

PRÊMIO GÁS LP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

- EDIÇÃO 2014 -

PARTICIPANTES:

SINDIGÁS - Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo

Herco Consultoria de Riscos

CATEGORIA: Segurança

TÍTULO:

ESTUDO SOBRE O IMPACTO DA PRESENÇA DE VEÍCULOS TRANSPORTADORES EM REVENDAS DE GÁS LP, COM RELAÇÃO AOS ASPECTOS RELATIVOS A SEGURANÇA

PRÊMIO GÁS LP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

– EDIÇÃO 2014 –

PARTICIPANTES:

SINDIGAS - Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo

Herco Consultoria de Riscos

CATEGORIA: Segurança

Título:

ESTUDO SOBRE O IMPACTO DA PRESENÇA DE VEÍCULOS TRANSPORTADORES EM REVENDAS DE GÁS LP, COM RELAÇÃO AOS ASPECTOS RELATIVOS A SEGURANÇA

AUTORES:

- (1) Adriano Horta Loureiro - SINDIGÁS
- (2) Herco Consultoria de Riscos

(1) Engenheiro de Telecomunicações e Eletrônica (UGF), Pós Graduação em Gestão Ambiental (UGF), Avaliador de Laboratório da NBR 17025 (INMETRO), Auditor da Qualidade (BATALAS – MCG Qualidade), Gerente Técnico (SINDIGÁS), Coordenador da Comissão de GÁS LP (IBP), Presidente do Conselho Diretor de Assuntos de Certificação - CDAC (BRTÜV), Presidente do Comitê de Imparcialidade - CI (TÜV-SUD), Membro de Comitês de Certificação (ABNT, BRTÜV, CERTA, EXATA e TÜV-SUD), Membro do Grupo Técnico do CB09 (ABNT), com 15 anos de experiência no mercado.

(2) As atividades da HERCO são desenvolvidas nas áreas operacionais da empresa, avaliando tecnicamente os riscos em que está exposta, identificando os possíveis impactos nas mais diversas áreas, sejam operacionais, financeiras, comerciais ou administrativas. Áreas de Atuação: Análise de Segurança das Instalações / Análise de Riscos ao Meio Ambiente / Análise de Riscos em Projetos / Avaliação de Atividades Críticas / Gerenciamento de Modificações / Gerenciamento do Tratamento de Riscos / Treinamentos e Formação de Multiplicadores.

Sinopse

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os níveis de risco gerado pelo armazenamento de botijões (P-13) e destes em meios de transporte, tais como caminhonetes, utilitários, etc. quando presentes no interior das revendas.

O estudo contemplou a Análise de Risco das áreas de armazenamento das revendas de Gás LP classe I, II e IV.

O estudo avaliou o incremento do risco quando são considerados que os meios de transporte utilizados para a distribuição dos botijões ficam estacionados, fora do horário comercial, na área de revenda. Foram avaliados os cenários: vazamento de gás, dimensão das nuvens de explosividades geradas, ignição das nuvens de gás (incêndios), formato das chamas e respectivas radiações térmicas e explosões com cálculo das ondas de sobrepressão.

O resultado do trabalho demonstrou que o risco para a população, não altera com ou sem a presença do veículo transportador nas condições consideradas no estudo, desde que observadas as distâncias pré-estabelecidas e demais premissas da NBR 15.514, norma para áreas de armazenamento.

O estudo avaliou o impacto dos veículos transportadores nas localizações apontadas no presente relatório, considerando o acréscimo de carga de 50% e 75% da massa armazenada/autorizada de acordo com as classes citadas acima.

Breve histórico das empresas envolvidas:

Sindigás

O Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo – Sindigás, foi criado em 1974 com a finalidade de estudar, coordenar, proteger e representar a categoria diante da sociedade brasileira e nas diversas esferas dos governos federal, estadual e municipal. Além disso, o Sindigás busca uma maior colaboração junto aos poderes públicos, associações e entidades sindicais, de todos os níveis, no sentido da solidariedade social e de sua subordinação aos interesses nacionais.

Do ano de sua criação para cá, a entidade promoveu uma série de ações com o objetivo de modernizar o mercado e oferecer ao consumidor brasileiro produtos e serviços com mais segurança e qualidade.

Hoje, o Sindigás conta com seis empresas associadas (Amazongás, Fogás, Nacional Gás, Liquigás, Supergasbras e Ultragaz), que atuam em todas as regiões do país em 100% dos municípios. Juntas, elas representam quase 90% do mercado total de Gás LP brasileiro. São empresas que oferecem ao consumidor uma larga tradição de confiabilidade de suas marcas e que têm a responsabilidade de assegurar, há mais de 60 anos, o abastecimento da população brasileira em todos os pontos do território nacional.

Herco Consultoria de Riscos

A Herco Consultoria de Riscos é uma empresa de consultoria de avaliação técnica de riscos e identificação de possíveis impactos, principalmente na segurança das instalações, ao meio ambiente e na avaliação de atividades críticas.

A empresa constitui um modelo único de excelência em ANÁLISES DE RISCOS, CONTROLE DE PERDAS e implantação de PROGRAMAS DE ENGENHARIA DE RISCOS, com prestação de serviços com padrão de qualidade mundial.

Suas atividades são desenvolvidas nas áreas operacionais da empresa, avaliando tecnicamente os riscos em que está exposta, identificando os possíveis impactos nas mais diversas áreas, sejam operacionais, financeiras, comerciais ou administrativas.

Desta forma, adotam-se medidas de redução dos riscos identificados e, portanto, minimizando a probabilidade e/ou a gravidade de eventos indesejados.

Problemas e Oportunidades

O estudo avaliou o impacto dos veículos transportadores estacionados, fora do horário comercial, nas áreas das revendas classe I, II e IV, considerando o acréscimo de carga de 50% e 75% da massa armazenada/autorizada por classe.

Esta avaliação será através da identificação dos cenários de riscos, com as suas respectivas consequências, em termos de inflamabilidade. A estes cenários são associados as probabilidades de ocorrência dos mesmos e seus possíveis desdobramentos (eventos).

Foram avaliados os cenários: vazamento de gás, dimensão das nuvens de explosividades geradas, ignição das nuvens de gás (incêndios), formato das chamas e respectivas radiações térmicas e explosões com cálculo das ondas de sobrepressão.

A metodologia adotada possibilita avaliar a interferência dos diversos cenários e, portanto, pode-se avaliar a contribuição, em termo de nível de risco, da presença dos veículos transportadores nas revendas, comparando o risco da instalação com os demais riscos a que a população está exposta.

Motivações para a elaboração desse estudo:

- Não existem registros de acidentes envolvendo veículos no interior de revendas de Gás LP que estejam em conformidade com a norma NBR 15.514;
- Todo depósito de Gás LP deve ter aprovação do Corpo de Bombeiros e ter aprovação da ANP;
- Veículos de transporte de Gás LP cuja capacidade total de combustível não ultrapasse 333 kg, não se aplicam a legislação específica de transporte de produtos perigosos (Resolução ANTT n. 420)
- O veículo carregado de botijões na ÁREA EXTERNA (vias públicas, por exemplo) representa um RISCO SUPERIOR ao de um veículo no interior de uma instalação, devido à proximidade de fontes de ignição, trânsito (pedestres/veículos) e falta de equipamentos adicionais que poderiam auxiliar no combate de um eventual sinistro.

Plano de Ação – Objetivos, Metas e Estratégias

O principal objetivo deste estudo é avaliar o impacto da presença de veículos transportadores em revendas de GÁS LP, com relação aos aspectos relativos a segurança.

Para tanto, o estudo contempla a avaliação das eventuais alterações de risco a partir dos botijões já armazenados e/ou transbordados.

Na descrição das instalações de uma revenda, é importante saber que os recipientes transportáveis de GÁS LP podem ser classificados como:

- Novos: quando ainda não receberam carga nenhuma de GÁS LP;
- Cheios: quando contém quantidade de GÁS LP igual massa líquida, observadas as tolerâncias da legislação metrológica vigente;
- Parcialmente utilizados: quando contém quantidade GÁS LP abaixo da massa líquida.

Os locais que armazenam GÁS LP possuem ventilação natural, e estão afastados de outros produtos inflamáveis, bem como de fontes de calor e faíscas.

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO

As áreas de armazenamento são classificadas conforme Tabela a seguir:

Classificação das Áreas de Armazenamento		
Classe	Capacidade de Armazenamento kg de GLP	Capacidade de Armazenamento (equivalente em botijões cheios com 13kg de GLP)
I	Até 520	Até 40
II	Até 1.560	Até 120
III	Até 6.240	Até 480
IV	Até 12.480	Até 960
V	Até 24.960	Até 1.920
VI	Até 49.920	Até 3.840
VII	Até 99.840	Até 7.680
Especial	Mais de 99.840	Mais de 7.680

Conforme estabelecido na NBR 15514, as áreas de armazenamento classe I, II e III, quando delimitadas por cerca de tela metálica, gradil metálico, elemento vazado de concreto, cerâmica ou outro material resistente ao fogo, devem possuir acesso através de uma ou mais aberturas de no mínimo 1,20 metros de largura e 2,10 de altura que abram de dentro para fora.

As áreas de armazenamento classe IV ou superior, quando delimitadas pelos mesmos tipos de materiais citados neste item, devem possuir acesso através de duas ou mais aberturas de no mínimo 1,20 metros de largura e 2,10 metros de altura. Análise Quantitativa de Riscos das Instalações de Revenda de Gás LP que abram de dentro para fora e fiquem localizadas no mesmo lado nas extremidades ou em lados adjacentes ou opostas.

A área de armazenamento quando coberta deve ter no mínimo 2,60 metros de pé direito e possuir um espaço livre, permanente no mínimo de 1,20 metros entre o topo da pilha de botijões cheios e a cobertura. A estrutura e a cobertura devem ser construídas com produto resistente ao fogo, tendo a cobertura menos resistência mecânica do que a estrutura que a suporta.

Não é permitida a armazenagem de outros materiais na área de armazenamento dos recipientes transportáveis de Gás LP, excetuando-se aqueles exigidos pela legislação vigente, tais como: balança, material para teste de vazamento, extintor(es) e placas.

Quando os recipientes transportáveis de Gás LP estiverem armazenados sobre plataformas elevadas, estas devem ser construídas com materiais resistentes ao fogo, possuir ventilação natural, podendo ser coberta ou não e atender os requisitos acima.

TRANSPORTE

Os veículos de transporte de botijões de Gás LP, podem ser de acordo com os apresentados abaixo:

<u>Veículos</u>	<u>Quantidade de Botijões</u>
Triciclo	7
Pick-ups	14
Utilitário de grande porte	28
Caminhões	500
Caminhões (truck)	600
Carretas (transportador)	1050



Triciclo



Pickup



Caminhão



Caminhão Truck



Carreta



Utilitário de Grande Porte

Os armazenamentos de recipientes transportáveis de GÁS LP, em pilhas, devem obedecer aos limites da tabela abaixo:

MASSA LÍQUIDA DOS RECIPIENTES	RECIPIENTES CHEIOS	RECIPIENTES VAZIOS OU PARCIALMENTE UTILIZADOS
Inferior a 5Kg	Altura máxima da pilha = 1,5m	Altura máxima da pilha = 1,5m
Igual ou superior a 5Kg até inferior a 13Kg	Até cinco recipientes	Até cinco recipientes
Igual a 13Kg	Até quatro recipientes	Até cinco recipientes

PREMISSAS DO ESTUDO

Neste estudo pretende-se avaliar o risco da presença de veículos transportadores dentro das instalações. Para tanto, foi considerado outra carga de 50% e 75% da massa armazenada para cada classe, em veículos transportadores.

