessários ao controle do acidente;
- Quantificação das probabilidades de falha/sucesso das funções de segurança;
- Determinação das frequências de ocorrência das seqüências de acidente que levam a danos no núcleo do reator;
- Análise das Conseqüências, determinando a extensão dos danos causados aos trabalhadores, comunidade e ambiente expostos aos cenários acidentais.

Neste capítulo são apresentados, sempre com base no ERA: (a) uma breve descrição da evolução dos acidentes que levam a danos ao núcleo (acidentes severos) e processos associados que podem levar à falha da Contenção; (b) a metodologia de determinação da frequência de ocorrência de acidentes severos; (c) resultados do ERA; (d) estimativas preliminares da frequência de danos ao núcleo de Angra 3, comparadas com os resultados do ERA; e (e) uma análise de conseqüências.

12.5.1. Acidentes que Excedem as Bases de Projeto (Acidentes Severos)

12.5.1.1. Caracterização do Acidente Severo

Os acidentes severos se caracterizam essencialmente por acidentes que afetam o núcleo do reator, pois quantidades substanciais de substâncias radioativas só podem ser liberadas se o combustível constituinte do núcleo for consideravelmente aquecido e vier à fundir. Cerca de 95% de todo o balanço de radioatividade de uma usina nuclear está contido no núcleo do reator, e cerca de 98% desta estão relacionados com o reticulado cristalino do combustível nuclear.

Para ocorrer o sobreaquecimento e conseqüente fusão do núcleo, é preciso que a taxa de produção de calor seja maior do que a de remoção. Isto pode acontecer em condições de sobrepotência ou de resfriamento insuficiente do reator. A primeira condição depende de aumentos de reatividade do reator, enquanto a segunda é função da redução da taxa de resfriamento do núcleo por queda do fluxo do refrigerante ou pela própria perda do refrigerante. Estes cenários são simulados através da AS para definição do projeto dos sistemas de segurança e das suas condições operacionais, de maneira a controlar esses eventos. Mas, em caso de acidente, se a usina não for desligada, e se o resfriamento do núcleo

não puder ser restaurado a tempo pelos sistemas de segurança disponíveis, uma fusão do núcleo poderá resultar.

No entanto, é importante ressaltar que seqüências de acidentes com falha total de um ou mais sistemas de segurança geralmente não levam a uma fusão imediata do núcleo do reator. Na maioria dos casos, tais seqüências envolvem uma deterioração gradual da capacidade de resfriamento do núcleo. Análises termo-hidráulicas mostram que, do início do acidente até o início da fusão do núcleo, existe um período de tempo que possibilita intervenções extras dos operadores.

Esse tempo pode ser utilizado para a tomada de medidas de gerenciamento de acidente, a fim de restaurar o resfriamento do núcleo do reator e a remoção do calor residual antes que o combustível comece a se fundir ou, ainda, evitar que o desenvolvimento do acidente comprometa a estanqueidade da Contenção. Em Angra 3, serão instalados dispositivos e elaborados procedimentos visando o gerenciamento de acidentes severos.

No ERA destacam-se os seguintes cenários de danos ao núcleo do reator, com distintos impactos potenciais na integridade da Contenção:

a) Fusão do núcleo em baixa pressão

A fusão do núcleo em baixa pressão pode ocorrer, por exemplo, quando o sistema de refrigeração de emergência do núcleo falha por perda de refrigerante através de grande vazamento no circuito de refrigeração do reator. O vapor escapando para a Contenção causa uma rápida queda de pressão no sistema de refrigeração do reator.

b) Fusão do núcleo em alta pressão

A fusão do núcleo em alta pressão é possível se, após um transiente ou acidente de perda de refrigerante através de um pequeno vazamento, a remoção de calor via geradores de vapor falhar completamente por um longo período de tempo e o reator permanecer sob alta pressão. O sistema de refrigeração do reator não será aliviado antes do vaso de pressão do reator falhar após a fusão do núcleo.

c) Fusão do núcleo em baixa pressão após uma depressurização do sistema de refrigeração do reator

Os acidentes que são iniciados em alta pressão são transferidos para condições de baixa pressão (BP) antes do vaso do reator falhar após a fusão do núcleo, se ocorrer uma depressurização no circuito primário.

d) Seqüências de fusão do núcleo com desvio do sistema de estanqueidade da Contenção

No caso de ocorrer um acidente com ruptura de tubos do gerador de vapor, ou ruptura de uma tubulação do sistema de remoção de calor residual no annulus, com falha dos sistemas de segurança que leve à fusão do núcleo, produtos de fissão podem ser liberados para o ambiente externo a partir do Edifício do Reator, contornando o sistema de estanqueidade da Contenção.

A manutenção da estanqueidade da Contenção em caso de acidente é fundamental para evitar liberações de radioatividade para o meio ambiente. Portanto, a investigação das cargas a que é submetida a Contenção no curso de um Acidente Severo, e seu comportamento em consequência é da maior importância na limitação de liberações radioativas ambientais.

12.5.1.2. Fenomenologia do Acidente

O estado de conhecimento relacionado com acidentes com fusão do núcleo tem por base extensivo programa de pesquisas a nível internacional e, em particular, resultados de projetos de pesquisa feitos na Alemanha. Os processos envolvidos em um acidente de fusão do núcleo e os fenômenos e cargas associados são complexos. Em detalhe, foram investigados no ERA:

- os processos quando o combustível funde no vaso de pressão do reator;
- os processos após uma falha do vaso de pressão do reator; e
- o comportamento da Contenção.

Se o núcleo do reator não for resfriado adequadamente, o calor de decaimento dos produtos de fissão vai sobreaquecê-lo a ponto de fundir o combustível. Durante o processo de fusão do combustível, as estruturas de suporte do núcleo falham também. O núcleo derretido e os materiais estruturais fazem-se em pedaços na água residual, ainda disponível no fundo do vaso de pressão do reator. A água vaporiza. Finalmente, ocorre a fusão da base do vaso de pressão. O núcleo derretido e os materiais desmoronam na cavidade do reator e penetram no concreto da fundação da estrutura de suporte do reator em direção à base da esfera de Contenção.

Se a integridade da esfera de Contenção for mantida por um longo período de tempo, a maior parte dos produtos de fissão liberados dos materiais fundidos é depositada no seu interior. Desta forma, as seqüências de acidentes nas quais a esfera de Contenção permanece estanque por um longo período de tempo (por exemplo, vários dias), só envolvem uma liberação limitada de radioatividade. Entretanto, existem seqüências de acidentes que podem levar a uma precoce liberação de produtos radioativos, embora extremamente improváveis.

No curso do processo após a fusão do núcleo do reator, ocorrem vários fenômenos com diferentes efeitos na Contenção, tais como:

- Explosão de vapor
- Falha do vaso de pressão do reator
- Combustão/explosão de hidrogênio, e
- Interação entre o concreto e a massa fundida do núcleo

Explosão de Vapor

Na ocorrência de fusão do núcleo, se a massa fundida entrar em contato com água, esta pode se vaporizar instantaneamente, causando uma onda de pressão. Este processo é denominado explosão de vapor. A intensidade da onda de pressão depende da percentagem de calor armazenado na massa fundida que é convertido em energia mecânica da onda de pressão. Para uma fusão do núcleo a baixa pressão, foi analisado se é possível ou não ocorrer uma explosão de vapor que comprometa a esfera de Contenção.

Uma explosão de vapor pode de fato ocorrer se, no fim do aquecimento do núcleo e fase de fusão, o material fundido desmoronar na água ainda disponível no fundo do vaso de pressão do reator. A onda de pressão causada pela vaporização instantânea da água pode destruir o vaso de pressão e ao mesmo tempo danificar a Contenção. A ocorrência de uma explosão de vapor no vaso de pressão depende da ocorrência simultânea de várias condições:

- A massa fundida envolvida na reação deve ser suficientemente grande, condição de quantidade da massa fundida;
- A transferência de calor entre a massa fundida e a água deve ser muito intensa. Isto ocorre se a massa fundida é fragmentada em partículas muito pequenas (diâmetros de 10^{-3} a 1 mm) condição de superfície de contato. Esta fina fragmentação deve acontecer em um período de tempo muito curto (alguns centésimos de segundos) de forma a alcançar uma reação simultânea das massas envolvidas, condição de aderência.
- A intensa transferência de calor entre a massa fundida e o refrigerante deve prevalecer por um tempo suficientemente longo, de forma que uma quantidade adequada de energia seja transferida para o refrigerante para ocorrência de vaporização instantânea, condição de tempo de contato.

Somente uma estimativa aproximada pode ser feita com respeito à quantidade de massa fundida que “desmorona” na água residual quase simultaneamente com a falha das estruturas inferiores de suporte do núcleo. Um parâmetro importante para a análise da interação entre massa fundida e o refrigerante é o grau de conversão energética, a razão entre a energia mecânica liberada para uma onda de pressão durante a interação e a energia térmica da massa fundida envolvida. Além de aproximações teóricas, diversas investigações experimentais foram feitas neste contexto.

No contexto do ERA foram feitos cálculos nos quais uma explosão de vapor sob condições desfavoráveis foi postulada, e as cargas resultantes agindo no vaso de pressão do reator foram estimadas. Considerou-se uma energia térmica de 15.000 MJ; isto corresponde a uma massa fundida de cerca de 10.000 kg participando da reação. Mais ainda, um grau de conversão de 10% foi considerado para a conversão em energia mecânica. De acordo com os resultados destes cálculos, as maiores cargas causadas pela onda de pressão são observadas no segmento esférico do fundo. Mesmo estas cargas não levariam, todavia, a uma falha no vaso de pressão do reator.

Como conclusão, em função do atual estado de conhecimento, uma violenta explosão com vapor, destruindo simultaneamente o vaso de pressão do reator e a Contenção, pode ser excluída.

Falha no Vaso de Pressão do Reator

Durante uma fusão do núcleo, a destruição progressiva do núcleo do reator também envolve a falha das suas estruturas de suporte. Partes maiores do núcleo do reator e dos materiais estruturais fundidos caem no fundo do vaso de pressão. A água residual ainda disponível vaporiza.

Se o núcleo do reator se funde a baixa pressão, em cerca de 15 minutos as paredes inferiores do vaso de pressão são aquecidas a tal ponto que o fundo se rompe e a massa fundida do núcleo escoar para a cavidade do reator. Durante este processo, nenhuma força de reação ocorre no ancoramento do vaso de pressão. Se o núcleo do reator se funde a alta pressão, a falha da estrutura de suporte do núcleo é rapidamente seguida por uma falha do vaso de pressão do reator a temperaturas consideravelmente mais baixas que no caso de baixa pressão. O mais alto estresse térmico ocorre nas paredes do fundo do vaso. Assume-se que todo o fundo esférico se rompa, fragmente e tombe dentro da cavidade do reator.

A falha no vaso de pressão do reator é acompanhada por uma rápida depressurização. Durante este processo, reações mecânicas ocorrem e agem no ancoramento do vaso de pressão, nas tubulações de refrigerante do reator e estruturas de concreto vizinhas.

Os cálculos detalhados a respeito destas reações mecânicas e suas capacidades de suporte de carga, do ancoramento do vaso de pressão e das tubulações de refrigeração do reator mostram que as forças de reação resultantes de uma falha no vaso de pressão não podem ser absorvidas pelos suportes do sistema a uma pressão interna maior do que 3 MPa. Um movimento ascendente do vaso de pressão é obstruído pela interação entre o anel de fixação do suporte e as estruturas de concreto dos compartimentos do reator.

A pressões internas maiores que 8 MPa, não se pode excluir a possibilidade de danos à Contenção. Entretanto, nenhum receio de dano à Contenção existiria se alguma falha ocorresse em outro ponto do vaso de pressão antes da falha do fundo do vaso. Neste caso, a seqüência do acidente seria similar à fusão do núcleo a baixa pressão, não colocando em perigo a suportação do vaso do reator. O ERA estimou em aproximadamente $5,0 \times 10^{-7}$ /ano a probabilidade de ocorrência de uma seqüência acidental envolvendo fusão de núcleo a alta pressão (AP).

Combustão do Hidrogênio

Em um acidente de fusão do núcleo, existem duas fases durante as quais grandes quantidades de hidrogênio são geradas e passam para a Esfera de Contenção. Na primeira, o hidrogênio é formado quando, durante o aquecimento e a fusão das varetas do combustível, o vapor reage com o revestimento de Zircaloy (liga de Zircônio e Estanho) das varetas dos elementos combustíveis e é reduzido a hidrogênio (reação zircônio/vapor). Além disso, grandes quantidades de hidrogênio são geradas após a falha do vaso de pressão do reator,

quando o concreto reage com a massa fundida, liberando por evaporação a água contida em sua estrutura. O vapor formado entrando em contato com a massa do núcleo fundido é reduzido a hidrogênio como resultado de oxidação de elementos metálicos existentes na massa fundida e no concreto. Os experimentos feitos no Centro de Pesquisa Nuclear em Karlsruhe relativos à interação núcleo fundido-concreto revelam que a maior parte do hidrogênio é liberado durante a fase inicial da interação.

A quantidade total de hidrogênio liberado para a Contenção durante um acidente de fusão do núcleo (caso de baixa pressão BP) é, no primeiro momento, devida à reação zircônio/vapor, quando da fusão dos elementos combustíveis. Durante este processo, cerca de 50% do zircônio é oxidado, e aproximadamente 600-700 kg de hidrogênio são liberados na Contenção, até que a evaporação da água residual no vaso de pressão do reator comece. O inventário de zircônio remanescente é convertido após a falha do fundo do vaso de pressão do reator, ainda na fase inicial de interação núcleo fundido-concreto. Assim, um total de aproximadamente 1.350 kg de hidrogênio são liberados para a Contenção em poucas horas. A geração de hidrogênio durante a posterior penetração da massa fundida do núcleo no concreto é determinada pela oxidação de outros componentes metálicos contidos no material fundido e no concreto (cromo, ferro, etc).

Se um acúmulo substancial de hidrogênio, e portanto uma mistura combustível de gases, está presente na Contenção, uma ignição da mistura desses gases leva à combustão do hidrogênio. A combustão acarreta uma carga de curta duração (pico de pressão) agindo na Contenção. Uma concentração mais alta de hidrogênio na atmosfera ar/vapor da Contenção é evitada se a combustão do hidrogênio acontece no início do processo. Com uma quantidade suficiente de oxigênio na Contenção, o processo de combustão pode ser iniciado por existirem fontes de ignição, por exemplo motores elétricos, assim que o limite é atingido.

O ERA, investigou a distribuição de hidrogênio na Contenção e as cargas resultantes de sua combustão agindo na Contenção. Os resultados destas investigações são descritos a seguir.

Se uma ignição ou combustão de hidrogênio ocorre antes da falha do vaso de pressão do reator, as cargas resultantes não irão diretamente interferir com a integridade da Contenção. No entanto, uma ignição precoce do hidrogênio, por exemplo, antes da falha do vaso de pressão do reator, não pode ser postulada com certeza, devido ao alto conteúdo de vapor na atmosfera da Contenção.

Durante as primeiras poucas horas de liberação, e, em particular imediatamente após a falha do vaso de pressão do reator, as concentrações mais altas de hidrogênio são encontradas nos compartimentos centrais e inferiores da Contenção. Neste processo, misturas explosivas do gás podem se desenvolver localmente, por exemplo, nas partes inferiores do compartimento do gerador de vapor. Os efeitos potenciais de detonações locais, no entanto, são limitados por estruturas maciças de concreto nas áreas do compartimento inferior da Contenção. Por este motivo, uma detonação que iria comprometer a integridade da Contenção durante esta fase do acidente não precisa ser considerada.

Se, por um período de tempo prolongado, concentrações mais altas de misturas de gases que sofrem ignição puderem ser geradas na atmosfera da Contenção, esta é colocada em risco no caso de combustão do hidrogênio. Isto se aplicaria, por exemplo, se uma ignição da mistura de gases ocorresse não antes de uma ou duas horas depois do vaso de pressão do reator ter falhado. Neste tempo, praticamente todo o balanço de zircônio dos tubos de zircaloy das varetas de combustível foi oxidado. Isto corresponde a uma quantidade de cerca de 1.350 kg de hidrogênio liberados para a Contenção. Uma combustão completa desse hidrogênio levaria a picos de pressão, atingindo o limite de pressão de projeto da Contenção. Uma ignição posterior, durante a interação a longo-prazo núcleo fundido-concreto e a resultante combustão de grandes quantidades de hidrogênio, excederia o limite de pressão da Contenção.

Interação Núcleo Fundido/Concreto e Despressurização da Contenção

Os processos durante a interação núcleo fundido-concreto, assim como as cargas de pressão e térmicas agindo na Contenção, foram investigados quando foi estudado o comportamento a longo prazo da Contenção. Estas investigações incluíram descobertas obtidas dos experimentos feitos no Centro de Pesquisa Nuclear de Karlsruhe e de estudos teóricos.

Uma seqüência de acidente após uma fusão do núcleo a baixa pressão (BP) foi investigada. Imediatamente após a fusão através do vaso de pressão do reator, o núcleo fundido move-se, principalmente para baixo, e penetra na fundação de concreto. As estruturas de concreto laterais internas não podem ser penetradas pela massa fundida antes de aproximadamente 7-8 horas conforme estudos realizados.

Se a massa fundida será ou não submergida pela água do poço de drenagem da Contenção não se pode prever. Se ocorrer contato com a água do poço de drenagem, é provável que parte da superfície da massa fundida se torne incrustada e uma submersão completa da massa fundida seja evitada. Se nenhuma medida ativa for tomada de fora para inundar a massa fundida, uma interação “seca” entre a massa fundida e o concreto pode, em geral, ser esperada.

Mesmo se a massa fundida for submergida, o presente estado de conhecimento indica que a posterior penetração do material fundido na fundação de concreto não pode ser evitada, já que a massa fundida não é suficientemente resfriada mesmo estando completamente coberta por água. Depois de cinco dias, a massa fundida alcança a extremidade inferior da fundação da Contenção.

Mesmo se a penetração da massa fundida for evitada pelo efeito de resfriamento pela água subterrânea, grandes tensões térmicas e cargas mecânicas agindo na extremidade inferior da fundação levarão a fendas e brechas. Produtos de fissão podem então ser lixiviados da superfície da crosta da mistura massa fundida-concreto, e chegar ao subsolo.

Em uma interação “seca” massa fundida/concreto, somente um aumento lento e limitado de pressão acontecerá na Contenção, mesmo a longo prazo. A pressão é principalmente determinada pelos gases liberados durante a reação com o concreto (vapor,

hidrogênio, CO, CO₂, etc.). A pressão de projeto (0,75 MPa) da Contenção, neste caso, somente é atingida após 14 dias. Se a massa fundida for inundada pela água do poço de drenagem, a evaporação da água levará a um aumento mais rápido de pressão. Em tal caso, a pressão de projeto é alcançada após quatro dias.

O Estudo calculou uma pressão de 0,85 MPa para a falha da Contenção por sobrepressão. Como esta pressão só será atingida após diversos dias, mesmo se a massa fundida entrar em contato com a água do poço de drenagem e mesmo se houver uma geração contínua de vapor, uma quantidade suficiente de tempo estará disponível para prevenir por meio de uma despressurização controlada, uma falha por pressurização da Contenção.

Uma despressurização da Contenção também pode mitigar as conseqüências associadas com a fusão da fundação de concreto. Assim, a mistura de concreto e massa fundida pode ser aliviada de suas forças ativas antes da penetração na fundação e a liberação dos produtos de fissão para o solo pode ser evitada e/ou mitigada.

Uma liberação de produtos de fissão para o meio ambiente, associada com a despressurização é limitada e controlada, em parte, pelos filtros existentes na exaustão do sistema de ventilação da contenção.

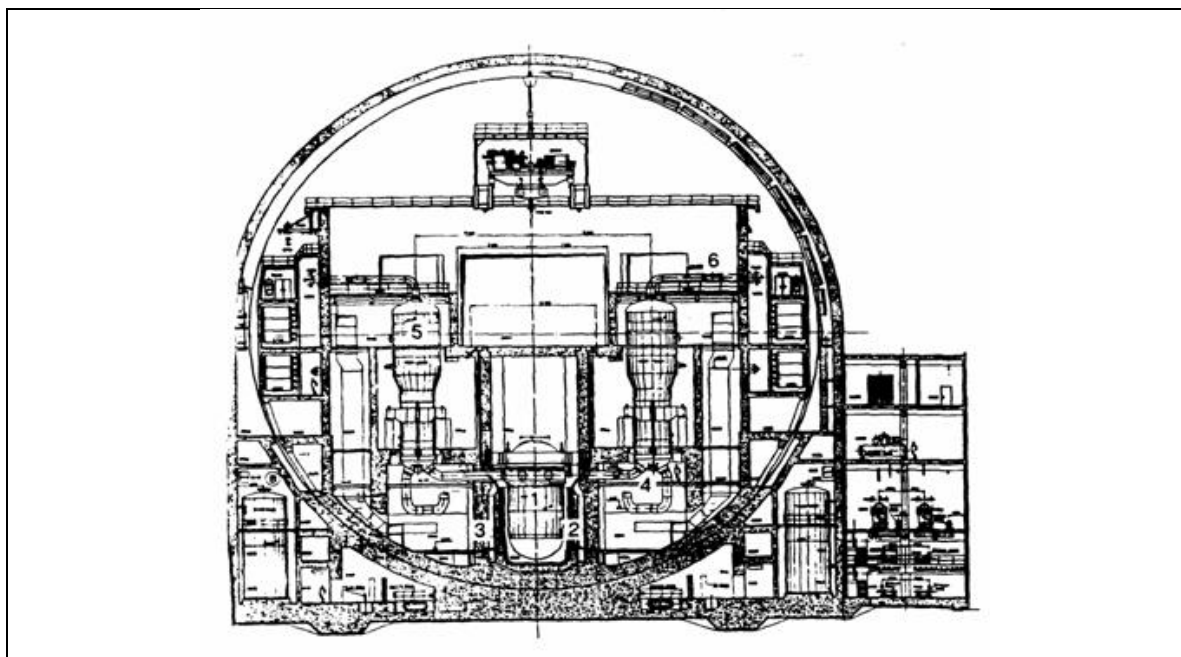


Figura 17– Edifício do Reator - Corte

- 1 – Vaso de Pressão do Reator
- 2 – Compartimento do Reator
- 3 – Estrutura de suporte do Reator
- 4 – Tubulação principal do sistema de refrigeração do Reator
- 5 – Gerador de Vapor
- 6- Tubulação de vapor principal

12.5.2. Metodologia de Avaliação da frequência de Acidentes Severos

A metodologia comumente adotada na avaliação das frequências de acidentes severos se baseia na técnica de Árvores de Falhas para o cálculo das probabilidades de falhas das funções de segurança, e na técnica de Árvores de Eventos para o cálculo de cenários acidentais resultantes das diversas seqüências de eventos desencadeadas pelo evento iniciador.

A primeira etapa da análise consiste na identificação dos eventos iniciadores, seguida do seu agrupamento. Os eventos iniciadores são agrupados de modo que todos eventos do mesmo grupo tenham os mesmos critérios de sucesso dos sistemas de segurança e resposta geral da usina, podendo então ser modelados pelas mesmas árvores de eventos.

Define-se evento iniciador como um evento que dá origem a uma perturbação na operação da usina com potencial de levar a danos do núcleo, dependendo da operação bem sucedida ou não dos respectivos sistemas de segurança. Os eventos iniciadores são normalmente divididos em três grandes categorias: (1) Perda da Integridade do Sistema de Refrigeração do Reator (LOCAs); (2) Transientes Operacionais; e (3) ATWS.

12.5.2.1. Árvore de Falhas

As árvores de falha são modelos lógicos combinando falhas dos elementos do sistema modelado. A técnica de Árvores de Falhas segue um procedimento dedutivo para modelagem de um sistema, buscando a identificação dos caminhos que podem levar ao evento topo, possibilitando o cálculo de sua probabilidade de ocorrência.

Definindo-se inicialmente o evento topo, também denominado evento indesejável, a Árvore de Falhas é construída varrendo-se todas as combinações de eventos básicos, ou eventos primários, capazes de gerá-lo. Assim, os eventos básicos, constituídos de falhas de componentes (válvulas, disjuntores, etc.) ou humanas, são relacionados através de portões lógicos conforme representado na Figura 18. A probabilidade de ocorrência do evento topo ou de uma outra seqüência selecionada, pode ser quantificada, através de álgebra booleana, pelo somatório dos conjuntos de cortes mínimos. Um corte mínimo é qualquer combinação mínima de eventos primários que causará a ocorrência do evento topo. A probabilidade de cada corte mínimo é calculada pelo produto das probabilidades de seus elementos constituintes.

Sistemas complexos, como os de usinas nucleares, geram grandes Árvores de Falhas (grande número de ramificações) e requerem o uso de computador para análise. Uma vez que a árvore de falhas tenha sido feita, usam-se dados de confiabilidade relativos às falhas de componentes e erros humanos para a estimativa da probabilidade de ocorrência do evento indesejável representado. Dados de confiabilidade para os eventos primários são retirados de bancos de dados internacionais e/ou, quando possível, são obtidos a partir dos registros da própria usina, como, por exemplo, históricos de manutenção e registros da sala de controle.

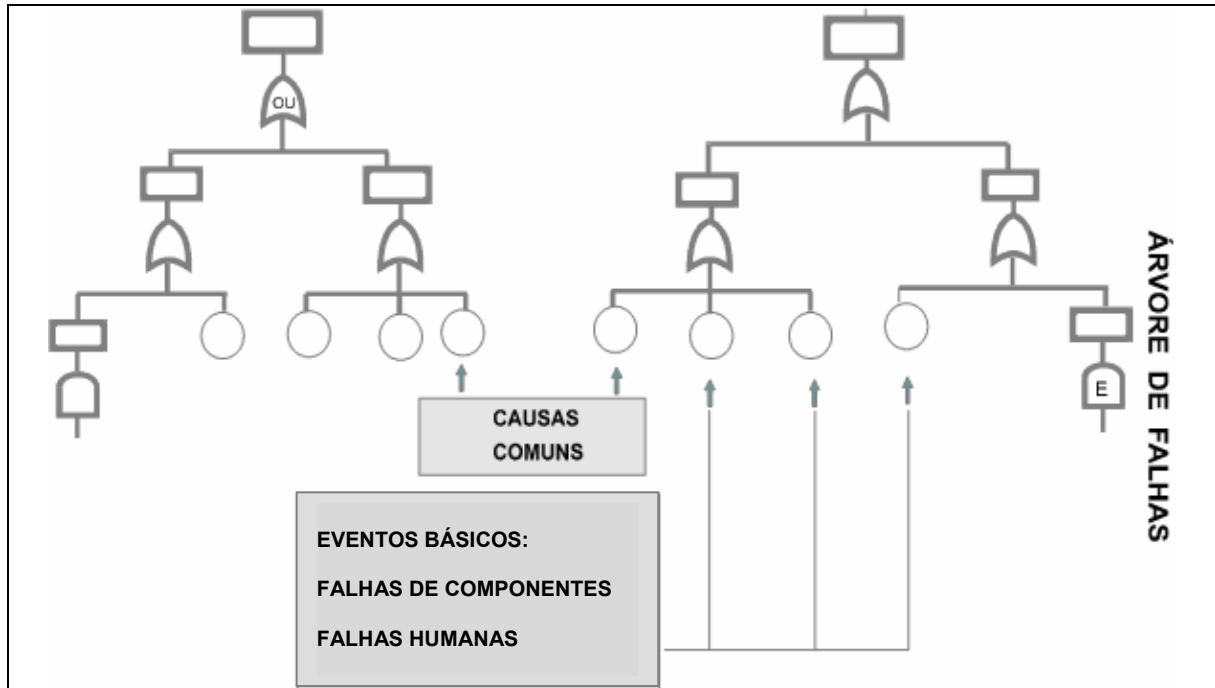


Figura 18– Árvore de Falhas.

12.5.2.2. Árvore de Eventos/Seqüência de Eventos

As árvores de eventos utilizadas nesta ARN têm a mesma estrutura e metodologia daquelas já descritas na seção da Análise de Riscos Convencional (item 12.2). Após a identificação e agrupamento dos eventos iniciadores, é analisada a resposta dos sistemas de segurança da usina para cada grupo de eventos iniciadores. Para cada evento iniciador de interesse à análise, investigações detalhadas são executadas com o intuito de identificar os estados de sucesso/falha dos sistemas de segurança. Após esta identificação esses estados são então combinados através de uma lógica decisória que produz uma árvore ramificada, obtendo-se então as várias seqüências de acidentes possíveis ao evento iniciador. As seqüências de eventos são portanto expressas em termos de eventos iniciadores e sucessos ou falhas dos sistema de segurança, e desta maneira são geradas as Árvores de Eventos.

A definição de critérios de sucesso no desempenho de um sistema de segurança é feita da forma mais realista possível. Usualmente, para isso são usadas análises de acidente deterministas, utilizando-se de programas de computador modelando fenômenos neutrônicos e/ou termo-hidráulicos, assumindo as hipóteses as mais realistas possíveis. Quando estas análises inexistem, recorre-se às análises integrantes dos Relatórios de Análise de Segurança da usina (PSAR ou FSAR), tendo-se em mente, entretanto, que neste caso os critérios de sucesso/falha poderão ser conservadores.

A título de ilustração, a Figura 19. reproduz do ERA a árvore de eventos para o evento iniciador denominado “Grandes Vazamentos em Tubulação de Resfriamento do Reator”. No

decorrer do evento, várias contramedidas, ou seja, os sistemas de segurança projetados para o resfriamento de emergência do núcleo do reator, são acionados automaticamente. Em função do sucesso ou falha de cada contramedida, duas seqüências diferentes de eventos resultam. Cada combinação de seqüências individuais leva a uma diferente condição da usina.

Na Figura 19, a seqüência de eventos (A) mostra que todos os sistemas de segurança demandados funcionam como previsto. Isto corresponde a uma condição da usina no qual o acidente considerado foi completamente evitado. A seqüência (AE) por exemplo, na qual a injeção de segurança (E) falhou, corresponde a uma seqüência de eventos que não é atendida pelos sistemas de segurança. Seqüências de eventos não-atendidas por funções de segurança resultam em AABPs, com potencial de danos ao núcleo do reator e ao meio ambiente.

Para quantificar a freqüência da seqüência de eventos do exemplo (AE), é necessário conhecer a freqüência de ocorrência do evento iniciador (A) e a probabilidade de falha da função de injeção de segurança (E). Para estimar a probabilidade de falha da função de segurança (E) é necessário conhecer o critério de sucesso da função, i.e., saber quantos dos quatro trens do sistema injeção de segurança são suficientes para exercer a função requerida, e gerar a Árvore de Falhas correspondente. Nesse caso, dois dos quatro trens, ilustrados na Figura 20, são suficientes.

A freqüência da seqüência AE é então calculada multiplicando a freqüência de ocorrência do evento iniciador (A) pela probabilidade do não-atendimento da função de segurança (E). Somando-se as contribuições das freqüências de todas as seqüências de eventos não-atendidas na Árvore de Eventos (Figura 19), obtêm-se a freqüência de danos ao núcleo correspondente ao evento iniciador em estudo (“Grandes Vazamentos em Tubulação de Resfriamento do Reator”).

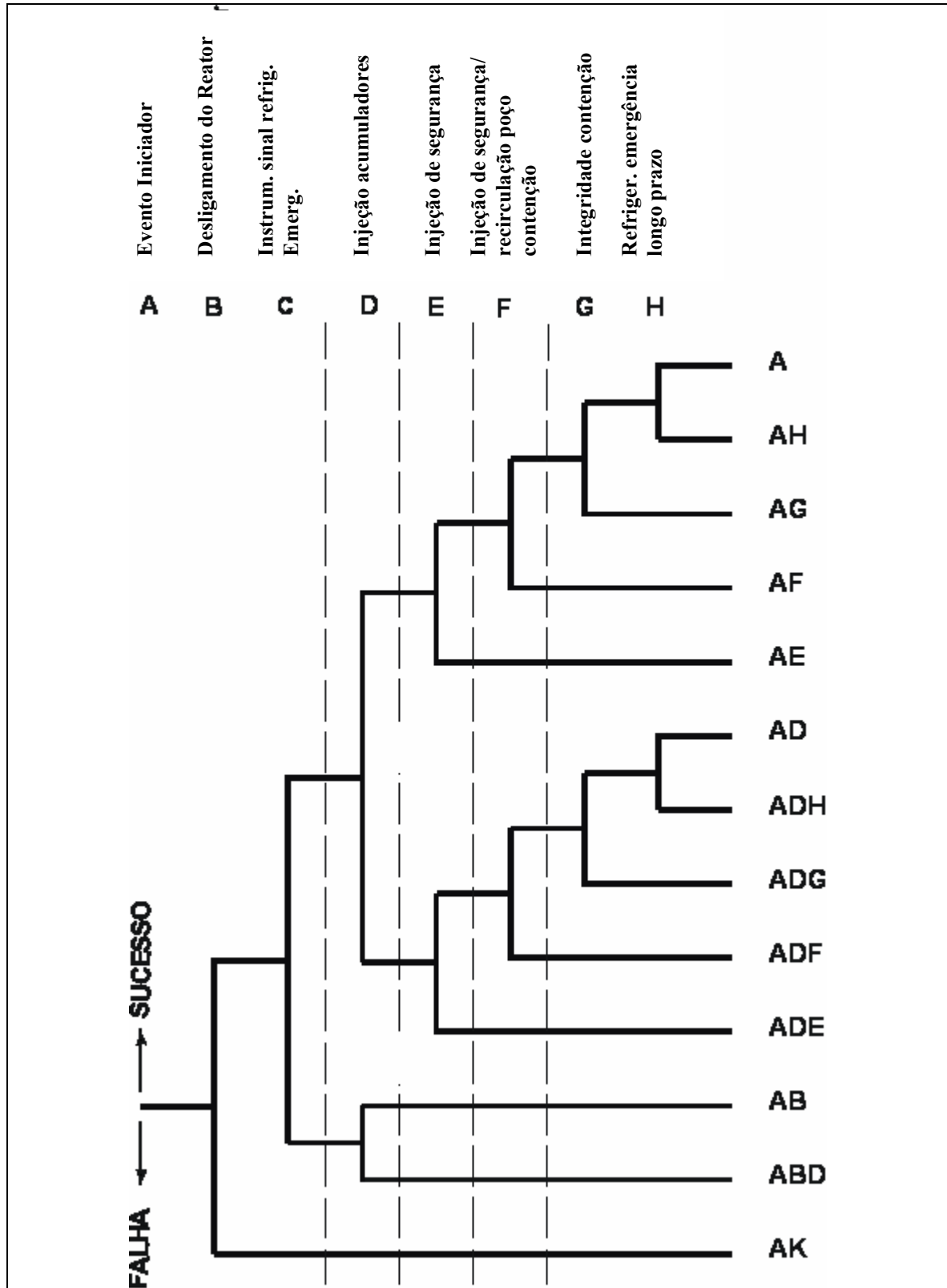


Figura 19 – Árvore de Eventos – Grandes Vazamentos em Tubulação de Resfriamento do Reator

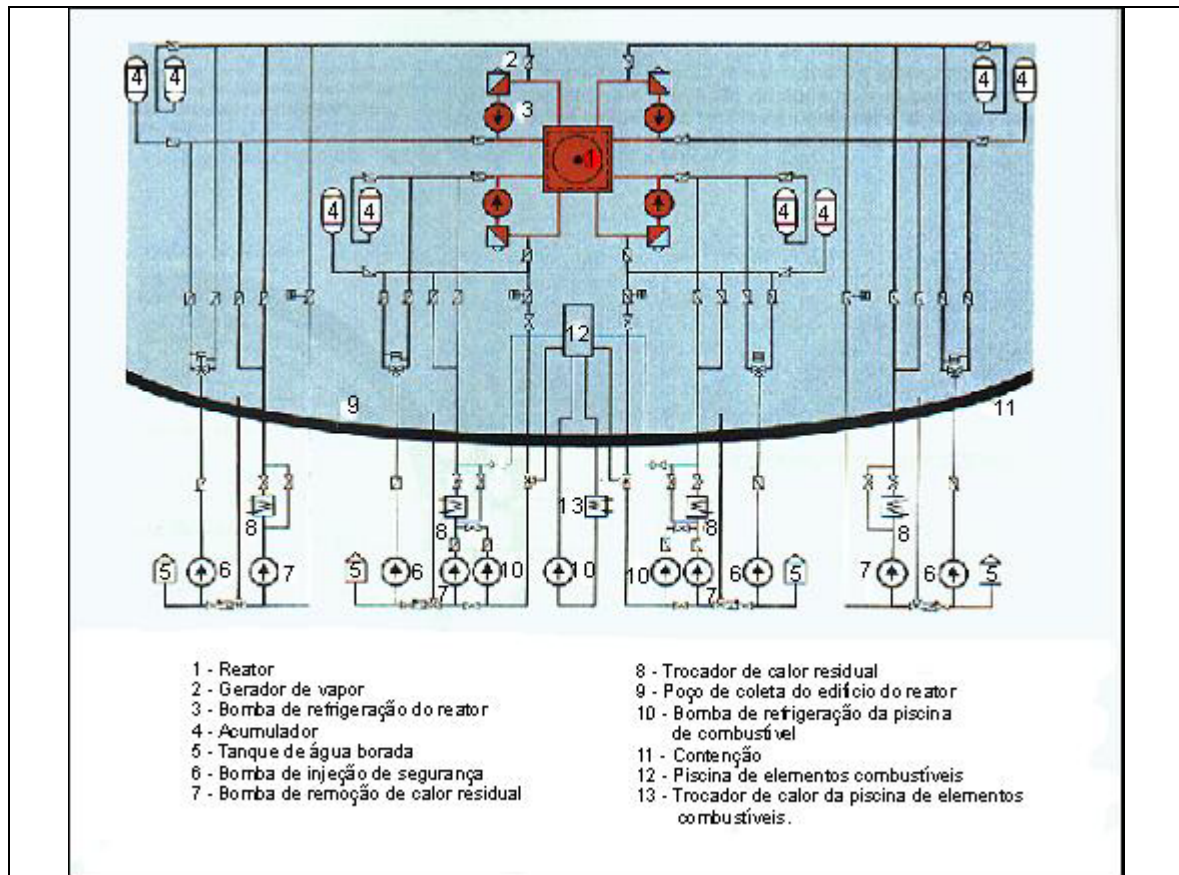


Figura 20 – Conexões dos Trens dos Sistemas de Resfriamento de Emergência do Núcleo no Sistema de Refrigeração do Reator.

12.5.3. Frequência de Acidentes Severos – Estudo de Risco Alemão

No ERA os eventos iniciadores foram selecionados pela sua potencialidade de liberação de grande quantidade de material radioativo para o meio ambiente. Esses eventos são classificados em vazamentos nos circuitos relacionados com o resfriamento do núcleo do reator, genericamente denominados LOCA (*Loss of Coolant Accident*), que variam de pequenos vazamentos até grandes rupturas de uma tubulação principal de refrigerante; e eventos relacionados a distúrbios operacionais, normalmente denominados “TRANSIENTES OPERACIONAIS”.

Os eventos iniciadores da classe LOCA são:

- Vazamentos em tubulação do sistema de refrigeração do reator;
- Vazamentos no pressurizador;
- Vazamentos em tubulação de conexão ao sistema de refrigeração do reator fora da Contenção, denominados “LOCA de Interface”;

- Vazamentos em tubos do gerador de vapor.

Os eventos iniciadores associados as transientes operacionais, e que afetam a remoção de calor do núcleo do reator, se subdividem nos seguintes grupos:

- Falha no suprimento de água de alimentação aos geradores de vapor;
- Falha da fonte fria principal;
- Transientes provocados por vazamentos nas linhas de vapor;
- Falha no suprimento de energia elétrica para os equipamentos auxiliares da usina;
- Transientes operacionais sem desligamento do reator (ATWS).

A Tabela 74 e a Tabela 75 apresentam os resultados da análise das seqüências de eventos para cada evento iniciador da classe LOCA e de transientes operacionais, respectivamente. As tabelas mostram, para cada evento iniciador especificamente, sua freqüência, a probabilidade de falha dos sistemas de segurança requeridas para atender ao evento e, finalmente, a freqüência das seqüências de acidente não atendida pelas funções de segurança.

A Tabela 76 apresenta as freqüências das seqüências de acidentes nas condições de alta e baixa pressão que levam a fusão do núcleo do reator. De modo geral, conforme mostrado na tabela, a freqüência de ocorrência dos cenários acidentais não atendidos pelas funções de segurança, atinge $2,6 \times 10^{-5}$ /ano.

12.5.3.1. Gerenciamento de Acidentes Severos

O gerenciamento de acidentes significa a utilização, pela equipe de operação e de apoio, de recursos ainda existentes nos sistemas de segurança e nos sistemas operacionais durante o curso do acidente, objetivando interromper o processo de danos ao núcleo do reator e minimizar a liberação de radioatividade para o meio ambiente.

Análises termo-hidráulicas mostram que, em muitos casos, mesmo no caso de falha dos sistemas de segurança, os acidentes podem ainda ser controlados e deste modo, danos ao núcleo do reator podem ser evitados ou suas conseqüências minimizadas. Estas análises mostram que, do início do acidente até o início da fusão do núcleo, existe um período de tempo que possibilita intervenções dos operadores, no sentido de evitar a fusão do núcleo do reator ou pelo menos, que a fusão ocorra com o sistema primário em alta pressão, o que teria conseqüências maiores com risco de perda da integridade da Contenção e liberação de radionuclídeos para o meio ambiente.

Medidas Bleed & Feed (B&F)

Medidas de gerenciamento de acidentes foram analisadas no Estudo de Risco Alemão, e posteriormente implementadas em usinas alemães, assim como em Angra 2. Estas medidas, quando tomadas em tempo, podem restaurar a refrigeração do núcleo do reator e a remoção do calor do sistema primário antes que se inicie a fusão do núcleo, ou pelo menos evitar que a integridade da contenção seja violada. Entre elas, as denominadas medidas de Bleed and Feed (“extrair e injetar”) no circuito água/vapor no lado secundário ou, no circuito de refrigeração do reator no lado primário da usina. Elas consistem essencialmente na ação manual dos operadores, explorando as possibilidades remanescentes de resfriamento dos circuitos primário e secundário e utilizando as reservas de água ainda existentes (por exemplo, água do sistema de proteção contra incêndio). Estas medidas, serão também implementadas em Angra 3:

- B&F do Sistema Primário: Consiste na operação manual controlada de aliviar a pressão do primário através das válvulas de alívio e de segurança do pressurizador (Bleed) e injetar água através do sistema de injeção de segurança de alta pressão e de baixa pressão (Feed).
- B&F do Sistema Secundário: Consiste na operação manual controlada de aliviar a pressão através das válvulas de alívio e de segurança do gerador de vapor (Bleed) e injetar água nos geradores de vapor através do sistema de água de alimentação de partida e parada ou do sistema de água de alimentação de emergência (Feed).

O ERA demonstra que, com as medidas B&F aplicadas em Biblis B, de 1300MWe, de projeto semelhante ao de Angra 2 e 3, 89% das seqüências acidentais que levam à fusão do núcleo do reator podem ser evitadas e a frequência de fusão passa de $2,6 \times 10^{-5}$ /ano para $2,8 \times 10^{-6}$ /ano (apenas 1% das seqüências conduziram à fusão do núcleo a alta pressão, que teria conseqüências maiores com riscos de perda da integridade da contenção, e 10% delas em baixa pressão).

Tabela 74 - Frequências de Eventos Iniciadores LOCA, de Falhas no Sistema de Segurança e de Fusão do Núcleo do Reator (sem medidas de gerenciamento de acidentes).

Nº	Eventos Iniciadores de Acidentes de perda de refrigerante	Seção Transversal de Vazamento(cm ²)	Frequência /ano	Probabilidade de Falha dos Sistemas de Segurança /demanda	Frequência dos cenários acidentais não atendidos por funções de segurança/ano
			Evento inicial		
Vazamento na tubulação de refrigerante do reator					
1	Grande e Médio vazamentos	> 200	< 10 ⁻⁷	< 3,0x10 ⁻³	< 10 ⁻⁸
2	Pequeno vazamento 1	80 - 200	9,0 x 10 ⁻⁵	3,5x10 ⁻³	3,1x10 ⁻⁷
3	Pequeno vazamento 2	50 - 80	7,5 x 10 ⁻⁵	3,3x10 ⁻³	2,5x10 ⁻⁷
4	Pequeno vazamento 3	25 - 50	7,5 x 10 ⁻⁵	3,3x10 ⁻³	2,5x10 ⁻⁷
5	Pequeno vazamento 4	12 - 25	1,4 x 10 ⁻⁴	1,7x10 ⁻³	2,4x10 ⁻⁷
6	Pequeno vazamento 5	2 - 12	2,8 x 10 ⁻³	1,1x10 ⁻³	3,0x10 ⁻⁶
Vazamento no Pressurizador causado por transientes operacionais					
7	- Falha na água de alimentação principal	20	3,2x10 ⁻⁵	2,8x10 ⁻³	9,0x10 ⁻⁸
8	- Falha da fonte fria principal	20	3,3.10 ⁻⁵	1,6x10 ⁻²	5,3x10 ⁻⁷

Nº	Eventos Iniciadores de Acidentes de perda de refrigerante	Seção Transversal de Vazamento(cm ²)	Frequência /ano	Probabilidade de Falha dos Sistemas de Segurança /demanda	Frequência dos cenários acidentais não atendidos por funções de segurança/ano
			Evento inicial		
9	- Outros transientes	20	1,2x10 ⁻⁴	1,7x10 ⁻³	2,0x10 ⁻⁷
10	Pequeno vazamento no pressurizador devido a abertura indevida da válvula de segurança	40	8,5x10 ⁻⁴	2,6x10 ⁻³	2,2.10 ⁻⁶
11	Vazamento em linha de conexão no annulus – LOCA de Interface	2 - 500	< 10 ⁻⁷	1	< 10 ⁻⁷
Vazamento em tubo do gerador de vapor					
12	Pequeno vazamento 1	6 - 12	1,0x10 ⁻⁵	1,1x10 ⁻²	1,1x10 ⁻⁷
13	Pequeno vazamento 2	1 - 6	6,5x10 ⁻³	1,5x10 ⁻⁴	1,0x10 ⁻⁶
1 - 13	Total (seqüências de acidentes causados por perda de refrigerante)				8,3x10 ⁻⁶

Tabela 75 - Frequências de Eventos Iniciadores de Transientes, de Falhas do Sistema de Segurança e de Fusão do Núcleo do Reator (sem medidas de gerenciamento de acidentes).

