
UTE | PAMPA SUL S.A.

**EIA
ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL**

EMPREENDIMENTO:

USINA TERMELÉTRICA PAMPA SUL

LOCALIZAÇÃO:

MUNICÍPIOS DE CANDIOTA E HULHA NEGRA – RS

PROCESSO IBAMA 02001.007910/2006-32

VOLUME 5A



SUMÁRIO

VOLUME 1

1	<u>APRESENTAÇÃO</u>	02
2	<u>IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR</u>	07
3	<u>IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA CONSULTORA E DA EQUIPE RESPONSÁVEL PELOS ESTUDOS AMBIENTAIS</u>	11
3.1	HAR ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA.....	11
3.2	CEPSRM - CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO E METEOROLOGIA.....	21
3.3	ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO (EAR) – HERCO CONSULTORIA DE RISCO.....	21
3.4	EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DESTE EIA/RIMA.....	23
3.5	ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART) E CERTIFICADO DE REGULARIDADE FEDERAL (CTF).....	23
4	<u>CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</u>	27
4.1	HISTÓRICO.....	27
4.2	OBJETIVOS DO EMPREENDIMENTO.....	34
4.3	JUSTIFICATIVAS DO EMPREENDIMENTO.....	36
4.4	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	72

VOLUME 2

5	<u>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA</u>	02
5.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	06
5.2	DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA.....	11
5.3	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO FÍSICO.....	16

VOLUME 3

5.4	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO BIÓTICO.....	01
-----	--	----

VOLUME 4

5.5	CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS DO MEIO SOCIOECONÔMICO.....	01
5.6	ANÁLISE INTEGRADA.....	120
6.	<u>MEDIDAS MITIGADORAS, PROGRAMAS DE MONITORAMENTO E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL</u>	130
6.1	PROGRAMAS DE GESTÃO AMBIENTAL.....	131
6.2	PROGRAMAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO	

	AMBIENTAIS.....	135
6.3	PROGRAMAS DE COMPENSAÇÃO.....	188
6.4	INDICAÇÃO DE APLICAÇÃO DOS PROGRAMAS DE CONTROLE E MONITORAMENTO AMBIENTAL EM RELAÇÃO AOS IMPACTOS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS.....	203

VOLUMES 5A E 5B

7	<u>ANÁLISE DE RISCO E ACIDENTES</u>	01
7.1	INTRODUÇÃO.....	03
7.2	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DA REGIÃO.....	03
7.3	SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS ENVOLVIDAS NA OPERAÇÃO.....	12
7.4	ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES.....	12
7.5	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS.....	19
7.6	CÁLCULO DAS CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE.....	23
7.7	ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIAS.....	38
7.8	AVALIAÇÃO DO RISCO INDIVIDUAL.....	45
7.9	AVALIAÇÃO DO RISCO SOCIAL.....	47
7.10	MEDIDAS MITIGADORAS DO RISCO (RECOMENDAÇÕES).....	47
7.11	CONCLUSÕES.....	48
7.12	DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS (PGR) E DO PLANO DE EMERGÊNCIA (PAE).....	48
7.13	MAPEAMENTO DO RISCO AMBIENTAL (MARA).....	69
7.14	EQUIPE TÉCNICA.....	76

VOLUME 6

8	<u>PLANO DE DESCOMISSIONAMENTO</u>	02
8.1	OBJETIVOS.....	02
8.2	JUSTIFICATIVAS.....	02
8.3	METODOLOGIA.....	03
8.4	METAS.....	04
8.5	ESTRATÉGIA DE EXECUÇÃO.....	04
9	<u>CONCLUSÃO</u>	13
10	<u>DIRETRIZES PARA PARTICIPAÇÃO DE AUDIÊNCIAS PÚBLICAS</u>	17
11	BIBLIOGRAFIA.....	20
12	GLOSSÁRIO.....	49

VOLUMES 7A E 7B

13	<u>ANEXOS</u>	
----	---------------	--

VOLUME 8

CADERNO DE ILUSTRAÇÕES

VOLUME 9

ESTUDO DA DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

VOLUME 5A

7	ANÁLISE DE RISCO E ACIDENTES.....	01
7.1	INTRODUÇÃO.....	03
7.1.1	<u>Objetivo</u>	03
7.2	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DA REGIÃO.....	03
7.2.1	<u>Descritivo das etapas do processo</u>	04
7.2.1.1	Caldeira e equipamentos auxiliares.....	04
7.2.1.1.1	<i>Controle de combustível</i>	05
7.2.1.1.2	<i>Sistema de queima de carvão e óleo combustível</i>	06
7.2.1.2	Turbina a vapor e sistema de condensação.....	07
7.2.1.3	Alternador.....	08
7.2.1.4	Sistema de proteção contra incêndio.....	09
7.2.1.5	Gerador elétrico – hidrogênio.....	09
7.2.2	<u>Localização</u>	09
7.2.2.1	Dados populacionais.....	10
7.2.2.2	Caracterização geográfica, econômica e ambiental da região.....	10
7.2.2.3	Dados meteorológicos e climáticos.....	11
7.3	SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS ENVOLVIDAS NA OPERAÇÃO.....	12
7.4	ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES.....	12
7.4.1	<u>Substâncias químicas envolvidas na operação</u>	13
7.4.2	<u>Resultados e avaliação dos bancos de dados</u>	14
7.4.2.1	MHIDAS.....	14
7.4.2.2	API Publication 581.....	15
7.4.2.3	Manual Bevi Risk Assessments.....	16
7.4.2.4	Facts Hazardous Materials Accidents Knowledge Base.....	17
7.4.3	<u>Conclusões da Análise Histórica</u>	18
7.4.4	<u>Determinação das frequências de ocorrências de vazamento com base nos bancos de dados consultados</u>	18
7.4.4.1	Determinação dos tamanhos dos furos.....	18
7.4.4.2	Determinação das taxas de falha.....	18
7.5	IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS.....	19
7.5.1	<u>Metodologia</u>	19
7.5.2	<u>Equipe de trabalho</u>	22
7.5.3	<u>Hipóteses dos cenários acidentais</u>	22
7.5.4	<u>Análise Preliminar de Perigos (APP)</u>	22
7.5.5	<u>Quadro resumo</u>	22
7.5.6	<u>Seleção das hipóteses acidentais</u>	23
7.6	CÁLCULO DAS CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE.....	23
7.6.1	<u>Análise de consequências</u>	23
7.6.1.1	Efeitos físicos estudados.....	23
7.6.1.2	Modelo matemático para determinação dos níveis de interesse.....	24
7.6.1.3	Dimensão de orifícios.....	25
7.6.1.4	Cálculo das liberações.....	25
7.6.1.5	Direções de liberação.....	25
7.6.1.6	Árvore de eventos.....	26
7.6.1.7	Dados climatológicos.....	26
7.6.2	<u>Dados de entrada</u>	27
7.6.3	<u>Resultados das simulações</u>	30
7.6.3.1	Resultado das simulações referente ao efeito bola de fogo.....	37

7.6.4	<u>Análise de vulnerabilidade</u>	37
7.6.5	<u>Efeito Dominó</u>	37
7.7	ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIAS.....	38
7.7.1	<u>Determinação das Taxas de Falhas</u>	39
7.7.2	<u>Premissas para Cálculo das Frequências dos Cenários</u>	39
7.7.2.1	Direção e Velocidade do Vento.....	39
7.7.2.2	Ignição imediata.....	39
7.7.2.3	Ignição retardada.....	40
7.7.2.4	Probabilidade de explosão ou incêndio em nuvem.....	41
7.7.2.5	Probabilidade de confinamento.....	41
7.7.2.6	Direções de vazamento.....	41
7.7.2.7	Árvore de eventos.....	41
7.7.2.8	Frequência de vazamentos.....	42
7.8	AVALIAÇÃO DO RISCO INDIVIDUAL.....	45
7.8.1	<u>Risco individual</u>	45
7.8.2	<u>Resultados</u>	45
7.8.2.1	Comparação dos riscos.....	46
7.8.2.2	Análise dos resultados.....	47
7.9	AVALIAÇÃO DO RISCO SOCIAL.....	47
7.9.1	<u>Risco social</u>	47
7.9.2	<u>Resultados</u>	47
7.10	MEDIDAS MITIGADORAS DO RISCO (Recomendações).....	47
7.10.1	<u>Observações / recomendações</u>	47
7.11	CONCLUSÕES.....	48
7.11.1	<u>Considerações Finais</u>	48
7.12	DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS (PGR) E DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE).....	48
7.12.1	<u>Avaliação preliminar de riscos</u>	49
7.12.2	<u>Informações de segurança de processo</u>	49
7.12.3	<u>Informações das substâncias químicas do processo</u>	49
7.12.3.1	Identificação do produto e da empresa.....	49
7.12.3.2	Composição e Informação Sobre os Ingredientes.....	49
7.12.3.3	Identificação de perigos.....	50
7.12.3.4	Medidas de primeiros socorros.....	50
7.12.3.5	Medidas de combate a incêndio.....	50
7.12.3.6	Medidas de controle para derramamento ou vazamento.....	50
7.12.3.7	Manuseio e armazenamento.....	50
7.12.3.8	Controle de exposição e proteção individual.....	50
7.12.3.9	Propriedades físico-químicas.....	50
7.12.3.10	Estabilidade e reatividade.....	51
7.12.3.11	Informações toxicológicas.....	51
7.12.3.12	Informações ecológicas.....	51
7.12.3.13	Informações para o tratamento.....	51
7.12.3.14	Informações sobre transporte.....	51
7.12.3.15	Regulamentações.....	51
7.12.3.16	Outras informações.....	51
7.12.4	<u>Tecnologia de processo</u>	51
7.12.5	<u>Equipamentos de processo</u>	52
7.12.6	<u>Procedimentos operacionais</u>	53

7.12.7	<u>Revisão dos riscos de processo</u>	53
7.12.8	<u>Inspeção de segurança</u>	54
7.12.8.1	Check list.....	54
7.12.8.2	Análise comparativa.....	54
7.12.8.3	Análise preliminar de riscos (ou perigos) – APR (ou APP).....	54
7.12.8.4	“What-if...?” (E se...).....	54
7.12.8.5	Estudo de risco e operabilidade (HAZOP).....	54
7.12.8.6	Análise de modos de falha e efeitos (AMFE).....	55
7.12.8.7	Análise de árvore de falhas (AAF).....	55
7.12.8.8	Análise de árvore de eventos (AAE).....	55
7.12.8.9	Análise de causa–consequência.....	55
7.12.8.10	Análise de confiabilidade humana.....	55
7.12.8.11	Redução dos riscos.....	56
7.12.8.12	Gerenciamento do risco residual.....	56
7.12.8.13	Gerenciamento dos fornecedores e empreiteiras.....	56
7.12.8.14	Gerenciamento de modificações.....	56
7.12.8.14.1	<i>Staff e recursos</i>	57
7.12.8.14.2	<i>Mudanças</i>	57
7.12.8.14.3	<i>Tempo de permanência das mudanças</i>	58
7.12.8.14.4	<i>Documentos a serem reavaliados</i>	58
7.12.8.15	Manutenção e garantia da integridade de sistemas críticos.....	58
7.12.8.15.1	<i>Materiais de instalação</i>	59
7.12.8.15.2	<i>Procedimentos de instalação</i>	59
7.12.8.15.3	<i>Manutenção preventiva</i>	59
7.12.8.15.4	<i>Hardwares e sistemas de inspeção e testes</i>	59
7.12.8.15.5	<i>Procedimentos de manutenção</i>	59
7.12.8.15.6	<i>Gerenciamento do sistema de alarmes e dos instrumentos</i>	60
7.12.8.15.7	<i>Procedimentos operacionais</i>	60
7.12.8.16	Capacitação de recursos humanos.....	61
7.12.8.17	Investigação de incidentes.....	61
7.12.8.18	Plano de Ação de Emergência (PAE).....	62
7.12.8.18.1	<i>Características do PAE</i>	63
7.12.8.18.2	<i>Ativação do plano de emergência</i>	66
7.12.8.18.3	<i>Treinamento do pessoal</i>	67
7.12.8.18.4	<i>Testes periódicos do plano</i>	68
7.12.8.18.5	<i>Manutenção do plano</i>	68
7.12.8.18.6	<i>Auditorias</i>	69
7.13	MAPEAMENTO DO RISCO AMBIENTAL (MARA).....	69
7.13.1	<u>Enfoque Metodológico</u>	69
7.13.2	<u>Elementos Estruturais do MARA</u>	70
7.13.2.1	Sensibilidade ambiental.....	70
7.13.2.2	<i>Volumes vazados máximos</i>	72
7.13.2.3	Simulação da contingência – Práticas e recursos.....	72
7.13.2.4	Ações de Mitigação.....	76
7.14	EQUIPE TÉCNICA.....	76



LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	Documentação Pertinente ao Projeto
ANEXO B	Fichas de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ)
ANEXO C	Análise Preliminar de Perigos – APP
ANEXO D	Relatórios de Saída das Simulações

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 7.1	Mapa dos Riscos Ambientais
----------------	----------------------------

LISTA DE QUADROS

Quadro 7.1	Parâmetros operacionais das caldeiras.
Quadro 7.2	Parâmetros operacionais das turbinas.
Quadro 7.3	Médias climáticas.
Quadro 7.4	Frequência dos ventos por classe de velocidade (período diurno).
Quadro 7.5	Frequência dos ventos por classe de velocidade (período noturno).
Quadro 7.6	Quantidade anual de produtos químicos envolvida no processo.
Quadro 7.7	Distribuição de causas iniciadoras. Fonte: MIDHAS
Quadro 7.8	Distribuição percentual. Fonte: MIDHAS
Quadro 7.9	Referências das taxas de falhas pesquisadas. Fonte: MIDHAS
Quadro 7.10	Frequências para linhas aéreas.
Quadro 7.11	Referências das taxas de falhas pesquisadas.
Quadro 7.12	Categorias de Frequência.
Quadro 7.13	Categorias de Gravidade.
Quadro 7.14	Matriz de riscos.
Quadro 7.15	Equipe de trabalho.
Quadro 7.16	Divisão dos subsistemas no estudo.
Quadro 7.17	Matriz de riscos.
Quadro 7.18	PROBIT e probabilidade de morte.
Quadro 7.19	Dados de entrada para simulação.
Quadro 7.20	Resultados das simulações.
Quadro 7.21	Resultados das simulações referente a bola de fogo
Quadro 7.22	Correlações entre sobrepressão e danos produzidos.
Quadro 7.23	Probabilidades para ignição imediata.
Quadro 7.24	Probabilidades para ignição retardada.
Quadro 7.25	Frequências utilizada no estudo.
Quadro 7.26	Valoração atribuída aos parâmetros considerados na avaliação da sensibilidade.
Quadro 7.27	Classificação da sensibilidade ambiental.
Quadro 7.28	Valores arbitrados para quantificação da sensibilidade.
Quadro 7.29	Volumes vazados máximos.
Quadro 7.30	Planilha de contingência do óleo combustível.
Quadro 7.31	Planilha de contingência do transporte de carvão.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 7.1 Entornos da UTE Pampa Sul.
- Figura 7.2 Acidentes envolvendo UTE's.
- Figura 7.3 Tabela 6.1 da API *Publication* 581.
- Figura 7.4 Modelo de planilha da APP.
- Figura 7.5 Possíveis direções de liberação (linhas aéreas).
- Figura 7.6 Árvore de eventos típica para vazamento contínuo de Diesel.
- Figura 7.7 Árvore de eventos típica para vazamento catastrófica de Diesel.
- Figura 7.8 Localização das fontes de ignição.
- Figura 7.9 Árvore de eventos para vazamentos contínuos para líquidos inflamáveis.
- Figura 7.10 Árvore de eventos para vazamentos instantâneos para líquidos inflamáveis.
- Figura 7.11 Curvas de Isorisco para as instalações da UTE Pampa Sul.

7 ANÁLISE DE RISCO E ACIDENTES

CLIENTE:	HAR ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA
UNIDADE:	UTE Pampa Sul / Candiota (RS)
ESCOPO:	UTE Pampa Sul / Candiota (RS)

ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCOS – AQR

O.S.:	3.201.303.22	
RESP. TÉCNICO:	Ana Karoline Hemkemaier	CREA N°: 098318-9

CONTROLE DE REVISÕES

Rev. 0 - EMISSÃO ORIGINAL

Rev. 1 – INSERÇÃO DE CENÁRIOS

REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6
DATA:	01/07/2013	22/04/2014					
ANÁLISE CRÍTICA:	Ana	Jessica /					
DATA:	24/06/2013	22/04/2014					
EXECUTADO POR:	Ana	Jessica /					
DATA:	01/07/2013	29/04/2014					
VERIFICADO POR:	André	Bruno					
DATA:	01/07/2013						
VALIDADO POR:	Leandro						
DATA:	02/07/2013						

AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA EMPRESA HAR, SENDO PROIBIDA

7.1 INTRODUÇÃO

O presente estudo contempla o Estudo de Análise de Riscos das instalações da Usina Termelétrica PAMPA SUL, que tem o intuito de atender ao órgão ambiental IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis, seguindo os padrões do Termo de Referência Estudo de Análise de Risco (EAR) de Setembro/2013 para a UTE Pampa Sul, Resoluções CONAMA 237/97 e 293/01 e a Norma Técnica CETESB P4.261.

Para identificação dos cenários acidentais utilizou-se a técnica denominada Análise Preliminar de Perigos, conhecida como APP. Durante a análise qualitativa foram identificados 38 possíveis cenários acidentais.

O presente estudo mostra os efeitos físicos de radiação, *flash fire*, sobrepressão dos cenários acidentais levantados na APP, e, além disso, o cálculo do risco que a unidade oferece para o seu entorno.

O resultado do estudo demonstra que tanto o risco individual quanto o risco social da planta, estão dentro dos limites de tolerabilidade preconizados pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

7.1.1 Objetivo

Apresentar o resultado da análise qualitativa e quantitativa de riscos da UTE Pampa Sul, visando o licenciamento ambiental perante o IBAMA.

7.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO E DA REGIÃO

A UTE Pampa Sul tem a finalidade de gerar energia elétrica a partir da queima de carvão mineral. A usina terá potência instalada de 2 x 340 MW em ciclo combinado em arranjo 2x2x2. Isto é, com duas caldeiras a carvão ou, como suporte, óleo combustível secundário do tipo leve (óleo Diesel), duas turbinas a vapor operando a 3.600 rpm (quando a frequência é 60Hz) e dois geradores com capacidade individual de geração de energia de 338 MW (potência bruta), onde 38MW são destinados ao consumo interno e 300MW (potência líquida) destinados ao Sistema Nacional de Transmissão.

A UTE será constituída das seguintes instalações/equipamentos:

- Caldeiras para geração de vapor;
- Turbinas a vapor;
- Alternadores;
- Condensadores das turbinas a vapor;
- Sistema de recebimento do carvão;
- Sistemas de moagem e transporte do carvão;
- Sistemas de estocagem de carvão e de calcário;
- Sistema de recebimento do combustível secundário;
- Sistemas de dosagem dos combustíveis;
- Sistemas de controle dos combustíveis;
- Sistema de combate à incêndio;
- Sistema de supervisão e controle e Instrumentação completa;

7.2.1 Descritivo das etapas do processo

A seguir será apresentado o descritivo de cada etapa que compõe o processo de geração de energia da UTE Pampa Sul.

7.2.1.1 Caldeira e equipamentos auxiliares

As Caldeiras, que foram projetadas para a queima de carvão de alto teor de cinzas (~50 %), minerado a céu aberto na Mina de Candiota, têm as seguintes características técnicas:

- Tipo Torre, contemplando baixa velocidade de gases devido ao alto teor e abrasividade da cinza que resulta da queima de carvão. Projetada para operar sob os modos pressão deslizante e pressão constante;
- Apta para suportar variações de carga em gradiente não inferior a 5,0 MW/min; seu desempenho foi otimizado, frente a rejeições de carga ao nível sistêmico, com base em operações de estruturas de alívio de carga;
- Opera com a carga mínima, sem suporte de queima (sem combustível secundário), com 40 % em termos de fluxo de vapor;
- Dispõe de circulação natural;
- Queima de carvão do tipo fornalha de leito fluidizado;
- Leito fluidizado do tipo circulante.

A Caldeira inclui os seguintes sistemas e componentes principais:

- Sistema de Queima de Carvão: Silos de Carvão; Alimentadores de Carvão; Queima em leito fluidizado, gerando baixa produção de NOx, garantindo nível de emissão igual ou menor que 400 mg/Nm³ de gás;
- Sistema de Queima Auxiliar: Bombas de Óleo Leve (óleo Diesel);
- Sistema de Atomização;
- Câmara de Combustão: Paredes de Água revestidas com refratário;
- Sistema de Cinzas Pesadas (equipamentos específicos para retirada de cinza pesada e aquecimento do ar de fluidização);
- Partes de Pressão: Economizadores, Tambor; Evaporadores, Superaquecedores, Reaquecedores, Atemperadores;
- Sistema de Ar e Gases: Cada ventilador de ar primário e secundário tem sua própria tubulação de sucção com silenciadores de ruído e medidor de vazão (Venturi). Ventiladores de tiragem forçada empurram ar para os pré-aquecedores de ar. Aquecedores de ar a vapor são usados para o aquecimento do ar em baixas cargas e na partida.

Após a passagem pelos pré-aquecedores, o ar para combustão (primário e secundário) será distribuído para os consumidores:

Ar primário:

- Ar fluidizado para fornalha;
- Ar para os queimadores de combustível auxiliar;

Ar secundário:

- Ar para o complemento da combustão sobre o leito;
- Ar para alimentação de combustível;
- Ar para alimentação de calcário.

Componentes principais: Aquecedor de Ar a Vapor, Ventiladores de Tiragem Forçada; Aquecedores de Ar Regenerativos com três setores (ar primário, ar secundário e gás); Ventiladores de Tiragem Induzida; Ventiladores de Ar Primário com aquecimento do ar através de Aquecedores de Ar a Vapor; Dutos flexíveis (Ar e Gás) com juntas de expansão de aço inox e flanges soldados; Registros e Atuadores:

- Sistema de Manuseio de Cinzas Leves (Fly Ash): Sistema de Extração e Transporte de Cinza (filtros de manga ou precipitadores eletrostáticos; sopradores de ar; ejetores; tubulações; depósitos ou silos);
- Sistema de Sopragem de Fuligem: Vapor (na fornalha – sopradores de parede, retráteis; na zona de convecção – sopradores longos, retráteis e Aquecedores de Ar Regenerativos – especiais, internos, com movimentos oscilatórios).

Os dados do projeto referente às duas caldeiras são apresentados no Quadro

7.1.

Quadro 7.1 – Parâmetros operacionais das caldeiras.

Parâmetros (Preliminares)	UTE Pampa
Vazão do Vapor Superaquecido (kg/s)	2 x 277,8
Pressão do Vapor Superaquecido (bar)	175,5
Temperatura do Vapor Superaquecido (°C)	542
Vazão do Vapor Reaquecido Frio (kg/s)	2 x 249,7
Pressão do Vapor Reaquecido Frio (bar)	37
Temperatura do Vapor Reaquecido Frio (°C)	329
Vazão do Vapor Reaquecido Quente (kg/s)	2 x 249,7
Pressão do Vapor Reaquecido Quente (bar)	35,2
Temperatura do Vapor Reaquecido Quente (°C)	539
Temperatura da água de alimentação (°C)	246,4
Massa do fluxo de combustível (kg/s)	2 x 90
Eficiência (%)	91
Sistema de Cinzas leves dimensionado para (t/h);	231,0
Sistema de Cinzas pesadas dimensionado para (t/h)	141,6

7.2.1.1.1 Controle de combustível

O combustível primário é o carvão que será queimado em leito fluidizado sendo que, para a partida da caldeira, será utilizado um combustível auxiliar (óleo diesel). No sistema de queima de carvão em leito fluidizado, o combustível é diretamente introduzido na câmara de combustão por equipamento de dosagem e o ar de combustão e fluidização será introduzido sob o leito.