Na tabela abaixo pode-se verificar as quantidades consideradas para este estudo:

Quantidades Consideradas		
Armazenamento (equivalente em botijões cheios com 13kg de GLP)	Botijões de GLP em veículos transportadores (50%)	Botijões de GLP em veículos transportadores (75%)
Classe I - 40	20	30
Classe II - 120	60	90
Classe IV - 960	480	720

Nas figuras abaixo podem ser observados os layouts, que são meramente ilustrativos, das instalações de acordo com as distâncias estabelecidas na NBR 15514 – Áreas de Armazenamento de Recipientes Transportáveis de Gás Liquefeito de Petróleo (GÁS LP), destinados ou não a Comercialização – Critérios de Seguranças, e a localização dos veículos transportadores considerados

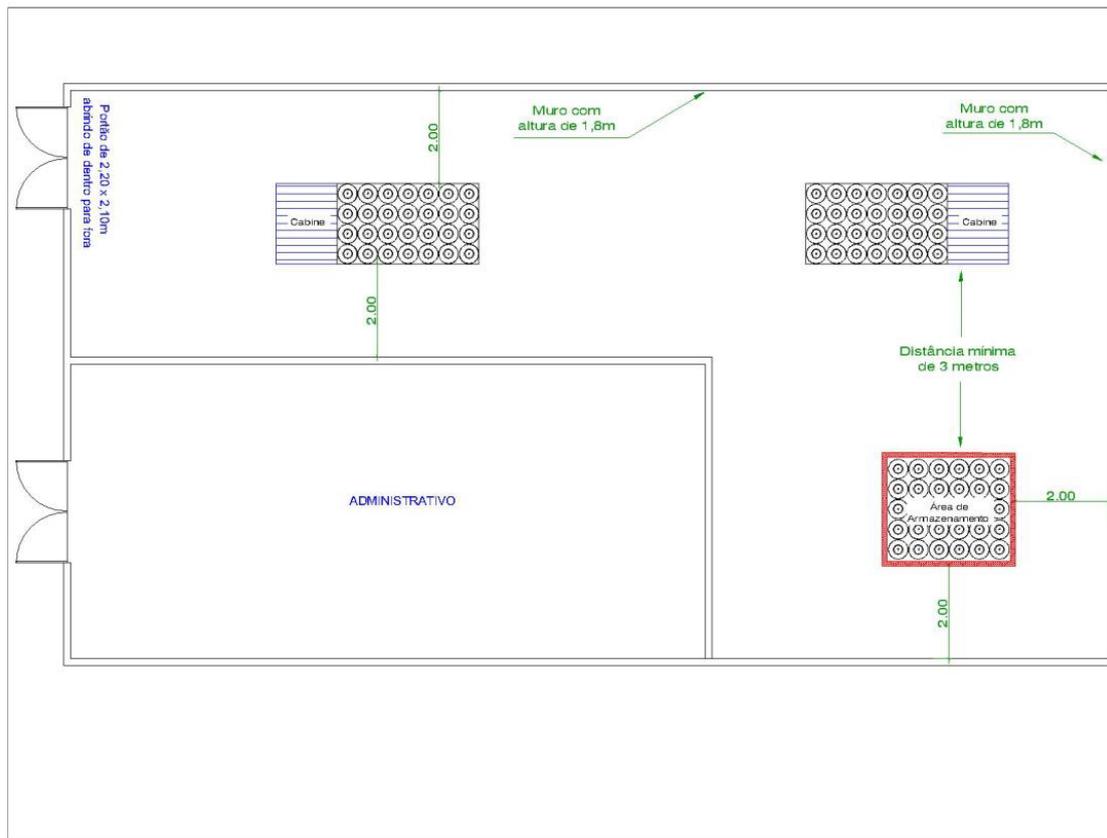


Ilustração de layout para classe II - 50% acima da capacidade armazenada em veículos transportadores.

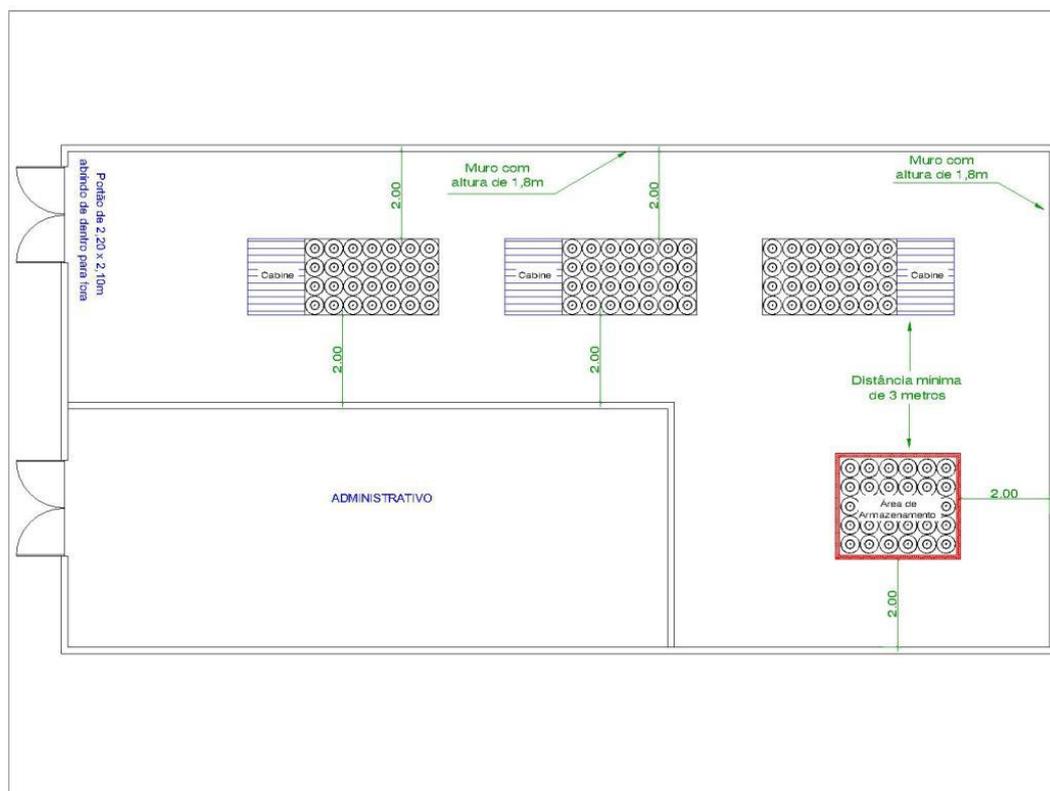


Ilustração de layout para classe II - 75% acima da capacidade armazenada em veículos transportadores.

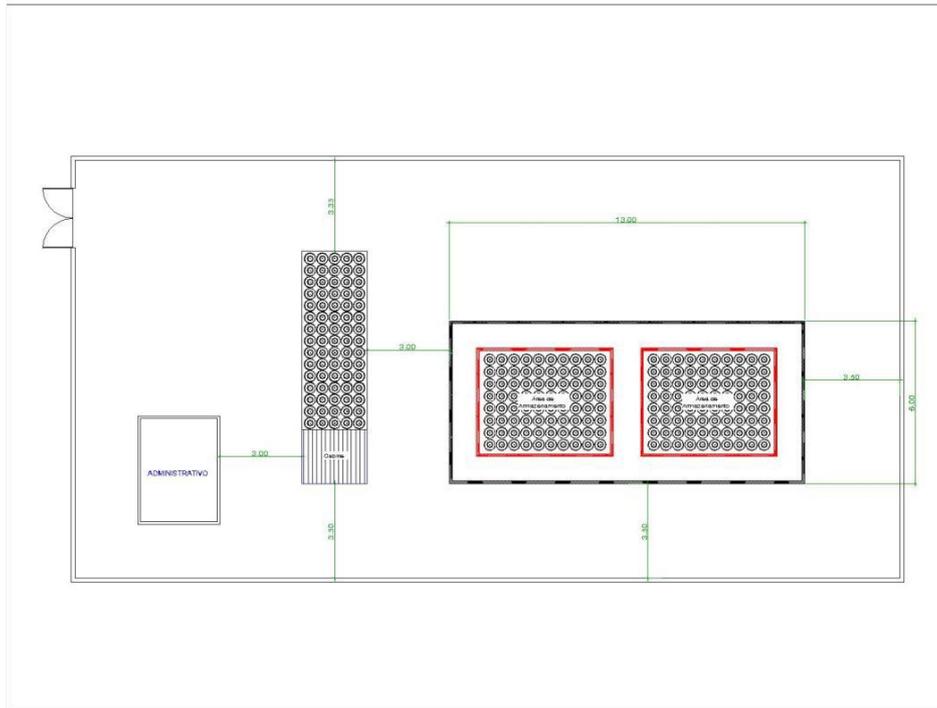


Ilustração de layout para classe IV - 50% acima da capacidade armazenada em veículos transportadores.

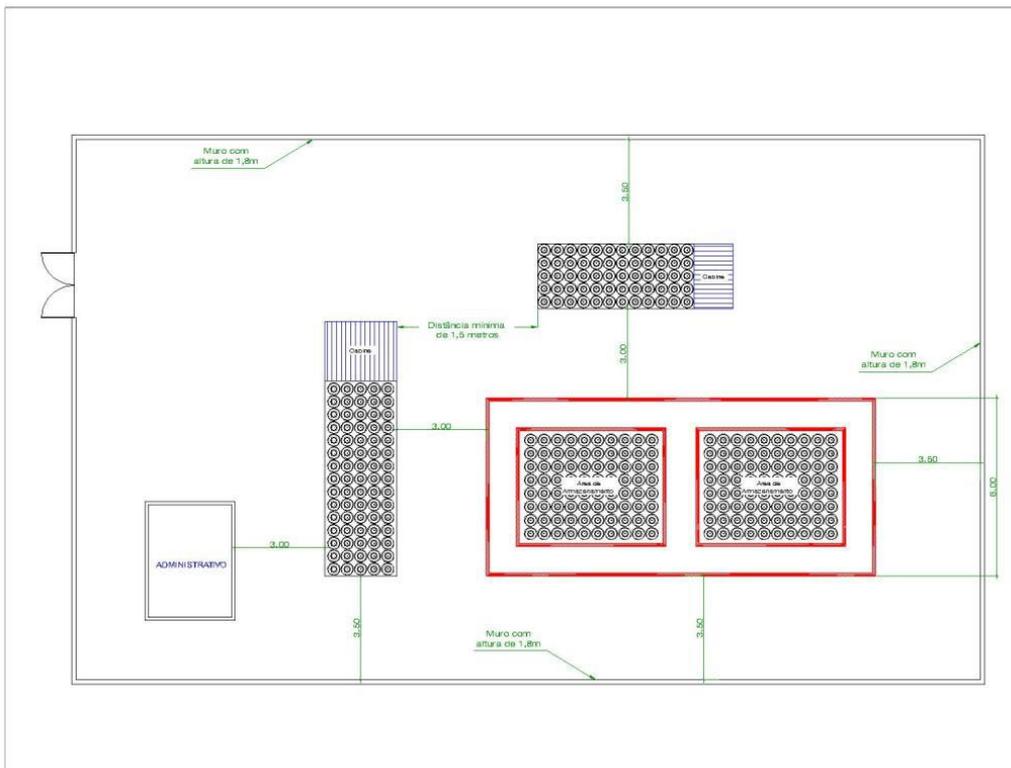


Ilustração de layout para classe IV - 75% acima da capacidade armazenada em veículos transportadores.

Dados Meteorológicos

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.

A situação mais conservadora, em termos de velocidade de vento, para a análise de dispersão de gases é quando da ocorrência de calmarias.

As calmarias são definidas como ventos com velocidades menores do que 0,5 m/s, conforme apresentado no AICHE. Desta forma, para este estudo foi considerado velocidade do vento igual a 0,5m/s.

O coeficiente da Estabilidade Pasquill é o parâmetro a instabilidade das condições climáticas, para tanto, também foram adotados valores conservativos através da seleção das categorias "D" para o período diurno e "F" para o período noturno (referência do Manual de Orientação para Elaboração de Estudos de Análise de Riscos - CETESB).