Nº	Eventos de Transientes	frequência de Eventos Iniciadores/ano	Probabilidade de Falha dos Sistemas de Segurança/Demanda	Frequência de cenários acidentais não atendidos por funções de segurança/ano
Transientes Operacionais				
14	Perda de suprimento de energia elétrica preferencial	0,13	$1,7 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-6}$
15	Perda da alimentação principal de água sem perda da fonte fria principal	0,15	$2,1 \times 10^{-5}$	$3,2 \times 10^{-6}$
16	Perda da alimentação principal de água e perda da fonte fria principal	0,29	$2,3 \times 10^{-5}$	$6,7 \times 10^{-6}$
17	Perda da fonte fria sem perda da alimentação principal de água	0,36	$8,0 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^{-6}$
Transientes Operacionais causados pelo vazamento na tubulação de vapor principal				
18	- Grande vazamento dentro da Contenção	$1,6 \times 10^{-4}$	$7,8 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-6}$
09	- Grande vazamento fora da Contenção	$4,8 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-6}$
20	- Vazamento médio dentro da Contenção	$2,7 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{-3}$	$8,1 \times 10^{-8}$
21	- Vazamento médio fora da Contenção	$1,1 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-7}$

Nº	Eventos de Transientes	frequência de Eventos Iniciadores/ano	Probabilidade de Falha dos Sistemas de Segurança/Demanda	Frequência de cenários acidentais não atendidos por funções de segurança/ano
Transientes operacionais com falha na ação de desligamento do reator (ATWS)				
22	ATWS durante a perda da Alimentação principal de água	$4,7 \times 10^{-6}$	$8,4 \times 10^{-3}$	$3,9 \times 10^{-8}$
23	ATWS durante a perda de suprimento de energia elétrica preferencial	$3,4 \times 10^{-6}$	$2,3 \times 10^{-2}$	$7,8 \times 10^{-8}$
24	ATWS durante perda da fonte fria principal e da alimentação principal de água	$7,5 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$3,8 \times 10^{-8}$
25	ATWS durante outros transientes	$2,3 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-8}$
14 – 25	Soma (seqüências de acidentes causados pelos transientes)			$1,8 \times 10^{-5}$

Tabela 76 - Frequência de Sequências de Acidentes em Condições de Baixa e Alta Pressão que levam a Fusão do Núcleo do Reator

Nº	Eventos Iniciadores	Frequência de seqüências acidentais não-atendidas por funções de segurança / ano		
		Baixa Pressão	Alta Pressão	Total
Perda de refrigerante (LOCA)				
Vazamento em tubulação de refrigeração do reator				
1-3	- Vazamento maior que 50 cm ²	5,6x10 ⁻⁷		
4-6	- Vazamento menor que 50 cm ²		3,5x10 ⁻⁶	
7-10	- Vazamento no pressurizador		3,0x10 ⁻⁶	
11	- Vazamento na linha de conexão no annulus (LOCA de Interface)	< 10 ⁻⁷	< 10 ⁻⁷	
12-13	- Vazamento no tubo do gerador de vapor		1,1x10 ⁻⁶	
1-13	Subtotal (Perda de refrigerante)	6,6x10 ⁻⁷	7,6x10 ⁻⁶	8,3x10 ⁻⁶
Transientes Operacionais				
14-17	- Transientes operacionais		1,5x10 ⁻⁵	
18-21	- Transientes causados por vazamento na linha de vapor principal		2,5x10 ⁻⁶	
22-25	- Transiente operacional com falha no desligamento total do reator (ATWS)		2,0x10 ⁻⁷	
	Subtotal (Transientes)		1,8x10 ⁻⁵	1,8x10 ⁻⁵
Total global		6,6x10⁻⁷	2,6x10⁻⁵	2,6x10⁻⁵

12.5.4. Frequência de Acidentes Severos – Angra 3

Como já citado, o ERA foi feito tendo a usina alemã Biblis B como referência. Como consequência do ERA, melhorias técnicas em relação à Biblis B foram incorporadas ao projeto de diversas usinas alemãs e em Angra 2 e 3, que resultaram em significativas diferenças na avaliação da frequência de ocorrência dos cenários acidentais com potencial de causar a fusão do núcleo do reator. As Tabela 77. e Tabela 78 mostram algumas dessas melhorias no projeto de Angra 3. Levando-se em consideração as melhorias técnicas em

relação à Biblis B, foi realizado, pela equipe da SIEMENS/KWU, um estudo preliminar de risco para Angra 2 e Angra 3, a partir de uma extrapolação do ERA. O resultado deste estudo comparativo é apresentado na Tabela 79, demonstrando uma expressiva redução da frequência de acidentes severos potenciais em Angra 3 ($5,5 \times 10^{-6}$ /ano) em relação à Biblis B ($2,6 \times 10^{-5}$ /ano).

Tabela 77 - Principais Diferenças de Projeto entre Angra 3 e Biblis B com Relevância para Pequenos LOCA

Sistema	Estudo de Risco Alemão usina BIBLIS B	ANGRA 3	Fatores relevantes de ANGRA 2 para Controle de Acidentes
1. Resfriamento pelo Circuito Secundário com taxa de 100k/h	Iniciação Manual	Iniciação Automática	- Nenhuma medida manual - Início sem atrasos - Controle automático
2. Alívio do Vapor Principal	- Duas estações de desvio de vapor cada com 50% de capacidade - Operação automática	- Quatro estações de desvio de vapor, cada com 100% de capacidade - Operação automática	- Cada uma dedicada a um Gerador de Vapor - Aumento na redundância - Nenhuma medida manual
3. Fornecimento de Água de Alimentação para os Geradores de Vapor			
3.1. Sistema de Água de Alimentação Principal	3*100%	3*100%	3.1. Sistema Separado
3.2. Sistema de Água de Alimentação de Partida e Parada	-	2*50	3.2. Função redundante para 3.3
3.3 Sistema de Água de Alimentação de Emergência	4*50%	4*50	3.3. 4 trens, independentes e autônomos; acionamento elétrico e a diesel
3.4. Sistema Reserva de Água de Alimentação de Emergência	2*50%	-	
4. Sistema de Resfriamento de emergência do Núcleo			
4.1. Acumuladores	4 (cada c/ 55 m ³)	8 (cada c/ 34 m ³)	- inventário de água aumentado -redundância do acumulador aumentada
4.2. Injeção de segurança de água em AP	4 tanques de estocagem de água borada (316 m ³ cada)	4 tanques de estocagem de água borada (450m ³ cada) e poço de Contenção implementado	- possibilidade de injeção de AP dos tanques de água borada ou Poço de Drenagem da Contenção
4.3. Operação em Paralelo de Bombas AP e BP	não é possível	implementada	-operação com sobreposição de bombas de AP e BP

Legenda: AP – Alta pressão

BP – Baixa pressão

Tabela 78 - Principais Diferenças de Projeto entre Angra 3 e Biblis B com Relevância para Transientes

Sistema	Estudo de Risco Alemão usina BIBLIS B	ANGRA 3	Fatores relevantes de ANGRA 3 para Controle de Acidentes
1. Suprimento de Energia Elétrica Normal e de Emergência	<ul style="list-style-type: none"> - duas estações principais de sistema de suprimento (380/220kV) - Sistema reserva de suprimento (220kV) - Sistema de suprimento de emergência de Energia Elétrica - Sistema de parada de emergência, suprimento de energia elétrica 	<ul style="list-style-type: none"> - sistema principal de suprimento (525kV) - sistema reserva de suprimento (138kV) - sistema de emergência de energia 1 - sistema de emergência de energia 2 	- dois sistemas de energia elétrica de emergência autônomos
2. Parada Parcial pelo Circuito Secundário	Automático	Automático	
3. Remoção de Vapor Principal	<ul style="list-style-type: none"> - 2 estações de desvio de vapor cada com 50% de capacidade. - manualmente controladas - 4 válvulas de segurança (15% cada) - 4 válvulas de segurança (100% cada) 	<ul style="list-style-type: none"> - 4 estações de desvio de vapor cada com 100% de capacidade - automáticas - 4 válvulas de segurança (100% cada) 	<ul style="list-style-type: none"> - cada estação dedicada a um GV - aumento da redundância e capacidade nenhuma ação manual
4. Fornecimento de Alimentação de Água para o GV			
4.1. Sistema de Partida e Parada 4.2. Sistema de Água de Alimentação de Emergência 4.3. Sistema de Água de Alimentação de Emergência (de outra unidade)	<ul style="list-style-type: none"> - 4*100% Manualmente: 2*100% 	<ul style="list-style-type: none"> 2*100% 4*100% - 	4.1.: sistema separado; redução nas demandas em 4.2.; função redundante para 4.2. 4.2.: 4 grupos (trens) independentes e autônomos 4.3.: suporte por unidade paralela via ação do operador

Tabela 79 - Frequências de Danos ao Núcleo do Reator de Angra 3 e de Biblis B (sem medidas de gerenciamento de acidentes severos)

EVENTO INICIADOR	ANGRA 3	BIBLIS B
	Frequência/ano	Frequência /ano
LOCA – Rupturas no sistema de refrigeração do reator	$1,6 \times 10^{-6}$	$4,0 \times 10^{-6}$
Vazamentos no sistema do pressurizador	$1,2 \times 10^{-6}$	$3,0 \times 10^{-6}$
Rupturas nos tubos do gerador de vapor	$7,2 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-6}$
Transientes operacionais	$1,5 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-5}$
Rupturas em Tubulação do Secundário (vapor principal e água de alimentação)	$4,9 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-6}$
Total	$5,5 \times 10^{-6}$	$2,6 \times 10^{-5}$

FONTE: "Estimation of the frequency of events for Angra 2/3 which are not coped-with by the Safety Systems on the basis of the DRS/B ", Work Report, July, 9, 1990.

12.5.4.1. Estado Evolutivo de Angra 3

A Tabela 80 apresenta uma comparação da frequência estimada de acidentes severos, fusão do núcleo do reator de Angra 3, com os resultados correspondentes para usinas da Europa e dos EUA. Os números refletem o estado evolutivo em que se encontra o projeto em relação às outras usinas. Angra 3 caracteriza-se como uma instalação com altos padrões internacionais de segurança.

Tabela 80 - Frequência de Acidentes Severos com Fusão do Núcleo do Reator

USINA/TIPO/POTENCIA/LOCALIZAÇÃO/ ANO OPER.	Frequência /ano	REFERÊNCIA
BIBLIS B – PWR, 1300 MW - RFA -1976	$2,6 \times 10^{-5}$	ESTUDO ALEMÃO- DRS/B-1990
ANGRA 3 – PWR, 1350 MW – BR – ...	$5,5 \times 10^{-6}$	H. MÄRKL (SIEMENS) – Operational Safety: Exercised Practice and Recent Tendencies in KWU PRRs [LAS Meeting, Rio, 1991

USINA/TIPO/POTENCIA/LOCALIZAÇÃO/ ANO OPER.	Freqüência /ano	REFERÊNCIA
PALUEL – PWR, 1300 MW – FR - 1985	$5,0 \times 10^{-6}$ (2)	EPS 1300 -1990
SEQUOYAH – PWR, 1150 MW – USA-1981	$3,7 \times 10^{-5}$	NUREG 1150
ZION – PWR, 1100 MW –USA – 1973	$5,0 \times 10^{-5}$ (1)	NUREG 1150

FONTE: Selvatici, E – Câmara Técnica - V-Reunião – Conama, Usina Nuclear Angra 2– 1994

(1) – após melhorias em 1988, anteriormente , $2,4 \times 10^{-4}$ /reator.ano

(2) – Estudo realizado pela EDF - Electricité de France

12.5.4.2. Conclusão

Como visto anteriormente, um cenário acidental severo, fusão do núcleo do reator, é o resultado de uma seqüência de falhas dos sistemas de segurança, após a ocorrência de eventos iniciadores considerados na análise das bases de projeto (AS). É uma situação na qual a usina excedeu as bases de projeto, i.e., os sistemas de segurança e de emergência existentes falharam, e a situação escapou ao controle. Isto não significa que o núcleo irá imediatamente fundir, mas uma fusão do núcleo não mais pode ser desconsiderada.

Pelas análises apresentadas anteriormente, e sem considerar medidas de gerenciamento de acidentes, a freqüência de acidentes severos com fusão do núcleo do reator para a usina de Angra 3, a soma das freqüências de todos os cenários acidentais que podem causar o acidente severo, é estimada em $5,5 \times 10^{-6}$ /ano.

Na Revisão 1 do documento intitulado “Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants”, publicado em 1999 no INSAG-12, o “International Safety Advisory Group” da Agência Internacional de Energia Atômica recomenda a indústria nuclear internacional como meta para usinas nucleares então em operação que a freqüência de danos ao núcleo do reator no caso de acidentes severos seja menor que 10^{-4} por reator/ano; e que para usinas futuras esta freqüência não seja maior que 10^{-5} por reator/ano. Portanto, com a freqüência de danos ao núcleo do reator da ordem de 10^{-6} por ano, a usina de Angra 3 já superou a meta recomendada.

A usina de Angra 3, caracteriza-se, portanto, como uma instalação de alto nível de segurança estando acima dos padrões internacionais de aceitação de riscos nucleares.

12.5.5. Análise de Conseqüências

12.5.5.1. Introdução

As conseqüências de um acidente severo de fusão do núcleo se traduzem no risco de fatalidades imediatas a que estão sujeitas as populações nas imediações da central nuclear. A quantificação deste risco envolve três etapas principais. A primeira delas é a determinação do termo-fonte (quantidade de radionuclídeos liberados) para cada categoria de liberação. A segunda diz respeito ao transporte e ao comportamento do material liberado na biosfera e a terceira e última é a determinação das doses de radiação e suas conseqüências, o que depende dos modelos de dose utilizados, da distribuição demográfica local e das ações de emergência planejadas.

O primeiro grande estudo efetuado com esta finalidade, foi o já citado WASH 1400, que surgiu em meados da década de 1970 e considerava tanto usinas com reatores a água pressurizada (PWR) como usinas com reatores a água fervente (BWR). Este estudo serviu como referência na elaboração dos critérios básicos para o estabelecimento das diretrizes de planejamento das ações de proteção da população em situações de emergência na CNAEA.

Em 1980, surgiu o ERA, que considera somente usinas PWR e tem como usina de referência Biblis B, bastante semelhante a Angra 2 e 3. A seguir será feita uma avaliação comparativa com base no ERA utilizando-se a frequência de fusão do núcleo para Angra 3 obtida a partir dos melhoramentos introduzidos no projeto da usina. É importante salientar que, também na análise de conseqüências, o ERA adotou a mesma metodologia utilizada no WASH 1400. Isto possibilita, portanto, uma análise comparativa da validade da aplicação dos critérios básicos, contidos naquele documento, ao caso de Angra 3.

12.5.5.2. Modelo Geral Utilizado pelo Estudo de Risco Alemão

O modelo geral utilizado para a avaliação das conseqüências de acidentes é composto de 3 partes distintas:

- Liberação de Atividade
- Dispersão e Deposição Atmosféricas
- Cálculo das Doses de radiação

Diferentemente do WASH 1400, este estudo considera apenas usinas com reatores a água pressurizada, e adota como referência a usina Biblis B, cujo reator tem a potência de 1.300 MWe. Foi assumido que todos os 25 reatores comerciais considerados no estudo tinham uma potência igual ao da usina de referência e que as usinas correspondentes estavam distribuídas em 19 locais diferentes.

Liberação de Atividade

O ponto de partida para a determinação das conseqüências de um acidente é a quantidade de material radioativo liberada para a atmosfera. Quando os resultados dos cálculos de liberação de produtos de fissão de uma determinada usina são analisados, observa-se que:

- A quantidade de produtos de fissão liberada depende se houve ou não a fusão do núcleo do reator e do modo de falha da contenção.
- No caso de acidente com fusão do núcleo, a quantidade liberada depende relativamente pouco da seqüência de eventos que foi utilizada nos cálculos.

Os seguintes modos de falha da contenção foram adotados para acidentes que podem levar a uma fusão do núcleo:

- Vazamentos
- Falha por sobre-pressão
- Explosão de vapor no vaso de pressão do reator

Com base no acima exposto, as seqüências de liberação utilizadas foram agrupadas em oito diferentes categorias. Cada seqüência de eventos considerada foi agrupada em uma das categorias, levando-se em consideração a sua liberação correspondente. Uma liberação representativa de cada categoria foi definida a partir dos valores mais elevados de liberação para cada grupo de radionuclídeos, por seqüência de eventos, pertencente àquela categoria. A freqüência de liberação de cada categoria foi obtida através da soma das freqüências das seqüências de eventos que as compõem.

A Tabela 81 mostra, entre outros dados, as freqüências de liberação para cada uma das oito categorias, bem como as frações da atividade total do núcleo liberadas para cada grupo de radionuclídeos em cada categoria.

Tabela 81 – Termo Fonte por Categoria de Liberação.

Categoria de Liberação	Descrição	Instante da Liberação horas	Duração da liberação horas	Altura de Liberação metros	Energia Liberada 10 ⁶ KJ/h	Frequência da Liberação/ano	Fração do Inventário do Núcleo Liberada							
							Xe-Kr	I _{org}	I ₂ -Br	Cs-Rb	Te-Sb	Ba-Sr	Ru ₂	La ₃
1	FN com explosão de vapor	1	1	30	540	2,0x10 ⁻⁶	1	7,0x10 ⁻³	7,9x10 ⁻¹	5,0x10 ⁻¹	3,5x10 ⁻¹	6,7x10 ⁻²	3,8x10 ⁻¹	2,6x10 ⁻³
2	FN com vaz. UJA Φ=300mm	1	3	10	15	6,0x10 ⁻⁷	1	7,0x10 ⁻³	4,0x10 ⁻¹	2,9x10 ⁻¹	1,9x10 ⁻¹	3,2x10 ⁻²	1,7x10 ⁻²	2,6x10 ⁻³
3	FN com vaz. UJA Φ=80mm	2	3	10	1	3,0x10 ⁻⁶	1	7,0x10 ⁻³	6,3x10 ⁻²	4,4x10 ⁻²	4,0x10 ⁻²	4,9x10 ⁻³	3,3x10 ⁻³	5,2x10 ⁻⁴
4	FN com vaz. UJA Φ=25mm	2	3	10	-	3,0x10 ⁻⁶	1	7,0x10 ⁻³	1,5x10 ⁻²	5,1x10 ⁻³	5,0x10 ⁻³	5,7x10 ⁻⁴	4,0x10 ⁻⁴	6,5x10 ⁻⁵
5	FN sobre pressão com falha do KLB 60	0	1	10	-	2,0x10 ⁻⁵	2,0x10 ⁻⁵	1,8x10 ⁻⁷	1,8x10 ⁻⁵	4,7x10 ⁻⁵	3,6x10 ⁻⁷	5,5x10 ⁻⁹	-	-
		1	1	10	-		2,3x10 ⁻²	1,6x10 ⁻⁴	9,6x10 ⁻⁴	6,7x10 ⁻⁴	6,7x10 ⁻⁴	8,0x10 ⁻⁵	5,5x10 ⁻⁵	8,8x10 ⁻⁶
		25	1	10	200		9,8x10 ⁻¹	6,8x10 ⁻³	9,6x10 ⁻³	4,5x10 ⁻⁴	7,7x10 ⁻⁴	4,7x10 ⁻⁵	5,3x10 ⁻⁵	9,5x10 ⁻⁶
6	FN Falha por sobre pressão	0	1	100	-	7,0x10 ⁻⁵	2,0x10 ⁻⁵	1,8x10 ⁻⁹	1,8x10 ⁻⁸	4,7x10 ⁻⁸	3,6x10 ⁻¹⁰	5,5x10 ⁻¹²	-	-
		1	1	100	-		2,3x10 ⁻²	1,6x10 ⁻⁶	9,6x10 ⁻⁷	6,7x10 ⁻⁷	6,7x10 ⁻⁷	8,0x10 ⁻⁸	5,5x10 ⁻⁸	8,8x10 ⁻⁹
		25	1	10	200		9,8x10 ⁻¹	6,8x10 ⁻³	9,6x10 ⁻³	4,5x10 ⁻⁴	7,7x10 ⁻⁴	4,7x10 ⁻⁵	5,3x10 ⁻⁵	9,5x10 ⁻⁶
7	APR com grande vaz. no UJA	0	1	10	9	1,0x10 ⁻⁴	1,7x10 ⁻²	3,7x10 ⁻⁵	5,3x10 ⁻³	1,3x10 ⁻²	2,5x10 ⁻⁵	2,5x10 ⁻⁷	0	0
8	APR Base de Projeto	0	6	100	-	1,0x10 ⁻³	4,6x10 ⁻⁴	1,0x10 ⁻⁸	1,2x10 ⁻⁸	2,1x10 ⁻⁸	4,1x10 ⁻¹¹	4,1x10 ⁻¹³	0	0

Legenda: FN – Fusão do Núcleo; APR – Acidente com Perda de Refrigerante; UJA – Contenção do Reator; KLB – Sistema de Ventilação da Contenção; φ - Diâmetro da Ruptura.

Dispersão e Deposição Atmosféricas

O modelo de dispersão e deposição atmosféricas permite calcular a distribuição temporal e espacial das concentrações de atividade no ar e da contaminação do solo no entorno do local do acidente. Este modelo considerou:

- A ascensão térmica da pluma devida ao calor sensível e latente;
- A influência de edificações próximas na dispersão e na elevação da pluma;
- A variação temporal do estado de turbulência da atmosfera, da velocidade do vento e da precipitação;
- O decaimento radioativo em função do tempo após o acidente;
- A redução da concentração da pluma por deposição seca e úmida;

Os cálculos foram efetuados para todas as categorias de liberação, para 115 condições atmosféricas representativas e para cada um dos 19 locais selecionados. Cada uma das 115 diferentes condições atmosféricas resulta em um campo de concentração de atividade no ar, e em outro campo de contaminação do solo. Assim como no WASH 1400, considerou-se que todas as direções de vento são igualmente prováveis. O modelo de dispersão adotado em ambos os casos foi o modelo gaussiano.

Modelo de Dose de Radiação

Os seguintes caminhos de dose foram considerados no estudo:

- Irradiação externa devida a passagem da pluma;
- Irradiação externa devida à atividade depositada no solo;
- Irradiação interna por inalação de material radioativo:
 - diretamente da pluma;
 - em ressuspensão oriundo do solo contaminado;
- Irradiação interna por ingestão de alimentos contaminados.

As doses foram calculadas para os seguintes órgãos:

- Medula óssea;
- Superfície óssea;
- Pulmões;
- Tireóide;
- Seios;
- Gônadas;

- Corpo Inteiro;

As fatalidades imediatas, resultantes de um acidente com um reator são, quase que exclusivamente, devidas à dose absorvida pela medula óssea. A relação dose/probabilidade para efeitos agudos da radiação, utilizada no ERA, segue uma distribuição normal cumulativa com as seguintes características:

$$LD1 = 2,5 \text{ Gy}$$

$$LD50 = 5,1 \text{ Gy}$$

$$LD99 = 7,7 \text{ Gy}$$

com um limiar de dose de 1 Gy.

Os subíndices representam os percentuais de fatalidade imediatas na população exposta à dose correspondente.

A curva correspondente é mostrada na Figura 21.

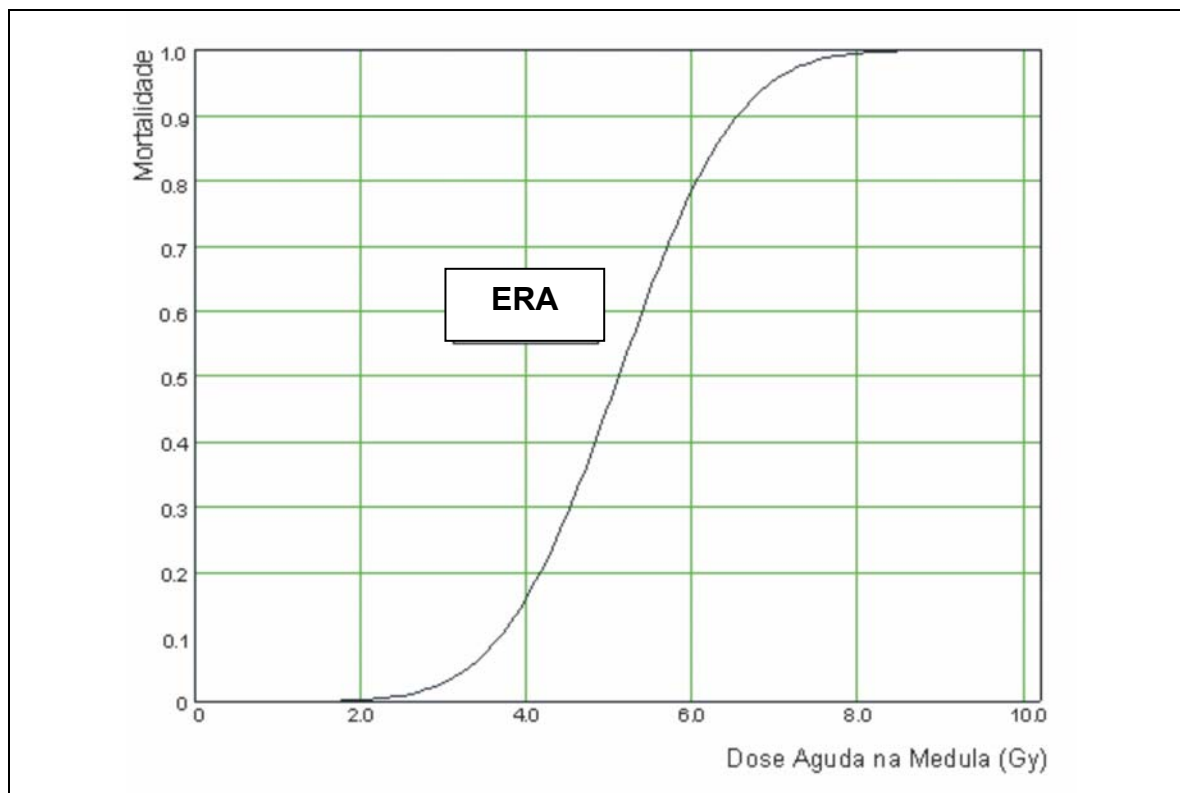


Figura 21 – Probabilidade de fatalidade por radiação

12.5.5.3. Resultados e Comparações

Danos Coletivos

Com base nas doses de radiação esperadas, as probabilidades individuais médias de fatalidade imediata foram inicialmente calculadas no ERA. Os danos coletivos foram obtidos multiplicando-se as probabilidades individuais médias de fatalidades imediatas pelo número de pessoas envolvidas.

Assim como no WASH 1400, a extensão dos danos é apresentada na forma de funções de Distribuição Cumulativa Complementar de Frequência (funções DCCF). Estas funções mostram, para cada dano coletivo, a frequência esperada para este dano. As funções DCCF para o caso de fatalidades imediatas são mostradas na Figura 22.

A Figura 23 mostra as DCCFs como calculadas no ERA e no WASH 1400. Para tornar mais fácil uma comparação, os dados americanos foram normalizados para 25 usinas, e os dados alemães, originalmente obtidos a partir de valores médios, são apresentados também com base em valores medianos, como é o caso do estudo americano. Apesar do estudo alemão seguir bem de perto a metodologia empregada no estudo americano, existem entre os dois estudos algumas diferenças importantes como:

- Características de projeto das usinas de referência
- Resultados da revisão dos dados de confiabilidade
- Ações de proteção e contramedidas
- Relação dose/fatalidade

Apesar destas diferenças, a Figura 23 mostra que os resultados de ambos os estudos são bastante semelhantes e indicam que, para fatalidades imediatas, as frequências obtidas pelo ERA são inferiores às obtidas pelo WASH 1400, mas que são, em ambos os casos, muito baixas.

Risco Individual

O risco individual, é o valor esperado obtido da ponderação das probabilidades de ocorrência com os danos individuais dependentes do local. O risco individual de fatalidades imediatas em função da distância, normalizado a uma usina, é mostrado na Figura 24, para cada categoria de liberação tendo como base a usina de referência (Biblis B). Junto a cada curva, é apresentada a frequência de liberação da categoria em questão.

Para efeitos de comparação, a curva resultante da soma de todas as categorias para a usina de referência é mostrada na Figura 25 juntamente com a curva de Angra 3. A curva de Angra 3 foi obtida a partir de BUCHNER (1990) e mostra como se comportaria o risco individual de fatalidades imediatas se esta usina tivesse sido usada, na Alemanha, como usina de referência.

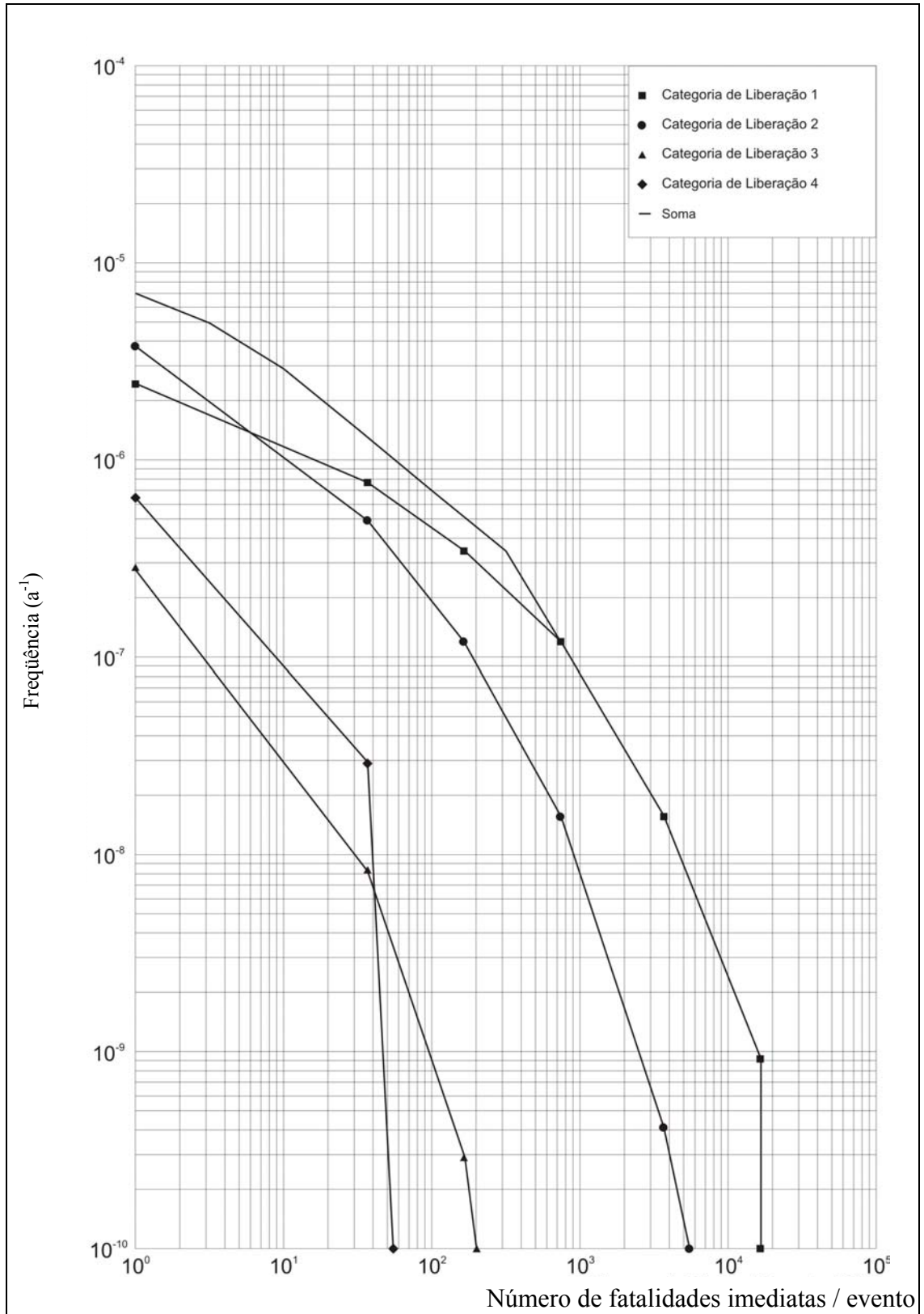


Figura 22 – Distribuição cumulativa complementar de freqüência de fatalidades imediatas

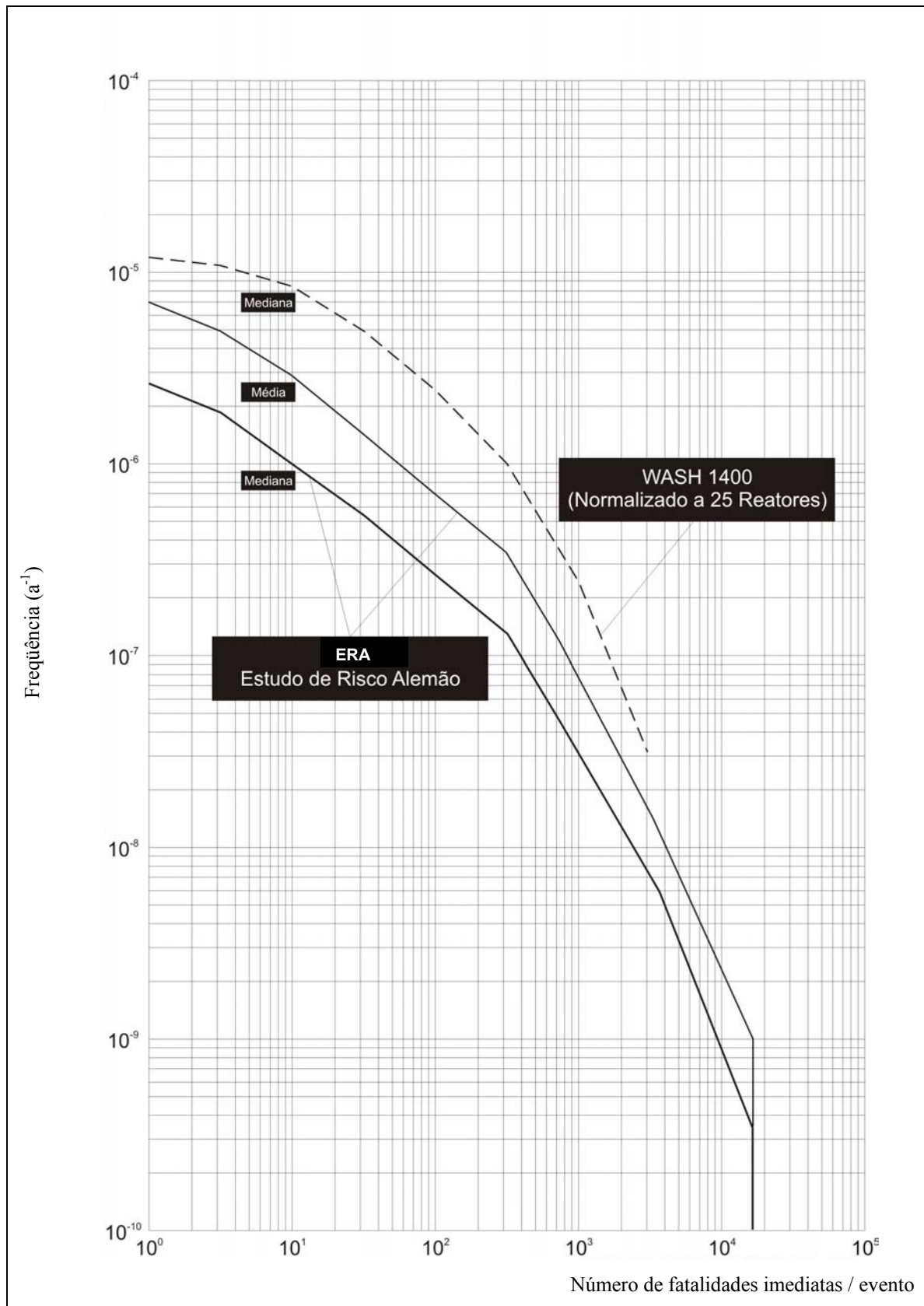


Figura 23 – Distribuição cumulativa complementar de frequência de fatalidades imediatas

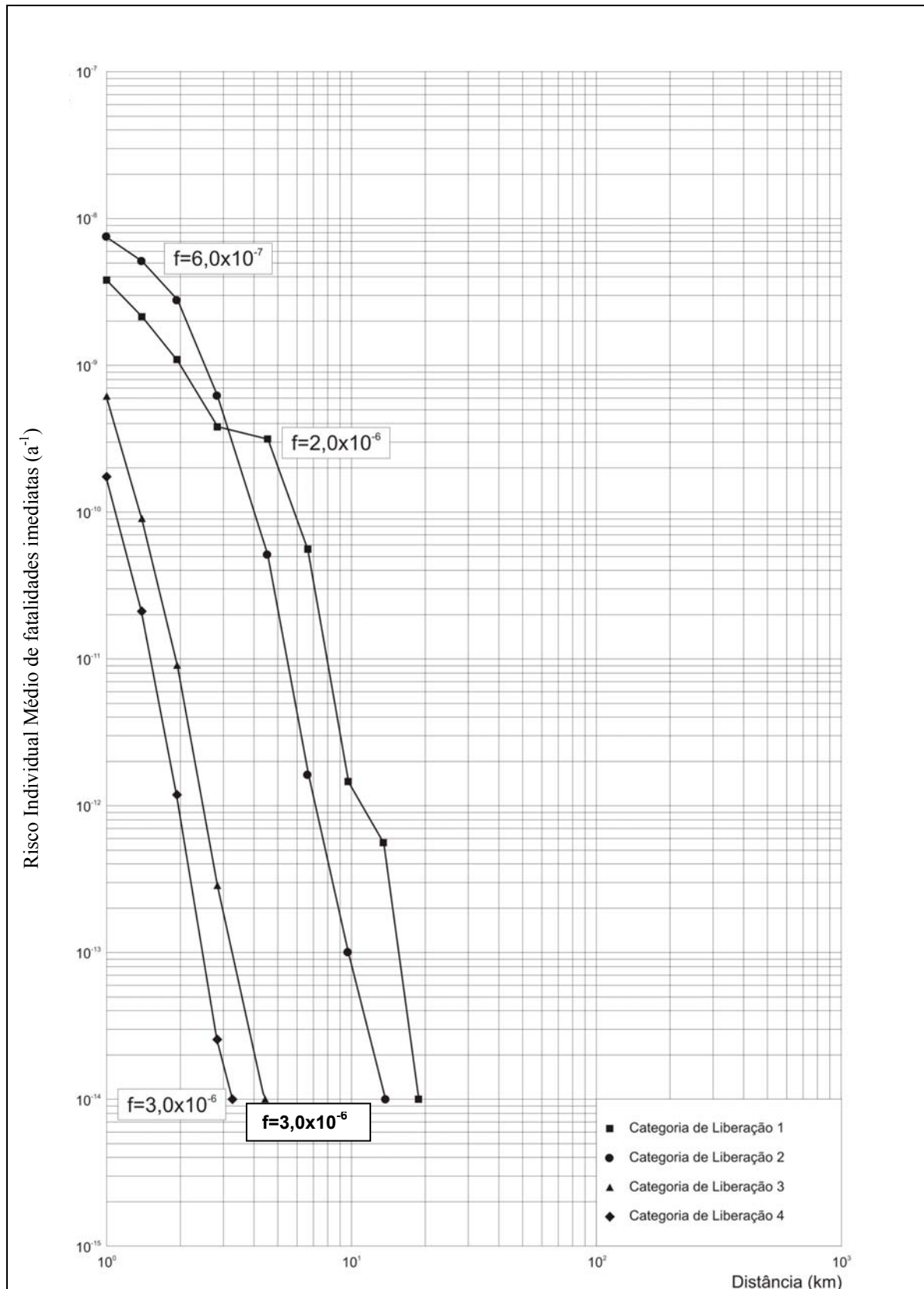


Figura 24 – Risco individual em função da distância (ERA: Biblis B)

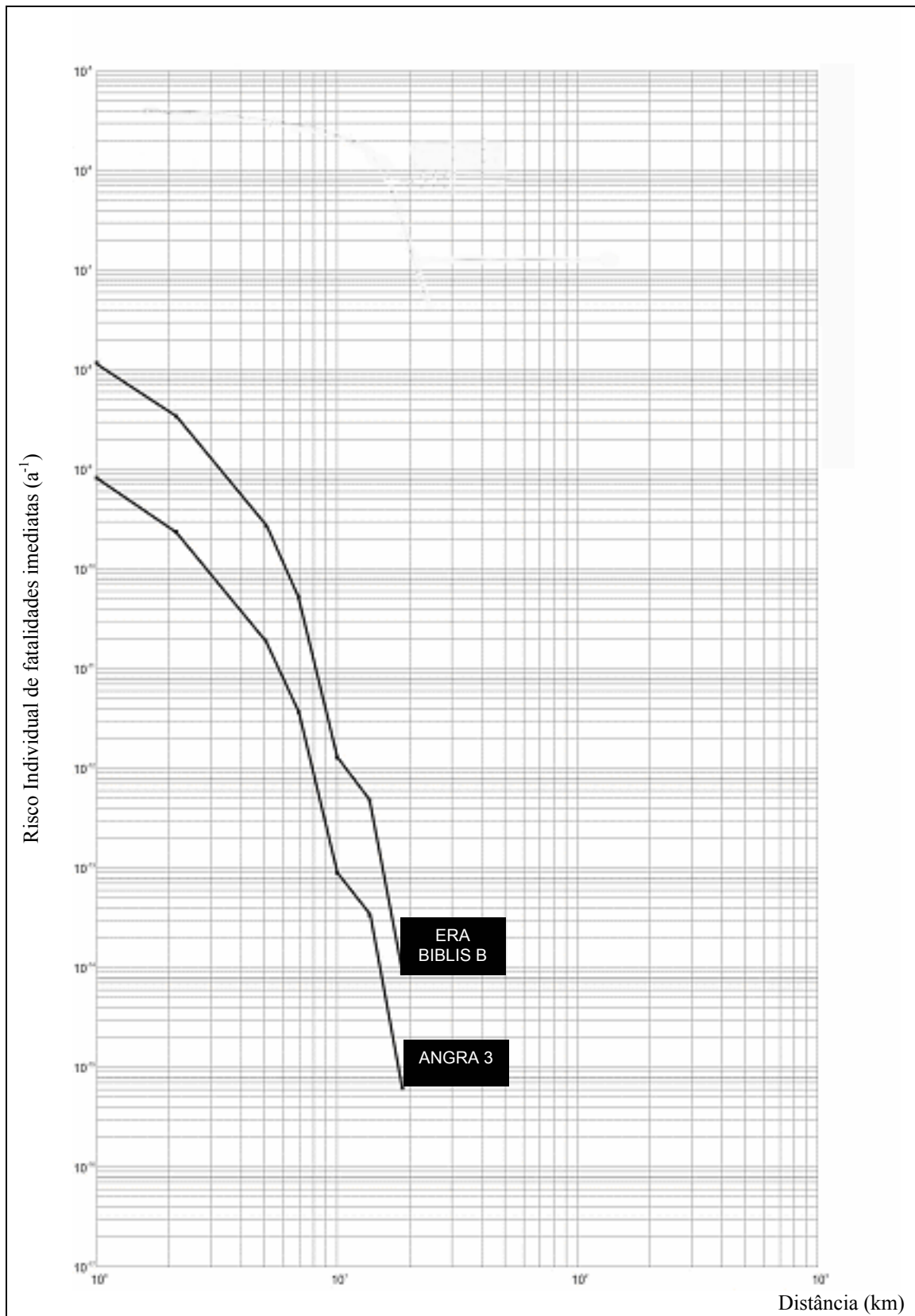


Figura 25 – Comparação do risco individual de fatalidades imediatas

12.5.5.4. Conclusões

Uma análise das curvas apresentadas na Figura 23 aponta para uma semelhança significativa entre os resultados de ambos os estudos, apesar das diferenças existentes entre eles. A respectiva figura indica também uma tendência a valores mais baixos, por parte do estudo alemão, no que diz respeito aos danos coletivos imediatos.

Uma análise das curvas de risco mostradas na Figura 25 leva à conclusão de que o risco individual de fatalidade imediata nas proximidades da usina é muito pequeno e, além disso, decresce de forma bastante acentuada com a distância. Considerando-se os melhoramentos técnicos introduzidos em Angra 3, que reduziram significativamente sua probabilidade de fusão do núcleo, os riscos de fatalidade imediata a ela associados, se usada como usina de referência na Alemanha, são inferiores aos obtidos pelo estudo de risco em questão. Se forem levadas em consideração as diferenças de densidade e distribuição populacionais entre os dois casos, os riscos associados à Angra 3, no seu próprio local, serão ainda menores àqueles apresentados na Figura 25.

Com base nas considerações acima, pode-se inferir que os critérios adotados para o estabelecimento de diretrizes de planejamento das ações de proteção da população em situações de emergência, bem como as ações planejadas para estas situações, podem, com segurança, ser mantidos considerando a entrada em operação de Angra 3, sem com isto comprometer a eficácia esperada.