As malhas de controle são compostas de:

- Controle da demanda de combustível mediante atuação no controle de velocidade dos alimentadores de carvão, com base na demanda de carga que é solicitada à caldeira;

- Controle de temperatura do ar de fluidização;
- Controle do Ar Secundário, através do gerenciamento do teor de oxigênio, baseado no sinal de um gerador de função que assume a variação do excesso de ar em relação à carga.

O sinal de saída do sistema de controle da Caldeira piloto, em paralelo, a injeção de combustível líquido e os controladores dos Alimentadores de Carvão. O Operador da Sala de Controle Central – CCR - tem condições de variar a relação entre as quantidades de combustível secundário (líquido) e carvão fluidizado.

7.2.1.1.2 Sistema de queima de carvão e óleo combustível

A queima de carvão consistirá basicamente dos seguintes sistemas:

- Sistema de moagem e transporte;
- Silo de estocagem;
- Sistema de dosagem para a fornalha.

O carvão deverá entrar na câmara de fluidização da caldeira seco e na granulometria correta definida pela projetista do equipamento. O carvão proveniente da mina passa pelos moinhos e pelo classificador (selecionador da granulometria correta) e é estocado nos silos. O carvão com granulometria superior à máxima de projeto retornará aos moinhos para uma remoagem. Os rejeitos serão retirados por uma abertura, localizada abaixo da mesa de moagem. O meio de secagem consiste de ar primário quente de fluidização, aquecido em um trocador de calor a vapor. Após o aquecimento o ar entra sob a câmara e promove a fluidização do leito, o qual é composto de material inerte e combustível.

O sistema de dosagem é composto por roscas dosadoras cuja velocidade é variada em função da carga solicitada. Após as roscas dosadoras o carvão entra nos dispositivos de aspersão sobre a superfície do leito fluidizado. A redução da taxa de queima pode ser regulada com o bloqueio da entrada de ar de fluidização em setores do leito de forma a reduzir a velocidade de combustão do carvão.

A combustão em leito fluidizado é uma tecnologia que se apresenta muito adequada à queima de carvão com alto teor de cinzas. A técnica consiste na queima do carvão em um leito de material inerte fluidizado (operação pela qual as partículas sólidas são transformadas em um estado como de um líquido devido à sua suspensão em um gás ou líquido) pela injeção de ar com uma velocidade tal que mantenha o leito e o combustível em permanente movimento. O carvão é injetado britado e deve ser dosado através dos silos na granulometria de projeto (<12 mm).

A movimentação contínua em leito fluidizado proporciona taxas de transferência de calor acima dos valores para fornalhas de queima convencionais. A combustão se dá em contato com o ar quente, a uma temperatura de 800 a 900 °C. Como a temperatura de equilíbrio é baixa, é possível transferir essa energia para a água da caldeira por serpentinas instaladas diretamente no leito. Com isso, é possível operar com taxas de evaporação mais elevadas.

A baixa temperatura - 800 a 900 °C - de queima do combustível reduz a reação do nitrogênio com o ar, diminuindo a formação do NO_x.

Neste tipo de sistema de queima é possível a remoção do SO₂ na própria fornalha com a injeção de calcário, o qual reage com o enxofre formando CaSO₄ – sulfato de cálcio.

O sistema de óleo combustível será projetado para fornecer óleo para os queimadores das caldeiras durante as partidas e para os geradores de emergência. O sistema será composto de duas bombas de óleo, com capacidade de 25m³/h cada para carregamento do tanque de armazenamento, um tanque de armazenamento com capacidade de 1.200 m³ e duas bombas para suprimento dos queimadores das caldeiras através de 2 linhas (suprimento e retorno) com capacidade de 35 m³/h cada. A capacidade de armazenamento é determinada para atender ao consumo referente a 2 dias de operação das caldeiras a 30% da carga.

O gerador de vapor deverá ser equipado com um número de queimadores de suporte e de ignição a óleo de forma a elevar a temperatura do leito ao limite necessário para ignição do carvão. A taxa de queima deste sistema será projetada para atender a 30% da carga máxima da caldeira (BMCR - Máxima Carga Contínua da Caldeira, na sigla inglesa).

O sistema de fornecimento de óleo compreende um tanque de armazenamento com capacidade de 1200 m³, área para descarga de caminhões, filtro e bombas para descarga dos caminhões, filtro comum e bombas para suprimento dos queimadores das caldeiras através de 2 linhas. Cada linha deve ser projetada para 100% da taxa de cada caldeira (suprimento e retorno). Medidores de fluxo de combustível deverão ser instalados para o controle da vazão de consumo do conjunto dos queimadores.

O reservatório de combustível será instalado em uma área cercada por um dique para conter todo o volume do mesmo em caso de acidente/vazamento. A altura do dique deverá ser, no mínimo, 15 cm mais alta para contenção eventual de água da chuva. O dique terá uma caixa separadora de óleo para drenagem da água da chuva e recuperação do óleo em caso de vazamentos.

7.2.1.2 Turbina a vapor e sistema de condensação

A turbina a vapor converte a energia térmica contida no vapor em energia mecânica. Esta energia mecânica é transformada em energia elétrica em um alternador, acoplado diretamente à turbina. A UTE Pampa Sul será composta de 2 turbinas com 340 MW de capacidade instalada.

A turbina projetada para a UTE Pampa Sul é do tipo Turbina de Condensação, com vários módulos acoplados, tipo Tandem (eixos e rotores em uma linha horizontal), único reaquecimento, fluxo axial, composta de três partes, sendo uma de alta pressão (HP), outra de média pressão (IP) e uma última de baixa pressão (LP). As turbinas HP-IP são do tipo combinado e a turbina LP é de duplo fluxo. A turbina opera a 3.600 rotações por minuto (quando opera com sistema de frequência em 60 Hz) e possui um conjunto de sistemas auxiliares e de controle.

Abaixo de cada turbina de baixa pressão está localizado o condensador de superfície que será resfriado com água de circulação proveniente de uma torre de resfriamento. O condensador transforma o vapor (em expansão final, no exausto da turbina) em condensado, recuperando a água de alimentação para um novo ciclo água-vapor. Esta mudança de estado (gasoso para o líquido) provoca o vácuo, uma espécie de arraste, consequência normal de uma mudança de estado deste tipo e que é um fator importante para análise da eficiência do conjunto turbina de baixa pressão/condensador.

O condensador pode ser projetado para uma base rígida ou para uma base sobre molas. Quando houver uma junta de expansão entre a carcaça do condensador e a base da turbina de baixa pressão, teremos o condensador em base

rígida apoiado sobre bases de concreto. Quando a carcaça do condensador está rigidamente conectada a base da turbina de baixa pressão, teremos o condensador apoiado em molas prato que ficam sobre bases de concreto.

Os parâmetros operacionais das turbinas a vapor são apresentados no Quadro 7.2.

Quadro 7.2 – Parâmetros operacionais das turbinas.

Parâmetros	UTE Pampa
Pressão Vapor na entrada da turbina (HP) (bar)	166,7
Fluxo de vapor (kg/s)	2 x 277,8
Temperatura Vapor de entrada na turbina (HP) (°C)	538
Pressão Vapor de entrada na turbina (IP) (bar)	34,7
Temperatura Vapor de entrada na turbina (IP) (°C)	538
Pressão exaustão da turbina de baixa pressão (mbar)	85
Δt (sobre condensação) (°C)	15
CW - Temperatura entrada (°C)	24,33
Potência Máxima (MW)	2 x 340
Potência Líquida (Ponto de Conexão) (MW)	2 x 300
Número de Pré-aquecedores para cada Turbina	2HP/Dea./4LP
Consumo Bruto de Calor (GHR) (kJ/kWh)	10.141
Eficiência Turbo Alternador (%).	42,8

7.2.1.3 Alternador

A UTE Pampa Sul será composta de 2 alternadores, sendo que cada alternador será acoplado à sua respectiva turbina a vapor e se destina a converter a energia mecânica de rotação da turbina em energia elétrica. Sua velocidade é igual à velocidade da turbina, ou seja, gira a 3.600 rotações por minuto (em caso de frequência em 60 Hz). O fator de potência é mantido na faixa de 0,85 (atrasado) a 0,95 (adiantado). O isolamento dos enrolamentos do Alternador e da Excitatriz é do tipo “não-higroscópico”, da Classe F, com elevação de temperatura compatível com os limites da Classe B, quando operado sob condições nominais e assumidas as condições ambientais de projeto.

A tensão Nominal do Sistema (U_n) é de 13,8 kV – com faixa de variação de $U_n \pm 5\%$; e seu aterramento é feito através de transformador com resistência. A relação Voltagem / Frequência (máx.) obedece à norma IEC 60034. O pacote de cada Alternador de potência nominal de 425 MVA inclui os seguintes componentes:

- Barra de neutro;
- Sistema Estático de Excitação e de Regulação de Tensão - AVR incluindo transformadores e cubículo de controle;
- Sistema de Sincronismo;
- Painel de Proteção Digital;
- Sistema de Óleo de Selagem;
- Sistema de Resfriamento a Hidrogênio;
- Sistema de Enchimento, Purga e Alimentação de Hidrogênio;
- Sistema de Água de Resfriamento do Estator;
- Hidrogênio e CO₂: Sistema de Expansão e Distribuição.

7.2.1.4 Sistema de proteção contra incêndio

Este sistema tem por finalidade a proteção contra incêndio de equipamentos da usina, a saber: reservatório, tubulações e unidade de purificação de óleo lubrificante da turbina, transformadores, tanque de armazenamento de combustível, edifícios e casas de equipamentos, bem como as diversas instalações localizadas nas áreas dentro do perímetro da unidade da usina.

O sistema será desenvolvido e instalado em acordo com a NFPA e as normas brasileiras e será submetido à aprovação das autoridades competentes. O sistema de combate a incêndio será projetado para qualquer tipo de fogo.

O sistema de proteção contra incêndio foi subdividido em outros 6 subsistemas específicos para atender às necessidades de cada equipamento, conhecidos como: Sistema *Mulsifyre* (Água Nebulizada e Borrifada), Espuma Mecânica, Hidrantes, Extintores, Sistema de CO₂ e Detecção, Sinalização e Alarme.

Os sistemas *Mulsifyre* (Água Nebulizada e Borrifada), Espuma Mecânica e Hidrantes serão usados na unidade Pampa Sul. Os demais sistemas são independentes sendo, também, instalados nas edificações da usina.

Basicamente o sistema será composto, dos seguintes equipamentos:

- 02 bombas de recalque, sendo uma com acionamento através de motor elétrico e outra através de motor diesel, cada uma dimensionada para suprir continuamente toda a necessidade de água do sistema;
- 01 tanque hidropneumático;
- 01 compressor de ar;
- 01 bomba *Jockey*;
- 01 sistema de espuma mecânica para o reservatório de combustível (diesel);
- Hidrantes para a Usina;
- Válvulas *deluge*, detectores de chama, bicos ejetores nebulizadores e borrifadores;

Cilindros de CO₂, extintores portáteis, sinalizadores, tubulações e acessórios.

7.2.1.5 Gerador elétrico – hidrogênio

O hidrogênio é utilizado como refrigerante do gerador elétrico. O gerador elétrico tem acoplado em seu eixo um ventilador que é responsável pela circulação do hidrogênio através do enrolamento e estator do gerador e em seguida através de trocadores de calor (gás/água) para resfriar.

Quando houver necessidade de proceder a uma manutenção no gerador elétrico, com a necessidade de abrir esse equipamento, o hidrogênio deve ser purgado para atmosfera passando CO₂ para varrer o espaço permitindo sua abertura.

Eventualmente, caso ocorra vazamento de hidrogênio que pode se misturar com o óleo de lubrificação dos mancais do gerador, o volume é repostado automaticamente.

7.2.2 Localização

A UTE Pampa Sul será localizada no extremo sul do Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul, no município de Candiota. Está situada nas seguintes coordenadas:

na latitude 31°27'10.50' sul e longitude 53°46'45.10" oeste. O local previsto para a implantação do Projeto dista 450 km ao sul da capital do Estado - Porto Alegre - e 60 km da fronteira com o Uruguai.

7.2.2.1 Dados populacionais

Através do levantamento populacional realizado no local, encontrou-se em um raio de 5 km de distância da UTE Pampa Sul algumas moradias. No entanto, esta população não foi atingida pelas curvas de 1% de letalidade, conforme pode ser observado no capítulo VI.

Na Figura 7.1 pode-se observar o local de instalação da UTE Pampa Sul.

Figura 7.1 – Entornos da UTE Pampa Sul.



Fonte: Google Earth

7.2.2.2 Caracterização geográfica, econômica e ambiental da região.

O município de Candiota, cidade onde se localiza a UTE Pampa Sul, está situado a 420 km da capital Porto Alegre. Posiciona-se na metade sul do estado, próximo à fronteira com o Uruguai. O acesso ao município é feito pela BR-293. A cidade possui vários bairros e povoados no qual se destaca o povoado Seival, onde se localiza a UTE Pampa Sul.

A atividade econômica de maior relevância é a agropecuária, destacando-se a criação de gado leiteiro. Outras culturas também são importantes, como a ovinocultura, a orizicultura, fruticultura, produção de sementes oleícolas, milho, batata inglesa, mandioca e cenoura. No entanto, devido ao seu subsolo abundante em minerais (carvão e calcário), o município de Candiota está se transformando em um centro de geração de energia termelétrica e produção de cimento pozolânico.

7.2.2.3 Dados meteorológicos e climáticos

A realização de Análise de Consequências leva em consideração as condições meteorológicas da região. Para a caracterização climática da cidade de Candiota, foram utilizados dados registrados no período de 2008 a 2012 na estação meteorológica principal do Instituto Nacional de Meteorologia (Bagé, RS), que se encontra a uma distância de 30 km do empreendimento em análise.

Para as médias diurnas foram considerados os dados das 07:00 às 18:00h, para as médias noturnas foram considerados os dados das 19:00 às 06:00h.

As médias climáticas para os períodos diurno e noturno estão apresentadas no Quadro 7.3 .

Quadro 7.3 – Médias climáticas.

Parâmetro	Dia	Noite
Umidade relativa do ar (%)	63,6	74,9
Velocidade dos ventos (m/s)	3,73	2,78
Temperatura ambiente (°C)	19,6	16,5
Estabilidade Pasquill	C/D	E

Fonte: Estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (Bagé, RS)

A distribuição das frequências dos ventos para os períodos diurno e noturno estão apresentadas no Quadro 7.4 e no Quadro 7.5.

Quadro 7.4 – Frequência dos ventos por classe de velocidade (período diurno)

PERÍODO: DE 07h às 18h (dia) - todas as classes de estabilidade.						
Direção	Intervalo de classes das velocidades (m/s)					Soma
	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 6,0	> 6,0	
N	1,58	1,80	4,21	1,63	2,19	11,29
NE	1,18	2,22	5,94	2,72	3,61	15,51
E	1,64	2,59	5,64	2,22	2,26	14,22
SE	2,52	3,83	7,87	3,48	4,44	21,93
S	3,21	3,20	2,74	0,31	0,21	9,58
SW	2,32	2,60	3,42	0,49	0,20	8,95
W	1,17	1,56	2,89	0,98	1,43	7,95
NW	1,30	0,98	2,09	0,86	1,63	6,79
Soma	14,78	18,6	34,46	12,56	15,81	96,22
Calmos						2,82

Fonte: Estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (Bagé, RS)

Quadro 7.5 – Frequência dos ventos por classe de velocidade (período noturno)

PERÍODO: DE 19h às 06h (noite) - todas as classes de estabilidade.						
Direção	Intervalo de classes das velocidades (m/s)					Soma
	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 6,0	> 6,0	
N	4,88	3,01	3,14	0,75	1,27	12,92
NE	2,47	3,77	9,11	3,10	3,40	21,65
E	3,56	5,66	7,54	1,43	0,90	18,91
SE	3,73	4,9	6,74	1,87	1,94	18,98
S	2,83	1,69	0,98	0,13	0,09	5,68
SW	2,23	1,20	0,86	0,07	0,04	4,36
W	1,61	1,42	1,44	0,31	0,40	5,12
NW	1,96	0,92	0,90	0,20	0,50	4,44
Soma	23,05	22,35	30,41	7,79	8,46	92,06
Calmos						6,98

Fonte: Estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (Bagé, RS)

As calmarias são definidas como ventos com velocidades menores do que 0,5 m/s, conforme apresentado em AICHE pág. 471.

Os dados referentes à Estabilidade Pasquill para o período diurno e noturno foram obtidos realizando uma análise de frequência de ocorrência de cada estabilidade por profissional especializado, conforme apresentado no laudo do meteorologista no Anexo G.

7.3 SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS ENVOLVIDAS NA OPERAÇÃO

Os produtos envolvidos no processo são o Diesel, Ácido Clorídrico, Hipoclorito de Sódio, Hidróxido de Sódio, Hidróxido de Amônio, solução de Carbohidrazina e Hidrogênio. As fichas de informações de segurança de produtos químicos – FISPQ – deste estudo encontram-se disponíveis para consulta no Anexo B. Abaixo no Quadro 7.6 estão os produtos químicos e suas respectivas quantidades anuais utilizadas no processo.

Quadro 7.6 – Quantidade anual de produtos químicos envolvida no processo.

Processo	Hipoclorito de sódio	Hidróxido de Sódio	Ácido clorídrico	Hidróxido amônia	Solução
					Carbohidrazida
Clarificação Bruta de Água	74.000 kg	9.000 kg	9.000 kg	-	-
Potabilização	40 kg	-	-	-	-
Desmineralização	-	193.000 kg	176.000 kg	-	-
Tratamento de efluentes	5.000 kg	-	-	-	-
Ciclo Térmico	-	-	-	8.700 kg	3.900 kg
Caldeira	-	-	-	-	-
Torre de Resfriamento	82.000 kg	-	-	-	-
Sistema de dessulfurização	-	-	-	-	-
Resfriamento do Alternador	-	-	-	-	-
Purga do Alternador	-	-	-	-	-

Para as simulações foi utilizado o n-nonano como produto representativo do óleo diesel, conforme Manual da CETESB.

7.4 ANÁLISE HISTÓRICA DE ACIDENTES

Para se efetuar uma análise histórica de acidentes em instalações idênticas, ou seja, equipamentos de processos que manipulam grande quantidade de produtos derivados de petróleo precisam-se, primeiramente, avaliar as fontes de dados existentes e as considerações que serão adotadas no estudo.

As fontes de dados existentes podem ser nacionais ou internacionais e fornecem informações relativas às ocorrências de acidentes relacionando estas com suas respectivas causas e tipologia.

Esta análise será fundamental para obtermos a expectativa de falhas de acidentes (taxa de falhas) que será aplicada neste estudo.

A UTE Pampa Sul em análise neste estudo é constituído de trechos de linhas, válvulas e demais acessórios, sendo que para tanto, foram estes os equipamentos pesquisados.

A pesquisa se estendeu a diversos bancos de dados, onde foram analisadas as características de cada fonte. Dentre as fontes analisadas, neste estudo adotamos o banco de dados apresentado no *Manual Bevi Risk Assessments*, conforme poderá ser acompanhado no decorrer deste capítulo. Há dois motivos principais para a escolha deste banco de dados:

1. Os valores apresentados são considerados conservativos para este tipo de instalação. Isto devido ao fato de que este banco de dados inclui os registros de vazamentos de qualquer hidrocarboneto, e em qualquer fase de estado – gases e líquidos.
2. A frequência de falha dos cenários para as linhas aplica-se às linhas com conexões, tais como, flanges, soldas e válvulas. Por este motivo, neste estudo não foram separadas as frequências de válvulas e linhas.

Resumidamente, apresentamos o estudo realizado para a exposição dos fatos acima mencionados.

Dentre os bancos de dados existentes foram considerados:

- CADAC: O Cadastro de Acidentes Ambientais é um banco de dados de acidentes, mantido pela Agência Ambiental do Estado de São Paulo (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB). Neste são registradas as diversas ocorrências envolvendo produtos perigosos.
 - MHIDAS: O *Major Hazard Incident Data Service*, foi criado pelo HSE - *Health and Safety Executive*, e é um banco de dados que registra as ocorrências de acidentes, a nível mundial, e as classifica em 14 campos. Os registros compreendem incidentes envolvendo substâncias perigosas no transporte, armazenamento e processo que tiveram consequências ou potencial para afetar pessoas no empreendimento, à comunidade e ao meio ambiente. Estes registros foram coletados por um período de mais de trinta anos.
- API Publication 581: Publicação do *American Petroleum Institute*, a qual apresenta dados de frequência de falhas de equipamentos, com especificação de dimensão dos mesmos, para quatro tamanhos de furo, referentes a instalações *onshore*.
- *Manual Bevi Risk Assessments*: Este manual reporta várias subdivisões por tipos de dutos, tais como linhas de processo, linhas de transporte, linhas enterradas, linhas aéreas, linhas de gás e líquido, etc., incluindo conexões, válvulas, flanges.
- *Facts Hazardous Materials Accidents Knowledge Base*: Este banco de dados possibilita fazer uma pesquisa por tipo de instalação e produto, identificando os acidentes de maiores magnitudes para cada instalação.

7.4.1 Substâncias químicas envolvidas na operação

Os produtos envolvidos no processo são: Diesel, Ácido Clorídrico, Hipoclorito de Sódio, Hidróxido de Sódio, Hidróxido de Amônio, solução de Carbohidrazina e Hidrogênio. Para análise de perigos envolvendo produtos inflamáveis, somente serão avaliados o Diesel e o Hidrogênio.

As fichas de informações de segurança de produtos químicos – FISPQ – deste estudo encontra-se disponível para consulta no Anexo B.

7.4.2 Resultados e avaliação dos bancos de dados

Para avaliação do Estudo de Análise de Risco da UTE Pampa Sul foi utilizado quatro referências para o banco de dados descritos abaixo.

7.4.2.1 MHIDAS

O banco de dados MHIDAS (Major Hazard Incident Data Service) apresenta detalhes sobre mais de 7 (sete) mil incidentes que ocorreram durante o transporte, o processamento ou armazenamento de produtos perigosos que resultaram ou são considerados que tem um potencial para causar impactos externos às instalações. Esta definição inclui incidentes que ocorreram casualmente, requereram evacuação de pessoas tanto nas instalações, quanto na parte externa das instalações ou causaram danos às propriedades ou ao meio ambiente, juntamente com incidentes que poderiam, mas por ações tomadas foram contidos antes de ocorrer. Alguns tipos específicos de incidentes, tais como envolvendo materiais radioativos, por exemplo, são excluídos deste banco de dados.

Para avaliação dos dados no MHIDAS (*Major Hazard Incident Data Service*) desenvolvido pelo *AEA Technology* podem-se dividir os dutos em duas categorias: transporte de gás, onde as pressões são altas (maior que 17 bar), e redes de distribuição, que operam com pressões menores (entre 7 a 12 bar).

