

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

P

P

E

Q

PPEQ - Programa de Pós-graduação
em Engenharia Química
CEP. 50740-521 – Cidade
Universitária Recife – PE
Telefax: 0 – xx – 81 - 21267289



**ANÁLISE DE VULNERABILIDADES NO
TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS
QUÍMICOS PERIGOSOS NA REGIÃO DO
COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE SUAPE**

Márcio Bandeira de Melo Tenório

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Lucena

Co-orientadora: Profa. Dra. Dayse Duarte

Recife/PE

Março/2014

MÁRCIO BANDEIRA DE MELO TENÓRIO

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADES NO TRANSPORTE
RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS NA
REGIÃO DO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE SUAPE.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em engenharia química.

Área de concentração: Engenharia Ambiental

Orientadores: Prof. Dr. Sérgio Lucena

Profa. Dra. Dayse Duarte

RECIFE – PE

MARÇO, 2014

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

T312a Tenório, Márcio Bandeira de Melo.
Análise de vulnerabilidades no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos na região do complexo industrial portuário de Suape / Márcio Bandeira de Melo Tenório. - Recife: O Autor, 2014.
xxv, 223 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Lucena.
Coorientadora: Profa. Dra. Dayse Duarte.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2014.
Inclui Referências, Apêndice e Anexos.

1. Engenharia Química. 2. Riscos. 3. Ameaças. 4. Danos. 5. Emergências. 6. Meio Ambiente. 7. ALOHA. I. Lucena, Sérgio. (Orientador). II. Duarte, Dayse. (Coorientadora). III. Título.

UFPE

660.2 CDD (22. ed.)

BCTG/2014-183

MÁRCIO BANDEIRA DE MELO TENÓRIO

ANÁLISE DE VULNERABILIDADES NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS NA REGIÃO DO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DE SUAPE.

Área de concentração: Engenharia Ambiental

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, defendida e aprovada em 14 de março de 2014 pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Sérgio Lucena - UFPE

ORIENTADOR

Profa. Dra. Dayse Duarte - UFPE

CO-ORIENTADORA

Prof. Dr. Humberto Dória - UFPE

Prof. Dr. Monhand Benachour - UFPE

“O que ocorrer com a terra recairá sobre os filhos da terra”.

Atribuída ao Chefe Seattle.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Ao Professor Doutor Sérgio Lucena, orientador da dissertação. Agradeço o apoio, a compreensão e as valiosas contribuições para o trabalho. Acima de tudo, obrigado por continuar a acompanhar-me nesta jornada e por estimular o meu interesse pelo conhecimento e desenvolvimento na área desta pesquisa.

Um agradecimento especial à orientadora, Professora PhD Dayse Duarte, pela partilha do saber, pela dedicação e disponibilidade na colaboração sempre que por mim foi solicitada, com sua larga experiência e profunda capacidade em gerenciamento de riscos e Engenharia de Incêndio.

Dirijo também os meus agradecimentos à Universidade Federal de Pernambuco, ao Departamento de Engenharia Química, mais concretamente a Coordenação e Secretaria da Pós-Graduação do DEQ (Departamento de Engenharia Química) pela oportunidade concebida, permanente apoio e condições facultadas, e pelo conhecimento adquirido não só no âmbito do presente trabalho como também noutras áreas.

Tive o privilégio de contar com a confiança e o apoio de inúmeras pessoas e instituições com destaque para a COPAGAZ Comércio e distribuição de gás liquefeito de petróleo, KRONORTE S/A Implementos Rodoviários, TECON SUAPE S/A, ULTRACARGO e Administração de SUAPE sem aqueles contributos, esta investigação não teria sido possível.

A todos os Chefes, Comandantes e Diretores do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Pernambuco, que de forma direta ou indireta me apoiaram nesta jornada, ressaltando as informações preciosas obtidas junto, aos bombeiros militares e Comando do 2º Grupamento de Incêndio e Seção de Bombeiros de SUAPE.

Estou muito grato aos meus familiares pelo incentivo recebido ao longo destes anos. A minha avó Waldenice (in memória) que sempre me estimulou e me orientou nos estudos, aos meus Pais Joffre e Márcia (in memória) que me ensinaram a importância da aprendizagem, aos meus irmãos Débora, Joffre e Gustavo obrigado pela atenção sem reservas, a minha sogra Neide por suas orações e apoio incondicional e por fim as minhas filhas Yasmin e Yanni pelo amor e alegria constante em minha vida e a minha amada esposa Edjane que pacientemente acreditou em meus sonhos e esteve ao meu lado estimulando-me intelectual e emocionalmente.

A realização desta dissertação abre as portas para uma nova etapa da minha vida. Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a sua concretização.

RESUMO

O transporte rodoviário de produtos químicos perigosos é assunto de interesse nacional, regional e local. As questões ligadas a esse tipo de transporte interessam não só aos fabricantes e transportadores, mas a todas as organizações públicas e privadas que, de alguma forma, estão ligadas à segurança do trânsito em redes viárias. Em 2012, no estado de Pernambuco foi elaborado o Plano de Emergência para Transporte de Produtos Perigosos – **PREVINE**”, com objetivo de elaboração e implantação de procedimentos apropriados ao atendimento às emergências com transporte de produtos químicos perigosos na Região Metropolitana do Recife, estabelecendo estruturas organizacionais envolvendo órgãos governamentais e parcerias com empresas privadas. Necessidades de ajustes na estrutura organizacional e diversas demandas do serviço público impediram o cumprimento da missão e objetivos estabelecidos no PREVINE de forma adequada. Atualmente foram implementadas Comissões Estaduais do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Perigosos- P2R2, para tratar desses assuntos, com melhor definição de objetivos, otimização da gestão, cumprimento de metas e criação de setores especializados, havendo necessidade de um maior controle e fiscalização por parte do Ministério do Meio Ambiente, no que diz respeito aos cumprimento dos objetivos e resultados obtidos. Este projeto de pesquisa tem por meta auxiliar as tarefas de Gerenciamento de riscos e consolidação de um Plano de Emergência eficaz para o Complexo Industrial Portuário de SUAPE, situado na região Metropolitana de Recife nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, em razão do grande número de veículos que transportam cargas perigosas que circulam em sua rede viária. A região de SUAPE é constituída por área urbana e industrial, centrais administrativas, zonas de preservação ecológica, terras com características ambientais diversas, açude, rios, estuários, Oceano Atlântico e rodovias. Os objetivos específicos deste trabalho tratam de Analisar as Vulnerabilidades no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos, sendo definidos cenários de acidentes com probabilidade de causar danos às pessoas, comunidades, continuidade operacional e meio ambiente na região de SUAPE. Os cenários anteriormente mencionados foram estabelecidos com base em histórico de acidentes montado mediante experiência profissional e operacional do autor e bombeiros militares da Seção de Bombeiros de SUAPE do 2º Grupamento de Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco, incluindo informações obtidas nos relatórios de ocorrências atendidas pela Seção de Bombeiros supracitada e aplicação da técnica de Análise Preliminar de Perigo. Na planificação deste trabalho foi utilizado o programa computacional ALOHA para modelar e estimar zonas de ameaças associadas com liberação de produtos químicos perigosos, incluindo nuvens de gases tóxicos, incêndios e explosões. De acordo com os cenários acidentais identificados e com as características e comportamento das substâncias envolvidas, estima-se as consequências dos efeitos físicos presentes e fenômenos em estudo. Os resultados, considerações finais e conclusões provenientes da análise dos cenários com risco alto para pessoas e/ou comunidade, abrangendo a aplicação da técnica de Análise Preliminar de Perigo e as caracterizações dos riscos e modelagens efetuadas com o ALOHA, demonstraram o potencial de causar danos aos funcionários de órgãos públicos e empresas privadas, comunidades locais, meio ambiente e instalações analisadas em SUAPE.

PALAVRAS-CHAVE: Riscos. Ameaças. Danos. Emergências. Meio Ambiente. ALOHA.

ABSTRACT

The transport of hazardous chemicals is a matter of national , regional and local interest. Questions related to this type of transport is of interest not only to manufacturers and carriers, but all public and private organizations that somehow are linked to traffic safety in roads. In 2012 , the state of Pernambuco 's Emergency Plan for Transportation of Hazardous Materials circulating in its roads has been prepared - **PREVINE**”, with the objective of developing and implementing appropriate emergency assistance to the transportation of hazardous chemicals in the Metropolitan Region of Recife procedures, establishing organizational structures involving partnerships with government agencies and private companies. Needs for changes in the organizational structure and various demands of the public service prevented the fulfillment of the mission and objectives established in PREVINE appropriately. Currently the State Commissions of the National Plan for Prevention, Preparedness and Fast Response to Environmental Emergencies with Hazardous Materials - P2R2 were implemented to address these issues with better definition of objectives, improved management, achievement of goals and creating specialized sectors, requiring greater control and supervision by the Ministry of Environment, with regard to the fulfillment of objectives and results. This research project is to assist target tasks of risk management and consolidation of an effective Emergency Plan for Industrial and Port Complex of SUAPE, located in the metropolitan region of Recife on the municipalities of Ipojuca and Cabo de Santo Agostinho, because of large number of vehicles carrying hazardous materials circulating in its roads. The SUAPE region consists of urban and industrial areas, administrative centers, areas of ecological preservation, land with different environmental characteristics, reservoir , rivers , estuaries, highways and Atlantic Ocean . The specific objectives of this research deal with Analyze Vulnerabilities in road transport of hazardous chemicals being defined scenarios of the accidents likely to cause harm to people, communities, business continuity and environment in the region of SUAPE. The former scenarios are based on accident history mounted by professional and operational experience of the author and military firefighters of the Firefighter Section of the SUAPE from Second Firefighter Grouping of the military firefighters of Pernambuco, including information obtained in the reports of incidents attended by the aforementioned Firefighter Section and application the technique of Preliminary Hazard Analysis. In planning this study the ALOHA computer program was used to model and estimate threat zones associated with releases of hazardous chemicals, including toxic gas clouds, fires and explosions. According to the identified accident scenarios and the characteristics and behavior of the substances involved, estimate the consequences of physical effects and phenomena in present study. The results, conclusions and findings from the analysis of scenarios with high risk for people and/or community, including the technique of Preliminary Hazard Analysis and characterization of risks and modeling made with ALOHA, demonstrated the potential to cause harm employees of public agencies and private companies, local communities, environment and analyzed SUAPE facilities.

KEYWORDS : Risks. Threats . Damages. Emergencies. Environment. ALOHA .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Gráficos de colunas pertinente à Tabela 3.....	41
Figura 2- Gráficos de colunas pertinente à Tabela 5.....	44
Figura 3- Distância normalizada \bar{d} [m/kg ^{1/3}] para detonação de cargas de TNT (Senne JÚNIOR, 2003).....	50
Figura 4- Sobrepressão adimensional.....	53
Figura 5-- Níveis de danos e mortes devido à radiação térmica recebida por pessoas em função do tempo de exposição.....	56
Figura 6- Parâmetros geométricos de um incêndio de poça.....	60
Figura 7- Representação esquemática das forças que afetam a trajetória do jato de gás.....	63
Figura 8- Representação esquemática dos desvios que afetam a velocidade na ponta da chama. Duarte et al. (2008).....	64
Figura 9- Distorção chama devido à velocidade lateral do vento e do jato de gás (DUARTE et al. , 2008).....	64
Figura 10- Comprimento da Chama versus o Calor liberado (DUARTE et al., 2008)	65
Figura 11- Esquema de transferência de calor durante um incêndio.....	66
Figura 12- Esquema de transferência de calor considerando-se a chama emitindo radiação por múltiplos pontos.....	68
Figura 13- Caminhões tanques para transporte de líquidos inflamáveis (Rótulo de Risco 3) e demais produtos químicos perigosos no estado líquido.....	88
Figura 14- Detalhes importantes do tanque.....	88
Figura 15- Válvula de Fundo na posição original.....	90
Figura 16- Válvula de Fundo na posição aberta.....	90
Figura 17- Válvula de fundo novamente na posição original.....	91
Figura 18- Calota do tanque de carga.....	92
Figura 19- Disparador do tanque de carga.....	92
Figura 20- Tampa de inspeção e carga/válvula de vácuo e pressão.....	92
Figura 21- Calota do tanque de carga.....	93
Figura 22- Tampa de inspeção e carga/válvula de vácuo e pressão.....	93
Figura 23- Válvulas de fundo e de dreno.....	93
Figura 24- Válvula de descarga.....	94
Figura 25 –Carreta tanque com 42.000L de volume, com cerca de 20 ton de GLP....	94
Figura 26 – Tubulações de GLP na calota do tanque de carga.....	94
Figura 27- Válvula de bloqueio com volante.....	94

Figura 28- Válvula de bloqueio lateral.....	94
Figura 29- Válvula de máximo enchimento de equipamento rodoviário para transporte de GLP.....	95
Figura 30- Válvula de segurança e equipamento rodoviário para transporte de GLP.....	95
Figura 31- Caminhões do tipo Gaiola para transporte de GLP (Visão geral).....	96
Figura 32- Caminhões do tipo Gaiola para transporte de GLP (Visão lateral).....	96
Figura 33- Caminhões do tipo Auto para transporte de GLP (Visão geral).....	96
Figura 34- Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (Visão lateral).....	96
Figura 35- Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (Traseira).....	97
Figura 36- Caminhões do tipo Auto tanque para transporte de GLP (Visão lateral).	97
Figura 37- Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (Traseira-visão aproximada).....	97
Figura 38- Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (visão lateral)...	97
Figura 39- Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (visão lateral).....	98
Figura 40- Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (traseira)....	98
Figura 41- Rótulo de risco e painel de segurança, conforme Portaria 204/97-MT.....	99
Figura 42- Planilha utilizada na Análise Preliminar de Perigo.....	118
Figura 43- Gráficos de colunas pertinente à Tabela 23.....	133
Figura 44- Análise Preliminar de Perigo para os cenários plausíveis de emergências pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos no Complexo Industrial e Portuário de SUAPE	141
Figura 45- Rosa dos ventos.....	144
Figura 46- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 28 e 29. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	145
Figura 47- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 30 e 31. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	147
Figura 48- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 33. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	149
Figura 49- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 34. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	150
Figura 50- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 35. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	151
Figura 51- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 36. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	152
Figura 52- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 37. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	153

Figura 53- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 38. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	154
Figura 54- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 40. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	156
Figura 55- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 41. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	157
Figura 56- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 42. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	158
Figura 57- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 43. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	159
Figura 58- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 44. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	160
Figura 59- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 45. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	161
Figura 60- Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $10 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições meteorológicas predominantes.....	163
Figura 61- Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $5 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições meteorológicas predominantes.....	163
Figura 62- Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $2 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições meteorológicas predominantes.....	164
Figura 63- Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $10 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições de vento terral.....	165
Figura 64- Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $5 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições de vento terral.....	165
Figura 65- Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $2 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições de vento terral.....	166
Figura 66- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 48 e 49. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	167
Figura 67- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 50 e 51. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	169
Figura 68- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 52 e 53. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	171
Figura 69- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 54 e 56. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	173
Figura 70- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 58 e 59. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	176

Figura 71- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 60 e 61. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	178
Figura 72- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 62 e 63. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	180
Figura 73- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 64 e 65. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	182
Figura 74- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 66 e 67. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	184
Figura 75- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 68 e 69. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	186
Figura 76- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 70 e 71. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	188
Figura 77- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 72 e 73. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	190
Figura 78- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 74 e 75. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.....	192
Figura 79- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 76 e 77. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	194
Figura 80- Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 78 e 79. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.....	196
Figura 81 – Sistema pião para abastecimento de viaturas de combate a incêndio.....	214
Figura 82 – Foto ampliada de trecho do mapa do território estratégico de SUAPE....	216
Figura 83 - Grafismo de viatura ABT– visão geral	217
Figura 84 - Grafismo de viatura AT – visão geral.....	218
Figura 85 - Grafismo de viatura BT – visão geral	219
Figura 86 - Lateral esquerda com Unidade móvel de ar respirável	220
Figura 87 - Grafismo de viatura AR – visão geral.....	222
Figura 88 - Grafismo de viatura ABS – visão geral.....	223

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Perfil de empreendimentos de porte localizados em SUAPE-PE.....	29
Tabela 2- Emergências ambientais envolvendo transporte rodoviário de produtos químicos perigosos no âmbito nacional.....	37
Tabela 3- Produtos Químicos Perigosos elencados em ocorrências com Transporte Rodoviário no âmbito nacional no período de 2007 à 2013. Classificação segundo Manual de para Atendimento a Emergências com Produtos Perigosos ABIQUIM (2006).....	40
Tabela 4- Principais emergências ambientais pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em escala mundial.....	41
Tabela 5- Produtos Químicos Perigosos elencados nas principais emergências ambientais pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em escala mundial Classificação segundo Manual de para Atendimento a Emergências com Produtos Perigosos ABIQUIM (2006).....	43
Tabela 6- Efeitos devido à sobrepressão oriunda de explosões (SENNE JÚNIOR, 2003).....	51
Tabela 7- Fração do Calor Radiado (DUARTE et al., 2008).....	67
Tabela 8- Valores de A e B e da relação H/D (DUARTE et al. , 2008).....	69
Tabela 9- Funções e objetivos dos atores (stakeholders), bem como legislações e referências pertinentes ao transporte de produtos perigosos	80
Tabela 10- Legislações e normas da ABNT sobre transporte rodoviário de produtos químicos perigosos.....	81
Tabela 11- Portaria e regulamentos do INMETRO sobre transporte rodoviário de produtos químicos perigosos.....	82
Tabela 12- Classes e subclasses de produtos perigosos, conforme Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes.....	98
Tabela 13- Significado dos algarismos do número de risco, conforme Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes (CARDOSO JÚNIOR, 2004).....	100
Tabela 14- Significados dos números de risco segundo o Manual da ABIQUIM/PRÓ-QUÍMICA (2006).....	100
Tabela 15- Combinações do número de risco e seus significados, conforme Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes.....	101
Tabela 16- Relação de códigos numéricos e respectivos significados, conforme Manual da ABIQUIM/PRÓ-QUÍMICA (2006).....	104
Tabela 17- Programas utilizados em simulações e estudo de desenvolvimento em cenários de emergências com produtos perigosos.....	114
Tabela 18- Categorias de consequência.....	119
Tabela 19- Categorias de frequência.....	121
Tabela 20- Categorias de risco	121

Tabelas 21- Matriz do risco.....	124
Tabela 22- Acidentes com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em SUAPE.....	126
Tabela 23- Produtos Químicos Perigosos detectados em ocorrências com Transporte Rodoviário na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE e circunvizinhança no período de 2008 à 2013. Classificação segundo Manual de para Atendimento a Emergências com Produtos Perigosos ABIQUIM (2006).....	133
Tabela 24- Características dos produtos químicos utilizados no transporte rodoviário em SUAPE	134
Tabela 25- Recursos necessários para atendimento de prováveis ocorrências pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em SUAPE	137
Tabela 26- Número de famílias e de funcionários das empresas localizadas nas proximidades dos cenários plausíveis de ocorrências no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em SUAPE.....	140
Tabela 27- Número de famílias em comunidades de SUAPE.....	140
Tabela 28- Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 07 h:00 nas condições meteorológicas predominantes.....	145
Tabela 29- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 28.....	146
Tabela 30- Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 05 h:00 nas condições de vento terral.....	147
Tabela 31- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 30.....	148
Tabela 32 - Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 07 h:00 nas condições meteorológicas predominantes.....	148
Tabela 33- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 (P=2,3 atm, T=158,5 °C, 100% da massa do tanque na bola de fogo).....	149
Tabela 34- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 (P=2,04 atm, T=153,4 °C, 82,6% da massa do tanque na bola de fogo).....	151
Tabela 35- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 (P=1,78 atm, T=147,8 °C, 64,1% da massa do tanque na bola de fogo).....	152
Tabela 36 – Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 (P=1,52 atm, T=141,4 °C, 44,5% da massa do tanque na bola de fogo).....	153

Tabela 37- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 (P=1,26 atm, T=134,2 °C, 23,5% da massa do tanque na bola de fogo).....	154
Tabela 38- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 (P=1,00 atm, T=125,7 °C, 0,26% da massa do tanque na bola de fogo).....	155
Tabela 39- Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 05:00 h nas condições de vento terral.....	155
Tabela 40- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=2,3 atm, T=158,5 °C, 100% da massa do tanque na bola de fogo).....	156
Tabela 41- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=2,04 atm, T=153,4 °C, 82,6% da massa do tanque na bola de fogo).....	158
Tabela 42- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=1,78 atm, T=147,8 °C, 64,1% da massa do tanque na bola de fogo).....	159
Tabela 43- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=1,52 atm, T=141,4 °C, 44,5% da massa do tanque na bola de fogo).....	160
Tabela 44- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=1,26 atm, T=134,2 °C, 23,5% da massa do tanque na bola de fogo).....	161
Tabela 45- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=1,00 atm, T=125,7 °C, 0,26% da massa do tanque na bola de fogo).....	162
Tabela 46- Variação de distâncias limites, pressão e temperatura interna no tanque em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições meteorológicas predominantes.....	162
Tabela 47 Variação de distâncias limites, pressão e temperatura interna no tanque em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições de vento terral.....	164
Tabela 48- Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 07 h:00 nas condições meteorológicas predominantes.....	167
Tabela 49- Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 48.....	168

Tabela 50- Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 05 h:00 nas condições de vento terral.....	169
Tabela 51- Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 50.....	170
Tabela 52- Caracterização do risco para cenário 03. Modelagem realizada em 17/01/2014 – 16 h nas condições meteorológicas predominantes.....	171
Tabela 53- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 3, previstos na Tabela 52.....	172
Tabela 54- Caracterização do risco para cenário 03. Modelagem realizada em 17/01/2014 – 01 h nas condições de vento terral..	173
Tabela 55- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 3, previstos na Tabela 54.....	174
Tabela 56- Caracterização do risco para cenário 03. Modelagem realizada em 17/01/2014 – 16 h nas condições meteorológicas predominantes.....	174
Tabela 57- Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 03, previstos na Tabela 56.....	175
Tabela 58- Caracterização do risco para cenário 03. Modelagem realizada em 17/01/2014 – 01 h nas condições de vento terral.....	176
Tabela 59- Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 03, previstos na Tabela 58.....	177
Tabela 60- Caracterização do risco para cenário 04. Modelagem realizada em 20/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.....	178
Tabela 61- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 04, previstos na Tabela 60.....	179
Tabela 62- Caracterização do risco para cenário 04. Modelagem realizada em 19/01/2014 – 02 h nas condições de vento terral.....	179
Tabela 63- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 04, previstos na Tabela 62.....	180
Tabela 64- Caracterização do risco para cenário 04. Modelagem realizada em 20/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.....	181
Tabela 65- Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 04, previstos na Tabela 64.....	182
Tabela 66- Caracterização do risco para cenário 04. Modelagem realizada em 19/01/2014 – 02 h nas condições de vento terral.....	183

Tabela 67- Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 04, previstos na Tabela 66.....	185
Tabela 68- Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 20/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.....	186
Tabela 69- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade de edificações para sobrepressões pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 68.....	187
Tabela 70- Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 23/01/2014 – 03:00 nas condições de vento terral.....	188
Tabela 71- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade de edificações para sobrepressões pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 70.....	189
Tabela 72- Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 22/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.....	190
Tabela 73- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade de edificações para sobrepressões pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 72.....	191
Tabela 74- Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 23/01/2014 – 03:00 nas condições vento terral.....	191
Tabela 75- Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxo térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 74.....	192
Tabela 76- Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 22/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.....	193
Tabela 77- Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 76.....	194
Tabela 78- Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 23/01/2014 – 03:00 nas condições vento terral.....	196
Tabela 79- Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 78.....	197

LISTA DE SIGLAS

AAE:	Análise de Árvore de Eventos
AAF:	Análise de Árvore de Falhas
ABIQUIM:	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA
ABT:	Auto bomba tanque
ABNT:	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS:	Auto busca e salvamento
ACO:	Auto controle operacional
AEGLS:	Acute Exposure Guideline Levels (Níveis guia de exposição aguda)
ALOHA:	Areal Locations of Hazardous Atmospheres
AIChE:	American Institute of Chemical Engineers (Instituto de Engenheiros Químicos dos Estados Unidos da América)
API RP 521:	Guide for Pressure Relieving and Depressuting Systems/ American Petroleum Institute (Guia para sistemas de despressurização e alívio de pressão/ Instituto de Petróleo dos Estados Unidos da América).
APP:	Análise Preliminar de Perigos
AR:	Auto resgate
AT:	Auto tanque
BLEVE:	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (Explosão por expansão de vapor de líquido em ebulição)
BM:	Bombeiro militar
BPRv/PMPE:	Batalhão de Policiamento Rodoviário da Polícia Militar de Pernambuco
BS:	British Standart Guide to Occupation Health and Safety Management system (Diretrizes Britânicas para Sistemas de Gerenciamento da Segurança e Saúde Ocupacional),
Cap.:	Capitão
CBMPE:	Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
CB/PMESP:	Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
CCPS:	Center for Chemical Process Safety (Centro de Segurança para Processos Químicos)
CELPE:	Companhia Energética de Pernambuco
CETESB:	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CHESF:	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CODECIPE:	Coordenadoria de Defesa Civil de Pernambuco
COMPESA:	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA:	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPERGAS:	Companhia Pernambucana de Gás
CPRH:	Companhia Pernambucana do Meio Ambiente.
DOE:	Diário Oficial do Estado
E:	Leste
EFE:	Extrato formador de espuma
ENE:	Direção és-nordeste
EPA:	Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América)
EPI:	Equipamento de proteção individual
Eq.:	Equivalente
ERPGs:	Emergency Response Planning Guidelines (Guias de planejamento de resposta a emergências)
ESSE:	És-sudeste
EUA:	Estados Unidos da América
FEAM:	Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais
FEEMA:	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FISP:	Fichas de informações de segurança do produto
FIS PQ:	Fichas de Informação de Segurança para Produtos Químicos
FMEA:	Failure Modes and Effects Analysis (Análise de Modos de Falhas e Efeitos)
GHS:	The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (Sistema Harmonizado Globalmente para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos).
GI:	Grupamento de Incêndio
GLP:	Gás liquefeito do petróleo
GTZ:	Deutsche Gesellschaft fuer Tèdhnische Zusammenarbeit (Sociedade Alemã de Cooperação Técnica)
HAZOP	Hazard and Operability (Identificação de Perigos e Operabilidade)
IBAMA:	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IC:	Instituto de Criminalística

IDLH:	Immediately Dangerous to Life and Health limits (Concentrações limites imediatamente perigosas à vida e saúde)
IEMA:	Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA)
ISSO:	International Organization for Standardization (Organização Internacional para padronização)
IML:	Instituto de Medicina Legal
INMETRO:	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
LGE:	Líquido gerador de espuma
LR:	Limite da região
Maj.:	Major
MOPE:	Movimentação de produtos químicos especiais
NBR:	Norma brasileira
NFPA:	Nacional Fire Protection Association (Associação de Prevenção ao Fogo dos Estados Unidos da América)
NNE:	Nor-nordeste
NW:	Noroeste
ONU:	Organização das Nações Unidas
OSHA:	Occupational Safety and Health Administration (Administração da Saúde e Segurança Ocupacional).
PACs:	Protective Action Criteria for Chemicals (Critérios de proteção para produtos químicos)
PAM:	Planos de Auxílio Mútuo
PDCA:	Plan-Do-Check-Action (Planejar –Fazer-Checar- Atuar corretivamente)
PHAST:	Process Hazard Analysis Software Tools (Ferramenta de programação para análise de risco em processo)
PQS:	Pó químico seco
PMPE:	Polícia Militar de Pernambuco
PRF:	Polícia Rodoviária Federal
P2R2:	Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos
PREVINE:	Plano de Emergência Para Transporte de Produtos Perigosos
RMR:	Região metropolitana do Recife (RMR)

RTQ:	Regulamentos Técnicos da Qualidade
SA:	Social Accountability (Responsabilidade Social)
SAMU:	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SB:	Seção de Bombeiros
SENAT:	Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte
Ten.:	Tenente
TEELs:	Temporary Emergency Exposure Limits (Limites de exposição temporária de emergência)
TNT:	2-Metil-1,3,5-trinitrobenzeno
V.AB.:	Vaso aberto
V.FEC:	Vaso fechado
VT:	Viatura
USA:	United States of America
UTI:	Unidade tática de incêndio

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Variável	Unidade
A	Área da poça	m ²
A _s	Área transversal da sala	m ²
A, B	Constantes que dependem do combustível	-----
C _p	Calor específico do gás	kJ/kg.K
C _(d)	Concentração de material tóxico em áreas internas a prédios em função da distância	kg/m ³
c _m	Coefficiente de transferência de massa	m/s
c _m ⁰	Coefficiente de transferência de massa de referência	m/s
D ^o	Diâmetro da base da chama	m
D _b	Diâmetro da bola de fogo (fireball)	m
D _{b max}	Diâmetro máximo da bola de fogo	m
D	Diâmetro da poça	m
D _{eq}	Diâmetro da poça no estado de equilíbrio	m
D	Distância mínima de segurança	m
\bar{d}	Distância normalizada	m/kg ^{1/3}
d _b	Distância entre o centro da bola de fogo e o ponto de interesse	m
d _h	Distância horizontal entre o centro da bola de fogo e o ponto de interesse	m
d _s	Distância entre a superfície da chama e o ponto de interesse	m
d _{smax}	Distância máxima entre a sala onde ocorreu o acidente e o ponto de interesse	m
d	Diâmetro do orifício	m
d	Diâmetro da seção do vazamento	m
D	Diâmetro da chama	m
Eq.TNT	Equivalente em TNT	-----
E	Energia de combustão da carga	J
E _r	Fluxo térmico recebido no ponto de interesse	kW/m ²
F	Frequência de ocorrência do evento	-----
F	Fração de calor radiada	-----
F	Fração de ignição (flash fraction)	-----
Fr	Número de Froude	-----
f _e	Fração do calor de combustão irradiado	-----
g	Aceleração da gravidade	m/s ²
G	Gravidade do sistema atingido ou grau de exposição a riscos acidentes	-----
H	Altura da chama	m
h _b	Altura do centro da bola de fogo	m
H	Altura visível da chama	m

H_c	Calor de combustão do combustível	kJ/kg
k	Coefficiente de absorção	m^{-1}
L	Comprimento da chama	m
L	Calor latente do gás	kJ/kg
LR	Distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a 2, 5 ou 10 kW / m ²	m
M	Massa do material combustível	kg
M_{le}	Massa molar do líquido em evaporação	kg/mol
M_b	Massa de combustível na bola de fogo	kg
M_0	Massa molar da água	kg/mol
m(%)	Percentual da massa de n-octano na bola de fogo	-----
m	Vazão mássica	kg/s
m	Índice que é função do número de Froude	-----
m''	Fluxo mássico de queima	kg/m ² s
N	Número de pontos da chama	
P	Poder de radiação de cada ponto da chama	kW
P_{sat}	Pressão de saturação de vapor do líquido	Pa
P_0	Pressão ambiente	Pa
p_w	Pressão parcial do vapor d'água	Pa
P	Pressão interna do tanque	Pa
Q_0	Massa total do material tóxico liberado na sala	Kg
\dot{Q}	Taxa de liberação do material tóxico para atmosfera	kg/s
Q	Total de calor liberado pela chama	kW
Q	Calor liberado pela chama	kW
q_r''	Energia incidente no alvo	kW/m ²
qi	Intensidade do calor radiado por cada ponto da chama ao alvo	kW/m ²
q	Intensidade do calor radiado pela chama	kW/m ²
$q_{condução}$	Intensidade da radiação emitida por condução	kW/m ²
$q_{convecção}$	Intensidade da radiação emitida por convecção	kW/m ²
$q_{radiação}$	Intensidade da radiação emitida por radiação	kW/m ²
q	Intensidade da radiação emitida	kW/m ²
\bar{R}	Distância adimensional (Sachs scale distance)	-----
R	Distância real a partir da carga	m
Re	Vazão de exaustão ou taxa de fuga	m ³ /s
Rg	Constante universal do gás ideal	J/mol.K
r	Distância do ponto da chama até a superfície alvo	m
Ta	Temperatura ambiente	K.
T _l	Temperatura do líquido	K
T	Temperatura interna do tanque	k
t _a	Tempo de permanência do indivíduo a uma distância d do local do acidente	K

t_d	Tempo de duração da bola de fogo	s
t_{eq}	Tempo para que o estado de equilíbrio seja alcançado	s
U_j	Velocidade na ponta da chama	m/s
u	Velocidade do gás no orifício	m/s
u_a	Umidade relativa do ar	-----
u^*	Velocidade adimensional do vento	-----
u_w	Velocidade do vento	m/s.
V	Volume da sala	m ³
V	Vazão volumétrica	m ³ /s
V_l	Vazão volumétrica	m ³ /s
W	Massa equivalente do material combustível	kg
$X(d)$	Concentração de material tóxico na atmosfera na distância d	kg/m ³
$\frac{X}{Q}(d)$	Fator de difusão atmosférica em função da distância	s/m ³
x	Distância do alvo a chama	m
y_∞	Velocidade de queima para um incêndio de poça com diâmetro infinito	m/s
y''	Velocidade de queima	m/s
ΔH_c	Calor de combustão do material combustível	kJ/kg
ΔP_s	Sobrepresão	Pa
$\overline{\Delta P_s}$	Pico de pressão adimensional (Sachs scale blast overpressure)	-----
ΔT	Diferença de temperatura entre a temperatura ambiente e a de ebulição do gás	K
η	Fração do processo de combustão irradiada	-----
θ	Ângulo de inclinação da chama com a vertical	-----
λ'	Razão entre taxa de fuga e volume da sala	s ⁻¹
ρ_a	Densidade do ar ambiente	kg/m ³
ρ_v	Densidade de vapor do líquido	kg/m ³
τ_a	Transmissividade atmosférica	-----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	26
1.1 OBJETIVOS.....	30
1.1.1 Objetivos Gerais.....	30
1.1.2 Objetivos Específicos.....	30
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	32
2.1 CONCEITOS BÁSICOS	32
2.1.1 Conceito de Situação de Risco.....	32
2.1.2 Conceito de Perigo.....	32
2.1.3 Conceito de Risco.....	32
2.1.3.1. <i>Riscos Naturais.....</i>	33
2.1.3.2. <i>Riscos Tecnológicos.....</i>	34
2.1.3.3. <i>Riscos Humanos.....</i>	34
2.1.3.4. <i>Riscos Empresariais.....</i>	34
2.1.4 Análise de Vulnerabilidade.....	34
2.1.5 Efeito Dominó.....	34
2.1.6 Cenários.....	35
2.1.7 Cenários piores.....	35
2.1.8 Cenários plausíveis ou prováveis.....	35
2.2 ACIDENTES POTENCIAIS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS.....	35
2.2.1 Liberações tóxicas.....	35
2.2.2 Fogo.....	36
2.2.3 Explosão.....	36
2.4 CONSIDERAÇÕES PERTINENTES AO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS E PLANO P2R2.....	44
2.4 ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIA DE ACIDENTES	48
2.4.1 Diâmetro de uma bola de fogo.....	48
2.4.2 Explosão de líquido e sólido.....	49
2.4.3 Explosão de nuvem de vapor.....	51
2.4.4 Explosão de vapor de líquido em ebulição (BLEVE).....	53
2.4.5 Incêndio de poça.....	56
2.4.6 Incêndios de jato	61
2.4.7 Concentração de material tóxico devido à liberação para a atmosfera.....	71

2.4.8 Concentração de material tóxico devido à liberação para interiores de prédio.....	72
2.5 TRABALHOS SOBRE ANÁLISE DE RISCO.....	73
2.5.1 Avaliações de Risco Ambiental.....	73
2.5.2 Gerenciamento de riscos.....	74
2.5.3 Avaliações de riscos em instalações industriais.....	74
2.6 TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS EM SUAPE.....	75
2.7 ATRIBUIÇÕES DOS ÓRGÃOS PÚBLICOS E EMPRESAS PRIVADAS EM EMERGÊNCIAS.....	76
2.7.1. Atribuições específicas de cada órgão.....	76
2.7.1.1. <i>Policiamento</i>	76
2.7.1.2. <i>Órgãos de Trânsito</i>	77
2.7.1.3. <i>Órgão de Meio Ambiente</i>	77
2.7.1.4. <i>Corpo de Bombeiros</i>	78
2.7.1.5. <i>Defesa civil</i>	78
2.7.1.6. <i>Transportador</i>	78
2.7.1.7. <i>Indústrias (Fabricante, Expedidor ou Destinatário)</i>	78
2.8 LEGISLAÇÃO.....	81
2.9 VEÍCULOS QUE TRANSPORTAM PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS.....	87
2.10 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS.....	98
2.11 IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO.....	99
2.12 NÚMERO DE RISCO.....	100
2.12.1. Perigos Físicos.....	106
2.12.2. Perigos à saúde.....	107
2.12.3. Perigos ao meio ambiente.....	108
2.13 METODOLOGIAS DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIA.....	108
2.14 TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS.....	110
2.14.1 Listas de checagem (Checklists).....	110
2.14.2 Análise E-SE (What-If).....	110
2.14.3 Identificação de Perigos e Operabilidade (HAZOP).....	111
2.14.4 Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA).....	111
2.14.5 Análise de Árvore de Falhas (AAF) (<i>Faul Tree Analyse - FTA</i>).....	111
2.14.6 Análise de Árvore de Eventos (AAE).....	112
2.14.7 Análise Preliminar de Perigo (APP).....	112

2.15 CRITÉRIOS DE DESEMPENHO.....	112
2.16 SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAL	113
3 METODOLOGIA.....	115
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	125
4.1 HISTÓRICO DE ACIDENTES.....	125
4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS DOS PRODUTOS QUÍMICOS.....	133
4.3 RECURSOS NECESSÁRIOS PARA ATENDIMENTO DE PROVÁVEIS OCORRÊNCIAS PERTINENTES AO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS.....	135
4.4 POPULAÇÃO EM SUAPE.....	140
4.5 ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS EM SUAPE.....	140
4.6 CARACTERIZAÇÕES DE RISCO.....	143
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	199
6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	207
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	209
APÊNDICE.....	213
ANEXOS.....	215

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário de produtos perigosos é assunto de interesse nacional, regional e local. As questões ligadas a esse tipo de transporte interessam não só aos fabricantes e transportadores, mas a todas as organizações públicas e privadas que, de alguma forma, estão ligadas à segurança do trânsito em redes viárias (CPRH, 2001). Acidentes de alta gravidade apresentam pequena frequência, no entanto podem provocar elevado número de mortes, mutilações, prejuízos patrimoniais, sanções legais, degradação do meio ambiente e elevados custos sociais, econômicos e políticos. Isto tem se tornado mais importante com o conceito de Responsabilidade Social em uso crescente nas empresas que utilizam as normas ISO 14000 (Sistema de Gestão Ambiental), BS8800 (Diretrizes para Sistemas de Gerenciamento da Segurança e Saúde Ocupacional), SA8000 (Responsabilidade Social) e OSHAS 18000 (Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional).

Nos anos 60 uma refinaria produzia 50.000 t/ano de etnilbenzeno (estireno), nos anos 80 passou a produzir 1.000.000 t/ano. A capacidade dos petroleiros pós-guerra cresceu de 40.000 para 500.000 t e o armazenamento de gás passou de 10.000 m³ para 150.000 m³. A comercialização mundial de produtos químicos orgânicos passou de 7 milhões de toneladas em 1950, para 250 milhões em 1985 e 300 milhões em 1990. O Brasil em 2005 ocupou a nona posição em faturamento líquido na classificação (*ranking*) da indústria química mundial. Segundo CETESB (2007) foram produzidas mais de 25 milhões de substâncias químicas orgânicas e inorgânicas, sendo que cerca de 8 milhões encontram-se comercialmente disponíveis.

No Brasil o Estado de São Paulo funciona como um pólo difusor dessas mercadorias consideradas “produtos perigosos”, principalmente no transporte em direção ao litoral, pelas Vias Anchieta e Imigrantes, ao Rio de Janeiro através da Rodovia Dutra, a Minas Gerais através da Rodovia Fernão Dias e ao interior, através das rodovias concedidas e vicinais. O impacto dos acidentes com produtos perigosos em rodovias atinge mananciais, fauna e flora, enquanto que os acidentes registrados em áreas urbanas oferecem risco maior à saúde pública, dependendo das características do produto conforme registros da Companhia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo que no período de 1978 a 2004 registrou um total de 5884 acidentes envolvendo produtos perigosos, sendo o maior percentual, cerca de 37,4%, no modal rodoviário (REZENDE et al., 2007).

Após o trágico acidente com Pentaclorofenato de Sódio (Pó da China), em 1984, no Rio de Janeiro, surgiu o Regulamento do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, através do Ministério dos Transportes. Em 1988, este regulamento foi revisto e ampliado, através do Decreto 96.044 de 18/0588, que se encontra em vigor até a presente data (SOS, 1998).

A partir da demanda constatada de deficiência na estrutura de atendimento às emergências, notadamente evidenciada por ocasião do acidente ocorrido em 29 de março de 2003, no município de Cataguazes-MG, envolvendo o rompimento de uma barragem de resíduos contendo substâncias químicas perigosas que atingiu o Rio Pomba e Paraíba do Sul e causou uma contaminação que deixou várias cidades sem acesso à água para o atendimento de condições básicas da população surgiu o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos- P2R2. O P2R2 estabelece estruturas organizacionais que envolvem os governos federal, estaduais e municipais, além de parcerias com organizações não governamentais, setor privado, instituições acadêmicas e a comunidade civil em geral, auxiliando o acompanhamento rotineiro dos padrões de qualidade, o alerta de emergências, com verificação da evolução dos impactos ambientais em caso de acidente e a eficiência das medidas de contenção e remediação tomadas após a ocorrência destes (CETESB, 2007). No sentido de implementar o Plano P2R2 de forma integrada, em conformidade com respectivo modelo institucional, os estados devem criar Comissões Estaduais (CE) diretamente ligadas à Comissão Nacional do P2R2. As Comissões Estaduais deverão ser constituídas por decretos Estaduais, sendo compostas por Secretaria Executiva, Núcleos de Suporte Técnico e de Plano de Ação de Emergência, Grupos de Trabalho, além de vários atores envolvidos na questão de segurança química, tornando-se importante a divulgação do Plano e integração dos órgãos estaduais responsáveis pelo atendimento aos acidentes ambientais com produtos químicos perigosos (MMA, 2007).

Em Pernambuco foi elaborado o “Plano de Emergência Para Transporte de Produtos Perigosos – **PREVINE**”, sob a iniciativa da Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (**CPRH**) em parceria com a Sociedade Alemã de Cooperação Técnica – **GTZ**, através do Projeto de Controle Ambiental no Estado de Pernambuco. Na idealização da elaboração e implantação de procedimentos apropriados ao atendimento a emergências com transporte de produtos perigosos na Região Metropolitana do Recife, houve a participação de autoridades do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco (CBMPE), Coordenadoria de Defesa Civil de

Pernambuco (CODECIPE), Polícia Militar de Pernambuco (PMPE), Polícia Rodoviária Federal (PRF), além de representantes de indústrias químicas, transportadoras, empresas de proteção ambiental, comunidades... (CPRH, 2001).

O Decreto Estadual nº 25.016, de 18 de dezembro de 2012, publicado no Diário Oficial do Estado (DOE) nº 242, de 19 de dezembro de 2012, autorizou a implantação do Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, no âmbito da Região Metropolitana do Recife. Possivelmente o PREVINE será absorvido pela Comissão Estadual do P2R2, constituindo o Plano de Emergência para o modal rodoviário, com modificações na sua estrutura organizacional, destacando a importância da secretaria executiva ser constituída por representantes da CPRH, que possui profissionais adequados (engenheiros químicos e químicos industriais) para implementação e desenvolvimento do Plano P2R2.

O Complexo Industrial Portuário de SUAPE, situado na região Metropolitana de Recife nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho possui localização estratégica em relação às principais rotas marítimas de navegação que o mantém conectado a mais de 160 portos em todos os continentes, com linhas diretas da Europa, América do Norte e África. Atualmente existem mais de 100 empresas em operação, responsáveis por mais de 25 mil empregos diretos, e outras 50 em implantação. Entre elas, indústrias de produtos químicos, metal-mecânica, naval e logística, que vão fortalecer os polos de geração de energia, grânéis líquidos e gases, alimentos e energia eólica, além de abrir espaços em outros segmentos como metal-mecânico, grãos e logística, Foram superando 40 bilhões de reais em investimentos, com geração de 15 mil novos empregos e mais de 40 mil empregos na construção civil. SUAPE conta com uma infraestrutura terrestre em desenvolvimento, com ferrovias e rodovias, possui área de 13.500 hectares, distribuída em zonas Portuária, Industrial, Administrativa e Serviços, de Preservação Ecológica e de Preservação Cultural, apresentando elevado número de veículos que transportam cargas perigosas que circulam em sua rede viária (SUAPE, 2014).

Vale destacar na Tabela 1 a seguir, o perfil de vários empreendimentos de porte localizados em SUAPE-PE:

Tabela 1: Perfil de empreendimentos de porte localizados em SUAPE-PE

Empresa	Atividade
ATLÂNTICO TERMINAIS S/A	Terminal de contêineres vazios e cabotagem
BUNGE ALIMENTOS - ÓLEO	Refinaria de óleos vegetais
BUNGE MOINHO	Moagem de grãos de trigo e fabricação de derivados
Empresa	Atividade
CIMENTO BRASIL	Fabricação de cimento
COCA- COLA	Fabricação de refrigerantes
COPAGAZ	Comércio e distribuição de gás liquefeito de petróleo
ESSO BRASILEIRA DE PETRÓLEO LTDA	Distribuição de combustíveis
ESTALEIRO ATLÂNTICO SUL	Construção e reparação de embarcações e de plataformas offshore
LIQUIGÁS	Engarrafamento e distribuição de gás liquefeito do petróleo (GLP)
M &G - GRUPO MOSSI & GHISOLF	Fabricação de resinas termoplásticas-politereftalato de etileno (PET)
MINASGÁS	Engarrafamento e distribuição de GLP
PAMESA DO BRASIL S/A	Industrialização, beneficiamento, comercialização, importação e exportação de produtos de porcelanato e cerâmica
PEPSICO DO BRASIL LTDA	Fabricação e comercialização de produtos alimentícios
PETROBRAS TRANSPORTE S.A - TRANSPETRO	Transporte e armazenamento de petróleo e gás derivados de petróleo e álcool
PETROQUIMICA SUAPE	Industria petroquímica
REFINARIA ABREU E LIMA S/A - RNEST	Fabricação de produtos de refino de petróleo
TECON SUAPE S/A.	Operação de terminal de contêineres
TEQUIMAR - TERMINAL QUÍMICO DE ARATU S/A.	Armazenagem e transporte de produtos especiais
TERMOPERNAMBUCO S/A	Geração de energia elétrica
ULTRACARGO	Armazenamento para granéis líquidos
ULTRAGAZ LTDA	Engarrafamento e distribuição de GLP
WHITE MARTINS	Fabricação e distribuição de gases industriais e medicinais

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Gerais

Este projeto de pesquisa tem por meta auxiliar a Administração Portuária de SUAPE, Defesa Civil Estadual e Municipal, Corpo de Bombeiros, Companhia Pernambucana do Meio Ambiente, Polícia Militar e seus Batalhões de Trânsito e Policiamento Rodoviário Estadual, Polícia Rodoviária Federal, Vigilância Ambiental em Saúde, Indústrias Químicas, Distribuidoras de Produtos Químicos, Empresas de Proteção Ambiental e Lideranças Comunitárias nas tarefas de Gerenciamento de riscos e consolidação de um Plano de Emergência eficaz para o Complexo Industrial e Portuário de SUAPE, situado na região Metropolitana de Recife nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, em razão do elevado número de veículos que transportam cargas perigosas que circulam em sua rede viária.

1.1.2. Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho tratam de Analisar as Vulnerabilidades no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE, avaliando as consequências de acidentes em pessoas, meio ambiente e sócioeconômicas. Desta forma serão estabelecidos cenários com base em histórico de acidentes, montado mediante experiência profissional e operacional do autor e bombeiros militares da Seção de Bombeiros (SB) de SUAPE do 2º Grupamento de Incêndio (GI) do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco (CBMPE), incluindo informações obtidas nos relatórios de ocorrências atendidas pela SB supracitada e aplicação da técnica de Análise Preliminar de Perigo (APP).

Os cenários de acidentes citados anteriormente estão relacionados ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos e possuem probabilidade de causar danos às pessoas, comunidades, continuidade operacional e meio ambiente na região de SUAPE. Neste trabalho será utilizado o ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres), um programa computacional que efetua modelagens e estima zonas de ameaças associadas com liberação de produtos químicos perigosos, incluindo nuvens de gases tóxicos, incêndios e explosões que permite estimar as consequências dos efeitos físicos presentes e fenômenos

em estudo, de acordo com os cenários acidentais identificados e com as características e comportamento das substâncias envolvidas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados inicialmente o conceito de risco, suas classificações, uma visão geral dos acidentes com produtos químicos perigosos e suas consequências em pessoas, meio ambiente e sócioeconômicas. Será apresentada uma síntese de vários acidentes desta natureza e o número de vítimas destes eventos adversos.

Serão expostos ainda, os modelos de cálculo de consequências dos acidentes mais comuns, sendo que dentre os modelos disponíveis na literatura foram selecionados os mais conservativos para realização deste trabalho.

2.1. CONCEITOS BÁSICOS

2.1.1. Conceito de Situação de Risco

Situação de Risco ou perigo pode ser definido como a existência de uma ou mais condições de uma variável com potencial necessário para causar danos. Esses danos podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos e instalações, danos ao meio ambiente, perda de material em processo ou redução da capacidade de produção (SENNE JÚNIOR, 2003).

2.1.2. Conceito de Perigo

Melo (2008) cita que este conceito, deriva da palavra inglesa *hazard*, definindo o perigo como uma característica ou condição física ou química que tem o potencial para causar danos às pessoas, à propriedade ou ao meio ambiente, citando que o perigo pode ser definido como “uma propriedade intrínseca de uma substância química ou situação física, com um potencial para criar danos à saúde humana e/ou ao meio ambiente”.

2.1.3. Conceito de Risco

Derivado da palavra inglesa *risk*, o risco pode ser definido como o produto de frequência de ocorrência de um evento, dentro de um período de tempo, pela magnitude dos danos que este evento pode causar a um indivíduo, aos trabalhadores, ao público, à propriedade privada ou pública ou ao meio ambiente (SENNE JÚNIOR, 2003).