12.6. PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA

12.6.1. Planejamento para Emergências Não Radiológicas

Na Análise de Segurança em uma unidade nucleoeletrica é avaliado todo o conjunto de proteções disponíveis para a prevenção e o controle dos potenciais eventos acidentais que foram identificados. Nesta parte do relatório serão apresentados o Plano de Proteção contra Incêndio e o Plano de Auxílio Mútuo destinados a prevenção e controle de acidentes não relacionados diretamente com a operação do reator. Trata-se da possibilidade de ocorrência de incêndios e acidentes durante o transporte de cargas com produtos classificados como perigosos e que são utilizados na usina.

Para os cenários acidentais que envolvem incêndios, existe, na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA) um complexo sistema de prevenção e controle que está implantado nas Unidades 1 e 2 e 3 (neste caso para a fase de construção e montagem final), em forma compatível para atuação independente ou conjunta, conforme a demanda específica.

As diretrizes para organização e atuação do sistema encontram-se definidas na norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), NE-2.03 - Proteção Contra Incêndios em Usinas Nucleoeletricas.

Além desta, podem ser consideradas como referências complementares para a organização dos sistema de prevenção e controle de emergências, as seguintes normas:

- NE-1.04: “Licenciamento de Instalações Nucleares”
- NE-1.16: “Garantia da Qualidade para Usinas Nucleoeletricas”
- NE-1.18: “Conservação Preventiva para Usinas Nucleoeletricas”
- NE-2.01: “Proteção Física de Unidades Operacionais de Área Nuclear”

Em conjunto, estas Normas orientam as medidas preventivas e mitigadoras disponíveis para o controle da Unidade sob situação de emergência. A abordagem adotada enquadra-se no paradigma da chamada “Cultura de Segurança”, buscando garantir, em todos os níveis, as condutas que favorecem a manutenção da regularidade operacional, e conseqüentemente a plena segurança dos funcionários, dos contratados e do público em geral.

Existem ainda outro conjunto de cenários potenciais de acidentes considerados no corpo de normas em vigor, oriundas dos órgãos ambientais e da CNEN (em se tratando de material radioativo). O conjunto corresponde à possibilidade de acidentes com substâncias perigosas durante o transporte. Os acidentes com cargas perigosas destinadas à Central Nuclear representam risco para a população e para as atividades econômicas das áreas atravessadas, particularmente pela BR-101, no trecho Rio-Santos. A inclusão deste item foi motivada por dois fatores:

- A Rodovia BR-101, no trecho em questão, apresenta um traçado fortemente sinuoso com percentual superior a 60% de curvas com mais de 80 graus de inflexão e raios de curvatura pequenos; e
- A Rodovia atravessa um conjunto de ecossistemas sensíveis, com a presença de numerosos corpos d'água.

Para estes casos, o sistema de controle de emergência da Central Nuclear encontra-se integrado ao “Plano de Auxílio Mútuo da Costa Verde” (PAM – Costa Verde). O planejamento congrega empresas locais, órgãos e instituições públicas e privadas, para atendimento integrado nas emergências envolvendo o transporte de cargas perigosas. Além disto o sistema pode ser acionado como suporte complementar nas emergências agravadas, dentro das instalações.

12.6.1.1. Plano de Proteção Contra Incêndio

O Plano de Proteção Contra Incêndio da Unidade 3 é organizado de forma a ser progressivamente modificado na medida em que avança a construção. Durante a construção, o plano é denominado Plano Preliminar de Proteção contra Incêndios (PPPI). Este plano é adequado ao atendimento de emergências no canteiro de obras, em áreas administrativas e nos locais de estocagem e transferência de materiais combustíveis.

A estrutura atual orienta as ações de controle e combate dos grupos responsáveis pela segurança industrial e proteção contra incêndio. O PPPI contém todas as especificações e as características deste tipo de documento básico. Os principais itens contidos no plano são:

- Informações gerais sobre proteção contra incêndios, conforme as características dos cenários potenciais identificados na planta.
- Plantas baixas das especificações do canteiro de obras das elevações dos edifícios das obras básicas, previstas para as diversas etapas da construção. Estas contem as seguintes informações:
 - Divisão das áreas de incêndio;
 - Localização com identificação numérica dos hidrantes provisórios e abrigos de equipamentos para combate a incêndios;
 - Vias de acessos para os membros das Brigadas;
 - Rotas de fuga para trabalhadores;
 - Especificações dos sistemas de combate a incêndios.
- Descrição dos sistemas de alarme (tipo, identificação dos sinais, áreas de abrangência)
- Designação funcional das seguintes atribuições:
 - Notificação da emergência;

- Qualificação da emergência;
 - Acionamento das brigadas;
 - Coordenador da Brigada da Construção;
 - Coordenador da Brigada da Central;
 - Atualização do plano.
- Procedimentos para a manutenção da disponibilidade dos equipamentos de segurança;
 - Manutenção e controle dos sistemas fixos e móveis de combate a incêndios;
 - Procedimentos padronizados para inspeções de todo o conjunto de equipamentos;
 - Programa de treinamento para os diversos níveis funcionais;
 - Forma de atuação das brigadas nos cenários de acidentes potenciais mais comuns.

Após o término da obra, o Plano Preliminar de Proteção Contra Incêndios (PPPI) será substituído pelo Plano de Proteção Contra Incêndios (PPI) pertinente a fase operacional da Usina. Este deverá ser semelhante ao atual plano das Unidades 1 e 2. O “PPI” define os mesmos itens do plano preliminar, adaptados para as rotinas e o contingente da operação normal.

Tanto o PPPI quanto o PPI são atualizados periodicamente para adequação de quaisquer alterações no quadro funcional, nas características da planta, nos sistemas de segurança e nos equipamentos disponíveis para controle e combate de emergências. Este procedimento busca garantir o nível de eficiência desejado para a atuação em acidentes reais.

Composição das Brigadas

Para atuar nas situações de emergência a Unidade 3 contará com três Brigadas. No entanto para efeito de atuação na área da CNAAA, o conjunto total será composto por quatro Brigadas que atuam no controle e mitigação de consequências dos acidentes potenciais identificados para a planta.

O conjunto da CNAAA é portanto composto de quatro Brigadas para controle de emergências. A composição e as características de atuação das Brigadas são apresentadas na Tabela 82.

Tabela 82 – Composição e Características de Atuação das Brigadas.

Brigada	Efetivo	Composição	Grupos	Área de atuação
Unidade 3 (Para a fase de Construção)	Conforme a fase da Obra	Voluntários das Contratadas	5	Canteiro de Obras
Unidade 2 (Operação)	80	Operadores da Unidade 2	5	Usina Angra 2
Unidade 1 (Operação)	106	Operadores da Unidade 1	5	Usina Angra 1
Brigada da Central (*)	55	Bombeiros de Incêndio	5	Toda a CNAAA

(*) – Na Brigada da Central a composição é mista sendo que o efetivo da Eletronuclear é de 33. Os restantes são 20 (vinte) bombeiros e 02 (dois) supervisores de Combate a Incêndio.

Para manter um nível satisfatório de preparo são realizados treinamentos rotineiros de segurança para os membros da brigada de diversos níveis funcionais. Os treinamentos realizados podem ser divididos em quatro tipos:

- I. Treinamentos Teóricos – Apresentação dos conceitos básicos de segurança e proteção contra incêndios. Informação sobre o sistema de controle de emergência, com a identificação dos sinais de alarme, rotas de fuga e pontos de concentração para a evacuação de áreas.
- II. Treinamentos Práticos - Instruções sobre a operação de equipamentos de combate a incêndio e proteção individual, acompanhada do manuseio dos mesmos (práticas com extintores, combate ao fogo em campos de treinamento, utilização do equipamento de respiração autônoma.
- III. Treinamentos Táticos – Realização de exercícios simulados de emergência com ações integradas das turmas das brigadas. Exercícios de evacuação de áreas e/ou geral.
- IV. Treinamento de Educação Física – Capacitar fisicamente os integrantes a Brigada da Central, para o desempenho de suas funções.

Estes tipos de treinamentos são aplicados diferenciadamente, de acordo com as atribuições de cada nível e especificidade funcional. A Tabela 83 a seguir apresenta a organização dos treinamentos de segurança.

Tabela 83 – Organização dos Treinamentos de Segurança.

Público	Tipo	Características	Duração (h)	Frequência Mínima
Todos os empregados	A, B, C	A – Noções de Segurança Industrial B – Prevenção e Combate a Incêndios C – Plano e Emergência Local-PEL	4	A, B e C na admissão com reciclagem a cada 02 anos.
Brigada da Construção	B	B – Prevenção e Combate a Incêndio, com uso de Equipamentos de Combate em Área Aberta e Confinada	16	B – anual
Brigada da Central	B, C	B – Prevenção e Combate a incêndio, com uso de Equipamentos de Combate em Área Aberta e Confinada. C – Plano de Emergência Local-PEL	4	B – mensal C - quadrimestral
Brigada das Unidades 1 e 2	B, C	B – Prevenção e Combate a incêndio, com uso de Equipamentos de Combate em Área Aberta e Confinada C – Ações de combate a incêndio nas instalações da usina	12	B – quadrimestral C – anual

No caso da Angra 2, os operadores também tem acesso a um tipo de treinamento especial. Trata-se do uso de um simulador que apresenta num painel de treinamento, semelhante ao painel real de operação, as possíveis evoluções de situações de emergência. Neste equipamento um computador simula as condições operacionais do reator, permitindo que os operadores atuem sobre cenários de disfunções. Entre estes está a parada segura do reator, que pode ser necessária em alguns cenários de incêndios postulados. Este treinamento contribui para o aprimoramento da atuação conjunta das equipes de segurança.

12.6.1.2. Atendimento aos Acidentes com Cargas Perigosas

Estes eventos acidentais são atendidos pelo Plano de Auxílio Mútuo da Costa Verde (PAM - Costa Verde). O plano congrega empresas, órgãos e instituições públicas e privadas para prevenção e atendimento a eventos acidentais na rodovia e suporte recíproco, para atendimento de emergências agravadas locais. Entende-se por “Emergência Agravada” a emergência de grande porte que extrapole os recursos de atendimento próprios da Instituição Integrante. O Plano prevê a atuação e informação ao público durante a ocorrência de acidentes, baseado na composição de uma equipe mista e recursos provenientes dos diversos participantes.

Atualmente, são participantes no PAM - Costa Verde as seguintes instituições:

- Club Mediterranée - Club Med;

- Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro – CBMERJ;
- Estaleiro Brasfels / Verolme;
- Fundação Estadual de Engenharia Do Meio Ambiente - Feema/Arbig;
- Eletronuclear S.A. - Eletrobrás Termonuclear S.A.;
- Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía da Ilha Grande – IEDBIG;
- MBR - Minerações Brasileiras Reunidas S.A.;
- Transpetro – Terminal Aguaviário de Angra dos Reis;
- Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis;
- Defesa Civil Municipal De Parati;
- Defesa Civil Municipal de Mangaratiba;
- Colégio Naval de Angra dos Reis;
- Delegacia da Capitania dos Portos do Estado do Rio De Janeiro, em Angra dos Reis;
- Ministério d Justiça – Departamento d Polícia;
- Rodoviária Federal - 5ª Superintendência d Polícia Rodoviária;
- PMERJ Batalhão;
- Planeta Operadora;
- SRDfshore.

12.6.2. Planejamento Geral para Emergências Radiológicas

12.6.2.1. Objetivo

Estabelecer um planejamento para situações de emergência resultantes de acidente radiológico na Unidade 1, Unidade 2 ou na Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAAA.

Este planejamento tem por finalidade proteger a saúde e garantir a segurança dos trabalhadores das Usinas e do público em geral em casos de acidente.

12.6.2.2. Histórico

O Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (Sipron), responsável por assegurar o planejamento integrado, a ação conjunta e a execução continuada de providências que visem a atender às necessidades de segurança do Programa Nuclear Brasileiro e de seu

peçoal, bem como da população e do meio ambiente com ele relacionados, foi instituído pelo Decreto-Lei nº 1.809, de 7 de outubro de 1980.

Esse diploma legal, inicialmente regulamentado pelo Decreto nº 85.565, de 18 de dezembro de 1980, constituía o referido Sistema por um conjunto de organizações públicas – federais, estaduais e municipais – e privadas, tendo como Órgão Central a, então, Secretaria-Geral do Conselho de Segurança Nacional.

As alterações introduzidas, no decorrer dos anos, na estrutura e no funcionamento de órgãos da Administração Pública Federal, com a extinção de uns e a criação de outros, geraram necessidades de adequar o edito regulamentar, que foram processadas nos Decretos nos 89.225, de 22 de dezembro de 1983, 96.775, de 27 de setembro de 1988, 623, de 4 de agosto de 1992, e 2.210, de 22 de abril de 1997.

Na presente data, está vigente o Decreto nº 2.210, que atribui à já extinta Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República a responsabilidade como Órgão Central do Sistema, sem que tenha sido promulgada qualquer alteração no diploma legal maior, o Decreto-Lei nº 1.809, que mantém essa atribuição à, também extinta, Secretaria-Geral do Conselho de Segurança Nacional.

Por força da competência atribuída ao Ministério da Ciência e Tecnologia, disposta no art. 27, inciso IV, da Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, este vem exercendo, a função de Órgão Central do Sipron.

Como Órgão Central do Sipron, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) é responsável pela orientação superior, pela coordenação-geral, pelo controle e pela supervisão do Sistema. Nesta tarefa, conta com o assessoramento da Comissão de Coordenação da Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (Copron), integrada por representantes de diversos órgãos da Administração Pública Federal direta e indireta.

A Portaria do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT Nº 909, de 17 de dezembro de 2003 detalha a composição do Comitê de Planejamento de Resposta a Situações de Emergência Nuclear no Município de Angra dos Reis - Copren/AR, da seguinte forma:

- Agência Rio de Janeiro da Agência Brasileira de Inteligência do Gabinete de Segurança Institucional - Abin/RJ/GSI (Presidência da República)
- Programa Técnico-Científico Nuclear – PTCN (Ministério da Ciência e Tecnologia);
- Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN (Ministério da Ciência e Tecnologia);
- Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC (Ministério da Integração Nacional);
- Eletrobrás Termonuclear S/A – Eletronuclear (Ministério de Minas e Energia);

- Departamento Geral de Defesa Civil da Secretaria Estadual da Defesa Civil - DGDEC/SEDEC/RJ (Governo do Estado do Rio de Janeiro);
- 10º Grupamento de Bombeiros Militar do Corpo de Bombeiros do Militar Estado do Rio de Janeiro - 10º GBM/CBMERJ (Governo do Estado do Rio de Janeiro);
- Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente – Feema (Governo do Estado do Rio de Janeiro);
- Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COM-DEC/AR (Prefeitura Municipal de Angra dos Reis).

12.6.2.3. Bases para o Planejamento de Emergência

A “Norma Geral para Planejamento da Resposta a Situações de Emergência” (NG-02) proporciona orientação para os planejamentos e procedimentos a serem desenvolvidos e adotados pelos órgãos do Sipron para fazer face de uma situação de emergência.

Para o caso específico da CNAAA foram emitidos os seguintes documentos que sustentam o planejamento de emergência:

- "Diretrizes para Elaboração dos Planos de Emergência Relativos à Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - Diretriz Angra", aprovado pelo Órgão Central do Sipron;
- "Critérios Básicos para o Estabelecimento de Diretrizes de Planejamento das Ações de Proteção da População em Situações de Emergência na CNAAA", elaborado pela CNEN;
- "Diretriz de Planejamento para Ações de Defesa Civil na Área de Influência da CNAAA", elaborado pela Defesa Civil Federal.

Para atender as diretrizes acima, foram elaborados os seguintes planos:

- Plano de Emergência Local (PEL), elaborado pela Eletronuclear, contendo as medidas planejadas para serem desenvolvidas dentro da sua Área de Propriedade (APE) e nas regiões compreendidas pela Zona de Planejamento de Emergência 3 (ZPE-3) e Zona de Planejamento de Emergência 5 (ZPE-5), estas planejadas em cooperação com a Defesa Civil Estadual e com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).
- Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro (PEE/RJ), elaborado pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, por intermédio do Departamento Geral de Defesa Civil (DGDEC), contendo as medidas planejadas para sua área de jurisdição, fora da Área de Propriedade da Eletronuclear;
- Plano para Situações de Emergência (PSE), da CNEN;

- Planos de Emergência Complementares (PECs), elaborados pelos Órgãos de Apoio do Sipron, em atendimento as necessidades de apoio do PEE, sendo anexados ao mesmo.

12.6.2.4. Áreas de Atuação

Para fins de planejamento, coordenação e controle de medidas de proteção, nos casos de emergências radiológicas, considera-se uma área situada aproximadamente dentro dos limites de um círculo com 15 km de raio, cujo centro é o reator da Unidade 1 da CNAAA.

Segundo as normas pertinentes e visando facilitar a execução das medidas de proteção necessárias, a área em questão foi dividida, além da Área de Propriedade da Eletronuclear (APE), em quatro regiões concêntricas, denominadas Zonas de Planejamento de Emergência (ZPE) (Figura 26).

A APE - Área de Propriedade da Eletronuclear é a área que circunda a CNAAA, compreendendo as Unidades 1, 2 e 3, as instalações de apoio nas imediações do canteiro, Piraquara de Fora e Vila Residencial de Praia Brava.

As ZPE-3, ZPE-5, ZPE-10 e ZPE-15 são as áreas compreendidas, respectivamente, entre o círculo de raio 3 km e a APE; entre os círculos de raios 5 e 3 km; entre os círculos de raios 10 e 5 km; e entre os círculos de raios 15 e 10 km, todos centrados no reator da Unidade 1.

A Eletronuclear atua diretamente na sua Área de Propriedade (APE) através da execução das ações e medidas de proteção previstas no Plano de Emergência Local (PEL) e colabora com a Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro e com a Comissão Nacional de Energia Nuclear na execução das medidas a serem tomadas na ZPE-3 e ZPE-5.

Fora da APE, cabe ao Governo do Estado do Rio de Janeiro, através da Defesa Civil Estadual, planejar e executar as medidas de proteção necessárias em caso de Emergência Radiológica. Estas medidas, que serão apoiadas pela Defesa Civil do Município de Angra dos Reis, estão descritas no seu Plano de Emergência Externo (PEE/RJ).

Cabe a Defesa Civil Federal, como órgão de Coordenação Setorial do Sipron e como órgão Central do SINDEC - Sistema Nacional de Defesa Civil, supervisionar a aplicação das medidas de proteção previstas fora da APE, assim como orientar e coordenar as organizações que estarão envolvidas numa situação de Emergência Radiológica.

A partir da declaração da situação de emergência, após receber a notificação da Eletronuclear, cabe a CNEN notificar o Órgão Central do Sipron e o Departamento Geral de Defesa Civil (DGDEC), conforme previsto em seus procedimentos.

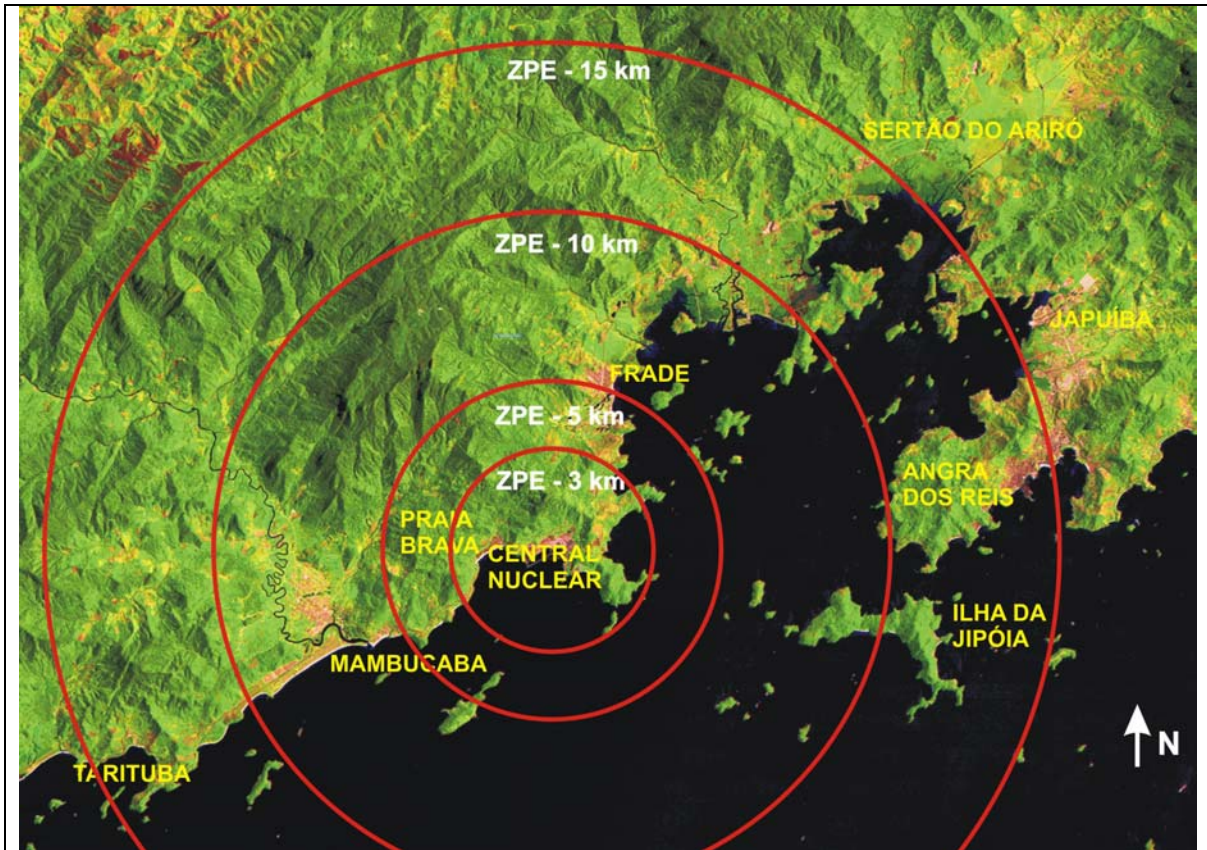


Figura 26 - Zonas de Planejamento de Emergência - ZPEs.

Fonte: Eletronuclear

12.6.2.5. Responsabilidades

Em uma situação de emergência na CNAAA, várias entidades locais, estaduais e federais participarão da organização para resposta à mesma, cada qual desempenhando determinada função, de acordo com o desenvolvimento da situação.

A Eletronuclear é responsável pelo planejamento e execução de todas as ações na APE e da colaboração com a Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro e com a CNEN, na execução das medidas a serem adotadas na ZPE-3 e na ZPE-5, através da execução das medidas de proteção previstas no PEL. A responsabilidade pelo planejamento e implementação das ações externamente à APE é da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro, com o apoio da Defesa Civil do Município de Angra dos Reis, conforme estabelecido em seu próprio PEE/RJ.

Várias outras organizações desempenham função direta ou de suporte operacional, no caso de uma situação de emergência na CNAAA. Estas organizações, a exemplo das abaixo relacionadas, são obrigadas a emitir PECs, de acordo com seu escopo operacional específico:

- Comando do 1º Distrito Naval (1º DN);
- Comando Militar do Leste (CML);
- III Comando Aéreo Regional (III COMAR);
- Colégio Naval (CN);
- Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema);
- Polícia Rodoviária Federal (PRF);
- Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ);
- Telemar;
- Companhia Estadual de Distribuição de Água e Esgoto (CEDAE);
- Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro (CERJ), atual AMPLA;
- Secretaria Municipal de Defesa Civil, Guarda e Trânsito de Parati (SMDCGTran/PY).

12.6.2.6. Classes de Emergência

Denomina-se emergência qualquer evento anormal nas Unidades da CNAEA, que, de acordo com sua gravidade, será classificada conforme abaixo:

- **Evento não Usual:** Qualquer evento ocorrido no processo de operação que indique uma potencial diminuição do nível de segurança operacional. Neste estágio não são esperadas liberações de material radioativo para o ambiente ou degradação dos sistemas de segurança do reator. Estes eventos requerem apenas atuação interna, não sendo necessária a notificação ou mobilização do sistema de resposta para emergências externas.
- **Alerta:** Um estado de alerta é declarado quando existe um evento por ocorrer ou já ocorrido que envolva uma potencial degradação das condições de segurança do reator. Existe a perspectiva de liberação de material radioativo para atmosfera, porém em quantidades que não tragam risco para a saúde dos operadores e do público. O objetivo do alerta é assegurar a mobilização do sistema de resposta, para que este esteja em standby-by para a atuação, em caso de agravamento da situação.
- **Emergência de Área:** A emergência de área indica a ocorrência de um evento pode afetar seriamente os sistemas de proteção e segurança o reator. Existe a perspectiva de liberações de material radioativo para o ambiente, em níveis que justificam a implementação das medidas de proteção na APE, ZPE-3 e ZPE-5. Neste estado são mobilizadas as equipes de monitoramento e o sistema de resposta para implementar as medidas de proteção para o público até a ZPE-5.

- **Emergência Geral:** Esta situação indica que existe a perspectiva de grandes liberações de material radioativo para ambiente. Isto significa que está em curso um evento que pode provocar a fusão do núcleo com possível degradação das barreiras de contenção. Neste caso deve ser mobilizado todo o sistema de resposta para a proteção do público. As ações de evacuação de área devem ser estendidas às áreas adjacente à ZPE-15.

Este esquema de classes de emergência permite criar uma alternativa de suporte à decisão. As ações de proteção não estão amarradas a um nível determinístico de intervenção baseado exclusivamente nas doses de radiação existentes. A consideração das classes relativas à necessidade de implementação das medidas, facultando sua aplicação preventiva. Esta seria baseada em avaliações objetivas das perspectivas de evolução do acidente.

12.6.2.7. Estrutura Geral para Atendimento às Situações de Emergência Nuclear na CNAAA

12.6.2.7.1. Centros de Emergência

O atendimento às situações de Emergência na CNAAA está baseado na ativação de quatro grandes Centros de Emergência, a saber :

A - Centro Nacional para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear - CNAGEN

O Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT é o órgão central do Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro - Sipron, cabendo a mesma a coordenação deste centro.

A.1 – Missão:

Compete ao CNAGEN, além de prestar assessoria de alto nível para a decisão do Governo Federal, em uma situação de emergência nuclear, supervisionar o apoio dos órgãos federais, entidades públicas e privadas, nacionais ou internacionais e governos estrangeiros, para complementar as ações empreendidas e os meios empregados para controlar uma situação de emergência nuclear.

A.2 – Funcionamento:

O CNAGEN será operado por um grupo de trabalho integrado por:

- Coordenação Geral: Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT.
- Representantes dos seguintes órgãos:
 - Ministério da Justiça (MJ);
 - Ministério das Relações Exteriores (MRE);
 - Ministério dos Transportes (MT);
 - Ministério da Saúde (MS);

- Ministério das Minas e Energia (MME);
- Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA);
- Ministério das Comunicações (MC);
- Departamento de Defesa Civil da Secretaria Especial de Políticas Regionais do Ministério do Planejamento e Orçamento;
- Comissão Nacional de Energia Nuclear;
- Outros, a critério da Coordenação Geral.

A.3 – Localização: MCT / Brasília - DF

B - Centro Estadual para Gerenciamento de uma Situação de Emergência Nuclear - CESTGEN

B.1 – Missão:

Compete ao CESTGEN implementar o Plano de Emergência Externo (PEE) sob responsabilidade da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro, prestar assessoria de alto nível para o suporte a decisão do Governo do Estado, na ocorrência de uma situação de emergência nuclear e coordenar o apoio do governo federal, órgãos federais, entidades públicas e/ou privadas sediadas no Estado para complementar as ações empreendidas e os meios utilizados na resposta a uma situação de emergência nuclear.

B.2 – Funcionamento:

O CESTGEN será operado por um grupo de trabalho integrado por:

- Coordenador Geral: Diretor do Departamento Geral de Defesa Civil (DGDEC);
- Coordenador Adjunto: Coordenador de Atividades do DGDEC;
- Representantes das seguintes organizações:
 - Órgãos do Sistema Estadual de Defesa Civil;
 - Agência Brasileira de Inteligência do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República – Abin/GSI/PR;
 - CNEN;
 - Delegacia Regional do Trabalho do Ministério do Trabalho;
 - Eletronuclear;
 - Comando do Primeiro Distrito Naval (1º DN);
 - Comando Militar do Leste (CML);
 - III Comando Aéreo Regional (III COMAR);

- Polícia Rodoviária Federal (PRF);
- Telemar;
- Outros, a critério do Coordenador Geral.

B.3 – Localização: Departamento Geral de Defesa Civil da Secretaria da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro / Rio de Janeiro / RJ.

C- Centro de Coordenação e Controle de Emergência Nuclear - CCCEN

C.1 – Missão:

Compete ao CCCEN coordenar a execução das ações que lhe são atribuídas no PEE: coordenar o apoio dos diversos órgãos sediados no Município de Angra dos Reis, que tenham atuação no sistema de resposta a emergências na área da CNAAAA; solicitar apoio dos órgãos federais, estaduais e municipais localizados em sua área de influência para implementar as ações previstas e complementar os recursos necessários; e informar o CIEN quanto à evolução da situação de emergência.

C.2 – Funcionamento:

O CCCEN será operado por um grupo de trabalho composto por:

- Coordenador: designado pelo Comando Geral do CBMERJ;
- Coordenador Adjunto: designado pelo Comando Geral do CBMERJ;
- Representantes das seguintes organizações:
 - Colégio Naval (CN);
 - CNEN;
 - Eletronuclear;
 - Prefeitura Municipal de Angra dos Reis (PMAR);
 - Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ);
 - Polícia Rodoviária Federal (PRF);
 - Telemar;
 - COMDEC/PY;
 - Outros, a critério do Coordenador Geral.

C.3 – Localização: 10º Grupamento de Bombeiros Militar / Angra dos Reis / RJ.

D - Centro de Informações de Emergência Nuclear – CIEN

Este centro será coordenado pela CNEN.

D.1 – Missão:

Planejar, coordenar e promover, mediante orientação do CCCEN, a difusão de informações para o público e à imprensa, numa situação de emergência nuclear.

D.2 – Funcionamento:

O CIEN será operado por um grupo de trabalho integrado por:

- Coordenador Geral: representante da CNEN;
- Coordenador Adjunto: representante da Prefeitura de Angra dos Reis;
- Assessoria de Comunicação Social da Prefeitura de Angra dos Reis;
- Representantes das seguintes organizações:
 - Eletronuclear;
 - SEDEC / RJ;
 - Outros, a critério do Coordenador Geral.

D.3 – Localização: 10º Grupamento de Bombeiros Militar / Angra dos Reis / RJ.

12.6.3. Organização da Eletronuclear para atuação em situação de emergência – Plano de Emergência Local – PEL

Como resposta a uma situação de emergência na CNAAA, a Eletronuclear se organizará em uma estrutura fundamentada em um Coordenador de Emergência da Central de Angra CECA, que supervisionará todas as ações de emergência na APE, as ações em apoio à Defesa Civil Estadual e à Comissão Nacional de Energia Nuclear nas ZPE-3 e ZPE-5 e as ações dos grupos abaixo, que lhe estarão diretamente subordinados:

- Grupo de Emergência da Unidade 1 (GEU 1);
- Grupo de Emergência da Unidade 2 (GEU-2);
- Grupo de Emergência da Unidade 3 (GEU-3);
- Grupo de Emergência de Infra-estrutura - (GEI);
- Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME);
- Grupo de Emergência do Escritório Central (GEEC);

A Figura 27 abaixo ilustra a estrutura desta organização.

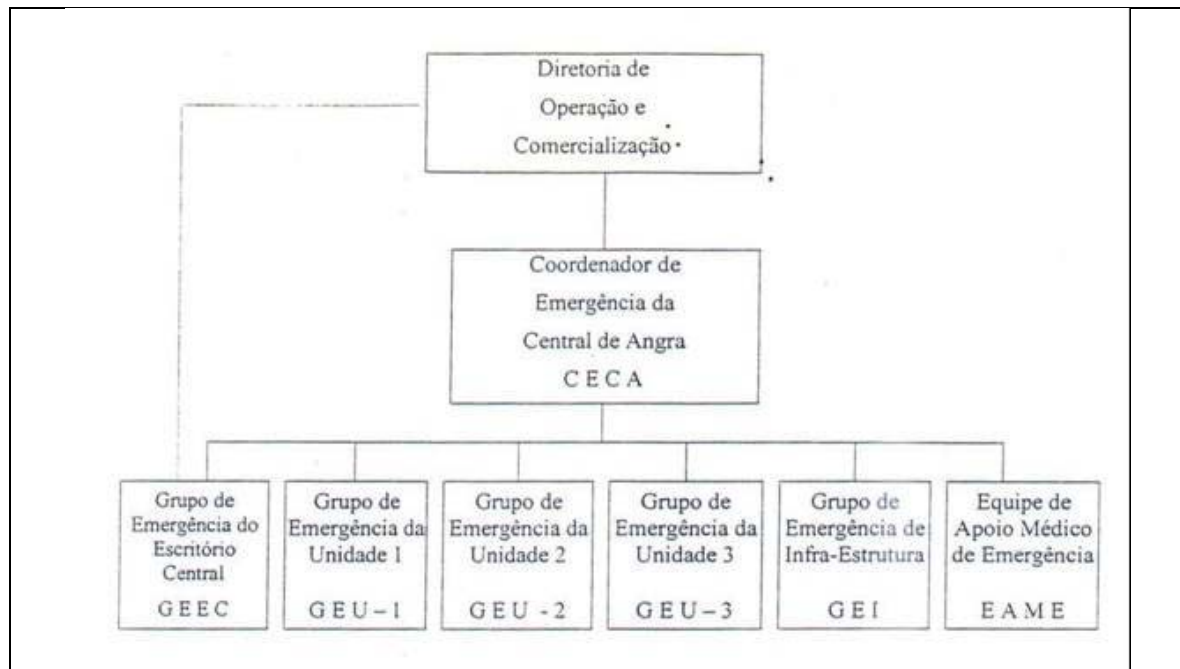


Figura 27 – Organização da Eletronuclear para Atuação em Situações de Emergência

Fonte: Eletronuclear

12.6.3.1. Coordenador de Emergência da Central de Angra (CECA)

O Coordenador de Emergência é o Superintendente de Coordenação da Operação. Seu substituto eventual será a pessoa indicada na escala semanal de plantão. Até a sua chegada à usina, o Coordenador do GEU-3 assumirá tal função.

Numa situação de emergência, este Coordenador requisita e coordena o apoio técnico e administrativo do Grupo de Emergência do Escritório Central (GEEC) que venha a ser considerado necessário pelo Coordenador do GEU-3, bem como requisita e coordena os serviços do Grupo de Emergência de Infra-estrutura (GEI) e da Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME).

12.6.3.2. Grupo de Emergência da Unidade 3 (GEU-3)

O Coordenador do GEU-3 é o Superintendente de Angra 3, seu substituto será a pessoa indicada na escala semanal de plantão e na ausência de um e do outro o Supervisor de Turno de Angra 3 assumirá tal função.

Numa situação de emergência em Angra 3, o Coordenador do GEU-3 coordena a avaliação contínua da situação, suas tendências e conseqüências, bem como as ações operativas das equipes do seu Grupo para o controle, a correção e a reparação da situação de emergência e, quando necessário, solicita apoio técnico e administrativo ao CECA.

Este Grupo é diretamente responsável pela execução de todas as ações desenvolvidas em Angra 3 numa situação de emergência, sendo estruturado em Equipes de Emergência, conforme organograma mostrado na Figura 28. A chefia de cada equipe será exercida conforme relacionado abaixo, ou por seu substituto indicado na escala semanal de plantão.

- Equipe de Monitoração de Emergência - Chefe da Gerência de Monitoração;
- Equipe de Apoio Técnico - Chefe da Gerência de Desempenho de Sistemas e de Reator;
- Equipe de Proteção Física Interna - Responsável pela Segurança da Área Protegida de Angra 3;
- Equipe de Materiais - Chefe da Divisão de Materiais;
- Equipe de Combate a Incêndio - Supervisor de Turno;
- Equipe de Reparos de Emergência - Chefe da Gerência de Manutenção;
- Equipe de Engenharia - Superintendente da Engenharia de Apoio.

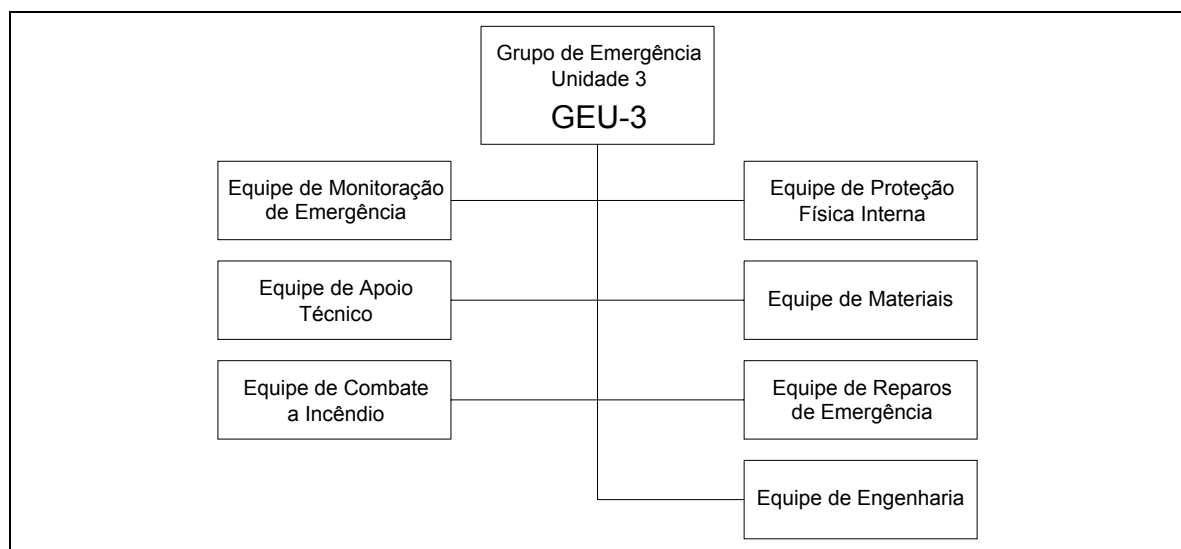


Figura 28– Grupo de Emergência da Unidade 3

Fonte: Eletronuclear

12.6.3.3. Grupo de Emergência de Infra-Estrutura (GEI)

Tem por finalidade gerenciar o apoio logístico necessário ao combate da emergência, tal como materiais, alimentação, hospedagem e transporte, além de, se necessário, coordenar a remoção do pessoal da APE. É também atribuição do GEI coordenar o apoio da Eletronuclear à Defesa Civil Estadual na ZPE-3 e ZPE-5.

O Coordenador do GEI é o Chefe da Gerência de Apoio Regional. Seu substituto será a pessoa indicada na escala semanal de plantão.

Este grupo é estruturado em três equipes, conforme mostrado na Figura 29. A chefia de cada Equipe será exercida conforme relacionado abaixo ou por seu substituto indicado na escala semanal de plantão.

- Equipe de Serviços Gerais: Chefe da Divisão de Administração de Serviços Gerais
- Equipe de Proteção Física Externa: Chefe da Divisão de Segurança Empresarial
- Equipe de Construção: Chefe do Escritório de Obras

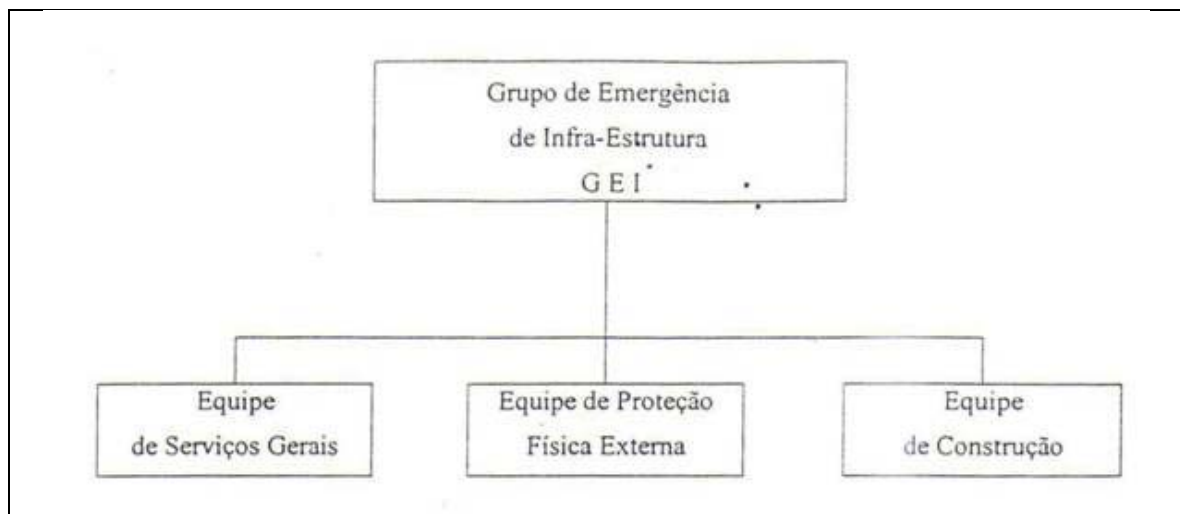


Figura 29 – Grupo de Emergência de Infra-Estrutura

Fonte: Eletronuclear

12.6.3.4. Grupo de Emergência do Escritório Central (GEEC)

Tem por finalidade prestar apoio técnico, administrativo e gerencial ao Cmergência da Central de Angra (CECA), utilizando os recursos disponíveis na empresa, bem como gerenciando contatos com fornecedores e organizações nacionais ou estrangeiras para obtenção de recursos adicionais necessários ao atendimento da situação de emergência. É constituído por funcionários da Diretoria de Operação e Comercialização, da Gerência de Engenharia e das demais Diretorias da Eletronuclear, conforme julgados necessários. A estrutura deste Grupo está ilustrada na Figura 30.

O Coordenador do GEEC será a pessoa indicada pelo Diretor de Operação e Comercialização na Escala de Plantão Especial de Emergência Nuclear. Em caso de emergência na Unidade 3, cabe as demais diretorias da Eletronuclear propiciar todo e qualquer apoio técnico e administrativo solicitado.

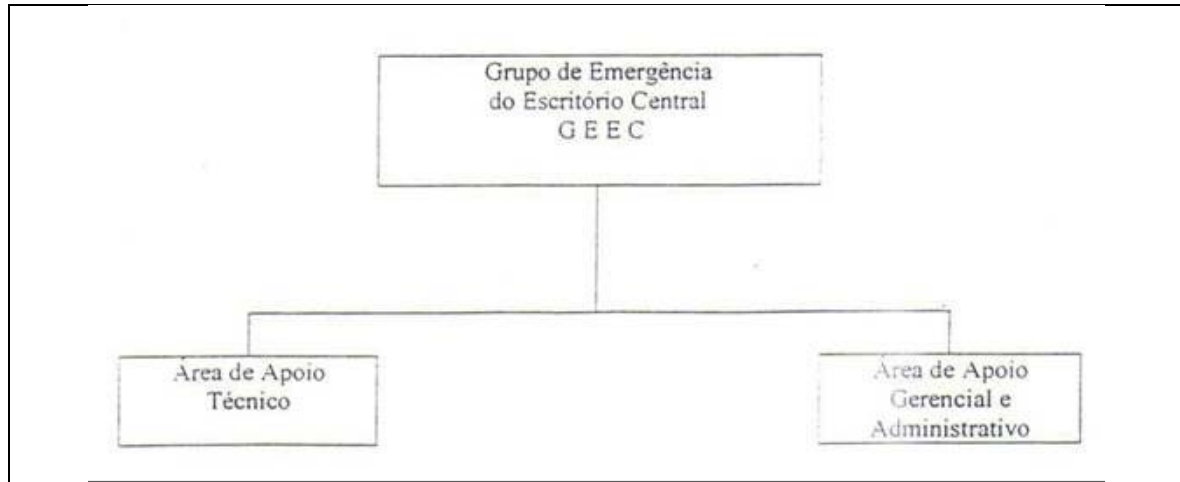


Figura 30 – Grupo de Emergência do Escritório Central

Fonte: Eletronuclear

12.6.3.5. Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME)

Tem por finalidade assegurar os meios e os componentes necessários para a prestação de assistência médico-hospitalar, inclusive para as pessoas acidentadas com radiação; definir sobre a necessidade ou não de distribuição de iodeto de potássio ao pessoal de Angra 3 e à população da APE; e, se necessário, promover a instalação de Unidade Médica Provisória na Vila Residencial de Mambucaba.

A chefia desta Equipe será exercida pelo Responsável Técnico pelo Centro de Medicina das Radiações Ionizantes (CMRI). Seu substituto será a pessoa indicada na escala semanal de plantão.

12.6.3.6. Órgãos Externos de Apoio Adicional

Em situações de emergência, a Eletronuclear poderá contatar especialistas ou empresas, ou solicitar o apoio de organizações nacionais ou estrangeiras para a prestação de serviços de engenharia, suporte técnico, operação, proteção radiológica e serviços médicos.

12.6.3.6.1. Empresas e Instituições Estrangeiras

Embora não hajam contratos específicos para atendimento a uma situação de emergência, a Eletronuclear poderá contratar especialistas ou empresas estrangeiras para prestação dos serviços de suporte às suas ações, utilizando, conforme o caso, os contratos já firmados para apoio à operação normal, das seguintes empresas:

- Iberdrola Ingenieria y Consultoria (Espanha) - Contrato para execução de serviços técnicos de engenharia, incluindo proteção radiológica; serviços de

compra de equipamentos e materiais para usinas nucleares (com licença de exportação nesta área); e subcontratação de serviços no exterior.