Para os demais dados climatológicos secundários foram novamente adotados valores conservativos, conforme dados usualmente utilizados na metodologia de Estudos de Análise de Risco.

Parâmetro	Dia	Noite
Umidade relativa do ar (%)	80	80
Velocidade dos ventos (m/s)	0,5	0,5
Temperatura ambiente (°C)	30	30
Estabilidade Pasquill	D	F

PRODUTOS QUÍMICOS ENVOLVIDOS

O produto analisado é o Gás Liquefeito de Petróleo (Gás LP).

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO PRODUTO

A composição do Gás LP considerado pode ser observado abaixo:

Componente	% Molar
Propano	25,0
n-Butano	66,0
Propileno	9,0

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS (EFEITOS DE INFLAMABILIDADE)

- Nome do produto: Gás LP;
- Natureza Química: Mistura de hidrocarbonetos;

a) Informações e Medidas de Segurança

- Gás inflamável. Eliminar todas as fontes de ignição impedir centelhas, fagulhas, chamas e não fumar na área de risco, Isolar os escapamentos de todas as fontes de ignição;
- Estancar os escapamentos se isto puder ser feito sem risco.

b) Informações sobre riscos de Incêndio e Explosão

Temperatura de auto-ignição: Butano 405 °C
 Propano 466 °C

- Ponto de fulgor: 66 °C (vaso fechado);
- Limites de Inflamabilidade: 1,6% (inferior); 9,27% (superior);
- Meios de extinção: Neblina d'água pó químico e dióxido de carbono (CO₂);
- Remover os recipientes da área de fogo, se isto puder ser feito sem risco. Resfriar com neblina d'água, os recipientes que estiverem expostos ao fogo, utilizando dispositivos manipulados à distância, mesmo após a extinção do fogo. Se possível combater a favor do vento. Não extinguir o fogo antes de estancar o vazamento. Em caso de fogo intenso em áreas de carga, usar mangueiras com suporte manejadas à distancia ou canhão monitor. Se isso não for possível, abandonar a área e deixar queimar.

c) Propriedades Físico-Químicas

- Estado físico: Gasoso;
- Cor: Incolor;
- Odor: Característico;
- Pressão de vapor: 15kgf/cm² (Maximo) @ 37,8 °C;
- Densidade de vapor: Butano 2,046
 Propano 1,56
- Densidade: 0,5 – 0,6
- Solubilidade em água: Insolúvel;
- Solubilidade em solventes orgânicos: Bastante solúvel;
- Viscosidade: 620 Cst @ 60 °C.
- Ponto de ebulição: 2 °C

a) Informações Suplementares (NFPA)

- Saúde.....1;
- Incêndio.....4;
- Reatividade.....0.

IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

METODOLOGIA

A identificação dos riscos foi realizada a partir da aplicação da técnica Análise Preliminar de Perigos (APP), do inglês *Preliminary Hazard Analysis* (PHA), desenvolvida pelo programa de segurança militar do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (MIL-STD-882B).

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 (Perigos) capazes de dar origem a acidentes nas instalações analisadas, os quais foram denominados como "Hipóteses Acidentais". Em seguida

foram identificadas as causas de cada uma destas e suas respectivas consequências (Efeitos), as quais dependem da evolução do acidente após a sua ocorrência. O conjunto formado pela Hipótese Acidental e por suas consequências é denominado “Cenário Acidental”. Após a identificação dos Riscos, efetuou-se uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência e da consequência dos mesmos (perigos), a partir do estabelecimento prévio de cada um dessas categorias (Frequência e de Consequência). Considerando que o Risco é uma combinação entre Frequência e Consequência, obtém-se dessa forma uma avaliação qualitativa desses riscos.

As informações referentes às hipóteses acidentais são inseridas em uma planilha específica (planilha da APP):

APP - Análise Preliminar de Perigos

Área:		Subsistema:					Data:	
Perigo	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Freq.	Grav.	Classif.	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.
- **Data:** data da realização da análise.
- **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 errados/inadequados (falhas operacionais/erros humanos).
- **Efeitos:** possíveis consequências associadas a um determinado perigo.
- **Modos de Detecção:** maneira(s) pela(s) qual(is) é possível efetuar a identificação de determinada hipótese acidental.
- **Categoria de Frequência:** graduação qualitativa da frequência de ocorrência de determinada hipótese acidental, conforme classificação apresentada no quadro abaixo.
- **Categoria de Gravidade:** graduação qualitativa do efeito associado ao cenário acidental, de acordo com a classificação apresentada no quadro abaixo.
- **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 abaixo.
- **Observações/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.

CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA	
Categoria	Descrição
A (Provável)	Há a probabilidade de ocorrer mais de uma vez durante a vida útil da instalação.
B (Razoavelmente Provável)	Há a probabilidade de ocorrer pelo menos uma vez durante a vida útil da instalação.
C (Remota)	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil da instalação.
D (Extremamente Remota)	Teoricamente possível, porém NÃO ESPERADO de ocorrer durante a vida útil da instalação.

CATEGORIA DE GRAVIDADE				
Categoria	Segurança Pessoal	Patrimônio	Meio Ambiente	Imagem
I (Desprezível)	Sem lesões, ou no máximo casos de primeiros socorros, sem afastamento.	Danos leves aos sistemas sem comprometimento da continuidade operacional da instalação industrial.	Sem danos ou com danos insignificantes.	Sem impacto.
II (Marginal)	Lesões leves em empregados e terceiros. Ausência de lesões extramuros.	Danos leves aos sistemas com comprometimento da continuidade operacional da instalação industrial.	Danos leves.	Impacto local.
III (Crítica)	Lesões de gravidade moderada em pessoas intramuros. Lesões leves em pessoas extramuros.	Danos severos a sistemas da instalação industrial (reparação lenta).	Danos severos com efeito localizado.	Impacto regional.
IV (Catastrófica)	Provoca morte ou lesões graves em 1 ou mais pessoas intra ou extramuros.	Perda da instalação industrial.	Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais.	Impacto nacional e/ou internacional.

O quadro abaixo apresenta a Matriz de Riscos, resultante da combinação das categorias de Frequência e de Gravidade.

Frequência \ Gravidade	Gravidade			
	I (Desprezível)	II (Marginal)	III (Crítica)	IV (Catastrófica)
A (Provável)	RM	RA	RMA	RMA
B (Razoavelmente Provável)	RB	RM	RA	RMA
C (Remota)	RMB	RB	RM	RA
D (Extremamente Remota)	RMB	RMB	RB	RM

Legenda:

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

Implementação

HIPÓTESES DOS CENÁRIOS ACIDENTAIS

A Tabela a seguir apresenta o resultado da aplicação da técnica de APP.

Área: Revendas de GLP		Subsistema: Depósito dos Cilindros					Data: 02/08/2011	
Perigo	Causas	Modos de Detecção	Efeitos	Freq.	Grav.	Classif.	Recomendações	Hip.
Pequeno Vazamento no Botijão P13.	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentação Inadequada; - Falha no envase; - Falha no sistema de detecção do vazamento após o envase; - Danos na válvula de segurança por atos intencionais (roubo de GLP); - Falha intrínseca da válvula de segurança; 	Odor	Dispersão da nuvem inflamável com possibilidade de incêndio e explosão.	A	I	RM	<ul style="list-style-type: none"> - Intensificar Treinamento para movimentação de materiais; - Manter procedimento operacional para envase; - Reavaliar análise de confiabilidade no sistema de detecção de vazamento; - Reavaliar Análise de segurança patrimonial; - Reavaliar análise de confiabilidade da taxa de falha da válvula. 	1
Médio Vazamento no Botijão P13	<ul style="list-style-type: none"> - Falha nas inspeções de qualidade do botijão (corrosão, botijões danificados); - Abertura do plugue fusível devido aquecimento superior a 70°C 	Odor; Visual; Sonoro.	Dispersão da nuvem inflamável com possibilidade de incêndio e explosão.	C	III	RM	<ul style="list-style-type: none"> - Manter padrão operacional de qualidade dos botijões; - Rever procedimentos emergenciais. 	2
Grande Vazamento no Botijão P13	<ul style="list-style-type: none"> - Falha metalúrgica (estrutural do botijão). - Grande corrosão por múltiplas falhas no controle da qualidade. 	Odor; Visual; Sonoro.	Dispersão da nuvem inflamável com possibilidade de incêndio e explosão.	D	IV	RM	<ul style="list-style-type: none"> - Reavaliar ensaios para determinação de modos de falhas estruturais. - Manter padrão operacional de qualidade dos botijões; 	3
Rompimento Catastrófico	<ul style="list-style-type: none"> - Ocorrência de Efeito Dominó. 	Visual; Sonoro.	Possibilidade de incêndio e explosão.	D	IV	RM	<ul style="list-style-type: none"> - Rever procedimentos emergenciais. 	4

QUADRO-RESUMO

O quadro abaixo apresenta o quantitativo de ocorrências de cada grau de risco para as hipóteses acidentais apresentadas no item anterior.

Gravidade \ Frequência	Gravidade			
	I (Desprezível)	II (Marginal)	III (Crítica)	IV (Catastrófica)
A (Provável)	1			
B (Razoavelmente Provável)				
C (Remota)			2	
D (Extremamente Remota)				3,4

Distribuição das hipóteses acidentais na matriz de risco.

Legenda:

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

OBS.: Todas as hipóteses acidentais analisadas foram avaliadas quantitativamente neste estudo.

ESTIMATIVA DE FREQUÊNCIAS

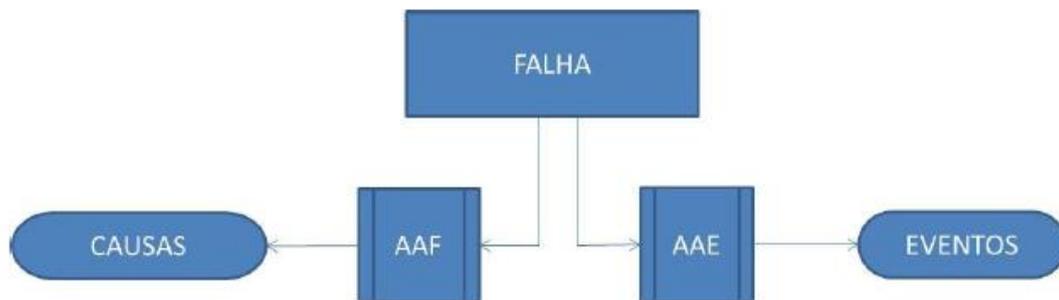
FREQUÊNCIAS DOS CENÁRIOS DE ACIDENTE

Para a realização do cálculo do risco, há necessidade de se determinar a probabilidade de ocorrência de cada um dos cenários identificados. O resultado matemático desta análise é a obtenção da taxa de falha desses cenários.

Para tanto, deve-se investigar o modo de falha (causas) dos possíveis cenários, bem como as possibilidades de desdobramento dos mesmos (eventos).

Essa avaliação foi feita através do uso das metodologias de Análise de Árvore de Falhas (AAF) e Análise de Árvore de Eventos (AAE).

O diagrama abaixo apresenta a forma gráfica desta avaliação.



DETERMINAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE OCORRÊNCIAS DE VAZAMENTO COM BASE NOS BANCOS DE DADOS CONSULTADOS

Primeiramente precisa-se determinar os valores de base para ocorrência dos possíveis cenários, quais sejam, o diâmetro do furo e a taxa básica de ocorrência.

Como referência utilizou-se os dados apresentados na bibliografia “*Classification of Hazardous Locations*” que apresenta a taxa de falha por tipo de equipamento (linhas, válvulas, flanges, etc.) e por tamanho de furos (pequeno, médio e grande vazamento).

Determinação dos Tamanhos dos Furos

Para a válvula de segurança de ½ in, foi considerado conservativamente um vazamento de 10% do diâmetro da válvula.