Em Melo (2008), o uso do termo risco aparece vinculado a uma expressão quantitativa que significa a probabilidade de um efeito específico ocorrer dentro de um determinado período ou em determinadas circunstâncias. DUARTE et al.(2008) define o risco como uma combinação da magnitude de consequências indesejáveis e da probabilidade dessas consequências ocorrerem. No caso dos acidentes abordados nesta dissertação, as consequências para as pessoas dizem respeito aos impactos sofrido pelo condutor do veículo que transporta produtos químicos perigosos e/ou demais motoristas de veículos que circulam nas rodovias, pessoas que residem na circunvizinhança, trabalhadores das empresas locais, policiais rodoviários, bombeiros, integrantes da Defesa Civil e demais funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuam no atendimento a emergência. O impacto sobre o meio ambiente, i.e. ecossistema inclui a destruição da fauna e flora, poluição da atmosfera, contaminação do solo, entre outros. Com relação ao patrimônio vale ressaltar os danos provocados no veículo que transporta produtos perigosos e demais veículos que circulam nas rodovias, nas características construtivas da rodovia, edificações da circunvizinhança, empresas locais, etc. E, finalmente, o impacto sócioeconômico resultante da descontinuidade operacional, provocado pela impossibilidade do transporte de produto perigoso pelo veículo que sofreu o acidente. Senne Júnior (2003) relata que o risco envolvido com a consequência de um determinado evento pode ser definido pela equação 1:

$$\text{Risco} = \text{frequência} \times \text{magnitude} \quad (1)$$

Na qual:

Risco=consequência/ tempo;

Frequência= evento/ tempo;

Magnitude= consequência/ evento.

Classificando os mesmos em função da origem, tem-se:

2.1.3.1. *Riscos Naturais*

São aqueles provocados por fenômenos naturais, tais como terremotos, erupções vulcânicas, inundações, etc.

2.1.3.2. *Riscos Tecnológicos*

São aqueles associados à tecnologia tais como: risco químico, risco nuclear, transporte de produtos perigosos, etc

2.1.3.3. *Riscos Humanos*

São aqueles associados aos seres humanos, tais como omissão na execução de uma tarefa ou de passos dela, erros de controle ou comando, etc.

2.1.3.4. *Riscos Empresariais*

São aqueles que envolvem a perda ou ganho financeiro, tais como mudanças em planos econômicos, aplicações financeiras, etc.

2.1.4. **Análise de vulnerabilidade**

Melo (2008) afirma que vulnerabilidade é a medida da extensão dos efeitos danosos aos seres humanos e materiais, decorrentes de incêndio, explosão e emissão tóxica ocorridos em instalações industriais. Análise de Vulnerabilidade normalmente é realizada para o conjunto dos cenários classificados em uma avaliação de risco como pertencentes às categorias de consequências críticas e catastróficas, ou seja, aqueles cenários com maior potencial de causar danos às populações circunvizinhas, ao meio ambiente e às instalações analisadas (REIS, 2007). Nesta pesquisa foram definidos cenários pertinentes aos acidentes com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em SUAPE. Desta forma, houve necessidade de adaptação do conceito de instalações a serem analisadas para o de veículo que transporta produto químico perigoso.

2.1.5. **Efeito Dominó**

É a consequência decorrente de uma sucessão de eventos indesejáveis que possam ocorrer após um evento inicial (MELO, 2008).

2.1.6 Cenários,

Sequência hipotética de eventos, baseando-se na observação de circunstâncias reais e projeção lógica de suas consequências (MELO, 2008).

2.1.7. Cenários piores

São aqueles com uma frequência rara e com consequência catastrófica durante e após o ciclo de vida de uma unidade, o que implica em uma mudança de tecnologia do processo, mas todos os critérios de segurança de processo foram levados em consideração; entretanto, esses critérios não foram devidamente adequados (MELO, 2008). Houve necessidade de adaptação do conceito de unidade para o de veículo que transporta produto químico perigoso, sendo que nesta pesquisa o processo seria o transporte rodoviário de produtos químicos perigosos.

2.1.8. Cenários plausíveis ou prováveis

São aqueles que têm uma frequência diferente de rara, isto é, possível de acontecer pelo menos uma vez ao longo do ciclo de vida da unidade e com consequências moderadas ou catastróficas (MELO, 2008).

2.2 ACIDENTES POTENCIAIS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS

2.2.1 Liberações tóxicas

É a exposição acidental de produtos tóxicos originalmente contidos em sistemas de contenção ou de transporte. No caso de gases e vapores, o efeito principal é decorrente da nuvem do produto liberado, e as consequências dependerão das características do produto, das condições meteorológicas e da topografia do terreno (SENNE JÚNIOR, 2003).

A emissão de contaminantes para a atmosfera é um problema associado a um grande número de atividades humanas, muitas destas atividades são geradoras de fluidos gasosos com características específicas muito diferentes da atmosfera padrão.

Reis (2007) verificou que a aplicação de modelos de dispersão atmosférica tenta combinar, analiticamente, as características da emissão com os fenômenos meteorológicos

presentes na atmosfera. O objetivo é de se determinar as concentrações em locais definidos ao redor da fonte emissora, avaliando a aceitabilidade das atividades geradoras de emissões, tanto em condições normais quanto em acidente.

2.2.2 Fogo

É um fenômeno químico, denominado combustão e que se caracteriza pela presença de luz e calor. A combustão é uma reação química de oxidação, autosustentável, com liberação de luz, calor, fumaça e gases (CB/PMESP, 1998).

Senne Júnior (2003) descreve que o fogo consiste numa reação rápida entre um combustível e um comburente (normalmente o oxigênio do ar). As chamas podem produzir queimaduras através da radiação térmica, e a fumaça pode ser tóxica ou asfixiante. Os danos causados dependem dos produtos envolvidos no incêndio, da distância e do tempo de exposição.

2.2.3 Explosão

A explosão é uma reação produzida em alta velocidade com uma expansão violenta de gases. O efeito principal da explosão é a onda de choque que pode destruir estruturas, equipamentos e componentes próximos, além do risco à vida das pessoas expostas (SENNE JÚNIOR, 2003). Segundo CB/PMESP (1998) classifica a combustão como uma forma de combustão onde ocorre uma queima de gases (ou partículas sólidas), em altíssima velocidade, em locais confinados, com grande liberação de energia e deslocamento de ar.

Segundo CETESB (2009, 2013) e IBAMA (2008, 2013), vale destacar a seguir emergências ambientais envolvendo transporte rodoviário de produtos químicos perigosos ocorridas no Brasil no período de 2007 à 2013 (Tabela 2):

Tabela 2 - Emergências ambientais envolvendo transporte rodoviário de produtos químicos perigosos no âmbito nacional (contínua).

Data	Local	Resumo do Acidente	Mortos/ Feridos
02/2007	Exu/ PE	Um caminhão-tanque com ácido sulfúrico tombou próximo à fronteira com Cariri/CE, o motorista morreu no acidente. Técnicos do Escritório Regional do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em Crato estiveram no local e notificaram a empresa a apresentar os documentos necessários à investigação do acidente ambiental.	1/Não disponível
03/2007	Juatu- ba/MG Região Metro- politana de Belo Horizonte	Colisão entre carro de passeio e caminhão-tanque provoca morte do condutor do caminhão e derramamento de 10 mil litros de óleo diesel no rio Paraopeba. Técnicos da Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) estiveram no local, coletaram amostras para monitoramento e afirmaram não haver risco para a população. Área urbana e industrial, terras com cobertura vegetal de Mata Atlântica e rodovia (MG 050).	1/Não disponível
07/2007	Tenente Portela/ RS	Um acidente com um caminhão tanque levou ao derramamento de cerca de 15.000 litros de óleo diesel e gasolina na rodovia RS 472 (entre Palmitinho e Tenente Portela). O combustível foi embarcado em Araucária - PR e seria distribuído nos postos da região.	Não disponível
08/2007	São Paulo/SP	A porta traseira de um caminhão baú transportando água oxigenada (peróxido de hidrogênio) se abriu acidentalmente na Marginal Pinheiros, em São Paulo. A carga de peróxido de hidrogênio a 20% vazou para a pista e atingiu alguns veículos. O produto provocou queimaduras em um motorista.	0/1
10/2007	Brotas/SP	Uma carreta teve parte dos seus 60 mil litros de álcool anidro (etanol) vazados após tombamento de um de seus tanques. O acidente ocorreu no pátio de uma usina e o produto escorreu direto para o solo. Nas proximidades do acidente existe um córrego e uma represa, e, como medida de segurança, foram feitas barreiras de contenção com terra para evitar o alastramento do produto. Técnicos da CETESB foram ao local para averiguar possíveis danos ambientais.	Não disponível
11/2007	João Pessoa/PB	Um caminhão transportando 5.000 litros de gasolina tombou na BR 101, causando explosão e incêndio do combustível. Técnicos do IBAMA em João Pessoa acompanharam o acidente, que causou a morte do motorista do veículo.	Não disponível

Tabela 2 - Continuação.

Data	Local	Resumo do Acidente	Mortos/ Feridos
01/2008	Tangará da Serra/MT	Um caminhão, carregado com 22 mil litros de diesel, que subia a Serra do caramujo, deslizou e se chocou com uma carreta. O tanque furou e o caminhão carregado virou, derramando 11 mil litros de óleo diesel que atingiram o Rio Angelim. Foi feita uma barreira de contenção no rio, que conteve o óleo. Uma família que residia no local foi retirada e estudos sobre o impacto na água foram realizados. Houve ainda remoção do solo contaminado e transbordo dos outros 11 mil litros de diesel. Este acidente poderia interferir no abastecimento de água do município de Barra do Bugres, que fica a 80 km do local.	Não disponível
01/2008	São Carlos/SP	Um carro bateu em um caminhão que transportava álcool (etanol) hidratado. O caminhão tombou e derramou no canteiro central metade dos 45 mil litros de álcool que carregava. O motorista do carro morreu na hora e o do caminhão teve apenas ferimentos leves. Por causa do vazamento do álcool, parte da pista foi interditada.	1/1
02/2008	Alto Araguaia/MT	Caminhão bi-trem tombou no trevo de Araguaína, provocando o vazamento de 22 mil litros de óleo diesel. Foram retiradas do local 110 toneladas de resíduos (óleo misturado com solo). O resíduo está sendo armazenado temporariamente na empresa responsável pelo caminhão e posteriormente será incinerado. Todos os procedimentos adotados foram acompanhados pela Defesa Civil.	Não disponível
02/2008	Diamantina /MG	Derramamento de 15 mil litros de combustível não identificado no córrego Carrapatinho, no Alto Jequitinhonha. O caminhão tanque com combustíveis diversos tombou na MG 367, derramando 5 mil litros de álcool, 5 mil litros de gasolina e 5 mil litros de óleo diesel.	Não disponível
04/2008	Recife/PE	Uma carreta carregada de produtos químicos não identificados perdeu o controle e atingiu o muro de uma casa, ocasionando o tombamento de parte da carga. O acidente ocorreu na Zona Oeste de Recife, bairro de Afogados, no cruzamento da Avenida São Miguel com a rua Santos Araújo. Os produtos químicos não foram identificados.	Não disponível

Tabela 2 - Continuação.

Data	Local	Resumo do Acidente	Mortos/ Feridos
07/2008	Rio Claro/RJ	Um caminhão que transportava etnilbenzeno (substância inflamável e tóxica) tombou na rodovia Presidente Dutra, na altura do km 222. O produto químico foi derramado sobre a pista, chegando a atingir o reservatório de Ribeirão das Lages, de propriedade da Light, companhia de energia elétrica. Parte da água dessa represa deságua no rio Guandu, responsável por aproximadamente 85% do abastecimento de água da região metropolitana do Rio de Janeiro. No entanto, a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA)-RJ analisou a água e descartou a contaminação desse rio.	Não disponível
08/2008	Porto Alegre/RS	Um veículo, carregado com 15 mil litros de gás propano, tombou próximo à ponte do Rio Gravataí. Após o acidente foi constatado vazamento de gás.	Não disponível
10/2008	Piraí do Sul/PR	Um caminhão-tanque carregado de etanol tombou e pegou fogo na rodovia PR-090. Bombeiros de Castro e Piraí do Sul estiveram mobilizados no combate às chamas e na contenção para evitar que o fogo se espalhasse rapidamente, pois cerca de 30 mil litros de combustível vazaram. Além da poluição atmosférica gerada pela intensa fumaça, o combustível vazou pelas canaletas da rodovia e escorreu por um desfiladeiro, às margens da rodovia, e pode ter alcançado um riacho.	Não disponível
01/2009	Ribeirão Preto/SP	Acidente na rodovia Alexandre Balbo, envolvendo caminhão do tipo gaiola transportando GLP.	0/0
12/2009	São Paulo/SP	Acidente em ruas e avenidas envolvendo caminhão tanque transportando óleo diesel.	0/2
03/2010	Pindamonhangaba/SP	Acidente na rodovia Presidente Dutra envolvendo caminhão tanque transportando etanol. Houve contaminação do ar, flora e solo.	0/3
04/2010	Atibaia/SP	Acidente na rodovia Fernão Dias envolvendo caminhão tanque baú transportando enxofre. Houve contaminação do solo.	0/0
06/2011	Além Paraíba/MG	Caminhão-tanque seguia da Refinaria em Duque de Caxias/RJ para Itaperuna/RJ carregado com 15000L de gasolina quando caiu na canaleta lateral da rodovia, vindo a tombar. O produto começou a vazar pela tampa da boca de visita e escorreu pela canaleta da drenagem pluvial.	Não disponível

Tabela 2 - Continuação.

Data	Local	Resumo do Acidente	Mortos/ Feridos
09/2012	Luz/MG	Caminhão-tanque carregado com etanol anidro colide de frente com caminhão transportando sucos e energéticos. A carreta saiu da rodovia e ficou pendurada em um barranco, sendo que houve vazamento do produto. O local fica próximo a canaleta de águas pluviais e próximo a 100m de curso d'água	Não disponível
01/2013	São Domingos da Prata/MG	Tombamento de caminhão-tanque gera vazamento de gasolina em rodovia. Veículo e carga pegaram fogo. Parte da carga vazou e escorreu por cerca de 100 m para canaleta pluvial e queimou. Não foi constatada contaminação do curso d'água. O motorista pulou do caminhão e foi socorrido para hospital da região com ferimentos leves.	0/1

Tabela 3 - Produtos Químicos Perigosos elencados em ocorrências com Transporte Rodoviário no âmbito nacional no período de 2007 à 2013. Classificação segundo Manual para Atendimento a Emergências com Produtos Perigosos ABIQUIM (2006).

PRODUTOS/CLASSIFICAÇÃO	OCORRÊNCIAS
Combustível não identificado	1
Gás liquefeito do petróleo /gás inflamável	2
Etanol, etnilbenzeno, óleo diesel e gasolina /líquido inflamável	15
Produto químico não identificado	1
Enxofre/sólido inflamável	1
Ácido sulfúrico/substâncias corrosivas	1
Peróxido de hidrogênio/substâncias oxidantes	1

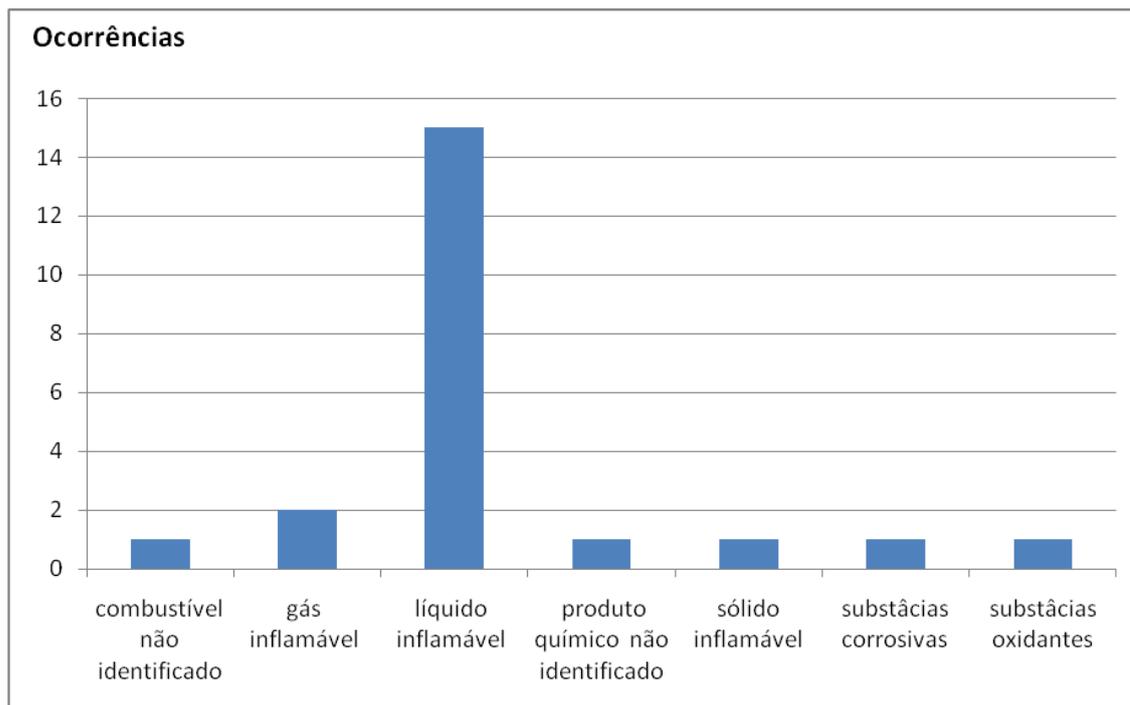


Figura 1 - Gráficos de colunas pertinente à Tabela 3.

Segundo MELO (2008), VIANA (2009) e NTSB (2014), vale destacar a seguir emergências ambientais envolvendo transporte rodoviário de produtos químicos perigosos ocorridas em escala mundial (Tabela 4):

Tabela 4 - Principais emergências ambientais pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em escala mundial (contínua).

Data	Local	Resumo do Acidente	Mortos/ Feridos
1974	Eagle Pass/ USA	Vazamento de GLP durante transporte em rodovia	17/34
1976	Houston/ USA	Acidente durante transporte rodoviário de amônia	6/178
1978	Los Alfaques, Espanha	Explosão de caminhão transportando propano	216/200
1989	Reino Unido, GB	Explosão de Van transportando explosivos comerciais, sendo que ignição foi provocada por solavancos do veículo que os transportava ao passar sobre uma rampa de velocidade. Houve onda de choque, explosão e incêndio.	1/107

Tabela 4 - Continuação.

Data	Local	Resumo do Acidente	Mortos/ Feridos
1990	França	Motorista de caminhão-tanque transportando 26000 L de propenoato de etila(acrilato de etila) perdeu o controle do veículo quando estava atravessando uma ponte ferroviária e caiu de uma altura de 6 m, sobre as linhas de uma ferrovia, liberando 5000 L do produto químico.	1/1
1990	Bangkok, Tailândia	Colisão de caminhão transportando GLP, seguido de explosão	63/90
1993	Pasos de Los Libres, Argentina	Um caminhão transportava uma carga de 2000 L de cloreto de tionila, derramou acidentalmente 200 L do produto químico em um complexo do terminal rodoviário.	0/60
1994	Onitscha/ Nigéria	Liberção de óleo combustível durante transporte causando fogo no veículo	0/60
1994	New York/ USA	Colisão de carreta com propano, fogo fissura o tanque e libera o propano	1/23
1998	Kirguistão	Um caminhão que transportava cianeto até uma mina de ouro caiu de uma ponte. Aproximadamente 1800 kg de cianeto de sódio foram derramados no rio que atravessa várias aldeias.	Não disponível/ Centenas talvez milhares de pessoas buscaram clínicas medicas para tratamento.
1998	Louisville, Kentucky/ USA	Acidente envolvendo caminhão tanque com ocorrência de reação química durante a transferência de carga, contendo nitrato de níquel e uma solução de ácido fosfórico e reação com solução de nitrito de sódio.	0/7
2003	Japão	Colisão frontal entre um caminhão transportando cascalho e um caminhão-tanque carregado com 10000 L de gasolina em curva de túnel em estrada nacional, causando explosão, incêndio e danos estruturais.	2/1
2005	Huian/ China	Motorista de um caminhão tanque com 35 toneladas de cloro perdeu o controle e bateu em outro caminhão. Houve vazamento de cloro após a colisão dos dois caminhões.	27/300

Tabela 4 - Continuação.

Data	Local	Resumo do Acidente	Mortos/ Feridos
2009	Alto Pittsgrove Township, New Jersey/ USA	Colisão de veículo autopasseio com caminhão tanque carregado com 2999 L de gasolina seguido de incêndio que consumiu o automóvel, matando o motorista e danificando o caminhão.	1/0
2009	Swansea, Carolina do Sul /USA	Mangueira de transferência de carga se rompeu após transferência de amônia anidra a partir de um caminhão tanque para um tanque de armazenamento em instalação industrial. Uma nuvem branca de amônia anidra se dissipou e provocou morte de mototista que conduzia veículo autopasseio em rodovia por intoxicação.	1/7
2010	Changsha/ China	Explosão provocada por caminhão carregado com fogos de artifícios que atingiu um poste de energia elétrica.	9/9

Tabela 5 - Produtos Químicos Perigosos elencados nas principais emergências ambientais pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em escala mundial Classificação segundo Manual de para Atendimento a Emergências com Produtos Perigosos ABIQUIM (2006).

PRODUTOS/CLASSIFICAÇÃO	OCORRÊNCIAS
Gás liquefeito do petróleo /Gás inflamável	3
Amônia e cloro/ Gases tóxicos	3
Explosivos	2
Óleo combustível, gasolina e propenoato de etila/líquido inflamável	4
Nitrato de níquel/Substância oxidante	1
Ácido fosfórico e cloreto de tionila/ Substância corrosiva	2
Cianeto de sódio /Substância tóxica	1

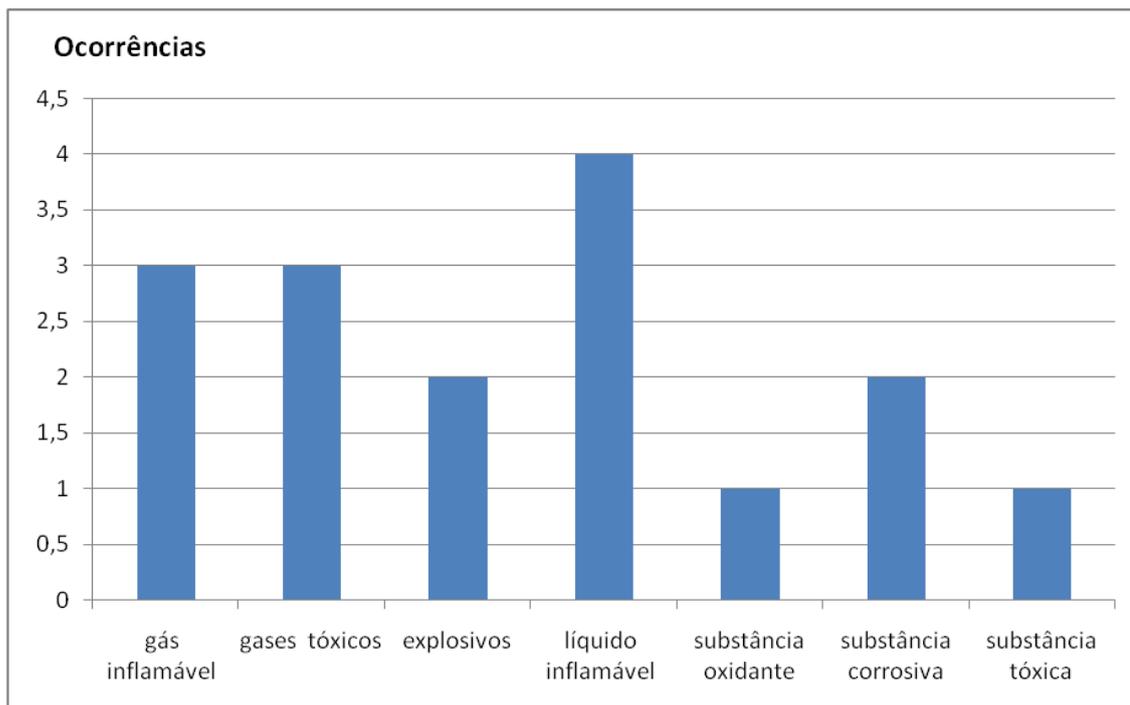


Figura 2 - Gráficos de colunas pertinente à Tabela 5.

2.3 CONSIDERAÇÕES PERTINENTES AO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS E PLANO P2R2.

No Brasil, a maior parte das riquezas produzidas é transportada dos centros de distribuição, ou seja, das indústrias, para os centros de comercialização e exportação, através de rodovias (59% dos transportes de cargas) (CARDOSO JÚNIOR, 2004). Os produtos químicos perigosos estão inseridos nesse contexto, sendo assim denominados em função das possíveis consequências em pessoas, meio ambiente e sócioeconômicas.

O Decreto Federal nº 6.044, de 18 de maio de 1988 e a Portaria 204 de 20 de maio de 1997 do Ministério dos Transportes que regulamentam o transporte rodoviário de produtos perigosos no Brasil, define que o itinerário de produtos químicos perigosos deve ser comunicado aos órgãos de Defesa Civil, Ambientais e as autoridades com jurisdição sobre a rodovia. Tais itinerários devem evitar áreas densamente ocupadas, de proteção dos mananciais, reservatórios de água ou reservas florestais e ecológicas, ou que delas se aproximam. Pelo histórico discriminado anteriormente percebem-se que existem várias dificuldades em fazer com que as legislações supracitadas sejam cumpridas, principalmente no que diz respeito a cursos d'água, rios, riachos, etc. Em se tratando de acidentes de trânsito que envolvam cargas perigosas, o problema de obtenção de dados é crítico pois diversos órgãos são responsáveis pelo atendimento às emergências (Corpo de Bombeiros, Órgãos de

Meio Ambiente, Companhia de Abastecimento d'água, Polícia Rodoviária....), sem que exista uma centralização dos dados estatísticos (CARDOSO JÚNIOR, 2004).

No Brasil existem 1.751.182 Km de rodovias, sendo que em 2005 a condição da malha rodoviária brasileira apresentava apenas 12% de trechos pavimentados e a maioria das rodovias estavam em péssimo estado, sendo o campeão mundial de acidentes de trânsito, com 4% dos acidentes rodoviários com vítimas fatais no mundo, 40.000 vítimas fatais/ano, 360.00 feridos/ano.

No transporte rodoviário de produtos químicos perigosos, a maioria dos acidentes ocorre por erro humano, sendo que pesquisas no Brasil constataram vários fatores de risco nesta atividade, dentre os quais pode-se citar que: 51% dos caminhoneiros trabalham de 13 a 19 horas por dia, 56% trabalham todos os dias da semana e 10% dos motoristas (caminhões e ônibus) se drogam (drogas psicoativas) (CETESB, 2007).

Ressalta-se que no Brasil, o Estado de São Paulo funciona como um pólo difusor dessas mercadorias consideradas “produtos perigosos” e que a Companhia de Saneamento Ambiental deste estado registrou no período de 1978 à 2004 um total de 5884 acidentes envolvendo produtos perigosos, sendo o maior percentual, cerca de 37,4%, no modal rodoviário (REZENDE et al., 2007). Percebe-se uma ênfase no desenvolvimento destas atividades no estado de São Paulo, com parcerias entre Corpo de Bombeiros e CETESB, inclusive com aquisições de viaturas, equipamentos de proteção individual e monitoramento, realização de treinamentos, elaboração de procedimentos operacionais, parceria com instituições de ensino e pesquisa.

Em Pernambuco foram realizados oficinas de trabalho e várias reuniões com órgãos governamentais e empresas privadas, elaboração de plano operacional, levantamento de produtos químicos perigosos em rodovias, treinamentos e simulados através do PREVINE, no Corpo de Bombeiros foram elaborados procedimentos operacionais, bem como foi incluída a disciplina de atendimento a estas emergências em alguns Cursos de Formação e Especialização, além da elaboração de Planos de Auxílio Mútuo para Regiões Metropolitanas do Recife, áreas Norte e Sul. Alguns integrantes da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros realizaram cursos de intervenção e gestão para estes acidentes, sendo criada uma Comissão Estadual do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Perigosos- P2R2 com o intuito de elaborar estratégias de ação eficazes nesta atividade.

Há necessidade de que a Comissão Estadual do P2R2 seja responsável pelo planejamento, coordenação e acompanhamento das ações dos órgãos públicos, com destaque para CPRH, Defesa Civil e Corpo de Bombeiros, empresas privadas e demais PA rceiros envolvidos para tratar desses assuntos, com melhor definição de objetivos, otimização da gestão, cumprimento de metas e criação de setores especializados, evitando a concorrência de outras demandas do serviço público.

Outro fato que contribui para a ausência de maiores ações dos órgãos públicos na prevenção destes acidentes é que a frequência de acidentes de alta gravidade é baixa, sendo que a maioria dos acidentes com produtos químicos perigosos apresentam baixa gravidade, sem falar que muitas vezes há grande deficiência no armazenamento de dados estatísticos a esse respeito em vários estados da federação.

Dentre a variedade de lições que pode-se tirar dos acidentes ocorridos percebem-se dificuldades no controle público, itinerário de veículos que transportam produtos químicos perigosos, fatores de risco relacionados à carga horária de trabalho dos caminhoneiros, uso de drogas psicoativas, erros operacionais, deficiências nos recipientes que armazenam materiais perigosos, deficiências de gerenciamento de riscos e planos de emergência, além de procedimentos de manutenção inadequados (falhas em válvulas durante transferências dos produtos), são causas desses acidentes. O vazamento desses produtos para o meio ambiente tem sido ocasionado tanto por falhas humanas como materiais, englobando condições de transporte, estado de conservação de equipamentos, estradas de rodagem, acondicionamento da carga e treinamento de condutores, entre outras causas (CETESB, 2007).

Dados a respeito da indústria química brasileira apontam que toneladas de produtos químicos perigosos são importadas e exportadas anualmente no Brasil. Estes dados fornecem uma idéia da importância e do crescimento industrial do país, do volume e grande número de veículos que transportam estas cargas e circulam nas rodovias nacionais e estaduais, logo as probabilidades de acidentes e perdas crescem na mesma proporção. Além do risco crescente à integridade do meio ambiente, representado pelo aumento da produção, manipulação e circulação de produtos químicos perigosos, o processo de expansão urbana contribui para ampliar a possibilidade de exposição da população humana, agravando as consequências decorrentes de um acidente (CETESB, 2007). A deficiência no treinamento, falta de materiais e equipamentos nos órgãos públicos, dificuldades de integração entre os mesmos e com empresas privadas (indústrias, transportadoras, empresas de proteção ambiental...) é

uma situação comum e dificulta bastante o desenvolvimento das atividades preventivas e mitigadoras pertinentes ao atendimento de emergências com produtos químicos perigosos.

No âmbito nacional vale ratificar o surgimento do Regulamento do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, através do Ministério dos Transportes, elaboração do Decreto 96.044 de 18/05/88 e o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Perigosos- P2R2, após a ocorrência de acidentes desta natureza. No entanto, estes acidentes precisam ocorrer para que possam ser adotadas atitudes e iniciativas para evitá-los ou para minimizar suas consequências?

Os acidentes com produtos químicos são ocorrências com elevado potencial para gerar danos significativos ao homem e ao meio ambiente. Os órgãos públicos devem estar preparados para o pronto atendimento e combate a esses episódios, com sistemas organizados para dar resposta eficaz e imediata, a fim de minimizar os impactos e as suas consequências bem como restabelecer a normalidade social e o equilíbrio do meio ambiente (CETESB, 2007).

Em acidentes no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos podem ser utilizados vários programas computacionais (softwares) empregados na gestão dessas emergências, destacando: banco de dados com mapeamento de áreas de risco (rios, lagos, mangues,...), localização de hospitais de referência, unidades do Corpo de Bombeiros, postos de Polícia Rodoviária, comissões municipais e estaduais de Defesa Civil, Órgãos de Meio Ambiente, Companhias de Abastecimento d'água, localização geográfica de indústrias e transportadoras, identificação dos recursos humanos e materiais disponíveis no setor industrial; fichas de informações de segurança do produto (FISP) e outras informações. Nas centrais de operações do Corpo de Bombeiros, Defesa Civil e Órgãos de Meio Ambiente deve existir plano operacional para atendimento a emergências com transporte rodoviário de produtos perigosos, com acesso a fluxograma de acionamento, informações supracitadas, além de fones de emergência e relação dos representantes dos órgãos públicos e das empresas privadas envolvidos, formas de acionamento do Plano de Auxílio Mútuo (PAM) regional, procedimentos operacionais padrão para produtos químicos, Sistema de Comando de Incidentes, etc. As transportadoras de produtos químicos perigosos e demais órgãos públicos e empresas privadas envolvidos em Planos de Emergência para Transporte necessitam de métodos organizados e eficazes, que permitam entender os riscos existentes, levando em consideração o contexto tecnológico atual.

É imprescindível a fiscalização por parte dos profissionais das instituições governamentais, sobretudo Órgãos de Meio Ambiente e Ministério Público para identificar os responsáveis pelos danos, perdas financeiras e impactos ambientais decorrentes de emergências com transporte rodoviários produtos químicos perigosos, sem esquecer da necessidade de ressarcimento dos prejuízos. Vale salientar a importância da aplicação das legislações ambientais vigentes em âmbito nacional com destaque para Resolução 001/86 do CONAMA que define a noção de impacto ambiental, princípio do Direito à saúde e ao Meio Ambiente Saudável explicitado no direito constitucional, Princípio 15 da Declaração do Rio de Janeiro de 1992 chamado de princípio da Precaução que dispensa a certeza científica absoluta para a adoção de medidas destinadas a proteger o meio ambiente de danos sérios ou irreversíveis que faz parte da Carta da Terra de 1997 e da Convenção sobre Mudanças Climáticas ratificada pelo Brasil em 1994. O Princípio 16 da Declaração do Rio de Janeiro de 1992, conhecido como Princípio do Poluidor Pagador, é outro conceito relevante na legislação brasileira não só anterior (sobre a política ambiental) como posterior (sobre crimes ambientais) (MMA, 2007). Há necessidade de um maior controle e fiscalização por parte do Ministério do Meio Ambiente, no que diz respeito à implementação, andamento e resultados obtidos pelas Comissões Estaduais do P2R2, a fim de que sejam realizados trabalhos eficazes e dinâmicos, citando como referência o desenvolvimento obtido pelo estado de São Paulo que serve de exemplo para os demais estados da federação.

2.4 ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIA DE ACIDENTES

2.4.1 Diâmetro de uma bola de fogo

Para se ter uma idéia inicial do alcance e áreas afetadas pelo incêndio pode-se utilizar a equação abaixo que realiza uma avaliação preliminar e estimativa das consequências de um incêndio, envolvendo um material combustível líquido (REIS, 2007).

$$D_b = 3,85 \times M^{1/3} \quad (2)$$

Sendo:

D_b = diâmetro da bola de fogo (fireball);

M = massa de material combustível.

No cálculo de materiais sólidos ou voláteis, carregados pela fumaça, a várias distâncias do local do acidente, é necessário estimar a fração do inventário liberada em forma de aerossóis. Este parâmetro depende da magnitude e duração do incêndio, do estado físico do material envolvido e suas propriedades químicas (REIS, 2007).

2.4.2 Explosão de líquido e sólido

Na avaliação das consequências de uma possível explosão em uma instalação que utiliza, processa ou armazena material explosivo, frequentemente é o utilizado o critério de distância mínima de segurança (distância onde a sobrepressão provocada por uma possível explosão do material alcança 1 psi) (REIS, 2007).

$$d = \bar{d} \times W^{1/3} \quad (3)$$

Sendo:

d = distância mínima de segurança [m];

\bar{d} = distância normalizada [$\text{kg}^{1/3}$];

W = massa equivalente do material combustível [kg de TNT].

Para uma sobrepressão de 1,0 psi o valor de \bar{d} obtido é de aproximadamente 18 $\text{m/kg}^{1/3}$.

Para estimar a sobrepressão a uma dada distância do local da explosão em função da quantidade de material explosivo, pode-se utilizar a equação 3, calculando o valor de \bar{d} e obtendo o valor da sobrepressão na Figura 3 apresentada a seguir. Na Tabela 6 são apresentados os efeitos da sobrepressão em edificações, pessoas e materiais.

Senne Júnior (2003) citam que para estimar o valor do equivalente em TNT, Eq.TNT, devem ser levados em conta tanto a relação entre o calor de combustão do material considerado, e o calor de combustão do TNT (4680 kJ/kg), quanto a eficiência da explosão, η (tipicamente 10 %)

$$Eq.TNT = \frac{\eta \times \Delta H_c}{4680} [\%] \quad (4)$$

Para líquidos e sólidos tem-se:

$$W = \frac{M \times Eq.TNT}{100} [kg] \quad (5)$$

Sendo:

Eq.TNT = Equivalente em TNT [%];

ΔH_c = calor de combustão do material [kJ/kg];

M= massa do material combustível [kg].

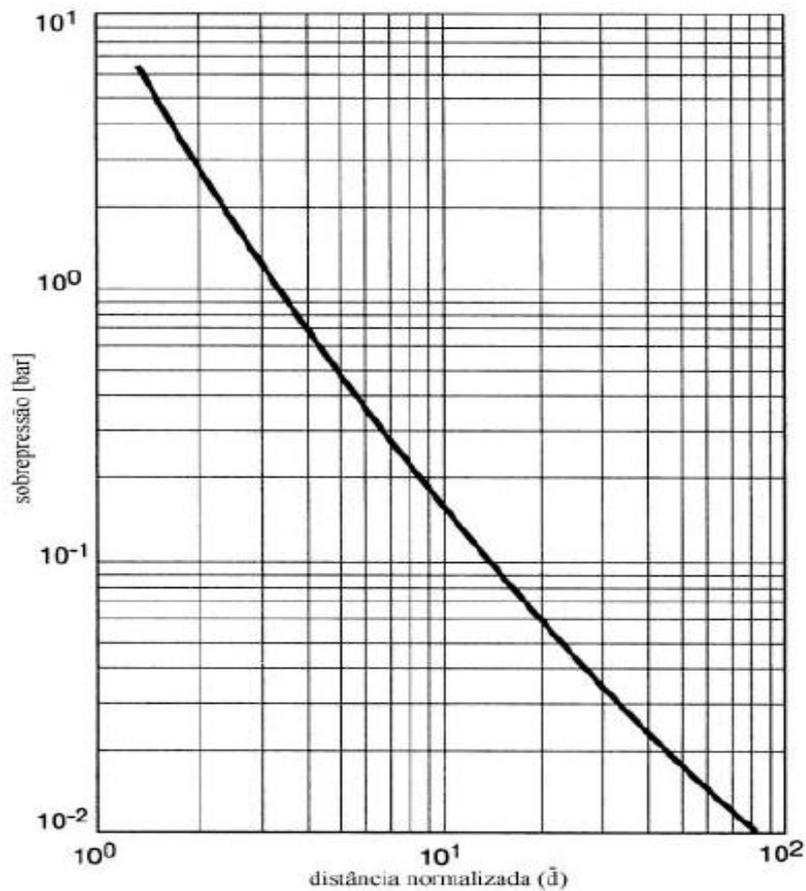


Figura 3 - Distância normalizada \bar{d} [m/kg^{1/3}] para detonação de cargas de TNT (SENNE JÚNIOR, 2003).

Tabela 6 - Efeitos devido à sobrepressão oriunda de explosões (SENNE JÚNIOR, 2003).

Sobrepressão [psi]	Efeitos observados	Resultado [%]	
		Mortes	Feridos
0,3	Danos em 10% vidraças	0	0
1,0	Avarias em casas, quebra de 100% de vidraças	0	0
2,8	Destruição de paredes de concreto, morte de 1% das pessoas expostas	1	10
3,5	Colapso de estruturas de aço, 90% de perfuração do tímpano e morte de 5% das pessoas expostas	5	90
5,0	Destruição de edificações e morte de 10% das pessoas expostas	10	90
15,0	Morte de 100% das pessoas expostas	100	0

2.4.3 Explosão de nuvem de vapor

Quando uma grande quantidade de substância inflamável, líquido vaporizado ou gás é liberado, há a formação de uma nuvem de vapor que tende a se dispersar no ar (SENNE JÚNIOR, 2003). Segundo CCPS (1994) *apud* Duarte et al. (2008) a explosão de uma nuvem de vapor é resultante da ignição da nuvem, na qual as velocidades da chama aceleram a altíssimos valores, havendo produção de uma sobrepressão significativa.

A energia liberada por uma explosão de nuvem poderá ser estimada através do método multienergia. Em seguida são relacionados os procedimentos empregados para uso dos conceitos propostos por Van den Berg (i.e método multienergia) (Duarte et al., 2008)

1. A explosão da nuvem de gás resultará em uma deflagração;
2. A ignição da nuvem ocorrerá após 4 minutos;
3. A porção do gás envolvido na explosão é uma fração do total liberado. A fração do gás envolvido poderá ser obtida através da Equação 6 ;

$$F = 1 - \exp\left(\frac{-C_p \Delta T}{L}\right) \quad (6)$$

Em que:

F = fração de ignição (*flash fraction*);

C_p = calor específico ($kJ/kg.K$) do gás ;

ΔT = diferença de temperatura entre a temperatura ambiente e a de ebulição do gás (K);

L = calor latente (kJ/kg) do gás.

4. A massa do combustível envolvido na nuvem de gás é o produto entre a fração de ignição (*flash fraction*) e a vazão mássica no instante considerado;
5. Definição do cenário a ser analisado, incluindo a força das cargas (i.e *strenght numbers*) consideradas;
6. A distância adimensional, i.e. *Sachs scale distance*, é fornecida pela Equação 7;
- 7.

$$\bar{R} = \frac{R}{\left(\frac{E}{P_0}\right)^{1/3}} \quad (7)$$

Sendo:

\bar{R} = distância adimensional (*Sachs scale distance*);

R = distância real a partir da carga (m);

E = energia de combustão da carga (J);

P_0 = pressão ambiente (Pa).

8. O pico de pressão adimensional (*Sachs scale blast overpressure*) é obtido a partir da Figura 4;

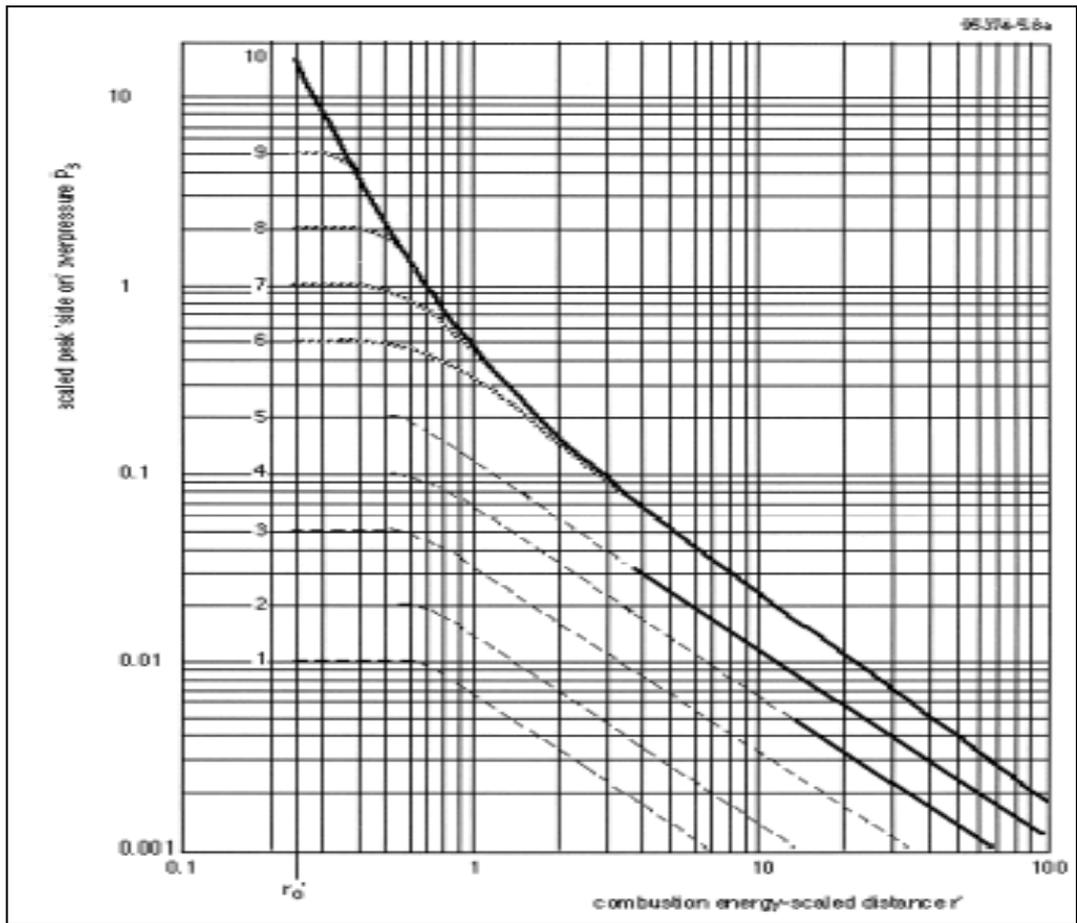


Figura 4 - Sobrepressão adimensional.

8. O pico de sobre pressão é fornecido pela Equação 8.

$$\Delta P_s = \Delta \overline{P}_s P_0 \quad (8)$$

Sendo:

ΔP_s = Sobrepressão (Pa);

$\Delta \overline{P}_s$ = Pico de pressão adimensional (*Sachs scale blast overpressure*);

P_0 = Pressão ambiente (Pa).

2.4.4 Explosão de vapor de líquido em ebulição (BLEVE)

Senne Júnior (2003) descreve o BLEVE, abreviatura do inglês, Boilling Liquid Vapor Explosion, como sendo o fenômeno de ruptura catastrófica de um reservatório contendo líquido sobre pressão. Este fenômeno ocorre quando acontece a ruptura da parede do vaso sob

pressão contendo líquido ou gás liquefeito superaquecido, podendo gerar fragmentos do vaso ou seus componentes e bola de fogo.

Modelo de Hymes:

$$E_r = \frac{2,2 \times \tau_a \times f_e \times \Delta H_C \times M_b^{2/3}}{4 \times \pi \times d_b^2} \quad (9)$$

Sendo:

E_r = fluxo térmico recebido no ponto de interesse [kW/m²];

τ_a = transmissividade atmosférica (conservativamente igual a 1 ou estimada através da Equação 15);

f_e = fração da energia total convertida em radiação térmica;

ΔH_C = calor de combustão do combustível [kJ/kg];

M_b = massa de combustível na bola de fogo [kg];

d_b = distância entre o centro da bola de fogo e o ponto de interesse [m].

Valores para fração do calor de combustão irradiado:

$f_e = 0,3$ para explosões abaixo da válvula de alívio de pressão de vasos;

$f_e = 0,4$ para explosões acima da válvula de alívio de pressão de vasos.

$$d_b = \sqrt{d_h^2 + h_b^2} \quad (10)$$

$$h_b = 0,75 \times D_{b_{\max}} \quad (11)$$

$$D_{b_{\max}} = 5,8 \times M_b^{1/3} \quad (12)$$

Sendo:

d_h = distância horizontal entre o centro da bola de fogo e o ponto de interesse [m];

h_b = altura do centro da bola de fogo [m];

$D_{b_{\max}}$ = diâmetro máximo da bola de fogo [m].

Considerando o tempo de exposição da radiação térmica em uma pessoa igual ao tempo de duração da bola de fogo (t_d), apresentam-se as seguintes equações para estimativa deste parâmetro:

- para massa de combustível menor que 30.000 kg

$$t_d = 0,45 \times M_b^{1/3} \text{ [s]} \quad (13)$$

- para massa de combustível igual ou maior que 30.000 kg

$$t_d = 2,6 \times M_b^{1/6} \text{ [s]} \quad (14)$$

A transmissividade atmosférica pode ser estimada através da Equação 15:

$$\tau_a = 2,02 \times (p_w \times d_s)^{-0,09} \quad (15)$$

Sendo:

p_w = pressão parcial do vapor d'água [Pa];

d_s = distância entre a superfície da chama e o ponto de interesse [m].

$$p_w = 1013,25 \times u_a \times \exp\left(14,4114 - \frac{5328}{T_a}\right) \quad (16)$$

Sendo:

u_a = umidade relativa do ar [%];

T_a = temperatura ambiente [K].

Na Figura 5 são apresentados os níveis de danos e mortes devido à radiação térmica recebido por pessoas, em função do tempo de exposição.

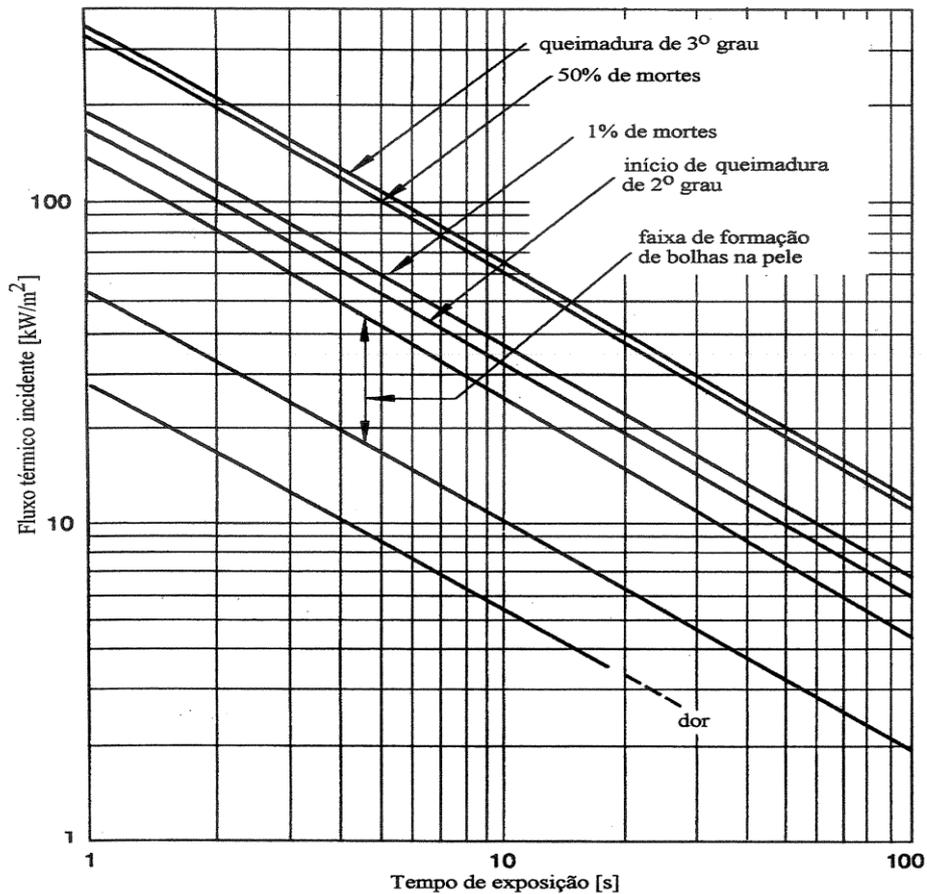


Figura 5 - Níveis de danos e mortes devido à radiação térmica recebida por pessoas em função do tempo de exposição.