- Westinghouse Electric Corporation (Estados Unidos) - Empresa fornecedora de Angra 1 que, a qualquer momento, inclusive em situações de emergência, presta assessoria técnica à Eletronuclear.
- Framatome ANP (FANP) (Alemanha) - Sucessora da Siemens AG (KWU) que forneceu a Usina de Angra 2, esta empresa, a qualquer momento, inclusive em situações de emergência, presta assessoria técnica à Eletronuclear.

12.6.3.6.2. Empresas e Instituições Nacionais

As empresas e instituições nacionais com as quais a Eletronuclear mantém relacionamento e que poderão ser contratadas para prestação de serviços de engenharia e apoio técnico, com escopo a ser definido, são:

Promon Engenharia SA

Empresa Brasileira de Engenharia SA - EBE

Internacional de Engenharia SA - IESA

Instituto Brasileiro de Qualidade Nuclear - IBQN

Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da UFRJ - COPPE/UFRJ

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

12.6.3.6.3. Organizações Internacionais

As organizações internacionais, as quais o Brasil ou a Eletronuclear são filiados e que podem prestar apoio operacional e de proteção radiológica, são:

- International Atomic Energy Agency – IAEA;
- World Association of Nuclear Operations – WANO;
- Institute of Nuclear Power Operation – INPO;
- Electric Power Research Institute – EPRI;
- VGB PowerTech Service GmbH. – VGB.

12.6.3.6.4. Apoio Médico

A Eletronuclear poderá contar, durante a situação de emergência, com o apoio médico-hospitalar do Hospital Naval Marcílio Dias para o atendimento a acidentados com radiação, conforme convênio firmado com a Diretoria de Saúde da Marinha.

12.6.3.7. Ações de Emergência

12.6.3.7.1. Critérios para as medidas de proteção

No caso da declaração de Emergência de Área ou de Emergência Geral, a EletroNuclear adotará na APE fora dos limites da Área Protegida da Unidade 3, os mesmos critérios de medidas de proteção estabelecidos pela CNEN para a ZPE-3. Estas ações tem caráter preventivo e visam proteger o público de exposições por radiação direta e de inalação proveniente da eventual nuvem radioativa.

Para adoção de medidas de proteção, considera-se uma Fase Inicial, onde são tomadas as medidas preventivas baseadas na evolução da emergência e nas condições locais que possam afetar estas medidas, e uma Fase Intermediária e Fase Final, com ações subsequentes, baseadas em levantamentos radiológicos realizados nas áreas afetadas.

a) Itaorna, Piraquara de Fora e Praia Brava

Fase Inicial

Em se configurando uma situação de Emergência de Área em Angra 3, notifica-se as pessoas presentes nestas áreas (Itaorna, Piraquara de Fora e Praia Brava) para permanecerem em seus locais de trabalho ou em suas residências aguardando instruções.

Em se configurando uma Situação de Emergência Geral, em Angra 3 deve-se, remover as pessoas presentes nestas áreas (Itaorna, Piraquara de Fora e Praia Brava) num prazo de quatro horas.

Ocorrendo fatos graves, como condições meteorológicas adversas, bloqueio de estradas e havendo liberação significativa de efluentes radioativos, a evacuação deve ser atrasada e as pessoas mantidas abrigadas, aguardando instruções.

No prazo máximo de 24 horas após ter sido iniciada a implementação de qualquer uma das medidas de proteção, a situação deverá ser reavaliada de forma a orientar a decisão sobre a continuidade ou implementação de outras medidas.

Caso não tenha havido liberação de material radioativo para o meio ambiente e a situação da usina esteja sob controle, devem ser restabelecidas as condições de normalidade para a população.

Caso tenha havido liberação de material radioativo para o meio ambiente e a situação da usina ainda não tenha sido controlada, deverão ser reavaliadas as condições do núcleo e da contenção, assim como as do meio ambiente nas áreas em consideração.

Fase Intermediária e Final

Caso tenha havido liberação de material radioativo para o ambiente e a usina esteja sob controle, poderá ser recomendada a suspensão de algumas das medidas de proteção adotadas. Estas recomendações terão por base as informações sobre o meio ambiente,

principalmente de dados meteorológicos e de monitoração em tempo real, além de levantamentos radiométricos locais.

No prazo máximo de sete dias após o início da implementação da medida de evacuação da população, as conseqüências do acidente para o meio ambiente terão que ser avaliadas com base em monitorações ambientais. Os resultados dessas monitorações, realizadas na fase intermediária, nortearão as decisões sobre o retorno da população às suas casas e locais de trabalho, ou a remoção temporária (período de alguns meses até o máximo de 2 anos) ou reassentamento.

b) Unidade 3 da CNAAA (Angra 3)

Para os funcionários da Eletronuclear e demais pessoas presentes na área protegida de Angra 3, a adoção de medidas de proteção é baseada em limites de dose, verificados através de medições das taxas respectivas, efetuadas no local afetado pela equipe de radioproteção.

Caso se configure que a emergência está evoluindo para uma situação que indique a necessidade de evacuação da usina de forma preventiva, os funcionários não essenciais à execução das ações de combate a emergência deverão ser liberados.

Estes limites e as medidas de proteção a serem adotadas estão descritas nos Procedimentos de Proteção Radiológica, do Manual de Operação da Usina (MOU) de Angra 3.

12.6.3.8. Recursos Disponíveis para Emergência

12.6.3.8.1. Centros de Emergência do PEL

Para atender a uma situação de emergência na Unidade 3, existem Centros de Emergência, definidos como sendo locais destinados à coordenação das atividades de emergência, equipados com sistemas redundantes de comunicações, equipamentos e materiais adequados para a efetiva coordenação e controle da situação de emergência.

Estes Centros de Emergência, descritos a seguir, têm suas inter-relações ilustradas na Figura 31.

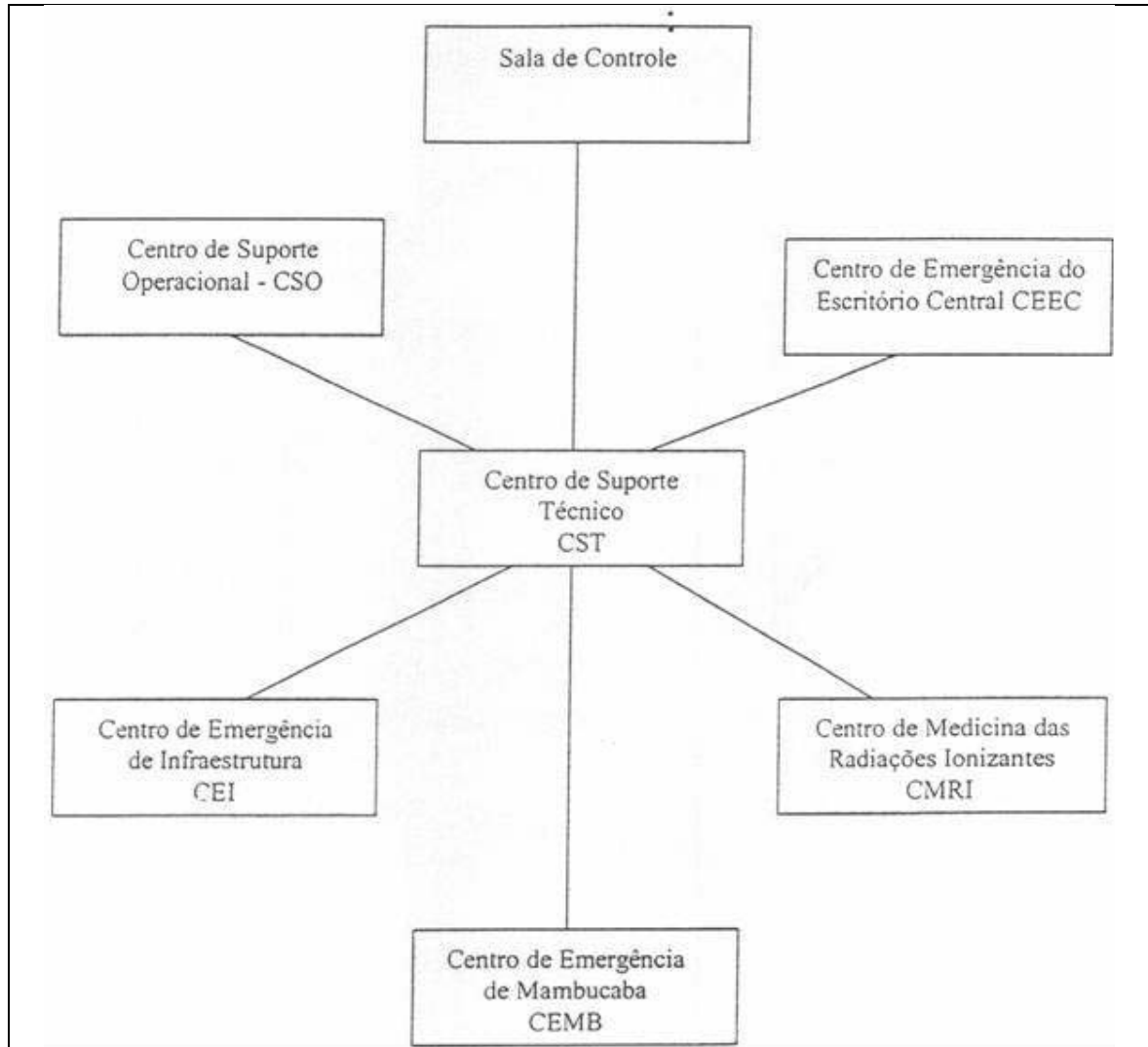


Figura 31 – Centros de Emergência da Eletronuclear e suas inter-relações

Fonte: Eletronuclear

a) Sala de Controle (SC)

É o local onde, nas unidades, se dá a identificação do evento, a classificação e a notificação inicial da emergência. A Sala de Controle está dotada, além dos sistemas normais de comunicações, de um Sistema de Comunicações de Emergência (SCE). Neste local, durante a situação de emergência, deverão estar presentes o Supervisor, o Encarregado e os Operadores do Turno de Angra 3.

b) Centro de Suporte Técnico (CST)

Situado na Unidade 3, ao lado da Sala de Controle, o CST é necessariamente ativado a partir da situação de Alerta, ou até mesmo na situação de Evento Não Usual (ENU), a critério do Coordenador do GEU-3. Destina-se a centralizar todas as informações necessárias para

permitir uma avaliação contínua de emergência e a tomada de decisões para corrigir essa situação, visando recuperar as condições normais de operação da unidade ou mitigar suas conseqüências, objetivando a proteção do público e do meio ambiente.

Deste local, são emanadas orientações para a Sala de Controle e determinações para os demais Centros de Emergência. Para cumprir seus objetivos, este local atende aos requisitos de habitabilidade, dispõe de um sistema de comunicações similar ao da Sala de Controle, além de um equipamento de fac-símile e de meios para obtenção de dados operacionais e outros. Possui, também, um arquivo técnico atualizado e "kits" de emergência radiológica.

Após a ativação do CST, deverão estar presentes neste local:

- O Coordenador de Emergência da Central de Angra (CECA) na eventualidade de, além de Angra 3, outra Unidade (1 ou 2) entrar simultaneamente em situação de emergência, o CECA, ao invés do CST, irá para o Centro de Emergência de Infra-estrutura (CEI), descrito a seguir (item 0);
- O Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade 3 (GEU-3);
- Os chefes das seguintes equipes: Equipe de Monitoração de Emergência; Equipe de Apoio Técnico; Equipe de Reparos de Emergência (dirige-se para o CSO, posteriormente); Equipe de Materiais (dirige-se para o Almojarifado, posteriormente), Equipe de Engenharia ; além de outras pessoas convocadas pelo Coordenador do GEU-3, conforme as necessidades.

O representante da CNEN na usina será mantido permanentemente informado sobre a avaliação da situação de emergência. Terá livre acesso à Sala de Controle, ao CST e aos demais Centros de Emergência.

c) Centro de Suporte Operacional (CSO)

Situado no edifício onde estão localizadas as oficinas de manutenção, é o local onde são centralizadas as ações referentes à execução de reparos e manobras operacionais requeridas para o controle da situação da Unidade, à partir de determinações emanadas do Centro de Suporte Técnico. O CSO está equipado com os meios de comunicações adequados, dispondo também dos "kits" de emergência radiológica. Após a ativação do CSO, deverão estar presentes neste local:

- Os componentes da Equipe de Reparos de Emergência;
- Os componentes da Equipe de Combate a Incêndio, já englobando o pessoal da Brigada da Central e sob a coordenação do Inspetor da Brigada;
- Outras pessoas convocadas, conforme a necessidade.

d) Centro de Emergência de Infra-Estrutura (CEI)

O CEI, situado no prédio da Superintendência de Coordenação da Operação, centraliza todas as informações e tomadas as decisões, em consonância com as determinações do Coordenador de Emergência da Central de Angra, no que se refere ao apoio a ser prestado à

unidade acidentada e aos serviços gerais necessários à remoção da população da APE, tais como: transporte, utilização de equipamentos pesados, controle da operação e manutenção das redes elétricas e dos sistemas de comunicações. No CEI estarão centralizadas, também, as decisões para as ações de apoio à Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro na ZPE-3 e ZPE-5, conforme o procedimento específico.

O CEI está integrado ao Sistema de Comunicações de Emergência (SCE). Após a ativação deste centro, deverão estar presentes no local:

- O Coordenador de Emergência da Central de Angra (CECA), somente no caso de duas Unidades entrarem, simultaneamente, em situação de emergência;
- O Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura;
- O Chefe da Equipe de Proteção Física Externa (deve instalar-se no prédio da Divisão de Segurança Empresarial, após a avaliação da situação no CEI);
- O Chefe da Equipe de Serviços Gerais;
- O Chefe da Equipe de Construção;
- Outras pessoas convocadas, conforme as necessidades.

e) Centro de Emergência de Mambucaba (CEMB)

O CEMB, situado nas instalações da Divisão de Treinamento, será ativado para substituir o Centro de Emergência de Infra-Estrutura, quando da determinação da evacuação da APE. Este Centro coordenará as atividades de remoção do pessoal da Vila Residencial de Praia Brava, caso esta não esteja concluída após o término da evacuação de Itaorna e Piraquara de Fora. Para tal, dispõe de recursos semelhantes aos existentes no CEI. Neste Centro serão desenvolvidas, também, as atividades de apoio e assistência ao pessoal removido da APE.

f) Centro de Medicina das Radiações Ionizantes (CMRI)

O CMRI fica situado na Vila Operária de Mambucaba. Neste Centro deverão se concentrar os membros da Equipe de Apoio Médico de Emergência e outros convocados pelo Responsável Técnico pelo CMRI para a prestação de atendimento médico-hospitalar aos acidentados com radiação. Este Centro coordenará, quando necessário, a remoção de acidentados para o Hospital Naval Marcilio Dias.

g) Centro de Emergência do Escritório Central (CEEC)

Este Centro está localizado na sede da Eletronuclear, na cidade do Rio de Janeiro. Reunir-se-ão neste local o Coordenador do GEEC, o Representante da Engenharia e outras pessoas convocadas conforme a necessidade. Neste local deverá ser centralizada toda e qualquer informação necessária à comunicação com os órgãos externos; promovido o acompanhamento e avaliação contínua da emergência; efetuada a prestação de apoio à Unidade que está em situação de emergência; e executada a busca de recursos adicionais, nacionais ou estrangeiros, necessários à resposta, a emergência.

12.6.3.8.2. Equipamentos de Emergência

a) Equipamentos Normais de Operação

Angra 3 dispõe de sistemas de instrumentação apropriados à área nuclear e de processo próprios para detectar e monitorar situações anormais, cuja função é a de alertar os operadores, permitindo-lhes definir e iniciar as medidas corretivas, bem como realizar uma avaliação contínua da situação de emergência.

Estes sistemas compreendem os seguintes tipos de equipamentos:

- Monitores geofísicos (por exemplo: meteorológicos e sísmicos);
- Monitores radiológicos (por exemplo: de processo, de área e de efluentes);
- Monitores de processo (por exemplo: temperatura e pressão do sistema de refrigeração do reator, temperatura e pressão da contenção, níveis de líquidos, fluxos, alinhamento de componentes, etc.).

b) Kits de Emergência

Os *kits* de emergência, cujo conteúdo é regulamentado por procedimento específico, estão disponíveis nos Centros de Emergência, no Centro de Informações de Itaorna e no Laboratório de Monitoração Ambiental. Possuem equipamentos que possibilitam realizar a monitoração radiológica e ambiental, tanto nas áreas internas quanto nas áreas externas das usinas.

c) Inspeções Periódicas dos Equipamentos de Emergência

Os equipamentos e instrumentos normais de operação com funções específicas em situações de emergência são submetidos a uma rotina de inspeção e manutenção periódica, estabelecida no programa de testes periódicos de cada usina, programa este que também faz parte do Sistema de Comunicações de Emergência.

Para os *kits* de emergência existem procedimentos específicos que qualificam e quantificam, de acordo com suas aplicações individuais, os itens integrantes de cada um e estabelecem as rotinas para inspeção, inventário e testes operacionais dos mesmos.

12.6.3.9. Comunicações

12.6.3.9.1. Estrutura das Comunicações

A estrutura das comunicações implantada e em operação em Angra 3, similar à implantada em Angra 2, em situação normal é composta por um sistema de telefonia privada com acesso à rede pública, por um sistema de rádio interno, um sistema eletroacústico e, um sistema de chamada seletiva e em alta voz.

Para assegurar o atendimento em uma situação de emergência radiológica e/ou de proteção física, foi implantado o Sistema de Comunicação de Emergência (SCE), que visa

garantir e manter em funcionamento, meios redundantes de comunicação entre os diversos órgãos participantes dos Planos de Emergência.

Os diversos meios de comunicação que constituem o SCE, bem como a sistemática de operação envolvida, são descritos a seguir:

a) Sistema de Telefonia Privada com Acesso à Rede Pública

O sistema telefônico em operação é constituído por centrais PABX do tipo CPA-T, interligadas entre si em rede digital e instalados na sede da Eletronuclear no Rio de Janeiro, em Itaorna, em Praia Brava e em Mambucaba. além de linhas privadas do sistema público de telefonia (Telemar).

b) Sistema Eletroacústico

Este sistema, composto de duas redundâncias independentes, destina-se à emissão de alarmes e chamadas através de alto-falantes.

c) Sistema Rádio Interno

Destina-se às comunicações onde os sistemas por fio não são realizáveis. É composto de estações fixas e móveis e transceptores portáteis. Atende aos seguintes grupos de interesse: laboratório de monitoração ambiental, manutenção, proteção física interna, brigada de incêndio, etc.

d) Sistema de Chamada Seletiva e em Alta-Voz

Destina-se à intercomunicação entre a Sala de Controle e as estações locais de controle (LCS) e outros pontos importantes das usinas. Permite chamada geral e setorizada para estes locais.

É o sistema escolhido para operar sob quaisquer circunstâncias de falhas de outros sistemas, tais como Sismos.

e) Sistema de Comunicações de Emergência (SCE)

Numa situação de emergência, além dos sistemas descritos anteriormente, é utilizado o Sistema de Comunicações de Emergência (SCE).

Este sistema foi projetado para ser a rota primária de comunicações entre os elementos da Eletronuclear e os Órgãos Externos de Apoio envolvidos no Plano de Emergência Local, através de canais do tipo dedicado-direto.

O Sistema de Comunicações de Emergência utiliza uma combinação de linhas físicas do sistema corporativo (ramais DDR ou ramais hot line) e do sistema público de telefonia como rota primária. Além da rota primária, há sempre uma rota alternativa redundante para este sistema de comunicações.

O Sistema de Comunicações de Emergência (SCE) foi projetado, instalado e é operado de modo a atender os seguintes critérios básicos:

- Disponibilidade: critério atendido através da existência, no Sistema de Comunicações de Emergência, de circuitos dedicados de modo a possibilitar sempre o contato entre dois usuários, sem haver ocupação do circuito por um terceiro usuário.
- Confiabilidade: critério atendido através do uso de equipamentos de boa procedência, pela existência de um programa de manutenção preditiva e corretiva e pelo desempenho do sistema durante testes periódicos a que é submetido.
- Diversidade (Redundância): critério atendido através da existência de ligações redundantes ao Sistema de Comunicações de Emergência via concessionária pública (Telemar), sistema de enlace privativo da Eletronuclear e/ou outros.
- Confidencialidade: critério atendido através da existência de circuitos dedicados no Sistema de Comunicações de Emergência que independem de agente operador.

As linhas do SCE disponíveis da Sala de Controle, Centros de Emergência e outros locais foram definidas levando-se em conta as respectivas necessidades de comunicações durante as várias fases de emergência.

A localização dos equipamentos do SCE está indicada na Tabela 84 a seguir.

Tabela 84 - Localização dos Equipamentos do Sistema de Comunicações de Emergência

LOCALIZAÇÃO	SISTEMA					
	Telemar	RAMAL		SAT. TEL.	RÁDIO VHF	FAX SIMILE
		DDR	HOT-LINE			
Sala de Controle - Angra 1	X	X	X	X	-	-
Centro de Suporte Técnico – Angra 1	X	X	X	X	-	X
Centro de Suporte Operacional – Angra 1	X	X	X	-	-	-
Escritório do Superintendente de Angra 1	X	X	X	-	-	X
Guarita da Unidade 1	X	X	X	-	X	X
Estação Central de Alarme – Angra 1	X	X	X	-	X	-
Sala de Controle / Angra 2	X	X	X	X	-	-
Centro de Suporte Técnico – Angra 2	X	X	X	X	-	-
Centro de Suporte Operacional – Angra 2	X	X	X	-	-	X
Escritório Gerente de operação de Angra 2	X	X	X	-	-	-
Guarita da Unidade 2	X	X	X	X	X	X

Estação Central de Alarme – Angra 2	X	X	X	-	-	X
Sala de Controle / Angra 3	X	X	X	X	-	-
Centro de Suporte Técnico – Angra 3	X	X	X	X	-	-
Centro de Suporte Operacional – Angra 3	X	X	X	-	-	X
Escritório Gerente de operação de Angra 3	X	X	X	-	-	-
Guarita da Unidade 3	X	X	X	X	X	X
Estação Central de Alarme – Angra 3	X	X	X	-	-	X
Centro de Emergência de Infraestrutura	X	X	X	X	-	-
Centro de Emergência Escritório Central	X	X	X	X	-	-
Centro de Emergência de Mambucaba	X	X	X	X	-	-
Centro de Medições das radiações Ionizantes	X	X	X	X	-	X
Hospital de Praia Brava	X	X	X	X	-	X
Ambulatório de Itaorna	X	X	X	-	-	-
Escritório Chefe Divisão Segurança Empresarial	X	X	X	-	X	X
Escritório Chefe Divisão Proteção Radiológica	X	X	X	-	-	X
Laboratório de Monitoração Ambiental	X	X	X	-	X	X
CNEN-RIO	X	-	-	X	-	X
10º GBMERJ	X	-	-	X	-	X
Defesa Civil Municipal de Angra Dos Reis	X	-	-	X	-	X
33º Batalhão da PMERJ	X	-	-	X	-	X
Hospital Naval Marcílio Dias	X	-	-	X	-	X
Portaria da Vila Residencial de Praia Brava	X	X	X	-	-	-
Portaria da Vila Residencial de mambucaba	X	X	X	-	-	-

Fonte: Eletronuclear

12.6.3.9.2. Operacionalidade dos Sistemas

O Superintendente de Coordenação da Operação, através do Superintendente de Angra 3, deverá assegurar que os meios de comunicação usados em situações de emergência sejam submetidos a um programa eficiente de manutenção preventiva/corretiva e a testes periódicos de funcionamento, de forma a garantir a sua disponibilidade e efetividade.

O Superintendente de Coordenação da Operação, através do Superintendente de Angra 3, deverá assegurar a realização de exercícios de comunicações entre todos os órgãos

envolvidos no PEL, pelo menos uma vez a cada seis meses, de modo a garantir a efetividade do Sistema de Comunicações como um todo.

12.6.3.10. Apoio Logístico

O apoio logístico necessário ao atendimento das situações de emergência deve ser prestado diretamente ou gerenciado pelos diferentes órgãos da Eletronuclear sediados na CNAAA e/ou no Escritório Central, dentro de suas áreas de responsabilidade. Para tanto, medidas necessárias devem ser tomadas por estes órgãos, de forma a assegurar o adequado e efetivo atendimento as necessidades requeridas.

12.6.3.10.1. Transporte

Para atender as situações de emergência, devem ser previstos meios de transporte, objetivando:

- Remoção de pessoal, quando necessário, da APE e da ZPE-3;
- Deslocamento dos membros das equipes de emergência durante a execução de suas tarefas;
- Transporte de recursos para resposta à emergência;
- Remoção de acidentados para o Centro de Medicina das Radiações Ionizantes, em Mambucaba, e Hospital Naval Marcílio Dias;
- Remoção de pessoal, equipamento, material e, se necessário, de pacientes do Hospital de Praia Brava e do Ambulatório de Itaorna, visando a instalação da Unidade Médica Provisória, na Vila Residencial de Mambucaba, em caso de evacuação destas áreas.

12.6.3.10.2. Combustível

Devem ser tomadas as providências necessárias para assegurar o abastecimento de combustível (gasolina, álcool e óleo diesel) durante as operações de emergência, visando atender os meios de transporte identificados anteriormente.

12.6.3.10.3. Alimentação

Devem ser tomadas as providências necessárias de forma a assegurar a alimentação básica para os elementos em serviço e para aqueles que, em virtude de uma remoção eventual, perderem a capacidade de auto-manutenção.

12.6.3.10.4. Sobressalentes e materiais

As organizações responsáveis pela aquisição e manutenção de equipamentos, dispositivos e instrumentos de emergência, devem assegurar a disponibilidade de peças sobressalentes e materiais necessários a plena utilização dos mesmos.

12.6.3.10.5. Hospedagem

Devem ser tomadas as providências necessárias de forma a prover hospedagem adequada aos elementos convocados para atendimentos a emergência e para aqueles eventualmente removidos da APE.

12.6.3.11. Acionamento do Plano de Emergência Local (PEL)

12.6.3.11.1. Identificação do Evento

O operador, ao notar que os parâmetros característicos dos sistemas da Unidade apresentam valores fora das faixas normais deve, de imediato, comunicar a ocorrência ao Supervisor de Turno.

O Supervisor de Turno e os operadores licenciados, devem iniciar a avaliação dos dados disponíveis, visando identificar o evento em curso.

Independente desta identificação, o Supervisor de Turno deve verificar, inicialmente, se estão mantidas as condições de segurança da Unidade e comunicar o fato ao Superintendente de Angra 3. Caso a anormalidade não seja identificada e corrigida imediatamente, o Supervisor de Turno deve dar início as ações previstas no Plano de Emergência Local.

12.6.3.11.2. Classificação e Declaração da Emergência

Uma vez identificado o evento, o Supervisor de Turno deve:

- Verificar se o mesmo poderá levar a Unidade a uma situação de emergência;
- Classificar o tipo de emergência de acordo com procedimento específico para tal;
- A partir da avaliação feita, declarar situação de emergência, de acordo com a natureza e magnitude do evento, e efetuar as notificações previstas em procedimentos específicos.

12.6.3.11.3. Notificação Inicial

Uma vez declarada a situação de emergência, o Supervisor de Turno deverá notificar imediatamente o plantonista na função de Coordenador do GEU-3 e o Supervisor de Turno das outras Unidades.

O Coordenador do GEU-3 notificará o Coordenador de Emergência da Central de Angra, o Inspetor Residente de Plantão da CNEN, a CNEN/Sede, o Coordenador do GEEC e os Chefes das Equipes de Emergência do GEU-3, de acordo com procedimentos próprios.

Por sua vez, o Coordenador de Emergência da Central de Angra deve notificar, no âmbito da EletroNuclear, o Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura e o Chefe da Equipe de Apoio Médico de Emergência, além de notificar, após ouvida a CNEN, a Prefeitura Municipal de Angra dos Reis e o 10º Grupamento de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (10º GBMERJ), de acordo com procedimentos próprios.

12.6.3.11.4. Notificação aos Empregados da Usina

Se a evolução da situação de emergência indicar uma possível necessidade de medidas de proteção aos empregados da Unidade em situação de emergência, o Coordenador do GEU-3 deve notificar os empregados através do acionamento do sinal sonoro da usina, seguido da mensagem transmitida pelo respectivo sistema de comunicações.

Em caso de necessidade de remoção do pessoal, deve ser acionado o sinal sonoro correspondente de "Evacuação", quando então serão removidos os empregados não essenciais ao controle da emergência.

12.6.3.11.5. Notificação ao Público

Se a evolução da emergência indicar a necessidade de medidas de proteção aos empregados, aos visitantes e à população da APE, a notificação ao público deve ser feita pelo Grupo de Emergência de Infra-estrutura, através da Equipe de Proteção Física Externa, como se segue:

- Em Itaorna, através do sistema de alto-falantes instalado na área, que transmitirá, inicialmente, um sinal sonoro (alarme) e, a seguir, a mensagem correspondente;
- Em Praia Brava, por meio da circulação de veículos da Equipe de Proteção Física, dotados de um sistema de alto-falantes, que transmitirá, repetidas vezes, mensagens orientando a conduta da população;
- Em Piraquara de Fora, através de uma comunicação telefônica com o encarregado da Marina.

12.6.3.11.6. Conduta dos funcionários que participam dos Grupos/Equipes de Emergência

Uma vez declarada a situação de emergência, os funcionários que estiveram de plantão devem dirigir-se, imediatamente, para os Centros de Emergência, conforme estabelecido nas ações de seu grupo e/ou Equipe de Emergência.

Os funcionários que participam dos Grupos e/ou Equipes de Emergência, mas que não estão de plantão, devem buscar, junto as chefias imediatas, a definição das ações a serem seguidas, quando então poderão ser dispensados para deixar a área ou indicados para reforçar as equipes, caso venha a se tornar necessário.

12.6.3.11.7. Conduta do pessoal em caso de evacuação

Os funcionários devem ser instruídos para agirem da seguinte forma, em caso de necessidade de evacuação da área: aqueles que não foram requisitados para integrar os Grupos e/ou Equipes de Emergência, bem como todo o pessoal que está na área de Itaorna e em Piraquara de Fora devem interromper suas atividades, desligar as máquinas e equipamentos e dirigir-se para os pontos de reunião determinados previamente, escolhendo aquele do qual se encontrarem mais próximos. Nos pontos de reunião devem estar disponíveis os meios de transporte que permitirão a sua retirada. Aqueles que dispuserem de veículo próprio devem deixar o local de forma ordenada, de modo a não prejudicar a movimentação dos ônibus.

Da mesma forma, os moradores e os empregados em escritórios e estabelecimentos comerciais da Vila Residencial de Praia Brava devem ser instruídos para: após tomar conhecimento da mensagem transmitida, desligar a chave geral da luz e o registro de gás; fechar a casa, escritório ou loja; e dirigir-se para os pontos de reunião pré-determinados, onde encontrarão os meios de transporte que permitirão a sua transferência para a Vila Residencial de Mambucaba, para onde deverão também dirigir-se aqueles que dispuserem de condução própria.

12.6.3.11.8. Alojamento, assistência e retorno da população

No caso de evacuação, os funcionários que estiverem em Itaorna e em Piraquara de Fora devem, inicialmente, dirigir-se para as suas residências (Vila do Frade, Angra dos Reis, Praia Brava, Mambucaba, etc.). Após a remoção de Itaorna, não deverá haver mais fluxo de veículos no sentido Itaorna - Angra, a não ser os envolvidos na reposta a situação de emergência, devidamente autorizado para tal, e ainda os que realizarem a evacuação dos residentes na ZPE-3 e ZPE-5.

A população removida de Praia Brava será alojada na Vila Residencial de Mambucaba, em casa de amigos ou no Clube Campestre, onde receberá orientação adicional. Aqueles que dispuserem de meios próprios e condições de alojamento em outros locais poderão dirigir-se diretamente para os mesmos, informando seu destino à administração da Vila de Mambucaba.

O retomo dos trabalhadores e da população removida somente ocorrerá após a total normalização das condições em Itaorna e Praia Brava, conforme orientação a ser transmitida pela Eletronuclear.

12.6.3.11.9. Ações dos Coordenadores de Emergência

Para assegurar a execução de todas as medidas necessárias e requeridas para o atendimento as situações de emergência, o PEL estabelece as principais ações a serem implementadas pelos diversos órgãos envolvidos dentro da estrutura de emergência.

As tabelas abaixo (Tabela 85 a Tabela 88) relacionam as ações que serão realizadas pelos Coordenadores de Emergência, em função da classe de emergência. Estas ações devem ser claramente detalhadas através de procedimentos específicos elaborados pelos respectivos órgãos envolvidos. Devendo, entretanto, ser ressaltado que a execução das mesmas não obedece necessariamente a seqüência em que estão listadas.

Tabela 85 - Ações do Coordenador do GEU-3

Ações	Evento não Usual	Alerta	Emerg. de Área	Emerg. Geral
1- Notificar imediatamente a situação de emergência a: - Coordenador de Emergência da Central de Angra (CECA) - Coordenador do Grupo de Emergência do Escritório Central (GEEC) Chefes das Equipes do GEU - Supervisor de Turno da outra unidade - Inspetor Residente de Plantão da CNEN e a CNEN/Sede Essa notificação deverá ser executada registrando-se o teor da mensagem, nome do destinatário e meios de confirmação.	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X
2 – Acionar as Equipes do GEU	Opcional	X	X	X
3 – Ativar o Centro de Suporte Técnico da Unidade que está em situação de emergência e para lá se dirigir	Opcional	X	X	X
4 – Ativar o Centro de Suporte Operacional da Unidade que está em situação de emergência	Opcional	X	X	X
5 – Solicitar, através do Coordenador de Emergência da Central de Angra, a ativação do GEEC.	Opcional	X	X	X
6 – Manter o Coordenador de Emergência da Central de Angra informado sobre a evolução da situação e as ações em andamento	X	X	X	X
7 – Reclassificar a emergência para uma classe mais severa, dependendo da evolução da situação	X	X	X	-
8 – Recomendar ao Coordenador de Emergência da Central de Angra que a população da APE seja notificada para permanecer em suas residências e/ou locais de trabalho aguardando instruções, no caso de Emergência de Área ou quando ocorrerem condições adversas que impeçam a evacuação no caso de Emergência Geral.	-	-	X	X
9 – Determinar o acionamento dos sinais de alerta e/ou evacuação da Unidade, caso necessário.	-	-	X	X
10 – Recomendar ao Coordenador de Emergência da Central de Angra que seja acionado o sinal de alerta de itaorna e que o pessoal de Praia Brava e de Piraquara de Fora seja notificado, caso necessário.	-	-	X	X
11 – Determinar a evacuação e coordenar a remoção do pessoal da usina não essencial ao controle de Emergência, quando as condições radiológicas na Unidade que está em situação de emergência assim o exigirem	-	-	X	X

Ações	Evento não Usual	Alerta	Emerg. de Área	Emerg. Geral
12 – Determinar a distribuição de Iodeto de Potássio ao pessoal da usina e, se necessário, à população da APE	-	-	-	X
13 – Recomendar ao Coordenador de Emergência da Central de Angra a evacuação de Itaorna, Piraquara de Fora e Praia Brava, quando a situação na usina indicam a necessidade de decretação de Emergência Geral	-	-	-	X
14 – Recomendar ao Coordenador de Emergência da Central de Angra que a emergência seja reclassificada para uma classe menos severa ou que seja encerrada	X	X	X	X

Fonte: Eletronuclear

Tabela 86 - Ações do Coordenador de Emergência da Central de Angra (CECA)

Ações	Evento não Usual	Alerta	Emerg. de Área	Emerg. Geral
1 – Inteirar-se das ações em andamento, definindo com o Coordenador do GEU as possíveis necessidades de apoio.	X	X	X	X
2 – Manter contato com o Coordenador do GEEC para informá-lo sobre a evolução da ocorrência e, quando necessário, solicitar e acompanhar os serviços de apoio requeridos pelo Coordenador do GEU.	X	X	X	X
3 – instalar-se no Centro de Suporte Técnico da Unidade que está em situação de emergência, ou no Centro de Emergência de Infra-estrutura, caso a Unidade 1, 2 ou 3 entrem, simultaneamente, em situação de emergência.	Opcional	X	X	X
4 – Notificar a situação de emergência ao Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura (GEI) e ao Chefe da Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME).	Opcional	X	X	X
5 – Notificar a Defesa Civil Municipal de Angra dos Reis (SEMDEC/AR) sobre a situação de emergência, suas tendências e conseqüências.	-	X	X	X
6 – Notificar ao 10º GBMERJ sobre a situação de emergência, suas tendências e conseqüências.	-	X	-	-
7 – Notificar os representantes da Eletronuclear junto ao CCCEN e ao CIEN sobre a situação da emergência, suas tendências e conseqüências, e determinar que os mesmos desloquem-se para aqueles Centros.	-	X	X	X
8 – Notificar o CCCEN, através do representante da Eletronuclear junto aquele Centro ou do próprio Coordenador do CCCEN, sobre a situação da emergência, suas tendências e conseqüências.	-	-	X	X
9 – Determinar ao Coordenador do grupo de Emergência de Infra-estrutura que a população da APE seja notificada para permanecer em suas residências e/ou locais de trabalho aguardando instruções, no caso de Emergência de Área, ou quando existirem condições adversas que impeçam a evacuação, no caso de Emergência Geral.	-	-	X	X
10 – Avaliar, em conjunto com o Coordenador do GEU, a necessidade e conveniência de determinar ao Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura o acionamento do sinal de alerta em Itaorna e o esclarecimento da situação pelo sistema de alto-falantes.	-	-	X	x

Ações	Evento não Usual	Alerta	Emerg. de Área	Emerg. Geral
11 – Determinar ao Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura (GEI) e ao Chefe da Equipe de apoio Médico de Emergência (EAME) o início das ações necessárias para a evacuação de Itaorna, caso esta seja recomendada pelo Coordenador do GEU.	-	-	X	X
12 – Determinar ao Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura (GEI) e ao Chefe da Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME) o início das ações necessárias para a evacuação de Praia Brava, caso esta seja recomendada pelo Coordenador do GEU.	-	-	X	X
13 – Determinar ao Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura o acionamento do sinal de emergência de evacuação de Itaorna, o esclarecimento da situação pelo sistema de alto-falantes e demais ações necessárias.	-	-	-	X
14 – Determinar ao Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura a evacuação de Piraquara de Fora e Praia Brava.	-	-	-	X
15 – Assegurar que a reclassificação de emergência ou o seu encerramento sejam notificados aos mesmos órgãos, internos e externos, anteriormente acionados.	X	X	X	X

Fonte: Eletronuclear

Tabela 87 - Ações do Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-Estrutura

Ações	Evento não Usual	Alerta	Emerg. de Área	Emerg. Geral
1 – Ativar o Centro de Emergência de Infra-estrutura, acionando as equipes subordinadas a este Grupo.	Opcional	X	X	X
2 – Inteirar-se com o Coordenador de Emergência da Central de Angra sobre as necessidades de apoio.	X	X	X	X
3 – Determinar que o representante da Eletronuclear junto a Coordenação Operacional Leste (CopEN) desloque-se para aquela Coordenação.	-	X	X	X
4 – Providenciar o apoio solicitado e, se necessário, buscar o mesmo junto a outras firmas instaladas na região.	-	X	X	X
5 – Providenciar, quando determinado pelo Coordenador de Emergência da Central de Angra, a notificação para a população da APE permanecer em suas residências e/ou locais de trabalho aguardando instruções.	-	X	X	X
6 – Providenciar, quando determinado pelo Coordenador de Emergência da central de Angra, o acionamento do sinal de emergência de alerta de Itaorna e o esclarecimento da situação pelo sistema de alto-falantes.	-	-	X	X
7 – Assegurar que existam meios de transporte disponíveis nos Pontos de Reunião na APE e na ZPE-3.	-	-	X	X
8 – Providenciar, quando determinado pelo CECA, que seja acionado o sinal de emergência de evacuação de Itaorna e transmitido pelo sistema de alto-falantes o devido esclarecimento ao público presente na área.	-	-	-	X
9 – Quando determinado pelo Coordenador de Emergência da Central de Angra, coordenar as ações de evacuação das áreas de Itaorna, Piraquara de Fora e Praia Brava.	-	-	-	X

Ações	Evento não Usual	Alerta	Emerg. de Área	Emerg. Geral
10 – Prestar suporte à Equipe de Apoio Médico de Emergência na transferência de equipamentos e materiais hospitalares para a Vila Residencial de Mambucaba, se necessário.	-	-	-	X
11 – Terminada a evacuação de Itaorna e Piraquara de Fora, instalar-se com suas equipes no Centro de Emergência de Mambucaba.	-	-	-	X
12 – Caso a evacuação de Praia Brava não tenha ainda sido concluída, coordenar esta evacuação a partir do Centro de Emergência de Mambucaba	-	-	-	X
13 – Providenciar a divulgação de esclarecimentos às populações das Vilas Residenciais, de acordo com a determinação do Coordenador de Emergência da Central de Angra.	-	-	X	X
14 – Estando o Grupo instalado no CEMB, o Coordenador do GEI deverá coordenar as ações de assistência e alojamento das pessoas removidas de suas residências para a Vila Residencial de Mambucaba.	-	-	-	X
15 – Avaliar recursos disponíveis que poderão, eventualmente, ser colocados a disposição dos órgãos responsáveis pela implementação do PEE.	-	-	X	X
16 – Manter o Coordenador de Emergência da Central de Angra informado sobre as ações em andamento.	X	X	X	X

Fonte: Eletronuclear

Tabela 88 - Ações do Coordenador do Grupo de Emergência do Escritório Central

Ações	Evento não Usual	Alerta	Emerg. de Área	Emerg. Geral
1 – Estabelecer, com o Coordenador de Emergência da Central de Angra, as necessidades básicas de apoio.	X	X	X	X
2 – Notificar a ocorrência da emergência ao Superintendente de Gerenciamento de Empreendimentos (SG.T) e ao Secretário Executivo do comitê para Avaliação de Informações e Ocorrências da Eletronuclear, informando-os sobre as providências em andamento, bem como preparar informes internos sobre o acidente. Notificar a ocorrência da emergência à Assessoria de Imprensa da Presidência.	X	X	X	X
3 – Convocar o Representante da Engenharia para uma análise mais detalhada da situação e de suas conseqüências.	Opcional	X	X	X
4 – Ativar o Centro de Emergência do Escritório Central.	Opcional	X	X	X
5 – Notificar o representante da Eletronuclear junto ao CESTGEN sobre a situação de emergência e determinar que o mesmo desloque-se para aquele Centro	-	X	X	X
6 – Notificar o representante da Eletronuclear junto ao CESTGEN sobre a situação de emergência, as tendências e conseqüências da mesma.	-	-	X	X
7 – Apoiar técnica e administrativamente a Unidade que estiver em situação de emergência, com os recursos disponíveis, e gerenciar a busca e o encaminhamento de recursos adicionais externo, conforme solicitado pelo Coordenador de Emergência da Central de Angra.	-	X	X	X
8 – Recomendar ao Diretor de operação e Comercialização a convocação do CAON, no caso da ocorrência de problemas não previstos de segurança.	-	X	X	X

Ações	Evento não Usual	Alerta	Emerg. de Área	Emerg. Geral
9 – Informar a CNEN toda vez que houver modificações nas condições da situação de emergência ou quando ocorrer algum fato relevante que requeira ação de sua parte.	X	X	X	X
10 – Apoiar a Assessora de Imprensa da Presidência na elaboração das informações a serem divulgadas para o público.	-	-	X	X
11 – Manter a CNEN/Sede informada sobre as condições radiológicas na ZPE-3 e ZPE-5, até a chegada da Equipe do IRD.	-	-	X	X
12 – Desativar o Centro de Emergência do Escritório Central, desmobilizando o Representante da Engenharia após o encerramento da situação de emergência.	-	X	X	X
13. Informar aos órgãos, internos e externos, anteriormente notificados o encerramento da emergência	X	X	X	X

Fonte: Eletronuclear

12.6.3.11.10. Ação das Equipes do Grupo de Emergência da Unidade 3 (GEU-3)

a) Equipe de Monitoração de Emergência

O Chefe desta Equipe deve instalar-se no Centro de Suporte Técnico (CST) e assegurar que estão disponíveis os meios e os componentes necessários para a execução das tarefas sob sua responsabilidade, tais como:

- Participar da avaliação contínua da situação de emergência;
- Executar a monitoração radiológica na APE e, até a chegada do IRD, na ZPE-3 e ZPE-5;
- Avaliar os efluentes liberados na área da usina e no meio ambiente;
- Avaliar continuamente as condições meteorológicas;
- Avaliar as condições radiológicas nas áreas internas e externas da usina;
- Elaborar as projeções de doses para as áreas passíveis de serem afetadas pela radiação;
- Calcular as doses previstas para os locais de trabalho e áreas afetadas da APE, da ZPE-3 e ZPE-5;
- Avaliar, junto com a Equipe de Apoio Médico de Emergência, a necessidade de administração de iodeto de potássio ao pessoal da Unidade e a população da APE e, se for o caso, recomendar essa necessidade ao Coordenador do GEU-3;
- Coordenar a distribuição de iodeto de potássio ao pessoal das usinas;
- Recomendar ao Coordenador do GEU-3 as ações aplicáveis de proteção para o pessoal das usinas e da APE;

- Coordenar a operação de busca e salvamento de acidentados;
- Coordenar a prestação de primeiros socorros e executar a descontaminação, bem como colaborar com a Equipe de Apoio Médico de Emergência no atendimento de acidentados com radiação.

b) Equipe de Apoio Técnico

O Chefe desta equipe deve instalar-se no Centro de Suporte Técnico (CST) e assegurar que estão disponíveis os meios e os componentes necessários para a execução das tarefas sob sua responsabilidade, tais como:

- Participar da avaliação contínua da situação de emergência;
- Realizar estudos e análises técnicas relativas a situação de emergência, em especial sobre a segurança técnica nuclear, a determinação do termo - fonte e a situação do núcleo do reator da Unidade que está em situação de emergência;
- Coordenar o levantamento dos dados solicitados pelo Representante da Equipe de Engenharia, mantendo com o mesmo um fluxo contínuo de troca de informações;
- Prover o Centro de Suporte Técnico da Unidade que está em situação de emergência com documentação técnica atualizada (fluxogramas, manuais, catálogos, procedimentos).

c) Equipe de Reparos de Emergência

O Chefe desta Equipe deve dirigir-se inicialmente ao Centro de Suporte Técnico (CST) para avaliar a situação em conjunto com o Coordenador do GEU. Em seguida, deverá instalar-se no Centro de Suporte Operacional (CSO) e assegurar que estão disponíveis os meios e os componentes necessários para a execução dos reparos de emergência requeridos nos sistemas da Unidade.

d) Equipe de Proteção Física Interna

O Chefe desta Equipe deverá instalar-se na Guarita da Unidade 2 ou em outro local, conforme determinação do Coordenador do GEU-3, e executar as seguintes ações:

- Manter a proteção física da Unidade 3;
- Participar das ações de remoção do pessoal não essencial às atividades relacionadas ao controle da emergência;
- Participar das ações de primeiros socorros a acidentados e na distribuição de iodeto de potássio ao pessoal, se necessário;
- Efetuar a contabilização de pessoal.

e) Equipe de Combate a Incêndios

O Chefe desta Equipe deverá executar as seguintes ações:

- Atuar no combate inicial para a extinção de incêndio na Unidade;
- Solicitar ao Coordenador do GEU-3 o apoio da Brigada de Incêndio e fornecer à mesma a orientação técnica específica à área nuclear, em coordenação com o Chefe da Equipe de Monitoração de Emergência;
- Colaborar com a Equipe de Monitoração de Emergência na prestação de primeiros socorros e salvamento de acidentados, no caso de emergências radiológicas não acompanhadas de incêndio.

f) Equipe de Materiais

O Chefe desta Equipe deverá dirigir-se ao Centro de Suporte Técnico (CST) para se inteirar da situação e em seguida instalar-se no Almoxarifado da usina, garantindo seu funcionamento.

g) Equipe de Engenharia

O Representante desta equipe deve instalar-se no Centro de Suporte Técnico de Angra 3 e assegurar que estão disponíveis os meios e os componentes necessários para a execução das tarefas sob sua responsabilidade, tais como:

- Participar da avaliação contínua da situação de emergência;
- Assessorar o Coordenador do GEU 3 na solução dos problemas de Engenharia relacionados com a emergência e que dizem respeito ao desempenho dos sistemas da Usina, seus processos e componentes;
- Indicar, se necessário, ao Coordenador do GEEC quais os contatos internos e externos requeridos para auxiliar na solução da emergência da Unidade;
- Manter, com o Coordenador do GEEC, um fluxo contínuo de troca de informações;
- Manter, com o Chefe da Equipe de Apoio Técnico, um fluxo contínuo de troca de informações.