Com relação a acidentes envolvendo produtos inflamáveis na área de processo foram registrados um total de 1809 acidentes possuindo conforme o Quadro 7.7 e Quadro 7.8 a seguinte distribuição de causas iniciadoras:

Quadro 7.7 - Distribuição de causas iniciadoras

Causa Iniciadora	Distribuição (%)
Falhas Mecânicas	22
Falhas em tubulações, válvulas, flanges.	5
Erros de Operação/manutenção	13
Causas Externas	2
Indeterminada	58

Fonte: MIDHAS.

A distribuição percentual das tipologias acidentais dos acidentes registrados pelo MHIDAS está apresentada abaixo.

Quadro 7.8 - Distribuição percentual.

Tipologia Acidental	Distribuição (%)
Incêndio	62
Explosão	46
Vazamento sem ignição	7

Fonte: MIDHAS.

Os produtos inflamáveis considerados para a análise das causas iniciadoras estão descritos no Quadro 7.9.

Quadro 7.9 - Referências das taxas de falhas pesquisadas.

Produto	Número de Acidentes
Cru	464
Etileno	115
Gás Natural	60
Gasolina	45
Propano	37
GLP	34
Nafta	33
Hexano	21
Tolueno	18
Estireno	14
Butadieno	13
Metano	12
Óleo Diesel	11
Querosene	8
Etanol	6

Fonte: MIDHAS

Em Julho de 2008 foi realizada consulta adicional ao MHIDAS referente a instalações similares às aqui estudadas. Foram pesquisados incidentes envolvendo Unidades Termelétricas conforme apresentado abaixo. Como pode ser observado na Figura 7.2, não foi encontrado nenhum acidente envolvendo unidades termelétricas.

Figura 7.2 – Acidentes envolvendo UTE's

Sets					
Set number	Query	Hits	Remove duplicates	Fplus AEROSPACE	
1	THERMOELECTRIC	0		Title list	10 Refine Ideas Results

Fonte: MIDHAS.

Obs.: Não foi possível fazer a atualização da Pesquisa para o ano de 2013, visto que o banco de dados do MHIDAS foi desativado pela instituição organizadora em 2008.

7.4.2.2 API Publication 581

Esta publicação do *American Petroleum Institute* – 2º Edição, de Setembro de 2008 apresenta na Tabela 4.1, pág. 2-16, frequências de falhas de diversos equipamentos baseada numa compilação de registros históricos de falhas de equipamentos. A Figura 7.3 apresenta a Tabela 6.1 do API Publication 581.

Figura 7.3 - Tabela 6.1 da API Publication 581.

Equipment Type	Component Type	gff as a Function of Hole Size (failures/yr)				gff_{total} (failures/yr)
		Small	Medium	Large	Rupture	
Compressor	COMPC	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	0	3.00E-05
Compressor	COMPR	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Heat Exchanger	HEXSS	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Heat Exchanger	HEXTS	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Heat Exchanger	HEXTUBE	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-1	2.80E-05	0	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-2	2.80E-05	0	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-4	8.00E-06	2.00E-05	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-6	8.00E-06	2.00E-05	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-8	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-10	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-12	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-16	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPEGT16	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pump	PUMP2S	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pump	PUMPR	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pump	PUMP1S	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Tank650	TANKBOTTOM	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.20E-04
Tank650	COURSE-1	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-2	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-3	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-4	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-5	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-6	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-7	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-8	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-9	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-10	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Vessel/FinFan	KODRUM	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	COLBTM	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	FINFAN	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	FILTER	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	DRUM	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	REACTOR	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel/FinFan	COLTOP	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05

7.4.2.3 Manual *Bevi Risk Assessments*

O *Reference Manual Bevi Risk Assessments* versão 3.2 publicado em 01 de julho de 2009 apresenta no módulo C a atualização dos dados de falha publicados no ano de 1999 pelo RIVM em *Guidelines for Quantitative Risk Assessment* (“*Purple Book*”). Com esta atualização houve mudanças nas frequências, sendo que a frequência de falha de linhas passou a incluir conexões, tais como flanges, soldas e válvulas.

Este manual reporta várias subdivisões por tipos de dutos, tais como linhas de processo, linhas de transporte, linhas enterradas, linhas aéreas, linhas de gás e líquido, etc., incluindo conexões, válvulas, flanges.

Como exemplo, o Quadro 7.10 apresenta a frequência de linhas aéreas.

Quadro 7.10 - Frequências para linhas aéreas.

	Frequência (por ano) D<75mm	Frequência (por ano) 75mm<D<150mm	Frequência (por ano) D>150mm
1 – Ruptura de linha.	1x10-6	3x10-7	1x10-7
2 – Vazamento com diâmetro efetivo de 10% do diâmetro nominal, até no máximo 50mm.	5x10-6	2x10-6	5x10-7

Fonte: Manual bevi risk assessments.

7.4.2.4 Facts Hazardous Materials Accidents Knowledge Base

O banco de dados FACTS (*Failure and Accidents Technical Information System*) apresenta detalhes sobre mais de 24.100 acidentes/incidentes industriais envolvendo materiais perigosos.

Somente são analisados e documentados acidentes ou quase acidentes envolvendo severos danos ou perigos, tais como Bleves¹, vazamentos em grandes proporções, explosões.

Para avaliação dos dados no FACTS (*Failure and Accidents Technical Information System*) desenvolvido pela TNO foi realizada uma pesquisa. Os detalhes da pesquisa podem ser observados abaixo:

- 1ª Pesquisa – Escolha do Produto analisado – (*Óleo Diesel*)

1º Pesquisa – Estocagem

2º Pesquisa – Local onde ocorreu o acidente (Termelétrica);

3º Pesquisa – Escolha do Produto analisado (diesel e óleo combustível).

Na primeira pesquisa encontrou-se 2.794 acidentes envolvendo transporte de materiais perigosos. Na segunda pesquisa filtrou os resultados da 1º pesquisa analisando instalações termelétricas.

Na segunda pesquisa foram encontrados 22 acidentes.

Na Terceira pesquisa foram pesquisados os acidentes envolvendo os produtos analisados neste estudo, ou seja, óleo diesel. Desta forma, foi encontrando 1 acidente.

- 2ª Pesquisa – Escolha do Produto – Hydrogen

1º Pesquisa Escolha do Local – Power Station/Plant

2º Pesquisa Atividade – Use/Application

¹ Do original inglês Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion. Fenômeno decorrente da explosão catastrófica de um reservatório, quando um líquido nele contido atinge uma temperatura bem acima da sua temperatura de ebulição à pressão atmosférica com projeção de fragmentos e de expansão adiabática.

Foram pesquisados acidentes envolvendo Hidrogênio. Foram encontrados 4 acidentes de interesse num banco de dados contendo 24.529, durante um período de 13 anos.

7.4.3 Conclusões da análise histórica

Os bancos de dados podem ser divididos em dois tipos:

- Os que registram acidentes em geral, incluindo outros tipos de eventos e instalações. Neste se enquadram o CADAC, FACTS e o MHIDAS. Por não haver tratamento específico dos dados para a instalação pertinente, estes não foram considerados no estudo.
- Os que registram dados de falhas para equipamentos, linhas e acessórios tais como o API e o Manual *Bevi Risk Assessments*. Dentre estes, podemos destacar o banco de dados apresentado no Manual *Bevi Risk Assessments*, por apresentar taxas de falhas de linhas incluindo válvulas, flanges e conexões.

Conforme os bancos de acidentes analisados, podemos afirmar que foram identificados acidentes em Termelétricas a gás. No entanto, podemos observar que o acidente encontrado foi na área de aplicação e utilização do gás.

Para Termelétricas a óleo, podemos observar que o acidente encontrado foi na área de estocagem, sendo que nas demais instalações de uma UTE, não foi possível encontrar registros de acidentes.

7.4.4 Determinação das Frequências de Ocorrências de Vazamento com Base nos Bancos de Dados Consultados

Como referência primária utilizou-se os dados apresentados no Manual *Bevi Risk Assessments*, visto este apresentar taxas de falhas para equipamentos e para linhas incluindo válvulas, flanges e conexões.

7.4.4.1 Determinação dos Tamanhos dos Furos

Para a ruptura de linhas internas foi considerado 100% do diâmetro da tubulação. Já para médio vazamento considerou-se 10% do diâmetro. No entanto, nos casos de que o furo de 10% do diâmetro ultrapassar 50mm (limite máximo adotado para o furo no banco de dados do BEVI), foi considerado 50 mm conforme Tabela 27 da pág. 42-130 do *Manual Bevi Risk Assessments*.

7.4.4.2 Determinação das taxas de falha

No Quadro 7.11 podem ser observadas as frequências utilizadas no estudo com suas respectivas referências.

Quadro 7.11 - Referências das taxas de falhas pesquisadas.

Linhas Internas			
Tipo de <i>Pipework</i>	Taxa (oc/m/ano)	Fonte	Página
Furo – D<75mm	5,0E-06	Manual Bevi Risk Assessments	Tabela 27 – Pág. 42-130
Ruptura – D<75mm	1,0E-06	Manual Bevi Risk Assessments	Tabela 27 – Pág. 42-130
Furo – 75mm≤D≤150mm	2,0E-06	Manual Bevi Risk Assessments	Tabela 27 – Pág. 42-130
Ruptura – 75mm≤D≤150mm	3,0E-07	Manual Bevi Risk Assessments	Tabela 27 – Pág. 42-130
Furo – D>150mm	5,0E-07	Manual Bevi Risk Assessments	Tabela 27 – Pág. 42-130
Ruptura D>150mm	1,0E-07	Manual Bevi Risk Assessments	Tabela 27 – Pág. 42-130
Equipamentos			
Tipo	Taxa (oc/ano)	Fonte	Página
Tanque – Ruptura	1,0E-07	API-581	Tabela 4.1 – Pág. 2-16
Tanque – Grande Vazamento	5,0E-06	API-581	Tabela 4.1 – Pág. 2-16
Bomba – Médio Vazamento	2,0E-05	API-581	Tabela 4.1 – Pág. 2-16
Bomba – Grande Vazamento	2,0E-06	API-581	Tabela 4.1 – Pág. 2-16

Fonte: Manual Bevi Risk Assessment

7.5 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Este capítulo contempla a etapa de identificação dos perigos associados à operação da UTE Pampa Sul.

A seguir se apresenta uma breve descrição da técnica utilizada para a identificação dos riscos e possíveis cenários acidentais.

7.5.1 Metodologia

A identificação dos riscos foi realizada a partir da aplicação da técnica Análise Preliminar de Perigos (APP), uma técnica estruturada que tem por objetivo identificar os riscos presentes na operação, ocasionados por eventos indesejáveis.

A APP focaliza os eventos perigosos cujas falhas têm origem na instalação em análise, contemplando tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, de instrumentos e de materiais, assim como erros humanos.

No presente trabalho foram identificados os eventos capazes de dar origem a acidentes nas instalações analisadas, em seguida foram identificadas as causas para cada uma destas hipóteses e suas respectivas consequências. Após a identificação das causas e efeitos, efetuou-se uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência e da consequência dos cenários.

As informações referentes às hipóteses acidentais estão inseridas em uma planilha específica (planilha da APP) no anexo C, conforme modelo apresentado na Figura 7.4.

Figura 7.4 – Modelo de planilha da APP.

HERCO CONSULTORIA DE RISCOS		HERCO CONSULTORIA DE RISCOS												
Área:	UTE - Pampa	Subsistema:	Carregamento											
Perigo	Causa	Modos de detecção	Consequência/Efeito	Ser Humano			Patrimônio e/ou Processo Produtivo			Meio Ambiente e Comunidade			Data: 28/04/2014	
				Freq.	Grav.	Clas.	Freq.	Grav.	Clas.	Freq.	Grav.	Clas.	Recomendações	Hip.

Os campos constantes da referida planilha estão assim discriminados:

- **Área:** é o conjunto da instalação a ser analisada.
- **Subsistema:** é a divisão da área em segmentos, de forma a facilitar o estudo. Normalmente está dividido de acordo com as etapas do processo ou localização/disposição física dos equipamentos.
- **Perigo:** evento que define a hipótese acidental e está normalmente associado a uma ou mais condições com potencial de causar danos às pessoas, ao patrimônio ou ao meio ambiente.
- **Causas:** fatos geradores dos eventos acidentais descritos na coluna “Perigo”, que geralmente estão associados à ocorrência de falhas intrínsecas em equipamentos ou com a execução de procedimentos inadequados.
- **Modos de Detecção:** maneiras pelas quais é possível identificar a determinada hipótese acidental.
- **Efeitos:** possíveis consequências associadas a um determinado perigo.
- **Frequência:** graduação qualitativa da frequência de ocorrência de determinada hipótese acidental, conforme classificação apresentada no Quadro 7.11
- **Gravidade:** graduação qualitativa do efeito associado ao cenário acidental, de acordo com a classificação apresentada no Quadro 7.12.
- **Classificação:** grau de risco associado ao cenário acidental, resultante da combinação das categorias de Frequência e de Gravidade, conforme critério estabelecido na Matriz de Riscos apresentada no Quadro 7.13.
- **Recomendações:** observações pertinentes ao perigo e respectivos cenários acidentais, sistemas de segurança existentes ou recomendações para o gerenciamento dos riscos associados.
- **Hipótese:** número sequencial do perigo identificado.

O Quadro 7.12 apresenta as categorias de Frequência utilizadas para a APP, enquanto o Quadro 7.13 apresenta as categorias de gravidade.

Quadro 7.12 – Categorias de Frequência.

Categoria Frequência	Descrição
A Provável	Esperado que o dano ocorra várias vezes durante a vida útil da instalação.
B Razoavelmente Provável	Esperado que o dano ocorra pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação.
C Remota	Pouco provável que o dano ocorra durante a vida útil da instalação.
D Extremamente Remota	Teoricamente possível, porém pouco provável que o dano ocorra durante a vida útil da instalação.

Quadro 7.13 – Categorias de Gravidade

Nível	Ser Humano	Meio Ambiente e Comunidade	Patrimônio e/ou Processo Produtivo
I Desprezível	Lesões leves, acidente sem perda de tempo.	Danos mínimos ao meio ambiente (apenas a área envolvida).	Sem danos ou danos insignificantes a equipamentos e instalações. Processo produtivo não incorre em qualquer anormalidade.
II Moderada	Lesões de gravidade moderada, com afastamento do trabalho inferior a 30 (trinta) dias.	Danos ao meio ambiente com extensão a áreas adjacentes (intramuros).	Danos leves a equipamentos e instalações (os danos são controláveis e/ou de baixo custo de reparo). O processo produtivo sofre pequena interrupção, mas não há perda de controle sobre sua administração.
III Crítica	Lesões graves não incapacitantes, com afastamento do trabalho superior a 30 (trinta) dias.	Os danos ao meio ambiente extrapolam os limites da empresa (extramuros). Os efeitos do acidente poderão atingir a comunidade (lesões leves).	Danos severos a equipamentos e instalações. O processo produtivo é seriamente afetado, exigindo grande esforço de todos os setores da empresa na busca de alternativas que visem minimizar o tempo de parada.
IV Catastrófica	Morte ou invalidez permanente.	Sérios danos ao meio ambiente. Os efeitos do acidente poderão colocar em risco as comunidades (pânico, lesões graves ou morte).	Danos irreparáveis a equipamentos ou instalações (reparação lenta ou impossível). O processo produtivo poderá ficar totalmente comprometido por longo período devido a extensão dos danos a equipamentos e instalações.

Quadro 7.14 – Matriz de riscos.

Severidade \ Frequência	Severidade			
	I Desprezível	II Marginal	III Crítico	IV Catastrófico
A Provável	RB	RM	RA	RA
B Razoavelmente Provável	RB	RM	RM	RA
C Remota	RMB	RB	RM	RM
D Extremamente Remota	RMB	RMB	RB	RM

Legenda:

RA	Risco Alto
RB	Risco Baixo
RM	Risco Médio
RMB	Risco Muito Baixo

7.5.2 Equipe de trabalho

O desenvolvimento da APP foi realizado em conjunto com uma equipe de profissionais que representam, em termos de conhecimentos técnicos, cada área da empresa. O Quadro 7.15 mostra o nome e função de cada profissional que participou da elaboração da APP.

Quadro 7.15 – Equipe de trabalho.

Nome	Função	Empresa/Área
Ana Karoline Hemkemaier	Analista de Riscos	HERCO Consultoria de Riscos
René de Matos Caraméz	Engenheiro de Minas CREA-RS 029654	HAR Engenharia e Meio Ambiente Ltda.

7.5.3 Hipóteses dos cenários acidentais

Com o intuito de facilitar o entendimento do estudo, o empreendimento foi dividido nos seguintes subsistemas, conforme apresentado no Quadro 7.16.

Quadro 7.16 – Divisão dos subsistemas no estudo

Área	Subsistema	Equipamentos e Instalações Pertencentes
UTE Pampa Sul	Carregamento	Válvulas, conexões, selagem dos equipamentos, mangote, tanques, filtros, drenos.
	Distribuição	Linhas, válvulas, conexões, selagem dos equipamentos, filtros, sistema de abastecimento para caldeira, drenos.
	Retorno	Linhas, válvulas, conexões, selagem dos equipamentos, sistema de abastecimento (retorno da caldeira para o tanque), tanques, drenos.
	Hidrogênio	Cilindro, linhas internas, válvulas e acessórios.
	Produtos Químicos	Tanques, Linhas internas, válvulas e acessórios.

7.5.4 Análise Preliminar de Perigos (APP)

A análise preliminar de perigos está apresentada no Anexo C.

7.5.5 Quadro resumo

O Quadro 7.17 apresenta o quantitativo de ocorrências de cada grau de risco para as hipóteses acidentais apresentadas no subitem anterior.

Quadro 7.17 – Matriz de riscos.

Severidade Frequência	Severidade			
	I Desprezível	II Marginal	III Crítico	IV Catastrófico
A Provável		1,4,7,11,14,17,20		
B Razoavelmente Provável	30, 31, 32	28, 29	2,5,8,12,15,18,21, 25	
C Remota			23, 26, 27	3,6,9,13,16,19,22, 24
D Extremamente Remota				10

Legenda:

RA	Risco Alto
RB	Risco Baixo
RM	Risco Médio
RMB	Risco Muito Baixo

7.5.6 Seleção das hipóteses acidentais

A seleção das hipóteses acidentais se dá levando em conta a gravidade do cenário. As hipóteses de gravidade crítica (III) e catastróficas (IV) são as quais serão estudadas na análise quantitativa de riscos.

7.6 CÁLCULO DAS CONSEQUÊNCIAS E VULNERABILIDADE

Este capítulo apresenta a metodologia de cálculo e os resultados obtidos nas simulações de consequências e análise de vulnerabilidade, para as hipóteses acidentais identificadas na APP com gravidade III e IV (apresentadas no Capítulo V – Identificação de Perigos).

7.6.1 Análise de consequências

A análise de consequências avalia os cenários acidentais através de modelagens matemáticas mediante a utilização de softwares. Neste estudo foi utilizado o software PHAST 6.7.

A avaliação dos efeitos físicos decorrentes de possíveis acidentes com vazamentos de produtos perigosos depende de uma série de características que estão descritas a seguir:

- Produto (composição);
- Estado físico do produto (líquido, gasoso ou bifásico);
- Inventário;
- Elevação em relação ao solo;
- Pressão do produto;
- Temperatura do produto;
- Direção do vazamento;
- Localização (área externa ou interna);
- Condições do vazamento (diâmetro de abertura, distância ao ponto de vazamento);
- Se em área interna: dimensões no interior da edificação;
- Dados climáticos (temperatura, pressão, ventos, umidade, etc.).

7.6.1.1 Efeitos físicos estudados

Os alcances dos danos considerados para as substâncias inflamáveis estão relacionados com os seguintes valores referência:

Limite Inferior de Inflamabilidade	100% de letalidade.
Radiação térmica de 3 kW/m ²	Limite de dor alcançado após 20s.
Radiação térmica de 12,5 kW/m ²	1% de letalidade em 30s.
Radiação térmica de 37,5 kW/m ²	50% de letalidade em 20s.

Radiação térmica de 44 kW/m ²	99% de letalidade em 20s.
Sobrepessão de 0,05 bar	Danos parciais de casas.
Sobrepessão de 0,1 bar	1% de letalidade.
Sobrepessão de 0,3 bar	50% de letalidade.
Sobrepessão de 0,4 bar	99% de letalidade.

Para os valores de 1% e 50% de letalidade, tanto para a radiação térmica quanto para a sobrepessão, foram utilizados os valores de referência segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. No entanto, para os valores de 99% letalidade, tanto para Radiação Térmica quanto para Sobrepessão, estes foram calculados através das equações de Probit, conforme apresentado no item 6.1.2.

7.6.1.2 Modelo matemático para determinação dos níveis de interesse

Os níveis de interesse fornecidos ao Programa PHAST para o cálculo das distâncias provindas dos cenários acidentais foram obtidos através da aplicação dos modelos matemáticos para o cálculo da probabilidade de morte, denominados PROBIT (Pr).

O PROBIT estabelece uma relação entre o tempo de exposição e um determinado nível de radiação, sobrepessão ou concentração tóxica com a probabilidade de fatalidade.

A relação entre a probabilidade de morte e o correspondente PROBIT segue uma curva do tipo sigmóide. O Quadro 7.18 apresenta o valor de PROBIT em função da probabilidade de morte, em valores percentuais.

Quadro 7.18 - PROBIT e probabilidade de morte.

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	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	4,8	4,82	4,85	4,87	4,9	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,1	5,13	5,15	5,18	5,2	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,5
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
%	0,00	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Fonte: AICHE , 2000, Pág. 247.

Para definição dos valores de Sobrepessão de 99% de letalidade foi utilizada a equação de Probit do TSAO & PERRY.

A Equação utilizada para o cálculo encontra-se descrita abaixo.

$$y = -23,8 + 2,92 \ln(P^0)$$

Equação 1

Onde:

Y – valor de Probit;

P0 – Sobrepessão expresso em Pa (Pascal).

Para definição dos valores de Radiação Térmica de 99% de letalidade foi utilizada a equação de Probit de TSAO & PERRY. A Equação utilizada para o cálculo encontra-se descrita abaixo.

$$Y = -12,8 + 2,56 \ln \left(\frac{t \cdot I^{4/3}}{10^4} \right)$$

Equação 2

Onde:

Y – valor de Probit;

t – tempo de exposição expresso em s (segundos);

I – Intensidade de Radiação Térmica (kW/m²).

7.6.1.3 Dimensão de orifícios

No cálculo das consequências, vulnerabilidade e riscos foram considerados os médios e grandes vazamentos. Para ruptura de linhas considerou-se abertura correspondente a 100% do diâmetro da seção transversal da tubulação e para médio vazamento considerou 10% do diâmetro. No entanto, nos casos em que o furo de 10% do diâmetro ultrapassar 50mm (limite máximo adotado para o furo no banco de dados do BEVI), foi considerado 50 mm conforme Tabela 27 da pág. 42-130 do *Manual Bevi Risk Assessments*.