2.4.5 Incêndio de poça

DUARTE et al.(2008) estudaram que um incêndio de poça ocorre quando um vazamento de um líquido forma uma poça, a qual sofre ignição. A energia térmica proveniente de um vazamento de hidrocarbonetos depende de vários parâmetros, os quais incluem:

- composição do hidrocarboneto;
- tamanho, forma e duração do incêndio;
- distância entre o incêndio e o alvo;
- das características do alvo.

A caracterização de um incêndio de poça envolve a caracterização da geometria do incêndio, caracterização do incêndio e a estimativa da energia liberada pela chama. A caracterização da geometria do incêndio abrange a determinação da velocidade de propagação da chama no líquido e das dimensões física do incêndio (tais como altura, diâmetro e inclinação da chama). É assumido que a chama é um cilindro sólido e inclinado devido à ação do vento que se comporta como um corpo cinza. A intensidade de radiação emitida pelo incêndio depende do tipo de combustível, temperatura da chama, entre outros. A energia térmica de um incêndio de poça pode ser estimada através da equação 17.

$$q = q_{\text{condução}} + q_{\text{convecção}} + q_{\text{radiação}} \quad (17)$$

Sendo:

q = intensidade da radiação emitida;

$q_{\text{condução}}$ = intensidade da radiação emitida por condução;

$q_{\text{convecção}}$ = intensidade da radiação emitida por convecção;

$q_{\text{radiação}}$ = intensidade da radiação emitida por radiação.

A contribuição da transferência de calor por condução em grandes incêndios de poça é insignificante, pois esta forma de transmissão de calor decresce linearmente com o aumento do diâmetro da poça. O calor transferido por convecção apresenta um valor mínimo para poça de 10 cm. As chamas de dimensões similares são instáveis, efeito que desaparece para incêndios de diâmetro maiores. Para a maioria dos combustíveis líquidos a taxa de transferência de calor por radiação e a velocidade da chama aumentam com o diâmetro da poça, ou melhor, para poças com diâmetro maior do que 1 metro a radiação é o modo de transferência de calor dominante.

Através da equação 18 obtêm-se a velocidade de propagação da chama (y''). É determinado o fluxo mássico de queima (m''), vide equação 22, multiplicando a velocidade de queima (y'') pela densidade do líquido.

$$y'' = y_{\infty} (1 - e^{-k \cdot D}) \quad (18)$$

Sendo:

y'' = velocidade de queima em m/s

y_{∞} = velocidade de queima para um incêndio de poça com diâmetro infinito em m/s

k = coeficiente de absorção em m^{-1}

D = diâmetro da poça

No caso de um incêndio de poça resultante de um vazamento contínuo o líquido irá se espalhar no piso ou solo aumentando a velocidade de propagação da chama até que a taxa de queima seja igual a vazão volumétrica. As equações 19 e 20 fornecem o diâmetro máximo da poça e o tempo para que o estado de equilíbrio seja alcançado. A equação 19 assume que a velocidade da chama é constante. Essa hipótese é válida para todos os hidrocarbonetos com a temperatura de ebulição acima da temperatura ambiente.

$$D_{eq} = 2 \left(\frac{V_l}{\pi \cdot y''} \right)^{1/2} \quad (19)$$

Sendo:

D_{eq} : é o diâmetro da poça no estado de equilíbrio em m

V_l : é a vazão volumétrica em m^3/s

y'' : é a velocidade de queima em m/s

$$t_{eq} = 0,564 \frac{D_{eq}}{(g \cdot y'' \cdot D_{eq})^{1/3}} \quad (20)$$

Sendo:

t_{eq} = tempo para que o estado de equilíbrio seja alcançado em s

D_{eq} = diâmetro da poça no estado de equilíbrio em m

g = aceleração da gravidade m/s^2

y'' = velocidade de queima do líquido em m/s

A equação 21, proposta por Thomas obtém a altura da chama levando-se em consideração a velocidade do vento. A velocidade adimensional do vento é fornecida pela equação 22. A inclinação da chama com a vertical é estimada pela equação 23.

$$\frac{H}{D} = 55 \left(\frac{m''}{\sqrt{\rho_a \cdot g D}} \right)^{0,67} \cdot u^{*-0,21} \quad (21)$$

Sendo:

- H = altura visível da chama em m
- m'' = fluxo mássico de queima em $\text{kg/m}^2\text{s}$
- ρ_a = densidade do ar ambiente em kg/m^3
- g = aceleração da gravidade m/s^2
- D = diâmetro da poça em m
- u^* = velocidade adimensional do ventos fornecida pela equação 22

$$u^* = \frac{u_w}{\left(\frac{g \cdot m'' \cdot D}{\rho_v} \right)^{1/3}} \quad (22)$$

Sendo:

- u^* = velocidade adimensional do ventos
- u_w = velocidade do vento em m/s.
- g = aceleração da gravidade em m/s^2
- m'' = fluxo mássico de queima em $\text{kg/m}^2\text{s}$
- D = diâmetro da poça em m
- ρ_v = densidade de vapor do líquido em kg/m^3

$$\cos \theta = 0,7 \times \left(\frac{u_w}{\left(\frac{g m D}{\rho_a} \right)^{1/3}} \right)^{-0,49} \quad (23)$$

Sendo:

θ = ângulo de inclinação da chama com a vertical

O diâmetro da poça sofrerá uma forte influência da velocidade do vento. Logo, o diâmetro da chama na base será alongado, enquanto na sua parte superior permanecerá inalterada, Figura 6. Esse aumento do diâmetro da base da chama (D') poderá ser estimado através da equação 24.

$$\frac{D'}{D} = 1,25 \left(\frac{u_w^2}{g \cdot D} \right)^{0,069} \left(\frac{\rho_v}{\rho_a} \right)^{0,48} \quad (24)$$

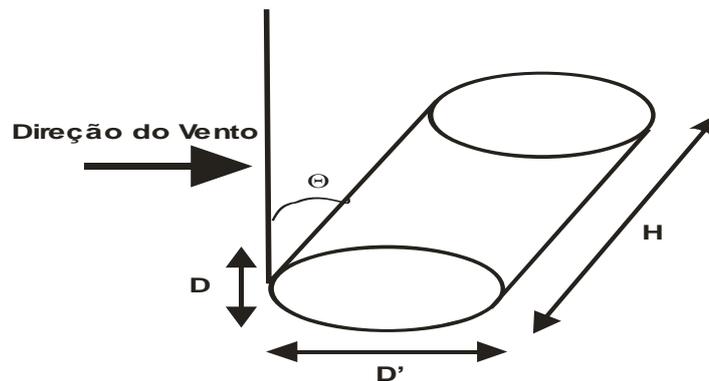


Figura 6 - Parâmetros geométricos de um incêndio de poça.

A equação geral para a energia liberada por um incêndio de poça poderá ser calculada através da equação 25, a qual assume que a energia é proporcional a eficiência do processo de queima (i.e. combustão). A energia da chama no alvo é estimada pela equação 26, que considera a chama como uma fonte térmica. Uma das limitações da equação 26, é que a energia térmica em alvos muito próximo da chama é superestimada.

$$Q = \frac{m'' \cdot \Delta H_c \cdot \eta \cdot \pi \cdot D^2}{4} \quad (25)$$

Sendo:

Q = calor liberado pela chama em kW

m'' = fluxo mássico de queima em $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$

ΔH_c = o calor de combustão em kJ/kg

η = fração do processo de combustão irradiada

D = diâmetro da poça em m

$$q_r'' = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot x^2} \quad (26)$$

Sendo:

q_r'' = energia incidente no alvo em kW/m^2

Q = calor liberado pela chama em kW

x = distância do alvo a chama em m

2.4.6 Incêndios de jato

DUARTE et al.(2008) relata que a maioria dos incêndios envolvendo gases liberados sob pressão está associada com altas pressões e são denominados incêndios de jato (i.e. *jet fire*), ou melhor, dado que um vazamento sob pressão seja deflagrado e sofra ignição entre 2 e 3 minutos após iniciado o vazamento, o resultado é um intenso jato de chamas. Em outras palavras, incêndios de jato são chamas difusas e turbulentas resultante da combustão de líquidos ou gases liberados sob pressão de forma contínua, não tem inércia atingindo a intensidade máxima quase instantaneamente. O incêndio de jato ou parte dele pode ser defletido por estruturas ou equipamentos existentes nas proximidades do vazamento, sendo afetado pela direção e velocidade dos ventos.

A velocidade do jato de gás influi significativamente no comportamento do incêndio em jato. Primeiro, a velocidade de liberação dos gases deve ser alta o suficiente para permitir a entrada de uma considerável quantidade de ar dentro do jato. Segundo, a chama tenderá a se

estabilizar em um ponto do jato onde a velocidade da chama turbulenta é igual à velocidade local de mistura de gases. A estabilização do incêndio de jato pode também ser alcançada através de obstruções ou obstáculos no percurso do jato.

À medida que a vazão do gás aumenta, a quantidade de ar entrante no jato também aumenta, diminuindo a concentração do gás no jato e a chama se propaga na direção oposta ao local de vazamento. Eventualmente, haverá pontos no jato em que a concentração de gás (i.e. combustível) estará no lado fraco da mistura, ou seja, abaixo do menor limite de inflamabilidade e a chama tenderá a se auto extinguir.

Um incêndio em jato normalmente é bastante destrutivo a qualquer estrutura nas suas proximidades, devido à radiação térmica e ao calor de convecção, além das extremidades da chama. A alta velocidade de escape dos gases e a adição de ar no jato tornam sua combustão mais eficiente do que a de um incêndio de poça. Os primeiros 10% do comprimento do incêndio de jato é considerado gás e não sofre ignição, podendo ocorrer um *lift off*. O *lift off* representa a separação entre o ponto de liberação do gás e o início da chama, devido a velocidade e concentração do gás nessa região. O *lift off* poderá ser definido como sendo o ponto ou região onde aparece uma chama azul. O maior fluxo de calor normalmente ocorre a uma distância além de 40% do comprimento da chama, a partir de sua fonte.

DUARTE et al.(2008) apresenta modelos experimentais para determinar as dimensões da chama e a utilização de suas formulações deve ser restringida ao campo de atuação da base dos experimentos associados ao modelo. A ação do vento sobre a chama foi prevista através do API RP 521 (apud Duarte et al.,2008).

INCLINAÇÃO DO INCÊNDIO DE JATO DEVIDO À AÇÃO DO VENTO

É esperado que a trajetória do jato e, conseqüentemente, da chama seja afetada pela velocidade de saída do jato, velocidade do vento e densidade do gás. Os três vetores primários que afetam a trajetória do jato são esquematicamente mostrados na Figura 7. À medida que a velocidade do jato de gás diminui a tendência é que ele sofra uma deflexão na direção do vento (DUARTE et al.,2008).

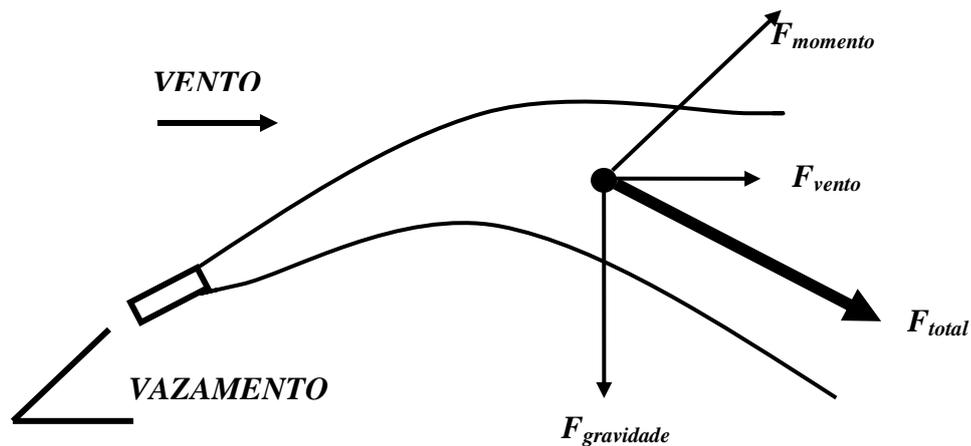


Figura 7 - Representação esquemática das forças que afetam a trajetória do jato de gás.
Fonte: DUARTE et al. 2008

DUARTE et al.(2008) esclarece que uma forma de estimar a inclinação da chama é apresentada pelo API RP 521 *Guide for Pressure Relieving and Depressuting Systems*. A metodologia recomendada pelo *American Petroleum Institute* superestima o calor liberado. Segundo o API RP 521 (apud Duarte et al.,2008) a distorção da chama causada pela velocidade do vento é o resultado do desvio horizontal (Δx) e do vertical (Δy) da ponta da chama (Figura 8) o qual é função da razão entre a velocidade do vento, U_{∞} , e a velocidade na ponta da chama, U_j , ou melhor, $\frac{U_{\infty}}{U_j}$. A velocidade da ponta da chama é obtida através da

Equação 27.

$$U_j = \frac{V}{\pi \cdot (d^2/4)} \quad (27)$$

Sendo:

- U_j = velocidade na ponta da chama (m/s)
- V = vazão volumétrica (m³/s)
- d = diâmetro da seção do vazamento (m)

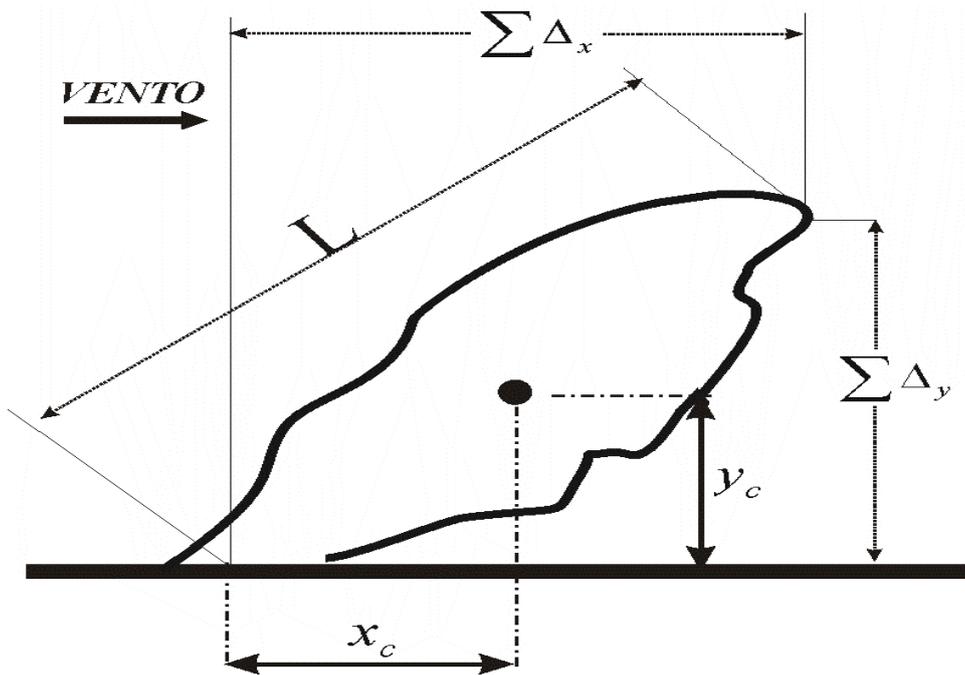


Figura 8 - Representação esquemática dos desvios que afetam a velocidade na ponta da chama.
 Fonte: Duarte et al. (2008).

Os desvios horizontais e verticais da ponta da chama são obtidos através do comprimento da chama e da razão $\sum \frac{U_\infty}{U_j}$, segundo correlação apresentada na Figura 9.

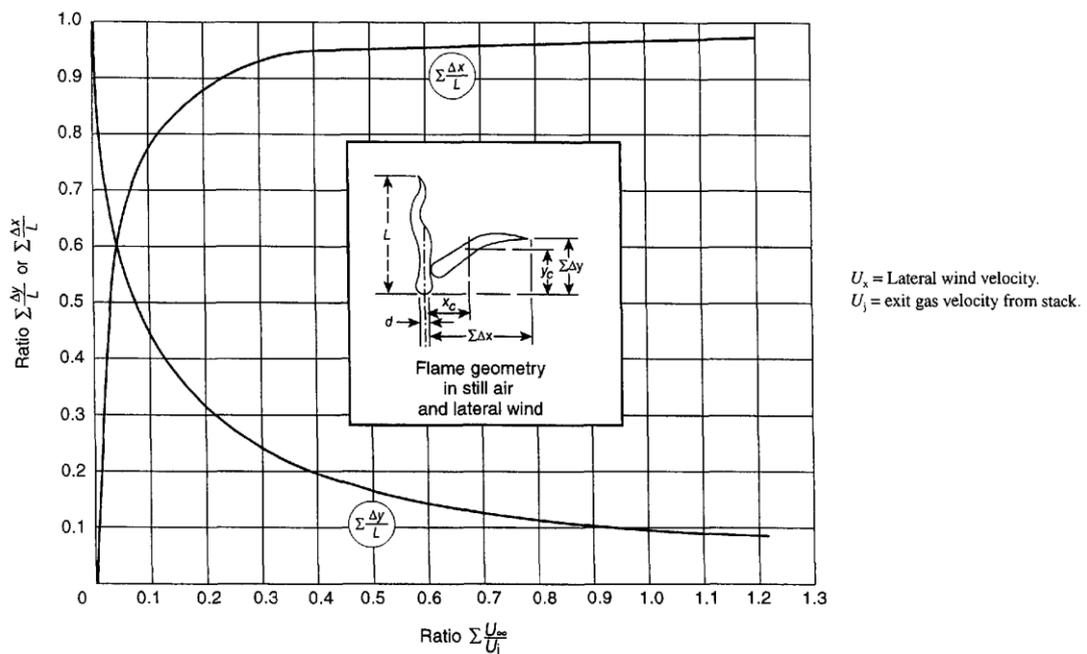


Figura 9 - Distorção chama devido à velocidade lateral do vento e do jato de gás
 Fonte: DUARTE et al., 2008.

O comprimento da chama é previsto através do calor liberado (Figura 10). Sendo o calor liberado fornecido pela Equação 28. O comprimento da chama poderá também ser estimado pelo modelo proposto por Cook *et al* (apud Duarte et al., 2008), Equação 29.

$$Q = m \cdot \Delta H_c \quad (28)$$

Sendo

Q = calor liberado (kW)

m = vazão mássica (Kg/s)

ΔH_c = calor de combustão (kJ/kg)

$$L = 0,00326[m(-\Delta H_c)]^{0,478} \quad (29)$$

Sendo:

L = comprimento da chama

m = vazão mássica (Kg/s)

ΔH_c = calor de combustão (J/Kg)

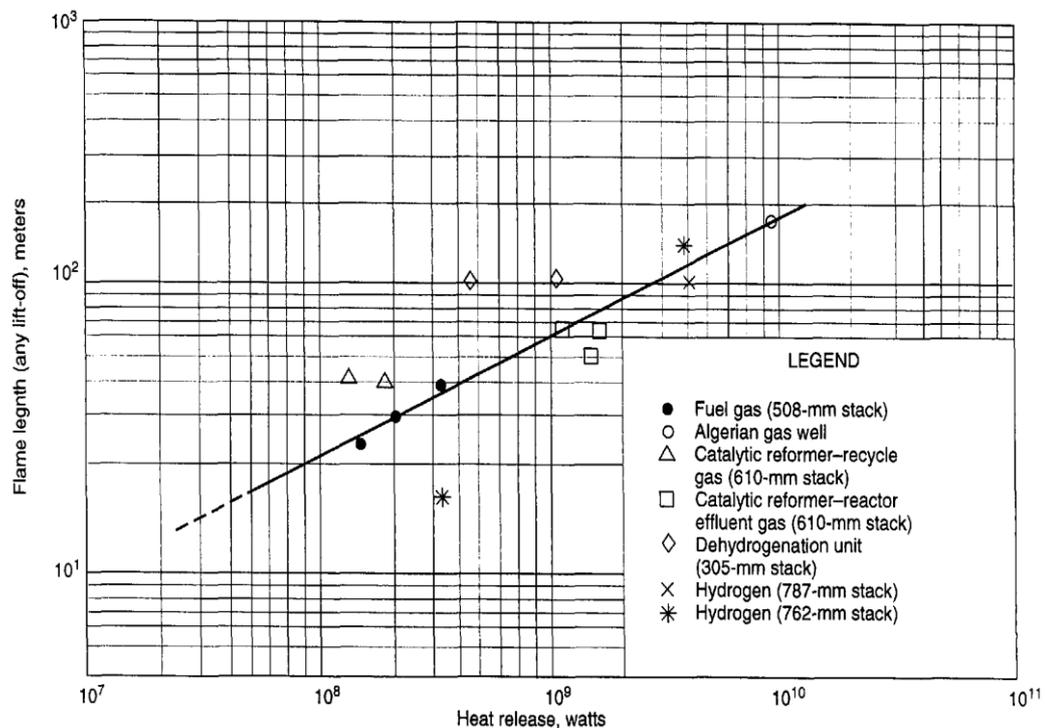


Figura 10 - Comprimento da Chama versus o Calor liberado
Fonte: DUARTE et al., 2008.

ENERGIA TÉRMICA LIBERADA PELO INCÊNDIO EM JATO

Energia térmica é transmitida sempre que existir um gradiente de temperatura no interior de um sistema ou quando dois sistemas com diferentes temperaturas são colocados em contato. O processo pelo qual a energia é transportada é chamado de transferência de calor. O que transita, chamado de calor, não pode ser medido ou observado diretamente, mas os efeitos por ele produzidos são suscetíveis à observação e a medida. A literatura reconhece três modos distintos de transmissão de calor: *condução*, *radiação* e *convecção*. A Figura 11 a seguir, mostra a combinação dos três mecanismos de transferência de calor. Na etapa inicial os modos predominantes de transmissão de calor são: a condução e a convecção. Inicialmente, a estrutura absorve o calor proveniente do incêndio praticamente pela condução e convecção. Em seguida o processo de transmissão por radiação torna-se relevante para a redistribuição da temperatura em todos os elementos constitutivos da estrutura, bem como para os gases pertencentes ao seu entorno. A energia radiante será responsável pelo comprometimento estrutural de equipamentos e estruturas próximas ao ponto de origem do vazamento. Na Figura 9 observa-se que a energia irradiada pelo incêndio através das ondas eletromagnéticas atinge as paredes da estrutura. Sendo distribuída em todos os componentes estruturais através da condução. Através do processo de condução e convecção os gases no interior da estrutura serão também aquecidos. As paredes da estrutura e os gases no exterior e interior da estrutura trocarão calor até que todos os agentes envolvidos entrem em equilíbrio (DUARTE et al., 2008)

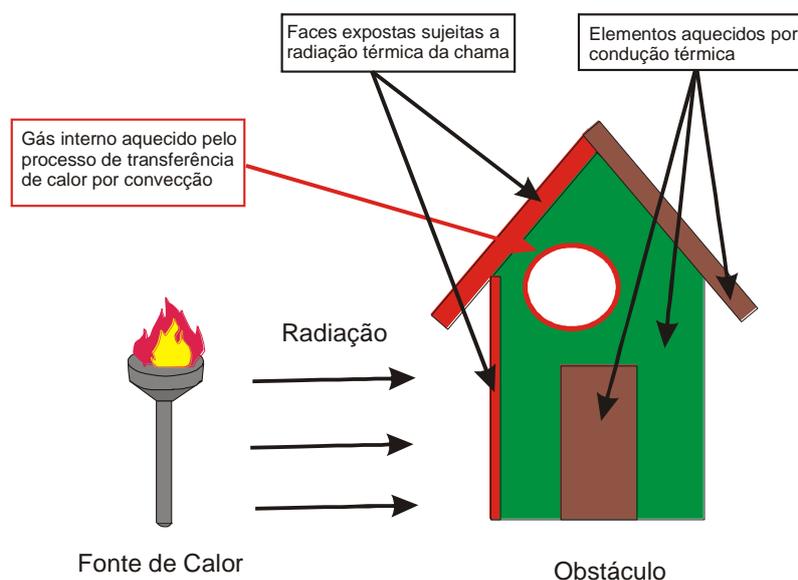


Figura 11 - Esquema de transferência de calor durante um incêndio.
Fonte: DUARTE et al., 2008

No caso, por exemplo, de ruptura da tubulação de gás, a chama será aproximada de um cilindro sólido. E a energia irradiada poderá ser obtida através dos modelos propostos por Carter e o modelo conhecido por *WHAZAN*. No modelo proposto por Carter a radiação é determinada por múltiplos pontos de radiação equidistantes ao longo do eixo da chama. O modelo considera que cada ponto está emitindo radiação independente um do outro e com o mesmo poder de radiação, conforme mostrado na Figura 12 a seguir. O modelo *WHAZAN* é semelhante ao proposto por Carter, porém o mesmo considera cinco pontos de origem de radiação ao longo da chama.

O processo de combustão de um jato de gás é um fenômeno complexo. Essa complexidade é associada à fração de calor radiado, F . Tradicionalmente o calor radiado depende das propriedades do gás. Contudo, F é também função do número de Reynolds. A Tabela 7 relaciona alguns valores do calor radiado em função do diâmetro do orifício do vazamento.

Tabela 7 - Fração do Calor Radiado (DUARTE et al., 2008).

Gás	Diâmetro do Orifício do Vazamento (m)	F (%)
Hidrogênio	0,084	0,16
	0,203	0,15
	0,406	0,17
Butano	0,084	0,29
	0,203	0,28
	0,406	0,30
Metano	0,084	0,15
Gás Natural	0,203	0,19
	0,406	0,23

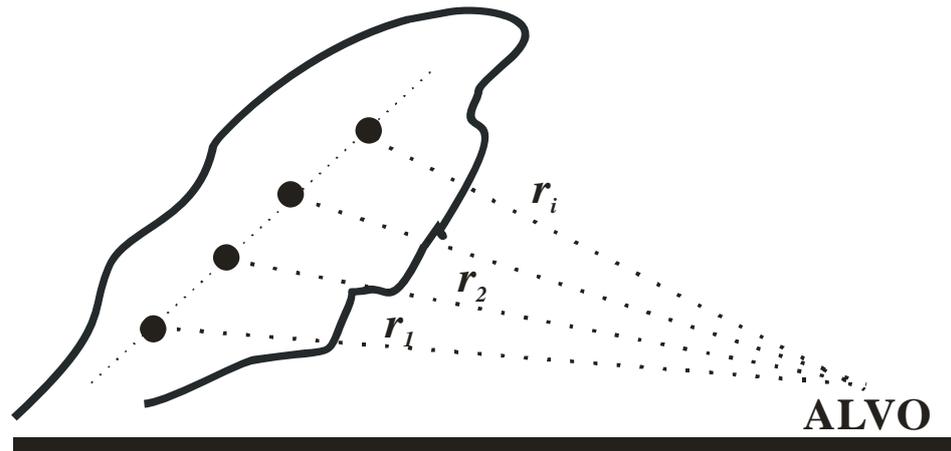


Figura 12 - Esquema de transferência de calor considerando-se a chama emitindo radiação por múltiplos pontos.
Fonte: DUARTE et al., 2008

DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES DA CHAMA

A altura da chama poderá ser prevista utilizando-se as equações propostas por Hustad e Sonju. A chama é considerada como um cilindro e as dimensões da mesma são correlacionados com o número de Froude, de acordo com as equações relacionadas a seguir:

$$\frac{H}{d} = A \cdot F_r^m \quad (30)$$

$$\frac{D}{d} = B \cdot F_r^m \quad (31)$$

$$F_r = \frac{u^2}{g \cdot d} \quad (32)$$

Sendo:

H = altura da chama [m]

d = diâmetro do orifício [m]

D = diâmetro da chama [m]

A, B = constantes que dependem do combustível (*vide* Tabela 8)

F_r = número de Froude

u = velocidade do gás no orifício [m/s]

g = aceleração da gravidade [m^2/s]

m = índice que é função do número de Froude.

Os valores das constantes A e B, para chama na vertical, são fornecidos na Tabela 8. A Tabela 8 também apresenta o valor da relação H/D para o metano e propano.

Tabela 8 - Valores de A e B e da relação H/D (DUARTE et al. , 2008).

CONSTANTES			
Gás	A	B	H/D
Metano	21	2.5	8.4
Propano	27	4.0	6.75

O valor do índice m é em função do número do Froude. Para $F_r \leq 10^5$, tem-se $m=0.2$, porém para $F_r > 10^5$, tem-se $m=0$.

MODELO PROPOSTO POR CARTER

Conforme mencionado o modelo proposto por Carter, a Figura 12 considera que cada ponto da chama está emitindo radiação independente um do outro. E o valor do fluxo de calor proveniente cada ponto que atinge o alvo é obtido através da equação 33. O poder de radiação de cada ponto da chama e a transmissividade atmosférica foram obtidos através das equações 34 e 35, respectivamente.

$$q_i = \frac{P \cdot \tau_a}{4\pi r^2} \quad (33)$$

Sendo:

q_i = intensidade do calor radiado por cada ponto da chama ao alvo [kW/m^2]

P = poder de radiação de cada ponto da chama [kW]

τ_a = transmissividade atmosférica

r = distância do ponto da chama até a superfície alvo [m]

$$P = \frac{F \cdot Q}{N} \quad (34)$$

Sendo:

P = poder de radiação de cada ponto da chama [kW]

- F = fração de calor radiada, Tabela 2
 Q = total de calor liberado pela chama [kW]
 N = número de pontos da chama.

$$\tau_a = 1 - 0.0565 \cdot \ln r \quad (35)$$

Sendo:

- τ_a = transmissividade atmosférica
 r = distância do ponto da chama até a superfície alvo [m]

O calor total liberado pela chama foi estimado através da equação 36. O valor do fluxo de calor total em um alvo a certa distância da chama é dado pela equação 37.

$$Q = m \cdot Hc \quad (36)$$

Sendo:

- Q = total de calor liberado pela chama [kW]
 m = vazão mássica do gás [Kg/s]
 Hc = valor do calor de combustão do combustível [kJ/kg]

$$q = \sum q_i \quad (37)$$

Sendo:

- q = intensidade do calor radiado pela chama [kW/m²]
 q_i = intensidade do calor radiado por cada ponto da chama ao alvo [kW/m²]

MODELO WHAZAN

O modelo conhecido por WHAZAN, mencionado anteriormente é semelhante ao do Carter, porém o mesmo considera que a chama emite radiação através de apenas cinco pontos. Para chamas de comprimento pequeno e para alvos a grandes distâncias da chama, a quantidade de pontos de radiação considerados não influencia no resultado. Porém, para um

comprimento de chamas elevado e alvos próximos, o número de pontos de radiação considerados é relevante DUARTE et al.(2008).

2.4.7 Concentração de material tóxico devido à liberação para a atmosfera

$$X_{(d)} = \frac{X}{Q}(d) \times \dot{Q} \quad (38)$$

Sendo:

$X_{(d)}$ = concentração de material tóxico na atmosfera na distância d [kg/m^3];

$\frac{X}{Q}(d)$ = fator de difusão atmosférica em função da distância [s/m^3];

\dot{Q} = taxa de liberação do material tóxico para a atmosfera [kg/s].

Liberação instantânea em uma sala e posterior liberação para a atmosfera em função de uma taxa de exaustão ou taxa de fuga, em função do tempo de exposição do indivíduo (SENNE JÚNIOR, 2003):

$$\dot{Q} = \lambda' \times Q_0 \times (1 - e^{-\lambda' t_a}) \quad (39)$$

Sendo:

Q_0 = massa total do material tóxico liberado na sala [kg];

λ' = R_e/V [$1/\text{s}$];

R_e = vazão de exaustão ou taxa de fuga [m^3/s];

V = volume da sala [m^3];

t_a = tempo de permanência do indivíduo a uma distância d do local do acidente [s].

Segundo Senne Júnior (2003), no caso de vazamento tóxico de líquido ou sólido em dique ou no solo, a taxa de liberação do material para a atmosfera, devido à evaporação pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$\dot{Q} = \frac{M_{le} \times c_m \times A \times P_{\text{sat}}}{R_g \times T_l} \quad [\text{kg}/\text{s}]; \quad (40)$$

Sendo:

M_{le} = massa molar do líquido em evaporação [kg/mol];

c_m = coeficiente de transferência de massa [m/s];

A = área da poça [m²];

P_{sat} = pressão de saturação de vapor do líquido [Pa];

R_g = constante universal do gás ideal (8,31 J/mol.K);

T_1 = temperatura do líquido [K].

$$c_m = c_m^0 \times \left(\frac{M_0}{M_{le}} \right) \quad (41)$$

Sendo:

c_m^0 = coeficiente de transferência de massa de referência, usa-se o da água (0,0083 m/s);

M_0 = massa molar da água (0,018 kg/mol).

Esse modelo para cálculo de taxa de evaporação é aplicado para líquidos com ponto de ebulição próximo ou acima da temperatura ambiente.

2.4.8 Concentração de material tóxico devido à liberação para interiores de prédio

Senne Júnior (2003) menciona que a equação abaixo pode ser utilizada para estimar as concentrações em áreas internas a prédios a várias distâncias da sala, d , onde ocorreu o acidente é:

$$C_{(d)} = \frac{Q_0}{A_s \times d_{s \max}} \quad (42)$$

Sendo:

$C_{(d)}$ = concentração de material tóxico em áreas internas a prédios em função da distância [kg/m³];

Q_0 = massa total do material tóxico liberado na sala [kg];

A_s = área transversal da sala [m²];

$d_{s \max}$ = distância máxima entre a sala onde ocorreu o acidente e o ponto de interesse [m].

As seguintes considerações foram efetuadas:

- A taxa de fuga da sala onde ocorreu o acidente é suficiente para espalhar rapidamente o material tóxico até o local onde está sendo calculada a concentração;
- O espalhamento do material ocorre preferencialmente na direção da sala onde está sendo calculada a concentração;
- A concentração na sala se mantém constante durante todo o transcorrer do acidente.

2.5 TRABALHOS SOBRE ANÁLISE DE RISCO

2.5.1. Avaliações de Risco Ambiental.

Foi desenvolvido um estudo com objetivo de analisar acidentes ocorridos no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos para identificação das frequências de ocorrência de tipo, classe, localização e consequência do acidente com utilização de um modelo conceitual de análise de risco do dano ambiental, envolvendo os acidentes anteriormente mencionados (GIARDINNI PEDRO, 2006). Houve implementação de sistema de informações geográficas e desenvolvimento de mapas de risco de dano ambiental para os acidentes com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos, com identificação dos trechos críticos em rodovias e escolha de rotas alternativas de menor risco por parte dos expedidores, transportadores e órgãos de fiscalização rodoviária.

Segundo Viana (2009), além de um mapeamento de pontos de alta e média gravidade das principais rodovias e ferrovias na área de influência da ETA Guandu, a principal contribuição deste estudo foi a identificação de vários trechos de alto risco de acidentes ambientais ao longo da rodovia Presidente Dutra, em território fluminense, que podem efetivamente comprometer a qualidade das águas dos rios Paraíba do Sul e Guandu. Desta forma são fornecidos subsídios para a elaboração de um plano de prevenção e de contingência de riscos de acidentes ambientais. Nesta pesquisa, a avaliação dos riscos de poluição acidental da água captada pela ETA Guandu, decorrentes de acidentes de transporte de produtos perigosos, foi concebida como o resultado da gravidade de um acidente num determinado trecho da via estudada, no que se refere à exposição dos corpos d'água inseridos na área de estudo à contaminação por produtos perigosos, associada à frequência de ocorrência de acidentes por trechos das vias estudadas. O risco assim obtido pode ser representado pela seguinte fórmula:

$$\text{Risco} = F \times G \quad (43)$$

Sendo:

F = frequência de ocorrência do evento;

G = gravidade do sistema atingido ou grau de exposição a riscos de acidentes

2.5.2 Gerenciamento de riscos

As diretrizes para o gerenciamento de riscos decorrentes do transporte rodoviário de produtos químicos perigosos tem como base o potencial de danos dos produtos que passam por determinada rodovia, levando em consideração as características do meio ambiente local (CARDOSO JÚNIOR, 2004). Na metodologia empregada são realizadas análises quantitativas de risco com definição de classes de risco para os produtos químicos envolvidos em trecho considerado da rodovia, tendo como objetivo analisar vulnerabilidade das pessoas aos acidentes e dos recursos naturais vulneráveis à contaminação por produtos químicos perigosos decorrentes de acidentes de transporte. No presente estudo é utilizado o programa RMP-Comp (versão 1.07) que calcula em função da substância e demais condições de transporte, a distância limite para ocorrência de efeitos catastróficos.

2.5.3. Avaliações de riscos em instalações industriais

Foi desenvolvida uma metodologia para identificação de acidentes em instalações de processo químico e nuclear e avaliação de suas consequências em pessoas, com identificação dos principais acidentes possíveis de ocorrerem neste tipo de instalação e seleção de técnicas quantitativas e qualitativas disponíveis para identificação dos riscos e avaliação de consequências dos acidentes identificados. Para orientar os métodos de avaliação de riscos foi elaborada uma planilha com estabelecimento de limites para classificação das consequências, de frequências de acidentes e de velocidade de detecção, com definição de uma matriz para classificação dos riscos. Com a finalidade de sistematizar e automatizar a aplicação da metodologia foi desenvolvido o programa metodologia para avaliação de riscos-MAR, com utilização de DELPHI, versão 5.0. (SENNE JÚNIOR, 2003).

2.6. TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS EM SUAPE.

É importante identificar os atores (stakeholders) e o papel dos mesmos no transporte rodoviário de produtos perigosos, desejos e conflitos:

As Transportadoras têm como objetivo providenciar o deslocamento dos Produtos Perigosos do fabricante ou expedidor de forma segura, atendendo as exigências discriminadas em legislações a respeito, garantindo que os mesmos cheguem ao destinatário final em tempo hábil, prestando o respectivo serviço dentro de padrões de qualidade que garantam a continuidade e viabilidade da atividade comercial, com manutenção da integridade física de seus funcionários (motoristas), sem esquecer da proteção às rodovias, aos automóveis e meio ambiente. As indústrias (fabricante, expedidor ou destinatário), desejam a eficácia e segurança do transporte, pois desta forma haverá continuidade na produção de substâncias e fornecimento de mais produtos aos consumidores (indústrias, postos de abastecimento de combustível, armazéns, laboratórios, supermercados), intensificando os negócios e dando sequência à cadeia produtiva.

O Poder Público através do Corpo de Bombeiros, Defesa Civil, Policiamento, Órgãos de Transito (federais e estaduais) e Órgãos de Meio Ambiente tem a função de garantir a segurança da circulação dos produtos químicos, evitando danos à vida, meio ambiente, patrimônio e prejuízos econômicos e sociais. Neste caso pode ocorrer conflito entre os objetivos dos órgãos públicos, transportadoras e indústrias (fabricante, expedidor ou destinatário). As empresas instaladas no complexo Industrial e Portuário de SUAPE, tem como meta intensificar o comércio de forma a aumentar seus lucros e justificar os elevados investimentos realizados naquela região. A Administração de SUAPE além de apoiar os objetivos das empresas que viabilizam o crescimento industrial de Pernambuco e geram oportunidade de emprego e inclusão social, deve viabilizar metodologias de gerenciamento de riscos e Planos de Auxílio Mútuo para garantir a segurança nas atividades de transporte de produtos perigosos realizadas naquela região. Desta forma os conhecimentos sobre análise de vulnerabilidades e gerenciamento de riscos no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos, fiscalizações e exigências dos órgãos públicos supra-citados, que à primeira vista aparentam representar obstáculos a esse processo, viabilizam planejamentos emergenciais e são instrumentos que podem evitar que essas empresas tenham suas marcas associadas a acidentes com graves repercussões, além de minimizar consequências em pessoas, meio

ambiente e prejuízos, confirmando a afirmação de que em prevenção não ocorrem gastos e sim investimentos.

2.7. ATRIBUIÇÕES DOS ÓRGÃOS PÚBLICOS E EMPRESAS PRIVADAS EM EMERGÊNCIAS

Na NBR 14064 (ABNT, 1998) que serviu de referência para elaboração do “Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, criado em Pernambuco visando o atendimento de acidentes na Região Metropolitana do Recife, foram estabelecidas atribuições gerais e específicas para as entidades participantes, sem prejuízo das atribuições legais, próprias de cada órgão.

Atribuições gerais:

Todas as entidades que participam, direta ou indiretamente, do Plano de Emergência Para Transporte de Produtos Perigosos na Região Metropolitana do Recife, têm as seguintes atribuições:

- Treinar periodicamente suas equipes de atendimento, de forma individual e/ou integrada com outros órgãos;
- Manter sistemas de plantão permanente para o atendimento às emergências;
- Independentemente do acionamento e mobilização de outros órgãos, a primeira entidade presente no local do acidente deve adotar medidas iniciais de controle da situação, tais como: avaliação preliminar da ocorrência; sinalização do local; identificação do(s) produto(s) envolvido(s); socorro às vítimas; acionamento de outras entidades.
- Substituir imediatamente qualquer integrante do PREVINE, que por ventura venha a se afastar, temporariamente ou definitivamente, da entidade a qual esteja vinculado.

2.7.1. Atribuições específicas de cada órgão

2.7.1.1. Policiamento

- Coordenar e operacionalizar as ações de isolamento e segurança no local da ocorrência;

- Cooperar com as operações de evacuação da comunidade, quando necessário, garantindo a segurança das pessoas removidas, de seus bens e pertences.

2.7.1.2. Órgãos de Trânsito

- Operação do sistema viário;
- Sinalização, isolamento e desobstrução da via, de acordo com a situação apresentada.

2.7.1.3. Órgão de Meio Ambiente

- Fornecer apoio técnico quanto aos riscos dos produtos envolvidos na ocorrência;
- Apoiar outros órgãos envolvidos quanto às ações a serem desencadeadas do ponto de vista de riscos ao meio ambiente;
- Apoiar os trabalhos de campo com recursos humanos e materiais nas operações de transbordo de carga, contenção, remoção, neutralização e/ou disposição dos produtos ou resíduos gerados no acidente;
- Determinar as ações de controle a serem desencadeadas para a preservação ambiental.

2.7.1.4. Corpo de Bombeiros

- Operacionalizar as ações de prevenção e combate a incêndios e salvamento;
- Apoiar os trabalhos de campo com recursos humanos e materiais nas operações de transbordo de carga, contenção, remoção, neutralização e/ou disposição dos produtos ou resíduos gerados no acidente;
- Atuar preventivamente no campo, visando a minimização dos riscos apresentados;
- Apoiar as demais entidades envolvidas com recursos humanos e materiais;
- Atuar em caráter supletivo na operacionalização das ações de campo, quando da ausência de técnicos e/ou recursos das empresas de transporte ou dos fabricantes dos produtos envolvidos na ocorrência;
- Operacionalizar as ações de socorro a eventuais vítimas.

2.7.1.5. Defesa civil

- Mobilizar recursos humanos e materiais para apoio aos trabalhos de campo;
- Manter cadastro atualizado dos recursos humanos e materiais, para suporte às atividades de campo durante o atendimento aos acidentes;
- Coordenar, em conjunto com o policiamento, as ações de evacuação da comunidade, quando necessário.

2.7.1.6. Transportador

- Fornecer equipamentos e mão-de-obra para a solução do problema apresentado, tanto do ponto de vista de segurança, como ambiental e de trânsito;
- Providenciar a neutralização, remoção ou disposição dos eventuais produtos ou resíduos envolvidos na ocorrência, de acordo com a orientação e supervisão do órgão de meio ambiente e fabricante do produto;
- Operacionalizar a transferência de cargas, quando necessário, providenciando os recursos indispensáveis para tal, em concordância com o fabricante, expedidor e/ou destinatário da carga;
- Fornecer as informações necessárias aos órgãos envolvidos, quanto às características, riscos e precauções com relação ao(s) produto(s), visando propiciar condições seguras e adequadas no manuseio, estivagem e transferência da carga;
- Operacionalizar a remoção do veículo, em concordância com os representantes dos órgãos de trânsito, corpo de bombeiros e órgãos de meio ambiente.

2.7.1.7. Indústrias (Fabricante, Expedidor ou Destinatário)

- Apoiar no fornecimento de equipamentos e mão de obra para a solução do problema apresentado, tanto do ponto de vista de segurança, como ambiental e de trânsito;
- Providenciar a neutralização, remoção ou disposição dos eventuais produtos ou resíduos envolvidos na ocorrência, de acordo com a orientação e supervisão do órgão de meio ambiente e fabricante do produto;

- Operacionalizar a transferência de cargas, quando necessário, providenciando os recursos indispensáveis para tal, em concordância com transportador;
- Fornecer as informações necessárias aos órgãos envolvidos, quanto às características, riscos e precauções com relação ao(s) produto(s), visando propiciar condições seguras e adequadas no manuseio, estivagem e transferência da carga;
- Apoiar o transportador na operacionalização da remoção do veículo, em concordância com os representantes dos órgãos de trânsito, corpo de bombeiros e órgãos de meio ambiente.

Na Tabela 9 a seguir foram relacionadas funções e objetivos dos atores (stakeholders), bem como legislações e referências pertinentes ao transporte de produtos perigosos. Vale destacar que os conhecimentos sobre análise de vulnerabilidades e gerenciamento de riscos no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos, bem como fiscalizações e exigências legais dos órgãos públicos acima citados, à primeira vista proporcionam o surgimento de conflitos com os objetivos comerciais das transportadoras, indústrias e empresas instaladas no complexo de SUAPE. No entanto dentro de um contexto de desenvolvimento sustentável, viabilizam planejamentos emergenciais e são instrumentos que podem evitar que os empreendimentos instalados no complexo de SUAPE tenham suas marcas associadas a acidentes com graves repercussões, além de evitar ou mitigar consequências em pessoas, meio ambiente e prejuízos econômicos, garantindo os elevados investimentos realizados naquela região.

Tabela 9 - Funções e objetivos dos atores (stakeholders), bem como legislações e referências pertinentes ao transporte de produtos químicos perigosos (contínua).

Atores (stakeholders)	Função/objetivo	Legislações/ referências
Transportador	Providenciar o deslocamento dos Produtos Perigosos do fabricante ou expedidor de forma segura, atendendo as exigências discriminadas em legislações a respeito, garantindo que os mesmos cheguem ao destinatário final em tempo hábil, prestando o respectivo serviço dentro de padrões de qualidade que garantam a continuidade e viabilidade da atividade comercial, com manutenção da integridade física de seus funcionários, demais motoristas e passageiros, sem esquecer da proteção às rodovias, aos automóveis e meio ambiente.	Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, Resoluções nº. CONAMA nº 265/2000 e 293/2001 e SUAPE (2012).
Indústrias (fabricante, expedidor ou destinatário)	Apoiar a eficácia, segurança do transporte e proteção ao meio ambiente, viabilizando a continuidade na produção de substâncias e fornecimento de mais produtos aos consumidores (indústrias, postos de abastecimento de combustível, armazéns, laboratórios, supermercados...), intensificando os negócios e dando sequência à cadeia produtiva.	Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, Resoluções nº. CONAMA nº 265/2000 e 293/2001e Estatuto do P.A.M. – Porto de SUAPE e SUAPE (2012).
Corpo de Bombeiros, Defesa Civil, Policiamento, Órgãos de Trânsito e de Meio Ambiente	Garantir a segurança da circulação dos produtos químicos, evitando danos à vida, meio ambiente, patrimônio e prejuízos econômicos e sociais.	Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, Resoluções nº. CONAMA nº 265/2000 e 293/2001 e Estatuto do P.A.M. – Porto de SUAPE
Empresas instaladas no complexo de SUAPE	Intensificar o comércio de forma a aumentar seus lucros e justificar os elevados investimentos realizados naquela região, evitando ou mitigando consequências em pessoas, meio ambiente e prejuízos econômicos.	Resoluções nº. CONAMA nº 265/2000 e 293/2001, Estatuto do P.A.M. – Porto de SUAPE e SUAPE (2012).

Tabela 9 - Continuação.

Atores (stakeholders)	Função/objetivo	Legislações/ referências
Administração de SUAPE	Além de apoiar os objetivos das empresas que viabilizam o crescimento industrial de Pernambuco e geram oportunidade de emprego e inclusão social, deve viabilizar estratégias seguras de prevenção e gestão de impactos ambientais, além de estimular elaboração de Planos de Emergência Individuais, garantindo a segurança nas atividades de transporte de produtos perigosos realizadas naquela região.	Resoluções n°. CONAMA n° 265/2000 e 293/2001 e SUAPE (2012).

2.8 LEGISLAÇÃO

Nas tabelas 10 e 11 a seguir estão relacionadas as principais legislações que regulamentam a matéria na esfera federal, estadual, normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e regulamentos técnicos da qualidade do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) (CARDOSO JÚNIOR, 2004).

Tabela 10 - Legislações e normas da ABNT sobre transporte rodoviário de produtos químicos perigosos.

Legislação/normas técnicas	Descrição
Decreto Federal n° 6.044, de 18 de maio de 1988	Regulamenta o transporte rodoviário de produtos perigosos
O Decreto Estadual n° 25.016, de 18DEZ02, DOE n° 242, de 19DEZ02 -	Autorizou a implantação do Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, no âmbito da Região Metropolitana do Recife-PE.
NBR 14064/ABNT	Atendimento a Emergência no Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.(2003)
NBR 7500/ABNT	Identificação para o Transporte Terrestre, Manuseio, Movimentação e Armazenamento de Produtos. (2005)
NBR 9735/ABNT	Conjunto de Equipamentos para Emergências no Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.(2005)
NBR 14619/ABNT	Transporte Terrestre de Produtos Perigosos- Incompatibilidade Química.(2005)

Tabela 11 - Portaria e regulamentos do INMETRO sobre transporte rodoviário de produtos químicos perigosos.