Para a abertura do plugue fusível foi considerado toda a abertura da válvula de 4,8mm, conforme dados de fabricantes.

Para o cenário de corrosão, teve-se como referência a Tabela 10.1 - *Standard hole size classes used in this work* (conforme bibliografia *Classification of Hazardous Locations*), onde foi realizada uma avaliação, e conservativamente adotado um furo de 2mm para este cenário.

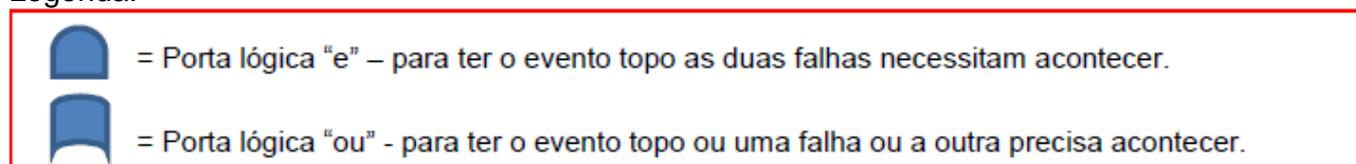
Para rompimentos catastróficos, foi considerado o rompimento total do botijão.

Determinação das taxas de falha

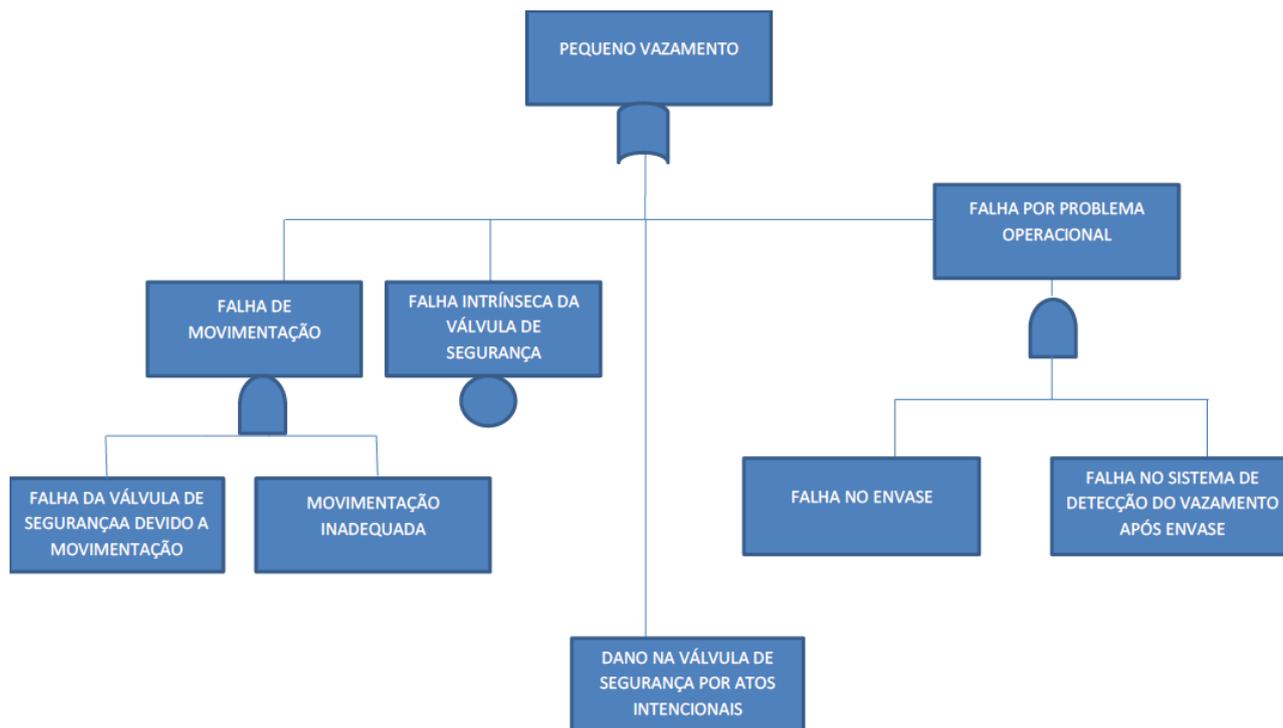
Os modos de falhas podem ser determinados através de um processo lógico dedutivo que, partindo de um evento indesejado pré definido, busca as possíveis causas de tais ocorrências. Este processo é denominado “Árvore de Falhas”.

Para este estudo, foram desenvolvidas três árvores de falhas, conforme apresentado abaixo:

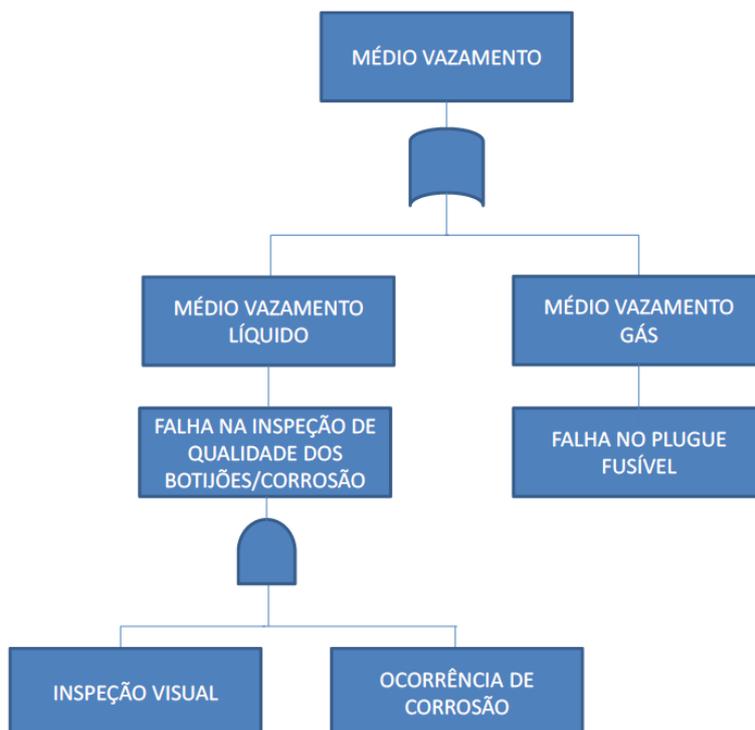
Legenda:



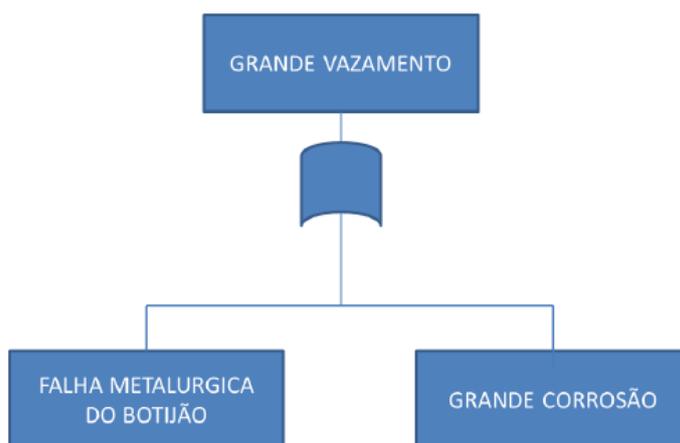
Pequeno Vazamento:



Médio Vazamento:



Grande Vazamento:



Para determinação da taxa de falha pode ser realizado o cálculo através da Análise de Árvore de Falhas, desde que as taxas das causas básicas sejam disponíveis.

Como para este estudo não foi possível a determinação de algumas dessas taxas, a determinação da taxa de falha foi realizada através da consulta em banco de dados de falhas.

Na tabela abaixo pode ser observada as frequências utilizadas no estudo:

Tipos de Vazamentos	Taxa (oc/m.ano)	Fonte
Pequeno Vazamento	1,0E-03	Classification of Hazardous Location
Médio Vazamento (Gás)	1,0E-04	Classification of Hazardous Location
Médio Vazamento (Líquido)*	1,0E-06	Classification of Hazardous Location / Common Human Error Probabilities
Grande Vazamento	1,0E-05	Classification of Hazardous Location

* A taxa básica de falha deste cenário é resultante da falha (corrosão) intrínseca do botijão associada a falha de inspeção de qualidade (erro humano), conforme demonstrado na Árvore de Falhas de Médio Vazamento. Para tanto, foi considerado as seguintes taxas de falha:

Taxa de Falha Intrínseca = 1,0E-04 (Classification of Hazardous Location).

Taxa de Falha Erro Humano = 1,0E-02 (Common Human Error Probabilities).

$P(MVL) = P(FI) \times P(FEH) = 1,0E-04 \times 1,0E-02 = 1,0E-06$

As frequências utilizadas neste estudo são conservativas, visto que estamos considerando a taxa de falha como evento topo, ou seja, nessas taxas de falhas estão considerados os diversos modos de falha e suas interdependências.

PREMISSAS PARA CÁLCULO DAS FREQUÊNCIAS DOS CENÁRIOS

Para determinação das possíveis consequências do desdobramento das hipóteses acidentais consideradas, deve-se avaliar as possíveis variáveis que poderão interferir na sequência dos acontecimentos após a ocorrência da falha. Esta avaliação se dá através da utilização da técnica da Análise de 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 no local, onde se avalia a possibilidade de explosão em função da formação de atmosfera explosiva;
- Se ocorre em períodos do dia ou da noite;
- Direção e velocidade dos ventos, dentre outros.

O programa PHAST RISK 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.

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

Direção e Velocidade do Vento

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.

Para o presente estudo, foram considerados os valores para o período diurno e noturno. A proporção entre diurno e noturno foi dada em função do horário das atividades (horário comercial), ou seja, 8 (oito) horas para diurno e 16 (dezesesseis) horas para noturno.

A velocidade do vento considerado foi a de calmaria, sendo que, para melhor representação no cálculo do risco, foram consideradas 12 direções de vento, de forma equitativas.

Ignição Imediata

Foram utilizados os valores das probabilidades de ignição imediata que estão descritos no Purple Book, considerando as taxas de liberação do cenário.

A Tabela a seguir apresenta esta probabilidade em função das taxas de liberação.

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

Portanto, para este estudo foi utilizado o valor de **0,02**.

Ignição da Nuvem

A possibilidade de ignição da nuvem subdivide os eventos de ignição imediata em eventos de longa duração (incêndios) e curta duração. A possibilidade de ignição da nuvem poderá gerar os eventos de *Explosão e Flash Fire*

No apêndice 4.C.10 do *Purple Book* temos que os valores mais razoáveis para esta subdivisão estão entre 0,4 e 0,6.

Para este estudo o valor utilizado foi de **0,5**.

Probabilidade de Confinamento

Para esta estimativa, leva-se em consideração a possibilidade da suposta nuvem de vazamento estar em área confinada, ou seja, área onde as consequências de explosões são maiores. O valor "0" é adotado para um espaço aberto, enquanto que o valor "1" é para um ambiente hermeticamente fechado.

Pelo fato do armazenamento de botijões gerar sempre espaço confinado, a possibilidade do vazamento ocorrer em uma área confinada é maior do que em área aberta.

Conservativamente, para este estudo adotou-se uma probabilidade de confinamento igual a **0,7**.