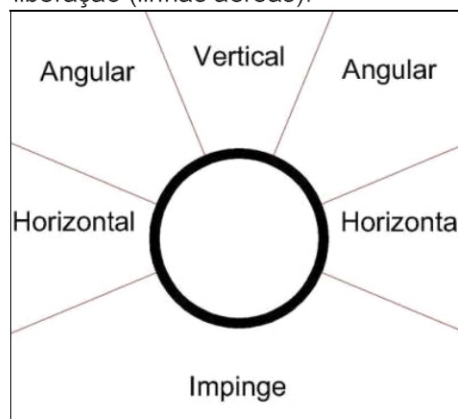
7.6.1.4 Cálculo das liberações

Para médios e grandes vazamentos foi considerado o tempo de vazamento de 600 segundos, conforme Manual de Orientação para Elaboração de Estudos de Análise de Riscos – CETESB.

7.6.1.5 Direções de liberação

O possível vazamento poderá ocorrer em qualquer direção. De forma a representar as diferentes direções possíveis de vazamentos, nas hipóteses acidentais estudadas, foram consideradas as direções vertical, angular, impinge (jato em obstáculo) e horizontal. A Figura 7.5 apresenta as possibilidades de direções de jato abordadas neste estudo para linhas aéreas.

Figura 7.5 – Possíveis direções de liberação (linhas aéreas).

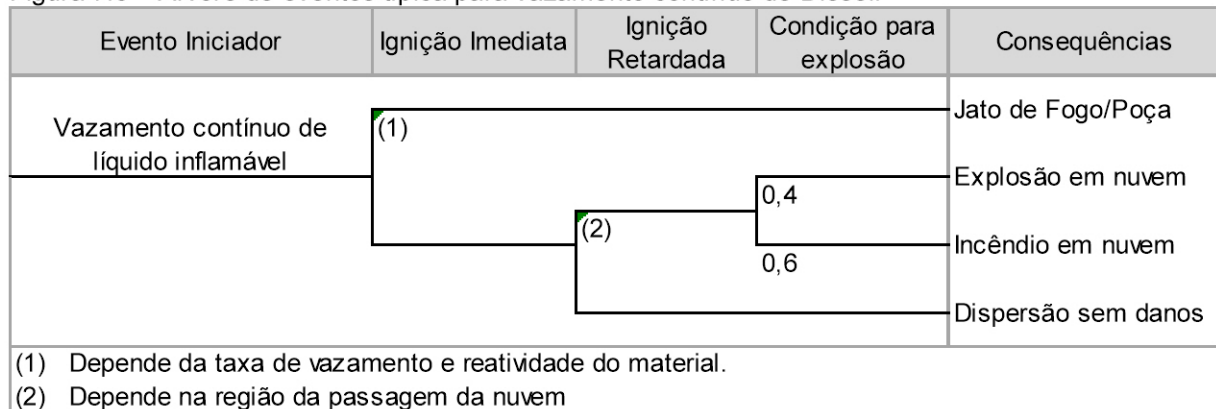


7.6.1.6 Árvore de eventos

A perda da contenção no armazenamento ou transporte de substâncias inflamáveis, pode possibilitar diversos desdobramentos acidentais. No cálculo das consequências é levado em consideração cada possível efeito que decorra de uma perda de contenção.

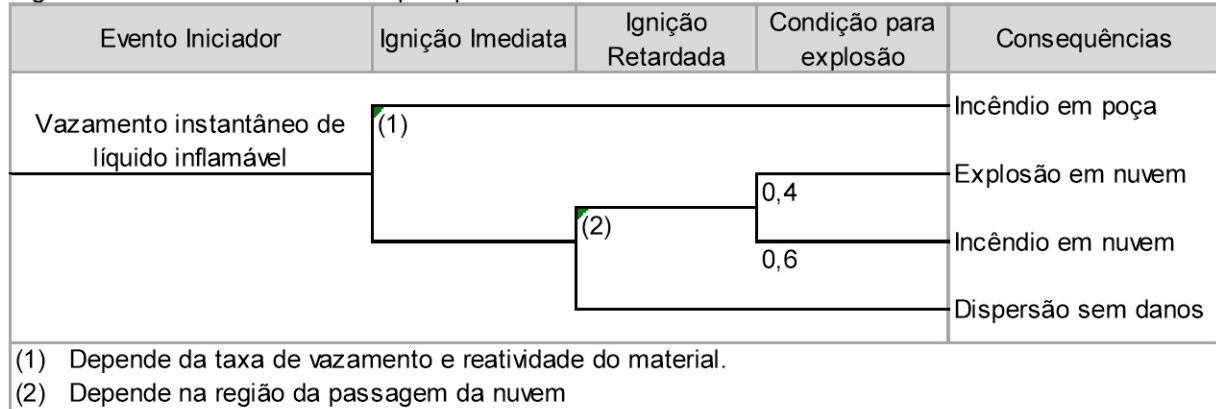
As árvores de eventos apresentadas na Figura 7.6 e na Figura 7.7 representam uma árvore típica. A elaboração desta árvore teve como base o Software *PHAST RISK* e o manual da CETESB.

Figura 7.6 – Árvore de eventos típica para vazamento contínuo de Diesel.



Fonte: CETESB/P4.261

Figura 7.7 – Árvore de eventos típica para vazamento catastrófica de Diesel.



Fonte: CETESB/P4.261

7.6.1.7 Dados climatológicos

A realização de Análise de Consequências leva em consideração as condições meteorológicas da região, ou seja, uma determinada condição de incidência de vento sobre as demais condições atmosféricas da região. Os dados meteorológicos podem ser consultados no item 7.2.2.3, onde se encontra os dados de forma resumida, e também pode-se consultar no anexo G o laudo completo do meteorologista.

A rugosidade de superfície depende basicamente da quantidade e altura de obstáculos (edificações, equipamentos e elevações) existentes na região. Normalmente utiliza-se os seguintes valores típicos para este parâmetro:

Superfície Marítima	0,06
Planícies	0,06
Campo aberto	0,09
Área pouco ocupada:	0,11
Área de floresta, rural ou industrial	0,17
Área urbana	0,33

Neste estudo, como se trata de uma área rural e de floresta, foi utilizado o valor de rugosidade igual 0,17.

7.6.2 Dados de entrada

A seguir estão apresentados os dados de entrada dos cenários a serem avaliados neste estudo. As considerações utilizadas para a determinação dos diâmetros dos furos podem ser consultadas no item 7.6.1.3.

Quadro 7.19 – Dados de entrada para simulação.

Hipótese	Descrição	Produto	Diametro do Vazamentos (mm)	Pressão (bar)	Temp. (°C)	Direção do Vazamento	Elevação
Carregamento							
2	Médio Vazamento no Mangote	Diesel	10.16	1	25	A, H, I e V	1
3	Grande Vazamento no Mangote	Diesel	101.6	1	25	A, H, I e V	1
5	Médio Vazamento na linha de saída de 4" do mangote passando pelo filtro até a entrada da bomba de descarregamento	Diesel	10.16	1	25	A, H, I e V	1
6	Grande Vazamento na linha de saída de 4" do mangote passando pelo filtro até a entrada da bomba de descarregamento	Diesel	101.6	1	25	A, H, I e V	1
8	Médio Vazamento na linha de 4" de saída da bomba de descarregamento até a entrada no tanque	Diesel	10.16	2	25	A, H, I e V	1
9	Grande Vazamento na linha de 4" de saída da bomba de descarregamento até a entrada no tanque	Diesel	101.6	2	25	A, H, I e V	1
10	Rompimento Catastrófico do tanque de óleo diesel	Diesel	-	Atmosférica	25	Todas as direções	1
Distribuição							
12	Médio Vazamento na linha de 2,5" de saída do tanque de óleo diesel passando pelo filtro até a entrada da bomba de óleo diesel	Diesel	6.35	1.5	25	A, H, I e V	1
13	Grande Vazamento na linha de 2,5" de saída do tanque de óleo diesel passando pelo filtro até a entrada da bomba de óleo diesel	Diesel	63.5	1.5	25	A, H, I e V	1

A = Angular; H=Horizontal; I=Impinge; V=Vertical.

Hipótese	Descrição	Produto	Diametro do Vazamentos (mm)	Pressão (bar)	Temp. (°C)	Direção do Vazamento	Elevação
Distribuição							
15	Médio Vazamento na saída da bomba de óleo diesel até a entrada na Caldeira unidade 1 e 2 e linha de 1 in para o gerador de emergência.	Diesel	6.35	8	25	A, H, I e V	1
16	Grande Vazamento na saída da bomba de óleo diesel até a entrada na Caldeira unidade 1 e 2 e linha de 1 in para o gerador de emergência.	Diesel	63.5	8	25	A, H, I e V	1
Retorno							
18	Médio Vazamento na linha de 2,5" de retorno da Caldeira até a entrada da bomba de drenos	Diesel	6.35	8	25	A, H, I e V	1
19	Grande Vazamento na linha de 2,5" de retorno da Caldeira até a entrada da bomba de drenos	Diesel	63.5	8	25	A, H, I e V	1
21	Médio Vazamento na linha de 2,5" de saída da bomba de drenos até a entrada do Tanque de coleta drenos	Diesel	6.35	8	25	A, H, I e V	1
22	Grande Vazamento na linha de 2,5" de saída da bomba de drenos até a entrada do Tanque de coleta drenos	Diesel	63.5	8	25	A, H, I e V	1
23	Rompimento Catastrófico do Tanque de coleta drenos	Diesel	-	Atmosférica	25	Todas as direções	1
Hidrogênio							
24	Vazamento de H2 pelos cilindros (operação de carregamento)	Hidrogênio	25	3,5	25	A, H, I e V	1
25	Rompimento catastrófico de cilindro de H2	Hidrogênio	-	3,5	25	Todas as direções	1
26	Grande vazamento linha de H2 proveniente da saída do cilindro até o gerador (Saída bateria garrafas)	Hidrogênio	28	2,5	25	A, H, I e V	1
27	Grande vazamento linha de H2 proveniente da saída do cilindro até o gerador (Entrada do Gerador)	Hidrogênio	57	2,5	25	A, H, I e V	1

A = Angular; H=Horizontal; I=Impinge; V=Vertical.

7.6.3 Resultados das simulações

As considerações realizadas para as simulações estão descritas abaixo:

- Nas hipóteses de ruptura de linha adotou-se comprimento da tubulação como 1 metro.
- Os valores destacados são os valores dos maiores alcances de cada efeito para cada subsistema.
- As hipóteses referentes à grande vazamento de equipamento foram agrupadas com os grandes vazamentos de linha, considerando a maior linha (de entrada ou saída do equipamento).
- Os resultados das simulações podem ser observados no Anexo D (em formato eletrônico).
- Para os grandes vazamentos, a taxa de liberação foi limitada pela vazão da bomba.

Quadro 7.20 – Resultados das simulações

TIPOLOGIA ACIDENTAL																	
Cenário	Direção de Vazamento	Clima	Incêndio em Jato				Incêndio em Poça				Flash Fire	Explosão				Tipo	
			3	12,5	37,5	44,0	3,0	12,5	37,5	44,0		Tipo	0,05	0,1	0,3		0,4
			kW/m ²				kW/m ²						LII	bar			
Carregamento																	
Cenário 002	Angular	Dia	9,53	5,17	-	-	46,74	30,12	16,41	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	9,17	4,82	-	-	45,19	28,12	15,86	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	5,77	3,76	2,55	-	41,71	24,83	11,14	-	I.R.	4,29	-	-	-	-	-
		Noite	5,90	3,87	-	-	40,66	23,34	11,12	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Impinge	Dia	-	-	-	-	37,42	20,44	6,76	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	36,38	18,96	6,76	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Vertical	Dia	9,44	5,27	3,00	-	45,87	29,29	15,58	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	9,21	4,71	-	-	43,64	26,60	14,34	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
Cenário 003	Angular	Dia	22,75	12,71	7,83	6,31	113,91	45,62	-	-	I.R.	10,09	35,52	23,78	15,45	13,95	E.R.
		Noite	21,58	11,60	-	-	109,42	44,61	-	-	I.R.	10,26	33,17	22,51	14,95	13,58	E.R.
	Horizontal	Dia	12,90	9,10	7,27	7,07	107,89	39,38	-	-	I.R.	10,55	36,20	24,15	15,60	14,05	E.R.
		Noite	13,08	9,33	7,52	7,43	103,59	38,60	-	-	I.R.	6,95	-	-	-	-	E.R.
	Impinge	Dia	-	-	-	-	103,09	34,52	-	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	98,75	33,65	-	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Vertical	Dia	25,40	14,31	8,99	8,39	110,58	42,40	-	-	I.R.	5,90	-	-	-	-	-
		Noite	24,49	12,84	7,71	6,55	104,04	39,33	-	-	I.R.	4,30	-	-	-	-	-

TIPOLOGIA ACIDENTAL																	
Cenário	Direção de Vazamento	Clima	Incêndio em Jato				Incêndio em Poça				Tipo	Flash Fire LII	Explosão				Tipo
			3	12,5	37,5	44,0	3,0	12,5	37,5	44,0			0,05	0,1	0,3	0,4	
			kW/m ²				kW/m ²						bar				
Cenário 005	Angular	Dia	9,53	5,17	-	-	46,74	30,12	16,41	-	I.R.	-	-	-	-	-	
		Noite	9,17	4,82	-	-	45,19	28,12	15,86	-	I.R.	-	-	-	-	-	
	Horizontal	Dia	5,77	3,76	2,55	-	41,71	24,83	11,14	-	I.R.	4,29	-	-	-	-	
		Noite	5,90	3,87	-	-	40,66	23,34	11,12	-	I.R.	-	-	-	-	-	
	Impinge	Dia	-	-	-	-	37,42	20,44	6,76	-	I.R.	-	-	-	-	-	
		Noite	-	-	-	-	36,38	18,96	6,76	-	I.R.	-	-	-	-	-	
	Vertical	Dia	9,44	5,27	3,00	-	45,87	29,29	15,58	-	I.R.	-	-	-	-	-	
		Noite	9,21	4,71	-	-	43,64	26,60	14,34	-	I.R.	-	-	-	-	-	
Cenário 006	Angular	Dia	22,75	12,71	7,83	6,31	113,91	45,62	-	-	I.R.	10,09	35,52	23,78	15,45	13,95	E.R.
		Noite	21,58	11,60	-	-	109,42	44,61	-	-	I.R.	10,26	33,17	22,51	14,95	13,58	E.R.
	Horizontal	Dia	12,90	9,10	7,27	7,07	107,89	39,38	-	-	I.R.	10,55	36,20	24,15	15,60	14,05	E.R.
		Noite	13,08	9,33	7,52	7,43	103,59	38,60	-	-	I.R.	6,95	-	-	-	-	E.R.
	Impinge	Dia	-	-	-	-	81,87	26,46	8,35	-	I.R.	-	-	-	-	-	
		Noite	-	-	-	-	78,43	25,78	8,40	-	I.R.	-	-	-	-	-	
	Vertical	Dia	25,40	14,31	8,99	8,39	110,58	42,40	-	-	I.R.	5,90	-	-	-	-	
		Noite	24,49	12,84	7,71	6,55	104,04	39,33	-	-	I.R.	4,30	-	-	-	-	
Cenário 008	Angular	Dia	19,36	10,67	6,54	5,36	54,74	36,76	23,28	-	I.R.	-	-	-	-	-	
		Noite	18,28	9,71	-	-	52,34	33,75	21,87	-	I.R.	-	-	-	-	-	
	Horizontal	Dia	10,73	7,38	5,84	5,84	46,12	26,49	13,76	-	I.R.	5,85	-	-	-	-	
		Noite	10,55	7,34	6,01	6,01	45,01	24,95	13,70	-	I.R.	5,81	-	-	-	-	
	Impinge	Dia	-	-	-	-	40,42	20,47	7,86	-	I.R.	-	-	-	-	-	
		Noite	-	-	-	-	39,38	19,00	7,86	-	I.R.	-	-	-	-	-	
	Vertical	Dia	19,75	10,93	6,75	6,25	53,73	36,03	22,48	-	I.R.	-	-	-	-	-	
		Noite	19,00	9,82	5,66	6,25	50,33	32,08	20,09	-	I.R.	-	-	-	-	-	

TIPOLOGIA ACIDENTAL																	
Cenário	Direção de Vazamento	Clima	Incêndio em Jato				Incêndio em Poça				Tipo	Flash Fire LII	Explosão				Tipo
			3	12,5	37,5	44,0	3,0	12,5	37,5	44,0			0,05	0,1	0,3	0,4	
			kW/m ²				kW/m ²						bar				
Cenário 009	Angular	Dia	37,71	20,53	12,98	11,54	118,66	50,93	-	-	I.R.	14,92	-	-	-	-	-
		Noite	35,02	18,67	8,45	3,97	114,30	49,88	-	-	I.R.	14,70	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	18,75	13,18	10,63	10,32	109,35	40,92	-	-	I.R.	11,00	32,78	22,30	14,87	13,52	E.R.
		Noite	18,89	13,43	10,88	10,57	105,07	40,15	-	-	I.R.	6,50	0,00	0,00	0,00	0,00	E.R.
	Impinge	Dia	-	-	-	-	103,09	34,52	-	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	98,75	33,65	-	-	I.R.	-	-	-	-	-	-
Vertical	Dia	41,11	22,64	14,18	13,28	113,64	46,18	-	-	I.R.	-	-	-	-	-	-	
	Noite	38,80	20,18	12,47	11,14	107,20	43,02	-	-	I.R.	-	-	-	-	-	-	
Cenário 010	Todas as direções	Dia	-	-	-	-	50,96	19,05	-	-	I.R.	15,49	35,68	23,87	15,49	13,97	E.R.
		Noite	-	-	-	-	49,42	18,10	-	-	I.R.	15,37	35,64	23,84	15,48	13,96	E.R.
Distribuição																	
Cenário 012	Angular	Dia	8,75	4,72	-	-	40,29	27,47	15,60	14,82	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	8,40	4,38	-	-	38,86	25,65	14,57	13,96	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	5,53	3,57	-	-	35,33	22,21	10,04	9,38	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	5,54	3,60	-	-	34,61	21,10	9,78	9,29	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Impinge	Dia	-	-	-	-	31,12	17,87	5,57	4,99	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	30,47	16,84	5,41	4,99	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Vertical	Dia	8,59	4,75	2,58	-	39,52	26,74	14,91	14,11	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	8,36	4,23	-	-	37,49	24,32	13,26	12,65	I.R.	-	-	-	-	-	-
Cenário 013	Angular	Dia	19,69	10,94	6,60	4,66	81,10	34,31	18,98	18,98	I.R.	10,40	-	-	-	-	-
		Noite	18,80	10,08	-	-	78,10	33,42	18,80	18,80	I.R.	-	0,00	0,00	0,00	0,00	E.R.
	Horizontal	Dia	10,61	7,40	6,03	6,03	74,55	27,48	12,03	12,03	I.R.	5,14	-	-	-	-	-
		Noite	10,84	7,64	6,36	6,36	71,78	26,80	12,12	12,12	I.R.	5,20	-	-	-	-	-
	Impinge	Dia	-	-	-	-	69,47	22,33	6,86	6,86	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	66,64	21,60	6,90	6,90	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Vertical	Dia	20,81	11,71	7,31	6,79	78,79	32,10	16,80	16,80	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	20,16	10,52	6,13	4,94	74,48	29,88	15,30	15,30	I.R.	-	-	-	-	-	-

TIPOLOGIA ACIDENTAL																	
Cenário	Direção de Vazamento	Clima	Incêndio em Jato				Incêndio em Poça				Flash Fire	Explosão				Tipo	
			3	12,5	37,5	44,0	3,0	12,5	37,5	44,0		Tipo	0,05	0,1	0,3		0,4
			kW/m ²				kW/m ²					LII	bar				
Cenário 015	Angular	Dia	22,25	12,68	8,08	7,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Noite	22,46	12,21	7,37	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	24,61	16,95	13,54	13,15	47,78	33,32	19,92	19,92	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	23,97	16,78	13,55	13,17	46,87	30,92	18,60	18,60	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Impinge	Dia	-	-	-	-	38,28	20,62	7,06	7,06	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	37,17	19,10	7,06	7,06	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Vertical	Dia	21,04	11,43	6,99	6,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Noite	21,00	10,84	6,13	5,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cenário 016	Angular	Dia	65,25	35,06	22,39	20,48	96,35	57,04	42,94	42,91	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	62,44	33,19	20,59	18,03	91,32	51,29	37,74	37,74	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	28,46	19,70	15,78	15,33	78,99	32,50	17,27	17,27	I.R.	10,38	30,72	21,19	14,43	13,20	E.R.
		Noite	27,38	19,22	15,52	15,09	76,24	31,77	17,22	17,22	I.R.	10,28	28,43	19,95	13,94	12,85	E.R.
	Impinge	Dia	-	-	-	-	69,47	22,34	6,86	6,86	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	66,64	21,60	6,90	6,90	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Vertical	Dia	57,65	30,75	19,29	17,86	95,09	59,09	45,69	45,07	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	60,89	31,52	19,27	17,37	86,11	48,39	35,03	35,03	I.R.	-	-	-	-	-	-
Retorno																	
Cenário 018	Angular	Dia	22,25	12,68	8,08	7,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Noite	22,46	12,21	7,37	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	24,61	16,95	13,54	13,15	47,78	33,32	19,92	19,92	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	23,97	16,78	13,55	13,17	46,87	30,92	18,60	18,60	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Impinge	Dia	-	-	-	-	38,28	20,62	7,06	7,06	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	37,17	19,10	7,06	7,06	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Vertical	Dia	21,04	11,43	6,99	6,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Noite	21,00	10,84	6,13	5,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TIPOLOGIA ACIDENTAL																	
Cenário	Direção de Vazamento	Clima	Incêndio em Jato				Incêndio em Poça				Tipo	Flash Fire LII	Explosão				Tipo
			3	12,5	37,5	44,0	3,0	12,5	37,5	44,0			0,05	0,1	0,3	0,4	
			kW/m ²				kW/m ²						bar				
Cenário 019	Angular	Dia	56,10	30,27	19,32	17,63	88,69	54,17	40,68	39,95	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	54,65	29,06	17,65	15,13	83,67	48,17	35,17	34,87	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	25,58	17,72	14,19	13,78	71,38	30,02	15,75	15,75	I.R.	9,76	-	-	-	-	-
		Noite	24,54	17,24	13,92	13,52	69,03	29,24	15,69	15,69	I.R.	9,65	-	-	-	-	-
	Impinge	Dia	-	-	-	-	62,39	20,50	5,97	5,97	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	59,98	19,65	6,00	6,00	I.R.	-	-	-	-	-	-
Vertical	Dia	50,59	27,14	16,99	15,77	88,34	56,94	43,38	42,26	I.R.	-	-	-	-	-	-	
	Noite	53,48	27,63	17,01	15,37	79,83	46,39	33,62	33,00	I.R.	-	-	-	-	-	-	
Cenário 021	Angular	Dia	22,25	12,68	8,08	7,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Noite	22,46	12,21	7,37	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	24,61	16,95	13,54	13,15	47,78	33,32	19,92	19,92	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	23,97	16,78	13,55	13,17	46,87	30,92	18,60	18,60	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Impinge	Dia	-	-	-	-	38,28	20,62	7,06	7,06	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	37,17	19,10	7,06	7,06	I.R.	-	-	-	-	-	-
Vertical	Dia	21,04	11,43	6,99	6,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Noite	21,00	10,84	6,13	5,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cenário 022	Angular	Dia	56,10	30,27	19,32	17,63	88,69	54,17	40,68	39,95	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	54,65	29,06	17,65	15,13	83,67	48,17	35,17	34,87	I.R.	-	-	-	-	-	-
	Horizontal	Dia	25,58	17,72	14,19	13,78	71,38	30,02	15,75	15,75	I.R.	9,76	-	-	-	-	-
		Noite	24,54	17,24	13,92	13,52	69,03	29,24	15,69	15,69	I.R.	9,65	-	-	-	-	-
	Impinge	Dia	-	-	-	-	62,39	20,50	5,97	5,97	I.R.	-	-	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	59,98	19,65	6,00	6,00	I.R.	-	-	-	-	-	-
Vertical	Dia	50,59	27,14	16,99	15,77	88,34	56,94	43,38	42,26	I.R.	-	-	-	-	-	-	
	Noite	53,48	27,63	17,01	15,37	79,83	46,39	33,62	33,00	I.R.	-	-	-	-	-	-	
Cenário 023	Todas direções	as	Dia	-	-	-	-	50,96	19,05	-	-	I.R.	2,87	-	-	-	-
		Noite	-	-	-	-	10,66	6,23	2,76	2,26	I.R.	1,79	-	-	-	-	-
Hidrogênio																	

TIPOLOGIA ACIDENTAL																	
Cenário	Direção de Vazamento	Clima	Incêndio em Jato				Incêndio em Poça				Flash Fire	Explosão				Tipo	
			3	12,5	37,5	44,0	3,0	12,5	37,5	44,0		Tipo	0,05	0,1	0,3		0,4
			kW/m ²				kW/m ²					LII	bar				
Cenário 024	Angular	Dia	52,63	26,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	52,85	22,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Horizontal	Dia	9,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	9,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Impinge	Dia	4,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	4,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vertical	Dia	5,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Noite	5,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Cenário 025	Todas as direções	Dia	-	-	-	-	-	-	-	-	42,90	526,49	284,24	112,46	81,40	E.I	
		Noite	-	-	-	-	-	-	-	-	39,34	526,49	284,24	112,46	81,40		
Cenário 026	Angular	Dia	8,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Horizontal	Dia	4,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	4,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Impinge	Dia	4,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	4,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vertical	Dia	5,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Noite	4,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Cenário 027	Angular	Dia	14,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	15,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Horizontal	Dia	9,09	5,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	9,21	4,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Impinge	Dia	9,09	5,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Noite	9,21	4,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vertical	Dia	10,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Noite	9,29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

7.6.3.1 Resultado das simulações referente ao efeito bola de fogo

Os efeitos de radiação para bola de fogo são transientes, com tempos inferiores a 5 segundos, como pode ser observado no Quadro abaixo. Destaca-se que para a Bola de Fogo os alcances e os níveis de radiação referentes às letalidades de 1% e 50% foram calculados em função do tempo de duração do evento.