Portaria /regulamentos técnicos	Descrição
Portaria nº 197 , 03/12/ 2004 - INMETRO.	Atesta a adequação dos veículos e dos equipamentos rodoviários ao transporte de produtos perigosos, nos termos dos seus Regulamentos Técnicos da Qualidade – RTQ.
RTQ 1i / INMETRO.	Inspeção periódica de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - grupo 1
RTQ 1c / INMETRO.	Inspeção na construção de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - grupo 1.
RTQ 3i/ INMETRO	Inspeção periódica de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - grupos 3 e 27E.
RTQ 3c/ INMETRO	Inspeção na construção de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - grupos 3 e 27E.
RTQ 5/ INMETRO	Inspeção de veículos rodoviários para o transporte de produtos perigosos
RTQ 6i/ INMETRO	Inspeção periódica de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - grupos 6 e 27D
RTQ 6c/ INMETRO	Inspeção na construção de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - grupos 6 e 27D
RTQ 7i/ INMETRO	Inspeção periódica de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - líquidos com pressão de vapor até 175 kPa.
RTQ 7c/ INMETRO	Inspeção na construção de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - líquidos com pressão de vapor até 175 kPa.
RTQ 32/ INMETRO	Pára-choque traseiro de veículos rodoviários para o transporte de produtos perigosos - construção, ensaio e instalação.
RTQ 36/ INMETRO	Inspeção de revestimento interno de equipamentos para o transporte rodoviário de produtos perigosos a granel - aplicação e periódica.
RTQ CAR/ INMETRO	Inspeção periódica de carroçarias de veículos rodoviários e caçambas intercambiáveis para o transporte de produtos perigosos.

Vale destacar a publicação do Decreto nº 25.016, de 18 de dezembro de 2002 no Diário Oficial do Estado de Pernambuco nº 242, que autorizou a implantação do Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, no âmbito da Região Metropolitana do Recife, além de outras providências. Nesta legislação foram relacionados vários aspectos importantes, dentre os quais destacam-se a finalidade de

prevenir perdas de vidas ou danos à saúde e ao bem estar social da população, como também garantir a segurança ambiental, quando da ocorrência desses acidentes, o aumento do trânsito rodoviário de cargas perigosas, a necessidade de integrar os diversos órgãos governamentais no planejamento e execução de ações emergenciais visando ao atendimento de desastres dessa natureza, o compromisso social de proteger o meio ambiente em situações de risco e de reduzir o tempo resposta, a necessidade de uniformizar as estratégias e técnicas de atendimento às emergências envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos, a competência do Estado no planejamento e defesa permanente contra desastres naturais ou provocados pelo homem, atuando na iminência e em situações de desastres, como também, prevenindo e minimizando danos, socorrendo e assistindo populações atingidas e recuperando áreas deterioradas (CPRH, 20001).

No Decreto nº 25.016, de 18 de dezembro de 2002, integram o Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, o Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco – CBMPE, Polícia Militar de Pernambuco – PMPE, Coordenadoria de Defesa Civil de Pernambuco – CODECIPE, Companhia Pernambucana do Meio Ambiente – CPRH, sendo que as indústrias químicas, distribuidoras e transportadoras de produtos químicos poderão aderir ao PREVINE, mediante assinatura de Termo de Adesão, através do qual manifestarão sua concordância com os objetivos do PREVINE, bem como assumirão deveres e obrigações específicos. O funcionamento do PREVINE é orientado por um Manual de Gestão do Plano, contendo os fundamentos do sistema de gestão, cujo objetivo é o de fornecer a estrutura organizacional necessária para a melhoria contínua do atendimento às emergências para transporte de produtos perigosos. Foi previsto uma estrutura composta de Conselho da Alta Administração, Coordenação Geral, Comitê de Gestão, Grupo de Assessoria, Grupo Geral de Apoio, Comandos Regionais formada por comandantes, presidentes e representantes dos órgãos públicos, além de representantes e especialistas das indústrias químicas, distribuidoras e transportadoras de produtos químicos. O Decreto nº 25.016, de 18 de dezembro de 2002 relata que o Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos PREVINE será aplicado inicialmente para toda área da Região Metropolitana do Recife, com divisão em regionais e definição de limites geográficos. Foram relacionadas atribuições dos Órgãos integrantes do PREVINE, sendo referenciado um Manual de Gestão que estabelece outras obrigações, necessárias à execução do Plano. As indústrias químicas, distribuidoras e transportadoras de produtos químicos que aderirem ao PREVINE terão suas atribuições e deveres definidos em Termo de Adesão (CPRH, 20001).

Após composição de grupos de trabalho com representantes de órgãos governamentais e empresas foi estabelecido um cronograma de ações para elaboração do plano operacional para o PREVINE, sendo que periodicamente foram realizadas várias reuniões para planejar treinamentos, simulados e estabelecer procedimentos para atendimento a emergências no transporte rodoviário de produtos perigosos. Através da contratação de consultoria foi elaborado um Manual de Operações do PREVINE, contendo plano de emergência para transporte de produtos perigosos, manual de gestão, procedimentos, registros, fichas de informação de segurança do produto e anexos. No plano de emergência para transporte de produtos perigosos foram relacionados vários itens, dentre os quais vale destacar: Missão e Objetivos, Área de Abrangência, Órgãos Envolvidos, Estrutura Organizacional, Atribuições e Responsabilidades, Termo de Adesão, Fluxograma de Acionamento e Desencadeamento de Ações, relação de Recursos Materiais e Equipamentos Disponíveis nos Grupamentos de Bombeiros Regionais e nas Empresas (indústrias, transportadoras, empresas de proteção ambiental...), Equipamentos obrigatórios nos Veículos que Transportam Produtos Perigosos, principais Produtos Perigosos que circulam na Região Metropolitana do Recife, telefones para contato e localização dos Grupamentos e Seções do Corpo de Bombeiros, Comissões Municipais de Defesa Civil, Órgão Ambiental do Estado, Postos da Polícia Rodoviária Federal e Estadual, principais Indústrias, Transportadoras, Empresas de proteção ambiental e Especialistas em atendimento a emergências de produtos perigosos da Região Metropolitana do Recife. No manual de gestão foram relacionadas metodologias de planejamento, implementação, monitoramento e ação corretiva; discriminando responsabilidades do sistema de gestão do PREVINE, identificação das necessidades de treinamento, comunicação interna entre os vários níveis de responsabilidade, controle operacional e de documentos, auditoria e análise crítica do sistema de gestão, adoção de medidas para mitigar as consequências e para iniciar e concluir ações corretivas e preventivas relacionadas à segurança e saúde do homem e preservação do meio ambiente. Foram elaborados documentos auxiliares contendo critérios, procedimentos e registros para viabilizar a operacionalização do plano de emergência e a gestão do PREVINE. Periodicamente devem ser atualizadas relações contendo fichas de informação de produtos, lista dos cenários críticos e relatório com levantamento de produtos perigosos que circulam na região metropolitana do Recife.

O Decreto nº 25.016, de 18 de dezembro de 2002, o Manual de Operações e de Gestão do Plano são documentações que foram criadas considerando o compromisso social

de proteger a população e o meio ambiente em situações de risco ocasionadas por acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos e de reduzir o tempo de atendimento às emergências, os custos para as instituições governamentais e empresas, e os impactos ambientais gerados na Região Metropolitana do Recife inicialmente. O conteúdo desta documentação foi bem elaborado através de contratação de consultoria, contratada pela CPRH/GTZ com a visão de que fossem adotados metodologias e processos já consagrados por especialistas em elaboração de normas de gestão, e com a visão dos princípios modernos da “melhoria contínua” representados pelo ciclo do Planejar –Fazer-Checkar- Atuar corretivamente (PDCA-Plan-Do-Check-Action). O projeto e a implementação do Sistema de Gestão do PREVINE foi influenciada pela necessidade de proporcionar uma documentação simples, de fácil entendimento e operacionalidade e, possuindo adicionalmente uma sistemática de gestão que lhe garantisse não só a credibilidade e continuidade necessárias mas que assegurasse o atendimento aos princípios e conceitos de melhoria contínua (CPRH, 2001).

Atualmente verifica-se que o Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos PREVINE foi incluído no contexto da comissão estadual do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Perigosos- P2R2 criado em virtude de deficiência na estrutura de atendimento às emergências/ acidente ocorrido em 29 de março de 2003 após o rompimento de uma barragem de resíduos contendo substâncias químicas município de Cataguazes-MG perigosas que atingiu o Rio Pomba e Paraíba do Sul que causou uma contaminação que deixou várias cidades sem acesso à água para o atendimento de condições básicas da população. O P2R2 estabelece estruturas organizacionais que envolvem os governos federal, estaduais e municipais, além de parcerias com organizações não governamentais, setor privado, instituições acadêmicas e a comunidade civil em geral. Foram realizadas mudanças e melhorias na estrutura administrativa, mas percebem-se grandes dificuldades para implementação de sistema de gestão eficaz com parcerias entre órgãos públicos e empresas privadas, que auxilie o acompanhamento rotineiro dos padrões de qualidade, o alerta de emergências, com verificação da evolução dos impactos ambientais em caso de acidente e a eficiência das medidas de contenção e remediação tomadas após a ocorrência destes. Há necessidade de implantar um programa de gerenciamento de riscos que procure identificar e caracterizar o que está em risco com relação às pessoas, a propriedade, a continuidade operacional, a missão e aos objetivos das organizações envolvidas, a comunidade e ao meio

ambiente, com simulação e quantificação das consequências de um incêndio, explosão ou liberação tóxica (DUARTE et al., 2008). O Instituto Americano de Engenheiros Químicos (AIChE) fundou o Center for Chemical Process Safety em 1985, que elabora diretrizes para prevenir acidentes em indústrias de processo e publicou em 1989 o Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety, onde o planejamento de emergência é estruturado em quatro fases: prevenção, preparação, resposta e recuperação (MELO, 2008). Acredito que esta metodologia de gerenciamento de emergência pode ser facilmente aplicada aos acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos, com estabelecimento de ações que consistem em um processo cíclico e contínuo e incluem o planejamento para recuperação do local após uma emergência a fim de minimizar os efeitos que podem ocorrer, em que não sejam suficientes os esforços de prevenção. Após análise da publicação de DUARTE et al. (2008) pertinente à utilização do método de identificação de perigos FMEA (análise de modo de falhas e efeitos), percebe-se que na definição de critérios para identificação de cenários de acidentes citados no Manual de Operações e Gestão do PREVINE no cenário que foi definido como intolerável não foi citada a necessidade de desenvolvimento de esforços para reduzir a criticidade do cenário, sendo recomendada esta ação para cenário significativo. Na definição de critérios para identificação de cenários de acidentes no transporte rodoviário de produtos perigosos deveria ser explorada a maneira pela qual os componentes dos veículos e equipamentos para transporte rodoviário de produtos perigosos podem falhar e o seu efeito na confiabilidade do sistema, proporcionando uma análise qualitativa e uma sistemática lista de modos de falha em nível de componente e seus efeitos no sistema com identificação de modos de falhas individuais que contribuem direta ou indiretamente para um incêndio, explosão ou liberação tóxica. Outras deficiências como: inexistência de acesso à banco de dados geo referenciado, dificuldades de classificação da emergência em pequeno, médio e grande porte, lentidão no acionamento do 193, atualização de relação e necessidade de aquisição de viaturas guarnecidas com modernos equipamentos de proteção individual e de monitoramento ambiental, bem como materiais para contenção e recolhimento de substâncias químicas, falta de um serviço especializado na CPRH, formado por uma equipe multidisciplinar com profissionais em plantão permanente e um Centro de Controle de Desastres e Emergências Ambientais com funcionamento ininterrupto, 24 h/dia, 365 dias/ano, ausência de telefone emergenciais de especialistas e representantes dos órgãos públicos e empresas privadas, alterações do plano operacional e procedimentos de comunicação em situações de emergência, atualização de levantamento de produtos químicos transportados em rodovias da RMR, revisão e atualização de procedimentos operacionais específicos e fichas de

informação e segurança de produtos (FISP), interrupção de cronograma de treinamentos e capacitação de profissionais dos órgãos públicos e empresas integrantes do PREVINE em emergências ambientais precisam ser resolvidas para que o plano operacional seja implantado e funcione de forma adequada.

Acredita-se que em função da relevância do tema, o problema pode ser solucionado com a implantação de um Sistema Integrado de Gestão semelhante ao discriminado no Manual de Orientação da CETESB que orienta a elaboração de estratégias organizacionais de gestão e operação para que as autoridades públicas possam ter condições de atender às demandas da sociedade, prevenindo, preparando e respondendo a acidentes com produtos químicos, otimizando os recursos materiais e humanos disponíveis com eficiência e eficácia, minimizando os riscos e reduzindo as consequências desses acidentes. Um Sistema Integrado de Gestão procura corrigir problemas organizacionais, operacionais, limitações e falta de integração dos órgãos públicos para cumprir suas responsabilidades institucionais de fiscalização e de atendimento a esses acidentes (CETESB, 2003).

Vale salientar que a CPRH possui engenheiros químicos, químicos industriais e outros especialistas com capacitação técnica adequada para condução do processo. A criação de uma assessoria ou setor específico na Companhia Pernambucana do Meio Ambiente para gerenciar o processo de forma exclusiva facilitaria a implantação de um Sistema Integrado de Gestão que contaria com o assessoramento de profissionais e representantes dos demais órgãos envolvidos, dentre os quais, vale destacar: o Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco – CBMPE, Batalhões de Trânsito da Polícia Militar de Pernambuco – PMPE (BPTran e BPRv), Coordenadoria de Defesa Civil de Pernambuco – CODECIPE e Comissões Municipais de Defesa Civil - COMDECs da RMR, Polícia Rodoviária Federal-PRF, Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, Companhia Energética de Pernambuco - CELPE, Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF, PETROBRÁS distribuidora, Companhia Pernambucana de Gás – COPERGÁS e representantes das indústrias químicas, distribuidoras, transportadoras de produtos químicos e empresas de proteção ambiental da Região Metropolitana do Recife.

2.9 VEÍCULOS QUE TRANSPORTAM PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS

CB/PMESP (1998) esclarece que líquidos inflamáveis (Rótulo de Risco 3) e demais produtos químicos perigosos no estado líquido são transportados em caminhões tanques do

tipo semi-reboque, bitrem, rodotrem, sendo que tais veículos, possuem dispositivo de válvulas e especificações técnicas discriminadas a seguir:

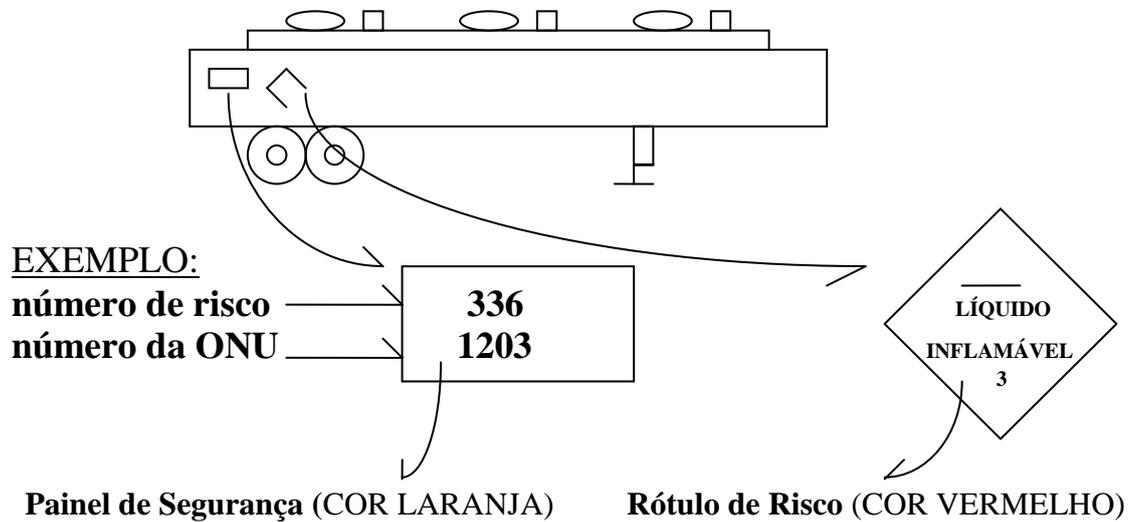


Figura 13 - Caminhões tanques para transporte de líquidos inflamáveis (Rótulo de Risco 3) e demais produtos químicos perigosos no estado líquido.
 Fonte: CB/PMESP (1998)

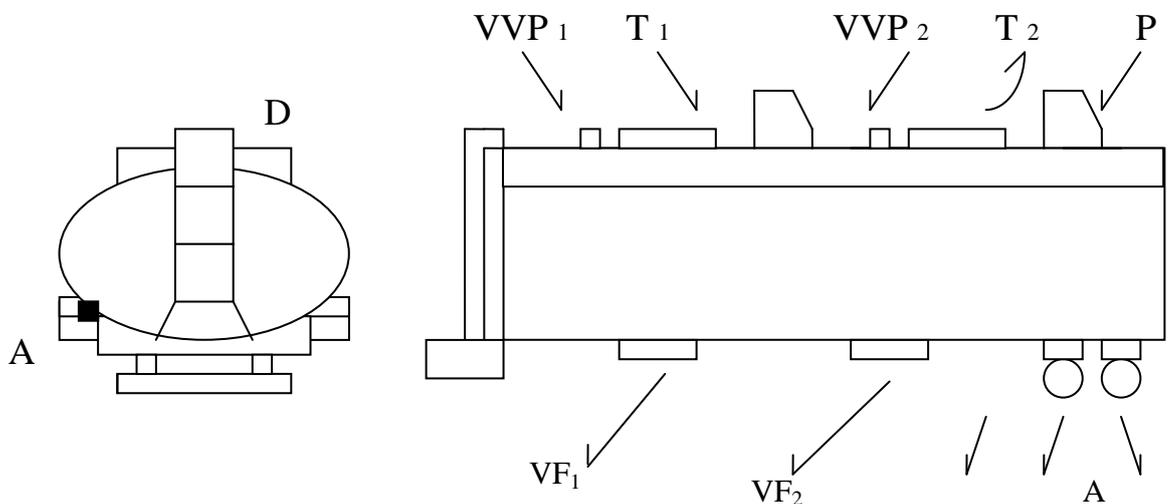


Figura 14 - Detalhes importantes do tanque.
 Fonte: CB/PMESP (1998)

Legenda:

- T - Tampa para carga e inspeção
- VVP - Válvula de Vácuo e Pressão
- VF - Válvula de Fundo
- A - Acionadores
- D - Disparador

VD - Válvula de Descarga (tipo portinhola)

P - Protetor da T e da VVP

Descrição das peças:

Tampa de Inspeção e Carga - Fixada na parte superior do tanque, sobre a câmara de expansão, sendo uma unidade por compartimento. Destina-se a entrada de carga e manutenção do tanque.

Válvula de Vácuo e Pressão - Fixada na parte superior do tanque, sobre a câmara de expansão, sendo uma unidade por compartimento. A finalidade deste equipamento consiste em retirar o excesso de pressão formado pela vaporização dos líquidos inflamáveis no interior do tanque e também, permitir a entrada de ar no interior do tanque, quando este for esvaziado bruscamente, para impedir que o tanque se retraia. A válvula possui um sistema de tela anti-chama, que impede a entrada do fogo. É uma válvula de alívio.

Válvula de Fundo - Equipamento fixado na parte inferior do tanque. Sua função é estancar a passagem do líquido do interior do tanque, para a descarga. Esta válvula proporciona segurança para o sistema de descarga, pois, possui uma secção frágil, abaixo da flange de fixação ao tanque, que no caso de impacto na tubulação de descarga, se romperá, permitindo que a mola empurre o vedo na posição original, evitando vazamento (ver figuras 15, 16 e 17). É uma válvula de bloqueio.

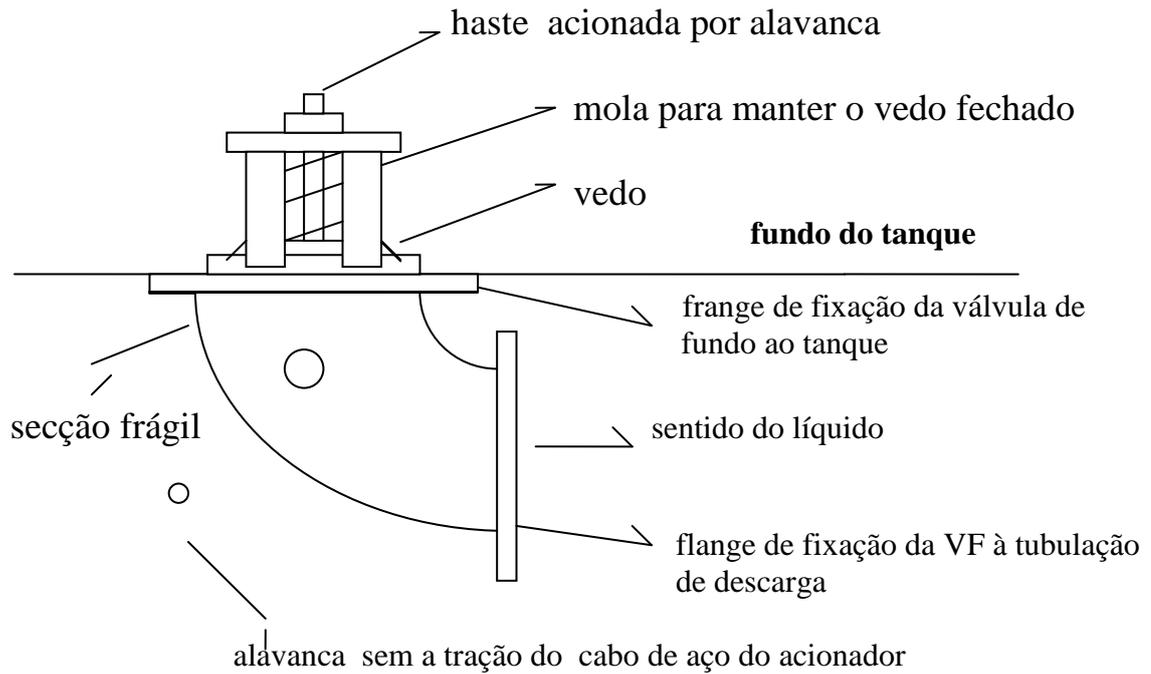


Figura 15 - Válvula de Fundo na posição original
 Fonte: CB/PMESP (1998)

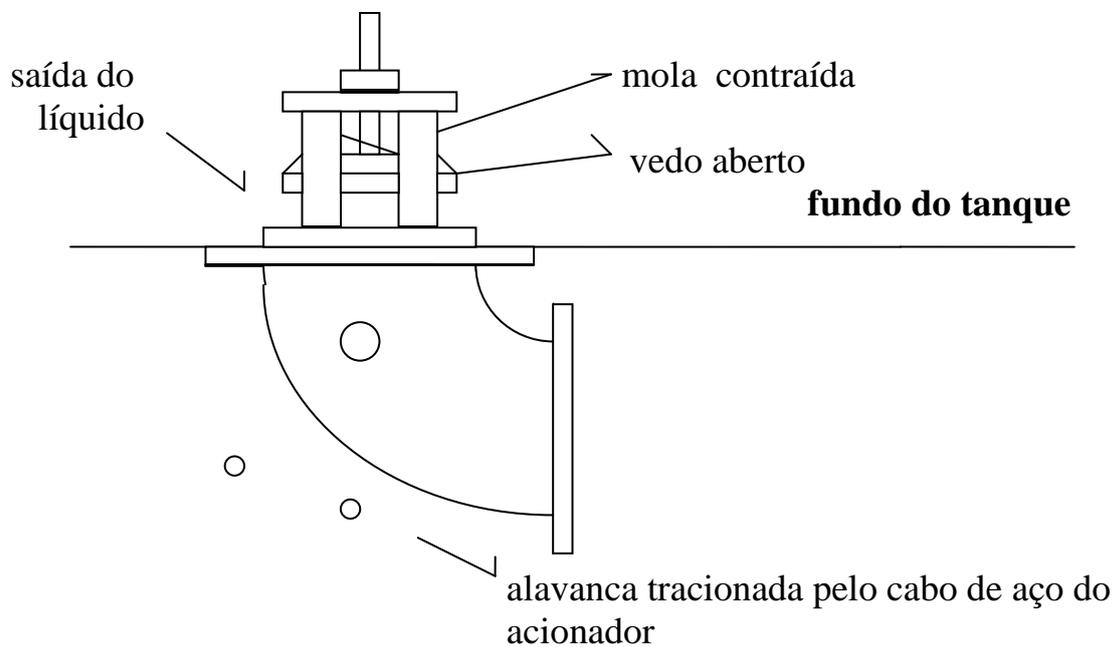


Figura 16 - Válvula de Fundo na posição aberta.
 Fonte: CB/PMESP (1998)

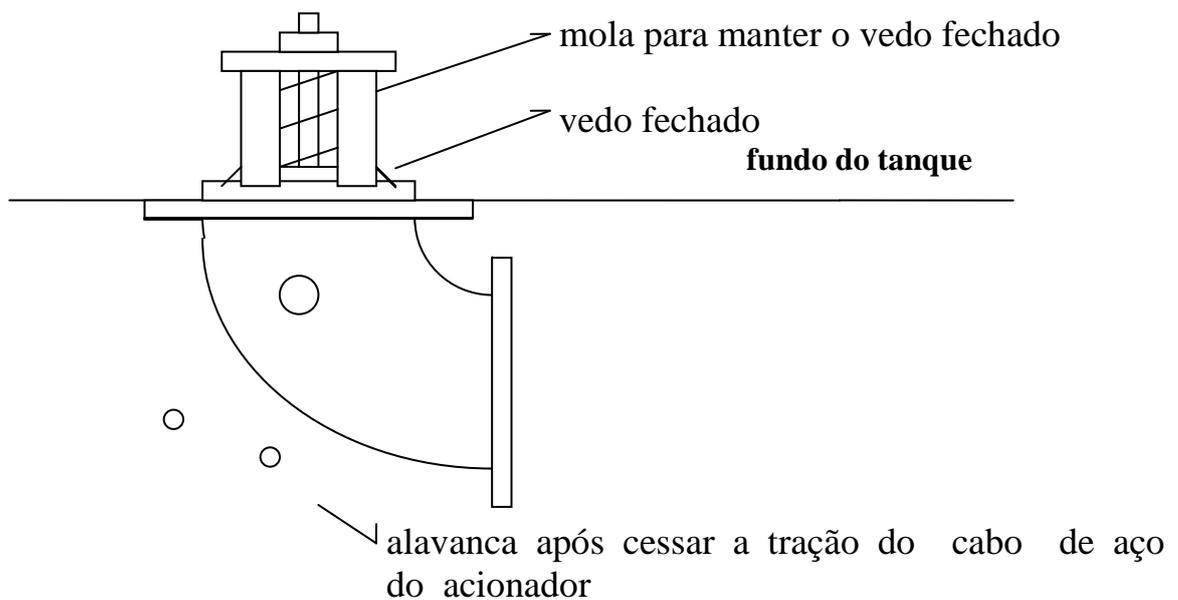


Figura 17 - Válvula de fundo novamente na posição original.
Fonte: CB/PMESP (1998)

Acionador - Fixado na parte inferior do tanque, ao lado das válvulas de descarga (tipo portinhola). É constituído de alavancas que uma vez tracionadas abrem as válvulas de fundo, através de cabos de aço, interligando o acionador à alavanca da válvula de fundo, exercendo uma pressão na haste de centro da válvula de fundo, que por sua vez empurra a mola da válvula de fundo para cima, permitindo a saída do líquido.

Disparador - Trata-se de uma alavanca, fixada na parte superior do tanque e do lado oposto das expedições (válvula tipo portinhola). Esta alavanca está interligada aos acionadores por um cabo de aço e sua função é destravar todas as alavancas dos acionadores, provocando o fechamento imediato das válvulas de fundo, fechando a saída do líquido.

Válvula de Descarga (tipo portinhola) - Equipamento fixado no final da tubulação de expedição do líquido, localizado na parte inferior do tanque do lado esquerdo ou direito do veículo, e localizado na primeira porção do tanque. Este equipamento permite o engate de mangueira para descarga do líquido e a saída do produto através da alavanca que abre a portinhola. Esta válvula só permite a passagem do líquido depois da abertura da válvula de fundo, através do acionador. É uma válvula de bloqueio.

Protetor - Trata-se de uma chapa soldada ao tanque, localizada na parte superior do tanque e tem a finalidade de proteger a tampa de carregamento e a válvula de vácuo e pressão, contra impactos diretos.

Para demonstrar algumas características construtivas e especificações técnicas de veículos normalmente empregados para transporte de combustíveis no estado líquido, serão relacionados a seguir algumas fotografias obtidas em visita as instalações da KRONORTE S/A Implementos Rodoviário em Prazeres/Jaboatão dos Guararapes-PE:



Figura 18 - Calota do tanque de carga.



Figura 19 - Disparador do tanque de carga.



Figura 20 - Tampa de inspeção e carga/
válvula de vácuo e pressão.

Para transporte de combustíveis líquidos, normalmente o material do tanque é Aço C e o formato é policêntrico, com válvulas e tampas de inspeção em Alumínio para evitar centelhas.

Para os demais produtos químicos perigosos no estado líquido o tanque é cilíndrico e o material mais usado é o aço inox incluindo as válvulas, sendo menos utilizados tanques em

aço C com revestimento interno, para alguns produtos, tais como: hipoclorito de sódio e ácido clorídrico e demais ácidos listados nos RTQ7c (INMETRO, 2004). Em tanques para transporte de combustível para aviação os materiais mais empregados são Alumínio e aço inox ou Aço C com revestimento interno com resina epox.



Figura 21 – Calota do tanque de carga.



Figura 22 – - Tampa de inspeção e carga/ válvula de vácuo e pressão.

As válvulas de fundo e de descarga podem ter acionamento e fechamento manual, acionamento pneumático, acionamento manual e pneumático. Na tubulação entre a válvula de fundo e de descarga existem válvulas de dreno com objetivo de retirada de amostras do produto químico.



Figura 23 – Válvulas de fundo e de dreno.



Figura 24 – Válvula de descarga.

Os revestimentos mais utilizados são borracha nitrílica, ebonite, PVC, resina éster vinílica reforçada com fibra de vidro e teflon. Válvulas são revestidas com ebonite, PVC, vidro, fibra de vidro, borracha nitrílica e teflon. Os RTQ 7i e 36 devem ser observados para verificar que produtos exigem revestimento e os critérios estabelecidos para a realização das inspeções de fabricação e periódicas de revestimento interno de resina éster vinílica reforçada com fibra de vidro em equipamentos utilizados no transporte rodoviário de produtos perigosos dos grupos: 4B, 4C e 27B (INMETRO, 2004).

A seguir serão relacionados fotografias dos veículos normalmente empregados no transporte de gás liquefeito do petróleo (GLP), obtidas em visita as instalações da COPAGAZ em SUAPE-PE, descrevendo algumas das características construtivas e especificações técnicas, que estão relacionadas no RTQ 5 e 6 (INMETRO, 2004):



Figura 25 –Carreta tanque com 42.000L de volume, com cerca de 20 ton de GLP.



Figura 26 – Tubulações de GLP na calota do tanque de carga.

Observações: Tubulação de GLP no estado de vapor - 1 1/2” de diâmetro.
Tubulação de GLP no estado líquido - 2” de diâmetro.



Figura 27 – Válvula de bloqueio lateral com volante.



Figura 28 – Válvula de bloqueio lateral.

O acionamento é hidráulico (óleo), realizado por uma alavanca. Durante o transporte rodoviário esta válvula permanece fechada, juntamente com a válvula de fundo, impedindo a passagem de GLP até mesmo em caso de tombamento da carreta tanque.



Figura 29 – Válvula de máximo enchimento de equipamento rodoviário para transporte de GLP.

A válvula de máximo enchimento- registra o máximo percentual de GLP liquefeito permitido no abastecimento da carreta. Ex: 85% do volume – GLP liquefeito e 15% de GLP no estado de vapor.



Figura 30 – Válvula de segurança e equipamento rodoviário para transporte de GLP.

As válvulas de segurança para transporte de GLP vem calibradas para abrir a 17,5 Kgf/cm².

Carretas tanque com GLP normalmente abastecem indústrias, sendo que existem veículos deste tipo com tanques de maior capacidade, 45.000L de volume, com aproximadamente 25 ton de GLP dotadas de válvulas com acionamento pneumático. Dependendo da necessidade da indústria, um auto-tanque (bob-tail) pode abastecer uma indústria.



Figura 31 – Caminhões do tipo Gaiola para transporte de GLP (Visão geral).



Figura 32 – Caminhões do tipo Gaiola para transporte de GLP (Visão lateral).

Caminhões do tipo Gaiola transportam botijões com 13 Kg, cilindros com 20 Kg e cilindros com 45 Kg de GLP (P-45), podendo transportar os recipientes vazios.

A seguir serão relacionadas algumas fotografias de Caminhões do tipo Auto Tanque, obtidas em acompanhamento de abastecimentos de GLP realizados em alguns clientes da COPAGAZ, localizados em Recife-PE. Caminhões do tipo Auto Tanque com 20000 L de volume, com aproximadamente 10 ton de GLP normalmente abastecem centrais de edificações residenciais multifamiliares, padarias restaurantes dotadas normalmente de recipientes com 190 Kg de GLP denominados P-190.



Figura 33: Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (Visão geral).



Figura 34: Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (Visão lateral).

Na traseira destes veículos existem 02(duas) válvulas de bloqueio pneumáticas, 02(duas) válvulas de descarga, 02(dois) filtros de linha e 01 (uma) válvula de segurança pneumática. Quando a pistola está na base, a descarga é fechada.



Figura 35: Caminhões do tipo Auto Taque para transporte de GLP (Traseira).



Figura 36: Caminhões do tipo Auto tanque para transporte de GLP (Visão lateral).



Figura 37: Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (Traseira - visão aproximada).



Figura 38: Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (visão lateral).

Corta-chamas ou corta-faíscas é um dispositivo de segurança com chicanas para evitar que haja faísca no cano de escape. Na parte inferior do veículo localizadas na traseira e lateral existem 02(duas) bombas de engrenagem com deslocamento positivo, sendo a primeira para realizar o abastecimento e a segunda para segurança.



Figura 39: Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (visão lateral).



Figura 40 – Caminhões do tipo Auto Tanque para transporte de GLP (traseira).

Para segurança adicional, as válvulas de fundo são acionadas da cabine dos Auto Tanques através de dispositivo pneumático que liberam ou interrompem a passagem de GLP sem a necessidade de desligar a chave do veículo.

2.10 CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS PERIGOSOS

A Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes fornece instruções complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos, sendo a principal instrução de classificação dos produtos em classes e subclasses, em função do perigo potencial que as substâncias apresentam, conforme Tabela 11. A legislação supra-citada apresenta ainda a relação dos produtos classificados pelo sistema ONU, com o respectivo nº ONU, a descrição do produto, classe de risco e número de risco (CARDOSO JÚNIOR, 2004).

Tabela 12 - Classes e subclasses de produtos perigosos, conforme Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes. (Contínua)

CLASSE	SUBCLASSE	RISCO
Classe 1	Explosivos	Explosivos
Classe 2	Gases	
	Sub-Classe 2.1	Gases Inflamáveis
	Sub-Classe 2.2	Gases não inflamáveis, não tóxicos
	Sub-Classe 2.3	Gases tóxicos
Classe 3	Líquidos Inflamáveis	
Classe 4	Sólidos	
	Sub-Classe 4.1	Sólidos inflamáveis
	Sub-Classe 4.2	Substâncias sujeitas à combustão espontânea
	Sub-Classe 4.3	Substâncias que em contato com a água emitem gases inflamáveis

Tabela 12 - Continuação

CLASSE	SUBCLASSE	RISCO
Classe 5	Oxidantes	
	Sub-Classe 5.1	Substâncias oxidantes
	Sub-Classe 5.2	Peróxidos orgânicos
Classe 6	Tóxicos e Infectantes	
	Sub-Classe 6.1	Substâncias Tóxicas
	Sub-Classe 6.2	Substâncias Infectantes
Classe 7	Materiais Radioativos	
Classe 8	Corrosivos	
Classe 9	Substâncias Perigosas	
	Diversas	

2.11 IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO

Cardoso Júnior (2004) relata que os veículos destinados ao transporte de produtos químicos perigosos previstos na Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes devem ser identificados por rótulos de risco e painéis de segurança, conforme a Figura 41.

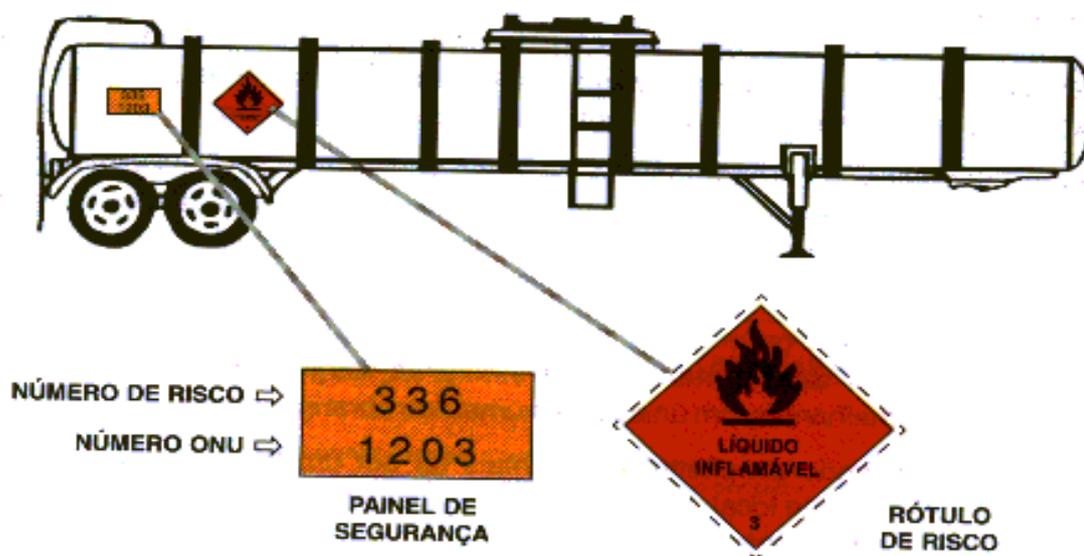


Figura 41 - Rótulo de risco e painel de segurança, conforme Portaria 204/97-MT.

Segundo o Manual da ABIQUIM (2006) o produto pode ser identificado através do Painel de segurança, Rótulo de riscos, Embalagem do produto ou através de documentações de embarque ou transporte (Ficha de emergência ou Documento fiscal).

2.12 NÚMERO DE RISCO

Os produtos perigosos, após a classificação, segundo as classes de risco predominante, podem ser classificados pelo tipo e intensidade do perigo, que são denominados de número de risco. A importância do risco é registrada da esquerda para a direita, sendo o mesmo composto por 2 ou 3 algarismos, cujos significados são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Significado dos algarismos do número de risco, conforme Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes (CARDOSO JÚNIOR, 2004).

Número	Descrição
2	Emissão de gás devido à pressão ou à reação química
3	Inflamabilidade de líquidos, vapores e gases, ou líquido sujeito a auto-aquecimento
4	Inflamabilidade de sólidos, ou sólidos sujeitos a auto-aquecimento
5	Efeito oxidante(favorece incêndio)
6	Toxicidade
7	Radioatividade
8	Corrosividade
9	Risco de violenta reação espontânea

Observações:

A letra X antes do algarismo, significa que a substância reage perigosamente com a água.

A repetição de um número indica, em geral, aumento da intensidade daquele risco específico.

Quando o risco associado a uma substância puder ser indicado por um único número, este será seguido por zero.

O significados dos números de risco segundo o Manual da ABIQUIM/PRÓ-QUÍMICA (2006) apresenta pequenas diferenças da Portaria 204/97/MT, dentre as quais vale destacar:

Tabela 14 - Significados dos números de risco segundo o Manual da ABIQUIM/PRÓ-QUÍMICA (2006).

Número	Descrição
6	Toxicidade ou risco de infecção
9	Risco de violenta reação espontânea (também utilizado para risco ao meio ambiente)

Observações:

- a) O risco de violenta reação espontânea, representado pelo algarismo 9, inclui a possibilidade, decorrente da natureza da substância, de um risco de explosão, desintegração ou reação de polimerização violenta, com a geração de quantidade considerável de calor ou de gases inflamáveis e/ou tóxicos.
- b) O algarismo 9 no número de risco pode se referir a substâncias que oferecem risco ao meio ambiente, a determinados resíduos perigosos, a microrganismos geneticamente modificados e a produtos transportados a temperaturas elevadas (por exemplo: 90, 99).
- c) Em certos casos, o uso do algarismo 9 indica que o produto pode reagir violentamente de forma espontânea. Quando isso ocorre, o algarismo 9 é geralmente utilizado como segundo ou terceiro algarismo (por exemplo: 99).
- d) Certas combinações de algarismo (geralmente utilizadas em tanques intermodais) têm significado especial (por exemplo: 22, 323, 333), conforme relação do código de risco.

Na Tabela 15 são apresentadas as possíveis combinações do número de risco e seus significados, conforme Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes (CARDOSO JÚNIOR, 2004).

Tabela 15 – Combinações do número de risco e seus significados, conforme Portaria 204/97 do Ministério dos Transportes (contínua).

Número de risco	Descrição
20	Gás inerte
22	Gás refrigerado
223	Gás inflamável refrigerado
225	Gás oxidante refrigerado
23	Gás inflamável
236	Gás inflamável tóxico
239	Gás inflamável sujeito à violenta reação espontânea
25	Gás oxidante
26	Gás tóxico
265	Gás tóxico oxidante

Tabela 15 – Continuação

Número de risco	Descrição
266	Gás muito tóxico
268	Gás tóxico corrosivo
286	Gás corrosivo tóxico
30	Líquido inflamável
323	Líquido inflamável que reage com água desprendendo gases inflamáveis
X323	Líquido inflamável que reage perigosamente com água, desprendendo gases inflamáveis
33	Líquido muito inflamável
333	Líquido pirofórico
X333	Líquido pirofórico que reage perigosamente com água
336	Líquido muito inflamável tóxico
338	Líquido muito inflamável corrosivo
X338	Líquido muito inflamável corrosivo que reage perigosamente com água
339	Líquido muito inflamável sujeito à violenta reação espontânea
36	Líquido sujeito à auto-aquecimento tóxico
362	Líquido inflamável tóxico que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
X362	Líquido inflamável tóxico que reage perigosamente com água, desprendendo gases inflamáveis
38	Líquido sujeito à auto-aquecimento corrosivo
382	Líquido inflamável corrosivo que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
X382	Líquido inflamável corrosivo que reage perigosamente com água, desprendendo gases inflamáveis
39	Líquido inflamável sujeito à violenta reação espontânea
40	Sólido inflamável ou sujeito à auto-aquecimento
423	Sólido que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
44	Sólido inflamável que a uma temperatura elevada se encontra em estado líquido
446	Sólido inflamável tóxico que a uma temperatura elevada se encontra em estado fundido
46	Sólido inflamável ou sujeito à auto-aquecimento, tóxico

Tabela 15 – Continuação.

Número de risco	Descrição
462	Sólido tóxico que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
48	Sólido inflamável ou sujeito à auto-aquecimento, corrosivo
482	Sólido corrosivo que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
50	Produto oxidante
539	Peróxido orgânico inflamável
55	Produto muito oxidante
556	Produto muito oxidante, tóxico
558	Produto muito oxidante, corrosivo
559	Produto muito oxidante, sujeito à violenta reação espontânea
56	Produto oxidante, tóxico
568	Produto oxidante, tóxico e corrosivo
58	Produto oxidante corrosivo
59	Produto oxidante, sujeito à violenta reação espontânea
60	Produto tóxico ou nocivo
63	Produto tóxico ou nocivo, inflamável
638	Produto tóxico ou nocivo, inflamável corrosivo
639	Produto tóxico ou nocivo, inflamável, sujeito à violenta reação espontânea
66	Produto muito tóxico
663	Produto muito tóxico inflamável
68	Produto tóxico ou nocivo, corrosivo
69	Produto tóxico ou nocivo, sujeito à violenta reação espontânea
70	Material radioativo
72	Gás radioativo
723	Gás radioativo inflamável
73	Líquido radioativo inflamável
74	Sólido radioativo inflamável
75	Material radioativo oxidante
76	Material radioativo tóxico
78	Material radioativo corrosivo
80	Produto corrosivo

Tabela 15 – Continuação.

Número de risco	Descrição
X80	Produto corrosivo que reage perigosamente com água
83	Produto corrosivo inflamável
X83	Produto corrosivo inflamável que reage perigosamente com água
839	Produto corrosivo inflamável, sujeito à violenta reação espontânea
X839	Produto corrosivo inflamável, sujeito à violenta reação espontânea e que reage perigosamente com água
85	Produto corrosivo oxidante
856	Produto corrosivo oxidante tóxico
86	Produto corrosivo tóxico
88	Produto muito corrosivo
X88	Produto muito corrosivo que reage perigosamente com água
883	Produto muito corrosivo inflamável
885	Produto muito corrosivo oxidante
886	Produto muito corrosivo tóxico
X886	Produto muito corrosivo tóxico que reage perigosamente com água
89	Produto corrosivo sujeito à violenta reação espontânea
90	Produtos perigosos diversos

O Manual da ABIQUIM/PRÓ-QUÍMICA (2006) apresenta uma relação dos códigos numéricos e respectivos significados, com pequenas diferenças da Portaria 204/97/MT, dentre as quais vale destacar:

Tabela 16 – Relação de códigos numéricos e respectivos significados, conforme Manual da ABIQUIM/PRÓ-QUÍMICA (2006) (Contínua).

Número de risco	Descrição
20	Gás asfixiante ou gás sem risco subsidiário
22	Gás liquefeito refrigerado, asfixiante
223	Gás liquefeito refrigerado, inflamável
225	Gás liquefeito refrigerado, oxidante (intensifica o fogo)
263	Gás tóxico inflamável
33	Líquido altamente inflamável
336	Líquido altamente inflamável tóxico

Tabela 16 – Continuação

Número de risco	Descrição
368	Líquido inflamável, tóxico, corrosivo
38	Líquido inflamável, corrosivo
X423	Sólido inflamável que reage perigosamente com água, desprendendo gases inflamáveis*
44	Sólido inflamável, em estado fundido numa temperatura elevada
462	Sólido tóxico, que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
X462	Sólido que reage perigosamente com água, desprendendo gases tóxicos*
X482	Sólido que reage perigosamente com água, desprendendo gases corrosivos*
55	Substância fortemente oxidante (intensifica o fogo)
556	Substância fortemente oxidante (intensifica o fogo), tóxica
558	Substância fortemente oxidante (intensifica o fogo), corrosiva
558	Substância fortemente oxidante (intensifica o fogo), corrosiva
606	Substância infectante
623	Líquido tóxico que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
64	Sólido tóxico, inflamável ou sujeito à auto-aquecimento
642	Sólido tóxico que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
65	Substância tóxica oxidante (intensifica o fogo)
664	Sólido altamente tóxico, inflamável ou sujeito à auto-aquecimento
665	Substância altamente tóxica, oxidante (intensifica o fogo)
668	Substância altamente tóxica, corrosiva
669	Substância altamente tóxica, que pode conduzir espontaneamente a violenta reação
823	Líquido corrosivo que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
84	Sólido corrosivo, inflamável ou sujeito à auto-aquecimento
842	Sólido corrosivo, que reage com água, desprendendo gases inflamáveis
90	Substâncias que apresentam risco para o meio ambiente; Substâncias perigosas diversas
99	Substâncias perigosas diversas transportadas em temperatura elevada

ABIQUIM (2005) relata que com o objetivo de estabelecer um sistema internacional para a comunicação de perigos, prover um modelo reconhecido para países sem sistema, reduzir a necessidade de testes e avaliações de produtos químicos e facilitar o comércio internacional de produtos químicos cujos perigos tenham sido adequadamente identificados e avaliados, em uma base internacional foi criado o Sistema Harmonizado Globalmente *para a*

* Não utilizar água, exceto com a aprovação de um especialista

Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, denominado de GHS, abreviação de *The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals*.

O GHS trata-se de uma abordagem lógica e abrangente para:

- Definição dos perigos dos produtos químicos;
- Criação de processos de classificação que usem os dados disponíveis sobre os produtos químicos que são comparados a critérios de perigo já definidos;
- A comunicação da informação de perigo em rótulos e FISPQ (Fichas de Informação de Segurança para Produtos Químicos).

Muitos países, órgãos e agências reguladoras já têm sistemas implantados para cumprir todos ou alguns dos objetivos estabelecidos pelo GHS. Esses sistemas, no entanto, nem sempre são compatíveis, o que obriga as empresas a manter vários esquemas para atender as exigências de diferentes agências reguladoras nos EUA e dos países para os quais exportam (ABIQUIM, 2005)

O GHS não é uma regulamentação. As instruções apresentadas fornecem um mecanismo para atender à exigência básica de qualquer sistema de comunicação de perigos, que é decidir se o produto químico fabricado ou fornecido é perigoso e preparar um rótulo e/ou uma FISPQ apropriada. Os critérios de perigos físicos do GHS, desenvolvidos são baseados nos critérios existentes utilizados pelas Nações Unidas nas recomendações para o Transporte de Produtos Perigosos. Portanto, muitos dos critérios já são mundialmente utilizados. No entanto, algumas mudanças e adições foram necessárias, uma vez que o escopo do GHS inclui todos os públicos-alvo. O processo de classificação de perigos físicos traz referências específicas a métodos de testes e critérios de classificação aprovados. Os critérios de perigos físicos do GHS aplicam-se a misturas. Prevê-se que misturas químicas serão submetidas a testes para perigos físicos (ABIQUIM, 2005).