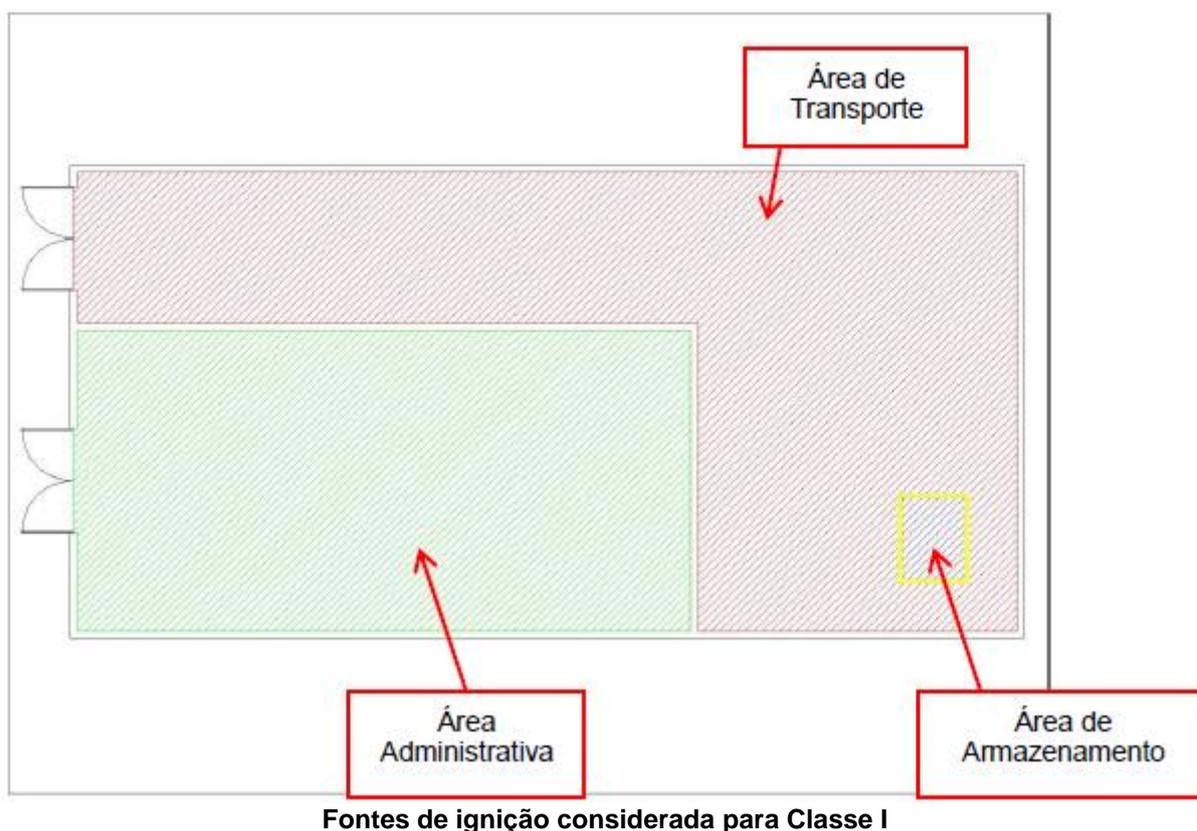
Jato de Fogo

Através de pesquisa comparativa realizada no software *PHAST RISK*, e de consulta junto ao banco de dados deste sistema, a probabilidade de incêndio em jato puro, frente ao incêndio em poça é de **1**.

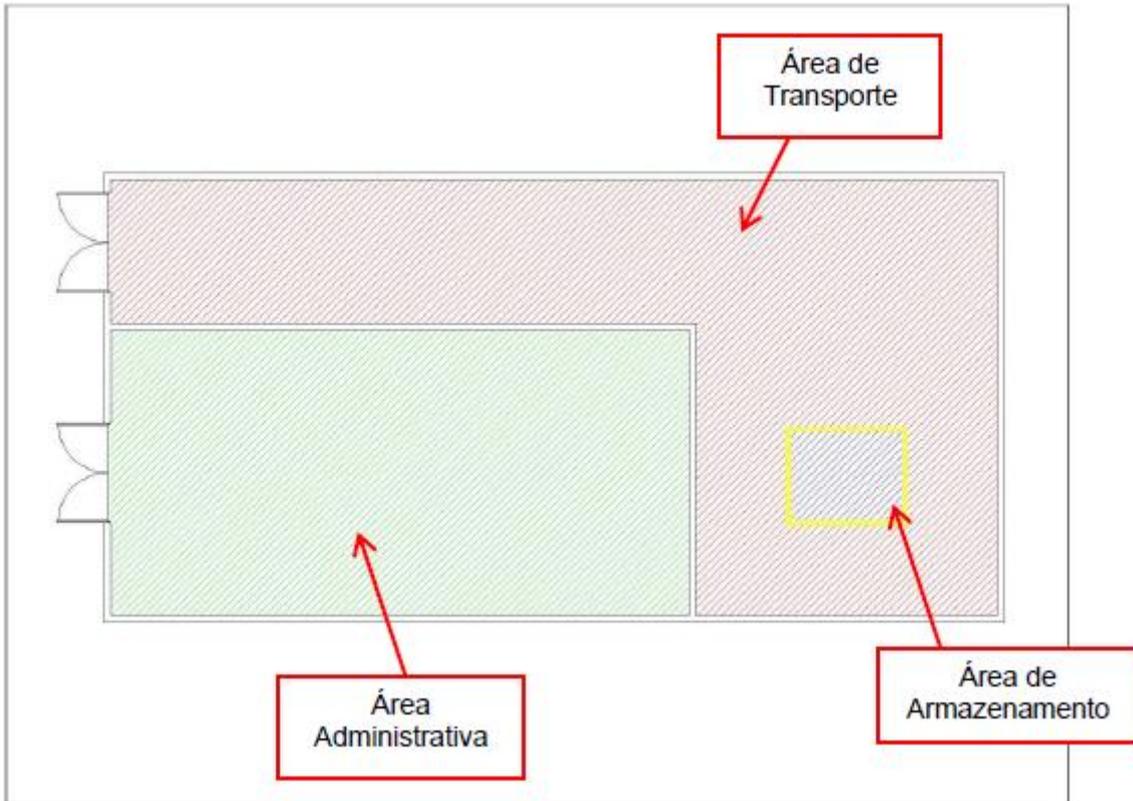
Fontes de Ignição Consideradas

No presente trabalho, o valor de probabilidade de ignição retardada é inserido no programa *PHAST RISK* em função das diferentes fontes de ignição a serem consideradas. Estas fontes podem ser apresentadas de forma pontual (ex.: chama aberta, etc), em linha (ex.: rodovias, linhas de energia, etc), ou em área (ex.: distribuição de pontos de energia, população, etc).

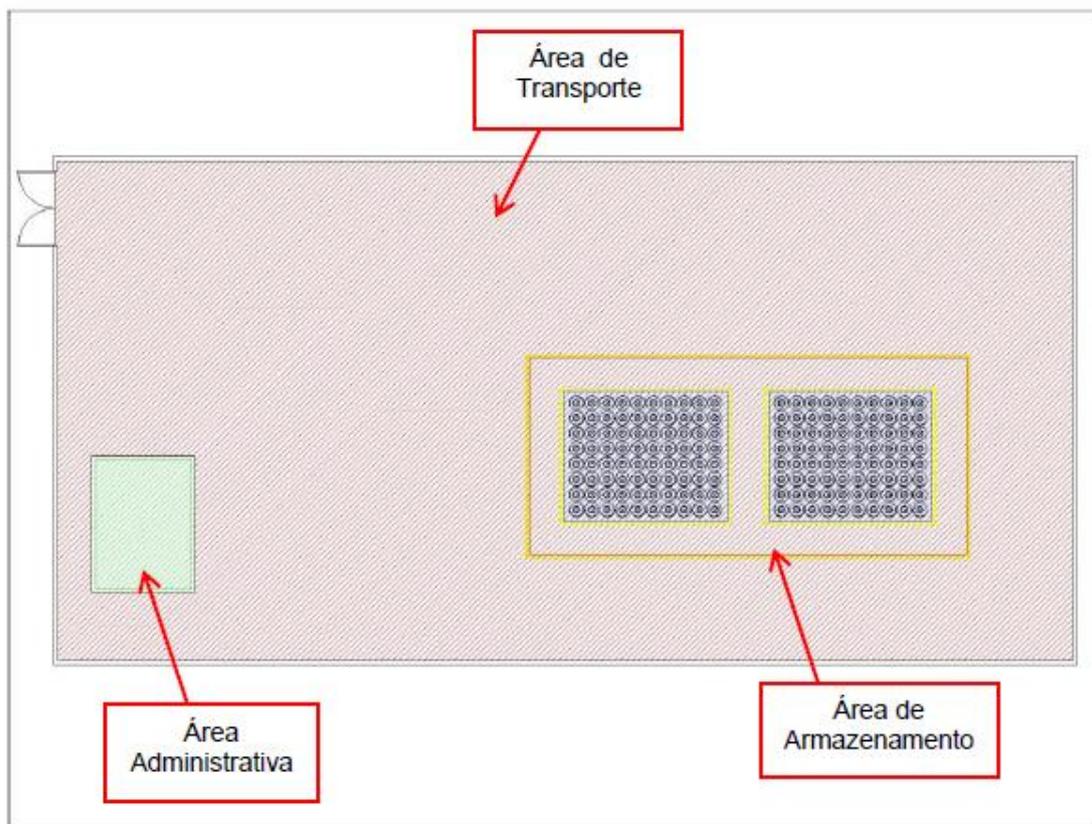
Nas Figuras abaixo estão apresentadas as diversas fontes de ignição consideradas de acordo com cada classe de revenda.



Fontes de ignição considerada para Classe I



Fontes de ignição considerada para Classe II



Fontes de ignição considerada para Classe IV

Para a probabilidade de ignição nas áreas foi considerado a quantidade de pessoas, movimentação de veículos, além de fontes de ignição diversas (ar condicionado, instalações elétricas, etc).

Segundo *Purple Book* a probabilidade de ignição para uma pessoa trabalhando é de 0,01 min.⁻¹.

Os valores de probabilidade de ignição retardada utilizados estão apresentados nas tabelas abaixo onde estão descritos os critérios anteriormente mencionados (as probabilidades estão em um período de exposição de 60s).

Probabilidade de ignição para as áreas vizinhas (Classes I)

Local	Prob. Base	Movimentação Média - Dia	Prob. Dia	Movimentação Média - Noite	Prob. Noite
Administrativo	0,01	10	0,1	2	0,02
Transporte	0,01	5	0,05	2	0,02
Área de Armazenamento	0,01	1	0,01	1	0,01

Probabilidade de ignição para as áreas vizinhas (Classe II)

Local	Prob. Base	Movimentação Média - Dia	Prob. Dia	Movimentação Média - Noite	Prob. Noite
Administrativo	0,01	15	0,15	3	0,03
Transporte	0,01	10	0,1	3	0,03
Área de Armazenamento	0,01	2	0,02	1	0,01

Probabilidade de ignição para as áreas vizinhas (Classe IV)

Local	Prob. Base	Movimentação Média - Dia	Prob. Dia	Movimentação Média - Noite	Prob. Noite
Administrativo	0,01	30	0,3	6	0,06
Transporte	0,01	20	0,2	6	0,06
Área de Armazenamento	0,01	4	0,04	2	0,02

AValiação DO RISCO INDIVIDUAL

O “Risco Individual” é apresentado na forma de “Contornos de Riscos”, ou curvas de “Iso-Risco”.

CONCEITO

Definição: é a probabilidade (em um período anual) de uma pessoa localizada em um determinado local (neste caso, próximo a Revenda de Gás LP), possa sofrer lesão (ferimentos) ou morte em consequência de um acidente ocorrido nas instalações industriais em estudo.