Quadro 7.21 – Resultados das simulações referente a bola de fogo.

Hipótese	Massa de bola de fogo (kg)	Tempo de duração (s)	Alcance (m)		
			3 kW/m ²	1% Letalidade (kW/m ²)	50% Letalidade (kW/m ²)
25	920,14	5	263,79	75,10 (27,75)	36,79 (50,87)

O mapa dos efeitos físicos para a bola de fogo pode ser consultado no anexo E.

7.6.4 Análise de vulnerabilidade

A análise de vulnerabilidade consiste de modelos e técnicas para estimativa das áreas potencialmente sujeitas aos efeitos danosos de liberações acidentais de substâncias perigosas ou de energia de forma descontrolada. Estas liberações descontroladas geram os chamados efeitos físicos de acidentes (sobrepessão, fluxo térmico e nuvens de gases tóxicos) que potencialmente podem gerar danos às pessoas e/ou instalações.

A extensão dos possíveis danos (fatalidades, ferimentos e prejuízos materiais) é delimitada pela intensidade do efeito físico causador do dano. O modelo mais utilizado para determinar a relação entre a intensidade do efeito físico e o dano correspondente é o Modelo de Vulnerabilidade de Eisenberg, desenvolvido para Guarda Costeira dos Estados Unidos, que tem como base as equações *Probit* (*Probability Unit*). Estas equações permitem prever a probabilidade de se observar um dano a um indivíduo ou a percentagem esperada de pessoas da população expostas ao efeito físico que efetivamente sofrerá aquele dano.

Para os eventos jato de fogo, incêndio em poça, incêndio em nuvem e explosão, as vulnerabilidades estão diretamente relacionadas ao valor dos efeitos físicos, sendo a correlação apresentada no item 7.6.1.1. Para cálculo da letalidade do evento bola de fogo, deve-se calcular além da radiação o tempo de exposição ao evento, pois o evento bola de fogo é de curta duração.

E, para os efeitos de toxidez, o cálculo de letalidade depende da dose do produto que um indivíduo é exposto. Para calcular a dose deve-se levar em consideração duas variáveis, a concentração de produto no ar e o tempo de passagem da nuvem, lembrando que a concentração de produto varia de acordo com a passagem da nuvem.

7.6.5 Efeito dominó

O efeito dominó é definido como uma sucessão de eventos desencadeados após a ocorrência de um evento inicial, provocando uma série de outras consequências em instalações circunvizinhas que possuam produtos perigosos. O

objetivo é verificar a possibilidade de ocorrência de novos cenários com igual ou maior magnitude.

O efeito dominó ocorre se pelo menos um dos dois seguintes efeitos vier a ocorrer:

1. Sobrepressão: os valores de sobrepressão devem ser suficientes para causar danos em estruturas ou equipamentos circunvizinhos, e conseqüentemente causar um novo vazamento.

De acordo com o livro *Green Book* Capítulo 2, página 47, Tabela 5 temos a seguinte correlação entre a sobrepressão e o dano produzido conforme apresentado no Quadro 7.22.

Quadro 7.22 – Correlações entre sobrepressão e danos produzidos.

Sobrepressão	Descrição do Dano
0,30 bar	Colapso de estruturas industriais de aço e de tanques de armazenagem de óleo
0,35 -0,40 bar	Deslocamento e danos à tubulação
0,40 – 0,55 bar	Colapso da tubulação

Fonte: CETESB/P4.261.

No item 7.5.3 pode-se observar os alcances das ondas de sobrepressão que podem causar danos a outras estruturas. Pode-se verificar também a plotagem dos maiores alcances das ondas de sobrepressão no Anexo D. Analisando os dados pode-se afirmar que existe a possibilidade de efeito dominó por efeito de sobrepressão, porém não ultrapassa o interior da unidade.

2. Radiação Térmica: para que o efeito dominó tenha início por radiação térmica, além dos elevados valores de radiação térmica, há a necessidade de um prolongado tempo de exposição para que possa causar o dano estimado.

De acordo com o *Green Book* do TNO, a carga térmica necessária para que um equipamento sofra danos estruturais, é de 100 kW/m², durante um intervalo de tempo de 20 minutos.

No item 7.5.3 pode-se observar os alcances das ondas de radiação que podem causar danos a outras estruturas. Pode-se verificar também a plotagem dos maiores alcances das ondas de radiação no Anexo D. Analisando aos dados pode-se afirmar que existe a possibilidade de efeito dominó por efeito de radiação, mas somente no interior da unidade.

7.7 ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIAS

Este capítulo tem por objetivo apresentar a estimativa das frequências de ocorrência dos cenários acidentais levantados no item 7.5. A estimativa das frequências será utilizada no cálculo dos riscos (análise quantitativa) gerados por cenários acidentais.

7.7.1 Determinação das taxas de falhas

Como referências para determinação das taxas de falhas foram utilizados os dados apresentados nos seguintes bancos de dados:

- *Manual Bevi Risk Assessments*, visto este apresentar taxas de falhas para linhas incluindo válvulas, flanges e conexões.
- *API Publication 581*: Publicação do *American Petroleum Institute*, a qual apresenta dados de frequência de falhas de equipamentos, com especificação de dimensão de furos.

As frequências bases podem ser observadas no item 7.4 – Análise Histórica.

7.7.2 Premissas para cálculo das frequências dos cenários

O programa *PHAST RISK*, que foi utilizado para cálculo dos riscos da unidade, permite utilizar uma árvore de eventos com o objetivo de avaliar as frequências de cada um dos cenários de acidente.

Para cada um dos eventos iniciadores (EI), multiplicando o valor da frequência do EI pelas probabilidades de cada uma das ramificações dos itens do cabeçalho da árvore de eventos.

A árvore de eventos leva em consideração a ocorrência ou não de várias premissas até a obtenção das taxas de frequência de ocorrência dos possíveis cenários acidentais, como por exemplo:

- Ignição imediata, retardada ou não ignição;
- Probabilidades de direção dos vazamentos;
- Ocorrência diurna ou noturna;
- Direção e velocidade dos ventos, etc.

A dispersão da nuvem depende, fundamentalmente, da velocidade do vento e do grau de turbulência da atmosfera no momento da ocorrência do evento, o que é calculada automaticamente pelo software.

Os dados de inputs para utilização no programa *PHAST RISK*, estão relacionados a seguir.

7.7.2.1 Direção e velocidade do vento

No presente estudo, foram considerados os valores de direção e velocidade do vento para o período diurno e noturno. Para melhor representação no cálculo do risco, foram consideradas 8 direções de vento, conforme apresentado no item 7.2.2.3 Dados meteorológicos.

7.7.2.2 Ignição imediata

A probabilidade de ignição imediata foi calculada pelo software, levando em consideração a reatividade do material e a taxa de vazamento, conforme apresentado no Quadro 7.23.

Quadro 7.23 – Probabilidades para ignição imediata.

Tipo de vazamento		Substância		
Contínuo	Instantâneo	Líquidos	Gases de baixa reatividade	Gases de alta reatividade
< 10 Kg/s	< 1000 Kg	0,065	0,02	0,2
10 – 100 kg/s	1000 – 10000 Kg	0,065	0,04	0,5
> 100 Kg/s	> 10000 Kg	0,065	0,09	0,7

Fonte: Tabela 4.5 – Purple Book.

7.7.2.3 Ignição retardada

Para o cálculo da probabilidade de ignição retardada foi considerado, para a UTE Pampa, o valor de 0,5, conforme estabelecido por Lees – Volume 3 – pág. A7/32 e apresentado no Quadro 7.24.

Quadro 7.24 – Probabilidades para ignição retardada.

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

Fonte: Lees – Volume 3 – pág. A7/32

Para este estudo, não foi necessário considerar a ignição dos carros, visto a nuvem de Inflamabilidade não atingir nenhuma rua externa à instalação.

Na Figura 7.8 podem ser visualizadas as fontes de ignição consideradas no estudo.

Figura 7.8 – Localização das fontes de ignição



7.7.2.4 Probabilidade de explosão ou incêndio em nuvem

A ocorrência da ignição retardada pode originar, basicamente, duas tipologias acidentais diferentes: Explosão de Nuvem de Vapor (VCE) e Flash Fire.

Foi adotado o exposto no item 3.4.6.9, página 22-44 do Manual Bevi Risk Assessments, onde tem-se os seguintes valores para as probabilidades de ocorrência de cada uma das tipologias: 40% para VCE; e 60% para *flash fire*.

7.7.2.5 Probabilidade de confinamento

Para esta estimativa, levou-se em consideração a possibilidade de confinamento existente na área em que a nuvem poderá ser ignitada. O valor “0” é adotado para um espaço aberto, enquanto que o valor “1” é para um ambiente hermeticamente fechado.

Para as áreas que serão atingidas pelos efeitos de inflamabilidade, adotou-se, conservativamente uma probabilidade de confinamento igual a 1.

7.7.2.6 Direções de vazamento

No item 7.6.1.5 as possibilidades de direção de um eventual vazamento em tubulação foram apresentadas. A probabilidade para cada direção foi adotada conforme a norma CETESB: 12,5% vertical; 25% angular; 25% horizontal; 37,5% impinge. Para eventos de rompimento catastrófico e explosões, a direção adotada é descrita como “Todas as Direções”, pois se trata de uma liberação omnidirecional.

7.7.2.7 Árvore de eventos

Na ocorrência de um desprendimento de material existem várias possibilidade de desdobramento dos cenários. As árvores de eventos abaixo demonstram os possíveis desdobramentos dos cenários acidentais, de acordo com o tipo de vazamento (contínuo ou instantâneo) e de acordo com o produto.

Figura 7.9 – Árvore de eventos para vazamentos contínuos para líquidos inflamáveis.

Evento Iniciador	Ignição Imediata	Ignição Retardada	Condição para explosão	Consequências	
Vazamento contínuo de líquido inflamável	(1)			Jato de Fogo/Poça	
			0.4	Explosão em nuvem	
	(2)		0.6	Incêndio em nuvem	
				Dispersão sem danos	
	(1) Depende da taxa de vazamento e reatividade do material.				
	(2) Depende na região da passagem da nuvem				

Fonte: CETESB/P4.261

Figura 7.70 – Árvore de eventos para vazamentos instantâneos para líquidos inflamáveis

Evento Iniciador	Ignição Imediata	Ignição Retardada	Condição para explosão	Consequências
Vazamento instantâneo de líquido inflamável	(1)			Incêndio em poça
				Explosão em nuvem
		(2)	0.4	Incêndio em nuvem
			0.6	
				Dispersão sem danos

(1) Depende da taxa de vazamento e reatividade do material.
(2) Depende na região da passagem da nuvem

Fonte: CETESB/P4.261

7.7.2.8 Frequência de vazamentos

No Quadro 7.25 estão apresentadas as frequências de ocorrências por tipo de linhas/equipamentos referente a cada uma das hipóteses acidentais estudadas.

Quadro 7.25 – Frequências utilizada no estudo.

Hipótese	Descrição dos Cenários	Frequência (oc./m.ano)	Quant. Equip./trecho de linhas	Direção do Vazamento	Probab. Direção	Frequência utilizada no estudo
Carregamento						
2	Médio Vazamento no Mangote	2.00E-06	30	Angular	25.0%	1.50E-05
				Horizontal	25.0%	1.50E-05
				Impinge	37.5%	2.25E-05
				Vertical	12.5%	7.50E-06
3	Grande Vazamento no Mangote	3.00E-07	30	Angular	25.0%	2.25E-06
				Horizontal	25.0%	2.25E-06
				Impinge	37.5%	3.38E-06
				Vertical	12.5%	1.13E-06
5	Médio Vazamento na linha de saída de 4" do mangote passando pelo filtro até a entrada da bomba de descarregamento	2.00E-06	30	Angular	25.0%	1.50E-05
				Horizontal	25.0%	1.50E-05
				Impinge	37.5%	2.25E-05
				Vertical	12.5%	7.50E-06
6	Grande Vazamento na linha de saída de 4" do mangote passando pelo filtro até a entrada da bomba de descarregamento	3.00E-07	30	Angular	25.0%	2.25E-06
				Horizontal	25.0%	2.25E-06
				Impinge	37.5%	3.38E-06
				Vertical	12.5%	1.13E-06
8	Médio Vazamento na linha de 4" de saída da bomba de descarregamento até a entrada no tanque	2.00E-06	30	Angular	25.0%	1.50E-05
				Horizontal	25.0%	1.50E-05
				Impinge	37.5%	2.25E-05
				Vertical	12.5%	7.50E-06

Hipótese	Descrição dos Cenários	Frequência (oc./m.ano)	Quant. Equip./trecho de linhas	Direção do Vazamento	Probab. Direção	Frequência utilizada no estudo
9	Grande Vazamento na linha de 4" de saída da bomba de descarregamento até a entrada no tanque	3.00E-07	30	Angular	25.0%	2.25E-06
				Horizontal	25.0%	2.25E-06
				Impinge	37.5%	3.38E-06
				Vertical	12.5%	1.13E-06
8a	Médio Vazamento na bomba de descarregamento	2.00E-05	2	Angular	25.0%	1.00E-05
				Horizontal	25.0%	1.00E-05
				Impinge	37.5%	1.50E-05
				Vertical	12.5%	5.00E-06
9a	Grande Vazamento na bomba de descarregamento	2.00E-06	2	Angular	25.0%	1.00E-06
				Horizontal	25.0%	1.00E-06
				Impinge	37.5%	1.50E-06
				Vertical	12.5%	5.00E-07
10	Rompimento Catastrófico do tanque de óleo diesel	5.10E-06	2	Todas as direções	100.0%	1.02E-05
Distribuição						
12	Médio Vazamento na linha de 2,5" de saída do tanque de óleo diesel passando pelo filtro até a entrada da bomba de óleo diesel	5.00E-06	30	Angular	25.0%	3.75E-05
				Horizontal	25.0%	3.75E-05
				Impinge	37.5%	5.63E-05
				Vertical	12.5%	1.88E-05
13	Grande Vazamento na linha de 2,5" de saída do tanque de óleo diesel passando pelo filtro até a entrada da bomba de óleo diesel	1.00E-06	30	Angular	25.0%	7.50E-06
				Horizontal	25.0%	7.50E-06
				Impinge	37.5%	1.13E-05
				Vertical	12.5%	3.75E-06
15	Médio Vazamento na saída da bomba de óleo diesel até a entrada na Caldeira unidade 2	5.00E-06	30	Angular	25.0%	3.75E-05
				Horizontal	25.0%	3.75E-05
				Impinge	37.5%	5.63E-05
				Vertical	12.5%	1.88E-05
16	Grande Vazamento na saída da bomba de óleo diesel até a entrada na Caldeira unidade 2	1.00E-06	30	Angular	25.0%	7.50E-06
				Horizontal	25.0%	7.50E-06
				Impinge	37.5%	1.13E-05
				Vertical	12.5%	3.75E-06
15a	Médio Vazamento na bomba de óleo diesel	2.00E-05	2	Angular	25.0%	1.00E-05
				Horizontal	25.0%	1.00E-05
				Impinge	37.5%	1.50E-05
				Vertical	12.5%	5.00E-06
16a	Grande Vazamento na bomba de óleo diesel	2.00E-06	2	Angular	25.0%	1.00E-06
				Horizontal	25.0%	1.00E-06
				Impinge	37.5%	1.50E-06
				Vertical	12.5%	5.00E-07

Hipótese	Descrição dos Cenários	Frequência (oc./m.ano)	Quant. Equip./trecho de linhas	Direção do Vazamento	Probab. Direção	Frequência utilizada no estudo
Retorno						
18	Médio Vazamento na linha de 2,5" de retorno da Caldeira até a entrada da bomba de drenos	5.00E-06	30	Angular	25.0%	3.75E-05
				Horizontal	25.0%	3.75E-05
				Impinge	37.5%	5.63E-05
				Vertical	12.5%	1.88E-05
19	Grande Vazamento na linha de 2,5" de retorno da Caldeira até a entrada da bomba de drenos	1.00E-06	30	Angular	25.0%	7.50E-06
				Horizontal	25.0%	7.50E-06
				Impinge	37.5%	1.13E-05
				Vertical	12.5%	3.75E-06
21	Médio Vazamento na linha de 2,5" de saída da bomba de drenos até a entrada do Tanque de coleta drenos	5.00E-06	30	Angular	25.0%	3.75E-05
				Horizontal	25.0%	3.75E-05
				Impinge	37.5%	5.63E-05
				Vertical	12.5%	1.88E-05
Retorno						
22	Grande Vazamento na linha de 2,5" de saída da bomba de drenos até a entrada do Tanque de coleta drenos	1.00E-06	30	Angular	25.0%	7.50E-06
				Horizontal	25.0%	7.50E-06
				Impinge	37.5%	1.13E-05
				Vertical	12.5%	3.75E-06
21a	Médio Vazamento na bomba de drenos	2.00E-05	2	Angular	25.0%	1.00E-05
				Horizontal	25.0%	1.00E-05
				Impinge	37.5%	1.50E-05
				Vertical	12.5%	5.00E-06
22a	Grande Vazamento na bomba de drenos	2.00E-06	2	Angular	25.0%	1.00E-06
				Horizontal	25.0%	1.00E-06
				Impinge	37.5%	1.50E-06
				Vertical	12.5%	5.00E-07
23	Rompimento Catastrófico do Tanque de coleta drenos	5.10E-06	1	Todas as direções	100.0%	5.10E-06
Hidrogênio						
24	Vazamento de H2 pelos cilindros (operação de carregamento).	2.00E-06	6	Angular	25.0%	3.00E-06
				Horizontal	25.0%	3.00E-06
				Impinge	37.5%	4.50E-04
				Vertical	12.5%	1.50E-04
25	Rompimento catastrófico de cilindro de H2.	.6.00E-05	6	Todas as direções	100.0%	3.60E-04
26	Grande vazamento linha de H2 proveniente da saída do cilindro até o gerador (Saída bateria de garrafas).	1.00E-06	110	Angular	25.0%	2,75E-05
				Horizontal	25.0%	2,75E-05
				Impinge	37.5%	4,13E-05
				Vertical	12.5%	1,38E-05
27	Grande vazamento linha de H2 proveniente da saída do cilindro até o gerador (Entrada do gerador).	1.00E-06	110	Angular	25.0%	2,75E-05
				Horizontal	25.0%	2,75E-05
				Impinge	37.5%	4,13E-05
				Vertical	12.5%	1,38E-05

Obs.: O comprimento das linhas internas dentro dos limites de propriedade foi obtido através do layout, sendo que o comprimento mínimo utilizado é de 10m, conforme *Manual Bevi Risk Assessments*.

7.8 AVALIAÇÃO DO RISCO INDIVIDUAL

Neste capítulo apresentamos o cálculo do risco individual gerado pelas instalações da UTE Pampa Sul que é apresentado na forma de curvas de Isorrisco.

7.8.1 Risco Individual

Risco individual é a probabilidade por ano que uma pessoa localizada em um determinado ponto tem de morrer, em consequência de algum acidente ocorrido, neste caso, nas instalações da UTE Pampa Sul.

O risco individual é apresentado de forma gráfica através de um contorno sobre o layout das instalações e circunvizinhanças, e é conhecido como contorno de Isorrisco.