2.12.1. Perigos Físicos

- Explosivos
- Gases inflamáveis
- Aerossóis inflamáveis
- Gases oxidantes

- Gases sob pressão
- Líquidos inflamáveis
- Sólidos inflamáveis
- Substâncias auto-reativas
- Líquidos pirofóricos
- Sólidos pirofóricos
- Substâncias auto-aquecíveis
- Substâncias que, em contato com a água, emitem gases inflamáveis
- Líquidos oxidantes
- Sólidos oxidantes
- Peróxidos orgânicos
- Corrosivo aos metais

Os critérios do GHS para perigos ao meio ambiente e à saúde estão baseados em uma abordagem harmonizada dos sistemas de classificação existentes, conforme abaixo discriminado:

2.12.2. Perigos à saúde

- Toxicidade aguda
- Corrosão/Irritação da pele
- Danos/irritação séria nos olhos
- Sensibilização respiratória ou dérmica
- Mutagenicidade em células germinativas.
- Carcinogenicidade
- Toxicidade à reprodução
- Toxicidade sistêmica em órgão alvo – exposição única
- Toxicidade sistêmica em órgão alvo – exposição múltipla

- Perigoso por aspiração

2.12.3. Perigos ao meio ambiente

- Perigoso para o ambiente aquático
- Toxicidade aquática aguda
- Toxicidade aquática crônica
- Potencial de bioacumulação
- Degradabilidade rápida

2.13 METODOLOGIAS DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIA

A ocorrência de incêndios, explosões e a poluição ao meio ambiente estão entre os eventos adversos mais sérios, sendo na maioria das vezes, imprevisíveis e que afetam a vida, missão e objetivos da atividade de transporte rodoviário de produtos perigosos, com elevado impacto econômico. Acredita-se que a maioria desses acidentes podem ser evitados, ressaltando a afirmação de que “O sinistro só ocorre quando a prevenção é falha.”

As consequências de um acidente no transporte rodoviário de produtos perigosos, podem ser agrupadas em consequências para as pessoas, meio ambiente e sócio-econômicas. As consequências para as pessoas envolvem os impactos dentro e além dos portões das plantas industriais e das transportadoras de produtos perigosos, sobretudo nas rodovias. O impacto sobre o meio ambiente inclui a destruição da fauna e flora, poluição da atmosfera, contaminação do solo, entre outros. As consequências sócioeconômicas resultam da descontinuidade operacional pertinente ao transporte de produtos químicos.

DUARTE et al (2008) afirma que a metodologia para o gerenciamento dos riscos de incêndios e explosão foi estruturada para identificar as fontes de perigos interna e externa à organização, sendo baseada nos seguintes questionamentos:

1. O que pode dar errado?
2. Como pode dar errado? Como a organização e as suas barreiras de proteção (i.e. sistemas de proteção) irão reagir a eventos indesejáveis, ou seja, desvios do sistema e subsistemas.

3. Quais as consequências desses desvios?

A primeira e segunda etapas consistem na identificação dos perigos existentes no veículo que realiza transporte de produtos perigosos e estruturação da sequência de eventos com o potencial de degradar as barreiras de proteção e dispositivos de segurança presentes. Em seguida visualizam-se os cenários de possíveis danos à vida, meio ambiente e patrimônio, os quais deverão ser quantificados, sendo que a caracterização dos riscos é também função das condições meteorológicas e topografia da região.

O primeiro passo de um programa de gerenciamento dos riscos de incêndio e explosão é a estruturação para análise, sendo que no transporte rodoviário de produtos perigosos, envolve as seguintes etapas:

- a) como o veículo funciona e opera, descrição de características construtivas e dispositivos de segurança;
- b) identificação dos perigos;
- c) objetivos do gerenciamento.

É impossível mitigar um perigo que não pode ser identificado e compreendido, desta forma a identificação dos perigos é uma das mais importantes tarefas de um programa de gerenciamento de riscos. Identificação dos perigos é o processo pelo qual é feita uma investigação para detectar possíveis falhas com o potencial de degradar as barreiras de proteção do sistema (DUARTE et al, 2008). Para identificação de perigos no transporte rodoviário de produtos perigosos podem ser empregadas diversas técnicas qualitativas e quantitativas para detectar os possíveis eventos acidentais que podem ocorrer nessa atividade. Melo (2008) menciona que as técnicas mais utilizadas são: Análise Preliminar de Perigos (APP), Análise *What-If* (E-SE), Identificação de Perigos e Operabilidade (*Hazard and Operability* - HAZOP) e Análise de Modos de Falhas e Efeitos (*Failure Modes and Effects Analysis* - FMEA), ou alguma combinação dessas técnicas; ressaltando que a etapa de identificação de perigos deve ser adequadamente estruturada, visto que os riscos significativos não identificados serão excluídos das próximas análises.

Em seguida serão apresentadas as principais técnicas de identificação de perigos, utilizadas nas indústrias químicas, que podem ser aplicadas ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos, através de adaptações conceituais.

2.14 TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Identificação dos perigos é o processo pelo qual é feita uma investigação para detectar possíveis falhas com o potencial de degradar as barreiras de proteção do sistema (DUARTE et al., 2008). Para identificação de perigos no transporte rodoviário de produtos perigosos podem ser empregadas diversas técnicas qualitativas e quantitativas para detectar os possíveis eventos acidentais que podem ocorrer nessa atividade. Dentre as técnicas mais utilizadas, vale destacar:

2.14.1 Listas de checagem (*Checklist*)

Através desta técnica, diversos aspectos do sistema são analisados por comparação com uma lista de itens pré-estabelecidos, criada com base em processos similares, na tentativa de descobrir e documentar as possíveis deficiências do sistema. São comuns *checklists* de partes de equipamentos ou processos operacionais de unidades industriais e de procedimentos de segurança padronizados (REIS, 2007). Podem ser aplicados quando existe pouca ou nenhuma inovação, e quando todos os perigos já foram identificados em instalações similares, tornando-se insuficientes quando existem inovações.

2.14.2 Análise E-SE (*What-If*)

O desenvolvimento desta técnica se faz através de reuniões de questionamento sobre procedimentos, equipamentos e outros itens de um processo, produzindo possíveis cenários de acidentes, além de recomendações para os problemas levantados, utilizando uma metodologia que faz uso de uma sistemática técnico - administrativa que inclui princípios de dinâmica de grupo. Consiste em identificar os perigos potenciais que não foram observados em outras fases do estudo da análise de risco, sendo realizado um exame sistemático de operações ou processos, a partir do desenvolvimento de uma série de questionamentos, onde é necessária a participação de uma equipe multidisciplinar para responder esses questionamentos (MELO, 2008).

2.14.3 Identificação de Perigos e Operabilidade (Hazard and Operability - HAZOP)

O HAZOP é uma avaliação não quantificada dos perigos e dos problemas operacionais presentes em um processo industrial, não sendo uma determinação de falhas por excelência (REIS, 2007).

DUARTE et al (2008) define o HAZOP como um estudo qualitativo que fornece uma descrição completa do processo, citando que de um modo geral as seguintes questões são colocadas:

- Qual a intenção do projeto?
- Quais são os desvios que podem acontecer no projeto inicial?
- O que pode causar desvios no projeto inicial?
- Quais são as consequências dos desvios no projeto inicial?

O resultado do método é apresentado na forma de um quadro que contém as causas, efeitos e medidas preventivas (salvaguardas) para os diversos desvios em cada nó, seção ou subsistema do processo estudado (MELO, 2008).

2.13.4. Análise de Modos de Falhas e Efeitos (*Failure Modes and Effects Analysis - FMEA*)

É uma técnica de análise de risco qualitativa que tem a vantagem de identificar os diversos modos de falha dos equipamentos que compõem um sistema, determinando o efeito de cada um sobre seu desempenho. Permite que os efeitos indesejados em outros componentes e no próprio sistema sejam identificados e que a prevenção seja mais específica. Duarte et al. (2008) menciona que o FMEA identifica modos de falhas individuais que contribuem direta ou indiretamente para um incêndio e explosão.

2.14.5 Análise de Árvore de Falhas (AAF) (*Faul Tree Analyse - FTA*)

Consiste numa técnica baseada na lógica Boleana, que utiliza um modelo gráfico para representar a combinação de vários eventos (falhas) que podem gerar um evento topo (acidente) indesejado como, explosão, incêndios, entre outros. Esta técnica depende da definição de probabilidades de ocorrência de cada evento com base em banco de dados confiáveis (MELO, 2008).

2.14.6 Análise de Árvore de Eventos (AAE)

DUARTE et al., (2008) define a árvore dos eventos como um diagrama lógico que identifica a sequência no tempo de uma cadeia de eventos, sendo que cada galho representa uma sequência distinta de eventos, ou seja, um cenário. Fundacentro (2002) apud Melo (2008) afirma que esta técnica de análise de riscos consiste em esclarecer as consequências intermediárias e finais que podem decorrer de um determinado acontecimento inicial. AS/NZ (1999) apud Melo (2008) esclarece que a Análise de Árvore de Eventos tem como foco identificar as séries de eventos podem decorrer de um evento iniciador.

2.14.7 Análise Preliminar de Perigo (APP)

Através dessa técnica é possível identificar os acidentes que podem ocorrer na instalação, cujos resultados devem ser documentados, também abrangendo os subsistemas pertinentes, as causas e os dispositivos de segurança existentes. Fornece informações fundamentais sobre os riscos globais de uma instalação, sendo um importante aliado quando se requer agilidade na obtenção de resultados para uma rápida tomada de decisão e priorização na alocação de recursos em medidas preventivas e/ou mitigadoras de riscos. Os efeitos e danos esperados decorrentes dos riscos principais contemplam, explicitamente, os seguintes tipos a serem averiguados de forma isolada e agregada a saber: incêndios; explosões; danos a corpos d'água causados por vazamento de produtos perigosos; lesões ao público externo; lesões aos operadores; danos à propriedade; perda de equipamentos e instalações e perda de continuidade operacional (MELO, 2008).

2.15. CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

São indicadores de danos ou valores limites que devem ser quantificados (DUARTE et al. 2003). No transporte rodoviário de produtos químicos perigosos podem-se estabelecer critérios de desempenho para prevenir ou limitar:

- a) Impactos térmicos ou efeitos devidos a sobrepressão oriunda de explosões que podem afetar o ser humano ou danos a estruturas e equipamentos localizados nas proximidades, tais como: Fluxo de calor radiante, sendo que os fatores que contribuem para os efeitos térmicos são: distância entre o alvo e a fonte, temperatura de ignição do alvo, condutividade do material, densidade e capacidade

calorífica, características físicas do alvo e a geometria do alvo e da fonte; Sobrepensões provocadas por uma possível explosão de material líquido ou sólido

- b) Danos decorrentes da concentração ou deposição de substâncias químicas tóxicas e corrosivas, além dos produtos da combustão que podem afetar o ser humano, estruturas, equipamentos e meio ambiente.

Vale destacar a seguir níveis tóxicos de preocupação determinados por ALOHA, com base na seguinte hierarquia (EPA, 2014):

- Níveis guia de exposição aguda (AEGLs) : são usados preferencialmente porque eles são os melhores níveis tóxicos de preocupação para exposição pública até à data. Eles passam por um rigoroso processo de revisão. ALOHA só inclui os valores AEGL por um período de exposição de 60 minutos.
- Guias de planejamento de resposta a emergências (ERPGs): são baseados em dados experimentais, mas só estão disponíveis por um período de exposição de 60 minutos.
- Valores limites de critérios de proteção para produtos químicos (PACs): são conjuntos de dados que combinam todos os três sistemas comuns diretriz de exposição pública (AEGLs, ERPGs e TEELs) e implementa um sistema baseado na hierarquia para você.
- Limites de exposição temporaria de emergência (TEELs): são projetados para serem usados como limites de exposição para produtos químicos para que AEGLs ou ERPGs ainda não foram definidos.
- Limites imediatamente perigosas à vida e saúde (IDLH): são usados quando não há diretrizes de exposição pública definidos para um determinado produto químico. É um limite de exposição no local de trabalho que representa a concentração de um produto químico no ar para qual trabalhadores saudáveis podem ser expostos sem sofrer efeitos permanentes à saúde ou prejuízos à capacidade de escapar.

2.16 SIMULAÇÃO E MODELAGEM COMPUTACIONAL

São relacionados na Tabela 17 programas utilizados para estimar consequências em simulações de cenários de emergências com produtos perigosos e em auxílio no estudo

desenvolvimento de técnicas de identificação de perigos e avaliações de riscos (EPA, 2012; SENNE JÚNIOR, 2003; CARDOSO JÚNIOR, 2004).

Tabela 17 - Programas utilizados em simulações e estudo de desenvolvimento em cenários de emergências com produtos perigosos.

SOFTWARES	CARACTERÍSTICAS
ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)	Programa para realizar modelagens que estima zonas de ameaças associadas com liberação de produtos químicos perigosos, incluindo nuvens de gases tóxicos, incêndios e explosões. A zona de ameaça é uma área onde um perigo tem excedido um nível de preocupação específico, ou seja um valor limite de um perigo (toxicidade, flamabilidade, radiação térmica ou sobrepressão), constituindo usualmente um valor acima do qual uma ameaça para pessoa ou propriedade pode existir.
BLEVE incident Simulator - BIS	Programa de cálculo interativo que permite estudar as consequências com tanques de diferentes tamanhos, tipos de fogo e proteção dos tanques. Entre as possibilidades de análise inclui-se explosão, projéteis, bola de fogo e explosões de nuvem de vapor.
HAZMAN, RISKMAN, MIDAS	É um pacote de programa para ajudar no estudo de desenvolvimento de HAZOP e análise preliminar de perigos. O RISKMAN é um pacote para avaliação de riscos quantitativo integrado. MIDAS é um programa para avaliação de dispersão atmosférica e informações meteorológicas.
Process Hazard Analysis Software Tools (PHASt)	Simulação das hipóteses acidentais (ocorrências de liberações de substâncias tóxicas e inflamáveis) e identificação de suas consequências.
RMP-Comp (versão 1.07)	Calcula em função da substância e demais condições de transporte (pressão, volume, cenário acidental) a distância limite (End Point), para a ocorrência de efeitos catastróficos, sendo utilizado como parâmetro a sobrepressão de 1 psi.

3. METODOLOGIA

A planificação deste trabalho envolve a realização das seguintes atividades e a colaboração de profissionais da Administração Portuária, Corpo de Bombeiros e empresas localizadas na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE e circunvizinhanças:

- Obtenção de cópias dos relatórios de ocorrências atendidas pelos bombeiros militares da Seção de Bombeiros (SB) de SUAPE do 2º Grupamento de Incêndio (GI) do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco (CBMPE), pertinentes ao transporte rodoviário de produtos perigosos em SUAPE e circunvizinhanças;
- Montagem de um histórico de acidentes pertinentes a este tipo de emergência, constando data, local, resumo da ocorrência e classificação em pequeno, médio e grande porte, além do número de mortos e feridos;
- Realização de visitas para obtenção de informações e documentos dos bombeiros militares e profissionais acima citados, além dos Planos de Emergência Locais e Mapas de Situação pertinentes à SUAPE e circunvizinhanças;
- Estabelecimento de vários cenários de acidentes e aplicação da técnica de Análise Preliminar de Perigo (APP), com base no histórico de acidentes supracitado e experiência profissional do autor;
- Utilização do programa computacional ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) que permite estimar as consequências dos efeitos físicos presentes e fenômenos em estudo, de acordo com os cenários acidentais identificados e com as características e comportamento das substâncias envolvidas.

Para efetuar o preenchimento de uma planilha de APP padronizada, para cada cenário identificado, são utilizadas as Tabelas 18, 19 e 20 estabelecidas em Melo (2008) e modelo de planilha demonstrada na Figura 42 contendo 9 (nove) colunas, as quais podem ser preenchidas conforme as descrições apresentadas a seguir:

1ª Coluna: Cenário – Contém uma numeração sequencial dos cenários de acidentes plausíveis de ocorrências no transporte rodoviários de produtos químicos perigosos em SUAPE, identificados por pontos de referência próximos a empreendimentos, centros de ensino e aprendizagem profissional, engenhos, rodovias ou respectivos trechos...

2ª Coluna: Perigo - Contém os perigos identificados nos subsistemas analisados, que possam causar danos às pessoas próximas do veículo que transporta produto químico perigoso, à comunidade, ao meio ambiente e à propriedade.

3ª Coluna: Causas - Contém as causas que dão origem a cada perigo, envolvendo as falhas ocorridas (mecânicas e erros humanos) no cenário analisado.

4ª Coluna: Modo de detecção do perigo - Contém os modos disponíveis pertinentes à comunicação de acidente com o veículo que transporta produto químico perigoso para detecção dos perigos indicados na 2ª coluna. A detecção poderá ser realizada através de sistemas de monitoramento à distância ou não, através de inspeções ou outro método.

5ª Coluna: Efeitos - Contém os efeitos provocados por cada evento acidental, devendo ser explicitados tanto os efeitos internos como os externos ao veículo que transporta produto químico perigoso.

6ª Coluna: Categorias de consequência - De acordo com os cenários de acidentes, são definidas as categorias de consequência (severidade), com indicação qualitativa, para as pessoas, comunidade, continuidade operacional e o meio ambiente.

7ª Coluna: Categorias de frequência - Contém indicações qualitativas da frequência esperada de ocorrência de cada um dos cenários de acidentes identificados.

8ª Coluna: Categorias de risco - Nesta coluna há os níveis de risco correspondentes às pessoas, à comunidade, à continuidade operacional e ao meio ambiente, identificados em cada cenário, resultantes da combinação da frequência com a consequência.

9ª Coluna: Observações/ Recomendações - Podem ser contidas algumas recomendações ou medidas preventivas e/ou mitigadoras, propostas pela equipe de realização da APP, referentes aos cenários de acidentes.

Observando a Figura 45, verifica-se que a planilha padronizada adotada na metodologia estabelecida em Melo (2008), permite identificar os cenários de acidentes obtidos seqüencialmente, classificando-os em categorias de consequência, seja para as pessoas, continuidade operacional, comunidade e meio ambiente, bem como em categorias de risco de forma individualizada; entretanto, a indicação qualitativa da categoria de frequência esperada refere-se à ocorrência dos cenários de acidentes identificados.

Melo (2008) ressalta que o risco de um evento acidental obtido de uma análise qualitativa poderá ser baixo para as pessoas, comunidade e meio ambiente, mas, por outro

lado, poderá ser médio para a continuidade operacional, sendo possível estabelecer prioridades para tomar ações corretivas e avaliar a tolerabilidade dos riscos obtidos a partir dessa indicação qualitativa do nível de risco.

Nas Tabelas 18, 19 e 20 foram incluídas várias adaptações efetuadas pelo autor pertinentes às descrições das categorias de consequências, frequências e de risco da metodologia supracitada para conceitos e definições, empregados em emergências com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos.

Tabela 18 - Categorias de consequência (contínua)

Categorias de consequência	Descrições das conseqüências			
	I - Insignificante	II - Menor	III - Moderada	IV - Catastrófica
Pessoas	Ocorrem no máximo ferimentos leves em motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência e requeiram primeiros socorros.	Ocorrem lesões ou ferimentos leves em motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência e requeiram primeiros socorros.	Ocorrem lesões graves em motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência. Requer tratamento médico. Não há casos de morte de funcionários.	Ocorrem mortes ou lesões gravíssimas que podem causar mortes em motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência.
	Não provoca repercussão entre os motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência.	Não provoca repercussão entre os motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência.	Pode ocorrer invalidez parcial permanente nas pessoas que atuaram na emergência .	Ocorre invalidez parcial ou total permanente.
	Não ocorre afastamento do trabalho ou desconforto em motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência em decorrência do acidente.	Não ocorre afastamento do trabalho ou desconforto dos motoristas das transportadoras e de funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência em decorrência do acidente.	Provoca menor repercussão entre os motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência.	Provoca maior repercussão entre os motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência .
Comunidade	Não ocorre afastamento do trabalho ou desconforto em motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência em decorrência do acidente.	Ocorre afastamento dos motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência em decorrência de lesões crônicas ou agudas.	Ocorre afastamento dos motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência em decorrência de lesões crônicas ou agudas.	Ocorre afastamento dos motoristas das transportadoras e funcionários de órgãos públicos e empresas privadas que atuaram na emergência e mortes, em decorrência de lesões crônicas ou agudas.
	Não causa incômodo às pessoas que residem na circunvizinhança e trabalhadores das empresas locais (e.g. ruído, odor, etc.).	Causa incômodo às pessoas que residem na circunvizinhança e trabalhadores das empresas locais .	Provoca lesões/ ferimentos em pessoas que residem na circunvizinhança e trabalhadores das empresas locais.	Provoca mortes em pessoas que residem na circunvizinhança e trabalhadores das empresas locais.

Tabela 18 - Continuação.

Categorias de consequência	Descrições das consequências			
	I - Insignificante	II - Menor	III - Moderada	IV - Catastrófica
Continuidade operacional	Não provoca interrupções ao transporte de produtos químicos perigosos pelo veículo que sofreu o acidente..	Ocorrem interrupções ao transporte de produtos químicos perigosos pelo veículo que sofreu o acidente por no mínimo, 8 horas.	Ocorre redução significativa ao transporte de produtos químicos perigosos pelo veículo que sofreu o acidente e. Pode requerer parada das operações por um tempo de, no mínimo, 72 horas.	Ocorre parada total do transporte de produtos químicos perigosos pelo veículo que sofreu o acidente por um tempo maior do que 6 meses.
Meio ambiente	Não ocorrem danos ambientais.	Ocorrem danos ambientais restritos ao veículo que transporta produto(s) químicos perigoso(s).	Ocorrem danos ambientais na circunvizinhança e empresas locais, entretanto as atividades de recuperação permitem recuperar o local afetado. As concentrações lançadas no meio ambiente são pequenas, permitindo que o meio ambiente se auto recupere.	Ocorrem danos ambientais irreversíveis na circunvizinhança e empresas locais.

Tabela 19 - Categorias de frequência.

CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
RR	Rara	Possível de ocorrer em circunstâncias especiais.
RE	Remota	Possível de ocorrer uma vez durante o ciclo de vida útil do veículo que transporta produto químico perigoso.
OC	Ocasional	Deve ocorrer pelo menos uma vez durante o ciclo de vida útil do veículo que transporta produto químico perigoso.
PR	Provável	Deve ocorrer mais de uma vez durante o ciclo de vida útil do veículo que transporta produto químico perigoso sempre que houver distúrbios no transporte dentro da normalidade.
FR	Frequente	Deve ocorrer constantemente durante o ciclo de vida útil do veículo que transporta produto químico perigoso.

Tabela 20 - Categorias de risco (contínua).

Número	Categoria	Características
1	Baixo	<p>O risco é considerado tolerável</p> <p>Os sistemas de controle e de segurança são adequados, não necessitando de medidas adicionais.</p> <p>Sistemas de segurança e os sistemas de proteção favorecem a manutenção das condições normais dos veículos que transportam produtos químicos perigosos.</p> <p>Os procedimentos de rotina, tais como operacionais, inspeção, manutenção preventiva e treinamento de pessoal, contribuem para a redução de ocorrência de falhas.</p>
2	Médio	<p>Se mantido sob controle, o risco é considerado tolerável.</p> <p>É necessário verificar confiabilidade dos sistemas de controle e de segurança.</p> <p>Pode ser necessário inserir controles adicionais para reduzir o risco.</p> <p>É necessário que a gerência estabeleça ordens de prioridade para alocação de recursos e medidas preventivas.</p>

Tabela 20 - Continuação.

Número	Categoria	Características
3	Alto	<p>O risco é considerado tolerável, sendo analisado se os benefícios e os custos são compensatórios; entretanto, é necessário reduzi-lo para a categoria de risco médio, por meio de providências alternativas que reduzam tanto a frequência como a consequência.</p> <p>O risco alto deve ser reduzido a categoria 2 de acordo com as políticas do programa de gerenciamento de risco e legislações existentes.</p> <p>É necessário que a alta administração esteja ciente de todos os perigos para que possa tomar ações corretivas a fim de que evite o desdobramento em catástrofes.</p>
4	Extremo	<p>O risco extremo é considerado intolerável; entretanto, é necessário reduzi-lo para o nível de risco médio, por meio de métodos alternativos que reduzam tanto a frequência como a consequência.</p> <p>Nesse nível de risco, admite-se que os sistemas de controle e sistemas de segurança não são eficazes para impedir a ocorrência do acidente.</p> <p>Exige-se eliminação, redução ou controle desses riscos.</p>

Vale ressaltar que foram realizadas pelo autor adaptações pertinentes às descrições das categorias de risco da planilha de APP estabelecidas em Melo (2008) para conceitos e definições, empregados em emergências com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos, com destaque final para:

- Sistema de controle: é o monitoramento do veículo que transporta produto perigoso por GPS, além da comunicação freqüente com o motorista;
- Sistemas de segurança e de proteção: são prevenções tais como: rótulos de riscos, painéis de segurança e notas fiscais com identificação do produto químico e envelope de emergência com os procedimentos iniciais a serem adotados em caso de acidentes, extintores de incêndio, válvulas de paragem e realização de curso de movimentação de produtos químicos especiais (MOPE) pelo motorista que possui capacete e óculos de segurança, cones e fitas para isolamento;
- Controles adicionais: são fiscalizações e vistorias com participação das policias rodoviárias, órgãos ambientais, defesa civil, corpos de bombeiros em rodovias, além de inspeções efetuadas em veículos que transportam produtos químicos perigosos por funcionários das transportadoras em vários pontos do trajeto.

Com o objetivo de minimizar a frequência e consequências de acidentes pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos no Complexo Industrial Portuário de SUAPE em pessoas, meio ambiente e socioeconômicas, vale citar algumas providências alternativas (barreiras de proteção), com estabelecimento de medidas preventivas e mitigadoras (MELO,2008):

- Exames de saúde, acompanhamento psicológico, intensificação de treinamentos e reciclagens em direção defensiva, cursos MOPE e simulados emergenciais para os condutores de veículos que realizam transporte rodoviário de produtos químicos perigosos;
- Melhoria das condições de segurança no trabalho em função da elevação do número de condutores de veículos que realizam transporte rodoviário de produtos químicos perigosos constantes no quadro de funcionários nas empresas que exercem tal atividade e conseqüente redução da carga horária de trabalho dos respectivos profissionais;
- Recuperação periódica e melhoria das condições físicas da malha rodoviária;
- Otimização do Plano de Auxílio Mútuo (PAM) de SUAPE e do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Perigosos- P2R2 (modal rodoviário), com aquisição de viaturas AEPP e BT para SB de SUAPE, implantação de CPRH e SAMU no município de Ipojuca e na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE com redução do tempo resposta, visando ser modelo de excelência nas atividades de prevenção e no atendimento emergencial na respectiva área de abrangência.

Com base na metodologia estabelecida em Melo (2008), as categorias conclusivas de consequência, frequência e níveis de risco, obtidas a partir da hibridização da hierarquização dos riscos, são vistas nas Tabelas 18, 19 e 20, respectivamente. A Matriz de Riscos adotada nesta metodologia é vista na Tabela 21 a seguir.

Tabela 21: Matriz de risco.

Categorias de frequência	Categorias de Consequências			
	Insignificante I	Menor II	Moderado III	Catastrófica IV
Frequente (FR)	MÉDIO	ALTO	EXTREMO	EXTREMO
Provável (PR)	MÉDIO	ALTO	ALTO	EXTREMO
Ocasional (OC)	BAIXO	MÉDIO	ALTO	EXTREMO
Remota (RE)	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO
Rara (RR)	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adotando a metodologia para o desenvolvimento mencionada no capítulo anterior, foi montado um histórico de acidentes e estabelecimento de cenários plausíveis de ocorrências, pertinentes ao Transporte Rodoviário de Produtos Químicos Perigosos na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE.

4.1 HISTÓRICO DE ACIDENTES

A partir da obtenção de cópias dos relatórios de ocorrências atendidas a partir de 12/2007 pelos bombeiros militares da Seção de Bombeiros (SB) de SUAPE do 2º Grupamento de Incêndio (GI) do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco (CBMPE), pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE e circunvizinhanças, foi construído um histórico de acidentes, utilizando ainda informações sobre propriedades físico-químicas das fichas de informação de produto químico e classificação de substâncias inflamáveis existente no Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de Riscos P4.261 (CETESB, 2003), incluindo dados pertinentes à caracterização da rota (SUAPE, 2014).

Este levantamento foi realizado com várias dificuldades, destacando:

- Erros e ausências de informações relevantes que foram detectadas nos relatórios de serviços operacionais realizados, com destaque para localização do acidente, identificação do produto, área atingida, volume do vazamento, volume do tanque do veículo que realiza transporte rodoviário de produtos químicos perigosos...
- Inexistência de um histórico de acidentes padronizado por parte dos órgãos públicos, baseado em modelo para acidentes químicos ampliados, registrado no banco de dados MHIDAS- Major Hazard Incident Data Service estabelecido em Melo (2008);
- Necessidade de maiores conhecimentos e treinamentos na área de emergências com produtos químicos perigosos pelos bombeiros militares que efetuam o preenchimento das referidas documentações, bem como maior fiscalização no registro e arquivamento destes dados.

A coleta e registro de acidentes com produtos químicos perigosos não é de caráter regional. Possui abrangência nacional, com exceção de poucos estados como São Paulo, onde existe há vários anos uma coordenação integrada e parcerias entre órgãos públicos e empresas privadas na prevenção, preparação e resposta rápida a emergências ambientais.

Tabela 22 - Acidentes com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em SUAPE (contínua).

Data(s)	Local	Resumo da ocorrência (porte/ classificação da ocorrência)	Mortos/ Feridos
19/02/2008	Rodovia PE 60 Km 22 Camela	Acidente entre caminhão tanque que transportava 5000 L de etanol-líquido facilmente inflamável do nível 3/ ponto de fulgor (PF)=17,8°C vaso aberto (V.AB.) e PF=12,8°C vaso fechado (V.FEC). e 10000 L gasolina -líquido facilmente inflamável do nível 3 /ponto de fulgor (PF) < -17,7°C(V.AB.) e um veículo auto-passeio. O tanque se despreendeu do caminhão e capotou, havendo vazamento de cerca de 5000 L de álcool e gasolina, sendo acionados 1(um) autobomba tanque ABT, 1(um) auto resgate AR, 1(uma) ambulância do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), PMPE. As vítimas, motoristas do caminhão tanque e do veículo autopasseio, foram socorridas pelo SAMU e AR do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco (CBMPE). Foram realizados serviços de contenção do combustível derramado através de barreiras de terra e resfriamento com líquido gerador de espuma (LGE) para prevenir atmosfera explosiva, transbordo do combustível e houve necessidade de um guincho para remoção do caminhão do local. Ocorrência de médio porte. Área com terras de características ambientais diversas e rodovia.	0/2
12/04/2008	Rodovia PE- 60 na entrada do Engenho Massangana/ Cabo de Santo Agostinho próximo à entrada de SUAPE-PE	Tombamento de carreta com capacidade de 40.000 L que transportava etanol na rodovia. Houve rompimento do tanque, vazamento do produto e chamas que destruiu moto que trafegava na mesma via. A vítima (motorista) foi socorrida pelo SAMU e sofreu escoriações. Houve atuação de 02 (dois) Oficiais bombeiro militares (BM) Major (Maj) e Capitão (Cap), 02 (dois) ABT e 01(uma) viatura (VT) do Batalhão de Policiamento Rodoviário da Polícia Militar de Pernambuco (BPRv/PMPE). Ocorrência de médio porte. Zona industrial, de centrais administrativas e rodovia.	0/ 1

Tabela 22 - Continuação.

Data(s)	Local	Resumo da ocorrência (porte/ classificação da ocorrência)	Mortos/ Feridos
06/2008	Rodovia TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANS- PORTE/ SUAPE-PE	Colisão entre Carreta que transportava combustível não identificado e motocicleta. Não houve vazamento do produto, não houve incêndio. A vítima (motociclista) faleceu. Foram acionados 1(um) AR, Instituto de Criminalística (IC)- IML(Instituto de Medicina Legal), Polícia Militar de Pernambuco (PMPE). Ocorrência de médio porte. Zona industrial, de centrais administrativas próxima ao rio Massangana, estuários dos rios Jaboatão, Pirapama e rodovia.	1 / 0
07/2008	Rodovia PE-60 próximo a SENAT e Engenho Algodas/ SUAPE-PE.	Tombamento de carreta que transportava produto químico não identificado. Foi acionado 1(um) ABT, mas não houve vazamento do produto químico e não ocorreu incêndio, não havendo atuação do CBMPE.Ocorrência de pequeno porte. Zona de preservação ecológica (terras com características ambientais diversas) , industrial e rodovia.	0/0
27/09/2008	Rodovia BR-101 SUL, Ponte dos Carvalhos, próximo ao Posto da Polícia Rodoviária Federal (PRF)/ Cabo de Santo Agostinho/PE	Capotamento de carreta tanque com incêndio. Transportava combustíveis -15000L de etanol e 15000L de gasolina. Houve atuação de 02(dois) ABT, 01(um) AT e 01(uma) VT da Polícia Rodoviária Federal (PRF). Houve combate a incêndio pelo Corpo de bombeiros, veículo totalmente envolvido em chamas. A vítima (condutor), homem com 42 anos, teve o corpo totalmente carbonizado. A carreta tanque e o cavalo mecânico ficaram totalmente destruídos devido ao incêndio provocado pela queima do volume total dos combustíveis que transportava. Ocorrência de médio porte. Área industrial e urbana, terras com características ambientais diversas e rodovia.	1/0

Tabela 22 - Continuação.

Data(s)	Local	Resumo da ocorrência (porte/ classificação da ocorrência)	Mortos/ Feridos
14/11/2008	BR-101 S/N Km 98 Capunga – Cabo de Santo Agostinho/ PE, próximo à Fábrica da Caninha 51	Container contendo produto químico perigoso sem identificação ONU, com nome comercial NEXCOAT NX795, caiu de uma carreta tanque, proporcionando vazamento de líquido corrosivo estimado em 15 ton. Área isolada 100 m ² , Área contaminada estimada 20 m ² Houve atuação de 01 ABT e apoio da PRF, sendo realizado isolamento, neutralização e retirada do container, utilizando 02 guinchos. Ocorrência de médio porte. Área industrial, terras com características ambientais diversas e rodovia.	0/0
24/03/2009	PE-60 S/N Centro do Cabo de Santo Agostinho/ PE.	Acidente com veículo que realiza transporte rodoviário de produto químico perigoso. Houve pequeno vazamento de etanol na pista. Foi acionado 01 ABT, mas o problema já tinha sido solucionado, não havendo atuação do CBMPE. Ocorrência de pequeno porte. Área urbana e industrial, terras com características ambientais diversas e rodovia.	0/0
26/03/2009	Pontezinha - Cabo de Santo Agostinho/PE - Estrada de Curcurana	Acidente com veículo que realiza transporte rodoviário de produto químico perigoso não identificado. Ocorreu um atropelamento, sendo acionado 01 AR, mas a vítima foi socorrida por um veículo que passava pelo local. Ocorrência de pequeno porte. Entorno: Área urbana, terras com características ambientais diversas e rodovia.	0/1
09/09/2009	PE-60 Km 1 SUAPE- COHAB, Cabo de Santo Agostinho- PE.	Vazamento de aproximadamente 2000L de etanol de um caminhão tanque do tipo bitrem (02 tanques), sendo que o vazamento ocorreu no segundo tanque. Houve atuação de 01 ABT e 01 VT. BPRv/PMPE, foram utilizados 5000 L de água, sendo realizada a contenção do vazamento. Ocorrência de médio porte. Área urbana e industrial, terras com características ambientais diversas e rodovia.	0/0

Tabela 22 - Continuação.

Data(s)	Local	Resumo da ocorrência (porte/ classificação da ocorrência)	Mortos/ Feridos
30/01/2010	Av. Portuária s/n° - Ipojuca-PE, curva do TECON	Veículo que realiza transporte rodoviário de óleo diesel - líquido inflamável do nível 2/PF=51,7°C com capacidade de 30.000 L. Houve risco iminente de vazamento da carga de óleo diesel, com atuação da segurança portuária (isolamento) e 01 ABT (prevenção), sendo realizado transbordo de combustível de um caminhão para outro com área isolada de 100 m2. Ocorrência de pequeno porte. Zona industrial portuária, próxima de estuários dos Rios Ipojuca, Tatuoca, Merepe, Oceano Atlântico e rodovia.	0/0
18/02/2010	Rodovia TDR SUL, Eng. Massangana, em frente à Refinaria Abreu e Lima, Ipojuca-PE, próximo da SB do CBMPE, SUAPE.	Princípio de incêndio em caminhão tanque com dois cavalos mecânicos que transportava 42.500 L de etanol, iniciado no pneu traseiro interno do primeiro cavalo. O condutor do caminhão utilizou 02 extintores de pó químico seco (PQS) de 12Kg para extinção do incêndio. Houve atuação de 1 ABT que realizou resfriamento do pneu queimado. Ocorrência de pequeno porte. Zona industrial, de centrais administrativas próxima ao rio Massangana, estuários dos rios Jaboatão, Pirapama e rodovia.	0/0
19/03/2011	Rodovia PE 60 – Centro do Cabo, de Santo Agostinho /PE na segunda lombada eletrônica, próximo à Churascaria Portal do Sol.	Acidente com carreta que realiza transporte rodoviário de óleo diesel. Houve atropelamento, com duas vítimas fatais e vazamento do combustível. Houve acionamento de VT. PMPE, IC- IML, 1 AR, além de 1 ABT para providenciar lavagem de pista com utilização de 2500 L de água e 05 L de extrato formador de espuma (EFE). Ocorrência de médio porte. Área urbana e industrial, terras com características ambientais diversas e rodovia.	2/0

Tabela 22 - Continuação.

Data(s)	Local	Resumo da ocorrência (porte/ classificação da ocorrência)	Mortos/ Feridos
03/05/2011	Rodovia PE 60 – Próximo ao Centro de Ipojuca, na entrada de Porto de Galinhas.	Colisão entre um ônibus e Caminhão do tipo gaiola que transportava vários butijões de gás liquefeito do petróleo (GLP) – gás altamente inflamável do nível 4/ PF = -104,4 °C (propano) e PF=-60 °c (butano). Não houve vazamento de GLP, pois os butijões estavam vazios. Houve acionamento de 1 ABT para o local, mas não houve atuação de unidade tática de incêndio (UTI). Ocorrência de pequeno porte. Área com terras de características ambientais diversas e rodovia.	0/0
27/07/2011	Rodovia PE 60 – Próximo ao posto do BPRv/ PMPE	Abalroamento do caminhão tanque com líquido inflamável não identificado em 02(duas) palmeiras. Houve perda total da cabine, sendo que não houve vazamento de carga. Foi realizado isolamento e transbordo após chegada de encarregado da transportadora. Houve acionamento de 1 ABT e posteriormente 01 autotanke (AT) ao local para realizar a prevenção, além de 01 autobusca e salvamento (ABS) para realização de corte das palmeiras. Ocorrência de pequeno porte. Área industrial, terras com características ambientais diversas e rodovia.	0/0
23/08/2012	BR 101 – Centro do Cabo, de Santo Agostinho-PE, próximo à LANXESS - Petroquímica.	Colisão de um caminhão com um caminhão tanque que se encontrava na parte externa de Petroquímica, carregado de etenilbenzeno-líquido facilmente inflamável do nível 3/PF=33,9°C vaso aberto (V.AB.) e PF=31,1°C vaso fechado (V.FEC). Foi realizada identificação do produto, isolamento e contenção do vazamento por funcionários da Petroquímica (brigada de emergência). Houve acionamento do Oficial de Área BM– Tenente (Ten), gerente de produção da empresa, 02 ABTs ao local para realizar a prevenção e operações supramencionadas e PMPE. Ocorrência de médio porte. Área urbana e industrial, terras com características ambientais diversas e rodovia	0/0

Tabela 22 - Continuação.

Data(s)	Local	Resumo da ocorrência (porte/ classificação da ocorrência)	Mortos/ Feridos
30/10/2012	Rodovia PE 60 – Ipojuca	Acidente com caminhão tanque que transportava 25000 L de óleo diesel e gasolina. Houve tombamento em uma barreira e incêndio, com destruição total do caminhão e da carga. Houve acionamento de 01 ABT, 01 AT, 01 ABS e 01 AR, PMPE com utilização de 15.0000 L de água e 450 L de EFE (estimado) para extinção do sinistro. Ocorrência de médio porte. Área urbana, terras com características ambientais diversas e rodovia	0/0
14/02/2013	Rodovia PE 60 – Ipojuca, Km 4 após entrada de Sirinhaem	Colisão de caminhão tanque que transportava 30000L de combustível auto motor (gasolina e etanol) com caminhão baú que transportava eletrônicos. Houve acionamento de 01 ABT e PMPE, sendo que não houve registro de incêndio ou vazamento de combustível no local. Ocorrência de pequeno porte. Área urbana, terras com características ambientais diversas e rodovia.	0/0
11/03/2013 12/03/2013 14/03/2013	Rodovia BR 101 SUL – Cabo de Santo Agostinho/PE – Charneca, próximo ao SESI.	Tombamento de carreta tanque (bitrem) com capacidade de 30000L que transportava 24000L de etanol com derramamento do produto em um lago, tanque avariado e destruição do veículo. Houve acionamento de 02 ABT e 01 AT, PMPE, PRF (viatura e dois patrulheiros), Guarda de Trânsito Municipal e CELPE (veículo com inspetor) e guincho particular, sendo que não houve registro de incêndio. O volume estimado de vazamento foi de 24000L de álcool, sendo realizadas ações de identificação, isolamento (600 m ²), contenção, neutralização, prevenção contra incêndio, transbordo e retirada do caminhão tombado no acostamento, com lavagem de pista devido a vazamento de etanol no solo, com acionamento do transportador. O motorista já tinha sido socorrido, antes da chegada do CBMPE. Ocorrência de médio porte. Área urbana e industrial, terras com características ambientais diversas e rodovia.	0/1

Tabela 22 - Continuação.

Data(s)	Local	Resumo da ocorrência (porte/ classificação da ocorrência)	Mortos/ Feridos
22/04/2013	PE 60 – Cabo de Santo Agostinho-PE, Rosário, próximo ao SENAT.	Tombamento de caminhão tanque de combustível não identificado que saiu da rodovia, caiu na ribanceira. Houve incêndio e explosão, sendo que o veículo ficou totalmente queimado e destruído pelo fogo. Houve atuação do Oficial de Área BM (Ten) com um 01 auto comando operacional ACO, além do acionamento de 02 ABTs, 01 AT e PMPE. Foram realizadas ações de isolamento, extinção de incêndio e rescaldo, sendo utilizadas oito bombonas de 20 L de EFE e 15000L de água. Ocorrência de médio porte. Zona de preservação ecológica (terras com características ambientais diversas), industrial e rodovia.	0/0
08/05/2013	BR101 SUL- Cabo de Santo Agostinho-PE, Charneca, em baixo da passarela.	Princípio de incêndio na parte elétrica de um caminhão que transportava GLP, sendo controlado pelo próprio motorista. Houve acionamento de 01 ABT e PRF. Ocorrência de pequeno porte. Área com terras de características ambientais diversas, próxima ao Rio Pirapema, açude e rodovia.	0/0
13/07/2013	SUAPE- Ipojuca próximo da curva do boi na Av. Portuária	Tombamento de carreta tanque que transportava 32000L de gasolina, com vazamento de cerca de 9000L do combustível. Houve atuação do Oficial de Área BM (Ten) e acionamento de 02 ABTs, 01 veículo de resgate do consórcio atlântico sul, perito criminal, guarda portuária e viatura da PMPE. Foram realizadas ações de identificação, isolamento (30000 m ²), contenção e transbordo. O motorista foi socorrido pelo veículo de resgate do consórcio atlântico sul. Foi registrado uma estimativa de área contaminada de 300 m ² , que o combustível derramado adentrou no sistema ambiental do mangue próximo da curva do boi na Av. Portuária e que o transportador foi a destinação final do produto. Ocorrência de médio porte. Zona de preservação ecológica (terras com características ambientais diversas), industrial portuária, próxima de estuário do Rio Ipojuca e rodovia.	0/1

É importante observar que o Plano de Emergência para Transporte de Produtos Perigosos – **PREVINE** define a classificação do porte das ocorrências elencadas no presente trabalho (CPRH, 2001).

Tabela 23 - Produtos Químicos Perigosos detectados em ocorrências com Transporte Rodoviário na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE e circunvizinhança no período de 2008 a 2013. Classificação segundo Manual de para Atendimento a Emergências com Produtos Perigosos ABIQUIM (2006).

PRODUTOS/ CLASSIFICAÇÃO	OCORRÊNCIAS
Combustível não identificado	3
Etanol, etenilbenzeno, gasolina e óleo diesel /líquido inflamável	17
Gás liquefeito do petróleo/gás inflamável	2
Produto químico não identificado	3

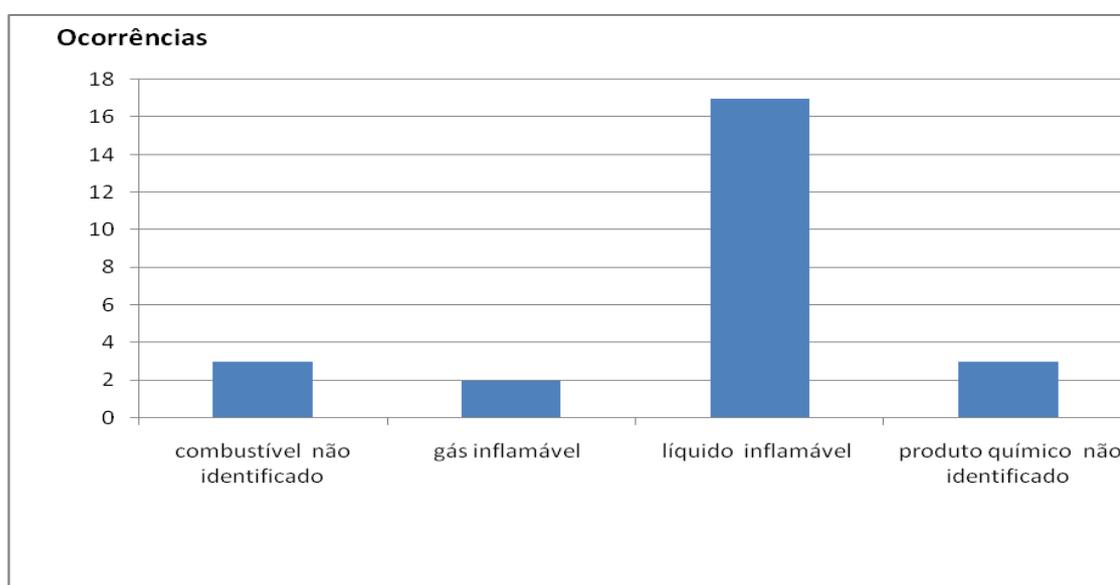


Figura 43 - Gráficos de colunas pertinente à Tabela 23.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS E TOXICOLÓGICAS DOS PRODUTOS QUÍMICOS

Na Tabela 24 são apresentadas as principais características físicas químicas e toxicológicas dos produtos químicos que são de grande importância para análise de vulnerabilidades dos cenários plausíveis de ocorrências, pertinentes ao Transporte Rodoviário de Produtos Químicos Perigosos na região de SUAPE.

Tabela 24 - Características dos produtos químicos utilizados no transporte rodoviário em SUAPE (contínua).

Produtos químicos	Propriedades físicoquímicas	Riscos à saúde
Etanol (C ₂ H ₆ O)	Estado físico: Líquido aquoso Cor: Incolor Odor: Irritante Limite de flamabilidade inferior no ar, em % volume: 3,3% Limite de flamabilidade superior no ar, em % volume: 19% Ponto de fulgor: 17,8°C (V.AB.) e 12,8°C (V.FEC.)	A inalação ou contato com o material pode irritar ou provocar queimaduras na pele e olhos. O fogo pode produzir gases irritantes, corrosivos ou tóxicos. Vapores podem causar tonturas ou asfixia. As águas de diluição do controle do fogo podem causar poluição.
Etenil benzeno-estireno (C ₈ H ₈)	Estado físico: Líquido aquoso Cor: Incolor a amarelo claro Odor: Doce agradável Limite de flamabilidade inferior no ar, em % volume: 1,1% Limite de flamabilidade superior no ar, em % volume: 6,1% Ponto de fulgor: 33,9 °C (V.AB.) e 31,1°C(V.FEC.)	A inalação ou contato com o material pode irritar ou provocar queimaduras na pele e olhos. O fogo pode produzir gases irritantes, corrosivos ou tóxicos. Vapores podem causar tonturas ou asfixia. As águas de diluição do controle do fogo podem causar poluição.
GLP (Propano- C ₃ H ₈ / Butano - C ₄ H ₁₀)	Estado físico: Gás comprimido líqüefeito Cor: Incolor Odor: Suave Limite de inflamabilidade inferior no ar, em % volume: 2,2% Limite de inflamabilidade superior no ar, em % volume: 9,5% Ponto de fulgor: -104,4 °C (propano) e -60 °C (butano)	A inalação dos vapores pode causar tontura ou asfixia de forma inesperada. Pode ser irritante se inalado em altas concentrações. O contato com o gás ou o gás líqüefeito pode cusar queimaduras na pele e lesões por congelamento. O fogo pode produzir gases irritantes ou tóxicos.

Tabela 24 - Continuação.

Produtos químicos	Propriedades físicoquímicas	Riscos à saúde
Óleo diesel Hidrocarboneto (mistura)	Estado físico: Líquido oleoso Cor: Marrom amarelado Odor: De óleo combustível ou lubrificante Limite de inflamabilidade inferior no ar, em % volume: 1,3% Limite de inflamabilidade superior no ar, em % volume: 6% Ponto de fulgor: 1- D = 37,8 °C (vaso fechado) e 2- D = 51,7 °C (vaso fechado)	A inalação ou contato com o material pode irritar ou provocar queimaduras na pele e olhos. O fogo pode produzir gases irritantes, corrosivos ou tóxicos. Vapores podem causar tonturas ou asfixia. As águas de diluição do controle do fogo podem causar poluição.
Gasolina - n-octano Hidrocarboneto (mistura)	Estado físico: Líquido aquoso Cor: Incolor Odor: Irritante Limite de inflamabilidade inferior no ar, em % volume: 8,7 % Limite de inflamabilidade superior no ar, em % volume: 1,1 % Ponto de fulgor: A) < -17,7 °C (V. FEC.) e 2) B) -17,7 A 22,8 °C (vaso fechado).	A inalação ou contato com o material pode irritar ou provocar queimaduras na pele e olhos. O fogo pode produzir gases irritantes, corrosivos ou tóxicos. Vapores podem causar tonturas ou asfixia. As águas de diluição do controle do fogo podem causar poluição.

4.3 RECURSOS NECESSÁRIOS PARA ATENDIMENTO DE PROVÁVEIS OCORRÊNCIAS PERTINENTES AO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS

Apresenta-se a seguir a Tabela 25 com definição de perigo, causa, porte e recursos necessários para o atendimento de ocorrências em potencial dos cenários plausíveis de ocorrências, pertinentes ao Transporte Rodoviário de Produtos Químicos Perigosos na região de SUAPE, destacando alguns aspectos relevantes dos equipamentos de proteção individual elencados a seguir:

- Vestimentas de proteção contra produtos químicos normalmente não oferecem proteção térmica, macacões internos constituídos de fibras NOMEX e KEVLAR

são necessários, pois a estrutura molecular de NOMEX (poliarilamida) dá a fibra combinação de resistência ao calor e chamas, sendo misturada ao KEVLAR (poliamida) fibra de altíssima resistência, baixa densidade que também apresenta resistência ao calor e chamas (DUPONT, 2014).