12.6.3.11.11. Ações das Equipes do Grupo de Emergência de Infra-estrutura (GEI)

a) Equipe de Proteção Física Externa

O Chefe desta Equipe deve instalar-se na sala de chefia da Divisão de Segurança Empresarial, em Itaorna, e assegurar que estão disponíveis os meios e os componentes necessários para executar as tarefas sob sua responsabilidade. A partir deste local, segundo orientação do Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-Estrutura, deverá instruir os componentes da Equipe sobre as providências a serem tomadas.

Em caso de ser declarada Emergência de Área ou quando condições adversas impedirem a evacuação no caso de Emergência Geral, deve através do sistema de alto-

talantes, em Itaorna; de uma comunicação telefônica com Piraquara de Fora; e pelos alto-falantes das unidades móveis, em Praia Brava, notificar as pessoas para permanecerem em seus locais de trabalho ou residências aguardando instruções.

Em caso de evacuação em Itaorna e Piraquara de Fora, deve:

- Acionar o sinal sonoro de alerta, em Itaorna, e esclarecer a situação pelo sistema de alto-falantes;
- Comunicar, por telefone, a situação de emergência ao encarregado da Marina, em Piraquara de Fora, e determinar a evacuação;
- Acionar o sinal sonoro de evacuação, em Itaorna, determinando, com o auxílio do sistema de alto-falantes, o deslocamento do pessoal para os pontos de reunião pré-determinados;
- Coordenar e controlar, em Itaorna, o deslocamento do pessoal até os pontos de reunião e o seu embarque nos ônibus, mantendo a disciplina e a segurança do pessoal a ser removido;
- Após o término da remoção, efetuar uma inspeção geral nas áreas de Itaorna e Piraquara de Fora, visando assegurar que todas as pessoas foram removidas;
- Uma vez concluída a evacuação das áreas de Itaorna e Piraquara de Fora e após determinação do Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura, o Chefe da Equipe de Proteção Física deve dirigir-se a Praia Brava para coordenar as ações de evacuação, se esta ainda não tiver sido concluída. Caso contrário deve dirigir-se ao Centro de Emergência de Mambucaba.

Em caso de evacuação na Vila Residencial de Praia Brava, deve:

- Esclarecer a situação à população e notificar sobre a necessidade de evacuação do local;
- Coordenar e controlar, nos pontos de reunião pré-determinados, a concentração das pessoas a serem removidas daquela vila residencial;
- Coordenar e controlar o fluxo de veículos durante a remoção do pessoal;
- Após o término da remoção da população, efetuar uma inspeção geral na área, visando assegurar que todas as pessoas foram removidas;
- Manter a disciplina e a segurança na APE, como um todo, assim como a integridade dos bens da Eletronuclear e dos moradores.

b) Equipe de Serviços Gerais

O Chefe desta Equipe deverá instalar-se no Centro de Emergência de Infra-estrutura e assegurar que estão disponíveis os meios e os componentes necessários para executar as tarefas sob sua responsabilidade, tais como:

- Convocar funcionários para compor sua equipe nas áreas de transporte, manutenção elétrica, comunicações, hospedagens, administração de vilas e outras, conforme necessário;
- Prestar apoio de alimentação, hospedagem, transporte e outros serviços administrativos para as pessoas envolvidas no atendimento a emergência da usina;
- Convocar os meios de transporte necessários para a remoção do pessoal das usinas e de Itaorna, inclusive pacientes, equipamentos e materiais do Ambulatório Médico, caso requerido pelo Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura, colocando-os em posição de executar a evacuação de Itaorna;
- Convocar os meios de transporte necessários para a remoção da população de Praia Brava e transferências de pacientes e equipamentos da Unidade Médica daquela vila residencial para Mambucaba;
- Ativar o Centro de Emergência de Mambucaba, caso necessário;
- Prover os meios necessários para atendimento as solicitações de auxílio da Defesa Civil para as medidas de proteção a ZPE-3 e a ZPE-5, conforme procedimento específico.

Ao receber do Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura a determinação de evacuação em Itaorna e Piraquara de Fora, deve:

- Acionar os meios necessários e coordenar as ações de remoção do pessoal de Itaorna, inclusive pacientes, equipamentos e materiais do Ambulatório Médico para os locais pré-estabelecidos;
- Deslocar transporte para Piraquara de Fora, a fim de remover as pessoas presentes naquela área;
- Concluída a evacuação das áreas de Itaorna e Piraquara de Fora, dirigir-se, juntamente com a sua equipe, para o Centro de Emergência de Mambucaba.

Ao receber do Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura a determinação de evacuação em Praia Brava, deve:

- Assumir o controle dos estabelecimentos comerciais daquela Vila Residencial, considerados prioritários para o atendimento a necessidade da população;
- Acionar os meios necessários e coordenar as ações previstas para a remoção da população;
- Prestar apoio à Equipe Médica na desmontagem de equipamentos da Unidade Médica de Praia Brava;

- Realizar, após concluída a evacuação de Praia Brava, uma operação de varredura geral nas instalações, de maneira a assegurar-se que estão desligadas: a energia elétrica, o abastecimento d'água, o tratamento de esgotos etc.

Ao receber do Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura a determinação de evacuação em Mambucaba, deve:

- Prestar apoio à Equipe Médica na instalação da Unidade Médica Provisória de Mambucaba, nos prédios do Colégio Estadual;
- Coordenar, nos locais pré-estabelecidos, a recepção do pessoal removido e dar atendimento as suas necessidades básicas, incluindo alojamento e alimentação;
- Assegurar, face a uma possível maior demanda, o funcionamento adequado dos serviços públicos essenciais em Mambucaba;
- Executar, no Centro de Emergência de Mambucaba, as ações necessárias de assistência à população removida de suas residências; cadastrar os funcionários que tenham se dirigido para outros locais e avaliar os recursos disponíveis que poderão, eventualmente, serem colocados a disposição dos órgãos responsáveis pelo PEE.

c) Equipe de Construção

O Chefe desta Equipe deverá instalar-se no Centro de Emergência de Infra-Estrutura e assegurar que estão disponíveis os meios e os componentes necessários para executar as tarefas sob sua responsabilidade, assim como propiciar, se necessário, suporte de maquinário, técnicos e mão de obra especializada em serviços de campo.

12.6.3.11.12. Ações da Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME)

O Chefe desta Equipe deverá instalar-se no Hospital de Praia Brava - HPB ou no Centro de Medicina das Radiações Ionizantes - CMRI, em Mambucaba, e assegurar que estão disponíveis os meios e os componentes necessários para a execução das tarefas sob sua responsabilidade, tais como:

- Prestar assistência médico-hospitalar às pessoas acidentadas na usina e na APE, removendo, se necessário, as pessoas acidentadas com radiação para o CMRI e iniciar os procedimentos de atendimento previstos em plano específico;
- Analisar, juntamente com a Equipe de Monitoração de Emergência, as doses de radiação. Em caso de níveis tais que possam justificar a administração de iodeto de potássio ao pessoal da usina e à população da APE, recomendar ao Coordenador do GEU a distribuição do medicamento;
- Caso seja indicada a evacuação do Ambulatório de Itaorna e do Hospital de Praia Brava, promover a instalação da Unidade Médica Provisória na Vila de

Mambucaba, nos prédios do Colégio Estadual e, em seguida, prestar naquela Unidade Médica a assistência médico-hospitalar em geral, de acordo com os procedimentos pré-estabelecidos;

- Transferir, se necessário, os acidentados com radiação para o Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD).

12.6.3.11.13. Ações do Grupo de Emergência do Escritório Central (GEEC)

a) Apoio Administrativo e Gerencial

Para permitir a execução das ações previstas para o GEEC, o Coordenador do Grupo deverá contatar as áreas da Empresa, solicitando apoio nos seguintes serviços, além de outros julgados necessários:

- Acesso de pessoal, iluminação, ar condicionado, xerox, etc., necessários à instalação do Centro de Emergência do Escritório Central e nos demais locais de trabalho, conforme se faça necessário;
- Uso dos meios de comunicação da empresa (telefone, telex, rádio, etc.);
- Uso do computador central de processamento de dados;
- Utilização dos meios de transporte da Empresa;
- Outros serviços conforme julgados necessários.

b) Apoio Técnico

O apoio técnico a ser prestado pelo GEEC à Unidade que está em situação de emergência será propiciado, pelo Representante da Engenharia, com o encaminhamento e/ou solução dos problemas relacionados com a emergência e que dizem respeito ao desempenho dos sistemas da usina, seus processos e componentes, e com a indicação, para o Coordenador do GEEC, de quais os contatos internos e externos necessários para auxiliar na solução da emergência, propiciando assim um apoio às equipes de emergência da Unidade.

12.6.3.11.14. Ações do Pessoal da Unidade 3 em Função da Declaração de Emergência na Unidade 1 ou na Unidade 2

O Supervisor de Turno, ao receber a informação da declaração de Evento Não Usual na Unidade 1 ou na Unidade 2, deverá comunicar o fato imediatamente ao plantonista na função de Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade 3. Este, por sua vez, deverá entrar em contato com o Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade afetada para decidirem da necessidade de implementação de ações adicionais.

A partir da declaração de situação de Alerta na Unidade 1 ou na Unidade 2, a Unidade 3 deverá imediatamente ativar o seu Centro de Suporte Técnico (CST) e o Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade 3 deverá manter contato com o

Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade afetada, avaliando permanentemente a situação para eventual implementação de medidas cabíveis na sua Unidade.

O Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade 3 ao receber a notificação de que a Unidade 1 ou a Unidade 2 entrou em situação de Emergência de Área, deverá se colocar em condições de executar as ações previstas para a situação de Emergência de Área na sua Unidade e, imediatamente, planejar e programar a retirada da usina do sistema elétrico, de modo que este desligamento não implique em agravamento das condições de emergência da outra Unidade.

Caso seja necessária, em qualquer condição de emergência, a remoção do pessoal da Unidade 1 ou da Unidade 2, o pessoal da Unidade 3 também deverá ser removido, permanecendo na Unidade 3 somente o pessoal de turno e o convocado para o CST da mesma.

12.6.3.12. Informações ao Público

12.6.3.12.1. Em Situação Normal

a) Informações de Caráter Geral

São informações destinadas a esclarecer a população em assuntos de natureza geral sobre a utilização da energia nuclear, medidas de proteção ao meio ambiente e à vida humana, funcionamento das usinas e aspectos de segurança correlatos, etc.

Essas informações encontram-se a disposição do público nos Centros de Informações de Itaorna e Angra dos Reis, na forma de filmes didáticos, áudio visuais, maquetes, painéis eletrônicos e folhetos.

Visando atingir um público maior, são realizados, periodicamente, em âmbito regional, esclarecimentos através da imprensa escrita e falada da cidade de Angra dos Reis.

b) Campanhas de Esclarecimentos na APE

São campanhas realizadas pela Eletronuclear e dirigidas ao público residente na APE visando orientar o mesmo sobre as ações a serem tomadas numa situação de emergência. Sua execução é de responsabilidade da Superintendência de Coordenação da Operação.

As diretrizes a serem obedecidas na elaboração e divulgação destas campanhas, bem como o seu respectivo conteúdo, deverão estar em conformidade com as Normas do Sipro, sendo a sua frequência de realização de pelo menos uma vez a cada dois anos, em conjunto com as campanhas do Plano de Emergência Externo nas demais ZPE's.

Além disto, anualmente, serão entregues em todas as residências da APE um prospecto contendo as informações necessárias sobre as ações a serem adotadas pela população local caso seja imprescindível a ativação do Plano de Emergência Local.

c) Campanhas de Esclarecimentos nas Demais ZPEs

São campanhas dirigidas à população residente nas áreas circunvizinhas à CNAAAA (ZPE-3, ZPE-5, ZPE-10 e ZPE-15), que a Eletronuclear, em coordenação com alguns órgãos do Siproon, realiza com a finalidade de orientá-la sobre as medidas de proteção a serem adotadas em caso de emergência nas usinas.

12.6.3.12.2. Em situação de Emergência

Em caso de acidente na usina, cujas conseqüências indiquem a necessidade de medidas de proteção, a responsabilidade pelo esclarecimento e orientação da população na APE é atribuição da Superintendência de Coordenação da Operação.

No âmbito da Empresa, cabe ao Diretor de Operação e Comercialização a responsabilidade pela divulgação de qualquer tipo de informação ao público sobre a situação de emergência radiológica que vier ocorrer nas Unidades 1, 2 ou 3.

12.6.3.13. Implementação do Plano de Emergência Local

12.6.3.13.1. Responsabilidades

Para a efetiva implementação do PEL, todos os funcionários da Eletronuclear e das empresas contratadas, que, pela natureza de suas funções, venham a ter participação no mesmo, deverão estar preparados para executar as tarefas que lhes serão confiadas, bem como estar conscientes da responsabilidade que lhes é atribuída na execução destas tarefas.

Com esta finalidade, as Chefias e os Coordenadores devem assegurar que existam procedimentos gerais, procedimentos específicos e instruções definindo claramente as ações a serem desempenhadas pelos respectivos órgãos, grupos, equipes e/ou pessoas nas situações de emergência. Os procedimentos específicos e/ou instruções, devem ser elaborados pelos órgãos e/ou equipes que, durante a emergência, realizarão atividades diferentes daquelas da rotina da operação normal.

Estes procedimentos devem especificar claramente os registros cuja geração seja requerida para documentar a sua efetiva implementação.

Tais procedimentos devem ser periodicamente revisados e, se necessário atualizados para assegurar a adequada cobertura das atividades correspondentes.

12.6.3.13.2. Procedimentos Gerais

São os procedimentos referentes as atividades de caráter geral, comuns a mais de uma Grupo de Emergência, dentro da estrutura para atendimento emergenciais, tais como:

- Treinamento de Pessoal;
- Exercícios de Emergência;

- Ativação dos Centros de Emergência;
- Utilização do Sistema de Comunicações de Emergência, etc.

12.6.3.13.3. Procedimentos Específicos

São procedimentos referentes às atividades específicas de um determinado Grupo ou Equipe, aplicáveis à execução das respectivas tarefas nas situações de emergência, diferentes das tarefas rotineiras de operação normal, previstas neste plano:

- Ações do Coordenador de Emergência da Central de Angra;
- Ações do Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade 1;
- Ações do Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade 2;
- Ações do Coordenador do Grupo de Emergência da Unidade 3;
- Ações do Coordenador do Grupo de Emergência de Infra-estrutura;
- Ações do Coordenador do Grupo de Emergência do Escritório Central;
- Ações das Equipes do Grupo de Emergência da Unidade 1;
- Ações das Equipes do Grupo de Emergência da Unidade 2;
- Ações das Equipes do Grupo de Emergência da Unidade 3;
- Ações das Equipes do Grupo de Emergência de Infra-estrutura;
- Ações da Equipe de Apoio Médico de Emergência;
- Procedimentos de Monitoração de Emergência, do Laboratório de Monitoração Ambiental.

12.6.3.13.4. Instruções

Os procedimentos específicos devem ser complementados, quando necessários, por instruções que definam claramente as tarefas a serem desenvolvidas pelos membros das diferentes equipes.

12.6.3.13.5. Plantões de Emergência

A chefia da Superintendência de Coordenação da Operação deve emitir, semanalmente, uma escala de plantão de emergência, de modo a garantir 24 horas por dia, 7 dias por semana, a atuação inicial nas usinas, dos Grupos e Equipes de Emergência previstas neste Plano.

Devem constar dessa escala os funcionários técnicos e administrativos em número necessário para desempenhar as atividades atribuídas a cada Grupo e Equipe de Emergência, conforme definidas neste Plano, podendo ser dimensionada de acordo com a situação operacional das usinas.

12.6.3.13.6. Treinamento de Pessoal

A cada 12 meses devem ser realizados os seguintes treinamentos:

- Treinamento específico para situações de emergência, para todos os empregados, orgânicos da Eletronuclear ou de Empresas contratadas pela Eletronuclear, que prestam serviço na CNAAA, a ser ministrado, inicialmente, durante o processo de admissão. Neste treinamento, são transmitidas, além de outras, orientações sobre a localização dos Pontos de Reuniões e instruções específicas sobre como proceder no caso de uma situação de emergência que determine o acionamento do alarme e a conseqüente necessidade de remoção do pessoal da CNAAA.
- Treinamento teórico a todo pessoal que, pela Escala de Plantão Especial de Emergência da Área Nuclear, pode ocupar o cargo de Coordenador de Emergência da Central de Angra (CECA), relativo ao Plano de Emergência Local, sob a responsabilidade do Superintendente de Coordenação da Operação.
- Treinamento teórico a todos os membros das Equipes do Grupo de Emergência da Unidade 1 (GEU-1), do Grupo de Emergência da Unidade 2 (GEU-2), do Grupo de Emergência da Unidade 3 (GEU-3), relativo ao Plano de Emergência Local e a procedimentos específico, quando aplicável, sob a responsabilidade, respectivamente, dos Superintendentes de Angra 1, 2 e 3.
- Treinamento teórico a todos os membros das Equipes do Grupo de Emergência de Infra-estrutura (GEI), relativo ao Plano de Emergência Local e a procedimentos específicos, quando aplicável, sob a responsabilidade do Chefe da Gerência de Apoio Regional.
- Treinamento teórico a todos os membros da Equipe de Apoio Médico de Emergência (EAME), relativo ao Plano de Emergência Local e a procedimentos específicos, quando aplicável, sob a responsabilidade do Responsável Técnico pelo Centro de Medicina das Radiações Ionizantes (CMRI).
- Treinamento teórico a todos os membros do Grupo de Emergência do Escritório Central (GEEC), relativo ao Plano de Emergência Local, sob a responsabilidade do Assessor Técnico da Diretoria de Operação e Comercialização.

12.6.3.13.7. Exercícios de Emergência

Os exercícios de emergência, sob responsabilidade do Superintendente de Coordenação da Operação, devem ser realizados de acordo com cenários específicos,

elaborados em função dos objetivos estabelecidos para o exercício. Após o término do exercício deverá ser realizada uma reunião crítica do mesmo e emitido o respectivo relatório.

As equipes de Monitoração de Emergência, Proteção Física, Serviços Gerais (parte de transporte) e Combate a Incêndio, devem participar de pelo menos um exercício parcial a cada ano.

Deverá ser realizado, anualmente, um exercício de ativação dos Centros de Emergência.

Deve, também, ser realizado um exercício simulado geral, com a participação de todas as equipes de emergência, pelo menos uma vez a cada três anos.

Os registros dos Exercícios de Emergência, após análise, devem ser arquivados pela Gerência de Treinamento.

12.6.3.13.8. Aprovação, Revisão e Distribuição

A responsabilidade pela elaboração, revisão e distribuição do Plano de Emergência Local, é da Superintendência de Coordenação da Operação. Esta Superintendência deverá atualizar o PEL periodicamente, tendo como base os resultados dos treinamentos práticos, auditorias, modificações na estrutura organizacional da empresa etc.

Novas revisões do PEL, serão efetuados por páginas. A mudança de qualquer página implicará na imediata alteração do número da revisão desta página.

Revisões, adições ou exclusões que alterem uma determinada página, serão indicadas por linhas verticais na margem direita da página revisada, ao longo do texto revisado, adicionado ou excluído e indicando, à direita da extremidade interior das linhas, o número da revisão realizada.

A aprovação do texto do Plano de Emergência Local e de suas revisões, é de responsabilidade do Diretor de Operação e Comercialização.

12.6.3.13.9. Auditoria

De acordo com o Relatório Final de Análise de Segurança (RFAS) de Angra 1, 2 e 3, o PEL e seus procedimentos de implementação estão sujeitos a auditorias a serem executadas pela Assessoria de Garantia da Qualidade, pelo menos uma vez a cada dois anos.

12.6.4. Plano de Emergência Externo – PEE

Considerando as definições e as características das organizações anteriormente já apresentadas, o PEE consiste na distribuição de ações e responsabilidades na área externa de ocorrência de uma emergência. Este Plano estabelece as estratégias de atuação local, que materializam as decisões tomadas na esfera de coordenação. Os grupos que atuam segundo a

organização definida no PEE, têm contato direto com a população na área de influência do acidente nuclear.

A eficácia das ações do PEE, depende de sua integração com os Planos de Emergência Complementares, que serão apresentados no tópico seguinte. As atividades de Integração são testadas e avaliadas durante a realização dos exercícios simulados de emergência, parciais e gerais. As características e frequências desses treinamentos foram apresentadas no tópico referente ao PEL.

12.6.4.1. Esquema de Acionamento do PEE

Quando da ocorrência de uma situação de emergência nuclear na CNAAA, a Eletronuclear informará imediatamente à CNEN, à Defesa Civil Estadual (10º GBM) e à COMDEC/AR. A CNEN notificará o Coordenador Geral do CNAGEN e ao Departamento Geral de Defesa Civil (DGDEC), que, por sua vez, de acordo com os procedimentos, informará ao Coordenador do CESTGEN.

O Oficial-de-dia do 10º GBM informará ao Comandante do 10º GBM e ao Coordenador do CCCEN. Caberá aos Coordenadores Gerais a convocação geral dos membros de cada Centro de Emergência, de acordo com a relação elaborada para este fim. Deste modo, todos os Centros de Emergência iniciam a implementação das medidas recomendadas pela CNEN. Para cada classe de emergência uma série de procedimentos serão implementados pelos grupos operacionais, de acordo com suas atribuições previamente definidas.

12.6.4.2. Coordenação Operacional

Os Comandantes dos Destacamentos de Bombeiros do Frade e de Mambucaba atuarão como Coordenadores Operacionais de Emergência Nuclear (COPEN), em suas respectivas áreas de atuação, sob orientação do Coordenador do CCCEN. Neste caso, o Comandante do Frade coordenará a execução das ações necessárias no lado leste da CNAAA, que compreende, dentro da ZPE-3, as localidades de Piraquara de Dentro, Pingo D'Água, Guariba e Piraquara e Fora, e, dentro da ZPE-5, as localidades de Condomínio do Frade, Frade e Sertãozinho do Frade. Ao Comandante do Destacamento de Mambucaba caberá a coordenação do lado oeste, abrangendo as localidades de Condomínio Barlavento e Praia Vermelha.

12.6.4.3. Grupos Operacionais – GOp

É considerado GOp o conjunto de equipes operacionais subordinadas aos COPEN que, dentro de sua esfera de atribuições e na sua área de responsabilidade, executa as diversas tarefas de campo necessárias à administração da emergência.

Subordinado a cada COPEN existe um Grupo Operacional de Evacuação de Área e um Grupo Operacional de Apoio, cujas constituições e atribuições são relacionadas a seguir.

12.6.4.3.1. Grupos Operacionais de Evacuação de Áreas

Os GOp de Evacuação de Áreas, integrantes das COpEN, é compostos por cinco equipes:

- Equipe de Notificação e Orientação
- Equipe de Resgate
- Equipe de Recepção e Embarque
- Equipe de Controle de Viaturas
- Equipe de Remoção
- Outras, caso a necessidade assim o determine, e conforme ordem expedida pelo CCCEN.

Compete aos Grupos Operacionais de Evacuação de Áreas, cumprir as determinações emanadas dos COpEN; e executar as diversas atividades para realização da evacuação;

12.6.4.3.2. Grupos Operacionais de Apoio

Os GOp de Apoio, subordinados às COpEN, serão compostos por cinco equipes:

- Equipe de Segurança Patrimonial e Pessoal;
- Equipe de Comunicações;
- Equipe de Atividades de Transporte;
- Equipe de Controle de Trânsito;
- Equipe de Controle de Viaturas e Combustíveis;
- Outras, caso a necessidade assim o determine, e conforme ordem expedida pelo CCCEN.

Compete aos GOp de Apoio, cumprir as determinações emanadas pelos COpEN; executar as diversas atividades específicas que lhe são afetas; providenciar os meios que lhe forem solicitados pelos GOp de Evacuação e GOp de Administração de Abrigo, para a operacionalização da remoção; e solicitar aos COpEN as orientações quanto a procedimentos que extrapolem sua área de competência.

12.6.4.4. Atribuições das Organizações Envolvidas

Os órgãos abaixo relacionados desenvolverão suas atribuições de acordo com os seus Planos de Emergência Complementar (PEC).

12.6.4.4.1. Comando do Primeiro Distrito Naval (1º. DN):

- Manter atualizado o cadastramento dos residentes nas ilhas das ZPE-3, ZPE-5 e ZPE-10;
- Notificar e remover os ilhéus das ZPE-3 e 5, conduzindo-os para o Colégio Naval;
- Remover, se necessário, os ilhéus de outras ZPE;
- Interditar a navegação na ZPE-5;
- Apoiar os militares do CML empenhados na atividade de controle de trânsito na BR-101, prevendo local para montagem de barracas, locais para higiene e alimentação;
- Abrigar a parcela da população removida das ZPE 3 e 5 que eventualmente venha a exceder a capacidade dos abrigos estaduais e municipais, sob coordenação do CCCEN;
- Manter dois helicópteros na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia – RJ (com capacidade para 18 homens cada) em condições de serem empregados, mediante solicitação do CESTGEN;
- Determinar o deslocamento de seu representante para o CESTGEN, a partir da situação de alerta;
- Apoiar o transporte de equipes da CNEN para as ilhas da Baía da Ilha Grande;
- Alertar o Hospital Naval Marcílio Dias.

12.6.4.4.2. Comando Militar do Leste (CML)

- Ficar em condições de apoiar, empregando cinco grupos de dez militares, a montagem de barracas fornecidas pelo CESTAGEN e apoiar o CCCEN na instalação dos abrigos;
- Ficar em condições de passar à disposição do CESTAGEN cinco viaturas de 2,5 Ton. com reboques de 1,5 Ton., com os respectivos motoristas, destinadas ao transporte pessoal e material;
- Cooperar com a Polícia Rodoviária Federal na atividade de controle de trânsito, sob coordenação do CCCEN;
- Manter dois helicópteros Pantera na Base de Aviação de Taubaté – SP, em condições de serem empregados, mediante solicitação do CESTGEN;
- Ficar em condições de apoiar o Grupo de Radiologia - GRAP em atividades de levantamento aeroradiométrico;

- Determinar o deslocamento de seu representante para o CESTGEN, a partir da situação de alerta;
- Empregar, mediante solicitação do CESTGEN, a Companhia de Defesa Química, Biológica e Nuclear em apoio às ações da CNEN e do CCCEN.

12.6.4.4.3. Terceiro Comando Aéreo Regional (III COMAR)

- Expedir Notificação Aérea Militar (NOTAM), quando necessário, para interditar o Espaço Aéreo sobre a ZPE-15;
- Restringir o Tráfego Aéreo para Angra dos Reis;
- Transportar, utilizando um helicóptero, equipes da CNEN do Rio de Janeiro para Angra dos Reis, no menor tempo possível, após a solicitação;
- Colocar à disposição do CESTGEN um helicóptero para transporte de pessoal e/ou material para Angra dos Reis;
- Manter os dois helicópteros em Angra dos Reis para apoiar o CCCEN;
- Determinar o deslocamento de seu representante para o CESTGEN, a partir da situação de alerta;
- Ficar em condições de realizar evacuação aeromédica.

12.6.4.4.4. Agência Regional do Órgão de Inteligência vinculado à Presidência da República

- Determinar o deslocamento de seu representante para o CESTGEN, a partir da situação de alerta;
- Assessorar no planejamento, na coordenação e no controle das informações, assim como nas providências necessárias à manutenção do sigilo das comunicações de segurança.

12.6.4.4.5. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)

- Notificar o DGAC e o Órgão Central do Siproon quando da ocorrência de uma situação de emergência na CNAEA;
- Manter plantonistas qualificados, treinados e em número suficiente para executar prontamente as ações previstas nos procedimentos de notificação;
- Deslocar o Grupo de Radiologia - GRAP para Angra dos Reis, no mais curto prazo após acionada, utilizando-se das aeronaves da FAB;
- Coordenar as ações do CIEN;
- Coordenar as ações de radioproteção no atendimento a emergências;

- Manter em condições de utilização imediata o material para a notificação da população;
- Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN, CIEN, CESTGEN e CNAGEN, a partir da situação de alerta;
- Recomendar as medidas de proteção a serem implementadas em cada classe de emergência.

12.6.4.4.6. Eletrobrás Termonuclear S.A. (Eletronuclear)

- Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN, CIEN e CESTGEN, a partir da situação de Alerta;
- Notificar o 10º GBM, a COMDEC/AR e a CNEN a situação de emergência na CNAAAA;
- Deslocar três ônibus para efetuar a remoção da população da ZPE-3 (lado leste);
- Colocar à disposição da Defesa Civil quatro (os três anteriores e mais um) ônibus para as operações no lado leste e cinco ônibus para as operações no lado oeste, caso seja necessária a remoção da população na ZPE-5;
- Enviar uma ambulância com enfermeiro e médico para o Destacamento do Frade;

12.6.4.4.7. Polícia Rodoviária Federal (PRF)

- Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e o CESTGEN, a partir da situação de alerta;
- Realizar o controle de trânsito empregando:
- A guarnição do Posto da Verolme para controlar o tráfego no Km 473 (antigo 083);
- Uma viatura para controlar o trânsito no Km 482 (antigo 092);
- Uma viatura para controlar o trânsito no Km 484/485 (antigo 094/095);
- Uma viatura para controlar o trânsito no Km 488 (antigo 098);
- Uma viatura para controlar o trânsito no Km 495 (antigo 105) (entroncamento da BR-101 com RJ-155);
- Uma viatura para controlar o trânsito no Km 528,5 (antigo 138,5);
- Manter, em reserva, uma viatura no Km 511 (antigo 121 - FRADE);
- Coordenar, através do CCCEN, a atuação dos militares do CML e do Posto da Polícia Militar de Lídice empregados na atividade de controle de trânsito.

- Ficar em condições de empregar os motociclistas do Setor de Policiamento e Segurança Rodoviária;

12.6.4.4.8. Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ)

- Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e o CESTGEN, a partir da situação de alerta;
- Apoiar a remoção da população, sob coordenação do CCCEN.
- Controlar o acesso e o trânsito nas áreas interditadas e nas ZPE não atingidas;
- Manter a segurança dos bens públicos e privados localizados nas áreas evacuadas, controlando rigorosamente as vias normais de acesso.
- Realizar a segurança nos abrigos;
- Preservar a ordem pública na área considerada sob emergência.
- Empregar o Posto da Polícia Militar de Lídice nas atividades de controle de trânsito, em coordenação com a Polícia Rodoviária Federal, através do CCCEN;
- Ficar em condições de escoltar elementos do SAER para Angra dos Reis.

12.6.4.4.9. Prefeitura Municipal de Angra dos Reis

- Determinar o deslocamento de seus representantes para o CCCEN e o CIEN, a partir da situação de alerta;
- Colocar à disposição do CCCEN pessoal, meios e instalações dos Colégios e Escolas Municipais para funcionarem como abrigos;
- Abrigar parcela da população removida das ZPE 3 e 5 em abrigos municipais, sob coordenação do CCCEN, através da Coordenação de Abrigos;
- Manter plantonistas qualificados, treinados e em número suficiente, para executar prontamente as ações previstas no Plano de Emergência Municipal - PEM.

12.6.4.4.10. Telemar

- Designar representante para o CESTGEN e CCCEN;
- Desencadear as ações previstas no respectivo PEC.

12.6.4.5. Exercícios Simulados para Treinamento e Aperfeiçoamento do PEE

Periodicamente são realizados exercícios para o Plano de Emergência, envolvendo todos os órgãos do Sistema de Proteção do Programa Nuclear Brasileiro – Sipron. Os exercícios desenvolvem-se dentro de um planejamento realizado pelo Comitê de

Planejamento de Resposta a Situações de Emergência Nuclear - Copren, do Ministério da Ciência e Tecnologia, do qual participam representantes da Secretaria de Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional; da Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro; da Prefeitura do município de Angra dos Reis; do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, da CNEN; e da Eletronuclear.

O Exercício objetiva testar a adequação e a eficácia do planejamento de resposta a situações de emergência nuclear, além de treinar as organizações responsáveis pelas ações e procedimentos previstos. Cada organização, ou setor, dispõe de um plano orientador de suas respectivas ações que integra, por sua vez, o Plano de Emergência Externo do Estado do Rio de Janeiro (PEE/RJ). Além do PEE, são testados o Plano de Emergência Local da Eletronuclear (PEL), o Plano para Situações de Emergência da Comissão Nuclear de Energia Nuclear (PSE), o Plano de Emergência Municipal da Prefeitura de Angra dos Reis (PEM) e os Planos de Emergência Complementares dos diversos órgãos de apoio, incluindo as três Forças Armadas.

Na execução do Exercício são simuladas situações de emergência nas usinas da CNAEA, que fazem com que o sistema seja acionado, ativando simultaneamente os centros de emergência nuclear em Brasília, no Rio de Janeiro e em Angra dos Reis.

Destaca-se a preocupação prioritária com a segurança do ser humano. Todo e qualquer esforço preventivo dos planejamentos de emergência se justifica para evitar riscos à saúde dos trabalhadores das usinas e da população residente nas proximidades das usinas e eventuais danos ao meio ambiente.

Exercícios Gerais são realizados a cada dois anos e os Exercícios Parciais ocorrem, no mínimo, a cada dois anos sob a coordenação do Órgão Central do Sipro. O último Exercício Parcial do planejamento de emergência para a CNAEA ocorreu no dia 21 de outubro de 2004.

Abaixo, segue a relação dos últimos exercícios realizados:

EXERCÍCIOS GERAIS: Novembro de 1999 - 4 observadores internacionais

Novembro de 2001 - 3 observadores internacionais

Julho de 2003 - 2 observadores internacionais

EXERCÍCIOS PARCIAIS: Setembro de 2000 - não houve observador internacional

Outubro de 2001 - não houve observador internacional

Setembro de 2002 - 11 observadores internacionais

Outubro de 2004 - 1 observador internacional

Outra Avaliação do PEE

Dentro do processo de licenciamento ambiental de Angra 2, em atendimento ao Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta (TCAC), a Eletronuclear contratou a

Coppetec/UFRJ (Projeto COPPETEC 2400 - DUARTE, 2002) para avaliação técnica dos seguintes itens do PEE, considerados críticos:

- Mapeamento do fluxo de evacuação das Zonas de Planejamento de Emergência de 3 e 5 Km, considerando o pior cenário previsto no PEE.
- Análise da via principal de evacuação: BR – 101 e das condições do deslocamento

O estudo apresentou como resultados as seguintes propostas:

- Melhoria das condições de tráfego na BR-101, na Vila do Frade;
- Aperfeiçoamento da operacionalização do PEE;
- Melhoria das condições de abrigagem;
- Aperfeiçoamento das campanhas de esclarecimento.

O relatório foi encaminhado para os órgãos do Sipron e Ministério Público Federal - MPF, tendo sido apresentado na Audiência Pública de avaliação do supracitado TCAC, realizada em 17 de setembro de 2003.

12.6.5. Conclusão

Com base na avaliação do sistema de resposta a emergências internas e externas à CNAAA, conclui-se que os recursos humanos e materiais especificados pelos vários agentes relacionados anteriormente, bem como a lógica de sua mobilização e integração, encontram-se adequadamente definidos, tendo em vista a natureza dos riscos internos e externos analisados anteriormente. Cabe ressaltar que esse planejamento é constantemente atualizado e aperfeiçoado.

BIBLIOGRAFIA – VOLUME 6

- BUCHNER, F. **Estimation of the Frequency of Events for Angra 2/3 which are not coped-with by the Safety Systems on the Basis of the Results of the DRS-B**, KWU - Report R22/90/e031, 1990.
- CHEMINFO - **Canadian Centre for Occupation Health and Safety**. Feb,1998. Issue: p. 98-1,
- CNEN – COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **CNEN-NE-1.04/Resolução CNEN-11/84. Licenciamento de Instalações Nucleares**, 1984.
- CNEN – COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **CNEN-NE-3.01. Diretrizes Básicas de Radioproteção**, 1988.
- DUARTE, Moacyr. **Avaliação dos Itens do Plano de Emergência Externo: ZPEs 3 e 5 km**. Projeto COPPETEC 2400. Rio de Janeiro, 2002.
- EISENBERG, N.A. **Vulnerability Model “Simulation System for Assessing Damage Resulting from Marine Spill”**. NTIS Report AD-A015-245/4, Spring Field USA, 1975.
- ELETRONUCLEAR S.A. **Final Safety Analysis Report – FSAR Angra 1 (ver 32)**. Eletronuclear, Rio de Janeiro, 2004.
- ELETRONUCLEAR S.A. **Final Safety Analysis Report – FSAR Angra 2 (ver 05)**. Eletronuclear, Rio de Janeiro, 2001.
- ELETRONUCLEAR S.A. **Preliminary Safety Analysis Report – PSAR Angra 3 (ver 00)**. Eletronuclear, Rio de Janeiro, 2002.
- GRS - GERMAN RISK STUDY - ESTUDO DE RISCO ALEMÃO. **Nuclear Power Plants, Phase B/GRS-74**. 1990.
- GRS - GERMAN RISK STUDY /BMFT, **Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke**. Eine Untersuchung zu dem durchStörfälle in Kernkraftwerken verursachten Risiko, 1980.
- GUIDELINES for chemical process quantitative risk analysis center for chemical process safety de the American Institute de chemical engineers. 1989.
- IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Termo de Referência ELPN/Ibama N° 017/99 – Termo de Referência para a Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e Respectivo Relatório de Impacto Ambiental, para a Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**. Rio de Janeiro, 1999.
- IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - . **Anuário Estatístico**.
- ICI - IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES. **Hazard and Reliability Training Manual**.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **NENS Report n° 1982-4 - "Emergency Planning Assistance Mission to Brazil"**, 1982.
- LIMA E SILVA, P. P. **Sistema Holístico de Avaliação de Impactos Ambientais de Projetos Industriais**. Tese de Doutorado, UFRJ, PPGG/IGEO, 2003.

- MME - MINISTÉRIO DE MINAS ENERGIA. **Decreto nº 2210**. Regulamenta o Decreto-Lei nº 1.809 e dá outras providências de 22 de abril de 1997.
- MME - MINISTÉRIO DE MINAS ENERGIA. **Decreto-Lei nº 1809**. Instituiu o Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro (Sipron), de 07 de outubro de 1980.
- NATRONTEC ESTUDOS E ENGENHARIA DE PROCESSOS LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental da Unidade 2 Da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – Angra 2**. Rio de Janeiro, 1999A. 8V.
- NETHERLANDS ORGANIZATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH (TNO). **METHODS for calculation de physical effects de the escape de dangerous material liquids and gases**, 1980.
- NUCLEAR Power Plat Angra 2 and Angra 3. **SYSTEM Description**. Revisão 5.
- NUREG – NUCLEAR ...NÚCLEO DE PESQUISAS SOBRE REGIONALIZAÇÃO E GLOBALIZAÇÃO - **NUREG-0654/FEMA-REP-1 Criteria for Preparation and Evaluation of Radiological Emergency Response Plans and Preparedness in Support of Nuclear Power Plants**. Rev. 1, 1980.
- NUREG - NÚCLEO DE PESQUISAS SOBRE REGIONALIZAÇÃO E GLOBALIZAÇÃO - **NUREG-0696 Functional Criteria for Emergency Reponse Facilities**. 1981.
- NUREG - NÚCLEO DE PESQUISAS SOBRE REGIONALIZAÇÃO E GLOBALIZAÇÃO - **NUREG-0737 Clarification of TMI Action Plan Requirements**. 1980.
- REDUC – REDE BRASILEIRA DE REDUÇÃO DE DANOS. **Manual de Análise de Riscos**;
- RELATÓRIO da Missão OSART IAEA – NENS-89-22, Maio 1989.
- RELATÓRIO da Missão OSART IAEA-TA-2361. **Operational Safety of Nuclear Installation"**, 1986.
- SAFETI® SOFTWARE. **Manual de modelação de análise de risco**;
- SEDEC – SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Diretriz de Planejamento para Ações da Defesa Civil na Área de Influência da CNAAA"**, 1993.
- SIPRON - SISTEMA DE PROTEÇÃO AO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO. **Legislação Básica do Sipron, Normas Gerais**. 1996.
- SIPRON - SISTEMA DE PROTEÇÃO AO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO. **Diretriz para Elaboração dos Planos de Emergência Relativos a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - Diretriz Angra"**, 1993.
- SIPRON - SISTEMA DE PROTEÇÃO AO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO. **NG-02 Norma Geral para Planejamento da Resposta a Situações de Emergência**. 1996.
- SIPRON - SISTEMA DE PROTEÇÃO AO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO. **NG-05. Norma Geral para o Estabelecimento das Campanhas de Esclarecimento Prévio e de Informações ao Público para uma Situação de Emergência**. 1997.
- SIPRON - SISTEMA DE PROTEÇÃO AO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO. **NG-06. Norma Geral para Instalação e Funcionamento dos Centros Encarregados da Resposta a uma Situação de Emergência Nuclear**, 1997.

SIPRON - SISTEMA DE PROTEÇÃO AO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO. **Normas Gerais do Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro, Conselho de Segurança Nacional.** 1980.

USNRC - UNITED STATES NATIONAL REGULATORY COMMISSION, EPA. **Planning Basis for the Development of State and Local Government Radiological Emergency Response Plans in Support of Light Water Nuclear Power Plants.** NUREG-0396, EPA-520/1-78-016, 1978.