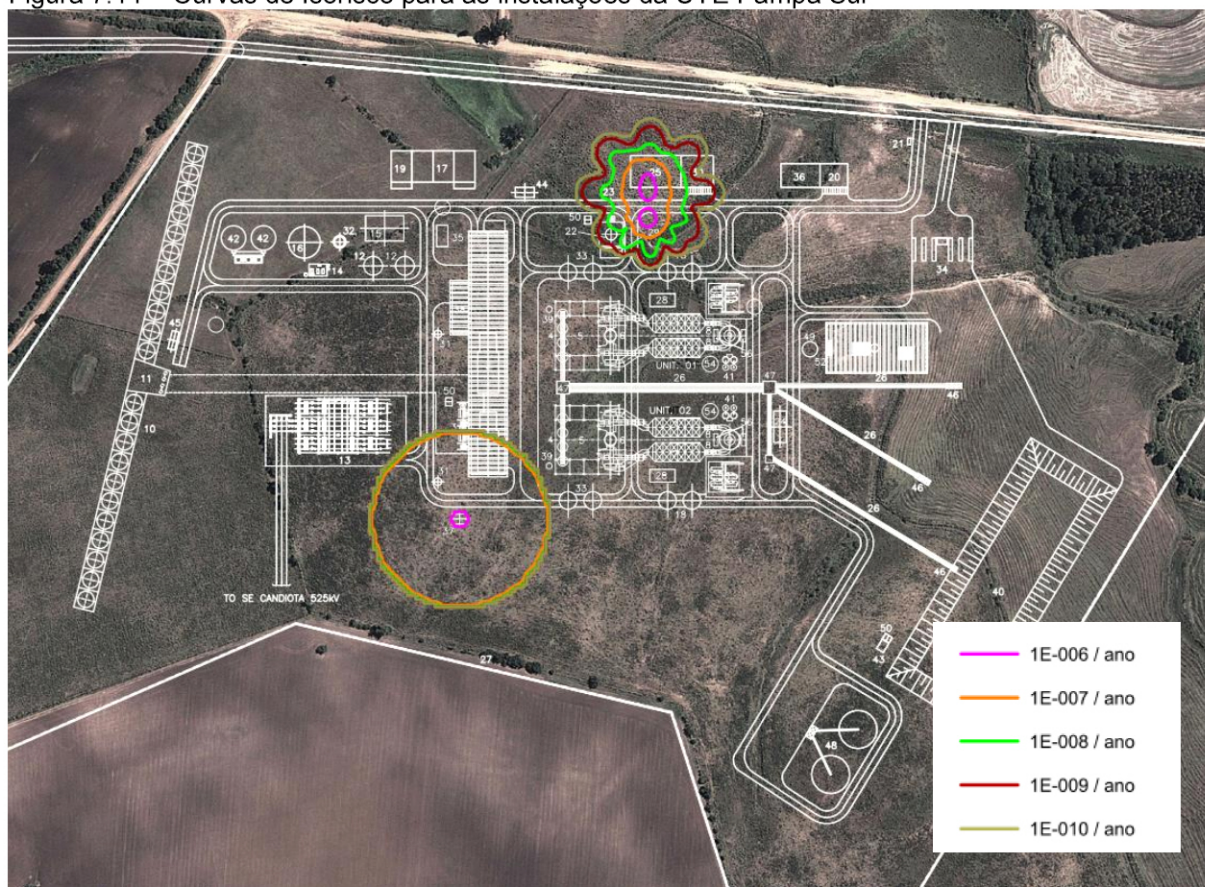
O software PHAST RISK (versão 6.7), faz as seguintes considerações para o cálculo do risco individual:

- Para cada evento iniciador há uma série de probabilidades consideradas para os diversos cenários em que este poderá se desdobrar conforme Capítulo 7. A frequência de cada evento está descrita no Quadro 7.24.
- Em cada um desses cenários gerados existem consequências danosas ao ser humano, como por exemplo, radiação térmica gerada por um incêndio e/ou a sobrepressão provocada por uma explosão. Para cada consequência é calculada a área de risco, denominada “vulnerável”, e em cada local da matriz associa-se as probabilidades de lesões desses efeitos. Com isto tem-se a gravidade esperada para cada cenário.
- Num próximo passo, o risco é calculado pela multiplicação da frequência pela gravidade esperada para cada “campo” da matriz. Então se soma o produto gerado em cada “evento desdobrado” para termos o valor do risco para cada evento iniciador, e depois, soma-se o valor gerado para cada evento iniciador para termos o valor do risco total para cada “campo” da matriz.
- Como já temos o valor para cada “campo”, basta unirmos então os pontos que se encontra com o mesmo valor, de acordo com o interesse, como por exemplo, 1×10^{-5} , ou 1×10^{-6} . Com isto têm-se as curvas de Isorrisco.

7.8.2 Resultados

Os contornos de Risco Individual (curvas de Isorrisco) obtidos neste trabalho estão apresentados na Figura 7.11.

Figura 7.11 – Curvas de Isorisco para as instalações da UTE Pampa Sul



As curvas de Isorisco podem ser visualizadas com melhor resolução e escala no Anexo E.

7.8.2.1 Comparação dos riscos

Os resultados obtidos neste trabalho foram comparados com os critérios de tolerabilidade de risco preconizados no Termo de Referência para instalações da UTE Pampa Sul do IBAMA, que estabelece para instalações fixas dois valores-limites:

- Risco máximo tolerável: 1×10^{-5} /ano (limite superior)
- Risco negligenciável: $< 1 \times 10^{-6}$ /ano (limite inferior)

Para as curvas que extrapolam a área física da unidade, quando comparados com os valores limites estabelecidos pelo IBAMA é estabelecido que:

- O valor que for encontrado acima do risco máximo tolerável (1×10^{-5} /ano) é considerado intolerável;
- Os valores encontrados entre o risco máximo tolerável (1×10^{-5} /ano) e o risco negligenciável (1×10^{-6} /ano), são chamados de região ALARP (*As Low As Reasonably Practicable* - tão baixo quanto se possa praticar), e necessitam de medidas para gerenciamento deste risco;
- O valor que for encontrado abaixo do limite inferior (1×10^{-6} /ano) é considerado negligenciável.

7.8.2.2 Análise dos resultados

Analisando os resultados observou-se que a curva de Iso-Risco correspondente a 10^{-5} não foi gerada, enquanto que a curva de Iso-Risco correspondente a 10^{-6} foi gerada, mas não extrapolou os limites da unidade.

Tendo em vista os resultados obtidos, observa-se que o risco das instalações encontram-se dentro do nível de risco tolerável quando comparado com os critérios de tolerabilidade de risco definidos pelo IBAMA.

7.9 AVALIAÇÃO DO RISCO SOCIAL

A apresentação do risco social é dada em curvas FN e para obtenção destas curvas foi utilizado o software PHAST RISK (versão 6.7), que realiza os cálculos a partir de uma matriz, levando em consideração a população exposta ao risco individual.

7.9.1 Risco social

O risco social indica a probabilidade de certo grupo de pessoas morrerem em face da ocorrência de um acidente. Dessa forma o risco social considera a área circunvizinha à instalação e pode ser expresso por vítimas estatisticamente esperadas em um determinado período de tempo.

7.9.2 Resultados

O risco social foi analisado, no entanto, não obteve-se valores para este estudo. Conforme pode ser observado item 7.2, a residência mais próxima encontrada, fica em torno de 1 km da instalação. Desta forma não havendo possibilidade de ser atingida por nenhum dos cenários analisados neste estudo.

7.10 MEDIDAS MITIGADORAS DO RISCO (Recomendações)

A realização da APP (Anexo C) permitiu a identificação de uma série de eventos perigosos capazes de dar origem a acidentes nas instalações analisadas. Observou-se então que há a necessidade de implementar algumas medidas mitigadoras, e também cumprir rotinas operacionais a serem implementadas na planta. Abaixo estão relacionados as rotinas operacionais observadas e as recomendações para mitigação de riscos:

7.10.1 Observações / recomendações:

- Possuir planos de inspeção de equipamentos e manutenção preventiva;
- Manter treinadas as equipes de operação;
- Manter os padrões de descarregamento atualizados e revisados .
- Avaliar padrões de descarregamento de forma a identificar se contemplam a inspeção do estado de conservação do mangote e da conexão do caminhão tanque (CT);
- Manter Kits de Contenção de vazamentos disponíveis na área;
- Possuir sistemas de combate a incêndio (SCI);
- Possuir rotina de inspeção de área.

7.11 CONCLUSÕES

A partir da Identificação de Perigos – APP foram identificadas 23 hipóteses acidentais, para as quais foram realizadas as simulações das consequências das hipóteses com gravidade III e IV.

Para as simulações das consequências utilizou-se o programa PHAST - *Process Hazard Analysis Software Tools*, versão 6.7, onde os valores de referência utilizados foram:

- Radiação Térmica: 3 kW/m², níveis correspondentes a 1%, 50% e 99% de probabilidade de fatalidade.
- Incêndio em Nuvem: até o limite inferior de inflamabilidade;
- Sobrepressão: 0,05 bar e níveis correspondentes a 1%, 50% e 99% de probabilidade de letalidade;

No que diz respeito à avaliação dos riscos, utilizou-se o PHAST RISK (versão 6.7), integrando frequências e consequências para todos os cenários acidentais com gravidade III e IV gerados a partir de cada uma das hipóteses acidentais identificadas no item 7.4, levando em consideração as distâncias atingidas para os efeitos físicos.

7.11.1 Considerações Finais

Pode-se observar no item 7.8.2.2 que o risco individual e Social da UTE Pampa Sul se situa na região de risco negligenciável.

Desta forma, se conclui que os riscos da UTE Pampa Sul são toleráveis quando comparados com os critérios de tolerabilidade estabelecidos no Termo de Referência do IBAMA.

7.12 DIRETRIZES PARA A ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS (PGR) E DO PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE)

O PGR é fundamental em instalações que envolvam produtos perigosos e deve ser um programa estruturado para utilização e atualização durante todo tempo de existência das atividades da instalação. O PGR deve ser implantado para todas as atividades que envolvam algum tipo de risco, sejam elas rotineiras ou não.

Um PGR bem estruturado deve contemplar todas as operações e equipamentos e deve considerar os aspectos críticos identificados no estudo de análise de riscos, de forma que sejam priorizadas as ações de gerenciamento dos riscos, a partir de critérios estabelecidos com base nos cenários acidentais de maior relevância. O PGR deve ser estruturado para que se possa prover atualizações e revisões ao longo da existência e manutenção das atividades da instalação.

O principal objetivo do PGR é permitir que se estabeleça uma sistemática para prevenção de acidentes, baseada no estabelecimento de requisitos de segurança e orientações gerais de gestão.

O Plano de Ação de Emergência é parte integrante do PGR e ambos são em geral elaborados previamente aos inícios de operação do empreendimento e tão logo estejam definidos os critérios de gestão e atribuição de responsabilidades.

Portanto, este capítulo se destina a estruturar as diretrizes para elaboração futura, do Plano de Gerenciamento de Riscos e Plano de Ação de Emergência

7.12.1 Avaliação preliminar de riscos

A primeira etapa de um gerenciamento de riscos consiste em identificar e avaliar os riscos de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, através de um processo dinâmico, formal, estruturado e holístico, para facilitar a eficácia da redução de riscos, dos planos e das ações.

A avaliação de riscos deve considerar os impactos de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, bem como as perdas de Imagem e Patrimoniais.

É o elemento de guia para que as outras etapas do PGR possam ser elaboradas, pois é através da avaliação que é possível identificar quais situações representam riscos para o processo.

7.12.2 Informações de segurança de processo

O PGR deve possuir informações e documentos com detalhes sobre os equipamentos de processo, tecnologia e sobre as substâncias químicas envolvidas. As informações devem possibilitar o desenvolvimento de procedimentos operacionais precisos, assegurar o treinamento adequado e subsidiar a revisão dos riscos.

As informações de segurança de processo devem dispor no mínimo os itens a seguir.

7.12.3 Informações das substâncias químicas do processo

Devem incluir informações relativas aos perigos impostos pelas substâncias, cuidados a serem tomados com relação à Inflamabilidade, reatividade, toxicidade e corrosividade, entre outros riscos.

As informações devem ser elaboradas de acordo com as orientações da NBR 14725 (Ficha de Segurança de Produtos Químicos).

Os principais pontos que devem fazer parte do documento são:

7.12.3.1 Identificação do produto e da empresa

Informações sobre o produto (nome comercial) e sobre a empresa (endereço, telefone e e-mail, para informações de emergência, página na internet) com o objetivo de facilitar a busca de informações em caso de acidente.

7.12.3.2 Composição e Informação Sobre os Ingredientes

Identificação da natureza química do produto, ingredientes ou impurezas que contribuam para o perigo de forma a facilitar a tomada de decisão quanto no atendimento médico de emergência.

7.12.3.3 Identificação de perigos

Identificação dos perigos mais importantes sejam eles físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e ainda perigos específicos, como por exemplo, incêndio e explosão, bem como seus efeitos e a forma como se manifestam (sintomas).

7.12.3.4 Medidas de primeiros socorros

Descrição das medidas a serem tomadas de acordo com o tipo de contato acidental com a substância, sejam eles por inalação, contato com a pele, contato com os olhos, ingestão bem como informações que facilitem o diagnóstico.

7.12.3.5 Medidas de combate a incêndio

Definição dos meios de extinção apropriados e procedimento de combate mais adequado, dos meios de extinção não apropriados, de algum método especial de acordo com a característica do produto, de medidas de segurança às pessoas, ao patrimônio e ao meio ambiente durante o combate e de proteção a equipe de combate.

7.12.3.6 Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Definição de ações emergenciais que proporcionem segurança às pessoas, ao patrimônio e ao meio ambiente, e minimize as perdas de produto identificando os métodos de contenção, neutralização, remoção, limpeza, transporte e destino final, bem como orientação efetiva quanto ao contato com o órgão ambiental para o caso de risco de contaminação de águas superficiais, mananciais ou solos.

7.12.3.7 Manuseio e armazenamento

Descrição das melhores formas e condições de manuseio e armazenamento com o objetivo de garantir a integridade do produto, a segurança das pessoas, do patrimônio e do meio ambiente. Devem ser identificadas medidas técnicas de operação, produtos e materiais incompatíveis, materiais seguros para embalagem e quaisquer informações que contribuam para a segurança.

7.12.3.8 Controle de exposição e proteção individual

Descrição de medidas de controle do risco do produto, parâmetros de controle de exposição, equipamentos de proteção individual (respiratória, mãos, olho pele e corpo), precauções especiais e medidas de higiene.

7.12.3.9 Propriedades físico-químicas

Identificação das principais propriedades tais como: aspecto, estado físico, densidade, temperaturas específicas (ponto de fulgor, temperatura de auto-ignição), limites de explosividade no ar, solubilidade etc.

7.12.3.10 Estabilidade e reatividade

Definição das condições específicas de instabilidade e reatividade com outros materiais.

7.12.3.11 Informações toxicológicas

Descrição dos sintomas e dos efeitos locais ao corpo humano, efeitos narcóticos e de toxicidade crônica.

7.12.3.12 Informações ecológicas

Especificação dos impactos ao meio ambiente e seus efeitos aos organismos (fauna e flora) ao solo, a água e a atmosfera.

7.12.3.13 Informações para o tratamento

Descrição dos métodos de tratamento e disposição do produto, resíduos e embalagens usadas.

7.12.3.14 Informações sobre transporte

Descrição das informações referentes a regulamentações nacionais e internacionais relativas a transporte de cargas perigosas, tais como número ONU, classe de risco, número de risco, grupo de embalagem, provisões especiais, sinalização etc.

7.12.3.15 Regulamentações

Descrição das regulamentações, normas, leis e outras documentações que regulem o manuseio, transporte e armazenamento de produtos.

7.12.3.16 Outras informações

Descrição de informações adicionais que não estejam relacionadas nos itens acima e que contribuam para a segurança com o produto.

7.12.4 Tecnologia de processo

Todas as informações do processo devem ser atualizadas e disponibilizadas com o objetivo de se garantir que as operações estão sendo executadas de acordo com o estabelecido nos projetos de implementação, atualização e melhorias de forma a se garantir que as operações sejam executadas dentro dos padrões de segurança e operacionais estabelecidos.

Devem ser incluídos no PGR:

- Diagrama de blocos;
- Fluxogramas de processo;
- Balanços de materiais e de energia;
- Inventários máximos;

- Parâmetros considerados inseguros como temperatura, pressão, vazão, nível e composição e respectivas Consequências dos desvios desses limites.

Durante a vida da planta, normalmente inúmeras modificações são executadas no processo e equipamentos. Cada mudança deve ser avaliada e devidamente documentada (descrição, desenhos) para assegurar que a segurança do processo não seja comprometida.

Os tipos de informações que devem ser coletadas e atualizadas estão apresentados a seguir:

- Diagramas do fluxo do processo;
- Balanços de massa e energia;
- Planta geral mostrando tubulações de água e incêndio;
- Desenhos de instrumentação e tubulação;
- Equipamento de processo;
- Catálogos do equipamento;
- Folha de dados das válvulas de segurança e instrumentação (especialmente os sistemas de alívio de pressão);
- Especificações da tubulação;
- Arquivos “CAD”;
- Diagramas elétricos;
- Descrição do sistema de controle e desenhos em loop ou iterativos;
- Operações do fornecedor e manuais de manutenção;
- Hardware e software dos computadorizados da planta;
- Procedimentos de parada de emergência;
- Equipamentos de alívio de pressão alta; e
- Detalhes de intertravamentos existentes.

As condições normais de operação, incluindo a variação de parâmetros de variáveis do processo (ex: temperatura, pressão, vazão, corrente, etc.), devem ser obtidos nos registros de operação e ser a base para que se estabeleçam procedimentos de operação seguros. Esses procedimentos são extremamente úteis para determinar as tarefas que precisam ser realizadas pelos operadores para manter um processo de operação seguro.

O sistema de documentação do conhecimento do processo deve incluir um método para obter as seguintes categorias de informações:

Conhecimento e experiência de operadores seniores, engenheiros de processo e supervisores;

Causas e ações corretivas de acidentes, desvios ou quase-acidentes de processo (tanto da empresa como de outras do mesmo ramo);

Avaliação da possibilidade de transferir informação técnica para um “sistema inteligente”.

7.12.5 Equipamentos de processo

As informações de equipamentos de processo devem conter dados sobre os materiais de construção, diagramas de tubulações e instrumentação (P&IDs), classificação de áreas, projetos de sistemas de alívio e ventilação, sistemas de segurança, *shut-down* e intertravamentos, códigos e normas de projeto.

Estas informações técnicas relativas aos equipamentos devem ser consignadas com a ficha de dados dos equipamentos seja ela física ou em sistema informatizado de manutenção desde que haja garantia quanto a integridade dos documentos e confiabilidade das informações.

O acesso para consulta, cópia e alteração de dados e características de projetos e quaisquer informações que possuam relação com a segurança na operação dos equipamentos de processo deve ser controlado, de forma que somente pessoal autorizado possa manipular estas informações sem risco de perda ou alterações que gerem risco ao processo.

7.12.6 Procedimentos operacionais

As atividades e operações realizadas no empreendimento devem dispor de procedimentos claramente estabelecidos que permitam acessar:

Instruções precisas que propiciem as condições necessárias para a realização de operações seguras, considerando as informações de segurança de processo;

Condições operacionais em todas as etapas de processo, ou seja: partida, operações normais, operações temporárias, paradas de emergência, paradas normais e partidas após paradas, programadas ou não;

Limites operacionais.

O PGR deve prever a revisão periódica dos procedimentos operacionais visando atualização das práticas operacionais, mudanças de processo, tecnologia e instalações, sempre que ocorram modificações.

Um item específico sobre Procedimentos Operacionais existe mais adiante.

7.12.7 Revisão dos riscos de processo

O PGR deve prever a revisão periódica dos riscos das instalações, através da revisão do Estudo de Análise e Avaliação dos Riscos, desenvolvidos durante o licenciamento das instalações. Dessa forma, devem ser avaliadas novas situações de risco, visando aperfeiçoamento das operações realizadas, de modo a manter as instalações operando de acordo com os padrões de segurança requeridos.

A periodicidade da revisão do Estudo de Análise e Avaliação dos Riscos deve ser definida no PGR, com base nos riscos inerentes às diferentes unidades e operações, ou demandas do órgão ambiental.

Para execução da revisão é necessário reunir uma equipe composta por pessoas com conhecimento em várias áreas de conhecimento, tais como:

- Representante(s) da área de segurança/saúde do trabalho;
- Representantes da área de engenharia (elétrica, mecânica, processo, químico);
- Representante(s) da área de desenvolvimento/pesquisa;
- Representantes da área de operação;
- Representantes da área de manutenção/instrumentação;
- Representantes da área de projetos.
- Técnicas de análise de riscos

Na revisão dos riscos podem ser utilizadas diversas técnicas de análise de riscos. Entre as mais utilizadas destacamos:

7.12.8 Inspeção de segurança

As Inspeções de Segurança são indicadas para identificar as condições de uma planta, os procedimentos de operação que poderiam levar a acidentes com lesão, danos ao patrimônio ou ao meio ambiente. Sua aplicação prevê a realização de entrevistas com várias pessoas: operadores, profissionais ligados a manutenção, engenheiros, gerentes, profissionais da área de segurança e outras mais, dependendo da organização da planta.

7.12.8.1 Check List

Este método de análise de riscos está fundamentado na utilização de uma lista de itens escritos ou passos de procedimentos, utilizados para verificar o status de um sistema, e também são usados (*check lists*) para verificar a concordância com práticas e padrões.

7.12.8.2 Análise comparativa

Esta técnica permite que se compare os atributos de vários processos ou atividades para determinar se eles possuem características de risco significativas que justifique a realização de um estudo de análise de riscos mais específico. Também pode ser usada para comparar processos distintos, projetos em geral ou opções de layout para equipamento, e fornecer informações relativas àquelas que “melhor” se apresentaram ou a opção menos perigosa.

7.12.8.3 Análise Preliminar de Riscos (ou Perigos) – APR (ou APP)

O objetivo da APR é determinar riscos e medidas preventivas antes que um processo, sistema ou produto entrem em sua fase operacional, sendo aplicada normalmente durante a fase de projeto e/ou desenvolvimento. Destaca-se na análise de novos sistemas, sistemas de alta tecnologia e/ou pouco conhecidos, ou seja, para casos onde há pouca experiência ou carência de informações na sua operação.

7.12.8.4 “What-if...?” (E se...)

Esta é uma técnica de análise qualitativa, com aplicação bastante simples e útil na detecção de riscos, tanto na fase de processo, projeto ou pré-operacional, e pode ser utilizada em qualquer estágio da vida de um processo. O objeto do *What-If* pode ser um sistema, processo, equipamento ou evento, o foco é “tudo que pode sair errado”.

7.12.8.5 Estudo de Risco e Operabilidade (HAZOP)

É muito usada para analisar processos, e requer uma fonte detalhada de informações do projeto e operação do processo. O estudo de HAZOP é muito indicado antes mesmo da fase de detalhamento e construção do projeto, evitando com isso que modificações tenham que ser feitas, principalmente, nas instalações já

montadas, quando o custo para tal alteração é muito superior aquele de projeto (pode ser até 50 vezes superior).

7.12.8.6 Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE)

A Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE), também conhecida pela sigla FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), é uma técnica de análise de riscos de uso geral, detalhada, qualitativa ou quantitativa. Esta técnica permite analisar as maneiras pelas quais um equipamento, componente ou sistema podem falhar (modo – aberto; fechado; ligado; desligado; vazando; etc.), estimar suas taxas de falhas, os efeitos que poderão advir (o efeito é determinado pela resposta do sistema à falha), assim como a apresentação de alterações que poderão ser efetuadas para aumentar a confiabilidade do sistema (redução da probabilidade de falha).

7.12.8.7 Análise de Árvore de Falhas (AAF)

A AAF foca sobre um acidente em particular ou a principal falha de um sistema, e fornece um método para determinar as causas daquele evento. Permite aos analistas de riscos focar medidas preventivas ou mitigadoras nas causas básicas e significativas, reduzindo assim a possibilidade de ocorrência um acidente.

7.12.8.8 Análise de Árvore de Eventos (AAE)

A Análise de Árvore de Eventos é uma técnica de aplicação geral, qualitativa ou quantitativa. Esta técnica mostra graficamente as possíveis Consequências de um acidente resultante de uma falha específica de um equipamento, componente, sistema ou erro humano, denominado evento inicial. Dessa forma, a AAE considera a ação a ser tomada pelo operador ou a resposta do processo para o evento inicial.

7.12.8.9 Análise de causa–consequência

Esta técnica de análise de riscos é uma combinação da Análise de Árvore de Falhas (AAF) e Análise de Árvore de Eventos (AAE). O diagrama de Causa-Consequência mostra a relação entre as Consequências do acidente e suas causas básicas. Esta técnica é comumente usada quando a lógica da falha dos acidentes analisados são particularmente simples e, também, desde que a forma gráfica combine ambas as árvores de falhas e de eventos no mesmo diagrama, podendo tornar-se bastante detalhada.