- A Bota Padrão NFPA de proteção e combate a incêndios que é muito empregada em situações de emergências é confeccionada em liga de borracha natural e neoprene, vulcanizada em processo especial (built) em auto-clave, que oferece grande resistência a abrasão e calor. Possui reforço no calcanhar, reforço para proteção da tíbia, forração interna em material acrílico com tratamento de retardamento de chama, além de biqueira e palmilha de aço (KAEFY EMERGEN, 2007).
- O Sistema pião para abastecimento de viaturas de combate a incêndio é uma alternativa importante que pode ser utilizada em emergências pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos, para suprir problemas resultantes de racionamento de água e deficiências em redes de hidrantes públicos (FONSECA e TENÓRIO, 2005).

Tabela 25 - Recursos necessários para atendimento de prováveis ocorrências pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em SUAPE (contínua).

Cenário / Perigo	Causa	Porte da Ocorrência	Recursos (viaturas, materiais, equipamentos, órgãos de apoio...)
1- Incêndio em carreta com 30000L de gasolina/ PE-60 próximo à SENAT e Engenho. Algodoads.	Capotamento de carreta tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio.	Médio	<p>02 ABT , 01 AT , 01 VT BT e 01 VT BPRv/PMPE.</p> <p>Normalmente são utilizados equipamentos, materiais e vestimentas usuais de combate ao fogo (proteção limitada) e equipamento autônomo de respiração com pressão positiva.</p> <p>EPI(equipamento de proteção individual) adequado:</p> <p>Gasolina- usar luvas, botas e roupas de polietileno clorado, neoprene, poliuretano ou viton e máscara facial panorama, com filtro contra vapores orgânicos.</p> <p>Além do CBMPE, há necessidade do acionamento do CPRH, CODECIPE, COMDEC, BPRv/BPM ou PAM– Porto de Suape, etc.</p> <p>A transportadora orientada pelo CPRH caso seja necessário adota as ações de caráter ambiental. Caso a ocorrência não seja controlada, os representantes dos órgãos e empresas supracitadas e do transportador definirão nova estratégia, podendo solicitar recursos adicionais.</p>
2- Princípio de incêndio em caminhão tanque transportando óleo diesel com capacidade de 30.000 L /Curva do boi (giradouro situado entre Av. portuária e TDR-SUL)	Acidente rodoviário com caminhão tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio.	Pequeno	<p>01 ABT</p> <p>São utilizados equipamentos, materiais e vestimentas usuais de combate ao fogo (proteção limitada) e equipamento autônomo de respiração com pressão positiva.</p> <p>EPI (equipamento de proteção individual) adequado:</p> <p>Óleo diesel - usar luvas, botas e roupas de proteção.</p> <p>A Seção de Bombeiros de SUAPE é acionada e adota as medidas de controle adequadas.</p> <p>A transportadora orientada pelo CPRH caso seja necessário adota as ações de caráter ambiental. Caso a ocorrência não seja controlada, os representantes dos órgãos e empresas acima citados definirão nova estratégia, podendo solicitar recursos adicionais.</p>

Tabela 25 - Continuação.

Perigo	Causa	Porte da Ocorrência	Recursos (viaturas, equipamentos, órgãos de apoio...)
3- Incêndio e liberação de 40.000 L de etanol de carreta/ PE-60 na entrada do Engenho Massangana.	Tombamento de carreta. Houve ruptura do tanque	Médio	<p>02 ABT , 01 AT , 01 VT BT ,01 AR e 01 VT BPRv/PMPE.</p> <p>São utilizados equipamentos, materiais e vestimentas usuais de combate ao fogo (proteção limitada) e equipamento autônomo de respiração com pressão positiva.</p> <p>EPI(equipamento de proteção individual) adequado:</p> <p>Álcool etílico- usar luvas, botas e roupas de borracha natural ou butílica, PVC ou neoprene e máscara facial panorama com filtro contra vapores orgânicos.</p> <p>Além do CBMPE, há necessidade do acionamento do CPRH, CODECIPE, COMDEC, BPRv/BPM ou PAM– Porto de Suape, etc.</p> <p>A transportadora orientada pelo CPRH caso seja necessário adota as ações de caráter ambiental.</p> <p>Caso a ocorrência não seja controlada, os representantes dos órgãos e empresas supracitadas e do transportador definirão nova estratégia, podendo solicitar recursos adicionais.</p>
4- Vazamento em carreta com 25000L de etenil benzeno /TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima	Tombamento de carreta tanque, devido a um acidente com caminhão. Houve dano físico em válvula de alívio	Médio	<p>01 ABT e 01 Veículo ou viatura para AEPP com equipamentos e materiais específicos para ações de caráter ambiental.</p> <p>Equipamentos, materiais e vestimentas usuais de combate ao fogo (proteção limitada) e equipamento autônomo de respiração com pressão positiva.</p> <p>EPI(equipamento de proteção individual) adequado:</p> <p>Estireno- usar luvas, botas e roupas de viton e máscara de respiração autônoma.</p> <p>Além do CBMPE, há necessidade do acionamento do CPRH, CODECIPE, COMDEC, BPRv/BPM ou PAM– Porto de Suape, etc.</p> <p>A transportadora orientada pelo CPRH caso seja necessário adota as ações de caráter ambiental.</p> <p>Caso a ocorrência não seja controlada, os representantes dos órgãos e empresas supracitadas e do transportador definirão nova estratégia, podendo solicitar recursos adicionais.</p>

Tabela 25 - Continuação.

Perigo	Causa	Porte da Ocorrência	Recursos (viaturas, equipamentos, órgãos de apoio...)
5- Liberação de GLP em carreta com 42000L de capacidade / Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON	Tombamento de carreta tanque com 20 ton de capacidade. Houve dano físico em válvula de segurança	Médio	<p>01 ABT e 02 AT</p> <p>São utilizados equipamentos, materiais e vestimentas usuais de combate ao fogo (proteção limitada) e equipamento autônomo de respiração com pressão positiva.</p> <p>EPI(equipamento de proteção individual) adequado:</p> <p>GLP- usar luvas, botas e roupas de polietileno clorado, neoprene, poliuretano ou viton e máscara de respiração autônoma.</p> <p>Além do CBMPE, há necessidade do acionamento do CPRH, CODECIPE, COMDEC, BPRv/BPM ou PAM– Porto de Suape, etc.</p> <p>A transportadora orientada pelo CPRH caso seja necessário adota as ações de caráter ambiental.</p> <p>Caso a ocorrência não seja controlada, os representantes dos órgãos e empresas supracitadas e do transportador definirão nova estratégia, podendo solicitar recursos adicionais.</p>

4.4 POPULAÇÃO EM SUAPE

Nas Tabelas 26 e 27 são apresentadas informações pertinentes ao número de famílias e de funcionários das empresas localizados nas proximidades dos cenários plausíveis de ocorrências no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos estabelecidos no presente trabalho e demais comunidades locais situadas na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE.

Tabela 26 - Número de famílias e de funcionários das empresas localizadas nas proximidades dos cenários plausíveis de ocorrências no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos em SUAPE.

Localização	Número de famílias	Número de funcionários das empresas
PE-60 próximo a SENAT e Engenho Algodas	620	1150
TDR-NORTE – próximo de indústrias	10	1300
PE-60 na entrada do Engenho Massangana.	350	365
Curva do boi (giradouro situado entre Av. portuária e TDR-SUL)	23	10000
TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima	04	12000
Av. Portuária, próximo das Distribuidoras de GLP e curva do TECON		65000

Tabela 27 - Número de famílias em comunidades de SUAPE.

Localização	Número de famílias nas comunidades
Tiriri/ Nova Tatuoca	81 famílias
Engenho Tiriri	80 famílias
Engenho Serraria	54 famílias

4.5 ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS EM SUAPE

A APP admite os cenários de acidentes pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos no Complexo Industrial e Portuário de SUAPE, podendo produzir consequências às pessoas, ao meio ambiente, ao patrimônio e sócioeconômicas. Na Figura 44 são apresentados os resultados da análise preliminar de perigos, onde são destacados os riscos baixo, médio e alto.

Figura 44 - Análise Preliminar de Perigo para os cenários plausíveis de emergências pertinentes ao transporte rodoviário de produtos químicos perigosos no Complexo Industrial Portuário de SUAPE (contínua).

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS														
Data:														
Unidade: Veículo transportando produto químico perigoso														
Cenário	Perigo	Causa	Modo de detecção do perigo	Efeitos	Categoria de conseqüências				Categoria de freqüência	Risco				Observações/Recomendações
					Pessoas	Comunidade	Continuidade operacional	Meio ambiente		Às pessoas	À comunidade	À continuidade operacional	Ao meio ambiente	
1	Incêndio em carreta com 30000L de gasolina/PE-60 próximo à SENAT e Engenho. Algodóas.	Capotamento de carreta tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio	Conunicação do acidente à transporta-dora, polícia rodoviária, bombeiros, defesa civil, etc.	Explosão em nuvem	IV	III	III	III	RR	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	
				Incêndio em poça	III	III	III	III	PR	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	
				BLEVE	IV	IV	IV	III	RE	ALTO	ALTO	ALTO	MÉDIO	
				Intoxicação	III	III	III	III	PR	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	
2	Princípio de incêndio em caminhão tanque transportando óleo diesel com capacidade de 30.000 L /Curva do boi	Acidente rodoviário com caminhão tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio	Conunicação do acidente à transporta-dora, polícia rodoviária, bombeiros, defesa civil, etc.	Incêndio em poça	I	II	II	II	RE	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	
				Intoxicação	I	I	I	I	PR	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	
3	Incêndio e liberação de 40.000 L de etanol de carreta/PE-60 na entrada do Engenho Massangana	Tombamento de carreta. Houve ruptura do tanque	Conunicação do acidente à transporta-dora, polícia rodoviária, bombeiros, defesa civil, etc.	Incêndio em jato	II	III	III	III	RE	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	
				Incêndio em poça	III	III	III	III	PR	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	
				Intoxicação	III	III	III	III	PR	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	

Figura 44 - Continuação

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS														
Data: _____														
Unidade: Veículo transportando produto químico perigoso														
Cenário	Perigo	Causa	Modo de detecção do perigo	Efeitos	Categoria de conseqüências				Categoria de freqüência	Risco				Observações/Recomendações
					Pessoas	Comunidade	Continuidade operacional	Meio ambiente		Às pessoas	À comunidade	À continuidade operacional	Ao meio ambiente	
4	Vazamento em carreta com 25000L de estireno /TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima	Tombamento de carreta tanque, devido a um acidente com caminhão. Houve dano físico em válvula de alívio	Comunicação do acidente à transporta-dora, polícia rodoviária, bombeiros, defesa civil, etc.	Incêndio em poça	II	III	II	III	PR	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	
				Intoxicação	III	II	II	III	PR	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	
5	Liberação de GLP em carreta com 42000L de capacidade / Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON	Tombamento de carreta tanque com 20 ton de GLP. Houve dano físico em válvula de segurança	Comunica-ção do acidente à transporta-dora, polícia rodoviária, bombeiros, defesa civil, etc.	Explosão em nuvem	IV	III	III	III	RE	ALTO	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	
				Incêndio em jato	II	II	III	II	OC	MÉDIO	MÉDIO	ALTO	MÉDIO	
				BLEVE	IV	III	IV	III	RE	ALTO	MÉDIO	ALTO	MÉDIO	
				Intoxicação	II	II	II	III	PR	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	

4.6 CARACTERIZAÇÕES DE RISCO

Diante do exposto serão selecionados os cenários com risco alto para pessoas e/ou comunidade, para realizar estudos de caracterizações do risco (DUARTE et al., 2008) e simulações utilizando o ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*), programa para modelar que estima zonas de ameaças associadas com liberação de produtos químicos perigosos, incluindo nuvens de gases tóxicos, incêndios e explosões. Segundo EPA (2014) o ALOHA possui várias limitações:

- Para incêndio de poça, faz modelagem em terra e não faz modelagem em água;
- Para incêndio de poça, riscos pertinentes à fumaça e produtos tóxicos do fogo, incêndios secundários e explosões em áreas vizinhas não são modelados;
- Embora gases liquefeitos inflamáveis e não inflamáveis podem ser envolvidos em BLEVE, o ALOHA apenas modela BLEVEs para líquidos inflamáveis;
- Em BLEVEs o ALOHA não modela riscos de sobrepressão, fragmentos perigosos, fumaça e produtos tóxicos provenientes de incêndios;
- Em explosões de nuvem de vapor, o ALOHA não modela riscos de fragmentos perigosos;
- O ALOHA não realiza simulações com liberações de produtos químicos radioativos;
- O ALOHA não contabiliza efeitos de reações químicas, dispersão de partículas, misturas químicas e mudanças no terreno;
- Resultados de simulações do ALOHA podem ser irreais para condições de baixa velocidade do vento, condições atmosféricas muito estáveis, mudanças na velocidade e direção do vento, concentrações instantâneas próximas da fonte de liberação.

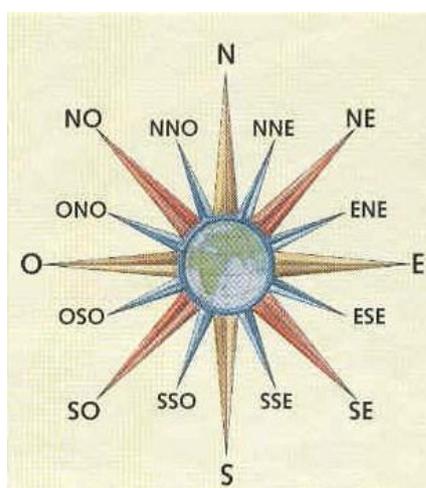
A zona de ameaça é uma área onde um perigo tem excedido um nível de preocupação específico, ou seja um valor limite de um perigo (toxicidade, flamabilidade, radiação térmica ou sobrepressão), constituindo usualmente um valor acima do qual uma ameaça para pessoa ou propriedade pode existir. Em seguida serão realizados descrições, análises e comentários esclarecedores para caracterizações do risco dos cenários supacitados nas condições meteorológicas predominantes e em condições de vento terral.

Ocorrem alterações nos ventos locais de uma região devido as alterações de temperatura entre continente e o oceano durante um ciclo de 24 horas, havendo formação de brisas marinha e terrestre. O Sol aquece a água do mar e a terra, mas a terra esquenta mais rápido que o mar. O calor da terra aquece o ar logo acima dela. Esse ar fica mais quente, menos denso e sobe. A pressão atmosférica nessa região se torna menor do que sobre o mar. Desta forma, a massa de ar sobre o mar, mais fria, mais densa e com maior pressão, se desloca, ocupando o lugar do ar que subiu. Em seguida esse ar aquece, ocorrendo repetição no processo. O movimento horizontal de ar do mar para a terra acontece de dia e é denominado de brisa marítima. De noite a terra esfria mais rápido que o mar, pois a água ganha e perde calor mais lentamente que a terra. O ar sobre o mar está mais aquecido e sobe, em razão do mar estar liberando o calor acumulado durante o dia. Em seguida, o ar frio da terra se desloca para o mar, ocorrendo a brisa terrestre (SOBIOLOGIA, 2014).

Dados de alimentação no ALOHA para simulação dos efeitos de explosão de nuvem de vapor, incêndio em poça, BLEVE e intoxicação foram obtidos da seguinte forma:

- Velocidades do vento, temperaturas do ar, umidades relativas e condições do tempo (CLIMATEMPO 2013, 2014);
- Comprimento, largura, altura, volume e diâmetros de tanques, diâmetros de válvulas e demais especificações técnicas foram obtidas em visitas e esclarecimentos realizados junto à KRONORTE S/A Implementos Rodoviários em Jaboatão dos Guararapes, COPAGAZ e ULTRACARGO em SUAPE e nos relatórios de ocorrências atendidas pela Seção de Bombeiros de SUAPE.

Segundo BRASIL ESCOLA (2014) acordo com a Figura 45 define a direção dos ventos e respectivos pontos cardeais, colaterais e subcolaterais.



Pontos cardeais

N - Norte
S - Sul
L - Leste
O - Oeste

Pontos subcolaterais

ENE- lés-nordeste
ESE- lés-sudeste
SSE- su- sudeste
NNE- nor- nordeste
NNO- nor- noroeste
SSO- su- sudoeste
OSO- oés- sudoeste
ONO- oés- noroeste

Pontos colaterais

NE - Nordeste
SE - Sudeste
NO - Noroeste
SO - Sudoeste

Figura 45 - Rosa dos ventos

Tabela 28 - Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 07 h:00 nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 01
Perigo	Incêndio em carreta com 30000L de gasolina/ PE-60 próximo à SENAT e Engenho Algodões.
Causa	Capotamento de carreta tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio.
Consequências	Incêndio em poça

Caracterização do Vazamento	
Material de referência	n-octano (gasolina)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	62,5 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Diâmetro da válvula	10,16 cm

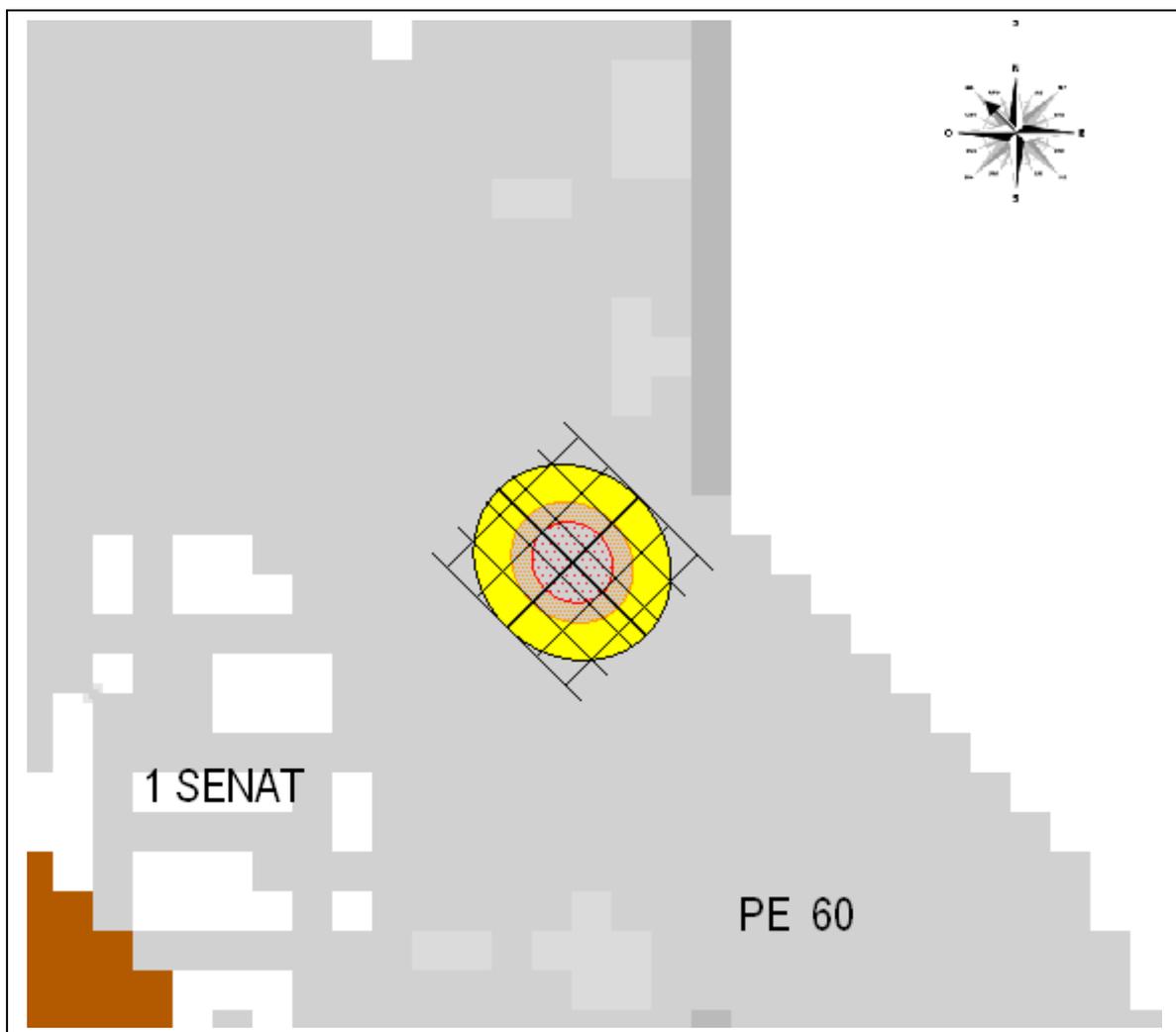


Figura 46 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 28 e 29. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 29 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 28.

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	> 10	21	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	31	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	50	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verificam-se condições meteorológicas predominantes com direção de vento NO. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento de 21 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 10 kW / m², sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 31 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 5 kW / m², com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 50 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a 2 kW / m² com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

Tabela 30 - Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 05 h:00 nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 01
Perigo	Incêndio em carreta com 30000L de gasolina/ PE-60 próximo à SENAT e Engenho Algodoads.
Causa	Capotamento de carreta tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio
Consequências	Incêndio em poça
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	n-octano (gasolina)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	62,5 %
Temperatura	26 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Diâmetro da válvula	10,16 cm

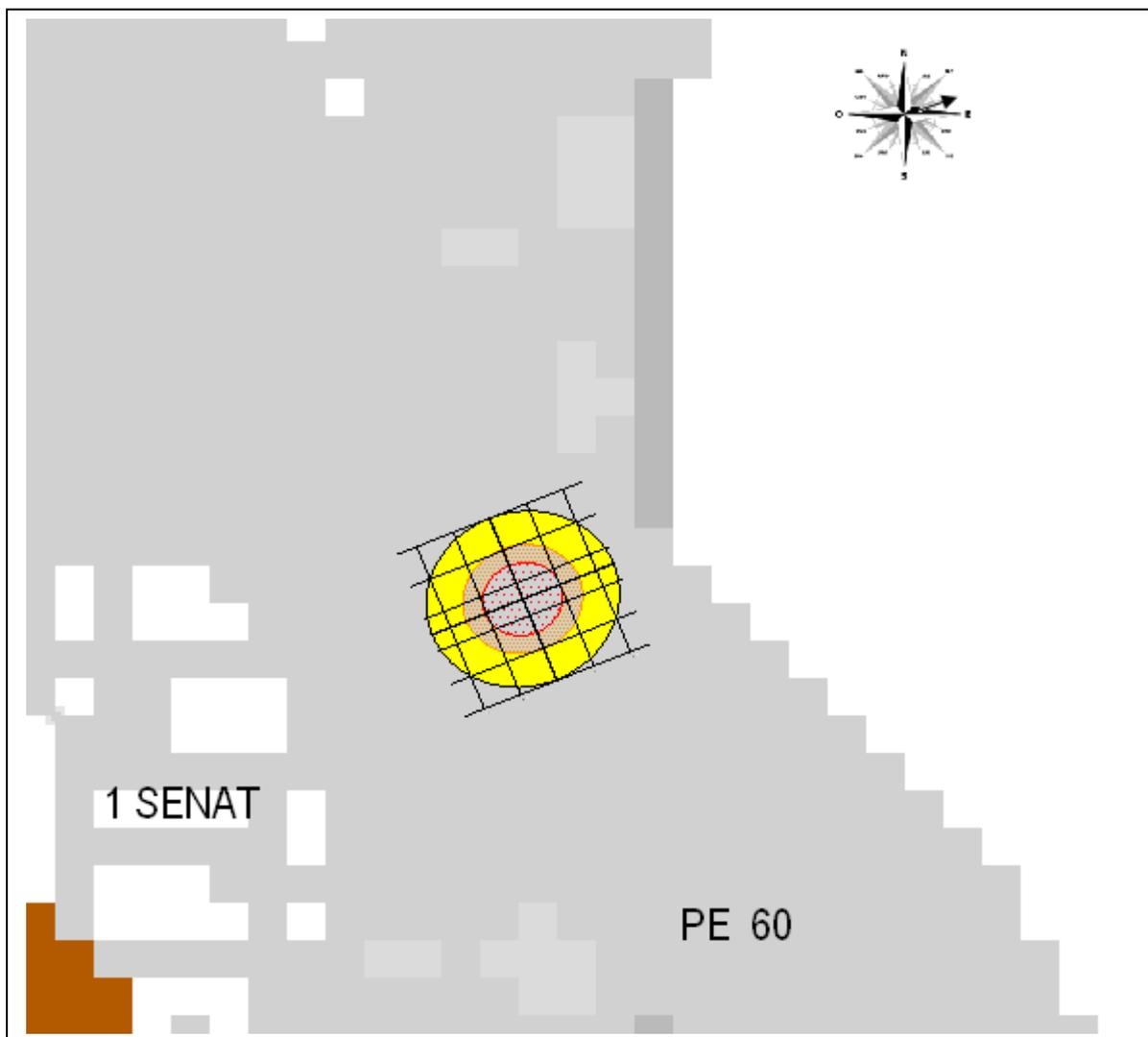


Figura 47 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 30 e 31. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 31 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 30.

Região	Valor kW / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	> 10	21	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	31	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	50	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verificam-se condições de vento Terral com direção ENE. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento de 21 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 10 kW / m², sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 31 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 5 kW / m², com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 50 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a 2 kW / m² com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

Tabela 32 - Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 07 h:00 nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 01
Perigo	Incêndio em carreta com 30000L de gasolina/ PE-60 próximo à SENAT e Engenho. Algodas.
Causa	Capotamento de carreta tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio
Consequências	BLEVE
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	n-octano (gasolina)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	62,5 %
Temperatura	25 °c
Diâmetro do tanque	2,15 m

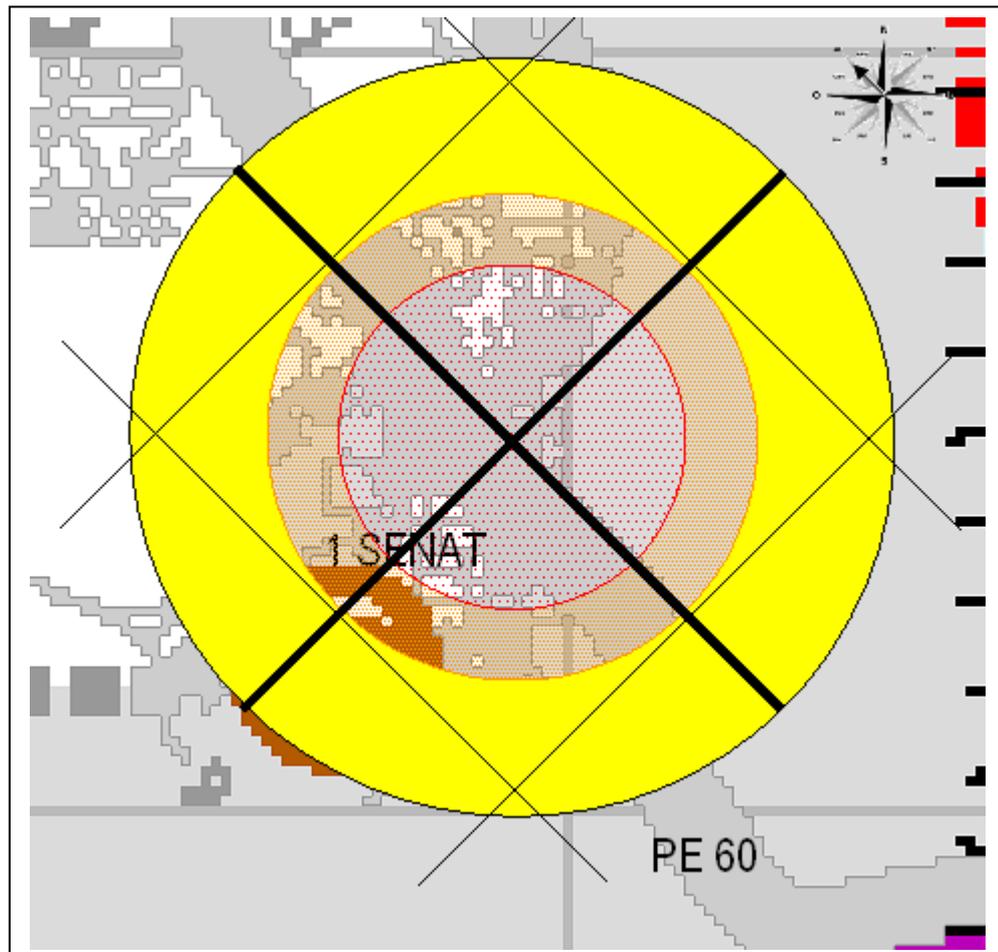


Figura 48 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 33. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 33 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 (P=2,3 atm, T=158,5 °C, 100% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	344	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	486	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	757	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção de vento NO. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção

do vento de 344 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a $10 \text{ kW} / \text{m}^2$, sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 486 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a $5 \text{ kW} / \text{m}^2$, com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 757 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a $2 \text{ kW} / \text{m}^2$ com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

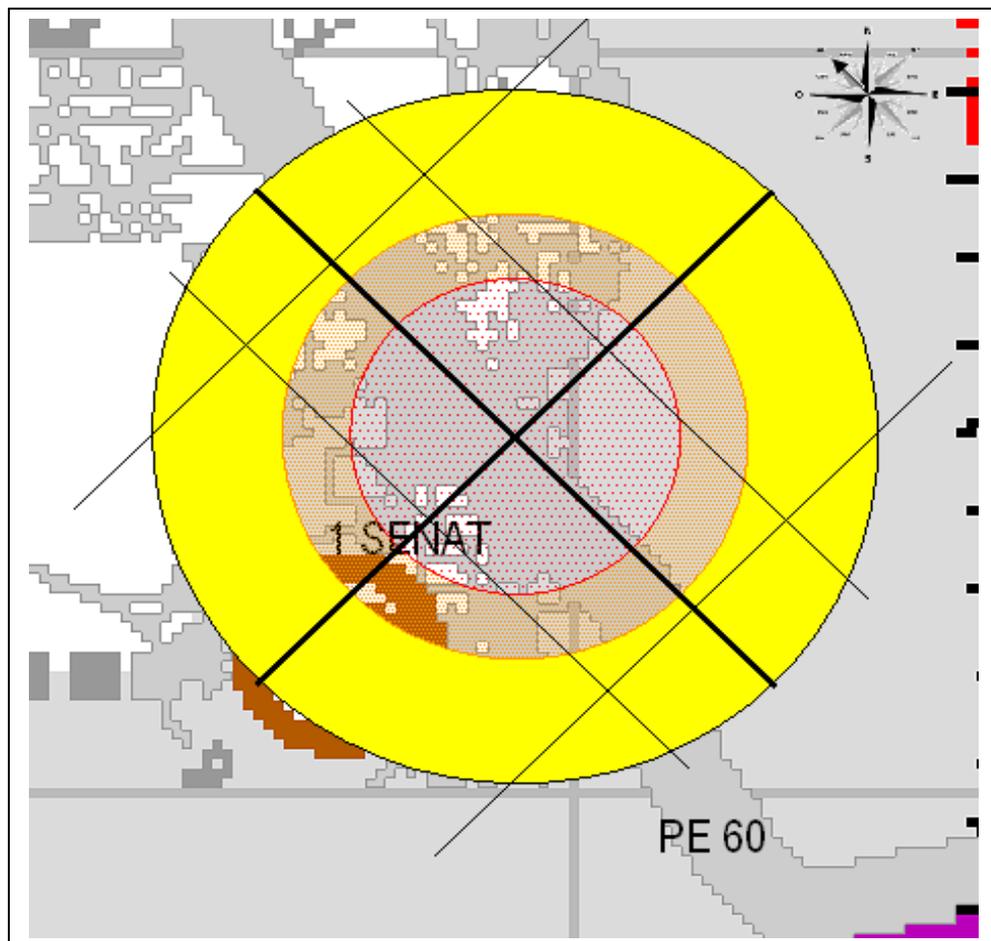


Figura 49 Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 34. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 34 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 ($P=2,04$ atm, $T=153,4$ °C, 82,6% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m^2	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	324 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	457 m	Queimadura do 2º grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	712 m	Dores em 60 segundos de exposição

Sendo:

P= Pressão interna do tanque;

T= Temperatura interna do tanque;

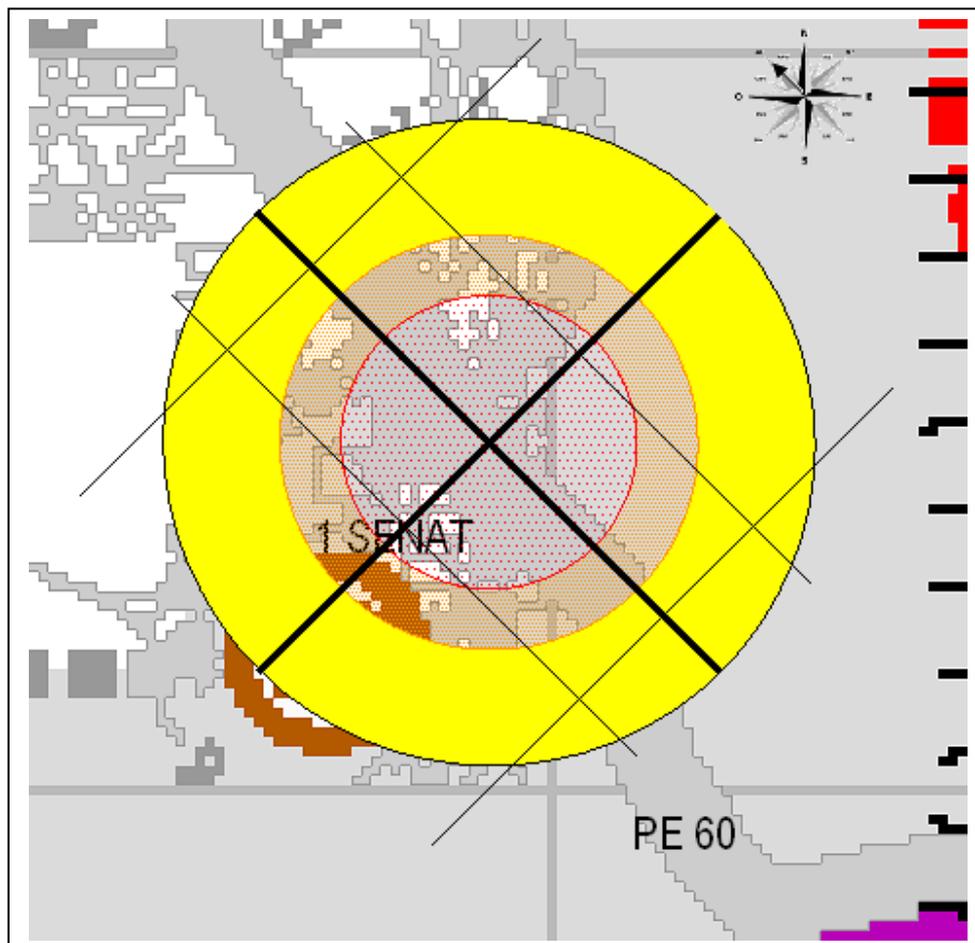


Figura 50 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 35. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 35 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 ($P=1,78$ atm, $T=147,8$ °C, 64,1% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m^2	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	299 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	422 m	Queimadura do 2° grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	658 m	Dores em 60 segundos de exposição

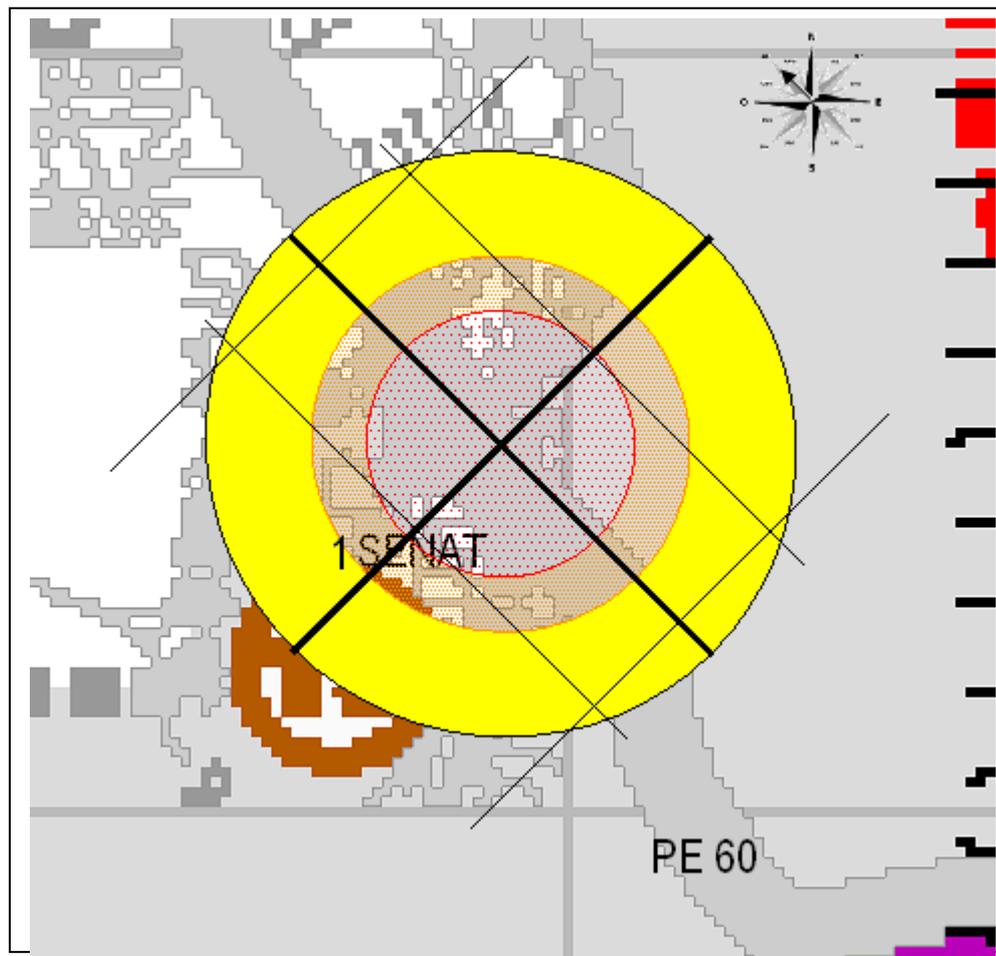


Figura 51 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 36. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 36 – Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 ($P=1,52$ atm, $T=141,4$ °C, 44,5% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor K_w / m^2	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	266 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	376 m	Queimadura do 2º grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	586 m	Dores em 60 segundos de exposição

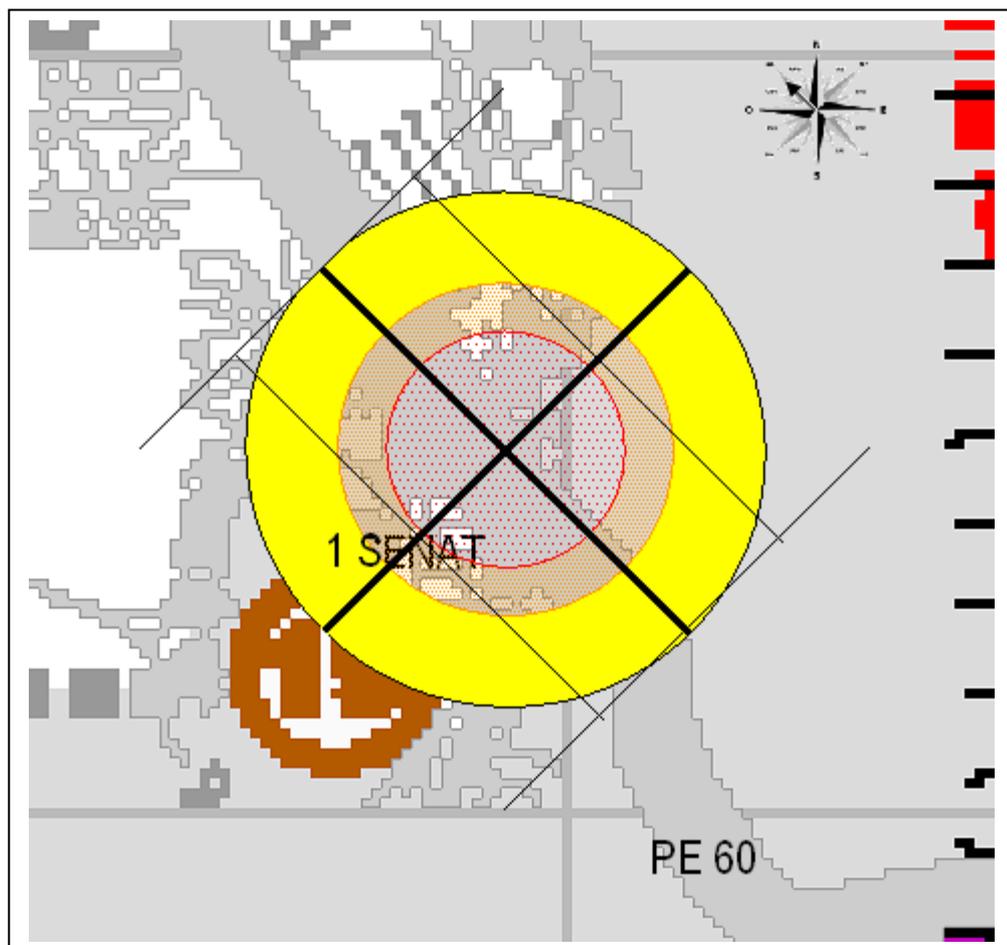


Figura 52: Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 37. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 37 – Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 ($P=1,26$ atm, $T=134,2$ °C, 23,5% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m^2	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	232 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	328 m	Queimadura do 2° grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	508 m	Dores em 60 segundos de exposição

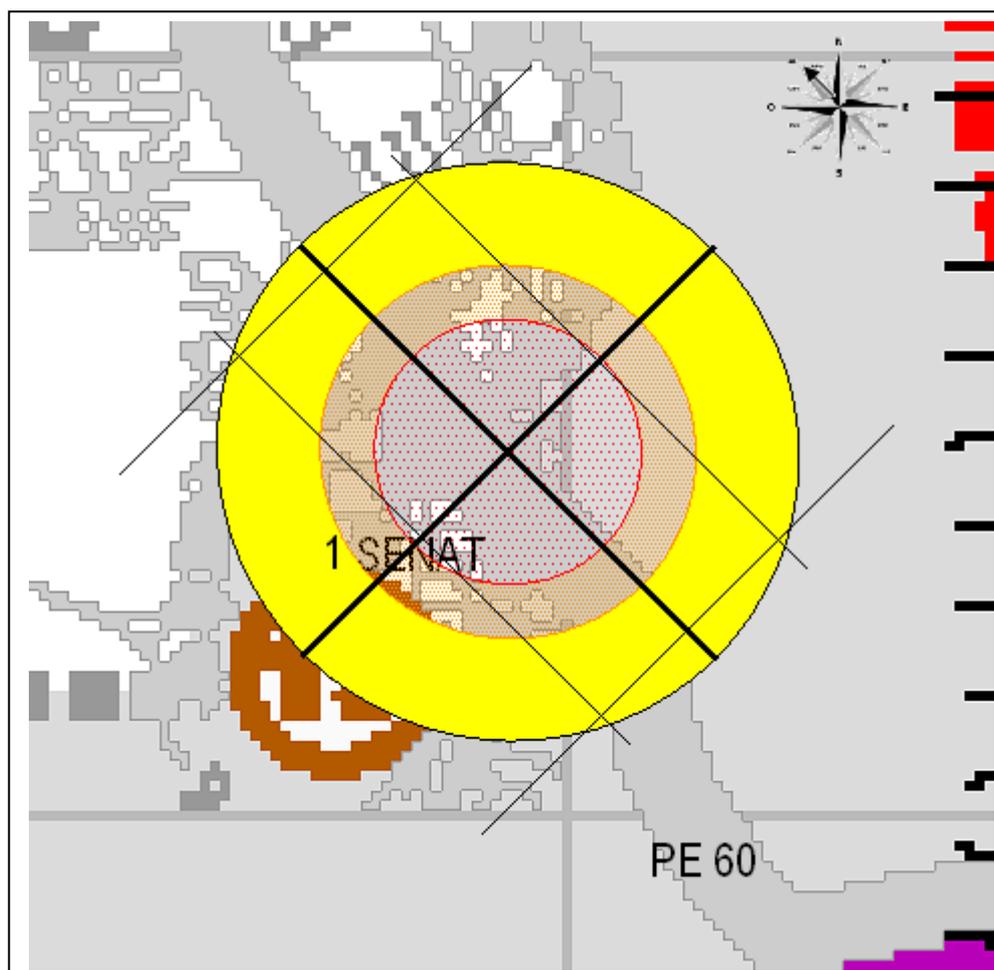


Figura 53 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 32 e 38. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 38 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 32 (P=1,00 atm, T=125,7 °C, 0,26% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	265 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	372 m	Queimadura do 2º grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	575 m	Dores em 60 segundos de exposição

Tabela 39 - Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 05 h:00 nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 01
Perigo	Incêndio em carreta com 30000L de gasolina/ PE-60 próximo à SENAT e Engenho Algodões.
Causa	Capotamento de carreta tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio
Consequências	BLEVE
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	n-octano (gasolina)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	62,5 %
Temperatura	25 °c
Diâmetro do tanque	2,15 m

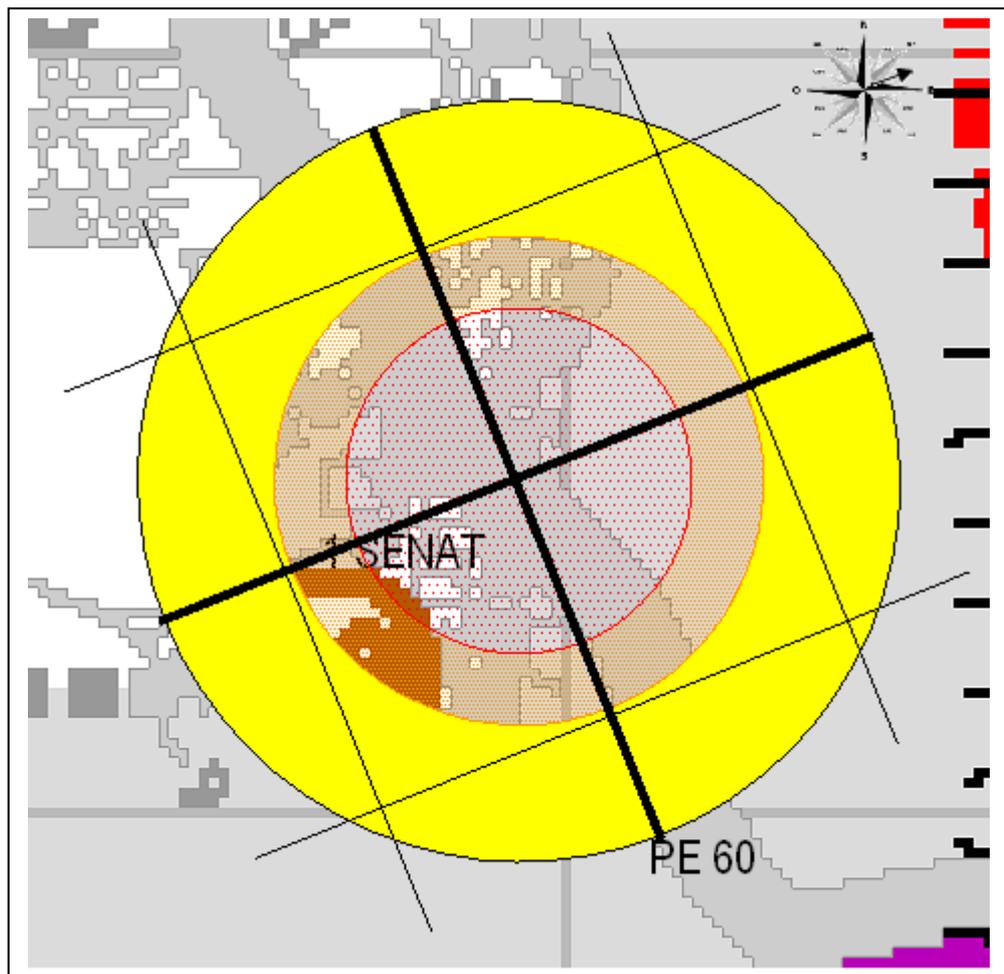


Figura 54: Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 40. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 40 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 ($P=2,3$ atm, $T=158,5$ °C, 100% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m^2	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	344	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	486	Queimadura do 2º grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	757	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verifica-se condição de vento terral com direção ENE. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento de 344 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a $10 \text{ kW} / \text{m}^2$, sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 486 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a $5 \text{ kW} / \text{m}^2$, com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 757 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a $2 \text{ kW} / \text{m}^2$ com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