USNRC - UNITED STATES NATIONAL REGULATORY COMMISSION. **Reactor Safety Study - An assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants, WASH 1400.** (NUREG - 75/014), 1975.

www.iaea.org/ns/coordinet/safetypubs/iaeaglossary/glossarypages/s.htm

www.nfpa.org

ANEXOS – VOLUME 6

Anexo 1 - Fluxogramas de processos:

Oleo Diesel – KHD Eng GmbH – 740 03360 – g / 2.7

Oleo Diesel – KHD Eng GmbH – 4E 19 K 3596E/2.2

Oleo Diesel – Desenho Preliminar

Hidrazina – Central Chemical Supply – XG – QC - 047014

Hidroxido de Amônia – Condensate Polishing System - XG – 2LD – 043047





Anexo 2 – Frequência de ocorrências de ventos

PSAR ANGRA 3

TABELA 2.3-17 – Frequência de ocorrências de ventos (direção e velocidade) em número de observações para todas as classes de estabilidade – Torre A. DT (100-10m) e vento 100m – Período: 01 Jan 2000 a 31 dez 2001 – Programa : Adelta 2

Direção (Setor)	Classe de velocidade vento (m/s)												TOTAL
	0.36-.50	0.51-.75	.76-1.0	1.1-1.5	1.6-2.0	2.1-3.0	3.1-5.0	5.1-7.0	7.1-10	10.1-13	13.1-18	18.1-50	
N	16	28	35	49	26	32	16	2	0	0	0	0	204
NNE	18	33	39	79	70	85	75	21	3	1	0	0	424
NE	50	67	99	174	136	165	195	41	4	0	0	0	931
ENE	78	142	129	187	144	182	120	3	2	0	0	0	987
E	67	123	117	103	67	90	50	3	0	0	0	0	620
ESE	47	75	72	74	52	69	10	0	0	0	0	0	399
SE	38	49	54	54	40	54	7	0	0	0	0	0	296
SSE	30	56	47	48	36	47	5	0	0	0	0	0	269
S	35	58	59	80	57	99	57	3	2	0	0	0	450
SSW	64	114	113	129	169	423	234	43	6	0	0	0	1295
SW	129	252	276	461	479	626	173	45	28	1	0	0	2470
WSW	185	326	380	538	285	298	166	49	30	1	0	0	2258
W	107	199	223	287	155	200	175	26	2	0	0	0	1374
WNW	43	84	99	85	43	84	40	2	1	0	0	0	481
NW	17	40	45	57	20	22	5	2	0	0	0	0	208
NNW	13	25	35	43	15	12	7	2	0	0	0	0	152
TOTAIS	937	1671	1822	2448	1794	2488	1335	242	78	3	0	0	12818

TOTAL HORAS: 17544 – HORAS VALIDAS: 16822 – HORAS DE FALHA: 722 - HORAS DE CALMARIA: 4004 -

Anexo 3 - Ficha de Segurança dos Produtos – MSDS

- Hidrogênio Comprimido
- Hidrazina Solução Aquosa
- Hidróxido de Amônio

Manual de Produtos Químicos Perigosos
Ficha de Informação de Produto Químico

IDENTIFICAÇÃO		Help
Número ONU	Nome do produto	Rótulo de risco
1049	HIDROGÊNIO COMPRIMIDO	

Número de risco *	Classe / Subclasse 2.1
Sinônimos HIDROGÊNIO - LIQÜEFEITO; HIDROGÊNIO LÍQUIDO; para - HIDROGÊNIO.	
Aparência GÁS COMPRIMIDO LIQÜEFEITO; SEM COLORAÇÃO; SEM ODOR; FLUTUA E FERVE NA ÁGUA; PRODUZ NUVEM DE VAPOR VISÍVEL E INFLAMÁVEL.	
Fórmula molecular H ₂	Família química NÃO PERTINENTE
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química : Fone 0800-118270 ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: Fone (11) 3081-5033 Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD: Fone (11) 3826-6899 Programa Agrofit - Ministério da Agricultura	

MEDIDAS DE SEGURANÇA	Help
Medidas preventivas imediatas EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. DESLIGAR AS FONTES DE IGNIÇÃO. FICAR CONTRA O VENTO E USAR NEBLINA D'ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR.	
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) USAR ROUPA DE PROTEÇÃO TÉRMICA E MÁSCARA DE RESPIRAÇÃO AUTÔNOMA.	

RISCOS AO FOGO

[Help](#)

Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão

INFLAMÁVEL. A CHAMA É QUASE INVISÍVEL. PARAR O FLUXO DE GÁS, SE POSSÍVEL. ESFRIAR OS RECIPIENTES EXPOSTOS, COM ÁGUA E UTILIZÁ-LA PARA PROTEGER O HOMEM CONTRA OS EFEITOS DO FOGO. EVACUAR A ÁREA AO REDOR.

Comportamento do produto no fogo

QUEIMA, COM UMA CHAMA QUASE INVISÍVEL. O VAPOR PODE EXPLODIR SE A IGNIÇÃO FOR EM ÁREA FECHADA. O RETROCESSO DA CHAMA PODE OCORRER, DURANTE O ARRASTE DE VAPOR.

Produtos perigosos da reação de combustão

NÃO PERTINENTE.

Agentes de extinção que não podem ser usados

DIÓXIDO DE CARBONO.

Limites de inflamabilidade no ar

Limite Superior: 75,0%

Limite Inferior: 4,0%

Ponto de fulgor

NÃO PERTINENTE

Temperatura de ignição

574,3 °C

Taxa de queima

9,9 mm/min

Taxa de evaporação (éter=1)

DADO NÃO DISPONÍVEL

NFPA (National Fire Protection Association)

Perigo de Saúde (Azul): 0

Inflamabilidade (Vermelho): 4

Reatividade (Amarelo): 0

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

[Help](#)

Peso molecular 2,0	Ponto de ebulição (°C) - 253	Ponto de fusão (°C) - 259,1
Temperatura crítica (°C) - 240	Pressão crítica (atm) 12,8	Densidade relativa do vapor 0,067
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 0,071 A -253 °C (LÍQ.)	Pressão de vapor 760 mm Hg A -252,5 °C	Calor latente de vaporização (cal/g) 105,8
Calor de combustão (cal/g) -27.823	Viscosidade (cP) DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água INSOLÚVEL	pH NÃO PERT.	
Reatividade química com água A ÁGUA, EM TEMPERATURA AMBIENTE, CAUSARÁ VIGOROSA VAPORIZAÇÃO DO HIDROGÊNIO.		
Reatividade química com materiais comuns NENHUMA REAÇÃO QUÍMICA MAS, A BAIXA TEMPERATURA TORNA A MAIORIA DOS MATERIAIS MUITO QUEBRADICOS.		
Polimerização NÃO OCORRE.		

<p>Reatividade química com outros materiais DADO NÃO DISPONÍVEL.</p>
<p>Degradabilidade PRODUTO VOLÁTIL.</p>
<p>Potencial de concentração na cadeia alimentar NENHUM.</p>
<p>Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) NENHUMA.</p>
<p>Neutralização e disposição final LIBERAR PARA A ATMOSFERA, LONGE DE FONTES DE IGNIÇÃO. RECOMENDA-SE O ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA DO ÓRGÃO AMBIENTAL.</p>

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS	Help
-------------------------------------	---

<p>Toxicidade - limites e padrões L.P.O.: NÃO PERTINENTE P.P.: NÃO PERTINENTE IDLH: DADO NÃO DISPONÍVEL LT: Brasil - Valor Médio 48h: ASFIXIANTE SIMPLES LT: Brasil - Valor Teto: ASFIXIANTE SIMPLES LT: EUA - TWA: ASFIXIANTE SIMPLES LT: EUA - STEL: ASFIXIANTE SIMPLES</p>		
<p>Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados) M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: RATO</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: OUTROS</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: OUTROS</p>		
<p>Informações sobre intoxicação humana EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. DESLIGAR AS FONTES DE IGNIÇÃO. FICAR CONTRA O VENTO E USAR NEBLINA D'ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR.</p>		
<p>Tipo de contato VAPOR</p>	<p>Síndrome tóxica SE INALADO EM ALTAS CONCENTRAÇÕES CAUSARÁ DIFICULDADE RESPIRATÓRIA OU PERDA DA CONSCIÊNCIA.</p>	<p>Tratamento MOVER PARA O AR FRESCO. SE A RESPIRAÇÃO PARAR, FAZER RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL.</p>

Tipo de contato LÍQUIDO	Síndrome tóxica CAUSARÁ ENREGELAMENTO.	Tratamento LAVAR AS ÁREAS AFETADAS COM MUITA ÁGUA. NÃO ESFREGAR AS ÁREAS AFETADAS.
-----------------------------------	--	--

DADOS GERAIS

[Help](#)

Temperatura e armazenamento - 259,1 °C.
Ventilação para transporte VÁLVULA DE ALÍVIO.
Estabilidade durante o transporte ESTÁVEL.
Usos PRODUÇÃO DE AMONÍACO SINTÉTICO E METANOL; REFINAÇÃO DO PETRÓLEO, HIDROGENAÇÃO DE MATERIAIS ORGÂNICOS; AGENTE DE REDUÇÃO NA OBTENÇÃO DE METAIS, A PARTIR DOS MINÉRIOS; MAÇARICO OXÍDRICO E DE HIDROGÊNIO ATÔMICO. (OBS. 2)
Grau de pureza COMERCIAL.
Radioatividade NÃO TEM.
Método de coleta DADO NÃO DISPONÍVEL.
Código NAS (National Academy of Sciences) NÃO LISTADO

OBSERVAÇÕES

[Help](#)

1) Nº ONU 1049 = HIDROGÊNIO COMPRIMIDO Nº ONU 1966 = HIDROGÊNIO, LÍQUIDO REFRIGERADO. Nº DE RISCO: Nº ONU 1049 = DADO NÃO DISPONÍVEL. Nº DE RISCO: Nº ONU 1966 = DADO NÃO DISPONÍVEL. Nº DE RISCO PARA O Nº ONU 1049 É: 23 - GÁS INFLAMÁVEL. GÁS INFLAMÁVEL (Nº ONU 1049). 2) USOS : OBTENÇÃO DOS ÁCIDOS CLORÍDRICO E BROMÍDRICO; PRODUÇÃO DE METAIS DE ELEVADA PUREZA E BALÕES (APESAR DE SER EXPLOSIVO). POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI) = 15,43 eV.

Manual de Produtos Químicos Perigosos
Ficha de Informação de Produto Químico

IDENTIFICAÇÃO		Help
Número ONU	Nome do produto	Rótulo de risco
2030	HIDRAZINA SOLUÇÃO AQUOSA	
Número de risco 86	Classe / Subclasse 8	
Sinônimos DIAMINA ; HIDRATO DE HIDRAZINA.		
Aparência LÍQUIDO AQUOSO ; SEM COLORAÇÃO ; ODOR DE AMÔNIA ; MISTURA COM ÁGUA ; PRODUZ VAPOR VENENOSO E INFLAMÁVEL.		
Fórmula molecular N ₂ H ₄	Família química AMINA	
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química : Fone 0800-118270 ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: Fone (11) 3081-5033 Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD: Fone (11) 3826-6899 Programa Agrofit - Ministério da Agricultura		

MEDIDAS DE SEGURANÇA	Help
Medidas preventivas imediatas EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO E O VAPOR. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO. FICAR CONTRA O VENTO E USAR NEBLINA D'ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR.	
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) USAR ROUPA DE ENCAPSULAMENTO DE BORRACHA BUTÍLICA OU NITRÍLICA, NEOPRENE OU PVC E MÁSCARA DE RESPIRAÇÃO AUTÔNOMA.	

RISCOS AO FOGO	Help
Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão EXTINGUIR COM PÓ QUÍMICO SECO, ESPUMA DE ÁLCOOL OU DIÓXIDO DE CARBONO. ESFRIAR OS RECIPIENTES EXPOSTOS, COM ÁGUA. CONTINUAR O RESFRIAMENTO, DEPOIS DO FOGO TER SIDO EXTINTO. COMBATER O FOGO A UMA DISTÂNCIA SEGURA OU LOCAL PROTEGIDO. (OBS. 1)	
Comportamento do produto no fogo O RETROCESSO DA CHAMA PODE OCORRER, DURANTE O ARRASTE DO VAPOR. O VAPOR PODE EXPLODIR, SE A IGNIÇÃO FOR EM ÁREA FECHADA. PODE EXPLODIR, SE CONFINADO.	
Produtos perigosos da reação de combustão PRODUZ VAPORES TÓXICOS, QUANDO AQUECIDO.	

Agentes de extinção que não podem ser usados NÃO PERTINENTE.
Limites de inflamabilidade no ar Limite Superior: 100 % Limite Inferior: 4,7 %
Ponto de fulgor 37,8 °C (VASO ABERTO)
Temperatura de ignição 270,2 °C (VIDRO). PODE IGNIZAR ESP.
Taxa de queima 1 mm/min (EST.)
Taxa de evaporação (éter=1) DADO NÃO DISPONÍVEL
NFPA (National Fire Protection Association) Perigo de Saúde (Azul): 3 Inflamabilidade (Vermelho): 3 Reatividade (Amarelo): 3

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

[Help](#)

Peso molecular 32,05	Ponto de ebulição (°C) 113,5	Ponto de fusão (°C) 2
Temperatura crítica (°C) 380	Pressão crítica (atm) 145	Densidade relativa do vapor NÃO PERTINENTE
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 1,008 A 20 °C (LÍQUIDO)	Pressão de vapor 11,43 mm Hg A 21,1 °C	Calor latente de vaporização (cal/g) 299
Calor de combustão (cal/g) -4.636	Viscosidade (cP) DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água MISCÍVEL	pH < 7	
Reatividade química com água NÃO REAGE.		
Reatividade química com materiais comuns PODE PEGAR FOGO EM CONTATO COM MATERIAIS POROSOS, BEM COMO, MADEIRA, AMIANTO, ROUPAS, TERRA E METAIS ENFERRUJADOS.		
Polimerização NÃO OCORRE.		
Reatividade química com outros materiais INCOMPATÍVEL COM OXIDANTES, ÁGUA OXIGENADA, ÁCIDO NÍTRICO, ÓXIDOS DE METAL, ÁCIDOS FORTES E MATERIAIS POROSOS.		
Degradabilidade PRODUTO INORGÂNICO (PRODUZ IMPACTO NO PROCESSO DE BIODEGRADAÇÃO, ATRAVÉS DE INIBIÇÃO DE 75% DA NITRIFICAÇÃO EM LODOS ATIVADOS NÃO ACLIMATADOS).		
Potencial de concentração na cadeia alimentar NENHUM.		
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) 100 % ,		
Neutralização e disposição final		

DISSOLVER OU MISTURAR EM UM SOLVENTE COMBUSTÍVEL E QUEIMAR EM UM INCINERADOR QUÍMICO, EQUIPADO COM PÓS-QUEIMADOR E LAVADOR DE GASES. PARA PEQUENAS QUANTIDADES: DILUIR COM ÁGUA, PARA PRODUIR UMA SOLUÇÃO, PELO MENOS, 40%. NEUTRALIZAR COM ÁCIDO SULFÚRICO DILUÍDO. DRENAR PARA O ESGOTO, COM MUITA ÁGUA. RECOMENDA-SE O ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA DO ÓRGÃO AMBIENTAL.

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

[Help](#)

Toxicidade - limites e padrões

L.P.O.: 3 ppm A 4 ppm
P.P.: NÃO ESTABELECIDO
IDLH: 50 ppm
LT: Brasil - Valor Médio 48h: 0,08 ppm
LT: Brasil - Valor Teto: 0,24 ppm
LT: EUA - TWA: 0,01 ppm (PELE)
LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO

Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados)

M.D.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL/CARCINOGENICO:HOMEM - POSITIVO
M.C.T.: DADO NÃO DISPONÍVEL/CARCINOGENICO:ANIMAL- POSITIVO

Toxicidade: Espécie: RATO

Via Respiração (CL50): (4 h) = 570 ppm
Via Oral (DL 50): 60 mg/kg

Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO

Via Respiração (CL50): (4 h) = 252 ppm
Via Oral (DL 50): 59 mg/kg

Toxicidade: Espécie: OUTROS

Via Cutânea (DL 50): COELHO : 91 mg/kg. 20 mg/kg (INTRAV.)

Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie

LEBISTES RETICULATUS: CL50(24 h) = 4,6 mg/L, BIOENSAIO ESTÁTICO EM ÁGUA DURA A 22 - 24,5 °C;
CL50 (24 h) = 3,32 mg/L, BIOENSAIO ESTÁTICO EM ÁGUA MOLE A 22 - 24,5°C; (OBS. 2)

Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie

Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie

Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS

Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE

SER HUMANO:"otr" = 80 ug/L (FÍGADO). MAMIFEROS:"dnd"= 95 pph (LINFÓCITOS) (OBS. 3).

Toxicidade a outros organismos: OUTROS

Informações sobre intoxicação humana

EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO E O VAPOR. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. CHAMAR OS BOMBEIROS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO. FICAR CONTRA O VENTO E USAR NEBLINA D'ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR.

Tipo de contato

VAPOR

Síndrome tóxica

VENENOSO, SE EXPOSTO A PELE. IRRITANTE PARA OS OLHOS. VENENOSO, SE INALADO.

Tratamento

MOVER PARA O AR FRESCO. SE A RESPIRAÇÃO FOR DIFICULTADA OU PARAR, DAR OXIGÊNIO.

Tipo de contato

LÍQUIDO

Síndrome tóxica

VENENOSO, SE EXPOSTO A PELE. QUEIMARÁ OS OLHOS. VENENOSO, SE INGERIDO.

Tratamento

REMOVER ROUPAS E SAPATOS CONTAMINADOS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER AS

		PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. NÃO PROVOCAR O VÔMITO.
--	--	---

DADOS GERAIS [Help](#)

Temperatura e armazenamento AMBIENTE.			
Ventilação para transporte PRESSÃO A VÁCUO.			
Estabilidade durante o transporte ESTÁVEL, À TEMPERATURA ORDINÁRIA. QUANDO AQUECIDO, PODE SE DECOMPOR EM NITROGÊNIO E GÁS AMÔNIA, MAS A DECOMPOSIÇÃO NÃO É PERIGOSA. (OBS. 4).			
Usos PROPELENTE PARA FOGUETES, PRODUTOS QUÍMICOS AGRÍCOLAS, DROGAS, CATALISADOR DE POLIMERIZAÇÃO, AGENTE DE SECAGEM, EXPLOSIVOS, DETERGENTES, INIBIDORES DE CORROSÃO, REVESTIMENTOS METÁLICOS, REVELADORES FOTOGRÁFICOS, PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO (OBS. 5)			
Grau de pureza ANIDRO. 35 % A 64 % SOLUÇÃO AQUOSA.			
Radioatividade NÃO TEM.			
Método de coleta DADO NÃO DISPONÍVEL.			
Código NAS (National Academy of Sciences)			
FOGO Fogo: 4	SAÚDE Vapor Irritante: 3 Líquido/Sólido Irritante: 4 Venenos: 4	POLUIÇÃO DAS ÁGUAS Toxicidade humana: 4 Toxicidade aquática: 3 Efeito estético: 2	REATIVIDADE Outros Produtos Químicos: 4 Água: 0 Auto reação: 4

OBSERVAÇÕES [Help](#)

<p>1) INUNDAR A ÁREA DO VAZAMENTO, COM ÁGUA. 2) LEBISTES RETICULATUS (CONTINUAÇÃO) : CL50 (48 h) = 3,98 mg/L. BIOENSAIO ESTÁTICO COM ÁGUA DURA, A 22 - 24,5 °C; CL50(48 H) = 1,58 mg/L. BIOENSAIO ESTÁTICO COM ÁGUA DURA, A 22 - 24,5 °C; CL50 (72 h) = 0,82 mg/L EM ÁGUA MOLE, A 22 - 24,5 °C; CL50 (96 h) = 3,85 mg/L EM ÁGUA DURA, A 22 - 24,5 °C; CL50 (96 h) = 0,61 mg/L EM ÁGUA MOLE, A 22 - 24,5 °C; SALMO GAIRDNERI : FATAL (22 min A 35 min) = 146 mg/L; TRUTA PERTURBADA : (24 h) = 0,7 mg/L; 3) SALMONELLA TYPHIMURIUM : "mma" = 12 g/L; E. COLI : "dnd" = 10 u mol/L. 4) A NÃO SER QUE O PRODUTO SEJA CONFINADO. 5) USOS : EQUIPAMENTOS DE MERGULHO. POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI) = 8,1 eV.</p>
--

Manual de Produtos Químicos Perigosos
Ficha de Informação de Produto Químico

IDENTIFICAÇÃO		Help
Número ONU	Nome do produto	Rótulo de risco

2672	HIDRÓXIDO DE AMÔNIO	
Número de risco 80	Classe / Subclasse 8	
Sinônimos AMÔNIA AQUOSA ; HIDRATO DE AMÔNIA ; AQUAMÔNIA		
Aparência LÍQUIDO AQUOSO ; SEM COLORAÇÃO ; ODOR DE AMÔNIA ; FLUTUA E MISTURA COM ÁGUA ; PRODUZ VAPOR IRRITANTE		
Fórmula molecular N H4 OH - H2 O	Família química BASE	
Fabricantes Para informações atualizadas recomenda-se a consulta às seguintes instituições ou referências: ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química : Fone 0800-118270 ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal: Fone (11) 3081-5033 Revista Química e Derivados - Guia geral de produtos químicos, Editora QD: Fone (11) 3826-6899 Programa Agrofit - Ministério da Agricultura		

MEDIDAS DE SEGURANÇA

[Help](#)

Medidas preventivas imediatas

EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO E O VAPOR. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO. FICAR CONTRA O VENTO E USAR NEBLINA D'ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR.

Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

USAR LUVAS, BOTAS E ROUPAS DE BORRACHA BUTÍLICA OU NITRÍLICA, PVC OU NEOPRENE E MÁSCARA DE RESPIRAÇÃO AUTÔNOMA.

RISCOS AO FOGO

[Help](#)

Ações a serem tomadas quando o produto entra em combustão

NÃO É INFLAMÁVEL.

Comportamento do produto no fogo

NÃO PERTINENTE.

Produtos perigosos da reação de combustão

NÃO PERTINENTE.

Agentes de extinção que não podem ser usados

NÃO PERTINENTE.

Limites de inflamabilidade no ar

Limite Superior: NÃO É INFLAMÁVEL

Limite Inferior: NÃO É INFLAMÁVEL

Ponto de fulgor

NÃO É INFLAMÁVEL

Temperatura de ignição

NÃO É INFLAMÁVEL

Taxa de queima

NÃO É INFLAMÁVEL

Taxa de evaporação (éter=1)
DADO NÃO DISPONÍVEL

NFPA (National Fire Protection Association)
NFPA: NÃO LISTADO

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS

[Help](#)

Peso molecular NÃO PERTINENTE	Ponto de ebulição (°C) NÃO PERT.	Ponto de fusão (°C) NÃO PERTINENTE
Temperatura crítica (°C) NÃO PERTINENTE	Pressão crítica (atm) NÃO PERTINENTE	Densidade relativa do vapor NÃO PERTINENTE
Densidade relativa do líquido (ou sólido) 0,89 A 20 °C (LÍQ.)	Pressão de vapor DADO NÃO DISPONÍVEL	Calor latente de vaporização (cal/g) NÃO PERTINENTE
Calor de combustão (cal/g) NÃO PERTINENTE	Viscosidade (cP) DADO NÃO DISPONÍVEL	
Solubilidade na água MISCÍVEL	pH 11,3(0,1M)	
Reatividade química com água LIBERA UM POUCO DE CALOR.		
Reatividade química com materiais comuns CORRÓI COBRE E LUMÍNIO METÁLICO E SUPERFÍCIES GALVANIZADAS.		
Polimerização NÃO OCORRE.		
Reatividade química com outros materiais DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Degradabilidade PRODUTO INORGÂNICO.		
Potencial de concentração na cadeia alimentar NENHUM.		
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) DADO NÃO DISPONÍVEL.		
Neutralização e disposição final PARA PEQUENAS QUANTIDADES: ADICIONAR, CUIDADOSAMENTE, BASTANTE ÁGUA, SOB AGITAÇÃO. AJUSTAR O pH PARA NEUTRO. SEPARAR QUAISQUER SÓLIDOS OU LÍQUIDOS INSOLÚVEIS E ACONDICIONA-LOS PARA DISPOSIÇÃO COMO RESÍDUOS PERIGOSOS. DRENAR A SOLUÇÃO AQUOSA PARA O ESGOTO, COM MUITA ÁGUA. AS REAÇÕES DE HIDRÓLISE E NEUTRALIZAÇÃO PODEM GERAR CALOR E FUMOS, QUE PODEM SER CONTROLADOS PELA VELOCIDADE DE ADIÇÃO. RECOMENDA-SE O ACOMPANHAMENTO POR UM ESPECIALISTA DO ÓRGÃO AMBIENTAL.		

INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

[Help](#)

Toxicidade - limites e padrões

L.P.O.: 50 ppm
P.P.: 1,5 mg/L (PARA AMÔNIA)
IDLH: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: Brasil - Valor Médio 48h: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: Brasil - Valor Teto: DADO NÃO DISPONÍVEL
LT: EUA - TWA: NÃO ESTABELECIDO
LT: EUA - STEL: NÃO ESTABELECIDO

Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados)

<p>M.D.T.: LDLo = 43 mg/kg (ORAL) M.C.T.: TCLo = 2 m/kg = EFEITOS TÓXICOS AOS OLHOS DO HOMEM</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: RATO</p>		
<p>Via Oral (DL 50): 350 mg/kg</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: CAMUNDONGO</p>		
<p>Toxicidade: Espécie: OUTROS</p>		
<p>Via Oral (DL 50): GATO: LDLo = 250 mg/kg</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: PEIXES : Espécie LEATAL PARA TRUTA DE ÁGUA CONTINENTAL EM CL50 (24 h) =;625 mg/L;LEPOMIS HUMILIS: TLm (48 h) = 15 mg/L - ÁGUA DE TORNEIRA</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: CRUSTÁCEOS : Espécie</p>		
<p>Toxicidade aos organismos aquáticos: ALGAS : Espécie</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: BACTÉRIAS</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: MUTAGENICIDADE SALMONELLA TYPHIMURIUM: "mmo" = 10 uL/PLACA;ESCHERICHIA COLI: "mmo" = 10 uL/DISCO</p>		
<p>Toxicidade a outros organismos: OUTROS</p>		
<p>Informações sobre intoxicação humana EVITAR CONTATO COM O LÍQUIDO E O VAPOR. MANTER AS PESSOAS AFASTADAS. PARAR O VAZAMENTO, SE POSSÍVEL. ISOLAR E REMOVER O MATERIAL DERRAMADO. FICAR CONTRA O VENTO E USAR NEBLINA D'ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR.</p>		
<p>Tipo de contato VAPOR</p>	<p>Síndrome tóxica IRRITANTE PARA O NARIZ E GARGANTA. IRRITANTE PARA OS OLHOS. SE INALADO, CAUSARÁ NÁUSEA, VÔMITO, DIFICULDADE RESPIRATÓRIA OU PERDA DE CONSCIÊNCIA.</p>	<p>Tratamento MOVER PARA O AR FRESCO. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. SE A RESPIRAÇÃO FOR DIFICULTADA OU PARAR, DAR OXIGÊNIO OU FAZER RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL.</p>
<p>Tipo de contato LÍQUIDO</p>	<p>Síndrome tóxica QUEIMARÁ A PELE. QUEIMARÁ OS OLHOS. PREJUDICIAL, SE INGERIDO.</p>	<p>Tratamento REMOVER ROUPAS E SAPATOS CONTAMINADOS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA. MANTER AS PÁLPEBRAS ABERTAS E ENXAGUAR COM MUITA ÁGUA.</p>

DADOS GERAIS

[Help](#)

<p>Temperatura e armazenamento AMBIENTE.</p>
<p>Ventilação para transporte PRESSÃO A VÁCUO.</p>
<p>Estabilidade durante o transporte ESTÁVEL.</p>
<p>Usos INDÚSTRIAS TÊXTIL; FABRICAÇÃO DE RAYON, BORRACHA E FERTILIZANTES; FOTOGRAFIAS (REVELAÇÃO DE FILMES); PRODUTOS FARMACÊUTICOS; SABÕES DE AMÔNIA; LUBRIFICANTES;</p>

TINTAS; EXPLOSIVOS; DETERGENTES; SÍNTESES ORGÂNICAS.
Grau de pureza VARIA DE 15% A 29% .
Radioatividade NÃO TEM.
Método de coleta PARA NH3: MÉTODO 14.
Código NAS (National Academy of Sciences) NÃO LISTADO

OBSERVAÇÕES

[Help](#)

TAXA DE TOXICIDADE AOS ORGANISMOS AQUÁTICOS: TLm (96 h) = 10 ppm - 100 ppm POTENCIAL DE IONIZAÇÃO (PI) = DADO NÃO DISPONÍVEL

Anexo 4 - Análise Preliminar de Perigos – APP

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDROGÊNIO – PRÉDIO UTG ÁREA DE ESTOCAGEM DE CILINDRO DE HIDROGÊNIO								
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Explosão do cilindro	Ruptura do cilindro devido à fragilização do metal.(trincas, idade, corrosão, etc...) ou sobrepessão por falha do disco de ruptura	Inspeção e teste	Ondas de choque	A	III	1	Inspeccionar cilindros de Hidrogênio quanto ao seu estado de conservação. Manter armazenamento de H ₂ longe de umidade e fontes de ignição	1.
			Incêndio em nuvem	A	IV	1		2.
Grande liberação de Hidrogênio	Rompimento indevido do disco de ruptura.	Inspeção e teste	Jato de fogo	C	II	2	Incluir este cenário no Plano de Brigada de Incêndio da Empresa, especificando o procedimento de resposta para vazamento de gás inflamável.	3.
			Explosão não confinada	A	II	1		4.

SISTEMA: Armazenagem de Hidrogênio		REFERÊNCIA: Sistema Centralizado de gás -Hidrogênio tubulação -Aga						
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de Hidrogênio	<i>Ruptura no trecho compreendido entre a válvula geral de bloqueio da carreta de hidrogênio até regulador de pressão:</i> - pela linha 1/2" ; - pelo filtro; - pelas válvulas; (8) - pelo mangote; - por juntas e flanges; (3) - pela válvula agulha (3);	---	Jato de fogo	C	II	2	Incluir procedimento de inspeção periódica em toda instalação e realização regular de teste de vazamento.	5.
			Explosão não confinada	A	IV	2	Incluir no Plano de Brigada de Incêndio resposta a grandes vazamentos de Hidrogênio	6.

Sistema: Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio UBP Edifício dos Geradores de Brigada de Incêndio e Água gelada			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 4E19K359E/2.2					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no tanque principal de Óleo Diesel: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelas conexões e flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido no dique de contenção	B	I	1	Estabelecer um Programa de manutenção preventiva periódica dos tanques.	7.
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de entre a tubulação que sai do tanque principal até o tanque secundário, passando pela bomba : - pela linha de 25 mm; - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas; (2) - pela bomba;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido na região do grupo diesel afetado ou em diques de contenção nas salas onde se situam os tanques	C	II	2	Estabelecer um Programa de manutenção preventiva periódica de tubulações e bombas.	8.

Sistema: Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio UBP Edifício dos Geradores de Brigada de Incêndio e Água gelada			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 4E19K359E/2.2					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de entre o tanque secundário e os motores a diesel; - pela linha de 25 mm; - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas;(4) - pela bomba;(1)	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido na região do grupo diesel afetado ou em dique de contenção na sala onde se situa o tanque	C	II	2	Similar ao cenário 06.	9.
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de retorno dos motores diesel e o tanque secundário; - pela linha de 25 mm; - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas;(2)	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido na região do grupo diesel afetado ou em dique de contenção na sala onde se situa o tanque	C	II	2	Similar ao cenário 06.	10.
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de retorno dos motores diesel e o tanque principal; - pela linha de 25 mm; - pela linha de 10 mm; - pelas conexões e flanges;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido na região do grupo diesel afetado ou em dique de contenção na sala onde se situa o tanque	C	II	2	Similar ao cenário 06.	11.

Sistema: Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio UBP Edifício dos Geradores de Brigada de Incêndio e Água gelada			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 4E19K359E/2.2					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de retorno do tanque secundário e o tanque principal; - pela linha de 50 mm; - pelas conexões e flanges;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido na região do grupo diesel afetado ou em dique de contenção na sala onde se situa o tanque	C	II	2	Similar ao cenário 06.	12.
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no tanque secundário de Óleo Diesel: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelas conexões e flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido no dique de contenção	B	I	1	Similar ao cenário 05	13.

Sistema: Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio UBP Edifício dos Geradores de Brigada de Incêndio e Água gelada			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 4E19K359E/2.2					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no tanque principal de Óleo Diesel: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelos flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Realizar testes periódicos para verificar resistência do tanque de estocagem.	14.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2	Incluir cenários de grande liberação de óleo diesel no plano de Brigada de Incêndio da planta, especificando atribuições, equipamentos e recursos humanos a serem alocados para combater ao sinistro. Todos os resíduos gerados nas Brigada de Incêndios deverão ser dispostos em tambores identificados para correta destinação.	15.
			Incêndio em nuvem –	B	IV	3		16.

Sistema: Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio UBP Edifício dos Geradores de Brigada de Incêndio e Água gelada				DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 4E19K359E/2.2				
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho de entre a tubulação que sai do tanque principal até o tanque secundário, passando pela bomba : - pela linha de 25 mm; - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas; (2) - pela bomba;	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Similar aos cenários 06 e 13.	17.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		18.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		19.
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho de entre o tanque secundário e os motores a diesel; - pela linha de 25 mm; - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas;(4) - pela bomba;(1)	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Similar aos cenários 06 e 13.	20.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		21.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		22.

Sistema: Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio UBP Edifício dos Geradores de Brigada de Incêndio e Água gelada			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 4E19K359E/2.2					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho de retorno dos motores diesel e o tanque secundário; - pela linha de 25 mm; - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas;(2)	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Similar aos cenários 06 e 13.	23.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		24.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		25.
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho de retorno dos motores diesel e o tanque principal; - pela linha de 25 mm; - pela linha de 10 mm; - pelas conexões e flanges;	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Similar aos cenários 06 e 13.	26.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		27.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		28.

Sistema: Armazenamento de Óleo Diesel – Prédio UBP Edifício dos Geradores de Brigada de Incêndio e Água gelada			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 4E19K359E/2.2					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho de retorno do tanque secundário e o tanque principal; - pela linha de 50 mm; - pelas conexões e flanges;	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Similar aos cenários 06 e 13.	29.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		30.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		31.
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no tanque secundário de Óleo Diesel: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelas conexões e flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Similar aos cenários 05 e 13.	32.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		33.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		34.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL – PRÉDIO ULB EDIFÍCIO DE ALIMENTAÇÃO DE BRIGADA DE INCÊNDIO			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 740 03360-G/2.7					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no tanque principal de Óleo Diesel: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelas conexões e flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido no dique de contenção	B	I	1	Similar ao cenário 05.	35.
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de entre a tubulação que sai do tanque principal até os motores a diesel , passando pela bomba : - pela linha de 20 mm; - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas;(4) - peça bomba;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 06.	36.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL – PRÉDIO ULB EDIFÍCIO DE ALIMENTAÇÃO DE BRIGADA DE INCÊNDIO			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 740 03360-G/2.7					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de retorno entre os motores a diesel e o tanque principal; - pela linha de 20 mm; - pelas conexões e flanges; - pela válvula;(1)	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 06.	37.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL – PRÉDIO ULB EDIFÍCIO DE ALIMENTAÇÃO DE BRIGADA DE INCÊNDIO			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 740 03360-G/2.7					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no tanque principal de Óleo Diesel: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelos flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Realizar testes periódicos para verificar resistência do tanque de estocagem.	38.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2	Incluir cenários de grande liberação de óleo diesel no plano de Brigada de Incêndio da planta, especificando atribuições, equipamentos e recursos humanos a serem alocados para o combate ao sinistro. Todos os resíduos gerados nas Brigada de Incêndios deverão ser dispostos em tambores identificados para correta destinação	39.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		40.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL – PRÉDIO ULB EDIFÍCIO DE ALIMENTAÇÃO DE BRIGADA DE INCÊNDIO			DESENHO: KHD ENGINEERING GMBH 740 03360-G/2.7					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho de entre a tubulação que sai do tanque principal até os motores a diesel , passando pela bomba : - pela linha de 20 mm; - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas;(4) - pela bomba;	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Similar aos cenários 06 e 13.	41.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		42.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		43.
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho de retorno entre os motores a diesel e o tanque principal; - pela linha de 20 mm; - pelas conexões e flanges; - pela válvula;(1)	Visual (Operador) Detector de nível	Incêndio em poça	B	III	2	Similar aos cenários 06 e 13.	44.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		45.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		46.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL - UTL ARMAZENAGEM EM LOCAL ABERTO			DESENHO: PRELIMINAR					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de tubulação do bocal de saída do caminhão até tanque principal: - pelas conexões e flanges; - pelo mangote; - pela linha;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido no dique de contenção, quando da conexão da mangueira com o caminhão diretamente sobre o piso	C	II	2	Similar ao cenário 06.	47.
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no trecho de do tanque até os tanques de diesel dos prédios ULB e UBP, passando pela bomba: - pela linha ; - pela bomba - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas (7);	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 06.	48.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL ARMAZENAGEM EM LOCAL ABERTO			DESENHO: PRELIMINAR					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Vazamento no tanque principal de Óleo Diesel: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelos flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador) Detector de nível	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 05.	49.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL ARMAZENAGEM EM LOCAL ABERTO			DESENHO: PRELIMINAR					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do caminhão até tanque principal: <ul style="list-style-type: none"> - pelas conexões e flanges; - pelo mangote; - pela linha; 	Visual (Operador e motorista de caminhão)	Incêndio em poça	B	III	2	Implantar procedimento de cunhas para travamento das rodas do caminhão evitando o deslocamento acidental ou por falha do motorista. Treinar funcionários para agir em caso de Brigada de Incêndios, evitando contaminação de óleo pela fábrica caso o vazamento ocorra fora do dique de contenção. Todos os resíduos gerados nas Brigada de Incêndios deverão ser dispostos em tambores identificados para correta destinação.	50.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		51.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		52.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE ÓLEO DIESEL ARMAZENAGEM EM LOCAL ABERTO			DESENHO: PRELIMINAR					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no trecho do tanque até os tanques de diesel dos prédios ULB e UBP, passando pela bomba:pela linha ; - pela bomba - pelas conexões e flanges; - pelas válvulas;	Visual (Operador)	Incêndio em poça	B	III	2	Similar ao cenário 06 e 14.	53.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		54.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		55.
Grande liberação de líquido inflamável (Óleo Diesel)	Ruptura no tanque principal de Óleo Diesel: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelos flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador)	Incêndio em poça	B	III	2	Similar ao cenário 05 e 14.	56.
			Explosão de nuvem não confinada	A	IV	2		57.
			Incêndio em nuvem	B	IV	3		58.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDRAZINA PRÉDIO UMA - EDIFÍCIO DO TURBO GERADOR			DESENHO: XG – QC – 047014 – CENTRAL CHEMICAL SUPPLY					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido tóxico (Hidrazina)	Vazamento no trecho de tubulação do bocal de saída do container até tanque principal: <ul style="list-style-type: none"> - pelas conexões e flanges; - pelo mangote; - pela linha de 15 mm; - pela linha de 25 mm; - pela bomba;(1) - pelas válvulas;(2) 	Visual (Operador)	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 06.	59.
Pequena liberação de líquido tóxico (Hidrazina)	Vazamento no trecho de tubulação de saída do tanque até os sistemas de processo (Condensador principal, suprimento de água desmineralizada, Sistema de água resfriamento, Sistema de resfriamento de componente de segurança), : <ul style="list-style-type: none"> - pelas conexões e flanges; - pela linha de 15 mm; - pela linha de 25 mm; - pela linha de 50 mm; - pelas bombas;(3) - pelas válvulas (23) 	Visual (Operador)	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 06.	60.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDRAZINA – PRÉDIO UMA EDIFÍCIO DO TURBO GERADOR			DESENHO: XG – QC – 047014 – CENTRAL CHEMICAL SUPPLY					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido tóxico (Hidrazina)	Vazamento no trecho de tubulação de saída das bombas até os sistemas de processo (Máquina de refrigeração e Sistema de Água de refrigeração – “Piping System for secured closed cooling Water system): - pelas conexões e flanges; - pela linha de 25 mm; - pelas válvulas (12);	Visual (Operador)	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 06.	61.
Pequena liberação de líquido tóxico (Hidrazina)	Vazamento no trecho de tubulação entre os tanques de Hidrazina : - pelas conexões e flanges; - pela linha de 50 mm;	Visual (Operador)	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 06.	62.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDRAZINA – PRÉDIO UMA EDIFÍCIO DO TURBO GERADOR			DESENHO: XG – QC – 047014 – CENTRAL CHEMICAL SUPPLY					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de líquido tóxico (Hidrazina)	Vazamento no tanque de Hidrazina: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelas conexões e flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador)	Produto contido no dique de contenção	C	II	2	Similar ao cenário 05.	63.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDRAZINA – PRÉDIO UMA EDIFÍCIO DO TURBO GERADOR			DESENHO: XG – QC – 047014 – CENTRAL CHEMICAL SUPPLY					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido tóxico (Hidrazina)	Ruptura no trecho de tubulação do bocal de saída do container até tanque principal: <ul style="list-style-type: none"> - pelas conexões e flanges; - pelo mangote; - pela linha de 15 mm; - pela linha de 25 mm; - pela bomba;(1) - pelas válvulas;(2) 	Visual (Operador)	Nuvem tóxica	C	III	3	Estabelecer procedimento de segurança para abastecimento do tanque. Incluir cenários de liberação de Hidrazina no plano de Brigada de Incêndio da planta, especificando atribuições, equipamentos e recursos humanos a serem alocados para combater ao sinistro.	64.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDRAZINA – PRÉDIO UMA EDIFÍCIO DO TURBO GERADOR			DESENHO: XG – QC – 047014 – CENTRAL CHEMICAL SUPPLY					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de gás tóxico (Hidrazina)	Ruptura no trecho de tubulação entre os tanques de Hidrazina : - pelas conexões e flanges; - pela linha de 50 mm;	Visual (Operador)	Nuvem tóxica	C	III	3	Similar ao cenário 06.	65.
Grande liberação de líquido inflamável (Hidrazina)	Ruptura no trecho de tubulação de saída das bombas até os sistemas de processo: - pelas conexões e flanges;(5) - pela linha de 25 mm; - pelas válvulas (12);	Visual (Operador)	Nuvem tóxica	C	III	3	Incluir cenários de grande liberação de Hidrazina no plano de Brigada de Incêndio da planta, especificando atribuições, equipamentos e recursos humanos a serem alocados para combater ao sinistro.	66.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDRAZINA – PRÉDIO UMA EDIFÍCIO DO TURBO GERADOR			DESENHO: XG – QC – 047014 – CENTRAL CHEMICAL SUPPLY					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Grande liberação de líquido tóxico (Hidrazina)	Ruptura no tanque de Hidrazina: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelas conexões e flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador)	Nuvem tóxica	C	III	3	Realizar testes periódicos para verificar resistência do tanque de estocagem. Incluir cenários de grande liberação de Hidrazina no plano de Brigada de Incêndio da planta, especificando atribuições, equipamentos e recursos humanos a serem alocados para combater ao sinistro.	67.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDRÓXIDO DE AMÔNIA– PRÉDIO ULD EDIFÍCIO DE PURIFICAÇÃO DE CONDENSADO			DESENHO: XG – 2LD-043047 – CONDENSATE POLISHING SYSTEM / CHEMICALS DOSING					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de produto tóxico (Hidróxido de Amônia)	Vazamento no trecho de abastecimento do tanque: - pelas conexões e flanges; - pela linha de 50 mm; - pelas válvulas (1);	Visual (Operador)	Produto contido no dique de contenção	D	I	2	Seguir as normas de segurança par a abastecimento do tanque : uso de máscara adequada, notificações sobre possíveis vazamentos, conhecimento básicos de primeiros socorros.	68.
Pequena liberação de produto tóxico (Hidróxido de Amônia)	Vazamento no trecho de tubulação de saída do tanque até o circuito secundário - pelas conexões e flanges; - pela linha de 50 mm; - pela linha de 25 mm; - pela linha de 15 mm; - pelas válvulas (12);	Visual (Operador)	Produto contido no dique de contenção	D	I	2	Estabelecer um Programa de manutenção preventiva periódica de tubulações, conexões.	69.
Pequena liberação de produto tóxico (Hidróxido de Amônia)	Vazamento no tanque de Hidróxido de Amônia: - por corrosão; - pelas válvulas; - pelas conexões e flanges; - por transbordamento;	Visual (Operador)	Produto contido no dique de contenção	D	I	2	Similar ao cenário 05.	70.

SISTEMA: ARMAZENAMENTO DE HIDRÓXIDO DE AMÔNIA– PRÉDIO ULD EDIFÍCIO DE PURIFICAÇÃO DE CONDENSADO			DESENHO: XG – 2LD-043047 – CONDENSATE POLISHING SYSTEM / CHEMICALS DOSING					
PERIGO	CAUSA	MODO DE DETECÇÃO	EFEITO	CAT. FREQ.	CAT. SEVER.	CAT. RISCO	RECOMENDAÇÕES/ OBSERVAÇÕES	CENÁRIO
Pequena liberação de produto tóxico (Hidróxido de Amônia)	Ruptura no trecho de abastecimento do tanque: <ul style="list-style-type: none"> - pelas conexões e flanges; - pela linha de 50 mm; - pelas válvulas (1); 	Visual (Operador)	Formação de nuvem tóxica	C	III	3	Similar ao cenário 05. Os resíduos líquidos e/ou efluentes devem ser neutralizados antes de serem descartados.	71.
Grande liberação de produto tóxico (Hidróxido de Amônia)	Ruptura no trecho de tubulação de saída do tanque até circuito secundário: <ul style="list-style-type: none"> - pelas conexões e flanges; - pela linha de 50 mm; - pela linha de 25 mm; - pela linha de 15 mm; - pelas válvulas (12); 	Visual (Operador)	Formação de nuvem tóxica	C	III	3	Similar ao cenário 06. Os resíduos líquidos e/ou efluentes devem ser neutralizados antes de serem descartados.	72.
Grande liberação de produto tóxico (Hidróxido de Amônia)	Ruptura no tanque de Hidróxido de Amônia: <ul style="list-style-type: none"> - por corrosão; - pelas válvulas; - pelas conexões e flanges; - por transbordamento; 	Visual (Operador)	Formação de nuvem tóxica	C	III	3	Incluir cenários de grande liberação de Hidróxido de Amônia no plano de Brigada de Incêndio da planta, especificando atribuições, equipamentos e recursos humanos a serem alocados para combater ao sinistro.	73.