7.12.8.10 Análise de confiabilidade humana

A Análise de Confiabilidade Humana (ACH) é uma avaliação sistemática dos fatores que influenciam a performance dos operadores, equipe de manutenção, técnicos e outras pessoas que trabalham na planta. Ela envolve um dos diversos tipos de análise de tarefa; esses tipos descrevem a tarefa física e as características do meio ambiente, juntamente com as habilidades, conhecimento e capacidade requerida daqueles que executam as tarefas. Uma ACH identificará prováveis situações de erro que podem causar ou levar a um acidente. É geralmente realizada em conjunto com outras técnicas de análise de riscos.

O objetivo da ACH é identificar o potencial de erro humano e seus efeitos, ou identificar as causas básicas desses erros.

7.12.8.11 Redução dos riscos

Depois de identificar riscos e de analisar os efeitos destes riscos, deve-se ter um sistema de gerenciamento que assegure que todos os passos foram tomados para se reduzir os riscos. É fundamental que todas as recomendações resultantes das análises de riscos seja documentado. Também é interessante ordenar os riscos para determinar se serão necessários mais passos (recursos e/ou capital) para reduzir os riscos, mitigar Consequências, gerenciar o risco residual, ou em alguns casos, cessar as operações.

7.12.8.12 Gerenciamento do risco residual

“Não existe o que se chama risco zero!”. Uma vez aceito este axioma, o passo seguinte no processo de Gerenciamento de Riscos, depois de que todas as medidas de redução de risco foram implementadas, deve-se gerenciar o “risco residual”. Para tanto se deve ter conhecimento completo dos riscos associados ao processo, de forma a proteger e prevenir eventos catastróficos.

7.12.8.13 Gerenciamento dos fornecedores e empreiteiras

A responsabilidade para a execução da segurança dos empregados terceirizados está baseada no Gerenciamento das Contratadas. A alta administração da empresa contratante tem a responsabilidade de informar ao contratado os riscos potenciais associados ao trabalho e das práticas e regulamentações apropriadas de saúde e segurança no local de trabalho.

As empresas contratadas devem desenvolver programas de Gerenciamento de Riscos que apoiem e interpretem o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) da empresa contratante. O programa (PGR) desenvolvido pela contratada deve enfatizar suas responsabilidades com relação a manutenção das instalações e processo produtivo da contratante, assim como para com seus próprios empregados (contratada).

Na prática as empresas contratadas devem tomar medidas idênticas as estabelecidas no PGR da contratante e sofrer auditorias eventuais.

7.12.8.14 Gerenciamento de Modificações

O PGR deve estabelecer e implementar um sistema gerencial apropriado que permita a administração de modificações nas instalações e tecnologia, visando assegurar que os riscos decorrentes dessas alterações possam ser adequadamente identificados, avaliados e gerenciados previamente à sua implementação. Desta forma, os procedimentos desenvolvidos para assegurar o gerenciamento de modificações devem considerar os seguintes aspectos:

- Bases de projeto do processo e mecânico para as alterações propostas;
- Análise das considerações de segurança e de meio ambiente envolvidas nas modificações propostas, contemplando inclusive os estudos para a análise e avaliação dos riscos impostos por estas modificações, bem como as implicações nas instalações do processo à montante e à jusante das instalações a serem modificadas;

- Necessidade de alterações em procedimentos e instruções operacionais, de segurança e de manutenção;
- Documentação técnica necessária para registro das alterações;
- Formas de divulgação das mudanças propostas e suas implicações ao pessoal envolvido;
- Obtenção das autorizações necessárias, inclusive licenças junto aos órgãos competentes.

7.12.8.14.1 Staff e Recursos

O sistema de gerenciamento da planta deve incluir recursos humanos que tenham conhecimento e experiência para rever as mudanças propostas e assegurar que elas não resultarem em operações que fiquem fora dos limites de segurança estabelecidos.

Qualquer mudança que possa elevar o risco do processo deve exigir uma avaliação e aprovação de algumas ou todas as áreas funcionais relacionadas a seguir:

- Departamento de segurança de processos;
- Departamento de manutenção;
- Departamento de operações;
- Departamento de engenharia (elétrica, mecânica, processo, instrumentação);
- Departamento de treinamento;
- Departamento de meio ambiente.

7.12.8.14.2 Mudanças

As mudanças que devem fazer parte do gerenciamento são as seguintes.

Mudanças na tecnologia do processo: À utilização de novas tecnologias estão associados novos riscos.

Mudanças na instalação: As mudanças de equipamento podem introduzir ou elevar o risco na Segurança dos Processos.

Mudanças organizacionais: Estas ocorrem quando os empregados são transferidos para novas funções, quando se adiciona (inexperiência) ou se reduz pessoal (sobrecarga de trabalho para a equipe remanescente).

Desvio de procedimento: Apesar de não ser uma condição normal, podem ocorrer situações em que haja desvio dos procedimentos padrões estabelecidos. O sistema de gerenciamento deve prever um procedimento que exija o envio de um resumo completo dos desvios a uma pessoa com conhecimento e competência para tal. Todas as variações de procedimentos aprovados devem ser amplamente documentados e comunicados.

Existem fatores que levam a estes tipos de mudanças e precisam ser identificados. As mudanças com relação a equipamentos de processos podem ser assim definidas:

- Qualquer mudança na colocação de alarmes de segurança, conexões e manobras dos processos;
- Qualquer mudança na colocação ou capacidade de válvulas de alívio;

- Qualquer reparação ou troca, onde os materiais, as superfícies, as propriedades dos materiais, testes, técnicas de fabricação ou códigos de aplicação sejam alterados;
- Qualquer mudança física na planta, tais como tubulações, instrumentação ou componente elétrico;
- Qualquer mudança na operação que esteja fora dos limites especificados nos processos operacionais padrão;
- Qualquer mudança nos equipamentos de segurança ou proteção referente às instalações (proteção de incêndio, alarmes, etc.).

7.12.8.14.3 *Tempo de Permanência das Mudanças*

Permanentes:

Quando ocorre uma mudança que vai se tornar permanente numa área ou processo, os sistemas e processos de gerenciamento devem estar vigentes para assegurar que os riscos foram identificados e as precauções apropriadas foram tomadas para minimizar estes riscos.

Temporárias:

Estas mudanças podem causar eventos catastróficos. Por isso, antes que uma mudança seja autorizada devem-se considerar todos os aspectos de Segurança de Processos. Deve-se, inclusive, revisar a renovação dos tempos limites para as mudanças temporárias, de forma a assegurar que se mantenha a proteção apropriada nesse período (não permitindo que se prolonguem por prazos indefinidos).

7.12.8.14.4 *Documentos a serem reavaliados*

Os documentos listados abaixo devem ser avaliados para identificar se foram afetados pela mudança da instalação ou mudança operacional, e devem ser revisados e renovados:

- Procedimentos operacionais padrões e de emergência;
- Parâmetros operacionais críticos;
- Desenhos elétricos e de sistemas de controle;
- Desenhos do processo;
- Listagem de unidades de alarme;
- Procedimentos de teste/inspeção de manutenção;
- Materiais de treinamento e certificação.

7.12.8.15 *Manutenção e garantia da integridade de sistemas críticos*

O PGR deve prever um programa de manutenção e garantia da integridade de sistemas críticos, com o objetivo de garantir o correto funcionamento dos mesmos, por intermédio de mecanismos de manutenção preditiva, preventiva e corretiva.

Podem ser consideradas como sistemas críticos todas as instalações ou atividades perigosas que podem causar condições ambientais ou operacionais inaceitáveis, sejam estes equipamentos de processo, armazenagem ou de manuseio de substâncias perigosas, ou ainda sistemas de monitorização ou de segurança.

Os sistemas considerados críticos devem ser projetados, construídos e instalados no sentido de minimizar os riscos às pessoas e ao meio ambiente, bem como ser revisados periodicamente.

O PGR deve prover procedimentos para inspeção e teste dos sistemas críticos, e estes devem contemplar os seguintes itens:

- Lista dos sistemas e equipamentos críticos sujeitos a inspeções e testes;
- Procedimentos de testes e de inspeção em concordância com as normas técnicas e códigos pertinentes;
- Documentação das inspeções e testes, a qual deverá ser mantida arquivada durante a vida útil dos equipamentos;
- Procedimentos para a correção de operações deficientes ou que estejam fora dos limites aceitáveis;
- Sistema de revisão e alterações nas inspeções e testes.

Outros aspectos da Engenharia de Confiabilidade

7.12.8.15.1 Materiais de instalação

Para um melhor controle dos materiais utilizados se faz necessário o emprego de um sistema de gerenciamento que garanta que os materiais a serem utilizados nos equipamentos críticos (substituição ou alteração por outro tipo) sejam selecionados por pessoas com competência e conhecimento no assunto, e que sejam mantidas inspeções documentadas desses materiais.

7.12.8.15.2 Procedimentos de instalação

O sistema de gerenciamento deve possuir um programa para verificar se a instalação do equipamento crítico atendeu todas as especificações.

7.12.8.15.3 Manutenção preventiva

O objetivo principal de um programa de manutenção preventiva é minimizar ou evitar falhas prematuras. Portanto, deve ser incluída uma revisão com o “foco” do Gerenciamento de Riscos.

7.12.8.15.4 Hardwares e sistemas de inspeção e testes

É fundamental que o sistema de gerenciamento verifique, através de uma inspeção em campo e/ou teste, se todos os itens previamente identificados nos desenhos estão em condições operáveis.

7.12.8.15.5 Procedimentos de manutenção

Estes procedimentos devem se referir a duas condições potencialmente sérias:

A criação de condições de risco depois do reinício da operação, Consequência de uma reparação inadequada ou procedimento inadequado de manutenção preventiva;

A criação de condições de risco durante o curso da reparação ou manutenção preventiva.

7.12.8.15.6 Gerenciamento do sistema de alarmes e dos instrumentos

Os parâmetros críticos de operação geralmente são controlados através de alarmes, equipamentos ou sistemas de corte. Portanto, devem-se fornecer programas adequados de treinamento para que não existam mal entendidos referentes à manutenção e integridade dos alarmes, sistemas de intercomunicação e sistemas de parada temporária.

7.12.8.15.7 Procedimentos operacionais

A administração da utilização dos procedimentos operacionais deve seguir os modelos adotados em sistemas de gestão da qualidade de forma a garantir a confiabilidade das informações de operação fornecidas por estes procedimentos de acordo com a avaliação preliminar de risco de operações.

- Seleção de atividades para o programa de padronização

A definição das atividades que devem fazer parte da padronização deve ocorrer através da seleção das tarefas dentro de cada função, analisando-se inicialmente, só aquelas que são "críticas". Esse enfoque é bastante prático e está dirigido para aqueles poucos trabalhos que estão relacionados com a maioria dos acidentes.

Os trabalhos adicionais podem ser incluídos no programa de acordo com as necessidades que surgirem.

A elaboração dos procedimentos deve seguir uma sistemática que permita uma "Análise do Trabalho" com enfoque nos riscos destas atividades.

Existem vários métodos para selecionar os trabalhos que devem ser submetidos à "Análise de Trabalho".

O enfoque ideal seria a Análise de Trabalho em todas as atividades operacionais executadas, mas há certas restrições como a grande quantidade de tempo e mão de obra para a elaboração destas atividades e a dificuldade de manter atualizada tanto a análise de trabalho quanto os procedimentos.

Uma série de considerações deve guiar a seleção dos trabalhos a serem analisados:

- Experiência com perdas já ocorridas
 - Potencialidades de perdas graves
 - Probabilidade de repetição
 - Trabalho novo ou desconhecido
- Controle

Todos os procedimentos originais, revisados e em utilização serão arquivados de forma a garantir sua rastreabilidade.

As cópias de procedimentos serão controladas para garantir que na revisão, as cópias da versão anterior sejam substituídas.

Todos os colaboradores responsáveis pela execução das atividades serão treinados a cada vez que ocorre a revisão do procedimento tendo o registro de treinamento arquivado.

- Revisão

O PGR deve prever a revisão periódica dos procedimentos operacionais visando atualização das práticas operacionais, mudanças de processo, tecnologia e instalações, sempre que ocorram modificações.

7.12.8.16 Capacitação de Recursos Humanos

A implementação de programas de treinamento é uma parte essencial do sistema de gerenciamento de riscos, e tem como finalidade verificar se todos os empregados conhecem os riscos do processo associados ao trabalho, e as precauções necessárias para prevenir acidente.

Através do treinamento adequado pode-se obter os seguintes benefícios:

- Aumento da eficiência no trabalho (maior produtividade e qualidade com menor custo);
- Redução de acidentes e conseqüente redução de perdas;
- Redução de doenças ocupacionais;
- Estímulo dos trabalhadores, através da sua valorização;
- Facilidade na aprendizagem e na execução das tarefas;
- Desenvolvimento do trabalho em equipe;
- Redução de reclamações trabalhistas;
- Presença de pessoas preparadas para as diversas atividades, (caso alguém se ausente do trabalho, há possibilidades de substituição adequada).

Programas de treinamento para todas as pessoas responsáveis pela gestão e operação das atividades do empreendimento devem estar previstos no Plano de Gerenciamento dos Riscos.

Os treinamentos devem ser direcionados de acordo com as funções e atribuições de cada atividade e devem considerar os procedimentos operacionais, modificações ocorridas nas instalações e na tecnologia de processo.

Os treinamentos devem ocorrer antes do início de qualquer atividade, sejam relacionadas com a pré-operação e paradas, emergenciais ou não. Devem ainda ser aplicados de forma periódica em caráter de atualização, ou reciclagem.

Quando houver modificações nos procedimentos ou nas instalações, deve-se desenvolver treinamento específico com objetivo de atualizar todos os interessados/responsáveis.

7.12.8.17 Investigação de Incidentes

Todo e qualquer incidente de processo ou desvio operacional que resulte ou possa resultar em ocorrências de maior gravidade, envolvendo lesões pessoais ou impactos ambientais devem ser investigados e as recomendações ou modificações necessárias devem ser implementadas e divulgadas na empresa.

A investigação não deve, simplesmente, se limitar em descrever a ocorrência do evento indesejado, como feita pela pessoa acidentada ou pelas testemunhas

(caso de perda humana), mas deve incluir uma avaliação objetiva de TODOS os fatos, condições, potencialidade de perda, opiniões, depoimentos e informações relacionadas com o acidente/incidente, como também das providências que devem ser tomadas para prevenir as repetições.

Uma boa investigação de acidente e incidente apresenta inúmeras vantagens para o supervisor, para a empresa, trabalhadores e para a comunidade, tais como:

- Identifica as causas prováveis que provocaram o evento indesejado, prevenindo, reduzindo e/ou controlando a repetição do acidente/incidente;
- Reduz os riscos e as perdas;
- Preserva o patrimônio físico e humano; e
- Orienta na tomada de decisões, identificando carências nas instalações, Equipamentos, manutenções, operações e treinamentos.

Deve-se investigar os acidentes para que não se repitam e os incidentes para que não se transformem em acidentes, pois, ao identificar as causas e corrigi-las, prevenir-se-á a repetição dos mesmos e trabalhar-se-á de maneira preventiva.

O objetivo principal é que situações adversas futuras e similares sejam evitadas. Desta forma, deve ser previsto no PGR procedimentos e critérios para a realização de investigações.

O momento de fazer a investigação dependerá, em grande parte, do tipo de acidente ou incidente. Em geral, o evento deve ser investigado o mais rápido possível. Quanto menos tempo passar entre o acidente/incidente e a investigação, melhor será a qualidade da informação.

Circunstâncias que podem justificar a demora no início de uma investigação é o atendimento do envolvido ou perturbações emocionais dele ou de seus colegas e condições de riscos ainda existentes no local do evento. Deve existir uma norma por parte da empresa que defina o momento em que a investigação deva ser feita.

Existem certos acidentes/incidentes que provavelmente, não exigem uma investigação imediata. Tudo dependerá das circunstâncias. A aplicação de um critério sobre o momento oportuno de fazer a investigação dependerá em grande parte do potencial de perdas do evento.

O processo de investigação deve conduzir a análise dos acidentes, avaliação e implementação de modificações necessárias, registro e documentação.

7.12.8.18 Plano de Ação de Emergência (PAE)

Antes do processo de partida das instalações deve ser elaborado um Plano de Ação de Emergência (PAE). Este deve ser parte integrante do Processo de Gerenciamento de Riscos (PGR) e deve se basear nos resultados obtidos no estudo de análise e avaliação de riscos.

Uma estrutura recomendada para o PAE deve contemplar os seguintes aspectos:

- Introdução;
- Estrutura do plano;
- Descrição das instalações envolvidas;
- Cenários acidentais considerados;
- Área de abrangência e limitações do plano;

- Estrutura organizacional, contemplando as atribuições e responsabilidades dos envolvidos;
- Fluxograma de acionamento;
- Ações de resposta às situações emergenciais compatíveis com os cenários acidentais considerados, de acordo com os impactos esperados e avaliados no estudo de análise de riscos. Devem ser considerados os procedimentos de avaliação, controle emergencial (combate a incêndios, isolamento, evacuação, controle de vazamentos, etc.) e ações de recuperação;
- Prever recursos humanos e materiais;
- Divulgação, implantação, integração com outras instituições e manutenção do plano;
- Previsão de exercícios teóricos e práticos, de acordo com os diferentes cenários acidentais estimados;
- Documentos anexos: plantas de localização da instalação e layout, incluindo a vizinhança sob risco, listas de acionamento (internas e externas), listas de equipamentos, sistemas de comunicação e alternativos de energia elétrica, relatórios, etc.

Os cenários acidentais identificados durante a realização da Análise Preliminar de Perigos devem ser utilizados com o objetivo de dar suporte ao Programa de Gerenciamento de Riscos e Plano de Ação de Emergência. As medidas mitigadoras sugeridas na APP devem ser implementadas junto ao PGR e PAE.

O objetivo principal do planejamento de emergência é estar preparado para agir de forma eficiente à situações que possam ameaçar a vida das pessoas e da comunidade, afetar o meio ambiente ou a propriedade. Para a montagem do PAE os objetivos em ordem de prioridades são:

- Salvar vidas e prevenir lesões.
- Reduzir ao mínimo os danos às instalações, meio ambiente e comunidade.
- Garantir a continuidade ou o reinício das operações produtivas o mais rápido possível.

Há outros aspectos que também devem ser considerados como as relações públicas e a imagem da empresa frente a comunidade, e o fornecimento de produtos, sem interrupção, aos clientes.

Ao se avaliar as prováveis emergências de uma instalação, no mínimo os seguintes tipos devem ser considerados:

- Acidentes que resultem em lesões graves ou fatais.
- Incêndio ou explosão.
- Poluição do meio ambiente (vazamentos, derramamentos etc.).
- Perigos para a comunidade (liberação de gases, vapores tóxicos, explosão).
- Desastres naturais (inundação, vendaval, terremoto etc.).
- Problemas sociais (distúrbio civil, ameaça de bomba, sabotagem etc.).

7.12.8.18.1 Características do PAE

Algumas características são fundamentais para o funcionamento correto do PAE, as quais são discutidas na seqüência.

a) Definição de responsabilidades

Cada funcionário deve conhecer bem todos os planos de emergência, responsabilizar-se pelo seu cumprimento e saber agir de acordo com estes planos no caso de uma emergência.

b) Disponibilidade de recursos externos

É recomendável fazer um levantamento e avaliação dos elementos existentes na comunidade, como Corpo de Bombeiros, hospitais, Polícia Militar e Rodoviária, Defesa Civil etc., para conhecer os recursos com que contam, o tempo que demorarão para chegar até a fábrica, pessoal e equipamento disponível etc., no caso de uma emergência, para verificar qual será a ajuda efetiva que poderão dar.

Em todo caso, é muito importante incorporar estes elementos ao Plano de Emergência, comunicar-lhes os principais riscos, materiais e produtos perigosos manuseados na planta etc., e como deverão atuar no caso de uma emergência. É recomendável manter reuniões periódicas com estas entidades.

c) Definição do plano de emergência

Cada instalação é diferente, portanto não há um plano geral que possa ser aplicado a todas as instalações, e cada uma deverá definir e desenvolver o plano que melhor se ajuste a suas necessidades.

A definição do plano é um processo no qual se deve pensar em cada emergência potencial identificada, determinar o que é necessário fazer para controlá-la, definir as ações necessárias, definir as responsabilidades e finalmente, escrever tudo numa forma simples e clara.

Os objetivos devem ser definidos para que todos saibam o que fazer. Os objetivos mais comuns utilizados no planejamento de emergência são:

- Proteger as pessoas em geral.
- Resgatar as vítimas e providenciar o seu tratamento.
- Minimizar os danos à propriedade, ao meio ambiente e à comunidade.
- Manter a contenção dos produtos e água utilizada, evitando que atinjam rios ou outros recursos hídricos.
- Identificar vítimas.
- Providenciar o envio, o mais rápido possível, das vítimas para hospitais e outros centros de tratamento.
- Fornecer informações reais e verdadeiras às autoridades e à imprensa.
- Providenciar a recuperação segura e rápida da área afetada.
- Reunir informações, relatórios, registros, depoimentos etc., para a investigação posterior do acidente.

d) Equipe de controle da emergência

Uma vez identificados os tipos de emergências para as quais se deve ter um planejamento e os tipos de serviços que serão necessários, é preciso garantir que esses serviços sejam realmente fornecidos e estejam disponíveis durante a emergência. Isto é feito, dando-se responsabilidades às pessoas que estarão a

cargo de cada serviço. Geralmente há alguém na organização que se encaixa bem em cada função ou serviço, como por exemplo:

- Coordenador da emergência - gerente da fábrica ou uma função de alto nível que esteja sempre presente na unidade (24 horas).
- Notificação do alarme - recepcionista ou encarregado da segurança patrimonial.
- Coordenador da brigada de incêndios - chefe da brigada, bombeiro chefe ou técnico de segurança.
- Ajuda médica - médico do trabalho ou enfermeiro.
- Coordenador da emergência de processo - engenheiro de fábrica.
- Relações públicas - gerente de recursos humanos.
- Registros e relatórios - secretária.
- Coordenador da ajuda externa - técnico de segurança.
- Coordenador da evacuação - auxiliares de segurança, membros da CIPA, chefes de setores.

Todas as pessoas farão parte da Equipe de Emergência. Alguns terão outras pessoas na sua área de responsabilidade, ajudando na sua função, trabalhando sob suas ordens durante a emergência.

Todas essas pessoas devem ter suas responsabilidades definidas e cabe aos membros da Equipe de Emergência dar o treinamento e as informações necessárias. As pessoas que não tiverem uma função específica definida serão responsáveis pela evacuação da área afetada de acordo com as instruções recebidas e não ficarão em seu local de trabalho, para não afetar a atuação da equipe que combate a emergência.

É muito importante designar membros alternativos para cada componente da equipe, de modo que assumam a responsabilidade quando o titular não estiver na fábrica. Os componentes reservas deverão ter o mesmo treinamento que os titulares.

e) Elaboração do plano de emergência

Uma vez estabelecidos os possíveis eventos e a disponibilidade de recursos internos e externos, procede-se a elaboração do Plano de Emergência.