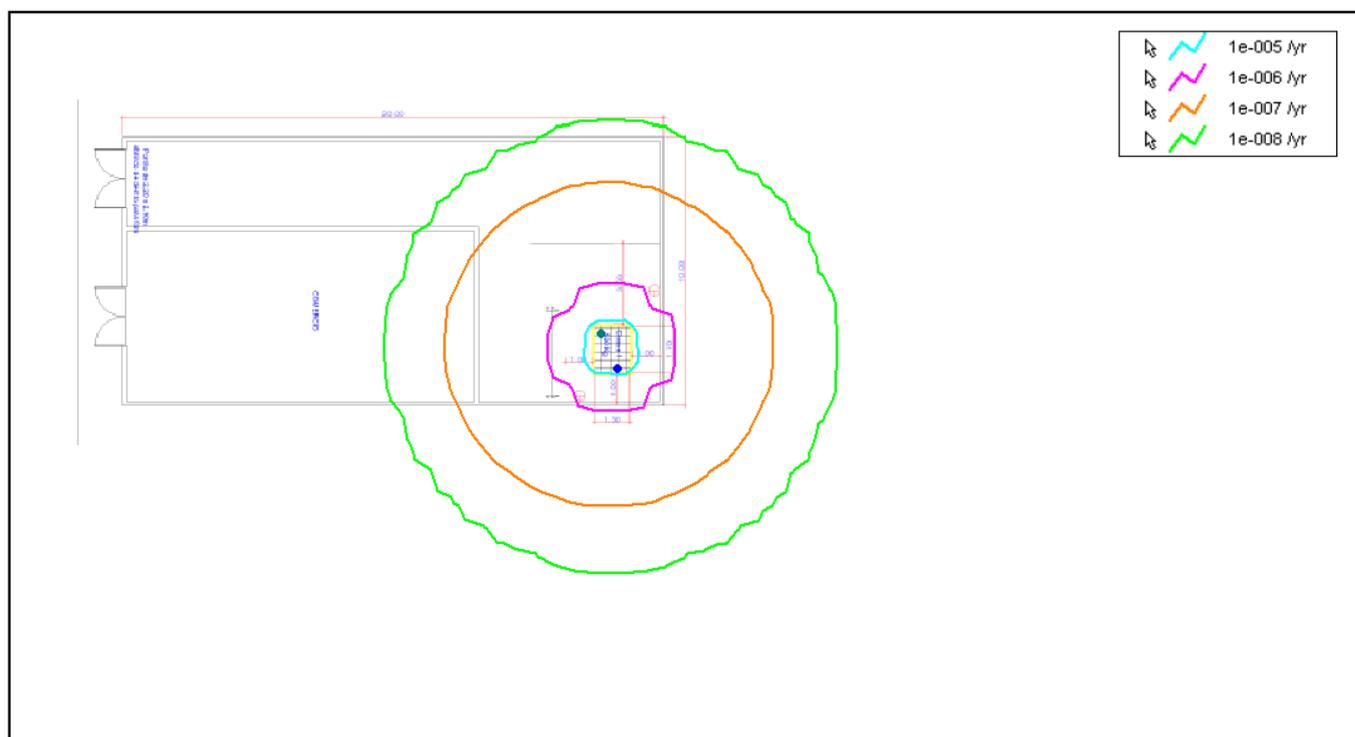
Portanto, o Risco Individual refere-se ao nível de risco que uma pessoa está exposta, devido às instalações presentes nesta área. Este risco é apresentado através de um contorno sobre o mapa (*Lay-out*) das instalações e circunvizinhanças, e é conhecido como contorno de risco ou Iso-Risco.

Os Contornos de Risco são representados por linhas, as quais apresentam valores de risco iguais para todas as áreas envolvidas no estudo. Normalmente o risco decai rapidamente em relação à distância do ponto de ocorrência do acidente, por isso os contornos são desenhados de forma

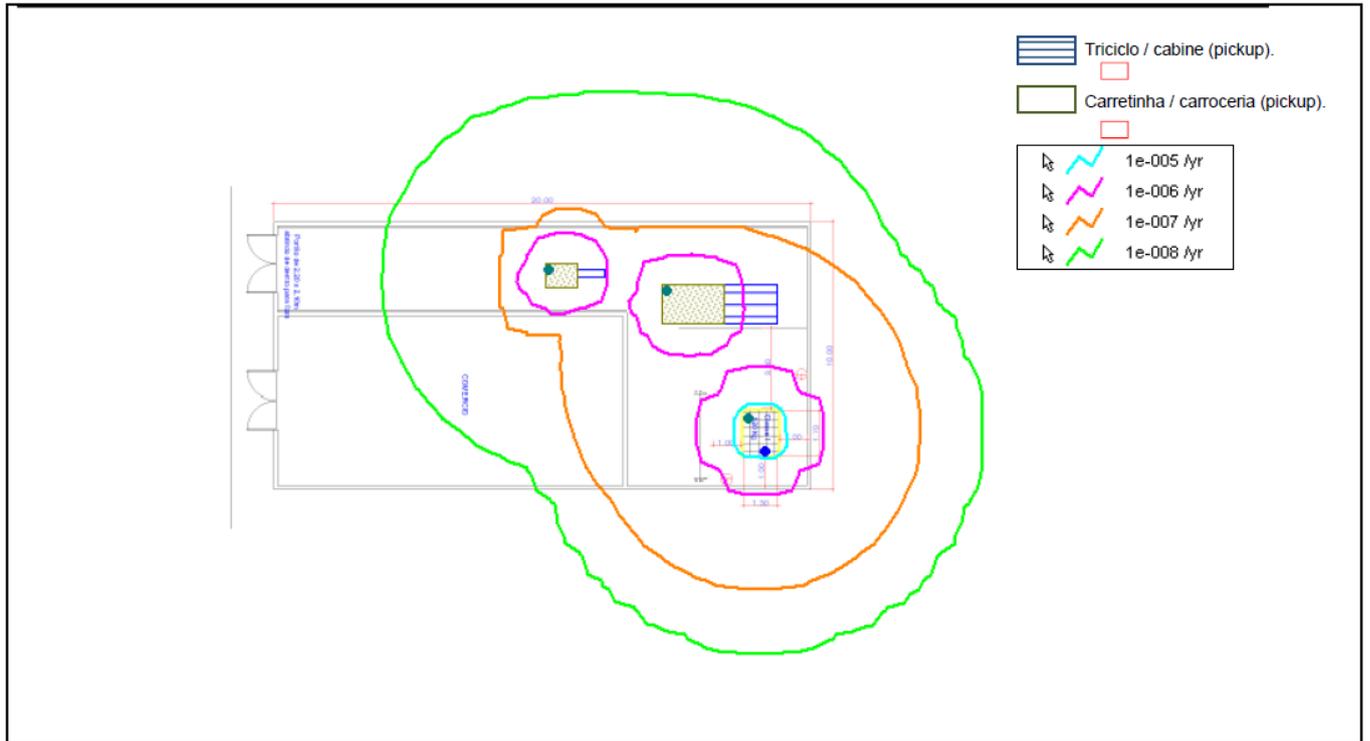
decrecente e apresentados em escala logarítmica. Por exemplo: 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , etc. (estes valores representam a probabilidade de fatalidade por ano, para um indivíduo). Desta forma, os Contornos de Risco são usados para a determinação do nível de exposição de populações críticas, tais como escolas, conjuntos residenciais, hospitais ou áreas limítrofes da empresa.

RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

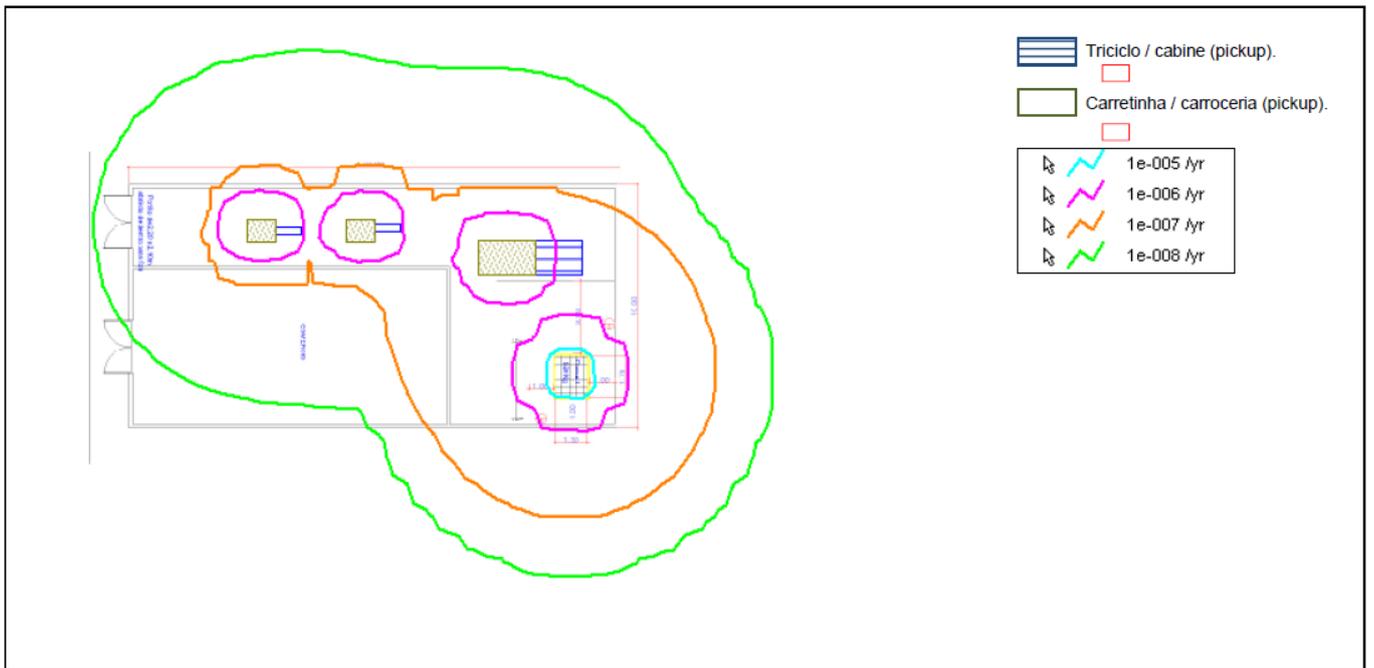
Os contornos de Risco Individual (curvas de Iso-Risco) obtidos neste trabalho, para as instalações de Revenda de GÁS LP estão apresentados a seguir:



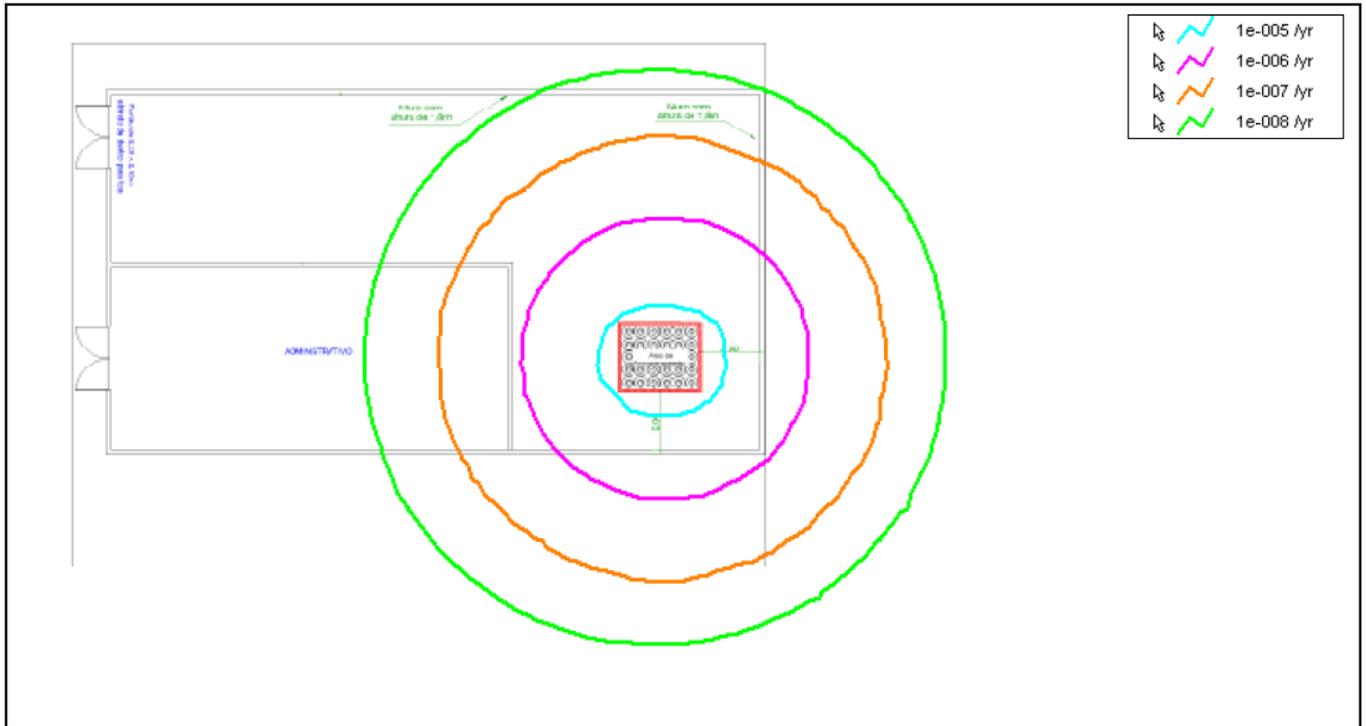
Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe I (armazenamento)