Anexo 5 - Out-Put - Programa Safeti - Efeito Dominó



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3 (RunRow Angra 3)

Unique Audit Number: 38,654

SAFETI 6.4



Angra3 (RunRow Angra 3)



angra3

explo angra

Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier ÓLEO DIESEL MARÍTIMO

Baker Strehlow Explosion

Minimum Distance	10 m
Maximum Distance	100 m
Flammable Mass	52 kg
Liquid Fraction	0 fraction
Mass Modification Factor	1
BS Ground Reflection Factor	2
BS Material Reactivity	Low
BS Flame Expansion	3D
BS Obstacle Density	High

CASE Name: Data

Consequence Results

Explosion Effects: Early Explosion

Early Explosions are assumed to be centered at the release location
Explosion Model Used : Baker-Strehlow

Supplied Flammable Mass	kg	Weather 1	Weather 2	Weather 3
		52	52	52
Supplied Flammable Mass	kg	Weather 4		
		52		
		Distance (m) at Overpressure Levels		
Overpressure	0.0686465 bar	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.127487 bar	25.2296	25.2296	25.2296
Overpressure	1.06869 bar	Not Reachable	Not Reachable	Not Reachable
Overpressure	0.0686465 bar	Weather 4		
Overpressure	0.127487 bar	25.2296		
Overpressure	1.06869 bar	Not Reachable		
		Used Mass (kg) at Overpressure Levels		
Overpressure	0.0686465 bar	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.127487 bar	52	52	52
Overpressure	1.06869 bar	52	52	52
Overpressure	0.0686465 bar	Weather 4		
Overpressure	0.127487 bar	52		
Overpressure	1.06869 bar	52		



SUMMARY REPORT

Study Folder: **Angra3 (RunRow Angra 3)**

Unique Audit Number: **38,654**

SAFETI 6.4

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7

		Weather 4
Wind Speed	m/s	4
Pasquill Stability		D
Surface Roughness Parameter		0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85
Surface Temperature	degC	29
Relative Humidity	fraction	0.7



Anexo 6 - Output Programa SAFETI/PHAST



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

 **Angra3**

 **Imported Model Folder Eventos Inicial**

EI 001 H2 Cilindro
Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	HYDROGEN
Type of Vessel	Pressurized Gas
Pressure Specification	Pressure specified
Discharge Pressure (gauge)	168 bar
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	1 kg
Scenario	
Type of Event	Catastrophic rupture
Phase	Vapor
Vessel/Tank	
Release Type	Instantaneous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	No bund present
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	1 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	HYDROGEN
Temperature	25.00 degC
Pressure	169.01 bar
Inventory	1.00 kg
Scenario	Catastrophic rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Inicialdores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number

1

Liquid Fraction	0.00 fraction
Final Temperature	-209.02 degC
Final Velocity	1,986.77 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m
Weather:	Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1
Liquid Fraction	0.00 fraction
FinalTemperature	-209.02 degC
Final Velocity	1,986.77 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Weather:	Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1
Liquid Fraction	0.00 fraction
FinalTemperature	-209.02 degC
Final Velocity	1,986.77 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Weather:	Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1
Liquid Fraction	0.00 fraction
FinalTemperature	-209.02 degC
Final Velocity	1,986.77 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Consequence Results

Distance to Concentration Results



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(750000)	18.75	s	6.10683	7.9687	6.28505
LFL	(40000)	18.75	s	6.4546	7.9687	6.54908
LFL Frac	(40000)	18.75	s	6.4546	7.9687	6.54908

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(750000)	18.75	s	14.6397	7.45189	4.38876
LFL	(40000)	18.75	s	12.8629	7.45189	3.96945
LFL Frac	(40000)	18.75	s	12.8629	7.45189	3.96945

				Weather 4
UFL	(750000)	18.75	s	7.95282
LFL	(40000)	18.75	s	7.95282
LFL Frac	(40000)	18.75	s	7.95282

				Weather 4
UFL	(750000)	18.75	s	3.71267
LFL	(40000)	18.75	s	3.71267
LFL Frac	(40000)	18.75	s	3.71267

Fireball Hazard

Fireball Flame Status	Weather 1	Weather 2	Weather 3
	Hazard	Hazard	Hazard

Fireball Flame Status	Weather 4
	Hazard

Radiation Effects: Fireball Ellipse

				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2		22.818	22.818	22.818
Radiation Level	18	kW/m2		12.1358	12.1358	12.1358
Radiation Level	52	kW/m2		6.96472	6.96472	6.96472

				Weather 4
Radiation Level	5	kW/m2		22.818
Radiation Level	18	kW/m2		12.1358
Radiation Level	52	kW/m2		6.96472

Flash Fire Envelope

All flammable results are reported at the cloud centreline height

				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	40000	ppm		6.4546	7.9687	6.54908
Furthest Extent	40000	ppm		6.4546	7.9687	6.54908

				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	40000	ppm		12.8629	7.45189	3.96945



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Furthest Extent 40000 ppm 12.8629 7.45189 3.96945

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Furthest Extent 40000 ppm Weather 4
 7.95282
 Furthest Extent 40000 ppm
 7.95282

Furthest Extent 40000 ppm Weather 4
 3.71267
 Furthest Extent 40000 ppm
 3.71267

Explosion Effects: Early Explosion

Early Explosions are assumed to be centered at the release location
 Explosion Model Used : TNT

Supplied Flammable Mass kg Weather 1 Weather 2 Weather 3
 1 1 1

Supplied Flammable Mass kg Weather 4
 1

Distance (m) at Overpressure Levels
 Weather 1 Weather 2 Weather 3
 Overpressure 0.0686465 bar No Hazard No Hazard No Hazard
 Overpressure 0.127487 bar No Hazard No Hazard No Hazard
 Overpressure 1.06869 bar No Hazard No Hazard No Hazard

Overpressure 0.0686465 bar Weather 4
 No Hazard
 Overpressure 0.127487 bar
 No Hazard
 Overpressure 1.06869 bar
 No Hazard

Used Mass (kg) at Overpressure Levels
 Weather 1 Weather 2 Weather 3
 Overpressure 0.0686465 bar 1 1 1
 Overpressure 0.127487 bar 1 1 1
 Overpressure 1.06869 bar 1 1 1

Overpressure 0.0686465 bar Weather 4
 1
 Overpressure 0.127487 bar
 1
 Overpressure 1.06869 bar
 1

Weather Conditions

Weather 1 Weather 2 Weather 3
 Wind Speed m/s 1 2 3
 Pasquill Stability D D D
 Surface Roughness Parameter 0.33 0.33 0.33
 Atmospheric Temperature degC 24.85 24.85 24.85
 Surface Temperature degC 29 29 29
 Relative Humidity fraction 0.7 0.7 0.7

Weather 4
 Wind Speed m/s 4
 Pasquill Stability D
 Surface Roughness Parameter 0.33



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Atmospheric Temperature	degC	24.85
Surface Temperature	degC	29
Relative Humidity	fraction	0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 02 H2 Tubulão
Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	HYDROGEN
Type of Vessel	Pressurized Gas
Pressure Specification	Pressure specified
Discharge Pressure (gauge)	165 bar
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	30 kg
Scenario	
Type of Event	Catastrophic rupture
Phase	Vapor
Vessel/Tank	
Release Type	Instantaneous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	No bund present
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Flammable	
Method to use for explosions	TNT
Jet Fire Method	Shell
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	30 kg
Multi Energy Explosion	
Use Unconfined Volumes	No
Use Fractions	No
Use 1st Confined Source	No
Use 2nd Confined Source	No
Use 3rd Confined Source	No
Use 4th Confined Source	No
Use 5th Confined Source	No
Use 6th Confined Source	No
Use 7th Confined Source	No
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	HYDROGEN
Temperature	25.00 degC
Pressure	166.01 bar
Inventory	30.00 kg
Scenario	Catastrophic rupture

Calculated Quantities



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		0.00 fraction
FinalTemperature		-208.67 degC
Final Velocity		1,984.83 m/s
Droplet Diameter		0.00 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		0.00 fraction
FinalTemperature		-208.67 degC
Final Velocity		1,984.83 m/s
Droplet Diameter		0.00 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		0.00 fraction
FinalTemperature		-208.67 degC
Final Velocity		1,984.83 m/s
Droplet Diameter		0.00 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		0.00 fraction
FinalTemperature		-208.67 degC
Final Velocity		1,984.83 m/s
Droplet Diameter		0.00 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(750000)	18.75	s	22.9634	33.066	24.3565
LFL	(40000)	18.75	s	22.9634	33.066	24.6871
LFL Frac	(40000)	18.75	s	22.9634	33.066	24.6871

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(750000)	18.75	s	58.474	33.5958	19.6983
LFL	(40000)	18.75	s	58.474	33.5958	17.5817
LFL Frac	(40000)	18.75	s	58.474	33.5958	17.5817

				Weather 4
UFL	(750000)	18.75	s	29.6369
LFL	(40000)	18.75	s	29.6369
LFL Frac	(40000)	18.75	s	29.6369

				Weather 4
UFL	(750000)	18.75	s	15.4397
LFL	(40000)	18.75	s	15.4397
LFL Frac	(40000)	18.75	s	15.4397

Fireball Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Fireball Flame Status	Hazard	Hazard	Hazard
	Weather 4		
Fireball Flame Status	Hazard		

Radiation Effects: Fireball Ellipse

				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2		67.0928	67.0928	67.0928
Radiation Level	18	kW/m2		35.8872	35.8872	35.8872
Radiation Level	52	kW/m2		20.6227	20.6227	20.6227

				Weather 4
Radiation Level	5	kW/m2		67.0928
Radiation Level	18	kW/m2		35.8872
Radiation Level	52	kW/m2		20.6227

Flash Fire Envelope

All flammable results are reported at the cloud centreline height



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	40000	ppm	22.9634	33.066	24.6871
Furthest Extent	40000	ppm	22.9634	33.066	24.6871
			Heights (m) for above distances		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	40000	ppm	58.474	33.5958	17.5817
Furthest Extent	40000	ppm	58.474	33.5958	17.5817

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Weather 4
Furthest Extent	40000	ppm	29.6369
Furthest Extent	40000	ppm	29.6369
			Weather 4
Furthest Extent	40000	ppm	15.4397
Furthest Extent	40000	ppm	15.4397

Explosion Effects: Early Explosion

Early Explosions are assumed to be centered at the release location

Explosion Model Used : TNT

			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass		kg	30	30	30
			Weather 4		
Supplied Flammable Mass		kg	30		
			Distance (m) at Overpressure Levels		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
			Weather 4		
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard		
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard		
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard		
			Used Mass (kg) at Overpressure Levels		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.0686465	bar	30	30	30
Overpressure	0.127487	bar	30	30	30
Overpressure	1.06869	bar	30	30	30
			Weather 4		
Overpressure	0.0686465	bar	30		
Overpressure	0.127487	bar	30		
Overpressure	1.06869	bar	30		

Explosion Effects: Late Ignition

Explosion Model Used : TNT

Explosion Location Criterion: Cloud Front (LFL Fraction)

All distances are measured from the Source



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
			Weather 4		
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard		
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard		
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard		
			Supplementary Data at 0.0686465 bar		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass	kg		No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg		No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m		0	0	0
Distance to:					
- Ignition Source	m		No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m		No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m		0	0	0
			Weather 4		
Supplied Flammable Mass	kg		No Hazard		
Used Flammable Mass	kg		No Hazard		
Overpressure Radius	m		0		
Distance to:					
- Ignition Source	m		No Hazard		
- Cloud Front/Centre	m		No Hazard		
- Explosion Centre	m		0		
			Supplementary Data at 0.127487 bar		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass	kg		No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg		No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m		0	0	0
Distance to:					
- Ignition Source	m		No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m		No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m		0	0	0
			Weather 4		
Supplied Flammable Mass	kg		No Hazard		
Used Flammable Mass	kg		No Hazard		
Overpressure Radius	m		0		
Distance to:					
- Ignition Source	m		No Hazard		
- Cloud Front/Centre	m		No Hazard		
- Explosion Centre	m		0		
			Supplementary Data at 1.06869 bar		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass	kg		No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg		No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m		0	0	0
Distance to:					
- Ignition Source	m		No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m		No Hazard	No Hazard	No Hazard



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

- Explosion Centre	m	0	0	0
Supplied Flammable Mass	kg	Weather 4		
Used Flammable Mass	kg	No Hazard		
Overpressure Radius	m	No Hazard		
Distance to:		0		
- Ignition Source	m	No Hazard		
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard		
- Explosion Centre	m	0		

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
Wind Speed	m/s	Weather 4		
Pasquill Stability		4		
Surface Roughness Parameter		D		
Atmospheric Temperature	degC	0.33		
Surface Temperature	degC	24.85		
Relative Humidity	fraction	29		
		0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 03 H2 Tubulão
Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier	HYDROGEN
Type of Vessel	Pressurized Gas
Pressure Specification	Pressure specified
Discharge Pressure (gauge)	165 bar
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	30 kg

Scenario

Type of Event	Line rupture
Phase	Vapor
Supply Pump Head	No
Number of Excess Flow Valves	0
Number of Non-Return Valves	0
Number of Shut-Off Valves	0

Pipe

Pipe Diameter	12.7 mm
---------------	---------

Vessel/Tank

Release Type	Instantaneous
Building Wake Option	None

Location

[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied

Bund

Status of Bund	No bund present
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Outdoor Release Direction	Horizontal
---------------------------	------------

Flammable

Method to use for explosions	TNT
Jet Fire Method	Shell

Dispersion

Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	30 kg

Multi Energy Explosion

Use Unconfined Volumes	No
Use Fractions	No
Use 1st Confined Source	No
Use 2nd Confined Source	No
Use 3rd Confined Source	No
Use 4th Confined Source	No
Use 5th Confined Source	No
Use 6th Confined Source	No
Use 7th Confined Source	No

CASE Name: Data

Discharge Data



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

User-Defined Quantities

Material	HYDROGEN
Temperature	25.00 degC
Pressure	166.01 bar
Inventory	30.00 kg
Scenario	Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.00 fraction
Final Temperature	-177.66 degC
Final Velocity	500.00 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	3.52985E-001 kg/s
Release Duration	84.99 s
Orifice Velocity	500.00 m/s
Exit Pressure	17.67 bar
Exit Temperature	-48.08 degC
Discharge Coefficient	0.86
Expanded Radius	0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.00 fraction
Final Temperature	-177.66 degC
Final Velocity	500.00 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	3.52985E-001 kg/s
Release Duration	84.99 s
Orifice Velocity	500.00 m/s
Exit Pressure	17.67 bar
Exit Temperature	-48.08 degC
Discharge Coefficient	0.86
Expanded Radius	0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.00 fraction
Final Temperature	-177.66 degC
Final Velocity	500.00 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	3.52985E-001 kg/s
Release Duration	84.99 s
Orifice Velocity	500.00 m/s
Exit Pressure	17.67 bar
Exit Temperature	-48.08 degC
Discharge Coefficient	0.86
Expanded Radius	0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Liquid Fraction	0.00 fraction
Final Temperature	-177.66 degC
Final Velocity	500.00 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	3.52985E-001 kg/s
Release Duration	84.99 s
Orifice Velocity	500.00 m/s
Exit Pressure	17.67 bar
Exit Temperature	-48.08 degC
Discharge Coefficient	0.86
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(750000)	18.75	s	0.446739	0.441867	0.437097
LFL	(40000)	18.75	s	19.5377	16.8262	16.0548
LFL Frac	(40000)	18.75	s	19.5377	16.8262	16.0548

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(750000)	18.75	s	1.00004	1.00004	1.00004
LFL	(40000)	18.75	s	4.81144	3.63063	3.07313
LFL Frac	(40000)	18.75	s	4.81144	3.63063	3.07313

				Weather 4
UFL	(750000)	18.75	s	0.432428
LFL	(40000)	18.75	s	15.6039
LFL Frac	(40000)	18.75	s	15.6039

				Weather 4
UFL	(750000)	18.75	s	1.00004
LFL	(40000)	18.75	s	2.63171
LFL Frac	(40000)	18.75	s	2.63171

Jet Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status	Hazard	Hazard	Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal

	Weather 4
Jet Fire Status	Hazard
Flame Direction	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

	Distance (m)		
	Weather 1	Weather 2	Weather 3



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Radiation Level	5	kW/m2	25.2852	22.8975	21.313
Radiation Level	12.5	kW/m2	22.4206	20.0692	18.4925
Radiation Level	37.5	kW/m2	19.8697	17.5503	16.0706

			Weather 4		
Radiation Level	5	kW/m2	20.2609		
Radiation Level	12.5	kW/m2	17.4382		
Radiation Level	37.5	kW/m2	15.0475		

Flash Fire Envelope

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	40000	ppm	19.5377	16.8262	16.0548
Furthest Extent	40000	ppm	19.5377	16.8262	16.0548
			Heights (m) for above distances		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	40000	ppm	4.81144	3.63063	3.07313
Furthest Extent	40000	ppm	4.81144	3.63063	3.07313

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Weather 4
Furthest Extent	40000	ppm	15.6039
Furthest Extent	40000	ppm	15.6039
			Weather 4
Furthest Extent	40000	ppm	2.63171
Furthest Extent	40000	ppm	2.63171

Explosion Effects: Late Ignition

Explosion Model Used : TNT

Explosion Location Criterion: Cloud Front (LFL Fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
			Weather 4		
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard		
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard		
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard		
			Supplementary Data at 0.0686465 bar		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass		kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass		kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius		m	0	0	0
Distance to:					
- Ignition Source		m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre		m	No Hazard	No Hazard	No Hazard



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

- Explosion Centre m 0 0 0

Supplied Flammable Mass kg Weather 4
 Used Flammable Mass kg No Hazard
 Overpressure Radius m 0
 Distance to:
 - Ignition Source m No Hazard
 - Cloud Front/Centre m No Hazard
 - Explosion Centre m 0

Supplementary Data at 0.127487 bar

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m	0	0	0
Distance to:				
- Ignition Source	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m	0	0	0

Supplied Flammable Mass kg Weather 4
 Used Flammable Mass kg No Hazard
 Overpressure Radius m 0
 Distance to:
 - Ignition Source m No Hazard
 - Cloud Front/Centre m No Hazard
 - Explosion Centre m 0

Supplementary Data at 1.06869 bar

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m	0	0	0
Distance to:				
- Ignition Source	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m	0	0	0

Supplied Flammable Mass kg Weather 4
 Used Flammable Mass kg No Hazard
 Overpressure Radius m 0
 Distance to:
 - Ignition Source m No Hazard
 - Cloud Front/Centre m No Hazard
 - Explosion Centre m 0

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Wind Speed	m/s	Weather 4
Pasquill Stability		4
Surface Roughness Parameter		D
Atmospheric Temperature	degC	0.33
Surface Temperature	degC	24.85
Relative Humidity	fraction	29
		0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 04-OD - UBP
 Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Material to Track ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Type of Vessel Unpressurized (at atmospheric pressure)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 8.075E4 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Supply Pump Head No
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 2 mm

Vessel/Tank

Release Type Instantaneous
 Building Wake Option None

Location

Elevation 0.5 m
 ERPG selection ERPG is not set
 IDLH selection IDLH is not set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging User defined averaging time supplied
 User-Defined Average Time 18.75 s

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 48 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 Bund Height 0.5 m
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 4 m
 Building Length 8.7 m
 Building Width 5.5 m
 Type of Ventilation Natural ventilation
 Droplet state No droplets trapped

Flammable

Method to use for explosions TNT
 Jet Fire Method Shell

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 8.075E4 kg

Multi Energy Explosion

Use Unconfined Volumes No
 Use Fractions No
 Use 1st Confined Source No
 Use 2nd Confined Source No
 Use 3rd Confined Source No
 Use 4th Confined Source No
 Use 5th Confined Source No



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Use 6th Confined Source No
 Use 7th Confined Source No
CASE Name: Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 80,750.00 kg
 Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1
 Liquid Fraction 1.00 fraction
 Final Temperature 25.00 degC
 Final Velocity 0.22 m/s
 Droplet Diameter 0.67 mm
 Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.14228E-004 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 0.22 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.00 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.00 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1
 Liquid Fraction 1.00 fraction
 Final Temperature 25.00 degC
 Final Velocity 0.22 m/s
 Droplet Diameter 0.67 mm
 Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.14228E-004 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 0.22 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.00 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.00 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1
 Liquid Fraction 1.00 fraction
 Final Temperature 25.00 degC
 Final Velocity 0.22 m/s
 Droplet Diameter 0.67 mm
 Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.14228E-004 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 0.22 m/s



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.00 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.00 m
Weather:	Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1
Liquid Fraction	1.00 fraction
Final Temperature	25.00 degC
Final Velocity	0.22 m/s
Droplet Diameter	0.67 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	5.14228E-004 kg/s
Release Duration	9,900.00 s
Orifice Velocity	0.22 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.00 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.00 m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL (52866.8)	18.75	s		0	0	0
LFL (7000)	18.75	s		0	0	0
LFL Frac (7000)	18.75	s		0	0	0

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL (52866.8)	18.75	s		0	0	0
LFL (7000)	18.75	s		0	0	0
LFL Frac (7000)	18.75	s		0	0	0

				Weather 4
UFL (52866.8)	18.75	s		0
LFL (7000)	18.75	s		0
LFL Frac (7000)	18.75	s		0

				Weather 4
UFL (52866.8)	18.75	s		0
LFL (7000)	18.75	s		0
LFL Frac (7000)	18.75	s		0

In-Building Release Notes

**** Warning ****

Although the average concentration in the building is below the lower flammable limit, local concentrations could exceed this value. A fire or explosion in the building is possible.



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

The plume does not clear the building wake.
 All results could be affected by the wake.

		Weather Conditions		
		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 05-OD - UBP
 Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	8.075E4 kg
Scenario	
Type of Event	Line rupture
Phase	Liquid
Pump head	10 m
Supply Pump Head	Yes
Tank Head	1 m
Number of Excess Flow Valves	0
Number of Non-Return Valves	0
Number of Shut-Off Valves	0
Pipe	
Pipe Diameter	25 mm
Line length	30 m
Vessel/Tank	
Release Type	Continuous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	48 m2
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Building Height	4 m
Building Length	8.7 m
Building Width	5.5 m
Vent Flowrate	2.952E5 m3/hr
Type of Ventilation	Forced Ventilation
Droplet state	No droplets trapped
Building Exhaust Diameter	1.2 m
Vent Type	Roof Vent
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	8.075E4 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material ÓLEO DIESEL MARÍTIMO



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 80,750.00 kg
 Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Final Velocity	2.57 m/s
Droplet Diameter	0.49 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	9.22264E-001 kg/s
Release Duration	9,900.00 s
Orifice Velocity	2.57 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

			Distance to Concentration Results		
LFL (7000)	18.75	s	1.01057	1.01057	1.01057
LFL Frac (7000)	18.75	s	1.01057	1.01057	1.01057
			Weather 4		
UFL (52866.8)	18.75	s	0		
LFL (7000)	18.75	s	0		
LFL Frac (7000)	18.75	s	0		
			Weather 4		
UFL (52866.8)	18.75	s	1.01057		
LFL (7000)	18.75	s	1.01057		
LFL Frac (7000)	18.75	s	1.01057		

Jet Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal
	Weather 4		
Jet Fire Status	No Hazard		
Flame Direction	Horizontal		

In-Building Release Notes

**** Warning ****

Although the average concentration in the building is below the lower flammable limit, local concentrations could exceed this value. A fire or explosion in the building is possible.

The plume does not clear the building wake.
 All results could be affected by the wake.

Weather Conditions

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	1 m/s	2	3
Pasquill Stability	D	D	D
Surface Roughness Parameter	0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	24.85 degC	24.85	24.85
Surface Temperature	29 degC	29	29
Relative Humidity	0.7 fraction	0.7	0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Wind Speed	m/s	Weather 4
Pasquill Stability		4
Surface Roughness Parameter		D
Atmospheric Temperature	degC	0.33
Surface Temperature	degC	24.85
Relative Humidity	fraction	29
		0.7

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0	0	0
LFL	(7000)	18.75	s	0	0	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0	0	0

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	1.01057	1.01057	1.01057



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 06-OD - UBP
 Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Material to Track ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Type of Vessel Unpressurized (at atmospheric pressure)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 8.075E4 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Pump head 10 m
 Supply Pump Head Yes
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 25 mm
 Line length 30 m

Vessel/Tank

Release Type Continuous
 Building Wake Option None

Location

Elevation 0.5 m
 ERPG selection ERPG is not set
 IDLH selection IDLH is not set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging No user defined averaging time supplied

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 48 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 [Bund Height 0 m]
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 4 m
 Building Length 8.7 m
 Building Width 5.5 m
 Vent Flowrate 2.952E5 m3/hr
 Type of Ventilation Forced Ventilation
 Droplet state No droplets trapped
 Building Exhaust Diameter 1.8 m
 Vent Type Roof Vent

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 8.075E4 kg

CASE Name: **Data**

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material ÓLEO DIESEL MARÍTIMO



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 80,750.00 kg
 Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Final Velocity	2.57 m/s
Droplet Diameter	0.49 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	9.22264E-001 kg/s
Release Duration	9,900.00 s
Orifice Velocity	2.57 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0	0	0
LFL	(7000)	18.75	s	0	0	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0	0	0

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859
LFL	(7000)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859

				Weather 4		
UFL	(52866.8)	18.75	s	0		
LFL	(7000)	18.75	s	0		
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0		

				Weather 4		
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.515859		
LFL	(7000)	18.75	s	0.515859		
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.515859		

Jet Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal

	Weather 4
Jet Fire Status	No Hazard
Flame Direction	Horizontal

In-Building Release Notes

**** Warning ****

Although the average concentration in the building is below the lower flammable limit, local concentrations could exceed this value. A fire or explosion in the building is possible.



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

The plume does not clear the building wake.
 All results could be affected by the wake.

		Weather Conditions		
		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 07-OD - UBP
 Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	8.075E4 kg
Scenario	
Type of Event	Line rupture
Phase	Liquid
Pump head	10 m
Supply Pump Head	Yes
Tank Head	1 m
Number of Excess Flow Valves	0
Number of Non-Return Valves	0
Number of Shut-Off Valves	0
Pipe	
Pipe Diameter	25 mm
Line length	30 m
Vessel/Tank	
Release Type	Continuous
Building Wake Option	None
Location	
Elevation	0.5 m
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	48 m2
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Building Height	4 m
Building Length	8.7 m
Building Width	5.5 m
Vent Flowrate	2.952E5 m3/hr
Type of Ventilation	Forced Ventilation
Droplet state	No droplets trapped
Building Exhaust Diameter	1.8 m
Vent Type	Roof Vent
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	8.075E4 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities
 Material

ÓLEO DIESEL MARÍTIMO



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 80,750.00 kg
 Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:

Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:

Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:

Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Final Velocity	2.57 m/s
Droplet Diameter	0.49 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	9.22264E-001 kg/s
Release Duration	9,900.00 s
Orifice Velocity	2.57 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0	0	0
LFL	(7000)	18.75	s	0	0	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0	0	0

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859
LFL	(7000)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859

				Weather 4
UFL	(52866.8)	18.75	s	0
LFL	(7000)	18.75	s	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0

				Weather 4
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.515859
LFL	(7000)	18.75	s	0.515859
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.515859

Jet Fire Hazard

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status		No Hazard	No Hazard	No Hazard
Flame Direction		Horizontal	Horizontal	Horizontal

		Weather 4
Jet Fire Status		No Hazard
Flame Direction		Horizontal

In-Building Release Notes

**** Warning ****

Although the average concentration in the building is below the lower flammable limit, local concentrations could exceed this value. A fire or explosion in the building is possible.



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

The plume does not clear the building wake.
 All results could be affected by the wake.

		Weather Conditions		
		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 08-OD - UBP
 Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Material to Track ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Type of Vessel Unpressurized (at atmospheric pressure)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 8.075E4 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Pump head 10 m
 Supply Pump Head Yes
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 25 mm
 Line length 30 m

Vessel/Tank

Release Type Continuous
 Building Wake Option None

Location

Elevation 0.5 m
 ERPG selection ERPG is not set
 IDLH selection IDLH is not set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging No user defined averaging time supplied

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 48 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 [Bund Height 0 m]
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 4 m
 Building Length 8.7 m
 Building Width 5.5 m
 Vent Flowrate 2.952E5 m3/hr
 Type of Ventilation Forced Ventilation
 Droplet state No droplets trapped
 Building Exhaust Diameter 1.8 m
 Vent Type Roof Vent

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 8.075E4 kg

CASE Name: **Data**

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material ÓLEO DIESEL MARÍTIMO



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 80,750.00 kg
 Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.57 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 9.22264E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.57 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Final Velocity	2.57 m/s
Droplet Diameter	0.49 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	9.22264E-001 kg/s
Release Duration	9,900.00 s
Orifice Velocity	2.57 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

UFL (52866.8)	18.75	s	0.515859
LFL (7000)	18.75	s	0.515859
LFL Frac (7000)	18.75	s	0.515859

Jet Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal
	Weather 4		
Jet Fire Status	No Hazard		
Flame Direction	Horizontal		

In-Building Release Notes

**** Warning ****

Although the average concentration in the building is below the lower flammable limit, local concentrations could exceed this value. A fire or explosion in the building is possible.

The plume does not clear the building wake.
 All results could be affected by the wake.

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0	0	0
LFL	(7000)	18.75	s	0	0	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0	0	0

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859
LFL	(7000)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.515859	0.515859	0.515859

				Weather 4
UFL	(52866.8)	18.75	s	0
LFL	(7000)	18.75	s	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0

Weather 4



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 09-OD - UBP
 Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Material to Track ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
 Type of Vessel Unpressurized (at atmospheric pressure)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 750 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Pump head 10 m
 Supply Pump Head Yes
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 50 mm
 Line length 30 m

Vessel/Tank

Release Type Continuous
 Building Wake Option None

Location

Elevation 0.5 m
 ERPG selection ERPG is not set
 IDLH selection IDLH is not set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging No user defined averaging time supplied

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 48 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 [Bund Height 0 m]
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 4 m
 Building Length 8.7 m
 Building Width 5.5 m
 Vent Flowrate 2.952E5 m3/hr
 Type of Ventilation Forced Ventilation
 Droplet state No droplets trapped
 Building Exhaust Diameter 1.8 m
 Vent Type Roof Vent

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 750 kg

CASE Name: **Data**

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material ÓLEO DIESEL MARÍTIMO



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 750.00 kg
 Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 3.91 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.59657E+000 kg/s
 Release Duration 134.01 s
 Orifice Velocity 3.91 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 3.91 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.59657E+000 kg/s
 Release Duration 134.01 s
 Orifice Velocity 3.91 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 3.91 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.59657E+000 kg/s
 Release Duration 134.01 s
 Orifice Velocity 3.91 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Final Velocity	3.91 m/s
Droplet Diameter	0.49 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	5.59657E+000 kg/s
Release Duration	134.01 s
Orifice Velocity	3.91 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.03 m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0	0	0
LFL	(7000)	18.75	s	0.0504807	0.069571	0.0615835
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.0504807	0.069571	0.0615835

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.515758	0.515758	0.515758
LFL	(7000)	18.75	s	5.17968	4.23813	3.5543
LFL Frac	(7000)	18.75	s	5.17968	4.23813	3.5543

				Weather 4
UFL	(52866.8)	18.75	s	0
LFL	(7000)	18.75	s	0.0733032
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.0733032

				Weather 4
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.515758
LFL	(7000)	18.75	s	3.18463
LFL Frac	(7000)	18.75	s	3.18463

Jet Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status	Hazard	Hazard	Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal

	Weather 4
Jet Fire Status	Hazard
Flame Direction	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

This table gives the distances to the specified radiation levels

for each jet fire listed in the above hazard table

				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2		120.138	108.764	101.109
Radiation Level	12.5	kW/m2		104.026	93.1736	86.4847



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Radiation Level 37.5 kW/m2 Not Reached Not Reached Not Reached

Radiation Level 5 kW/m2 Weather 4 95.9037
Radiation Level 12.5 kW/m2 81.9304
Radiation Level 37.5 kW/m2 Not Reached

Flash Fire Envelope

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Distance (m)
Weather 1 Weather 2 Weather 3
Furthest Extent 7000 ppm 0.0504807 0.069571 0.0615835
Furthest Extent 7000 ppm 0.0504807 0.069571 0.0615835

Heights (m) for above distances
Weather 1 Weather 2 Weather 3
Furthest Extent 7000 ppm 5.17968 4.23813 3.5543
Furthest Extent 7000 ppm 5.17968 4.23813 3.5543

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Weather 4
Furthest Extent 7000 ppm 0.0733032
Furthest Extent 7000 ppm 0.0733032

Weather 4
Furthest Extent 7000 ppm 3.18463
Furthest Extent 7000 ppm 3.18463

In-Building Release Notes

** Warning **

The average concentration in the building is above the lower flammable limit. A fire or explosion in the building is likely.

The plume does not clear the building wake.
All results could be affected by the wake.

Weather Conditions

Weather 1 Weather 2 Weather 3
Wind Speed m/s 1 2 3
Pasquill Stability D D D
Surface Roughness Parameter 0.33 0.33 0.33
Atmospheric Temperature degC 24.85 24.85 24.85
Surface Temperature degC 29 29 29
Relative Humidity fraction 0.7 0.7 0.7

Weather 4
Wind Speed m/s 4
Pasquill Stability D
Surface Roughness Parameter 0.33
Atmospheric Temperature degC 24.85
Surface Temperature degC 29
Relative Humidity fraction 0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 10-OD - UBP
Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	3000 kg
Scenario	
Type of Event	Catastrophic rupture
Phase	Liquid
Tank Head	1 m
Pipe	
Line length	30 m
Vessel/Tank	
Release Type	Instantaneous
Building Wake Option	None
Location	
Elevation	0.5 m
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	User defined averaging time supplied
User-Defined Average Time	18.75 s
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	48 m ²
[Type of Bund Surface	Concrete]
Bund Height	0.5 m
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Building Height	4 m
Building Length	8.7 m
Building Width	5.5 m
Type of Ventilation	Natural ventilation
Droplet state	No droplets trapped
Flammable	
Method to use for explosions	TNT
Jet Fire Method	Shell
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	3000 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Temperature	25.00 degC
Pressure	1.01 bar
Inventory	3,000.00 kg
Scenario	Catastrophic rupture

Calculated Quantities



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.00 degC
Final Velocity		0.00 m/s
Droplet Diameter		0.72 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.00 degC
Final Velocity		0.00 m/s
Droplet Diameter		0.72 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.00 degC
Final Velocity		0.00 m/s
Droplet Diameter		0.72 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.00 degC
Final Velocity		0.00 m/s
Droplet Diameter		0.72 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Consequence Results

Fireball Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Fireball Flame Status	No Hazard	No Hazard	No Hazard
	Weather 4		
Fireball Flame Status	No Hazard		

Explosion Effects: Early Explosion

Early Explosions are assumed to be centered at the release location
 Explosion Model Used : TNT

Supplied Flammable Mass	kg	Weather 1	Weather 2	Weather 3
		3000	3000	3000
Supplied Flammable Mass	kg	Weather 4		
		3000		
		Distance (m) at Overpressure Levels		
		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard	No Hazard
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	No Hazard
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard	No Hazard
		Weather 4		
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard	
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard	
		Used Mass (kg) at Overpressure Levels		
		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.0686465	bar	0	0
Overpressure	0.127487	bar	0	0
Overpressure	1.06869	bar	0	0
		Weather 4		
Overpressure	0.0686465	bar	0	
Overpressure	0.127487	bar	0	
Overpressure	1.06869	bar	0	

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Wind Speed	m/s	Weather 4
Pasquill Stability		4
Surface Roughness Parameter		D
Atmospheric Temperature	degC	0.33
Surface Temperature	degC	24.85
Relative Humidity	fraction	29
		0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 11-OD - ULB
Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	5950 kg
Scenario	
Type of Event	Catastrophic rupture
Phase	Liquid
Tank Head	1 m
Vessel/Tank	
Release Type	Instantaneous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	14 m ²
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Building Height	2.5 m
Building Length	6.7 m
Building Width	2.2 m
Type of Ventilation	Natural ventilation
Droplet state	No droplets trapped
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	5950 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Temperature	25.00 degC
Pressure	1.01 bar
Inventory	5,950.00 kg
Scenario	Catastrophic rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1
 Liquid Fraction 1.00 fraction



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Consequence Results

Explosion Effects: Early Explosion

Supplied Flammable Mass	kg	Weather 4	5950		
		Distance (m) at Overpressure Levels			
		Weather 1	Weather 2	Weather 3	
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
		Weather 4			
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard		
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard		
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard		
		Used Mass (kg) at Overpressure Levels			
		Weather 1	Weather 2	Weather 3	
Overpressure	0.0686465	bar	0	0	0
Overpressure	0.127487	bar	0	0	0
Overpressure	1.06869	bar	0	0	0
		Weather 4			
Overpressure	0.0686465	bar	0		
Overpressure	0.127487	bar	0		
Overpressure	1.06869	bar	0		

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		

Fireball Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Fireball Flame Status	No Hazard	No Hazard	No Hazard
		Weather 4	
Fireball Flame Status	No Hazard		

Explosion Effects: Early Explosion

Early Explosions are assumed to be centered at the release location



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Explosion Model Used : TNT

Supplied Flammable Mass	kg	Weather 1 5950	Weather 2 5950	Weather 3 5950
-------------------------	----	-------------------	-------------------	-------------------



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 12-OD - ULB
Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	5950 kg
Scenario	
Type of Event	Line rupture
Phase	Liquid
Pump head	10 m
Supply Pump Head	Yes
Tank Head	1 m
Number of Excess Flow Valves	0
Number of Non-Return Valves	0
Number of Shut-Off Valves	0
Pipe	
Pipe Diameter	20 mm
Line length	30 m
Vessel/Tank	
Release Type	Continuous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	14 m ²
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Building Height	2.5 m
Building Length	6.7 m
Building Width	2.2 m
Vent Flowrate	1908 m ³ /hr
Type of Ventilation	Forced Ventilation
Droplet state	No droplets trapped
Building Exhaust Diameter	0.5 m
Vent Type	Wall Vent
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	5950 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities
Material ÓLEO DIESEL MARÍTIMO



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 5,950.00 kg
 Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.23 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.11027E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.23 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.23 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.11027E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.23 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.23 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.11027E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.23 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Final Velocity	2.23 m/s
Droplet Diameter	0.49 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	5.11027E-001 kg/s
Release Duration	9,900.00 s
Orifice Velocity	2.23 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	1.42136	0.994962	0.813564
LFL	(7000)	18.75	s	10.0904	7.37776	6.07967
LFL Frac	(7000)	18.75	s	10.0904	7.37776	6.07967

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.227867	0.661463	0.796979
LFL	(7000)	18.75	s	0	0	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0	0	0

				Weather 4
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.674846
LFL	(7000)	18.75	s	4.86059
LFL Frac	(7000)	18.75	s	4.86059

				Weather 4
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.876171
LFL	(7000)	18.75	s	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0

Jet Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status	Hazard	Hazard	Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal

	Weather 4
Jet Fire Status	Hazard
Flame Direction	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2		45.948	42.2493	39.0138
Radiation Level	12.5	kW/m2		Not Reached	Not Reached	34.0169



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Radiation Level 37.5 kW/m2 Not Reached Not Reached Not Reached

Radiation Level 5 kW/m2 Weather 4 36.6869
Radiation Level 12.5 kW/m2 32.3781
Radiation Level 37.5 kW/m2 Not Reached

Flash Fire Envelope

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	7000	ppm	10.0904	7.37776	6.07967
Furthest Extent	7000	ppm	10.0904	7.37776	6.07967
			Heights (m) for above distances		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	7000	ppm	0	0	0
Furthest Extent	7000	ppm	0	0	0

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Weather 4
Furthest Extent	7000	ppm	4.86059
Furthest Extent	7000	ppm	4.86059
			Weather 4
Furthest Extent	7000	ppm	0
Furthest Extent	7000	ppm	0

Explosion Effects: Late Ignition

Explosion Model Used : TNT

Explosion Location Criterion: Cloud Front (LFL Fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level	
			Weather 1	
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard	
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard	
			Supplementary Data at 0.0686465 bar	
			Weather 1	
Supplied Flammable Mass		kg	No Hazard	
Used Flammable Mass		kg	No Hazard	
Overpressure Radius		m	0	
Distance to:				
- Ignition Source		m	No Hazard	
- Cloud Front/Centre		m	No Hazard	
- Explosion Centre		m	0	
			Supplementary Data at 0.127487 bar	
			Weather 1	
Supplied Flammable Mass		kg	No Hazard	
Used Flammable Mass		kg	No Hazard	
Overpressure Radius		m	0	



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Distance to:		
- Ignition Source	m	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard
- Explosion Centre	m	0

Supplementary Data at 1.06869 bar

Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard
Overpressure Radius	m	0
Distance to:		
- Ignition Source	m	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard
- Explosion Centre	m	0

In-Building Release Notes

**** Warning ****

The average concentration in the building is above the lower flammable limit. A fire or explosion in the building is likely.

The plume does not clear the building wake.
 All results could be affected by the wake.

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 13-OD - ULB
Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	5950 kg
Scenario	
Type of Event	Line rupture
Phase	Liquid
Pump head	10 m
Supply Pump Head	Yes
Tank Head	1 m
Number of Excess Flow Valves	0
Number of Non-Return Valves	0
Number of Shut-Off Valves	0
Pipe	
Pipe Diameter	20 mm
Line length	30 m
Vessel/Tank	
Release Type	Continuous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	14 m2
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Building Height	2.5 m
Building Length	6.7 m
Building Width	2.2 m
Vent Flowrate	1908 m3/hr
Type of Ventilation	Forced Ventilation
Droplet state	No droplets trapped
Building Exhaust Diameter	0.5 m
Vent Type	Wall Vent
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	5950 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material ÓLEO DIESEL MARÍTIMO



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 5,950.00 kg
 Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.23 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.11027E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.23 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.23 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.11027E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.23 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC
 Final Velocity 2.23 m/s
 Droplet Diameter 0.49 mm

Continuous Release Data:
 Mass Flowrate 5.11027E-001 kg/s
 Release Duration 9,900.00 s
 Orifice Velocity 2.23 m/s
 Exit Pressure 1.01 bar
 Exit Temperature 25.03 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.01 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction 1.00 fraction
 FinalTemperature 25.03 degC



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Final Velocity	2.23 m/s
Droplet Diameter	0.49 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	5.11027E-001 kg/s
Release Duration	9,900.00 s
Orifice Velocity	2.23 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.227867	0.661463	0.796979
LFL	(7000)	18.75	s	0	0	0
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0	0	0
				Weather 4		
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.674846		
LFL	(7000)	18.75	s	4.86059		
LFL Frac	(7000)	18.75	s	4.86059		
				Weather 4		
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.876171		
LFL	(7000)	18.75	s	0		
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0		

Jet Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status	Hazard	Hazard	Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal
	Weather 4		
Jet Fire Status	Hazard		
Flame Direction	Horizontal		

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2	45.948	42.2493	39.0138
Radiation Level	12.5	kW/m2	Not Reached	Not Reached	34.0169
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached	Not Reached	Not Reached
			Weather 4		
Radiation Level	5	kW/m2	36.6869		
Radiation Level	12.5	kW/m2	32.3781		
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached		

Flash Fire Envelope

All flammable results are reported at the cloud centreline height



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	7000	ppm	10.0904	7.37776	6.07967
Furthest Extent	7000	ppm	10.0904	7.37776	6.07967
			Heights (m) for above distances		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	7000	ppm	0	0	0
Furthest Extent	7000	ppm	0	0	0

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Weather 4
Furthest Extent	7000	ppm	4.86059
Furthest Extent	7000	ppm	4.86059

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL (52866.8)	18.75	s		1.42136	0.994962	0.813564
LFL (7000)	18.75	s		10.0904	7.37776	6.07967
LFL Frac (7000)	18.75	s		10.0904	7.37776	6.07967

Flash Fire Envelope

			Weather 4
Furthest Extent	7000	ppm	0
Furthest Extent	7000	ppm	0

Explosion Effects: Late Ignition

Explosion Model Used : TNT

Explosion Location Criterion: Cloud Front (LFL Fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level
			Weather 1
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard

			Supplementary Data at 0.0686465 bar
			Weather 1
Supplied Flammable Mass		kg	No Hazard
Used Flammable Mass		kg	No Hazard
Overpressure Radius		m	0
Distance to:			
- Ignition Source		m	No Hazard
- Cloud Front/Centre		m	No Hazard
- Explosion Centre		m	0

Supplementary Data at 0.127487 bar



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

		Weather 1
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard
Overpressure Radius	m	0
Distance to:		
- Ignition Source	m	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard
- Explosion Centre	m	0
		Supplementary Data at 1.06869 bar
		Weather 1
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard
Overpressure Radius	m	0
Distance to:		
- Ignition Source	m	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard
- Explosion Centre	m	0

In-Building Release Notes

**** Warning ****

The average concentration in the building is above the lower flammable limit. A fire or explosion in the building is likely.

The plume does not clear the building wake.
 All results could be affected by the wake.