Existe o risco do Plano de Emergência se tornar muito complexo e pouco prático em sua aplicação. O objetivo deve ser mantê-lo o mais simples e flexível possível, fornecendo procedimentos claros e diretos, para evitar confusão quando as pessoas trabalham em uma situação de emergência.

O Plano deverá identificar quem deve fazer o quê, e onde deve ser realizado. Em outras palavras, as pessoas devem ser identificadas, as atividades e a localização definidas e fornecidas localizações alternativas para o Centro de Controle.

Os seguintes elementos devem ser incluídos no plano:

- Organograma

Mostra em uma forma gráfica e condensada a organização da equipe, os títulos dos membros e as diferentes responsabilidades (por exemplo: Coordenador

de Emergência, Encarregado das Comunicações etc.). Deve constar o nome da pessoa que ocupa a função, telefone do trabalho e da residência, nome e telefones de uma pessoa reserva. Descrever em poucas frases as responsabilidades de cada membro da Equipe de Emergência, por exemplo:

Coordenador de Emergência - assume o comando total. Fornece um local de comando com localidade alternativa, que será o ponto focal das comunicações.

- Descrição geral

Fornece uma descrição breve para cada serviço, por exemplo:

Comunicações:

- a) Telefones
- b) Rádios
- c) Gravador
- d) Meios de notificação

- Outras informações

Inclui a informação que pode ser importante durante uma emergência: plantas da fábrica, plantas dos sistemas de proteção contra incêndios, sistemas especiais de proteção, listas dos equipamentos de emergência disponíveis, lista dos funcionários (geral e dos que estavam presentes no momento da emergência), listas de telefones de emergências, recursos médicos disponíveis etc.

7.12.8.18.2 Ativação do plano de emergência

A ativação do plano de emergência segue certas etapas que são comuns para a maioria das organizações. Estas etapas são:

a) Identificação da emergência

Esta identificação pode ser feita por qualquer pessoa da organização que detecta algo fora do normal ou fora do controle. Deve comunicar imediatamente o Centro de Controle, para o qual poderá existir um telefone direto. Se for possível e seguro, pode tentar controlar a situação, como por exemplo, no caso de um pequeno início de incêndio. Mas, deve ficar claro que sua primeira obrigação é comunicar a situação, e só deve atuar quando não houver riscos para a sua segurança. Esta informação deve ser a mais completa possível para ajudar a Equipe de Controle da Emergência a tomar suas decisões.

b) Comunicação da emergência

O Centro de Controle comunicará a situação à Equipe de Controle de Emergência.

No caso de liberação de gases/vapores tóxicos ou explosivos, que podem afetar outras fábricas ou a comunidade, deverão ser informadas a Defesa Civil, Polícia e fábricas vizinhas.

Sendo o sistema de comunicações e alarmes fundamentais para o sucesso do plano, devem ser tomadas certas medidas para garantir seu bom funcionamento.

Devem ser tomadas medidas, com alternativas, para poder comunicar em forma imediata, a existência de uma emergência, a todo o pessoal, autoridades, fábricas vizinhas etc.

c) Reunião da equipe de controle da emergência e das brigadas de apoio

Uma vez ativada a equipe de controle de emergência e as brigadas de apoio, elas devem se dirigir, o mais rápido possível, aos locais designados como centros de controle.

O Coordenador da Emergência deverá reunir todas as informações disponíveis e decidir as ações que devem ser tomadas. As Brigadas de Apoio serão ativadas, se for necessário tomar medidas de ação, como combate de incêndios, controle de derramamentos, resgate de vítimas, evacuação etc.

O Coordenador deverá receber informações a respeito do pessoal presente na instalação e no local da emergência. Portanto, é sumamente importante ter um bom controle do pessoal.

d) Evacuação do pessoal não envolvido

Para cuidar da segurança do pessoal não envolvido diretamente no controle da emergência, torna-se imperativo ter um plano de evacuação bem estruturado.

Dependendo da natureza da emergência, o plano de evacuação deve levar em consideração o seguinte:

- Evacuação do pessoal da planta, prédios ou áreas afetadas. Deve haver um sistema para garantir e controlar a evacuação de todo o pessoal da área;
- Rotas de evacuação bem definidas e demarcadas;
- Evacuação ordenada até as áreas de reunião designadas;
Sistema para contar o pessoal.

As rotas de evacuação devem estar bem iluminadas e contar com iluminação de emergência para casos de queda de energia.

e) Fim da emergência

O sinal de fim da emergência será dado quando cessarem as condições que ativaram os sinais de emergência e evacuação, e quando a área estiver em condições seguras, sendo que o sinal de "fim da emergência" somente poderá ser autorizado pelo coordenador.

7.12.8.18.3 Treinamento do pessoal

Após o plano estar pronto, é essencial que todo o pessoal da fábrica o conheça, devendo receber um treinamento teórico, pelo menos uma vez por ano, e nas seguintes situações:

- Na contratação;
- Após qualquer modificação do plano;
- Quando transferido de área ou setor.

É importante que este treinamento seja registrado e os registros arquivados na folha de cada funcionário.

7.12.8.18.4 Testes periódicos do plano

O objetivo principal do plano é ter um documento escrito, conhecido por todos e não apenas consultado no momento de uma emergência. O plano existe para que cada funcionário esteja familiarizado com suas funções, obrigações e procedimentos, que devem ser seguidos automaticamente durante uma emergência.

A melhor forma para atingir este objetivo é realizar treinamentos periódicos em situações simuladas de emergência. Após cada simulação do plano, devem ser feitas uma avaliação da atuação do pessoal durante o exercício, críticas necessárias para identificar as debilidades, e como corrigi-las. Caso seja necessário, o plano deve ser modificado, o pessoal treinado novamente e uma nova simulação deve ser feita para verificar se as debilidades foram eliminadas.

A aplicação de testes de planos de emergência deve ser condizente com o tipo de operação local e ser feito da forma mais realista possível. Os seguintes aspectos devem ser considerados:

- Anunciar o teste do plano com antecedência;
- Simular problemas com todos os turnos;
- Rever o plano conforme os testes e condições variáveis.

Pode-se precisar de observadores para completar a avaliação. Um teste simulado em sala de aula poderá ser realizado. A emergência suposta pode ser apresentada ao grupo de Controle de Emergência e o caso ser estudado por eles, havendo apresentação e comentários posteriores.

7.12.8.18.5 Manutenção do plano

Quando já pronto um plano de emergência para uma instalação, é importante que se mantenha atualizado com relação às mudanças que normalmente acontecem em toda organização, como:

- Mudança de pessoal chave;
- Mudança no processo;
- Mudanças de equipamentos;
- Novas instalações;
- Desativação de unidades;
- Mudanças de matérias primas;
- Novas instalações vizinhas.

Deve ser designada uma pessoa responsável pela atualização do plano.

Deve existir um bom sistema de controle administrativo para garantir que todo o pessoal envolvido receba estas atualizações imediatamente.

7.12.8.18.6 Auditorias

Objetivando a manutenção do PGR, devem ser previstas Auditorias periódicas visando constatar a conformidade e efetividade dos procedimentos previstos no programa.

O PGR deve estabelecer a forma de realização das auditorias e a periodicidade, de acordo com a periculosidade e complexidade das instalações e dos riscos delas decorrentes.

Todos os resultados da auditoria devem ser devidamente documentados, e a implantação das ações sugeridas verificadas.

7.13 MAPEAMENTO DO RISCO AMBIENTAL (MARA)

O Mapeamento do Risco Ambiental (MARA) é parte integrante do EAR e complementar do PAE a fim de avaliar os possíveis riscos e vulnerabilidades ambientais, sendo seu principal objetivo servir de apoio a elaboração dos planos de emergência.

Através da geração de planilhas e mapeamentos, o MARA possibilita quantificar e delimitar a sensibilidade ambiental da área, os elementos ambientalmente nocivos presentes na UTE Pampa Sul e seus respectivos volumes (potenciais) vazados máximos nos ambientes vulneráveis e orienta sobre as práticas e recursos de contingência como também ações de mitigação.

As contribuições mais significativas são as seguintes:

- Visualização dos elementos ambientais inseridos na AID por meio de mapa temático;
- Visualização imediata de todo sistema hidrológico, antevendo o fluxo esperado para qualquer substância vazada;
- Delimitação e classificação de todos os elementos sensíveis que potencialmente podem ser impactados;
- Permite o planejamento dos recursos humanos e materiais necessários, bem como as estratégias específicas para enfrentar qualquer eventual acidente;
- Permite a inserção do elemento ambiental no estudo de risco de segurança.

7.13.1 Enfoque metodológico

A metodologia se aplica à Área de Influência Direta da UTE Pampa Sul, e as vias de transporte do carvão, relacionando os produtos, processos e derivados líquidos gasosos ou sólidos que podem afetar a segurança da população limítrofe ou as áreas ambientalmente sensíveis a esses fatores.

A sensibilidade ambiental é apresentada considerando a classificação dos elementos ambientais, o uso do solo e cobertura vegetal, os recursos hídricos, os habitats e ocorrência de espécies protegidas, que são em menor ou maior escala, susceptíveis aos produtos e processos inerentes ao empreendimento.

A listagem e quantificação dos produtos e processos potencialmente perigosos é fornecida pela avaliação criteriosa elaborada para o EAR (Estudo de Análise de Riscos).

As ações de contingência e mitigação decorrerão de avaliações e simulações planejadas e incrementadas por todos os agentes inseridos na operação da Usina.

Para a representação dos resultados, foi gerada a Ilustração 7.1 – Mapa dos Riscos Ambientais, onde elementos contidos nessa carta temática abarcaram a cobertura vegetal, classes de uso do solo, hidrografia, malha viária, habitats da fauna, locação de espécies emblemáticas, enfim, todos os elementos que caracterizam e determinam a sensibilidade ambiental. Esses elementos foram identificados e mapeados no Diagnóstico Ambiental, componente do EIA.

7.13.2 Elementos estruturais do MARA

O MARA foi estruturado a partir de 4 subitens: Sensibilidade Ambiental, Volumes Vazados Máximos, Simulação de Contingência – Práticas e Recursos, e Ações de Mitigação, descritos a seguir.

7.13.2.1 Sensibilidade ambiental

A classificação da sensibilidade ambiental preocupa-se em apontar aspectos de vulnerabilidade das áreas que podem vir a ser atingidas em caso de acidente, e que, conseqüentemente, necessitam de especial atenção.

Para determinar esta classificação, foram elaborados quadros para valorar de maneira empírica, a sensibilidade ambiental das áreas que correm o risco de ser atingidas.

Foram classificados 6 parâmetros ambientais para serem analisados, onde cada um desses parâmetros foi subdividido a partir de 4 diferentes características de sensibilidade, recebendo portanto notas de 1 a 4. De maneira geral, quanto mais alta a nota, maior a vulnerabilidade.

O Quadro 7.26 - “Valoração atribuída aos parâmetros considerados na avaliação da sensibilidade” mostra, de maneira detalhada, quais foram as características consideradas em cada um dos parâmetros e a respectiva nota de cada característica.

Quadro 7.26 – Valoração atribuída aos parâmetros considerados na avaliação da sensibilidade.

Parâmetro	Característica Considerada	Valoração
Distribuição natural na paisagem	Muito Restrita	4
	Rarefeita	3
	Comum	2
	Amplamente dispersa	1
Presença de espécies protegidas	Ocorrência confirmada de espécies de fauna e flora	4
	Ocorrência conformada de espécies de fauna ou flora	3
	Ocorrência potencial para a região	2
	Inexistente	1
Capacidade de absorção de poluentes	Critica	4
	Alta	3
	Moderada	2
	Baixa	1
Capacidade de dispersão de poluentes	Critica e de efeitos regionais	4
	Alta e de abrangência para a área de Influência Direta	3
	Moderada e de abrangência para a área Diretamente afetada	2
	Baixa e de abrangência pontual	1
Viabilidade de recuperação ambiental	Sem recuperação	4
	Difícil Recuperação	3
	Recuperação Viável	2
	Regeneração por processos simples ou naturais	1

Parâmetro	Característica Considerada	Valoração
Complexidade para implantação de programas de remediação	Sem previsão de Implantação de Programas Viáveis	4
	Necessidade de Programas complexos e onerosos	3
	Remediação possível com implantação de programas previstos	2
	Remediação mediante medidas de ações pontuais e imediatas	1

A partir desta valoração foi elaborado o Quadro 7.27 – “Classificação da sensibilidade ambiental” onde é feita a correlação entre os parâmetros de sensibilidade e os ambientes que correm o risco de ser atingidos em caso de acidente.

Esses ambientes foram definidos com base na Ilustração 5.12 – Uso e ocupação do solo, e divididos em 3 grandes grupos: aquáticos, terrestres e de transição. Cada um destes grupos foi subdividido nas possíveis áreas de sensibilidade.

Os valores atribuídos a partir desta correlação foram definidos de maneira empírica para criar uma referência que permita classificar o grau de sensibilidade ambiental, indicando quais as áreas que devem deter maior atenção na elaboração do PGR e PAE.

Quadro 7.27 – Classificação da sensibilidade ambiental.

Ambientes / Parâmetros de Sensibilidade		Distribuição natural na paisagem	Presença de espécies protegidas	Capacidade de absorção de poluentes	Capacidade de dispersão de poluentes	Viabilidade de recuperação ambiental	Complexidade para implantação de programas de remediação	SENSIBILIDADE ATRIBUÍDA
Aquáticos	Cursos d'água	3	1	4	4	3	3	18
	Barragens e reservatórios	2	1	3	3	3	3	15
Terrestres	Campo nativo	2	3	2	1	2	2	12
	Lavouras de sequeiro e pastagens	1	1	2	1	2	2	9
	Fragmentos de mata nativa mesófila	3	3	2	1	3	2	14
	Mata ciliar	3	3	3	3	3	3	18
Transição	Banhados e nascentes	3	3	4	3	3	3	19
	Lavouras irrigadas	1	1	1	1	1	2	7
	Planície de inundação	2	3	3	2	2	3	15

A “Sensibilidade Atribuída” resulta do somatório dos valores dados a cada um dos subitens. O Quadro 7.28 apresenta os valores arbitrados para quantificação da sensibilidade divididos em 4 níveis de sensibilidade: crítica, alta, moderada e baixa.

A nota máxima a ser alcançada por um ambiente/área de sensibilidade é 24, considerado uma área crítica de sensibilidade ambiental, enquanto a nota mínima a ser alcançada é 6, sendo uma área com baixa sensibilidade ambiental.

Quadro 7.28 – Valores arbitrados para quantificação da sensibilidade.

Sensibilidade	Somatório
Crítica	de 19 a 24
Alta	de 13 a 18
Moderada	de 7 a 12
Baixa	6

Apenas as áreas de banhados e nascentes apresentaram sensibilidade crítica, tendo alcançado a nota 19. A maior parte das áreas apresenta sensibilidade alta, e três apresentam sensibilidade moderada. A ordem decrescente de sensibilidade fica assim estabelecida:

Crítica:

1º. Banhados e nascentes;

Alta:

Mata ciliar e cursos d'água;

2º. Planície de inundação e barragens e reservatórios;

3º. Fragmentos de mata nativa mesófila;

4º. Campo nativo;

Moderada:

5º. Lavouras de sequeiro e pastagens;

6º. Lavouras irrigadas.

7.13.2.2 Volumes vazados máximos

A quantificação dos volumes vazados máximos é realizada para todos os produtos que oferecem risco aos ambientes que podem ser atingidos em caso de acidente, e tem a função de auxiliar na previsão dos potenciais perigos e danos oferecidos em caso de vazamento.

Quadro 7.29 – Volumes vazados máximos.

Produtos	Volumes
óleo combustível	1.200 m ³
carvão	30 t
calcário	40 t

Na elaboração do PGR e do PAE deverá ser identificado para cada um dos produtos acima citados:

- A periculosidade potencial de cada produto;
- Os efeitos imediatos e de longo prazo em caso de acidente;
- Os fatores que podem condicionar o comportamento da contaminação.

7.13.2.3 Simulação da contingência – Práticas e recursos

A elaboração de Práticas e Recursos da Contingência objetiva definir ações emergenciais a serem tomadas em caso de constatação de um acidente com risco iminente nos ambientes vulneráveis.

Desenvolvido por especialistas em emergência, meio ambiente e responsáveis técnicos da UTE Pampa Sul, as práticas e recursos de contingência devem ser planejados para que todas as medidas sejam efetuadas em um menor espaço de tempo, com a maior eficácia e segurança pelas equipes de operação.

Segundo planilha de APP, anexo C deste capítulo, o maior perigo existente na UTE, do ponto de vista ambiental, é o vazamento de óleo diesel na Usina. Dessa planilha elaborou-se o Quadro 04 – “Planilha de Contingência” para as hipóteses que apresentam perigo de vazamento grande e catastrófico, sendo portanto as que podem causar danos ambientais externamente a UTE.

O transporte do carvão mineral também foi avaliado, por se tratar de um insumo que é classificado como não inerte, não explosivo, mas sujeito a queima a partir de uma alta ignição e, caso lançado num curso hídrico poderá gerar poluição.

Quanto ao transporte de calcário, entende-se que este insumo não oferece risco ao meio ambiente, sendo, inclusive, largamente utilizado como corretivo agrícola (solo) na região.

Desta forma, como simulação da contingência, atentou-se para o uso do óleo diesel na Usina, que é apresentada no Quadro 7.30, e para o transporte do carvão mineral, que é apresentada no Quadro 7.31.

Quadro 7.30 – Planilha de contingência do óleo combustível.

Local do Vazamento	Máximo volume vazado (m³)	Tempo do vazamento (min)	Tempo de resposta emergência (min)	Efeitos (Prováveis recursos impactados)	Origem do Grupo de Combate	Ações de Emergência	Hipótese
Grande vazamento de diesel em conexões, tubo e mangote.				Pátio da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	3
Grande Vazamento na linha de saída de 4" do mangote passando pelo filtro até a sucção da bomba de descarregamento	30	10	10	Pátio da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	6
Grande Vazamento na linha de 4" da descarga da bomba de descarregamento até a entrada no tanque	4,17	10	10	Pátio da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	9
Rompimento catastrófico do tanque	1.200	30	10	- Barragens J1 e J2 - Arroio a oeste da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	10
Grande Vazamento na linha de 2,1/2" da saída do tanque de óleo diesel passando pelo filtro até a sucção da bomba de óleo diesel	5,8	10	10	Pátio da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	13
Grande Vazamento na descarga da bomba de óleo diesel até a entrada na Caldeira unidade 2	5,8	10	10	Pátio da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	16
Grande Vazamento na linha de 2 1/2" de retorno da Caldeira até a entrada da bomba de drenos	1,7	10	10	Pátio da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	19
Grande Vazamento na linha de 2 1/2" de saída da bomba de drenos até a entrada do Tanque de coleta drenos	1,7	10	10	Pátio da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	22
Rompimento Catastrófico do Tanque de coleta drenos	2	10	10	Pátio da UTE	Brigada de Emergência da UTE	- Contenção - Recolhimento - Aplicação de Espuma	23

Quadro 7.31 – Planilha de contingência do transporte de carvão.

Trecho do Tombamento (km-km)	Pontos Notáveis		Sensibilidade do Ponto	Tempo do Tombamento (min)	Tempo de resposta emergência (min)	Efeitos (Prováveis recursos impactados)	Origem do Grupo de Combate	Ações de Emergência
	Ponto	km						
0-1	1	0,1	Alta	Instantâneo	20	Arroio Montante J1	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
	2	0,5	Alta	Instantâneo	20			
1-2	3	1,3	Alta	Instantâneo	22	Arroio Montante J1	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
2-3	4	2,4	Alta	Instantâneo	23	Arroio Montante J1	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
3-4	5	3,4	Alta	Instantâneo	24	Arroio Montante J1	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
5-6	6	5,5	Crítica	Instantâneo	27	Arroio	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
6-7	7	6,4	Crítica	Instantâneo	28	Área Úmida	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
9-10	8	9,3	Alta	Instantâneo	31	Arroio e Área Úmida	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
	9	9,7	Alta	Instantâneo	32			
10-11	10	10,8	Crítica	Instantâneo	33	Arroio e Área Úmida	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
11-12	11	11,1	Crítica	Instantâneo	33	Arroio, Área Úmida	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
12-13	12	12,6	Alta	Instantâneo	35	Arroio, Área Úmida	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
	13	13,0	Alta	Instantâneo	36	Arroio, Área Úmida	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
17-18	14	17,6	Crítica	Instantâneo	41	Bacia para açude de abastecimento d'água para Lassance e Reserva Municipal	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
18-20	15	19,5	Alta	Instantâneo	43	Área úmida	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
21-22	16	21,7	Crítica	Instantâneo	46	Arroio	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.
22-23	17	22,5	Crítica	Instantâneo	47	Arroio	Brigada de Emergência da UTE	- Isolamento da área. - Recolhimento do material.

* Para a determinação do tempo de resposta foi considerado: 10 minutos para que a UTE seja avisada sobre o tombamento, 10 minutos para que a equipe de emergência se organize e mais o tempo de deslocamento até o local do acidente, utilizando a velocidade média de 50 km/h.

Na Simulação da Contingência se avaliará o desdobramento ou efeito de qualquer acidente ou vazamento, utilizando-se as informações dos mapas de sensibilidade. Nessas reuniões serão geradas as planilhas que sistematizam todos os dados e informações advindas do EIA, do EAR e nos próprios mapas de risco, que estarão disponíveis para orientar as Ações de Contingência.

7.13.2.4 Ações de Mitigação

A partir das 9 hipóteses acidentais mencionadas nos Quadros 04 e 05, deverão ser elaboradas ações adaptadas em cada um dos ambientes potencialmente expostos ao risco de ser atingido considerando o grau do impacto gerado e o tempo de permanência do óleo e do carvão no ambiente.

Desta maneira recomenda-se:

- Prever, elaborar e executar programas de manutenção dos equipamentos e linhas (proteção primária) e também para os sistemas de segurança – válvulas, sensores, alarmes, câmeras de vigilância (proteção secundária);
- Elaborar procedimentos de registro e investigação de causas do acidente;
- Trabalhar somente com equipamentos certificados e definir a necessidade de realização de inspeção visual dos equipamentos;
- Exigir que as operações de descarga do óleo na linha 4”, sejam acompanhadas por monitoramento visual;
- Prever, elaborar e executar programas de segurança para as operações de descarga do óleo na linha 4”;
- Operar com os tanques de armazenamento de óleo diesel dentro de um limite de 75% de sua capacidade total para permitir a transferência de conteúdo em caso de sinistro;
- Prever, elaborar e executar programa de treinamento e capacitação dos funcionários nas manobras operacionais;
- Executar programas de manutenção dos sistemas de segurança (sensores e alarme de nível e segurança).
- Dar treinamento de direção defensiva para os motoristas dos caminhões.

Disponibilizar para cada veículo de transporte equipamentos de segurança e comunicação.

7.14 EQUIPE TÉCNICA

Herco Consultoria de Riscos			
Nome	Título	CREA-SC	Assinatura
Ana Karoline Hemkemaier	Analista de Riscos	098318-9	



UTE | PAMPA SUL S.A.



ANEXO A
DOCUMENTAÇÃO PERTINENTE AO PROJETO



UTE | PAMPA SUL S.A.



ANEXO B
FICHAS DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS (FISPQ)



UTE | PAMPA SUL S.A.



ANEXO C
ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS – APP



UTE | PAMPA SUL S.A.



ANEXO D
RELATÓRIOS DE SAÍDA DAS SIMULAÇÕES