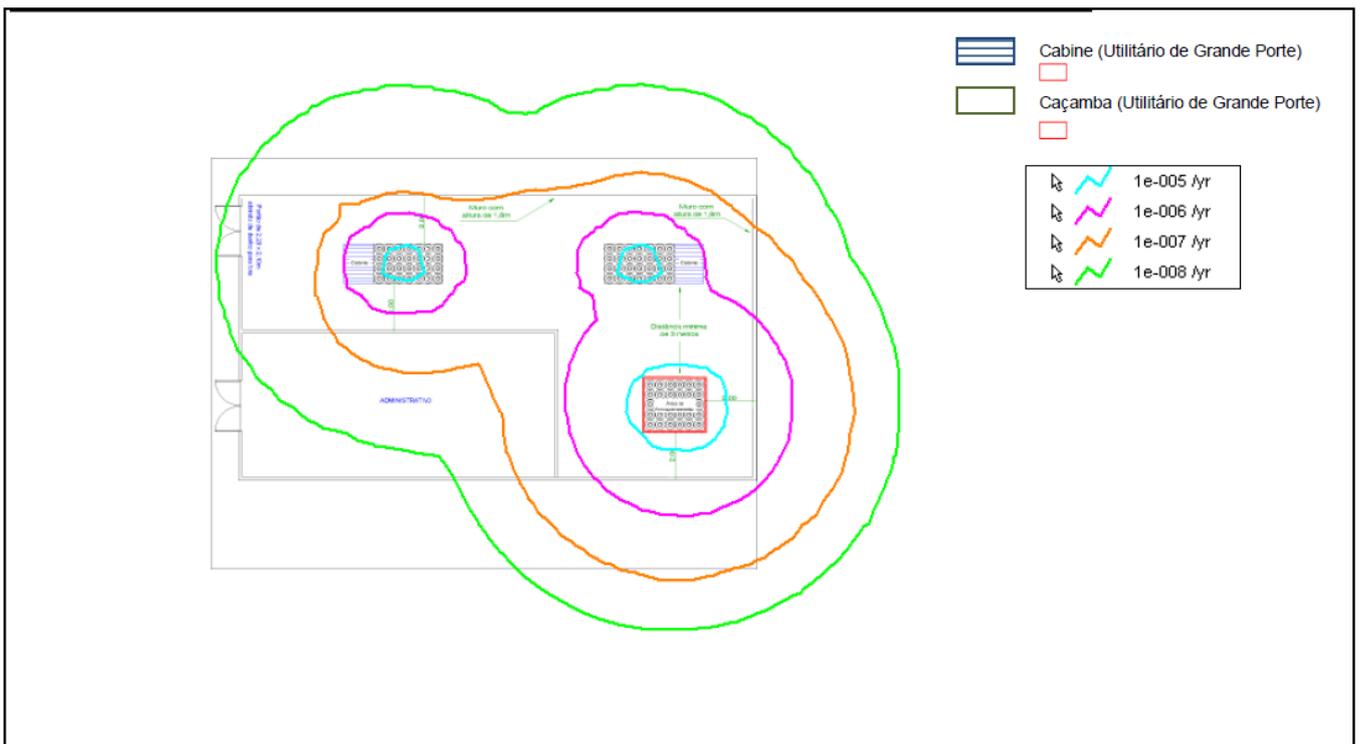
Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe I (armazenamento e transporte – 50% acima da capacidade de armazenamento)



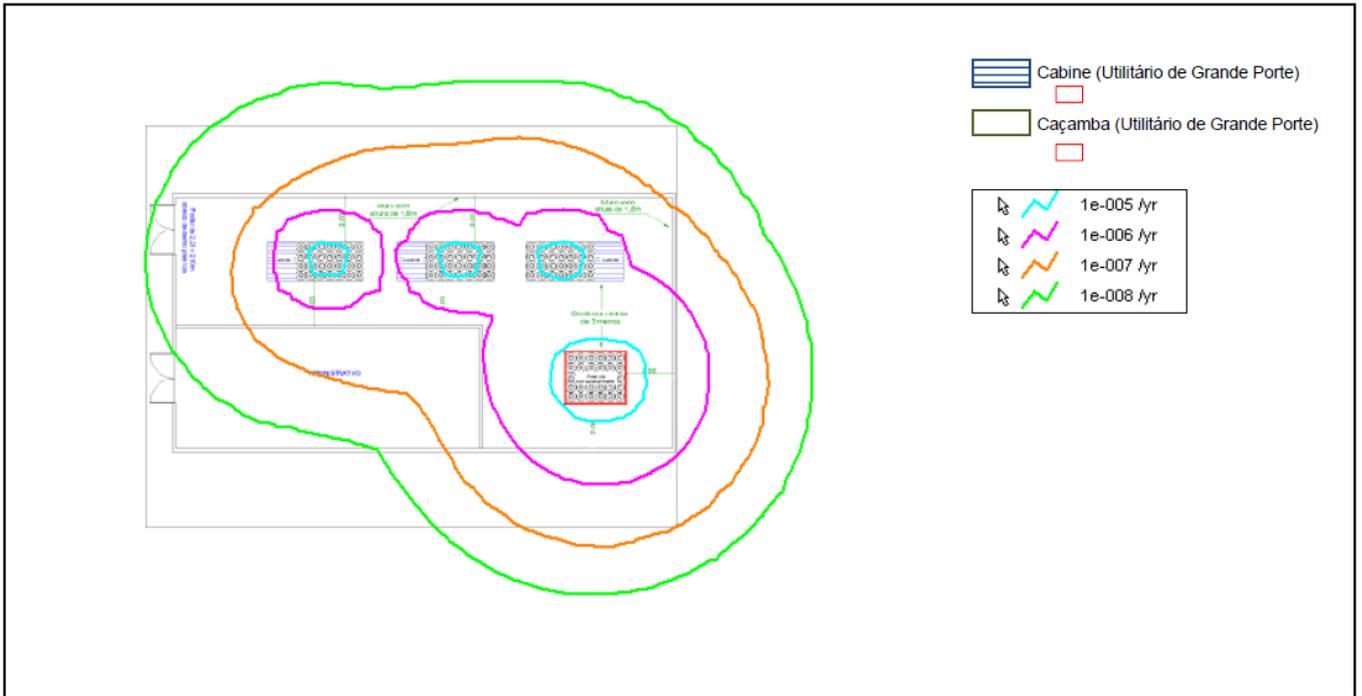
Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe I (armazenamento e transporte – 75% acima da capacidade de armazenamento)



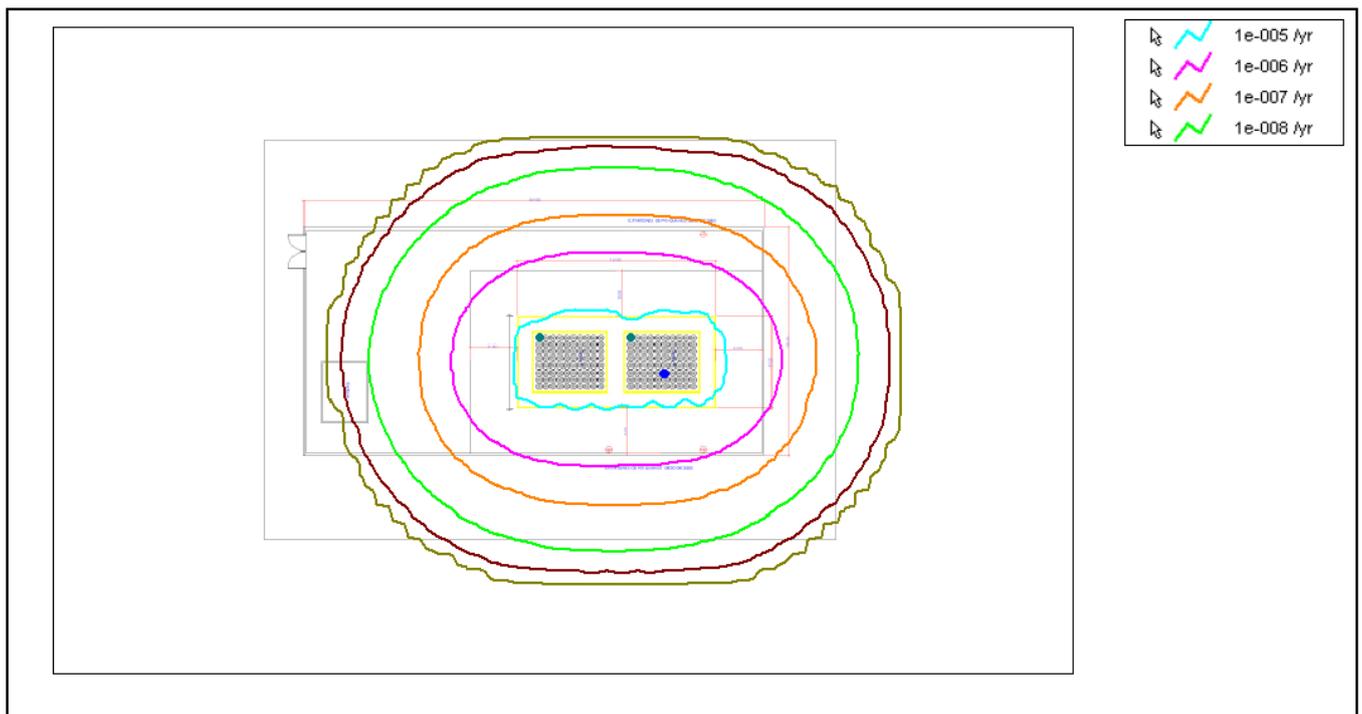
Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe II (armazenamento)