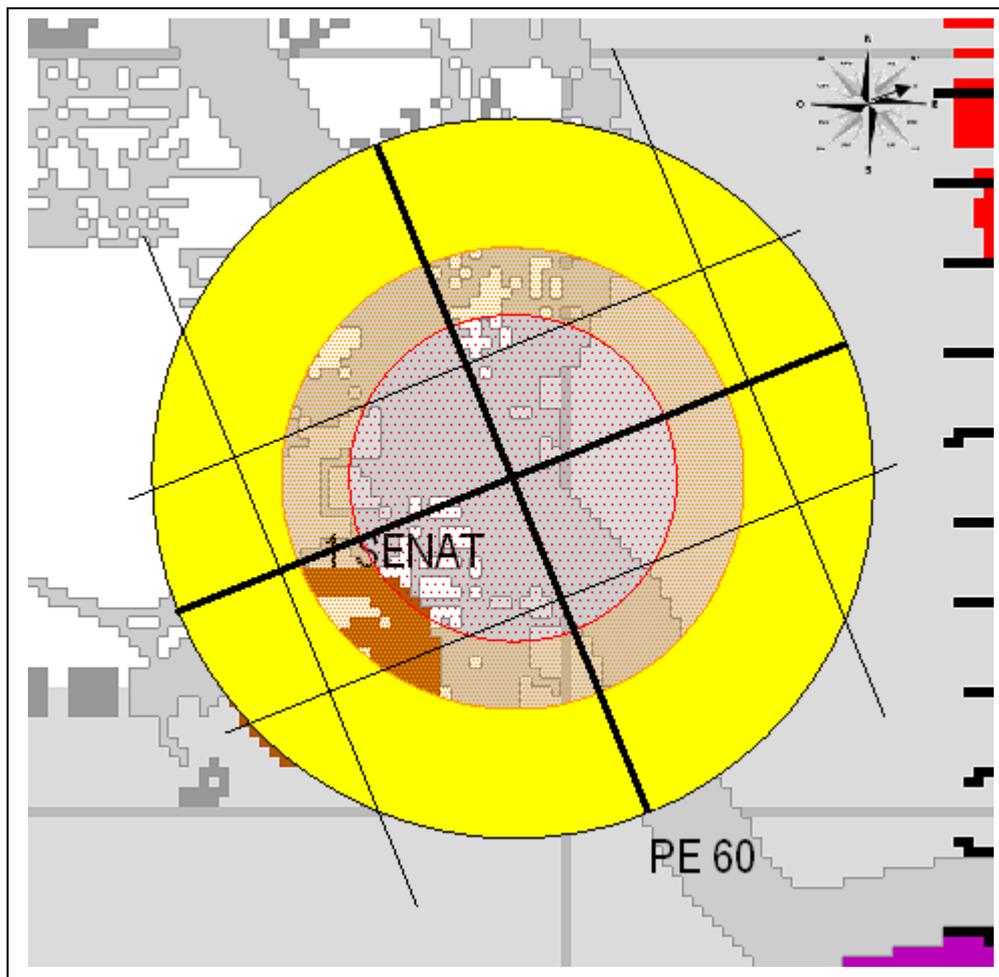


Figura 55 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 41. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 41 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 ($P=2,04$ atm, $T=153,4$ °C, 82,6% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m^2	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	324 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	457 m	Queimadura do 2º grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	712 m	Dores em 60 segundos de exposição

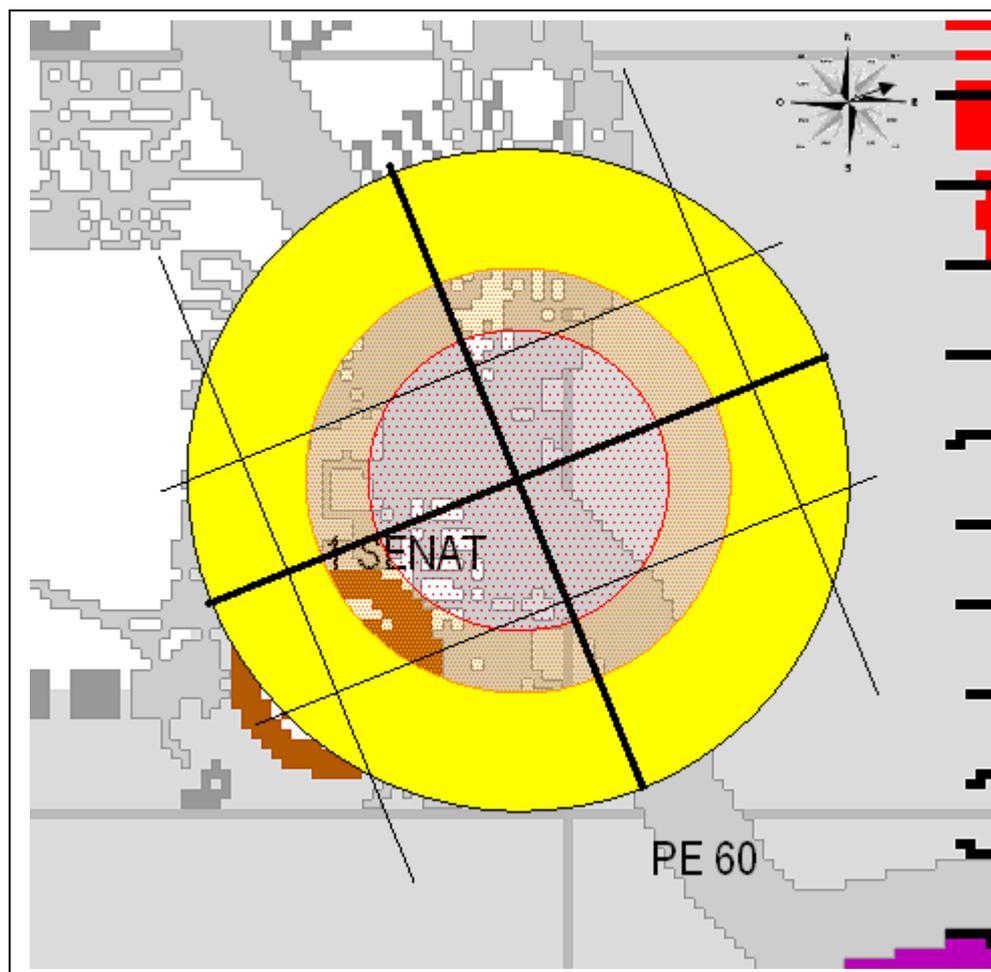


Figura 56 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 42. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 42 – Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=1,78 atm, T=147,8 °C, 64,1% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	299 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	422 m	Queimadura do 2º grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	657 m	Dores em 60 segundos de exposição

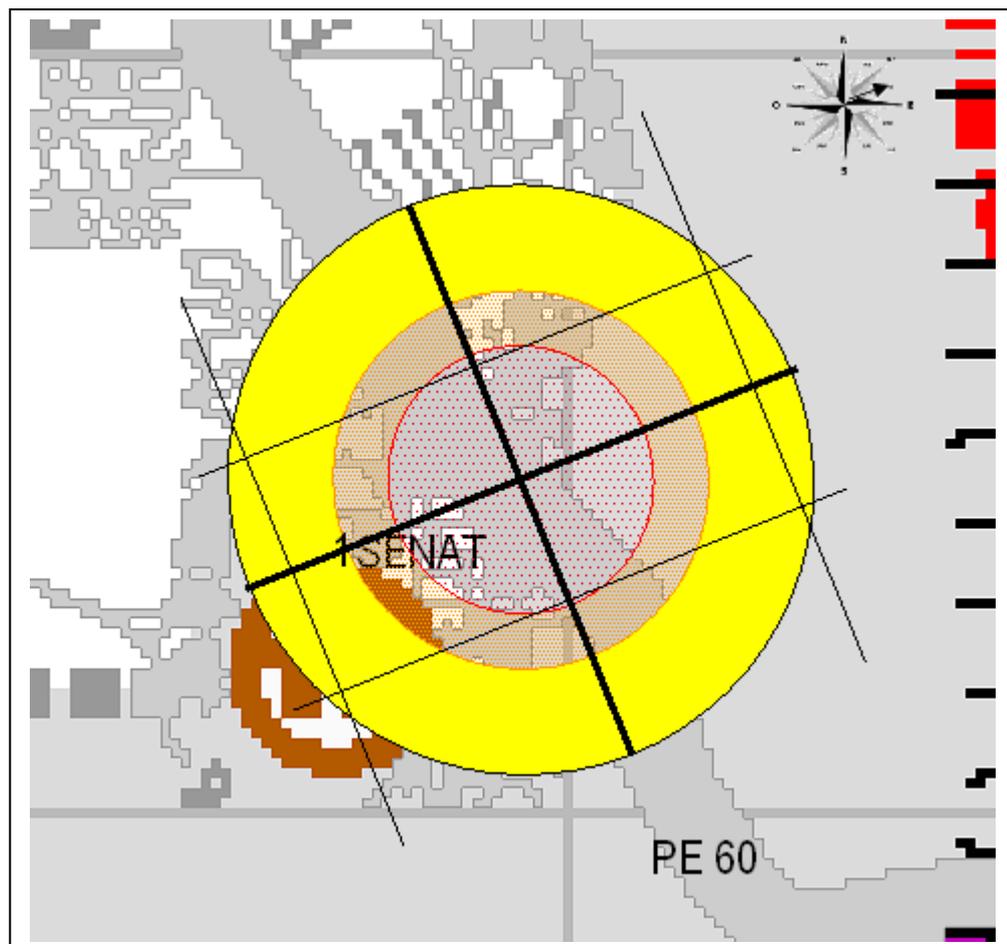


Figura 57: Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 43. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 43: Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=1,52 atm, T=141,4 °C, 44,5% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	266 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	376 m	Queimadura do 2º grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	586 m	Dores em 60 segundos de exposição

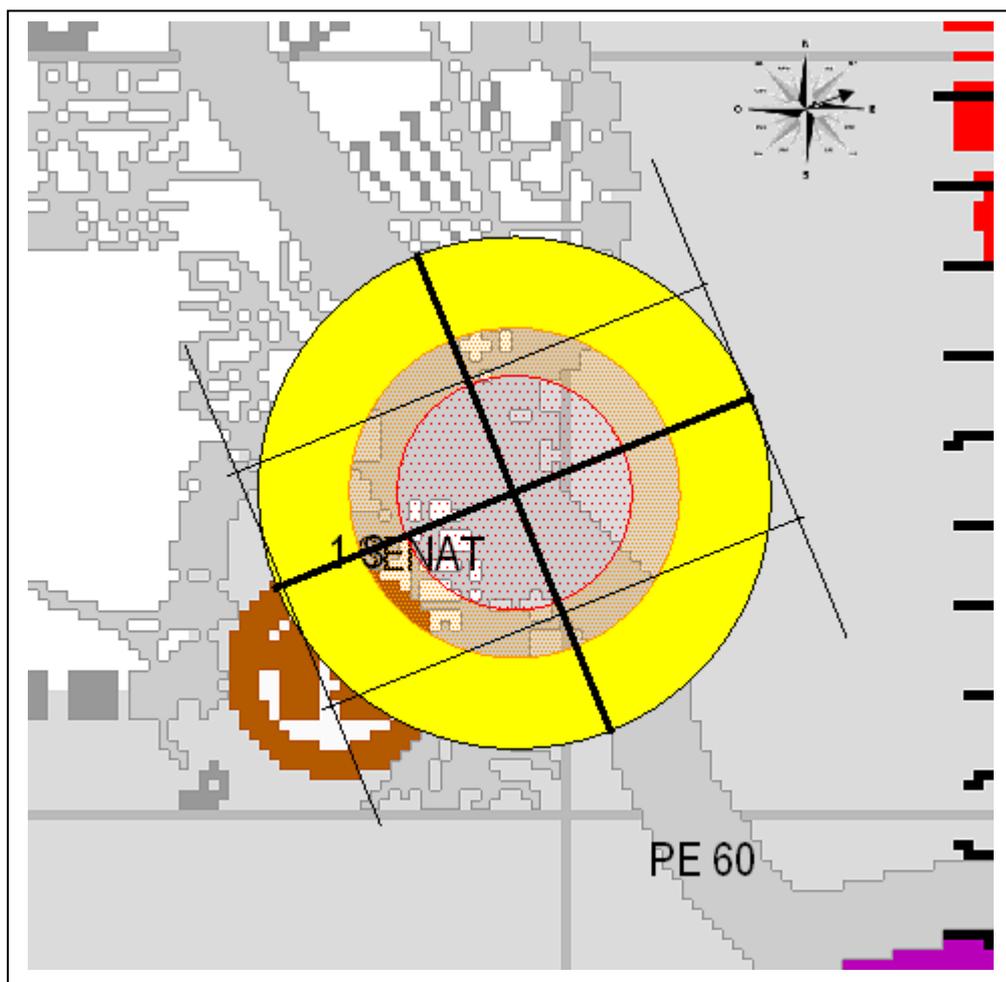


Figura 58: Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 44. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 44: Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=1,26 atm, T=134,2 °C, 23,5% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	232 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	328 m	Queimadura do 2º grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	508 m	Dores em 60 segundos de exposição

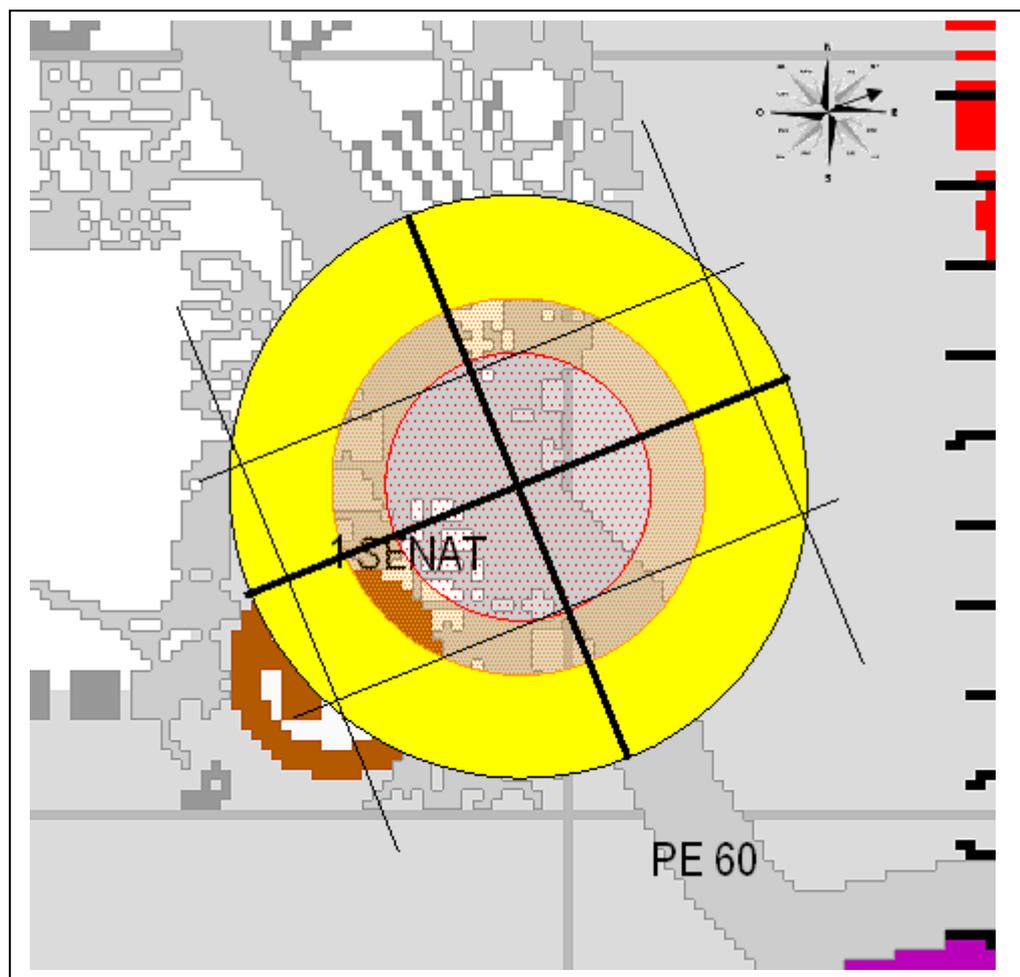


Figura 59 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 39 e 45. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 45 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 39 (P=1,00 atm, T=125,7 °C, 0,26% da massa do tanque na bola de fogo).

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	265 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	372 m	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	575 m	Dores em 60 segundos de exposição

Tabela 46: Variação de distâncias limites, pressão e temperatura interna no tanque em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições meteorológicas predominantes.

m(%)	P (atm)	T (°C)	LR>10 KW/m ² (m)	LR>5 KW/m ² (m)	LR>2 KW/m ² (m)
100	2,3	158,5	344	486	757
82,6	2,04	153,4	324	457	712
64,1	1,78	147,8	299	422	658
44,5	1,52	141,4	266	376	586
23,5	1,26	134,2	232	328	508
0,26	1	125,7	265	372	575

Sendo:

m(%)= Percentual da massa de n-octano na bola de fogo;

LR = distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a 2, 5 ou 10 kW/ m².

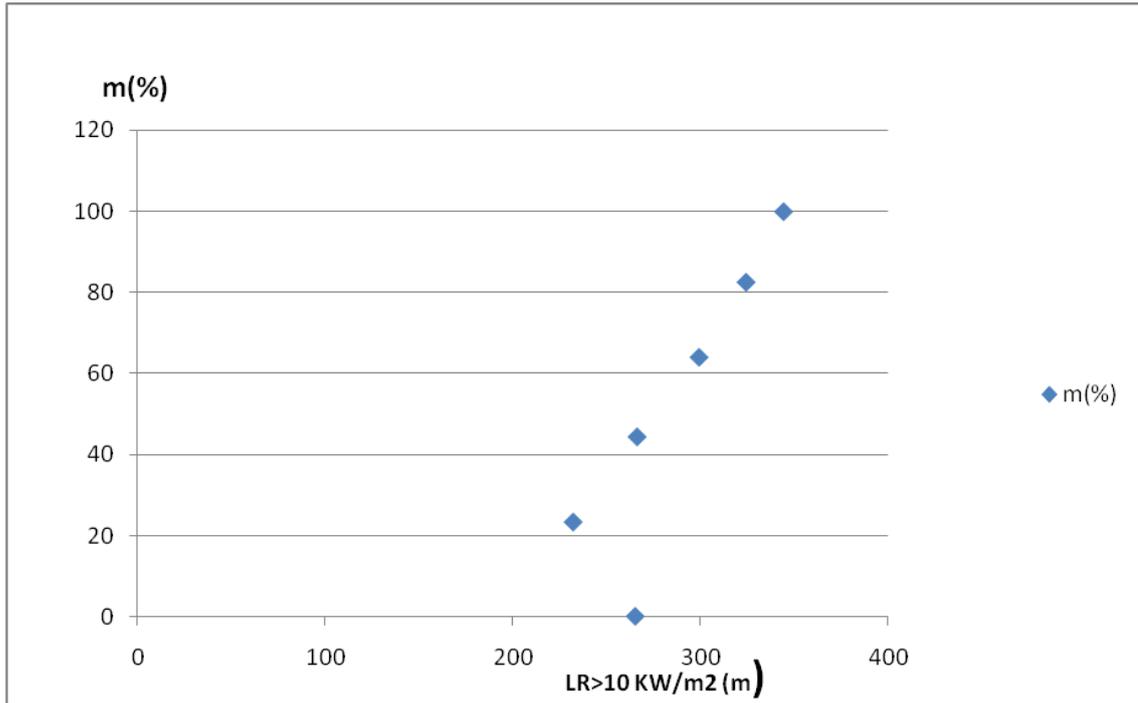


Figura 60 - Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a 10 kW / m² em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições meteorológicas predominantes.

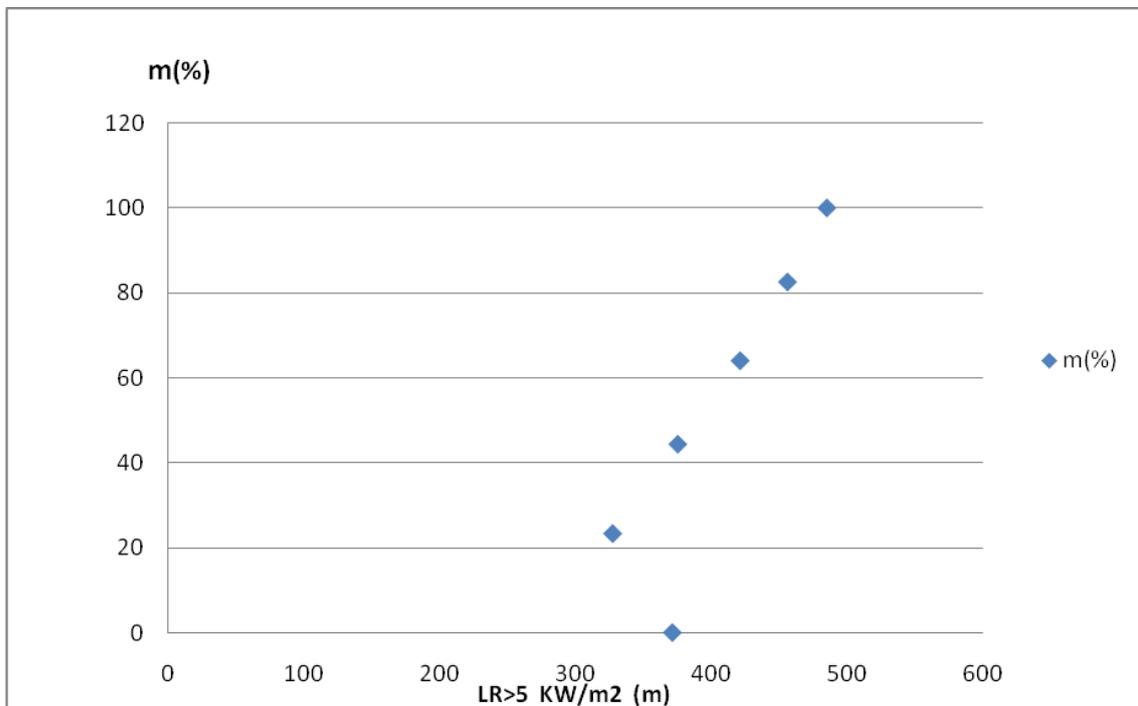


Figura 61 - Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a 5 kW / m² em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições meteorológicas predominantes.

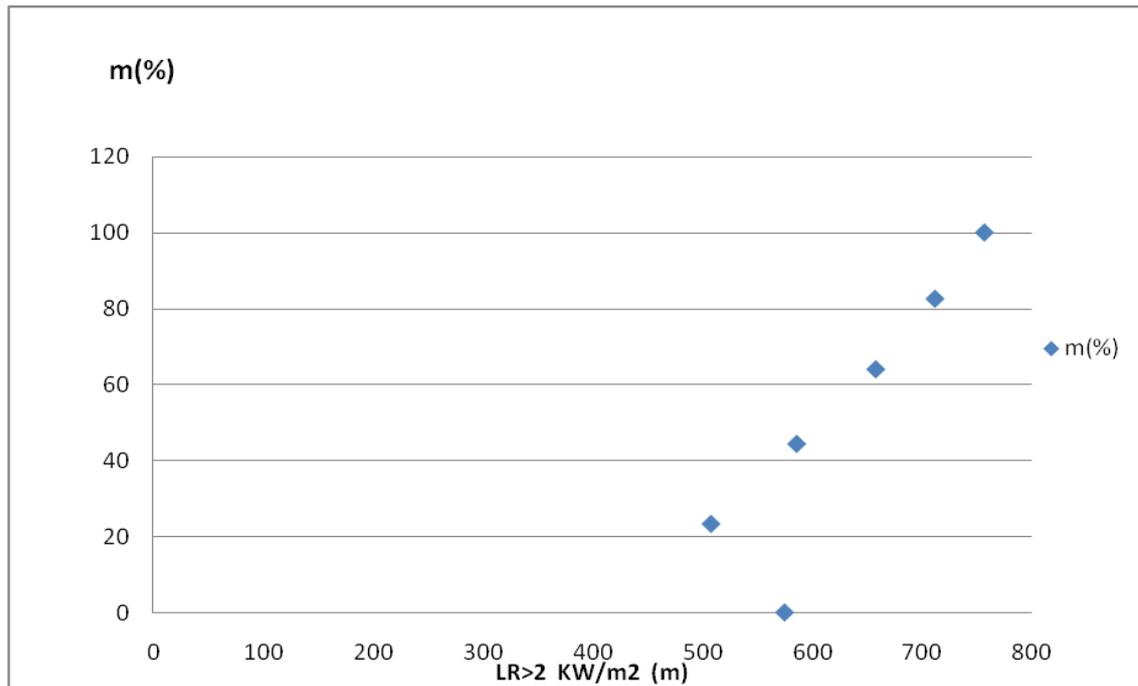


Figura 62 - Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a 2 kW/m^2 em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições meteorológicas predominantes.

Tabela 47 – Variação de distâncias limites, pressão e temperatura interna no tanque em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições de vento terral.

m(%)	P (atm)	T (°C)	LR>10 KW/m ² (m)	LR>5 KW/m ² (m)	LR>2 KW/m ² (m)
100	2,3	158,5	344	486	757
82,6	2,04	153,4	324	457	712
64,1	1,78	147,8	299	422	657
44,5	1,52	141,4	266	376	586
23,5	1,26	134,2	232	328	508
0,26	1	125,7	265	372	575

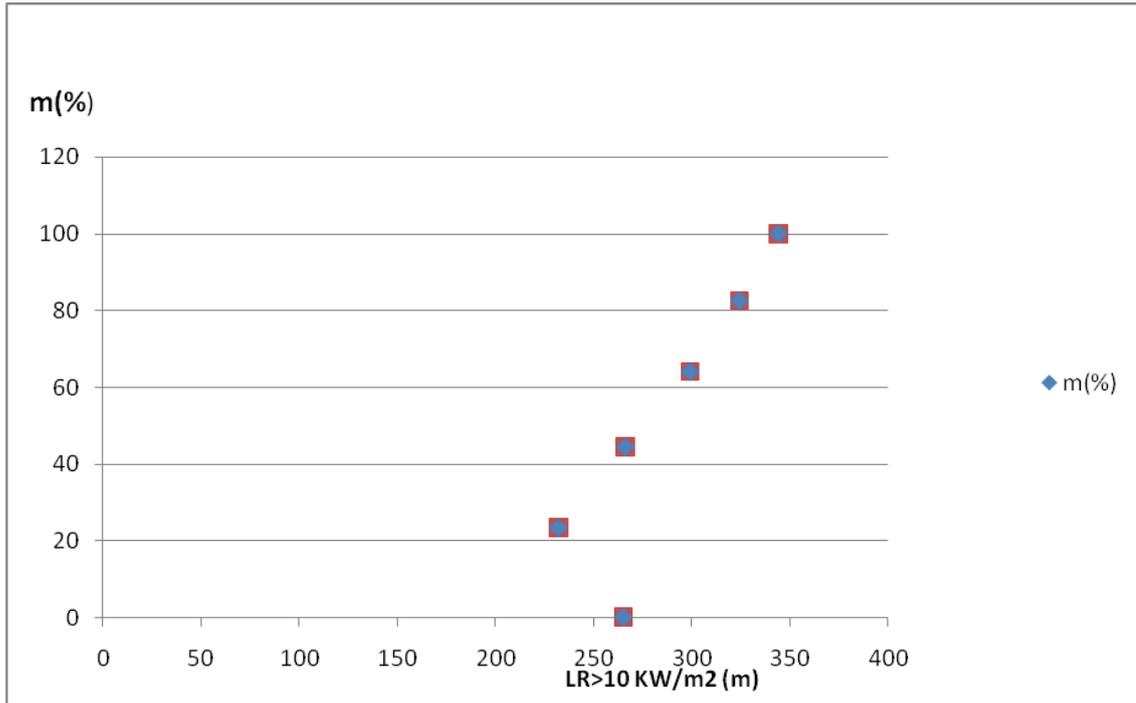


Figura 63 - Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $10 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições de vento terral.

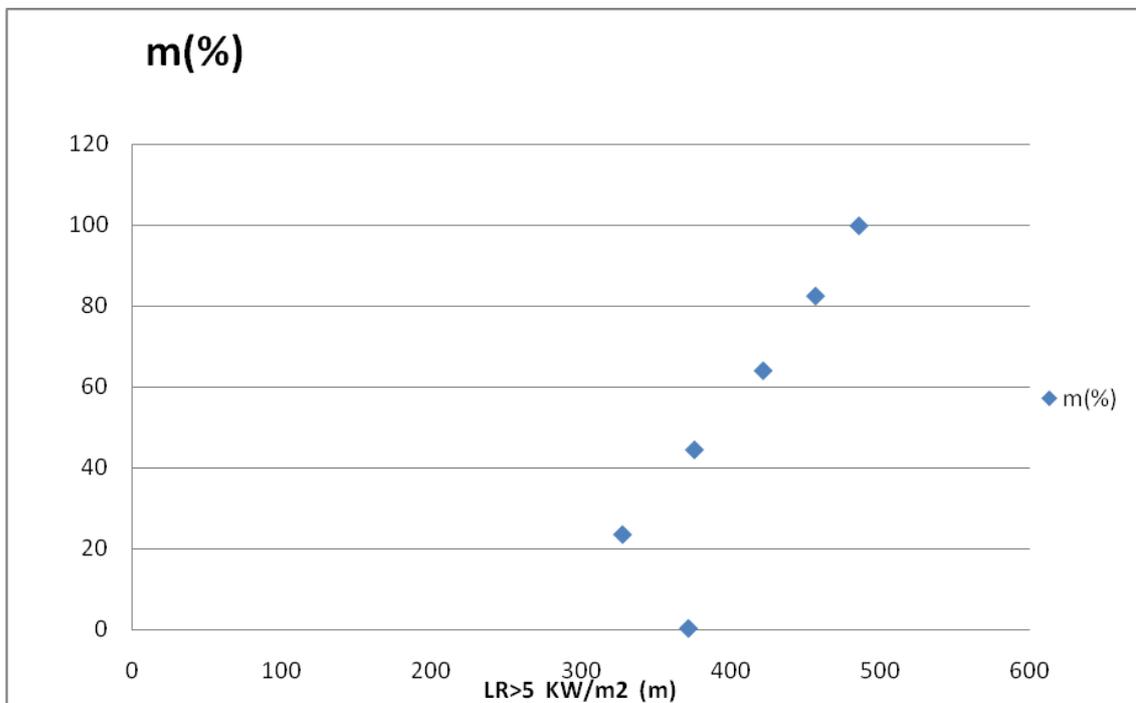


Figura 64 – Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $5 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições de vento terral.

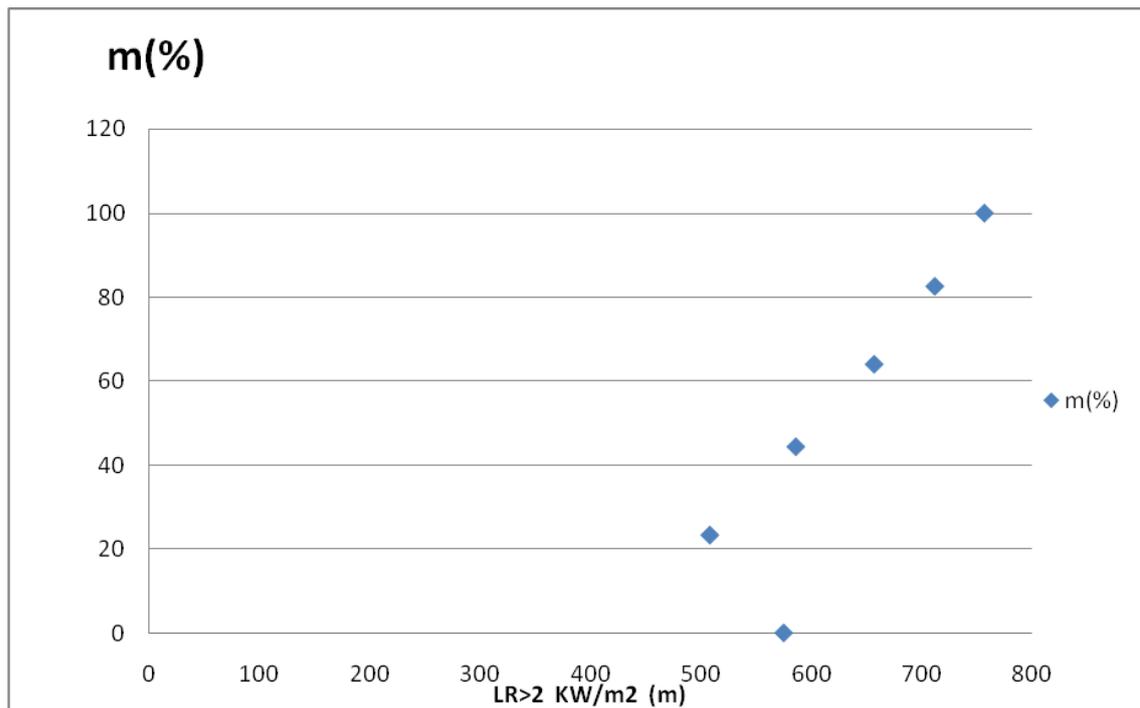


Figura 65 - Variação de distâncias limites para região de fluxos térmicos incidentes superiores a $2 \text{ kW} / \text{m}^2$ em função da massa de n-octano na bola de fogo para efeito de BLEVE do cenário 01 nas condições de vento terral.

Analisando as caracterizações do risco e modelagens efetuadas pelo ALOHA para o efeito de BLEVE do cenário 01 para a condição meteorológica predominante ou de vento terral, constatam-se que as Tabelas 46 e 47 demonstram que as condições de $P=2,3 \text{ atm}$, $T=158,5 \text{ °C}$ e 100% da massa do tanque na bola de fogo apresentaram os maiores resultados de distâncias limites da região na direção do vento (344 m, 486 m e 757 m) para fluxos térmicos incidentes que em algum instante sejam superiores a 10, 5 e $2 \text{ kW} / \text{m}^2$ respectivamente. Desta forma verificam-se que as condições $P=2,3 \text{ atm}$, $T=158,5 \text{ °C}$ e 100% da massa do tanque na bola de fogo proporcionam ao efeito de BLEVE do cenário 01, apresentaram o maior potencial de causar danos a população circunvizinha, meio ambiente e instalações analisadas.

Tabela 48 - Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 07 h:00 nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 01
Perigo	Incêndio em carreta com 30000L de gasolina/ PE-60 próximo à SENAT e Engenho Algodas.
Causa	Capotamento de carreta tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio
Consequências	Área tóxica de nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	n-octano (gasolina)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	62,5 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Diâmetro da válvula	10,16 cm

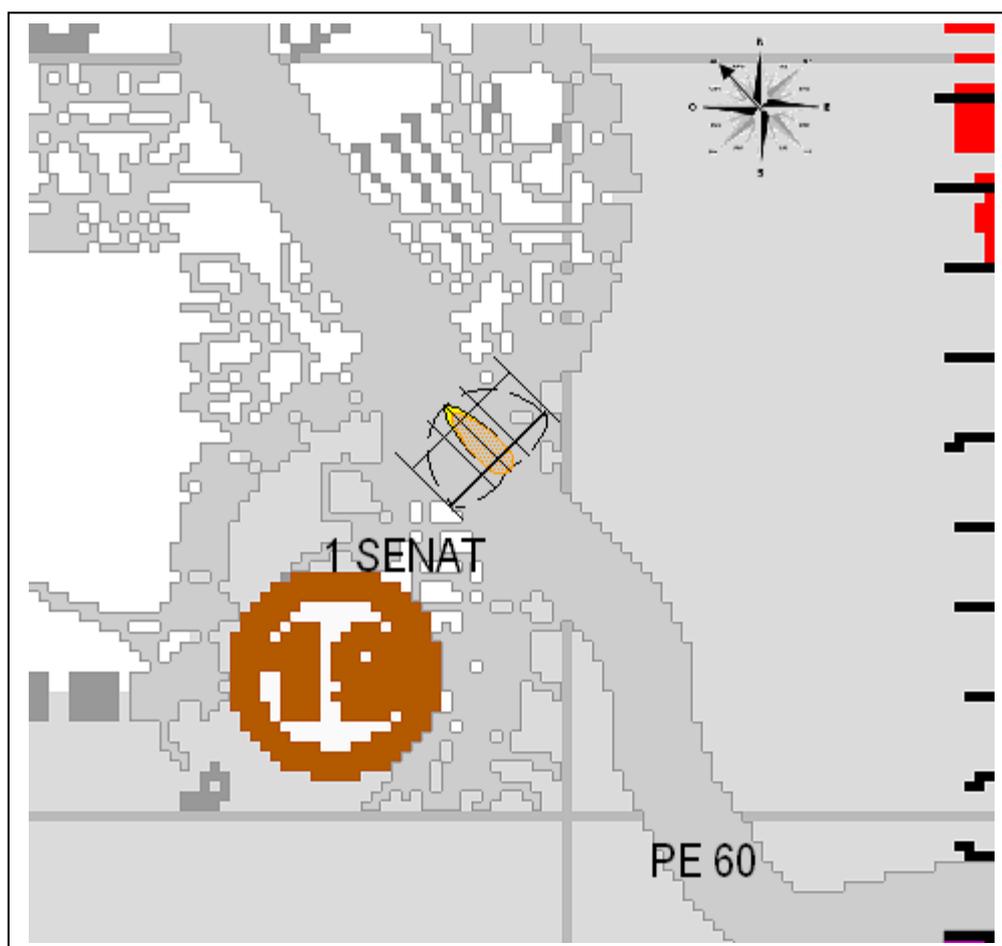


Figura 66 - Simulação do ALOHA pertinente às tabela 48 e 49. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 49 - Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 48.

Região	PAC=TEEL	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>5000 ppm=PAC-3 (TEEL-3)	Nível de preocupação (valor limite) nunca foi excedido	Prováveis efeitos prejudiciais à saúde ou morte, com risco de vida.
	>385 ppm=PAC-2 (TEEL-2)	120 m	Prováveis efeitos graves à saúde, irreversíveis ou outros duradouros adversos ou diminuição da capacidade de escapar.
	>300 ppm=PAC-1 (TEEL-1)	141 m	Notável desconforto, irritação ou certos efeitos não sensoriais assintomáticos. Estes efeitos não são incapacitantes e são transitórios e reversíveis após a cessação da exposição.

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção de vento NO, sendo que valores limites de critérios de proteção para n-octano na região de ameaça de cor vermelha com previsão de que em algum instante a concentração no ar seja superior a 5000 ppm (TEEL-3) e que a população possa experimentar prováveis efeitos prejudiciais à saúde ou morte, com risco de vida, nunca foram excedidos. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 120 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante a concentração de n-octano no ar seja superior a 385 ppm (TEEL-2) e que a população possa experimentar prováveis efeitos graves à saúde, irreversíveis ou outros duradouros adversos ou diminuição da capacidade de escapar. A distância limite da região na direção do vento de 141 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante a concentração de n-octano no ar seja superior a 300 ppm (TEEL-1) e que a população possa experimentar notável desconforto, irritação ou certos efeitos não sensoriais assintomáticos, sendo que estes efeitos não são incapacitantes e são transitórios e reversíveis após a cessação da exposição. Neste caso os valores limites de critérios de proteção (PAC-1, PAC-2 e PAC-3) serão os limites de exposição temporária de emergência (TEEL-1, TEEL-2 e TEEL-3).

Tabela 50 - Caracterização do risco para cenário 01. Modelagem realizada em 04/12/2013 – 05 h:00 nas condições de vento terreal.

Carreta tanque	Cenário 01
Perigo	Incêndio em carreta com 30000L de gasolina/ PE-60 próximo à SENAT e Engenho. Algodoads.
Causa	Capotamento de carreta tanque. Houve dano físico em válvula de bloqueio
Consequências	Área tóxica de nuvem de vapor

Caracterização do Vazamento

Material de referência	n-octano (gasolina)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	62,5 %
Temperatura	26 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Diâmetro da válvula	10,16 cm

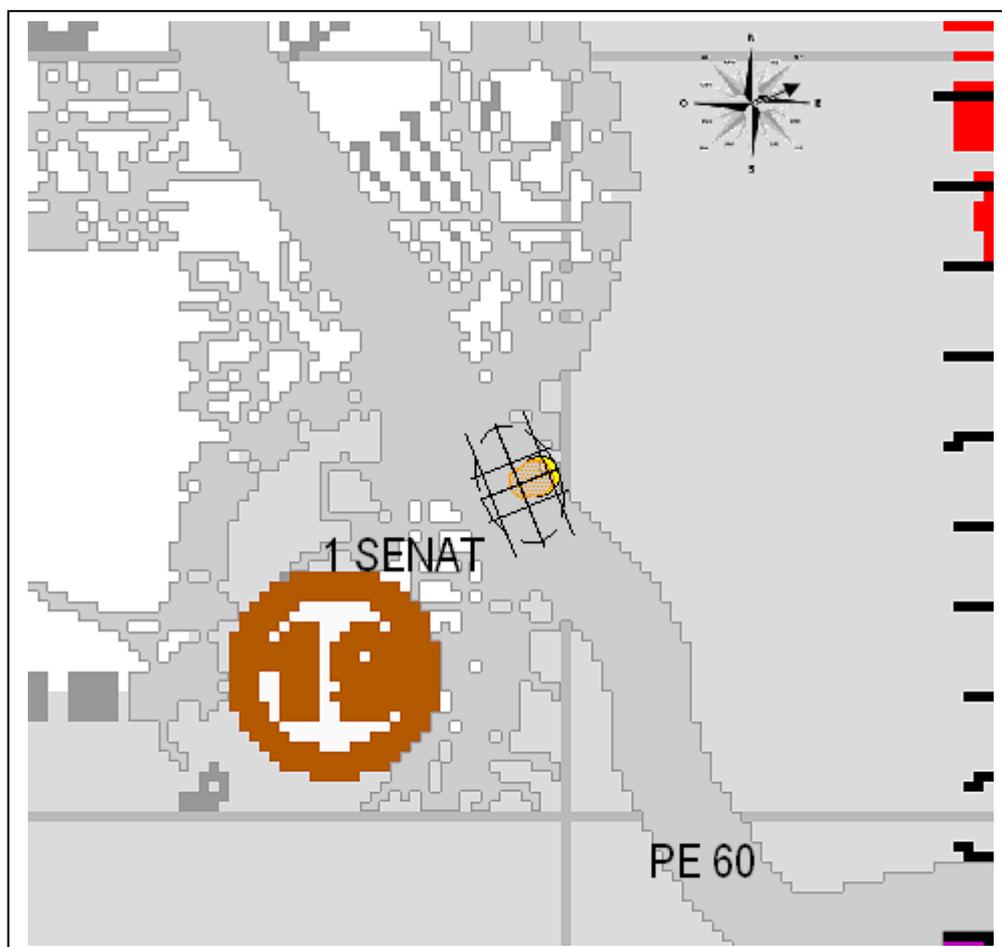


Figura 67 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 50 e 51. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 51 - Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 1, previstos na Tabela 50.

Região	PAC= TEEL	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>5000 ppm=PAC-3 (TEEL-3)	Nível de preocupação (valor limite) nunca foi excedido	Prováveis efeitos prejudiciais à saúde ou morte, com risco de vida.
	>385 ppm=PAC-2 (TEEL-2)	110 m	Prováveis efeitos graves à saúde, irreversíveis ou outros duradouros adversos ou diminuição da capacidade de escapar.
	>300 ppm=PAC-1 (TEEL-1)	131 m	Notável desconforto, irritação ou certos efeitos não sensoriais assintomáticos. Estes efeitos não são incapacitantes e são transitórios e reversíveis após a cessação da exposição.

Para este cenário verifica-se condição de vento terral com direção ENE, sendo que valores limites de critérios de proteção para n-octano na região de ameaça de cor vermelha com previsão de que em algum instante a concentração no ar seja superior a 5000 ppm (TEEL-3) e que a população possa experimentar prováveis efeitos prejudiciais à saúde ou morte, com risco de vida, nunca foram excedidos. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 110 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante a concentração de n-octano no ar seja superior a 385 ppm (TEEL-2) e que a população possa experimentar prováveis efeitos graves à saúde, irreversíveis ou outros duradouros adversos ou diminuição da capacidade de escapar. A distância limite da região na direção do vento de 131 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante a concentração de n-octano no ar seja superior a 300 ppm (TEEL-1) e que a população possa experimentar notável desconforto, irritação ou certos efeitos não sensoriais assintomáticos, sendo que estes efeitos não são incapacitantes e são transitórios e reversíveis após a cessação da exposição. Neste caso os valores limites de critérios de proteção (PAC-1, PAC-2 e PAC-3) serão os limites de exposição temporária de emergência (TEEL-1, TEEL-2 e TEEL-3).

Tabela 52 - Caracterização do risco para cenário 03. Modelagem realizada em 17/01/2014 – 16 h nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 03
Perigo	Incêndio e liberação de 40.000 L de etanol de carreta/PE-60 na entrada do Engenho Massangana
Causa	Tombamento de carreta. Houve ruptura do tanque
Consequências	Incêndio em poça
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	etanol
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	83,33 %
Temperatura	28 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Comprimento da ruptura	200 cm
Largura da ruptura	0,5 cm

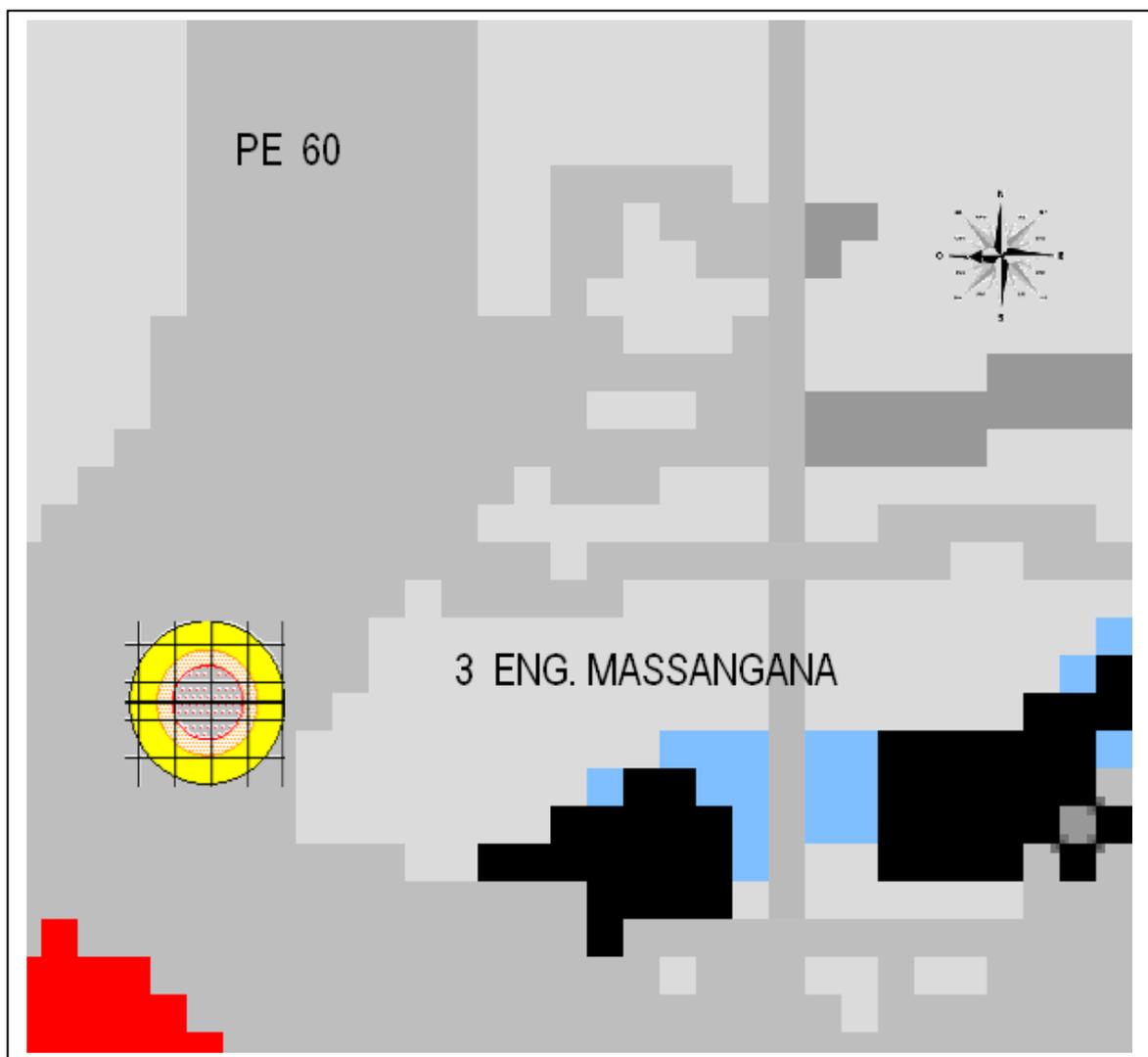


Figura 68 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 52 e 53. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 53 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 3, previstos na Tabela 52.

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	> 10	22	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	31	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	46	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção E. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento de 22 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 10 kW / m², sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 31 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 5 kW / m², com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 46 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a 2 kW / m² com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

Tabela 54 - Caracterização do risco para cenário 03. Modelagem realizada em 17/01/2014 – 01 h nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 03
Perigo	Incêndio e liberação de 40.000 L de etanol de carreta/PE-60 na entrada do Engenho Massangana
Causa	Tombamento de carreta. Houve ruptura do tanque.
Consequências	Incêndio em poça
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	etanol
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	83,33 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Comprimento da ruptura	200 cm
Largura da ruptura	0,5 cm

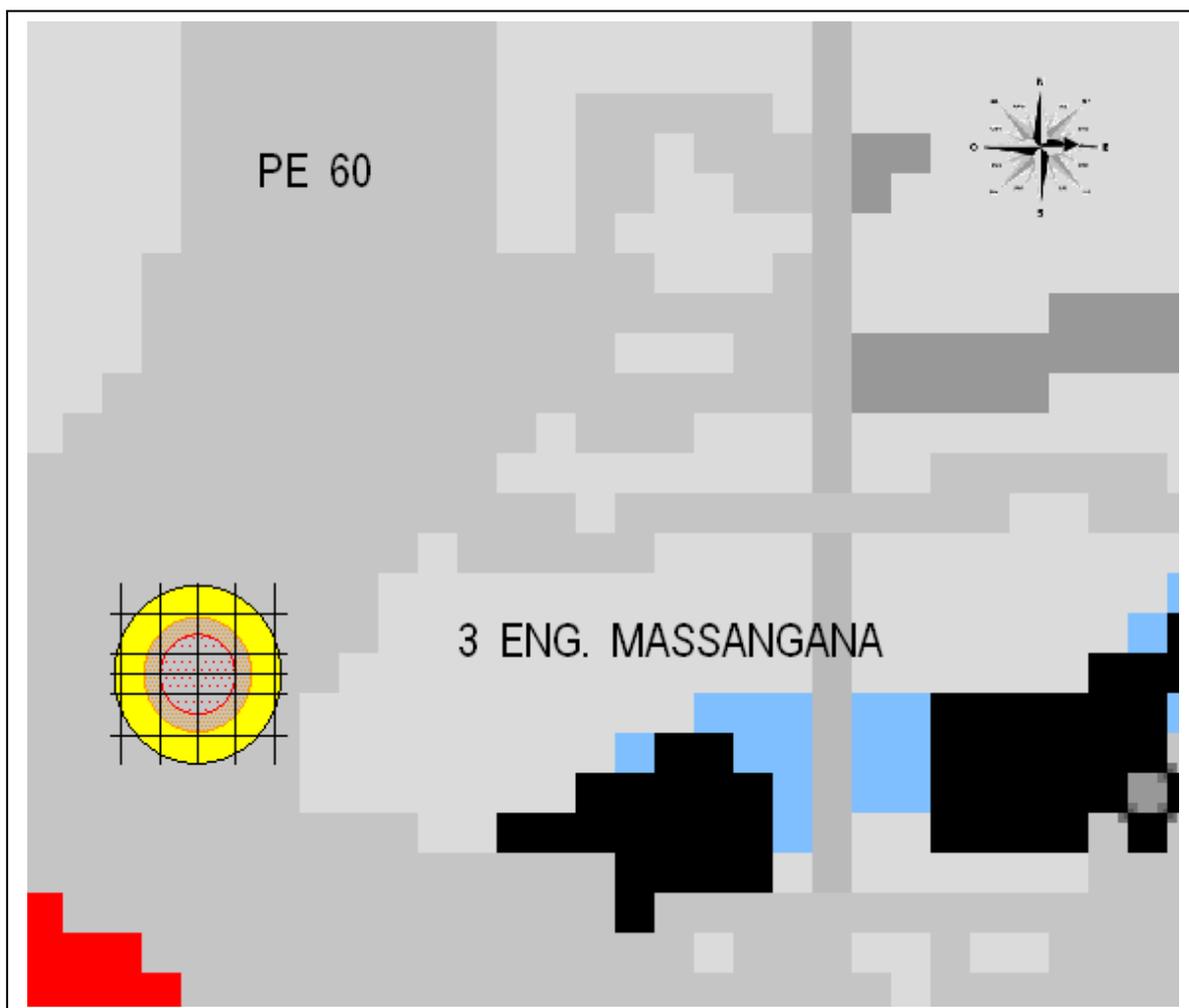


Figura 69 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 54 e 55. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 55 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 3, previstos na Tabela 54.