		Weather Conditions		
		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 14-OD - Ar livre
 Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	8500 kg
Scenario	
Type of Event	Line rupture
Phase	Liquid
Pump head	100 m
Supply Pump Head	Yes
Tank Head	1 m
Number of Excess Flow Valves	0
Number of Non-Return Valves	0
Number of Shut-Off Valves	0
Pipe	
Pipe Diameter	80 mm
Vessel/Tank	
Release Type	Continuous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	54 m2
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Outdoor Release Direction	Horizontal
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	8500 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities	
Material	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Temperature	25.00 degC
Pressure	1.01 bar
Inventory	8,500.00 kg
Scenario	Line rupture
Calculated Quantities	

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
Final Temperature	25.20 degC
Final Velocity	22.29 m/s
Droplet Diameter	0.22 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	8.17428E+001 kg/s
Release Duration	103.98 s
Orifice Velocity	22.29 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.20 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.04 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
Final Temperature	25.20 degC
Final Velocity	22.29 m/s
Droplet Diameter	0.22 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	8.17428E+001 kg/s
Release Duration	103.98 s
Orifice Velocity	22.29 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.20 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.04 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
Final Temperature	25.20 degC
Final Velocity	22.29 m/s
Droplet Diameter	0.22 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	8.17428E+001 kg/s
Release Duration	103.98 s
Orifice Velocity	22.29 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.20 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.04 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
Final Temperature	25.20 degC
Final Velocity	22.29 m/s
Droplet Diameter	0.22 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	8.17428E+001 kg/s
Release Duration	103.98 s
Orifice Velocity	22.29 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.20 degC



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Discharge Coefficient
Expanded Radius

0.61
0.04 m

Consequence Results

Pool Vaporization Results

N.B. Pool vaporization segments begin when the cloud has left the pool

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Liquid Rainout	fraction	0.999059	0.997213	0.996866
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	1556.25	1210.98	1006.42
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.0904299	0.0988678	0.103961
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	2568.55	2894.57	2424.56
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.109608	0.124308	0.129682
Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	1124.15	5794.45	6469.02
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.125505	0.171692	0.169133
Cloud Segment 4				
Cloud Segment Duration	s	4651.05		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.171873		
Maximum Pool Radius	m	19.2959	19.2696	19.2627
Liquid Rainout	fraction	0.996445		
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	870.195		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.107229		
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	2091.83		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.133982		
Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	628.925		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.148531		
Cloud Segment 4				
Cloud Segment Duration	s	6309.05		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.168231		
Maximum Pool Radius	m	19.256		

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	9.82109	10.2733	10.0688
LFL	(7000)	18.75	s	9.89683	10.3629	10.1639
LFL Frac	(7000)	18.75	s	9.89683	10.3629	10.1639



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.265236	0.282861	0.301945
LFL	(7000)	18.75	s	0.262555	0.279198	0.297682
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.262555	0.279198	0.297682
				Weather 4		
UFL	(52866.8)	18.75	s	11.1876		
LFL	(7000)	18.75	s	11.3983		
LFL Frac	(7000)	18.75	s	11.3983		
				Weather 4		
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.241495		
LFL	(7000)	18.75	s	0.228855		
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.228855		

Jet Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Jet Fire Status	Hazard	Hazard	Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal
	Weather 4		
Jet Fire Status	Hazard		
Flame Direction	Horizontal		

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2	30.2886	44.0645	43.0747
Radiation Level	12.5	kW/m2	Not Reached	36.6568	36.1887
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached	Not Reached	Not Reached
			Weather 4		
Radiation Level	5	kW/m2	43.1635		
Radiation Level	12.5	kW/m2	36.7166		
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached		

Early Pool Fire Hazard

	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Early Pool Fire Status	Hazard	Hazard	Hazard
	Weather 4		
Early Pool Fire Status	Hazard		

Radiation Effects: Early Pool Fire Ellipse

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2	50.2314	57.1021	61.2114
Radiation Level	12.5	kW/m2	30.2014	31.1413	31.7197
Radiation Level	37.5	kW/m2			
			Weather 4		
Radiation Level	5	kW/m2	65.5696		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Radiation Level 12.5 kW/m2 33.1088
 Radiation Level 37.5 kW/m2

Late Pool Fire Hazard

Late Pool Fire Status Weather 1 Hazard Weather 2 Hazard Weather 3 Hazard
 Late Pool Fire Status Weather 4 Hazard

Radiation Effects: Late Pool Fire Ellipse

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2	50.2314	57.1021	61.2114
Radiation Level	12.5	kW/m2	30.2014	31.1413	31.7197
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached	Not Reached	Not Reached
			Weather 4		
Radiation Level	5	kW/m2	65.5696		
Radiation Level	12.5	kW/m2	33.1088		
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached		

Flash Fire Envelope

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	7000	ppm	9.89683	10.3629	10.1639
Furthest Extent	7000	ppm	9.89683	10.3629	10.1639
			Heights (m) for above distances		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	7000	ppm	0.262555	0.279198	0.297682
Furthest Extent	7000	ppm	0.262555	0.279198	0.297682

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Weather 4
Furthest Extent	7000	ppm	11.3983
Furthest Extent	7000	ppm	11.3983
			Weather 4
Furthest Extent	7000	ppm	0.228855
Furthest Extent	7000	ppm	0.228855

Explosion Effects: Late Ignition

Explosion Model Used : TNT
 Explosion Location Criterion: Cloud Front (LFL Fraction)
 All distances are measured from the Source
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level		
			Weather 2	Weather 3	Weather 4
Overpressure	0.0686465	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Overpressure 1.06869 bar No Hazard No Hazard No Hazard

Supplementary Data at 0.0686465 bar

Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m	0	0	0
Distance to:				
- Ignition Source	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m	0	0	0

Supplementary Data at 0.127487 bar

Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m	0	0	0
Distance to:				
- Ignition Source	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m	0	0	0

Supplementary Data at 1.06869 bar

Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m	0	0	0
Distance to:				
- Ignition Source	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m	0	0	0

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7

Weather 4

Wind Speed	m/s	4
Pasquill Stability		D
Surface Roughness Parameter		0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85
Surface Temperature	degC	29
Relative Humidity	fraction	0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 15-OD - Ar livre
 Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	2.55E4 kg
Scenario	
Type of Event	Line rupture
Phase	Liquid
Pump head	100 m
Supply Pump Head	Yes
Tank Head	1 m
Number of Excess Flow Valves	0
Number of Non-Return Valves	0
Number of Shut-Off Valves	0
Pipe	
Pipe Diameter	80 mm
Line length	20 m
Vessel/Tank	
Release Type	Continuous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	54 m2
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Outdoor Release Direction	Horizontal
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	2.55E4 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities	
Material	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Temperature	25.00 degC
Pressure	1.01 bar
Inventory	25,500.00 kg
Scenario	Line rupture
Calculated Quantities	

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.24 degC
Final Velocity	17.79 m/s
Droplet Diameter	0.33 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	6.52522E+001 kg/s
Release Duration	390.79 s
Orifice Velocity	17.79 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.24 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.04 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.24 degC
Final Velocity	17.79 m/s
Droplet Diameter	0.33 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	6.52522E+001 kg/s
Release Duration	390.79 s
Orifice Velocity	17.79 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.24 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.04 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.24 degC
Final Velocity	17.79 m/s
Droplet Diameter	0.33 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	6.52522E+001 kg/s
Release Duration	390.79 s
Orifice Velocity	17.79 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.24 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.04 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.24 degC
Final Velocity	17.79 m/s
Droplet Diameter	0.33 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	6.52522E+001 kg/s
Release Duration	390.79 s
Orifice Velocity	17.79 m/s
Exit Pressure	1.01 bar



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Exit Temperature 25.24 degC
 Discharge Coefficient 0.61
 Expanded Radius 0.04 m

Consequence Results

Pool Vaporization Results

Cloud Segment Duration	s	5868.01		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.495021		
Maximum Pool Radius	m	33.4062	33.3819	33.3676
		Weather 4		
Liquid Rainout	fraction	0.997194		
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	1120.32		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.272266		
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	786.93		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.387892		
Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	7992.75		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.488654		
Maximum Pool Radius	m	33.3563		

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	7.45692	8.43648	8.25713
LFL	(7000)	18.75	s	7.49031	8.51532	8.36207
LFL Frac	(7000)	18.75	s	7.49031	8.51532	8.36207

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.247848	0.222633	0.242285
LFL	(7000)	18.75	s	0.245702	0.218994	0.236615
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.245702	0.218994	0.236615

				Weather 4		
UFL	(52866.8)	18.75	s	8.74612		
LFL	(7000)	18.75	s	8.83957		
LFL Frac	(7000)	18.75	s	8.83957		

				Weather 4		
UFL	(52866.8)	18.75	s	0.232863		
LFL	(7000)	18.75	s	0.227345		
LFL Frac	(7000)	18.75	s	0.227345		

Jet Fire Hazard

Weather 1 Weather 2 Weather 3



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Jet Fire Status	Hazard	Hazard	Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Jet Fire Status	Weather 4		
Flame Direction	Hazard		
	Horizontal		

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2	33.1208	35.5053	35.5535
Radiation Level	12.5	kW/m2	Not Reached	Not Reached	29.5543
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached	Not Reached	Not Reached
			Weather 4		
Radiation Level	5	kW/m2	35.6123		
Radiation Level	12.5	kW/m2	30.2666		
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached		

Early Pool Fire Hazard

Early Pool Fire Status	Weather 1	Weather 2	Weather 3
	Hazard	Hazard	Hazard
Early Pool Fire Status	Weather 4		
	Hazard		

Radiation Effects: Early Pool Fire Ellipse

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2	46.932	54.2695	58.3435
Radiation Level	12.5	kW/m2	27.1314	28.6637	29.3141
Radiation Level	37.5	kW/m2			
			Weather 4		
Radiation Level	5	kW/m2	61.8536		
Radiation Level	12.5	kW/m2	30.1536		
Radiation Level	37.5	kW/m2			

Late Pool Fire Hazard

Late Pool Fire Status	Weather 1	Weather 2	Weather 3
	Hazard	Hazard	Hazard
Late Pool Fire Status	Weather 4		
	Hazard		

Radiation Effects: Late Pool Fire Ellipse

			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Radiation Level	5	kW/m2	69.1658	78.6894	84.8987
Radiation Level	12.5	kW/m2	41.8974	42.9006	43.1151
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached	Not Reached	Not Reached



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

			Weather 4
Radiation Level	5	kW/m2	90.0435
Radiation Level	12.5	kW/m2	43.6567
Radiation Level	37.5	kW/m2	Not Reached

Flash Fire Envelope

All flammable results are reported at the cloud centreline height

				Distance (m)	
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	7000	ppm	7.49031	8.51532	8.36207
Furthest Extent	7000	ppm	7.49031	8.51532	8.36207

				Heights (m) for above distances	
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Furthest Extent	7000	ppm	0.245702	0.218994	0.236615
Furthest Extent	7000	ppm	0.245702	0.218994	0.236615

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Weather 4
Furthest Extent	7000	ppm	8.83957
Furthest Extent	7000	ppm	8.83957

			Weather 4
Furthest Extent	7000	ppm	0.227345
Furthest Extent	7000	ppm	0.227345

Weather Conditions

			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed		m/s	1	2	3
Pasquill Stability			D	D	D
Surface Roughness Parameter			0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature		degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature		degC	29	29	29
Relative Humidity		fraction	0.7	0.7	0.7

			Weather 4
Wind Speed		m/s	4
Pasquill Stability			D
Surface Roughness Parameter			0.33
Atmospheric Temperature		degC	24.85
Surface Temperature		degC	29
Relative Humidity		fraction	0.7

Pool Vaporization Results

N.B. Pool vaporization segments begin when the cloud has left the pool

			Weather 1	Weather 2	Weather 3
Liquid Rainout		fraction	0.998581	0.997908	0.997524
Initial Vapor Cloud					
Time Pool Left Behind					

			Cloud Segment 1		
Cloud Segment Duration		s	1751.16	1505.18	1276.02
Pool Vaporization Rate		kg/s	0.237398	0.26205	0.269372



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	1276.33	1087.92	913.964
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.325915	0.362942	0.376856
Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	1004.5	7306.9	7710.02
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.413352	0.495389	0.493032
Cloud Segment 4				



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 16-OD - Ar livre
 Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Material to Track	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	2.55E4 kg
Scenario	
Type of Event	Catastrophic rupture
Phase	Liquid
Tank Head	1 m
Vessel/Tank	
Release Type	Instantaneous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is not set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	No user defined averaging time supplied
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	54 m2
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	2.55E4 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	ÓLEO DIESEL MARÍTIMO
Temperature	25.00 degC
Pressure	1.01 bar
Inventory	25,500.00 kg
Scenario	Catastrophic rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number

1

Liquid Fraction	1.00 fraction
Final Temperature	25.00 degC
Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m
Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2	
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.00 degC
Final Velocity		0.00 m/s
Droplet Diameter		0.72 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3	
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.00 degC
Final Velocity		0.00 m/s
Droplet Diameter		0.72 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4	
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.00 degC
Final Velocity		0.00 m/s
Droplet Diameter		0.72 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Consequence Results

Fireball Hazard

Weather 1 Weather 2 Weather 3



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Fireball Flame Status	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Fireball Flame Status	Weather 4	No Hazard	

Explosion Effects: Early Explosion

Early Explosions are assumed to be centered at the release location
 Explosion Model Used : TNT

Supplied Flammable Mass	kg	Weather 1	Weather 2	Weather 3	
		25500	25500	25500	
Supplied Flammable Mass	kg	Weather 4	25500		
		Distance (m) at Overpressure Levels			
Overpressure	0.0686465	bar	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure	0.0686465	bar	Weather 4	No Hazard	
Overpressure	0.127487	bar	No Hazard		
Overpressure	1.06869	bar	No Hazard		
			Used Mass (kg) at Overpressure Levels		
Overpressure	0.0686465	bar	Weather 1	Weather 2	Weather 3
Overpressure	0.127487	bar	0	0	0
Overpressure	1.06869	bar	0	0	0
Overpressure	0.0686465	bar	Weather 4	0	
Overpressure	0.127487	bar	0		
Overpressure	1.06869	bar	0		

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 17-Hidrazina 15%
Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier HIDRAZINE 15%
 Material to Track HIDRAZINE 15%
 Type of Vessel Unpressurized (at atmospheric pressure)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 1000 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Pump head 15 m
 Supply Pump Head Yes
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 25 mm

Vessel/Tank

Release Type Continuous
 Building Wake Option None

Location

[Elevation 1 m]
 Dispersion Concentration of Interest 50 ppm
 Averaging time associated with Concentration IDLH
 ERPG selection ERPG is not set
 IDLH selection IDLH is set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging No user defined averaging time supplied

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 16.1 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 [Bund Height 0 m]
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 2.5 m
 Building Length 6.7 m
 Building Width 2.2 m
 Type of Ventilation Natural ventilation
 Droplet state No droplets trapped

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 1000 kg

CASE Name: **Data**

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material HIDRAZINE 15%
 Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Inventory 1,000.00 kg
Scenario Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.03 degC
Final Velocity		5.20 m/s
Droplet Diameter		0.46 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate	2.54526E+000	kg/s
Release Duration	392.89	s
Orifice Velocity	5.20	m/s
Exit Pressure	1.01	bar
Exit Temperature	25.03	degC
Discharge Coefficient	0.60	
Expanded Radius	0.01	m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.03 degC
Final Velocity		5.20 m/s
Droplet Diameter		0.46 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate	2.54526E+000	kg/s
Release Duration	392.89	s
Orifice Velocity	5.20	m/s
Exit Pressure	1.01	bar
Exit Temperature	25.03	degC
Discharge Coefficient	0.60	
Expanded Radius	0.01	m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.03 degC
Final Velocity		5.20 m/s
Droplet Diameter		0.46 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate	2.54526E+000	kg/s
Release Duration	392.89	s
Orifice Velocity	5.20	m/s
Exit Pressure	1.01	bar
Exit Temperature	25.03	degC
Discharge Coefficient	0.60	
Expanded Radius	0.01	m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.03 degC
Final Velocity		5.20 m/s
Droplet Diameter		0.46 mm



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Continuous Release Data:

Mass Flowrate	2.54526E+000 kg/s
Release Duration	392.89 s
Orifice Velocity	5.20 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

Pool Vaporization Results

N.B. Pool vaporization segments begin when the cloud has left the pool

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Liquid Rainout	fraction	0.9961	0.994118	0.992324
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	202.351	154.381	145.203
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00383344	0.00409285	0.00431676
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	9697.65	9745.62	9754.8
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00433423	0.00475031	0.00503423
Maximum Pool Radius	m	2.2638	2.2638	2.2638
Liquid Rainout	fraction	Weather 4 0.990425		
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	169		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00461157		
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	9731		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00523406		
Maximum Pool Radius	m	2.2638		

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (50)	1800	s	115.18	99.2863	92.6319
Concentration(ppm) Averaging Time			Heights (m) for above distances		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (50)	1800	s	1	1	1
User Conc (50)	1800	s	Weather 4 89.3972		
			Weather 4		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

User Conc (50) 1800 s 1

Distance to Equivalent Toxic Dose

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

Concentration(ppm)	Reference Time		Weather 1	Distance (m)	
				Weather 2	Weather 3
User Conc (50)	1800	s	96.2532	83.7768	82.3989

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

			Weather 4
User Conc (50)	1800	s	56.1935

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7

		Weather 4
Wind Speed	m/s	4
Pasquill Stability		D
Surface Roughness Parameter		0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85
Surface Temperature	degC	29
Relative Humidity	fraction	0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 18-Hidrazina 15%
Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier HIDRAZINE 15%
 Material to Track HIDRAZINE 15%
 Type of Vessel Unpressurized (at atmospheric pressure)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 4000 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Supply Pump Head No
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 50 mm

Vessel/Tank

Release Type Continuous
 Building Wake Option None

Location

[Elevation 1 m]
 Dispersion Concentration of Interest 50 ppm
 Averaging time associated with Concentration IDLH
 ERPG selection ERPG is set
 IDLH selection IDLH is set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging No user defined averaging time supplied

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 16.1 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 [Bund Height 0 m]
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 2.5 m
 Building Length 6.7 m
 Building Width 2.2 m
 Type of Ventilation Natural ventilation
 Droplet state No droplets trapped

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 4000 kg

CASE Name: **Data**

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material HIDRAZINE 15%
 Temperature 25.00 degC
 Pressure 1.01 bar
 Inventory 4,000.00 kg



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Scenario

Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	1.84 m/s
Droplet Diameter	0.67 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	3.60146E+000 kg/s
Release Duration	1,110.66 s
Orifice Velocity	1.84 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.00 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	1.84 m/s
Droplet Diameter	0.67 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	3.60146E+000 kg/s
Release Duration	1,110.66 s
Orifice Velocity	1.84 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.00 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	1.84 m/s
Droplet Diameter	0.67 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	3.60146E+000 kg/s
Release Duration	1,110.66 s
Orifice Velocity	1.84 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.00 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	1.84 m/s
Droplet Diameter	0.67 mm
Continuous Release Data:	



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Mass Flowrate	3.60146E+000 kg/s
Release Duration	1,110.66 s
Orifice Velocity	1.84 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.00 degC
Discharge Coefficient	0.61
Expanded Radius	0.03 m

Consequence Results

Pool Vaporization Results

Cloud Segment Duration	s	44.89	44.89	44.89
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00248373	0.00285403	0.00304093
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	9855.11	9855.11	9855.11
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00455866	0.00513742	0.00543347
Maximum Pool Radius	m	2.2638	2.2638	2.2638
Liquid Rainout	fraction	0.994743		
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				

Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	44.89		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00314202		
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	9855.11		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00560589		
Maximum Pool Radius	m	2.2638		

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (50)	1800	s		95.1898	88.6261	86.0946
ERPG 1 (10)	3600	s		215.358	189.38	183.145
ERPG 2 (50)	3600	s		89.9421	83.3955	80.5125
ERPG 3 (80)	3600	s		72.8229	66.6813	65.18

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (50)	1800	s		1	1	1
ERPG 1 (10)	3600	s		0	0	0
ERPG 2 (50)	3600	s		0	0	0
ERPG 3 (80)	3600	s		0	0	0

				Weather 4
User Conc (50)	1800	s		84.5163
ERPG 1 (10)	3600	s		180.554
ERPG 2 (50)	3600	s		78.8541
ERPG 3 (80)	3600	s		64.0174

Weather 4



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

User Conc (50)	1800	s	1
ERPG 1 (10)	3600	s	0
ERPG 2 (50)	3600	s	0
ERPG 3 (80)	3600	s	0

Distance to Equivalent Toxic Dose

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

Concentration(ppm)	Reference Time		Distance (m)		
			Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (50)	1800	s	166.884	127.306	110.364
ERPG 1 (10)	3600	s	248.395	179.436	186.557
ERPG 2 (50)	3600	s	110.225	87.6529	78.2919
ERPG 3 (80)	3600	s	86.3082	70.0026	62.0121

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

			Weather 4
User Conc (50)	1800	s	100.69
ERPG 1 (10)	3600	s	150.324
ERPG 2 (50)	3600	s	72.6847
ERPG 3 (80)	3600	s	56.368

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7

		Weather 4
Wind Speed	m/s	4
Pasquill Stability		D
Surface Roughness Parameter		0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85
Surface Temperature	degC	29
Relative Humidity	fraction	0.7

Pool Vaporization Results

N.B. Pool vaporization segments begin when the cloud has left the pool

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Liquid Rainout	fraction	0.99882	0.997617	0.996223
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				

Cloud Segment 1



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 19-Hidrazina 15%
Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier HIDRAZINE 15%
 Material to Track HIDRAZINE 15%
 Type of Vessel Unpressurized (at atmospheric pressure)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 4000 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Pump head 15 m
 Supply Pump Head Yes
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 25 mm
 Line length 100 m

Vessel/Tank

Release Type Continuous
 Building Wake Option None

Location

[Elevation 1 m]
 Dispersion Concentration of Interest 50 ppm
 Averaging time associated with Concentration IDLH
 ERPG selection ERPG is not set
 IDLH selection IDLH is set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging No user defined averaging time supplied

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 16.1 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 [Bund Height 0 m]
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 2.5 m
 Building Length 6.7 m
 Building Width 2.2 m
 Type of Ventilation Natural ventilation
 Droplet state No droplets trapped

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 4000 kg

CASE Name: **Data**

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material HIDRAZINE 15%
 Temperature 25.00 degC



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Pressure	1.01 bar
Inventory	4,000.00 kg
Scenario	Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.03 degC
Final Velocity		1.64 m/s
Droplet Diameter		0.46 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate	8.03026E-001 kg/s	
Release Duration	4,981.16 s	
Orifice Velocity	1.64 m/s	
Exit Pressure	1.01 bar	
Exit Temperature	25.03 degC	
Discharge Coefficient	0.60	
Expanded Radius	0.01 m	

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.03 degC
Final Velocity		1.64 m/s
Droplet Diameter		0.46 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate	8.03026E-001 kg/s	
Release Duration	4,981.16 s	
Orifice Velocity	1.64 m/s	
Exit Pressure	1.01 bar	
Exit Temperature	25.03 degC	
Discharge Coefficient	0.60	
Expanded Radius	0.01 m	

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.03 degC
Final Velocity		1.64 m/s
Droplet Diameter		0.46 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate	8.03026E-001 kg/s	
Release Duration	4,981.16 s	
Orifice Velocity	1.64 m/s	
Exit Pressure	1.01 bar	
Exit Temperature	25.03 degC	
Discharge Coefficient	0.60	
Expanded Radius	0.01 m	

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		1.00 fraction
FinalTemperature		25.03 degC
Final Velocity		1.64 m/s



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Droplet Diameter	0.46 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	8.03026E-001 kg/s
Release Duration	4,981.16 s
Orifice Velocity	1.64 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	25.03 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.01 m

Consequence Results

Pool Vaporization Results

N.B. Pool vaporization segments begin when the cloud has left the pool

		Weather 1	Weather 3	Weather 4
Liquid Rainout	fraction	0.996454	0.989886	0.987699
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	82.3556	9900	9900
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00104524	0.0047704	0.00492661
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	34.2844		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00250673		
Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	26.1625		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00326271		
Cloud Segment 4				
Cloud Segment Duration	s	22.32		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00386802		
Cloud Segment 5				
Cloud Segment Duration	s	19.8375		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.0043934		
Cloud Segment 6				
Cloud Segment Duration	s	16.68		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00483648		
Cloud Segment 7				
Cloud Segment Duration	s	9698.36		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00435024		
Maximum Pool Radius	m	2.2638	2.2638	2.2638

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time			Distance (m)		
			Weather 1	Weather 3	Weather 4
User Conc (50)	1800	s	92.9501	71.7404	67.3013
Concentration(ppm) Averaging Time			Heights (m) for above distances		
			Weather 1	Weather 3	Weather 4
User Conc (50)	1800	s	1	1	1



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Distance to Equivalent Toxic Dose

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

Concentration(ppm)	Reference Time		Distance (m)		
			Weather 1	Weather 3	Weather 4
User Conc (50)	1800	s	140.147	115.645	>50000

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

EI 20-Hidrazina 15%
Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	HIDRAZINE 15%
Material to Track	HIDRAZINE 15%
Type of Vessel	Unpressurized (at atmospheric pressure)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	2000 kg
Scenario	
Type of Event	Catastrophic rupture
Phase	Liquid
Tank Head	1 m
Vessel/Tank	
Release Type	Instantaneous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
Dispersion Concentration of Interest	50 ppm
Averaging time associated with Concentration	IDLH
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	User defined averaging time supplied
User-Defined Average Time	18.75 s
Bund	
Status of Bund	No bund present
[Type of Bund Surface	Concrete]
Bund Height	0.5 m
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Flammable	
Method to use for explosions	TNT
Jet Fire Method	Shell
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	2000 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	HIDRAZINE 15%
Temperature	25.00 degC
Pressure	1.01 bar
Inventory	2,000.00 kg
Scenario	Catastrophic rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1
Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m
Weather:	Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1
Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m
Weather:	Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1
Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m
Weather:	Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only)	n/a

Average Values for Segment Number	1
Liquid Fraction	1.00 fraction
FinalTemperature	25.00 degC
Final Velocity	0.00 m/s
Droplet Diameter	0.72 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	n/a kg/s
Release Duration	n/a s
Orifice Velocity	n/a m/s
Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Consequence Results

Pool Vaporization Results

		Weather 2	Weather 3	Weather 4
Release Segment 1				
Release Duration	s	0.001	0.001	0.001
Liquid Rainout	fraction	1	1	1
Release Segment 1 Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	53.29	60.4506	46.9225
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.0575127	0.0644383	0.06696
Total Vapor Flowrate	kg/s	0.0575127	0.0644383	0.06696
Release Segment 1 Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	374.166	437.955	40.9681
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.0654708	0.0708678	0.0765826
Total Vapor Flowrate	kg/s	0.0654708	0.0708678	0.0765826
Release Segment 1 Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	9472.54	9401.59	9812.11
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.0496046	0.0515413	0.054054
Total Vapor Flowrate	kg/s	0.0496046	0.0515413	0.054054
Maximum Pool Radius	m	7.99329	7.99316	7.99306

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time		Weather 2	Weather 3	Weather 4
User Conc (50)	1800 s	117.92	96.4316	85.0261
Concentration(ppm) Averaging Time		Heights (m) for above distances		
User Conc (50)	1800 s	Weather 2	Weather 3	Weather 4
		1	1	1

Distance to Equivalent Toxic Dose

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

Concentration(ppm) Reference Time		Weather 2	Weather 3	Weather 4
User Conc (50)	1800 s	206.956	190.344	134.013

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Relative Humidity fraction 0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

El 21-Amônia 25%
 Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier AMÔNIA 25%
 Material to Track AMÔNIA 25%
 Type of Vessel Saturated Liquid (Equilibrium vapor/liquid)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 5000 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Pump head 30 m
 Supply Pump Head Yes
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 50 mm
 Line length 2 m

Vessel/Tank

Release Type Continuous
 Building Wake Option None

Location

[Elevation 1 m]
 Dispersion Concentration of Interest 300 ppm
 Averaging time associated with Concentration IDLH
 ERPG selection ERPG is not set
 IDLH selection IDLH is set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging No user defined averaging time supplied

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 15.3 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 Bund Height 0.5 m
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 5.5 m
 Building Length 7.5 m
 Building Width 2.6 m
 Type of Ventilation Natural ventilation
 Droplet state No droplets trapped

Flammable

Method to use for explosions TNT
 Jet Fire Method Shell

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 5000 kg

Multi Energy Explosion

Use Unconfined Volumes No
 Use Fractions No
 Use 1st Confined Source No
 Use 2nd Confined Source No



SUMMARY REPORT

Study Folder: **Angra3**

Unique Audit Number: **11,525**

PHAST 6.4

Use 3rd Confined Source	No
Use 4th Confined Source	No
Use 5th Confined Source	No
Use 6th Confined Source	No
Use 7th Confined Source	No

CASE Name: **Data**

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	AMÔNIA 25%
Temperature	25.00 degC
Pressure	2.63 bar
Inventory	5,000.00 kg
Scenario	Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.96 fraction
Final Temperature	-2.69 degC
Final Velocity	343.89 m/s
Droplet Diameter	0.01 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	1.39239E+001 kg/s
Release Duration	359.09 s
Orifice Velocity	343.89 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	-2.69 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.96 fraction
Final Temperature	-2.69 degC
Final Velocity	343.89 m/s
Droplet Diameter	0.01 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	1.39239E+001 kg/s
Release Duration	359.09 s
Orifice Velocity	343.89 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	-2.69 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.96 fraction
Final Temperature	-2.69 degC
Final Velocity	343.89 m/s
Droplet Diameter	0.01 mm
Continuous Release Data:	



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Mass Flowrate	1.39239E+001 kg/s
Release Duration	359.09 s
Orifice Velocity	343.89 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	-2.69 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.96 fraction
Final Temperature	-2.69 degC
Final Velocity	343.89 m/s
Droplet Diameter	0.01 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	1.39239E+001 kg/s
Release Duration	359.09 s
Orifice Velocity	343.89 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	-2.69 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.03 m

Consequence Results

Pool Vaporization Results

N.B. Pool vaporization segments begin when the cloud has left the pool

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Liquid Rainout	fraction	0.334544	0.0450398	0.00816586
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	132.25	134.56	129.391
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.119691	0.0229911	0.00738501
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	52.0306	51.0806	49.5
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.301966	0.0611903	0.0191284

Explosion Effects: Late Ignition

Used Flammable Mass	kg	No Hazard
Overpressure Radius	m	0
Distance to:		
- Ignition Source	m	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard
- Explosion Centre	m	0

Supplementary Data at 1.06869 bar

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m	0	0	0
Distance to:				
- Ignition Source	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m	0	0	0



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Supplied Flammable Mass	kg	Weather 4
Used Flammable Mass	kg	No Hazard
Overpressure Radius	m	No Hazard
Distance to:		0
- Ignition Source	m	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard
- Explosion Centre	m	0

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7

		Weather 4
Wind Speed	m/s	4
Pasquill Stability		D
Surface Roughness Parameter		0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85
Surface Temperature	degC	29
Relative Humidity	fraction	0.7

Pool Vaporization Results

Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	40.7194	40.11	39.41
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.385847	0.0784391	0.0241204
Cloud Segment 4				
Cloud Segment Duration	s	35.0156	34.265	34.5094
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.449535	0.0914975	0.0279434
Cloud Segment 5				
Cloud Segment Duration	s	60.3944	58.6069	59.5956
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.524308	0.106712	0.0324494
Cloud Segment 6				
Cloud Segment Duration	s	75.5924	71.4324	51.4424
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.616988	0.12693	0.0374081
Cloud Segment 7				
Cloud Segment Duration	s	9504	9509.95	20.3044
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.112406	0.0164979	0.041645
Cloud Segment 8				
Cloud Segment Duration	s			8631.34
Pool Vaporization Rate	kg/s			0.00346986
Maximum Pool Radius	m	7.41926	2.67401	1.09074
Liquid Rainout	fraction	Weather 4 0.000509611		
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	105.576		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00147031		
Cloud Segment 2				



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Cloud Segment Duration	s	46.33
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00334197
Cloud Segment 3		
Cloud Segment Duration	s	37.845
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00409438
Cloud Segment 4		
Cloud Segment Duration	s	64.6519
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.0048573
Cloud Segment 5		
Cloud Segment Duration	s	221.762
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00574466
Maximum Pool Radius	m	0.204618

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800	s		813.222	760.84	714.899
UFL (250000)	18.75	s		14.0409	12.5044	11.3069
LFL (160000)	18.75	s		37.4951	29.7366	24.9821
LFL Frac (160000)	18.75	s		37.4951	29.7366	24.9821

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800	s		1	1	1
UFL (250000)	18.75	s		0.694258	0.770577	0.81979
LFL (160000)	18.75	s		0	0	0
LFL Frac (160000)	18.75	s		0	0	0

				Weather 4
User Conc (300)	1800	s		637.566
UFL (250000)	18.75	s		10.3309
LFL (160000)	18.75	s		21.8548
LFL Frac (160000)	18.75	s		21.8548

				Weather 4
User Conc (300)	1800	s		1
UFL (250000)	18.75	s		0.856891
LFL (160000)	18.75	s		0
LFL Frac (160000)	18.75	s		0

Distance to Equivalent Toxic Dose

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

Concentration(ppm) Reference Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800	s		417.752	415.086	410.232

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

				Weather 4
User Conc (300)	1800	s		368.013

Weather Conditions



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
		Weather 4		
Wind Speed	m/s	4		
Pasquill Stability		D		
Surface Roughness Parameter		0.33		
Atmospheric Temperature	degC	24.85		
Surface Temperature	degC	29		
Relative Humidity	fraction	0.7		



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

El 22-Amônia 25%
 Base Case

User-Defined Data

Material

Material Identifier AMÔNIA 25%
 Material to Track AMÔNIA 25%
 Type of Vessel Saturated Liquid (Equilibrium vapor/liquid)
 Pressure Specification Pressure not used
 Discharge Temperature 25 degC
 Inventory of material to discharge 5000 kg

Scenario

Type of Event Line rupture
 Phase Liquid
 Pump head 100 m
 Supply Pump Head Yes
 Tank Head 1 m
 Number of Excess Flow Valves 0
 Number of Non-Return Valves 0
 Number of Shut-Off Valves 0

Pipe

Pipe Diameter 50 mm

Vessel/Tank

Release Type Continuous
 Building Wake Option None

Location

[Elevation 1 m]
 Dispersion Concentration of Interest 300 ppm
 Averaging time associated with Concentration IDLH
 ERPG selection ERPG is not set
 IDLH selection IDLH is set
 STEL selection STEL is not set
 User Defined Averaging User defined averaging time supplied
 User-Defined Average Time 18.75 s

Bund

Status of Bund Bund present
 Area of Dike 15.3 m2
 [Type of Bund Surface Concrete]
 Bund Height 0.5 m
 [Bund Failure Modeling Bund cannot fail]

Indoor/Outdoor

Building Height 5.5 m
 Building Length 7.5 m
 Building Width 2.6 m
 Type of Ventilation Natural ventilation
 Droplet state No droplets trapped

Flammable

Method to use for explosions TNT
 Jet Fire Method Shell

Dispersion

Ignition Location No ignition location
 Inventory of material to Disperse 5000 kg

Multi Energy Explosion

Use Unconfined Volumes No
 Use Fractions No
 Use 1st Confined Source No
 Use 2nd Confined Source No



SUMMARY REPORT

Study Folder: **Angra3**

Unique Audit Number: **11,525**

PHAST 6.4

Use 3rd Confined Source	No
Use 4th Confined Source	No
Use 5th Confined Source	No
Use 6th Confined Source	No
Use 7th Confined Source	No

CASE Name: **Data**

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	AMÔNIA 25%
Temperature	25.00 degC
Pressure	2.63 bar
Inventory	5,000.00 kg
Scenario	Line rupture

Calculated Quantities

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 1

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.97 fraction
FinalTemperature	-2.69 degC
Final Velocity	376.70 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	1.75585E+001 kg/s
Release Duration	284.76 s
Orifice Velocity	376.70 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	-2.69 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 2

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.97 fraction
FinalTemperature	-2.69 degC
Final Velocity	376.70 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	1.75585E+001 kg/s
Release Duration	284.76 s
Orifice Velocity	376.70 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	-2.69 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 3

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number 1

Liquid Fraction	0.97 fraction
FinalTemperature	-2.69 degC
Final Velocity	376.70 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

Mass Flowrate	1.75585E+001 kg/s
Release Duration	284.76 s
Orifice Velocity	376.70 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	-2.69 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.03 m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaadores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number

1

Liquid Fraction	0.97 fraction
Final Temperature	-2.69 degC
Final Velocity	376.70 m/s
Droplet Diameter	0.00 mm
Continuous Release Data:	
Mass Flowrate	1.75585E+001 kg/s
Release Duration	284.76 s
Orifice Velocity	376.70 m/s
Exit Pressure	1.01 bar
Exit Temperature	-2.69 degC
Discharge Coefficient	0.60
Expanded Radius	0.03 m

Consequence Results

Pool Vaporization Results

N.B. Pool vaporization segments begin when the cloud has left the pool

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Liquid Rainout	fraction	0.307222	0.041809	0.00197669
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				
Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	109.202	117.181	168.351
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.109543	0.0215749	0.0050059
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	42.7031	42.8419	71.8994

Explosion Effects: Late Ignition

- Explosion Centre	m	0		
Supplementary Data at 0.127487 bar				
Weather 1 Weather 2 Weather 3				
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m	0	0	0
Distance to:				
- Ignition Source	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m	0	0	0
Weather 4				
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard		
Used Flammable Mass	kg	No Hazard		
Overpressure Radius	m	0		
Distance to:				



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

- Ignition Source	m	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard
- Explosion Centre	m	0

Supplementary Data at 1.06869 bar

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius	m	0	0	0
Distance to:				
- Ignition Source	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre	m	0	0	0

		Weather 4
Supplied Flammable Mass	kg	No Hazard
Used Flammable Mass	kg	No Hazard
Overpressure Radius	m	0
Distance to:		
- Ignition Source	m	No Hazard
- Cloud Front/Centre	m	No Hazard
- Explosion Centre	m	0

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7

		Weather 4
Wind Speed	m/s	4
Pasquill Stability		D
Surface Roughness Parameter		0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85

Pool Vaporization Results

Pool Vaporization Rate	kg/s	0.282041	0.0588045	0.0116918
Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	33.0544	33.1875	58.1727
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.364151	0.075858	0.0146239
Cloud Segment 4				
Cloud Segment Duration	s	28.2	28.8	52.2
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.426716	0.0888977	0.0161027
Cloud Segment 5				
Cloud Segment Duration	s	48.4706	48.5925	59.4369
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.500337	0.104174	0.01414
Cloud Segment 6				
Cloud Segment Duration	s	58.7764	59.7252	70.6431
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.588637	0.124026	0.0119414
Cloud Segment 7				
Cloud Segment Duration	s	9579.59	9569.67	89.31
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.10483	0.0155203	0.00938105
Cloud Segment 8				
Cloud Segment Duration	s			144.21
Pool Vaporization Rate	kg/s			0.00580293



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Cloud Segment 9				
Cloud Segment Duration	s			378.077
Pool Vaporization Rate	kg/s			0.00210785
Cloud Segment 10				
Cloud Segment Duration	s			125.708
Pool Vaporization Rate	kg/s			0.00143897
Maximum Pool Radius	m	7.1663	2.61106	0.521011
Weather 4				
Liquid Rainout	fraction	0.000624195		
Initial Vapor Cloud				
Time Pool Left Behind				

Cloud Segment 1				
Cloud Segment Duration	s	92.16		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00155076		
Cloud Segment 2				
Cloud Segment Duration	s	38.3706		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00373387		
Cloud Segment 3				
Cloud Segment Duration	s	30.7594		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.0046373		
Cloud Segment 4				
Cloud Segment Duration	s	27.0856		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00532192		
Cloud Segment 5				
Cloud Segment Duration	s	47.2469		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00608765		
Cloud Segment 6				
Cloud Segment Duration	s	41.6		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00689331		
Cloud Segment 7				
Cloud Segment Duration	s	16.897		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00761225		
Cloud Segment 8				
Cloud Segment Duration	s	366.048		
Pool Vaporization Rate	kg/s	0.00448296		
Maximum Pool Radius	m	0.263101		

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800	s		904.542	860.777	788.008
UFL (250000)	18.75	s		15.5862	14.024	12.8189
LFL (160000)	18.75	s		43.3648	34.1305	28.348
LFL Frac (160000)	18.75	s		43.3648	34.1305	28.348

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800	s		1	1	1
UFL (250000)	18.75	s		0.680755	0.759679	0.812259
LFL (160000)	18.75	s		0	0	0
LFL Frac (160000)	18.75	s		0	0	0



SUMMARY REPORT

Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525

PHAST 6.4

				Weather 4
User Conc (300)	1800		s	715.822
UFL (250000)	18.75		s	11.8862
LFL (160000)	18.75		s	25.078
LFL Frac (160000)	18.75		s	25.078

				Weather 4
User Conc (300)	1800		s	1
UFL (250000)	18.75		s	0.837874
LFL (160000)	18.75		s	0
LFL Frac (160000)	18.75		s	0

Distance to Equivalent Toxic Dose

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

Concentration(ppm) Reference Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800		s	413.515	428.557	414.612

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

				Weather 4
User Conc (300)	1800		s	381.718

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85
Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7

				Weather 4
Wind Speed	m/s			4
Pasquill Stability				D
Surface Roughness Parameter				0.33
Atmospheric Temperature	degC			24.85
Surface Temperature	degC			29
Relative Humidity	fraction			0.7



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

El 23-Amônia 25%
 Base Case

User-Defined Data

Material	
Material Identifier	AMÔNIA 25%
Material to Track	AMÔNIA 25%
Type of Vessel	Saturated Liquid (Equilibrium vapor/liquid)
Pressure Specification	Pressure not used
Discharge Temperature	25 degC
Inventory of material to discharge	5000 kg
Scenario	
Type of Event	Catastrophic rupture
Phase	Liquid
Vessel/Tank	
Release Type	Instantaneous
Building Wake Option	None
Location	
[Elevation	1 m]
Dispersion Concentration of Interest	300 ppm
Averaging time associated with Concentration	IDLH
ERPG selection	ERPG is not set
IDLH selection	IDLH is set
STEL selection	STEL is not set
User Defined Averaging	User defined averaging time supplied
User-Defined Average Time	18.75 s
Bund	
Status of Bund	Bund present
Area of Dike	15.3 m2
[Type of Bund Surface	Concrete]
Bund Height	0.5 m
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]
Indoor/Outdoor	
Building Height	5.5 m
Building Length	7.5 m
Building Width	2.6 m
Type of Ventilation	Natural ventilation
Droplet state	No droplets trapped
Flammable	
Method to use for explosions	TNT
Jet Fire Method	Shell
Dispersion	
Ignition Location	No ignition location
Inventory of material to Disperse	5000 kg
CASE Name:	Data

Discharge Data

User-Defined Quantities

Material	AMÔNIA 25%
Temperature	25.00 degC
Pressure	2.63 bar
Inventory	5,000.00 kg
Scenario	Catastrophic rupture

Calculated Quantities



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 1
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		0.03 fraction
FinalTemperature		-2.69 degC
Final Velocity		272.32 m/s
Droplet Diameter		0.06 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 2
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		0.03 fraction
FinalTemperature		-2.69 degC
Final Velocity		272.32 m/s
Droplet Diameter		0.06 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 3
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		0.03 fraction
FinalTemperature		-2.69 degC
Final Velocity		272.32 m/s
Droplet Diameter		0.06 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s
Exit Pressure		n/a bar
Exit Temperature		n/a degC
Discharge Coefficient		n/a
Expanded Radius		n/a m

Weather: Imported Model Folder Eventos Iniciaidores\angra3 weathers\Weather 4
 Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space Only) n/a

Average Values for Segment Number	1	
Liquid Fraction		0.03 fraction
FinalTemperature		-2.69 degC
Final Velocity		272.32 m/s
Droplet Diameter		0.06 mm
Continuous Release Data:		
Mass Flowrate		n/a kg/s
Release Duration		n/a s
Orifice Velocity		n/a m/s



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Exit Pressure	n/a bar
Exit Temperature	n/a degC
Discharge Coefficient	n/a
Expanded Radius	n/a m

Consequence Results

Distance to Concentration Results

The height for user defined concentrations is the user defined height 1 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm) Averaging Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800	s		37.2623	67.6614	289.225
UFL (250000)	18.75	s		1374.19	2689.2	2579.37
LFL (160000)	18.75	s		1374.19	2689.2	2579.37
LFL Frac (160000)	18.75	s		1374.19	2689.2	2579.37

Concentration(ppm) Averaging Time				Heights (m) for above distances		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800	s		1	1	1
UFL (250000)	18.75	s		371.232	248.565	194.752
LFL (160000)	18.75	s		371.232	248.565	194.752
LFL Frac (160000)	18.75	s		371.232	248.565	194.752

				Weather 4
User Conc (300)	1800	s		337.83
UFL (250000)	18.75	s		3369.04
LFL (160000)	18.75	s		3369.04
LFL Frac (160000)	18.75	s		3369.04

				Weather 4
User Conc (300)	1800	s		1
UFL (250000)	18.75	s		177.349
LFL (160000)	18.75	s		177.349
LFL Frac (160000)	18.75	s		177.349

Distance to Equivalent Toxic Dose

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

Concentration(ppm) Reference Time				Distance (m)		
				Weather 1	Weather 2	Weather 3
User Conc (300)	1800	s		28.7394	30.2768	50.376

Toxic Calculation Method = Mixture Probit

				Weather 4
User Conc (300)	1800	s		90.6612

Weather Conditions

		Weather 1	Weather 2	Weather 3
Wind Speed	m/s	1	2	3
Pasquill Stability		D	D	D
Surface Roughness Parameter		0.33	0.33	0.33
Atmospheric Temperature	degC	24.85	24.85	24.85



SUMMARY REPORT
Study Folder: Angra3

Unique Audit Number: 11,525
PHAST 6.4

Surface Temperature	degC	29	29	29
Relative Humidity	fraction	0.7	0.7	0.7
Wind Speed	m/s		Weather 4	4
Pasquill Stability				D
Surface Roughness Parameter				0.33
Atmospheric Temperature	degC			24.85
Surface Temperature	degC			29
Relative Humidity	fraction			0.7