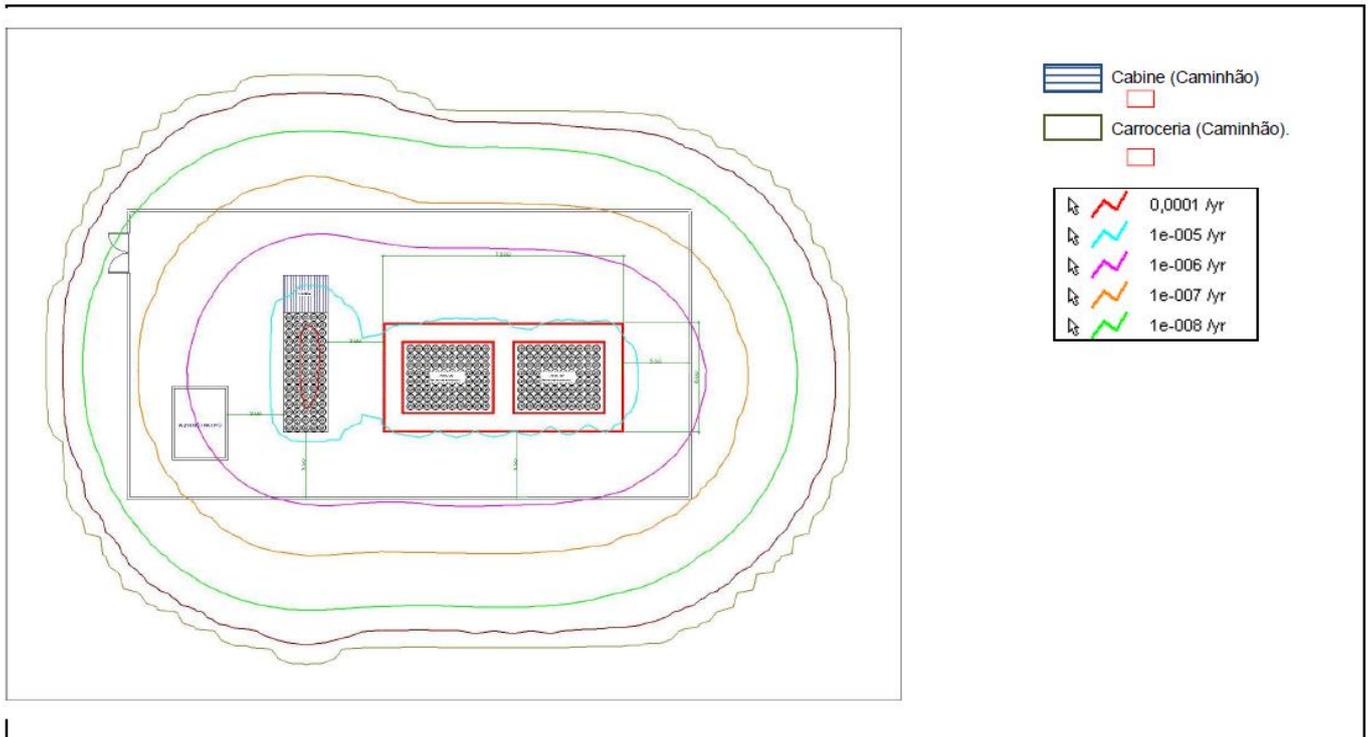
Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe II (armazenamento e transporte - 50% acima da capacidade de armazenamento)



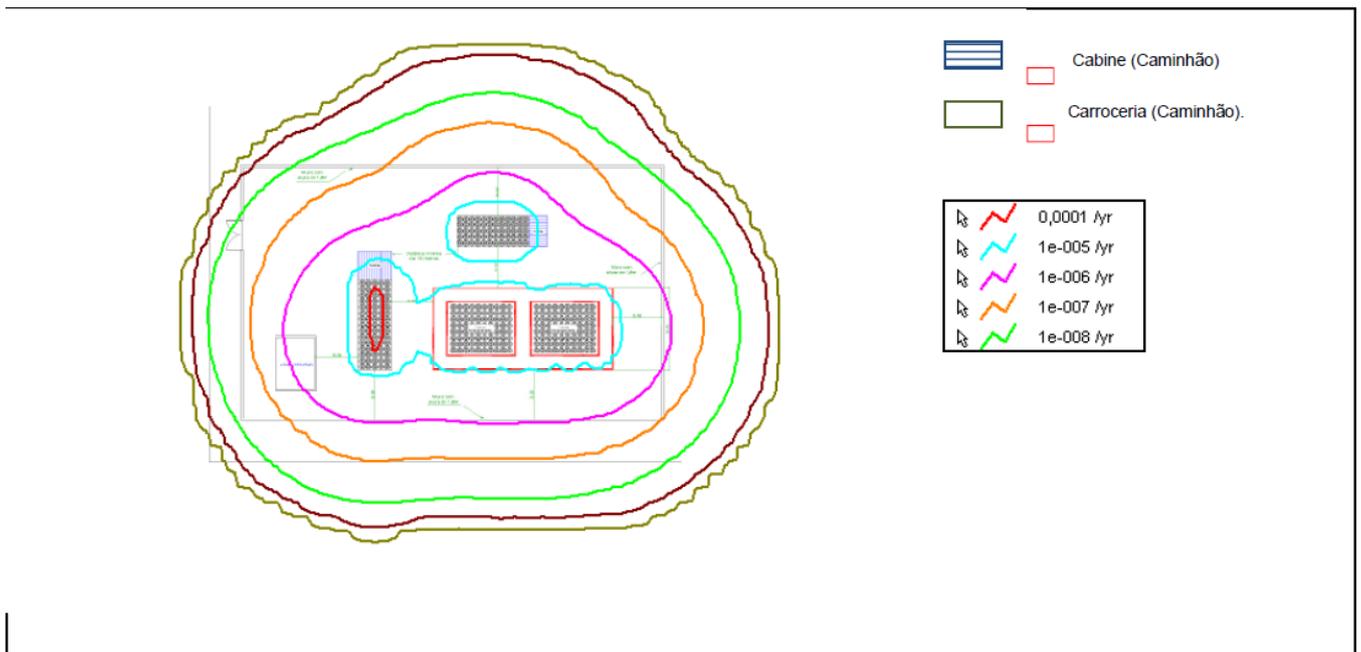
Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe II (armazenamento e transporte - 75% acima da capacidade de armazenamento)



Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe IV (armazenamento)



Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe IV (armazenamento e transporte – 50% acima da capacidade de armazenamento)



Curvas de iso-risco para as instalações de Revenda de GÁS LP Classe IV (armazenamento e transporte – 75% acima da capacidade de armazenamento)

CRITÉRIO DE ACEITABILIDADE DOS RISCOS

O conceito de aceitabilidade do risco está relacionado ao potencial de letalidade apresentado no risco individual pelas instalações da empresa, com o nível de risco a que população já se encontra exposta.

O nível de risco em que a população está exposta é apresentado pela somatória de eventos indesejáveis a que pessoas estejam vulneráveis em seu cotidiano, e que possam levar a fatalidades quando de sua ocorrência. Por exemplo: acidentes de trânsito, doenças, acidentes pessoais, etc.

A tabela abaixo apresenta uma amostra desses eventos para uma determinada população.

Probabilidade de riscos "naturais":

<u>CAUSA</u>	<u>PROBABILIDADE</u>
Doença do Coração	3.4×10^{-3}
Câncer	1.6×10^{-3}
Acidentes do Trabalho	1.5×10^{-4}
Veículos Automotivos	2.1×10^{-4}
Homicídios	9.3×10^{-5}
Quedas	7.4×10^{-5}
Afogamentos	3.7×10^{-5}
Queimaduras	3.0×10^{-5}
Sufocamento	1.3×10^{-5}
Acidentes com Armas	1.1×10^{-5}
Trens	9.0×10^{-6}
Aviação Civil	8.0×10^{-6}
Transporte Marítimo	7.8×10^{-6}

Desta forma, os resultados obtidos neste trabalho são comparados com este critério de aceitabilidade de risco.

COMPARAÇÃO DOS RISCOS

Para avaliação de aceitabilidade dos riscos de uma instalação industrial, a comparação é feita a partir do estabelecido em consenso por órgãos que regulamentam os critérios de exposição de risco de uma população. Tais consensos são efetuados nos órgãos ambientais estaduais, ou federal, dependendo do tipo de instalação.

Para este estudo, tomou-se como referência o termo de referência do IBAMA que remete ao estabelecido na Norma P.4261/2003 da CETESB.

Para o risco individual a Norma P.4261/2003 da CETESB 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 Instalação, quando comparados com os valores limites estabelecidos tem-se que:

- As curvas que forem encontradas acima do risco máximo tolerável, ou seja intolerável, devem estar dentro dos limítrofes das instalações;
- As curvas encontradas entre o risco máximo tolerável e o risco negligenciável, são chamados de região ALARP (*As Low As Reasonably Practicable* - tão baixo quanto se possa praticar), caso ultrapassem os limítrofes da instalação necessitam de medidas para gerenciamento deste risco (medidas para mitigação).
- O valor que for encontrado abaixo do limite inferior é considerado negligenciável e podem estar fora dos limítrofes da instalação.

Analisando os resultados observa-se que:

- As curvas de Iso-Risco correspondente a 10^{-5} (Limite máximo tolerável) não extrapolaram os limites das instalações para as três classes analisadas.
- Os valores que extrapolam as instalações estão em níveis de riscos gerenciáveis ou negligenciáveis (10^{-6}), segundo o critério de análise de risco apresentado neste estudo, não agravando os alcances de risco para a circunvizinha, conforme abaixo:

Maiores alcances extramuros (riscos gerenciáveis)

Classes	Sem transporte	Com transporte (50% e 75%)
Classe I	0,36m	0,36m
Classe II	1,70m	1,70m
Classe IV	1,10m	1,10m

- Conforme observado nos critérios acima, o risco da presença dos veículos transportadores não agrava o risco para a população, em relação ao risco da área de armazenamento, apesar dos riscos dos veículos transportadores terem níveis de riscos diferentes.

Considerações finais

Este estudo foi baseado em critérios de análise de riscos de instalações industriais. Esta análise tem como premissa a avaliação do nível de risco de cada cenário de acordo com a gravidade e a probabilidade de ocorrência.

Portanto, os resultados obtidos partem do princípio de exposição da população a um risco, e não às consequências de um evento, ressaltando que o risco é a somatória da exposição a todas as hipóteses acidentais consideradas.

O estudo avaliou o impacto da presença de veículos transportadores nas instalações nas três classes de revenda I, II e IV. Segundo demonstrado na comparação do risco, em termos de risco intolerável, não há impacto para a circunvizinhança.

O impacto de risco gerenciável para a população, não altera com ou sem a presença do veículo transportador nas condições consideradas no estudo.

Tais considerações são válidas desde que observadas as distâncias pré-estabelecidas e as demais considerações e premissas do estudo. Tais distâncias e premissas foram baseadas na NBR 15.514.

Desta forma, o resultado do estudo avaliou o impacto dos veículos transportadores nas localizações apontadas no presente relatório, considerando a carga de 50% e 75% da massa armazenada.

É importante destacar que as premissas do estudo, especificamente em termos de probabilidade, foram conservadoras, independente se o evento iniciador é na área de armazenamento ou no veículo transportador.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ATALLAH, Sami. Manual do Industrial Risk Management. ALAPAM.
- 2) CCPS – Center for Chemical Process Safety. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. Second Edition. AIChE – American Institute of Chemical Engineer. 1992.
- 3) DUARTE, Moacir. Riscos Industriais: etapas para a investigação e a prevenção de acidentes. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.
- 4) DNV Technica Software Products Division. PHAST Professional Training Course Manual. 2009.
- 5) CETESB. Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos P4.261. Maio de 2003.
- 6) HERCO Consultoria de Riscos Ltda. MSDS – Fichas de Emergência.
- 7) TARALLI, Guglielmo; SILVA, Gil Anderi da; SIMÕES, Reinaldo Augusto Gomes. Manual do curso de Gestão Ambiental e Segurança de Processos na Indústria. 1996.
- 8) American Institute of Chemical Engineers, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1995.
- 9) American Institute of Chemical Engineers, Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 2000.
- 10) American Institute of Chemical Engineers, Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapour Cloud Explosions, Flash Fires, and Bleves, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1994.
- 11) TNO, Methods for the Calculation of the Physical Effects of the Escape of Dangerous Materials: Liquids and Gases (the Yellow Book), Netherlands Organization for Applied Scientific Research, Apeldoorn, The Netherlands – Committee for the Prevention of Disasters, 3rd Edition 1997.
- 12) TNO, Guidelines For Quantitative Risk Assessment (the Purple Book), Netherlands Organization for Applied Scientific Research, The Netherlands – Committee for the Prevention of Disasters, 1st Edition 1999.
- 13) A.W.Cox, F.P. Lees, M.L. Ang. Classification of Hazardous Locations. Institution of Chemical Engineers, 2003.