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	> 10	20	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	28	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	44	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verificam-se condições de vento terral com direção E. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento de 20 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 10 kW / m², sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 28 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 5 kW / m², com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 44 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a 2 kW / m² com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

Tabela 56: Caracterização do risco para cenário 03. Modelagem realizada em 17/01/2014 – 16 h nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 03
Perigo	Incêndio e liberação de 40.000 L de etanol de carreta/PE-60 na entrada do Engenho Massangana
Causa	Tombamento de carreta. Houve ruptura do tanque
Consequências	Área tóxica de nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	etanol
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	83,33 %
Temperatura	28 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Comprimento da ruptura	200 cm
Largura da ruptura	0,5 cm

Tabela 57: Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 03, previstos na Tabela 56.

Região	ERPG	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	N/A= ERPG-3	Nível de preocupação (valor limite) não recomendado	Indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar ou desenvolver efeitos prejudiciais à saúde ou morte, com risco de vida.
	>3300 ppm= ERPG-2	38 m (Zona de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar ou desenvolver efeitos graves à saúde, irreversíveis ou outros duradouros adversos ou diminuição da capacidade de escapar.
	>1800 ppm= ERPG-1	38 m (Zona de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar leves efeitos transitórios à saúde ou percepção claramente definida de objeção a odor.

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção de vento E, sendo que valores limites de critérios de proteção para etanol na região de ameaça de cor vermelha com previsão de concentração máxima no ar (ERPG -3) na qual indivíduos podem ser expostos acima de uma hora sem experimentar ou desenvolver efeitos prejudiciais à saúde ou morte, com risco de vida, não foram recomendados. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 38 m estão na região de ameaça de cor laranja, sendo que 3300 ppm (ERPG -2) é a concentração máxima de etanol no ar onde indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar ou desenvolver efeitos graves à saúde, irreversíveis ou outros duradouros adversos ou diminuição da capacidade de escapar. A distância limite da região na direção do vento de 38 m representa a região de ameaça de cor amarela, sendo que 1800 ppm (ERPG -1) é a concentração máxima de etanol no ar onde indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar leves efeitos transitórios à saúde ou percepção claramente definida de objeção a odor. Neste caso os valores limites de critérios de proteção (PAC-1, PAC-2 e PAC-3) serão os guias de planejamento de resposta a emergências (ERPG -1, ERPG -2 e ERPG -3). As zonas de ameaça de cor laranja e

amarela não foram desenhadas, pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias.

Tabela 58 - Caracterização do risco para cenário 03. Modelagem realizada em 17/01/2014 – 01 h nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 03
Perigo	Incêndio e liberação de 40.000 L de etanol de carreta/PE-60 na entrada do Engenho Massangana
Causa	Tombamento de carreta. Houve ruptura do tanque.
Consequências	Área tóxica de nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	etanol
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	83,33 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Comprimento da ruptura	200 cm
Largura da ruptura	0,5 cm

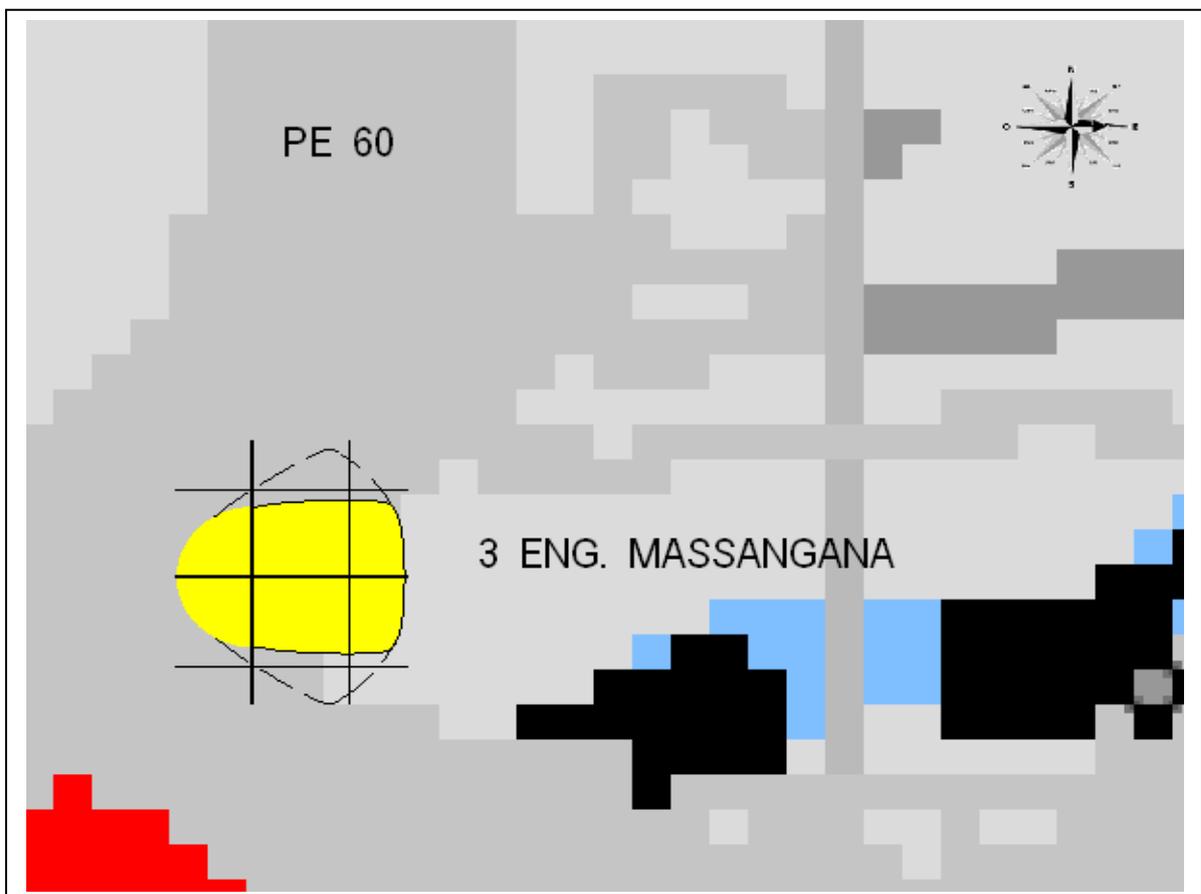


Figura 70 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 58 e 59. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 59 - Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 03, previstos na Tabela 58.

Região	ERPG	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	N/A= ERPG-3	Nível de preocupação (valor limite) não recomendado	Indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar ou desenvolver efeitos prejudiciais à saúde ou morte, com risco de vida.
	>3300 ppm= ERPG-2	58 m (Região de ameaça não foi desenhada pois as previsões de dispersão são irreais para comprimentos inferiores ao máximo diâmetro da poça de 79 m)	Indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar ou desenvolver efeitos graves à saúde, irreversíveis ou outros duradouros adversos ou diminuição da capacidade de escapar.
	>1800 ppm= ERPG-1	79 m	Indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar leves efeitos transitórios à saúde ou percepção claramente definida de objeção a odor.

Para este cenário verifica-se condição de vento terral com direção de vento E, sendo que valores limites de critérios de proteção para etanol na região de ameaça de cor vermelha com previsão de concentração máxima no ar (ERPG -3) na qual indivíduos podem ser expostos acima de uma hora sem experimentar ou desenvolver efeitos prejudiciais à saúde ou morte, com risco de vida, não foram recomendados. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 58 m estão na região de ameaça de cor laranja, sendo que 3300 ppm (ERPG -2) é a concentração máxima de etanol no ar onde indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar ou desenvolver efeitos graves à saúde, irreversíveis ou outros duradouros adversos ou diminuição da capacidade de escapar. A distância limite da região na direção do vento de 79 m representa a região de ameaça de cor amarela, sendo que 1800 ppm (ERPG -1) é a concentração máxima de etanol no ar onde indivíduos podem se expostos acima de uma hora sem experimentar leves efeitos transitórios à saúde ou percepção claramente definida de objeção a odor. Neste caso os valores limites de critérios de proteção (PAC-1, PAC-2 e PAC-3) serão os guias de planejamento de resposta a emergências (ERPG -1, ERPG -2 e ERPG -3). A zona de ameaça de cor laranja não foi desenhada pois as previsões de dispersão são irreais para comprimentos inferiores ao máximo diâmetro da poça de 79 m.

Tabela 60 - Caracterização do risco para cenário 04. Modelagem realizada em 20/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 04
Perigo	Vazamento em carreta com 25000L de estireno /TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima
Causa	Tombamento de carreta tanque, devido a um acidente com caminhão. Houve dano físico em válvula de alívio.
Consequências	Incêndio em poça
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Estireno (Etenilbenzeno)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	52,08 %
Temperatura	29 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Diâmetro da válvula	3,81 cm

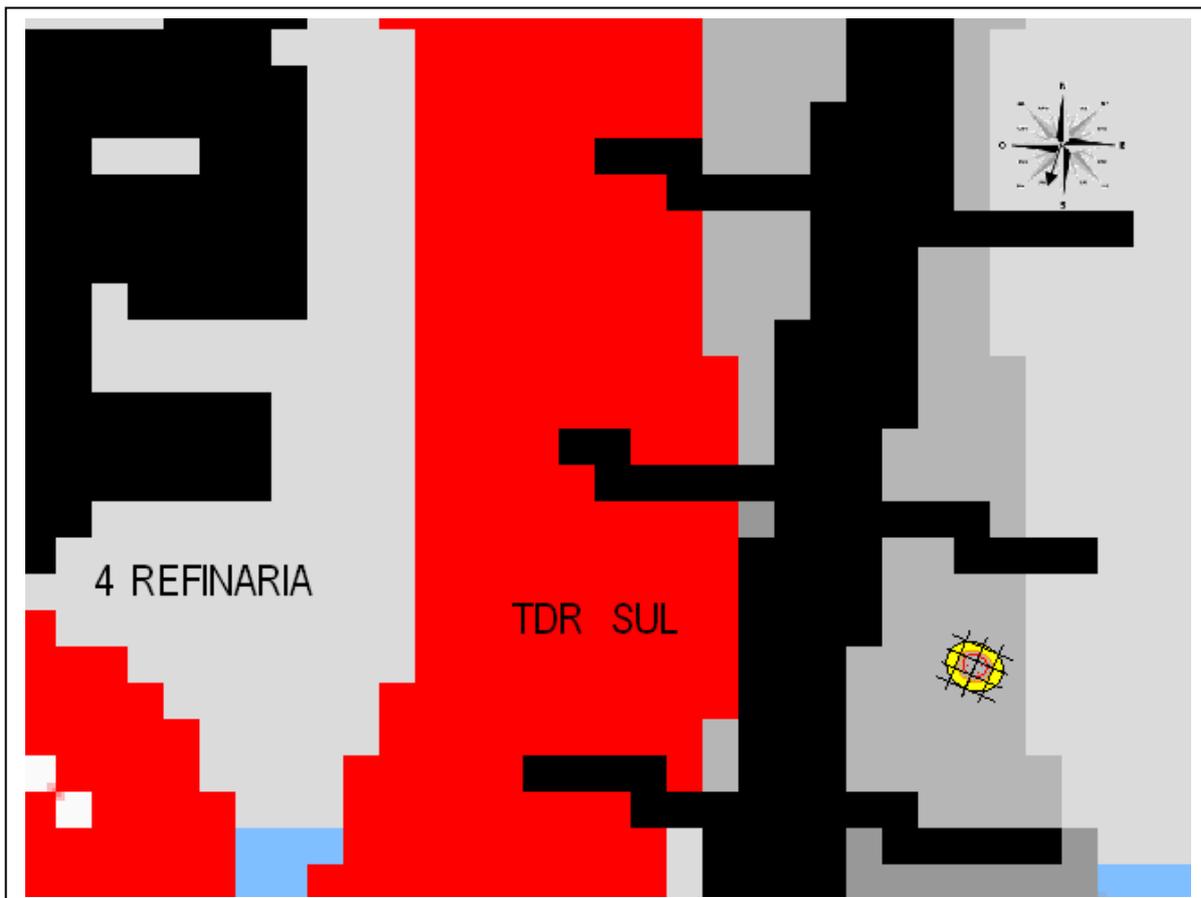


Figura 71: Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 60 e 61. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 61 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 04, previstos na Tabela 60.

Região	Valor Kw / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	> 10	10 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	14 m	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	20 m	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção de vento NNE. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento de 10 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 10 kW / m², sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 14 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 5 kW / m², com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 20 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a 2 kW / m² com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

Tabela 62 - Caracterização do risco para cenário 04. Modelagem realizada em 19/01/2014 – 02 h nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 04
Perigo	Vazamento em carreta com 25000L de estireno /TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima
Causa	Tombamento de carreta tanque, devido a um acidente com caminhão. Houve dano físico em válvula de alívio.
Consequências	Incêndio em poça
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Estireno (Etenilbenzeno)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	52,08 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Diâmetro da válvula	3,81 cm

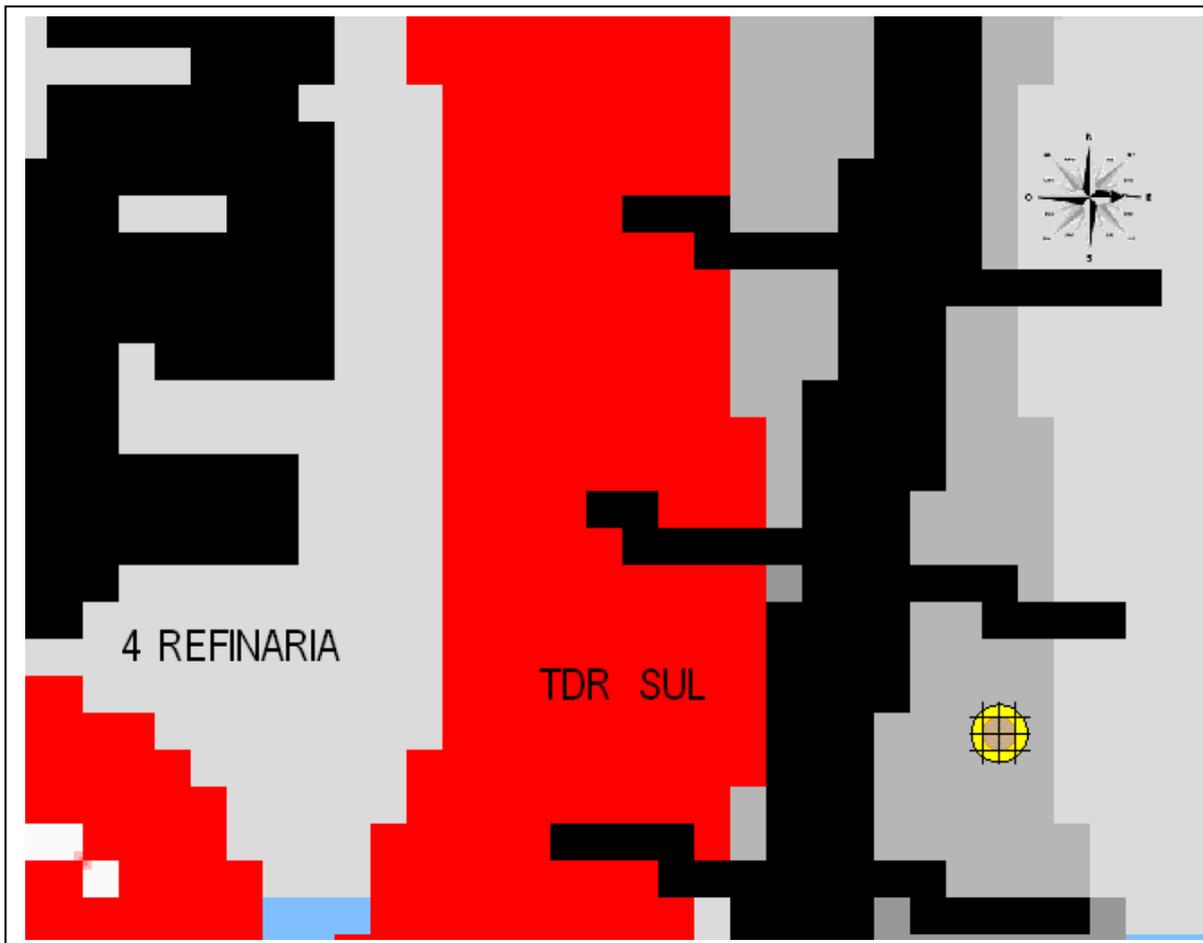


Figura 72 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 62 e 63. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 63 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 04, previstos na Tabela 62.

Região	Valor kW/ m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	> 10	Inferior a 10 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	10 m	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	17 m	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verifica-se condição de vento terral com direção E. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento inferior a 10 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 10 kW / m², sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da

região na direção do vento de 10 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a $5 \text{ kW} / \text{m}^2$, com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 17 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a $2 \text{ kW} / \text{m}^2$ com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

Tabela 64 - Caracterização do risco para cenário 04. Modelagem realizada em 20/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	cenário 04
Perigo	Vazamento em carreta com 25000L de estireno /TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima
Causa	Tombamento de carreta tanque, devido a um acidente com caminhão. Houve dano físico em válvula de alívio.
Consequências	Área tóxica de nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Estireno (Etenilbenzeno)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	52,08 %
Temperatura	29 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Diâmetro da válvula	3,81 cm

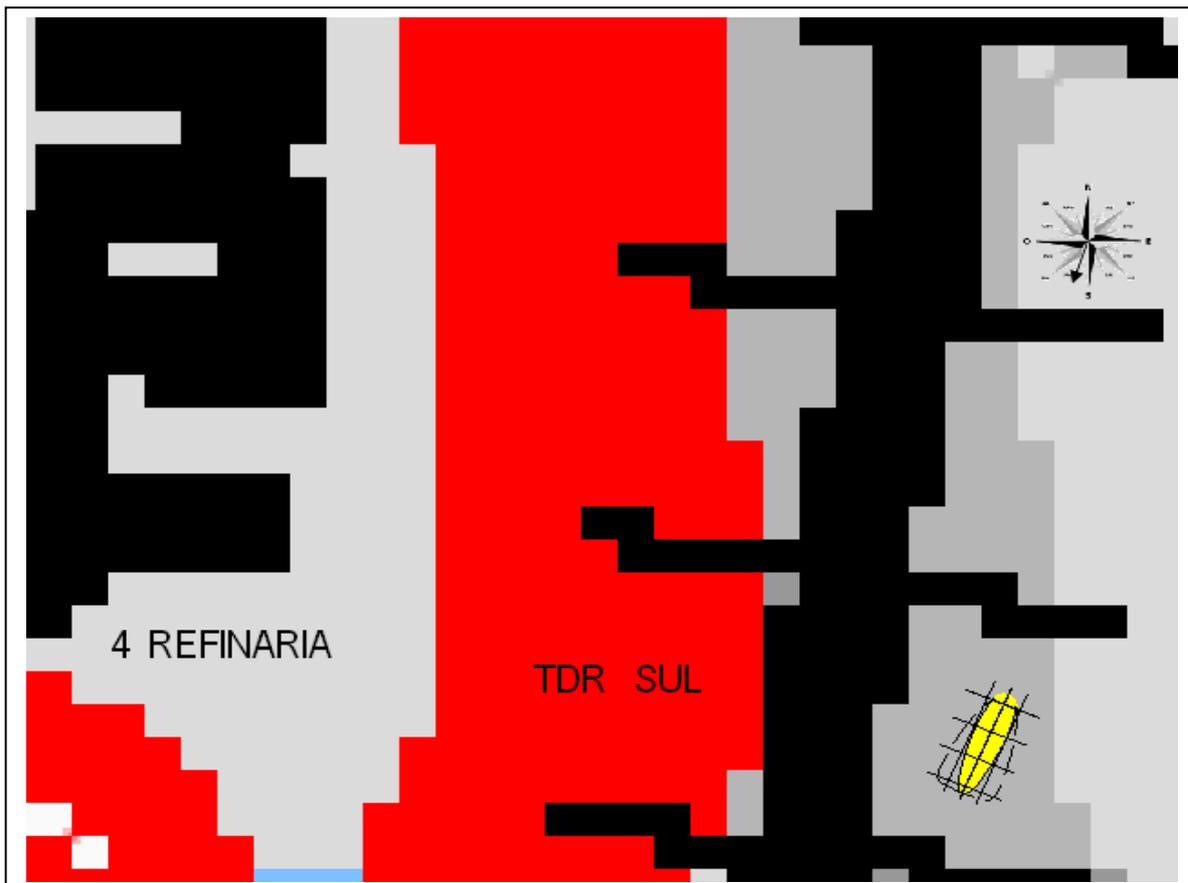


Figura 73 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 64 e 65. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 65 - Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 04, previstos na Tabela 64.

Região	AEGL	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>1100 ppm (AEGL-3/60 min)	Inferior a 10 m (Zona de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Provável experiência de efeitos à saúde com risco de vida ou morte.
	>130 ppm (AEGL-2/60 min)	14 m (Zona de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Provável experiência de efeitos irreversíveis ou graves, duradouros adversos à saúde ou uma diminuição da capacidade de escapar.
	>20 ppm (AEGL-1/60 min)	65 m	Provável experiência de notável desconforto, irritação ou certos assintomáticos efeitos não sensoriais. Esses efeitos não incapacitam e são temporários e reversíveis após encerramento da exposição.

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção de vento NNE. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento inferior a 10 m estão na região de ameaça de cor vermelha, sendo que valores limites de critérios de proteção são concentrações de etenilbenzeno no ar, acima de 1100 ppm (AEGL-3) foi previsto que o público pode experimentar efeitos à saúde com risco de vida ou morte. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 14 m estão na região de ameaça de cor laranja, sendo que 130 ppm (AEGL -2) é a concentração de etenilbenzeno no ar acima da qual foi previsto que o público pode experimentar efeitos irreversíveis ou graves, duradouros adversos à saúde ou uma diminuição da capacidade de escapar. A distância limite da região na direção do vento de 65 m representa a região de ameaça de cor amarela, sendo que 20 ppm (AEGL -1) é a concentração de etenilbenzeno no ar acima da qual foi previsto que o público pode experimentar notável desconforto, irritação ou certos efeitos assintomáticos e não sensoriais, sendo que esses efeitos não incapacitam e são temporários e reversíveis após encerramento da exposição. Neste caso os valores limites de critérios de proteção (PAC-1, PAC-2 e PAC-3) serão os níveis guia de exposição aguda (AEGL-1, AEGL -2 e AEGL -3) para um intervalo de tempo de 60 minutos. As zonas de ameaça de cor vermelha e laranja não foram desenhadas pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias.

Tabela 66 - Caracterização do risco para cenário 04. Modelagem realizada em 19/01/2014 – 02 h nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 04
Perigo	Vazamento em carreta com 25000L de estireno /TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima
Causa	Tombamento de carreta tanque, devido a um acidente com caminhão. Houve dano físico em válvula de alívio
Consequências	Área tóxica de nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Estireno (Etenilbenzeno)
Volume do tanque	48000 litros
Volume de operação	52,08 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,15 m
Diâmetro da válvula	3,81 cm

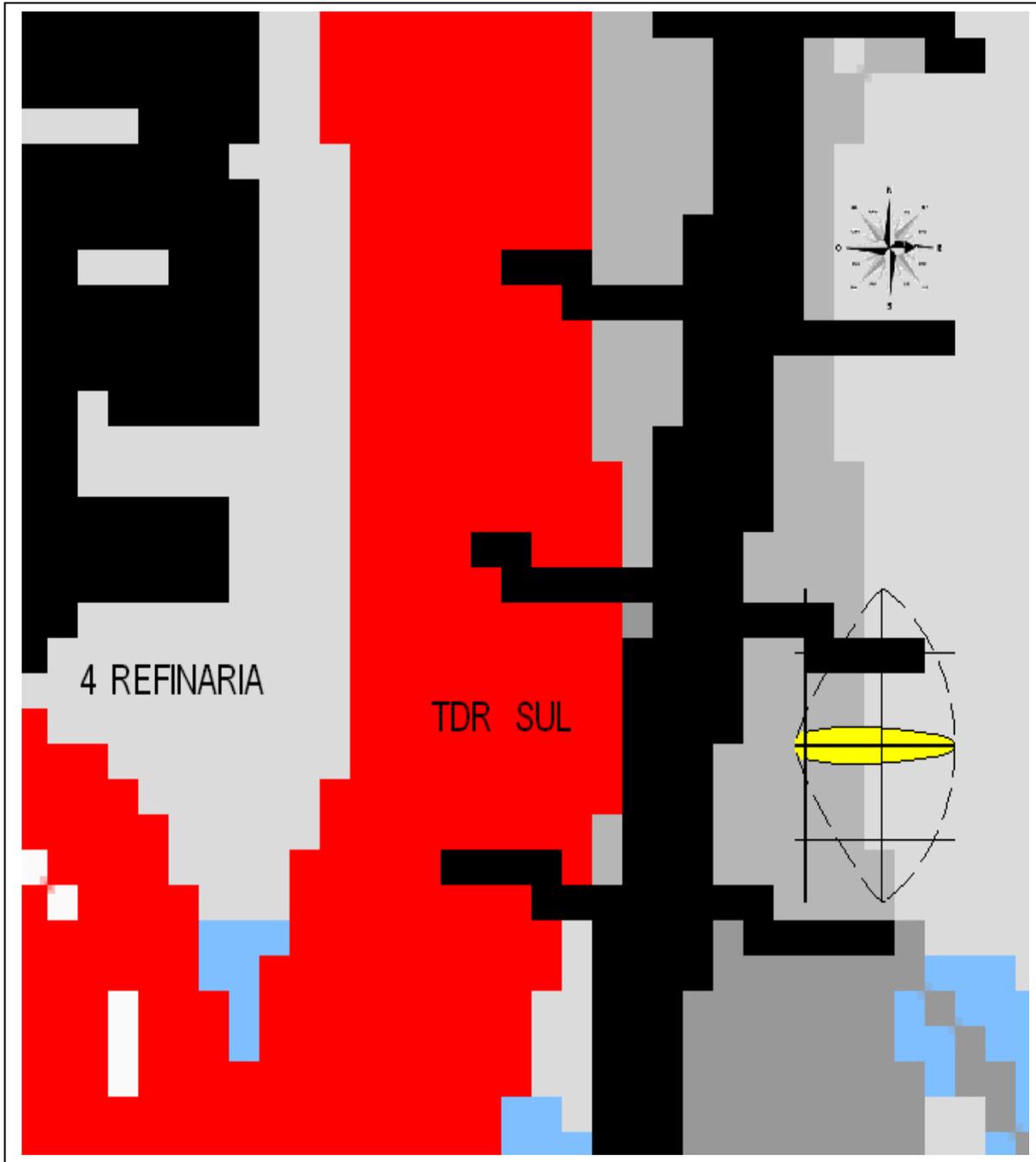


Figura 74: Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 66 e 67. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 67 - Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 04, previstos na Tabela 66.

Região	AEGL	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>1100 ppm (AEGL-3/60 min)	Inferior a 10 m (Zona de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Provável experiência de efeitos à saúde com risco de vida ou morte.
	>130 ppm (AEGL-2/60 min)	20 m (Zona de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Provável experiência de efeitos irreversíveis ou graves, duradouros adversos à saúde ou uma diminuição da capacidade de escapar.
	>20 ppm (AEGL-1/60 min)	99 m	Provável experiência de notável desconforto, irritação ou certos efeitos assintomáticos e não sensoriais. Esses efeitos não incapacitam e são temporários e reversíveis após encerramento da exposição.

Para este cenário verifica-se condição de vento terral com direção E. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento inferior a 10 m estão na região de ameaça de cor vermelha, sendo que valores limites de critérios de proteção são concentrações de etnilbenzeno no ar, acima de 1100 ppm (AEGL-3) foi previsto que o público pode experimentar efeitos à saúde com risco de vida ou morte. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 20 m estão na região de ameaça de cor laranja, sendo que 130 ppm (AEGL -2) é a concentração de feniletileno no ar acima da qual foi previsto que o público pode experimentar efeitos irreversíveis ou graves, duradouros adversos à saúde ou uma diminuição da capacidade de escapar. A distância limite da região na direção do vento de 99 m representa a região de ameaça de cor amarela, sendo que 20 ppm (AEGL -1) é a concentração de feniletileno no ar acima da qual foi previsto que o público pode experimentar notável desconforto, irritação ou certos efeitos assintomáticos e não sensoriais, sendo que esses efeitos não incapacitam e são temporários e reversíveis após encerramento da exposição. Neste caso os valores limites de critérios de proteção (PAC-1,

PAC-2 e PAC-3) serão os níveis guia de exposição aguda (AEGL-1, AEGL -2 e AEGL -3) para um intervalo de tempo de 60 minutos.

Tabela 68 - Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 20/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 05
Perigo	Liberação de GLP em carreta com 42000L / Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON
Causa	Tombamento de carreta tanque com 20 ton de capacidade. Houve dano físico em válvula de segurança.
Consequências	Explosão em nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Propano (GLP)
Volume do tanque	42000 litros
Volume de operação	100 %
Temperatura	28 °C
Diâmetro do tanque	2,13 m
Diâmetro da válvula	1,88 cm

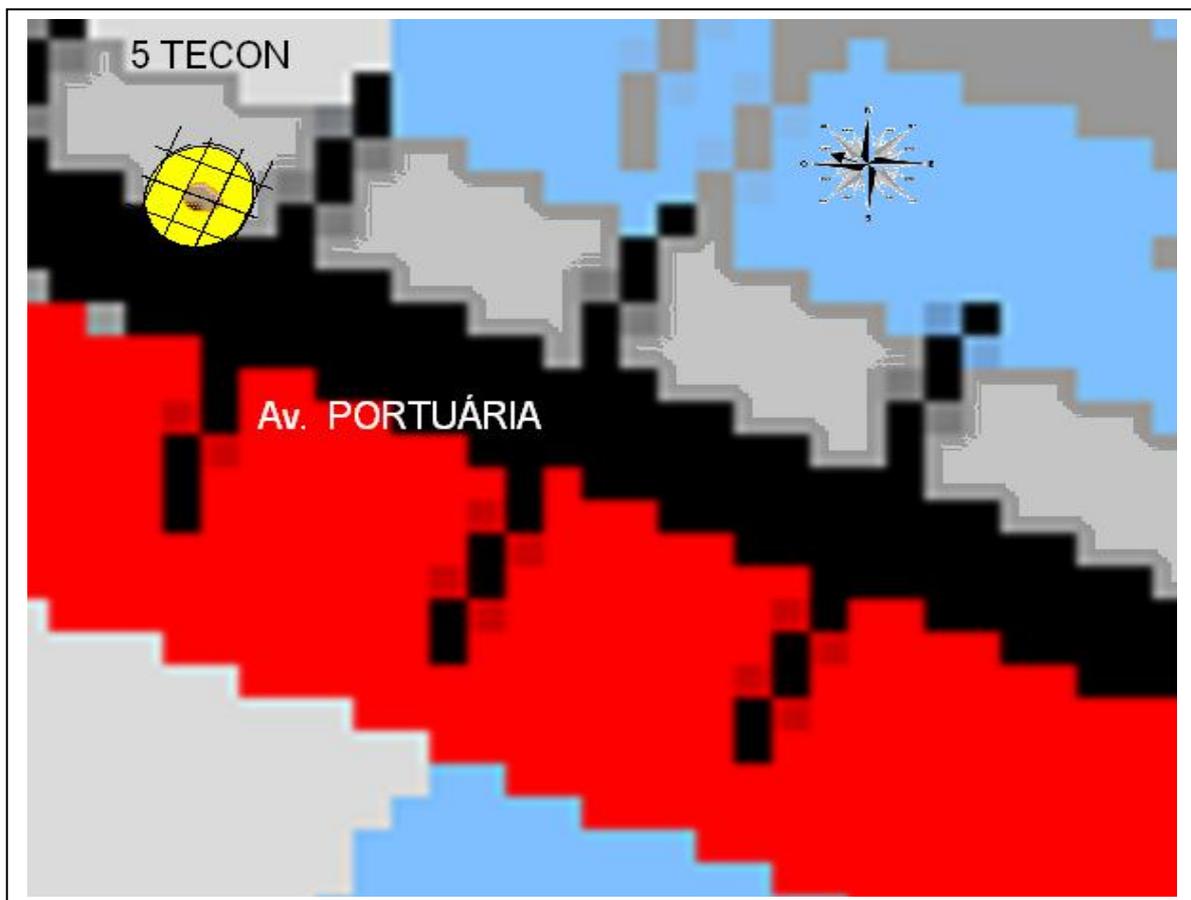


Figura 75: Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 68 e 69. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 69 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade de edificações para sobrepressões pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 68.

Região	Valor Psi	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade de edificações
	> 8,0 psi	Nível de preocupação (valor limite) nunca foi excedido	Destruição de edificações
	>3,5 psi	20 m	Prováveis danos estruturais graves
	>1,0 psi	43 m	Fragmentação de vidros

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção ESE, sendo que o valor limites de. 8,0 psi na região de ameaça de cor vermelha, com provável efeito de destruição de edificações nunca foi excedido.. A distância limite da região na direção do vento de 20 m representa a região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante a sobrepressão seja superior a 3,5 psi, com provável ocorrência de danos estruturais graves. A distância limite da região na direção do vento de 43 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante a sobrepressão seja superior a 1,0 psi com possibilidade de fragmentação de vidros.

Observações:

2,4 a 12,2 psig representa intervalo para 1 a 90% de ruptura do tímpano entre a população exposta;

14,5 a 29,0 psig representa intervalo para 1 a 99% de fatalidades entre a população exposta, devido diretamente aos efeitos da explosão.

Tabela 70 - Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 23/01/2014 – 03:00 nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 05
Perigo	Liberação de GLP em carreta com 42000L / Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON
Causa	Tombamento de carreta tanque com 20 ton de capacidade. Houve dano físico em válvula de segurança.
Consequências	Explosão em nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Propano (GLP)
Volume do tanque	42000 litros
Volume de operação	100 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,13 m
Diâmetro da válvula	1,88 cm

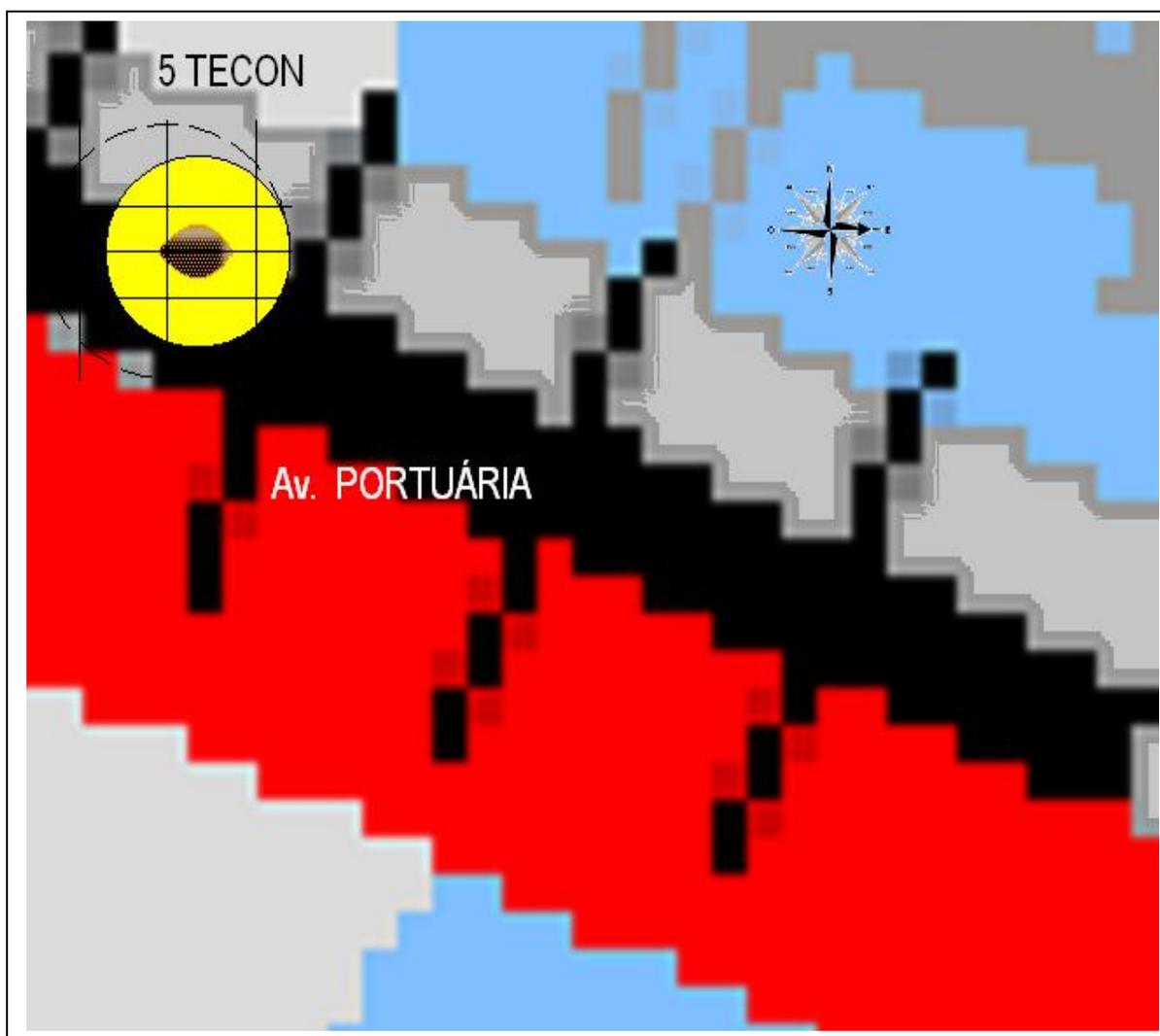


Figura 76 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 70 e 71 Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 71: Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade de edificações para sobrepressões pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 70.

Região	Valor Psi	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade de edificações
	> 8,0 psi	Nível de preocupação (valor limite) nunca foi excedido	Destruição de edificações
	>3,5 psi	37 m	Prováveis danos estruturais graves
	>1,0 psi	70 m	Fragmentação de vidros

Para este cenário verifica-se condição de vento terral com direção E, sendo que o valor limites de. 8,0 psi na região de ameaça de cor vermelha, com provável efeito de destruição de edificações nunca foi excedido.. A distância limite da região na direção do vento de 37 m representa a região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante a sobrepressão seja superior a 3,5 psi, com provável ocorrência de danos estruturais graves. A distância limite da região na direção do vento de 70 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante a sobrepressão seja superior a 1,0 psi com possibilidade de fragmentação de vidros.

Observações:

2,4 a 12,2 psig representa intervalo para 1 a 90% de ruptura do tímpano entre a população exposta;

14,5 a 29,0 psig representa intervalo para 1 a 99% de fatalidades entre a população exposta, devido diretamente aos efeitos da explosão.

Tabela 72 - Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 22/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 05
Perigo	Liberção de GLP em carreta com 42000L / Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON
Causa	Tombamento de carreta tanque com 20 ton de capacidade. Houve dano físico em válvula de segurança.
Consequências	BLEVE
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Propano (GLP)
Volume do tanque	42000 litros
Volume de operação	100 %
Temperatura	28 °C
Diâmetro do tanque	2,13 m

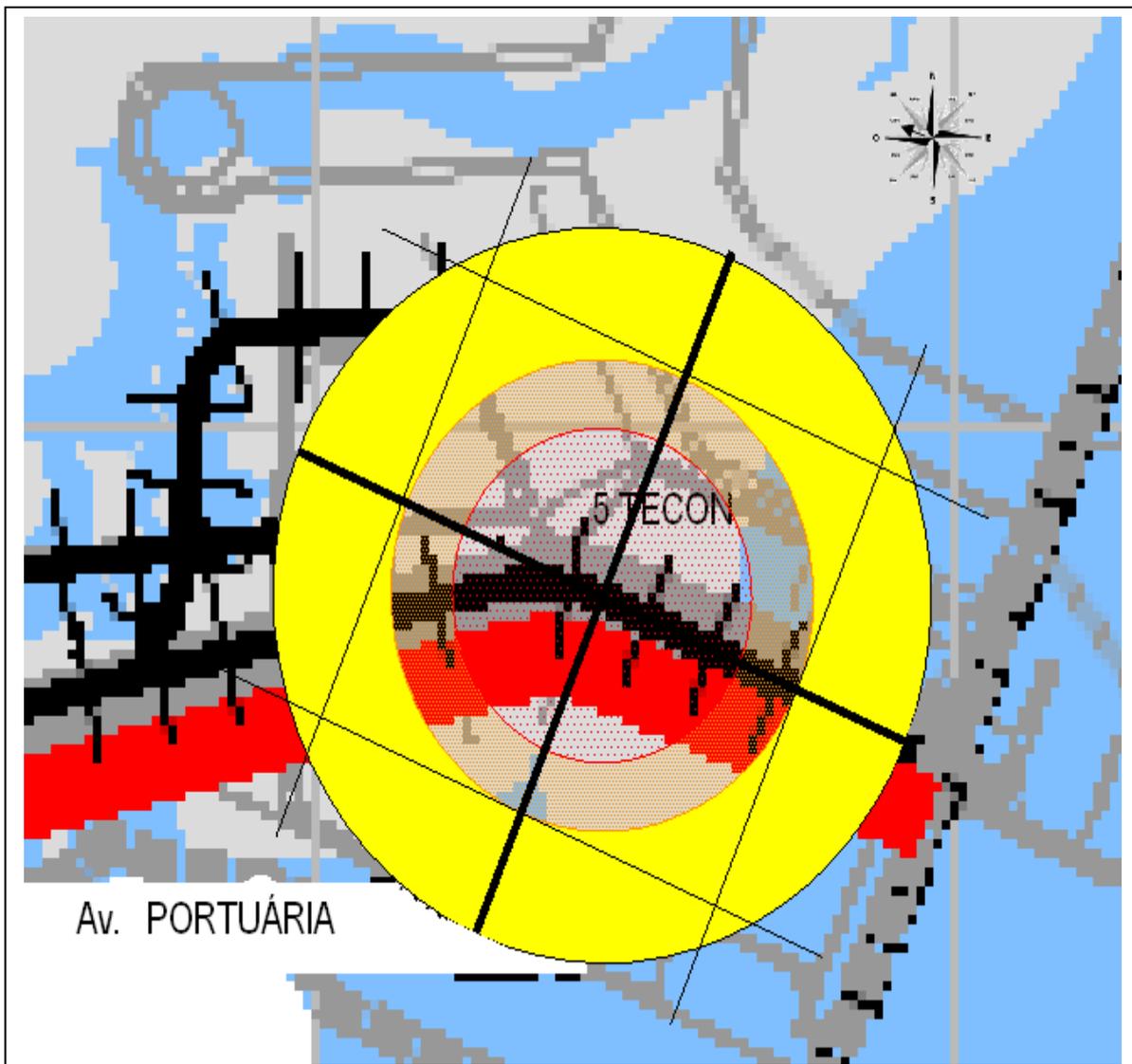


Figura 77 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 72 e 73. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 73 – Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 72.

Região	Valor kW / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	350 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	494 m	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	770 m	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção de vento ESE. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento de 350 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 10 kW / m², sendo provável a mortalidade em 60 segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 494 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 5 kW / m², com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 770 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a 2 kW / m² com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

Tabela 74 - Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 23/01/2014 – 03:00 nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 05
Perigo	Liberação de GLP em carreta com 42000L / Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON
Causa	Tombamento de carreta tanque com 20 ton de capacidade. Houve dano físico em válvula de segurança
Consequências	BLEVE
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Propano (GLP)
Volume do tanque	42000 litros
Volume de operação	100 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,13 m

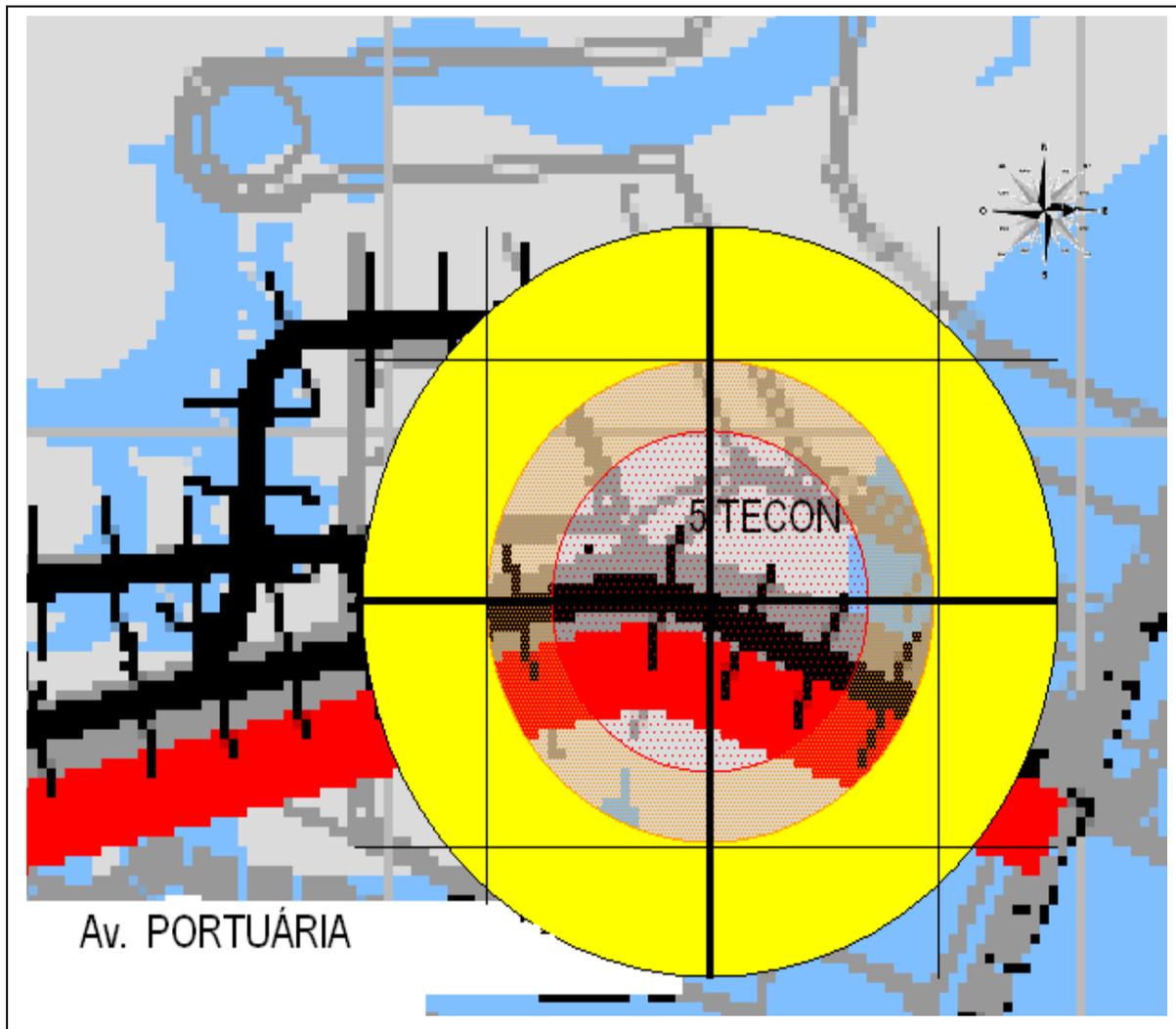


Figura 78 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 74 e 75. Foto de trecho de mapa com escala 1/15000.

Tabela 75 - Regiões, níveis de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas para fluxos térmicos incidentes pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 74.

Região	Valor kW / m ²	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>10	349 m	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	>5,0	493 m	Queimadura do 2º Grau em 60 segundos de exposição
	>2,0	767 m	Dores em 60 segundos de exposição

Para este cenário verifica-se condição de vento terral com direção E. As Pessoas que estão localizadas a uma distância limite da região na direção do vento de 349 m estão na região de ameaça de cor vermelha e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a 10 kW / m², sendo provável a mortalidade em 60

segundos de exposição. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 493 m estão na região de ameaça de cor laranja e há previsão de que em algum instante o fluxo térmico incidente seja superior a $5 \text{ kW} / \text{m}^2$, com grande possibilidade de sofrerem queimaduras do 2º Grau em 60 segundos de exposição. A distância limite da região na direção do vento de 767 m representa a região de ameaça de cor amarela e há previsão de que em algum instante os seres humanos sejam submetidos a um fluxo térmico incidente superior a $2 \text{ kW} / \text{m}^2$ com grande possibilidade de sofrerem dores em 60 segundos de exposição.

Tabela 76: Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 22/01/2014 – 14 h nas condições meteorológicas predominantes.

Carreta tanque	Cenário 05
Perigo	Liberação de GLP em carreta com 42000L / Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON
Causa	Tombamento de carreta tanque com 20 ton de capacidade. Houve dano físico em válvula de segurança.
Consequências	Área tóxica de nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Propano (GLP)
Volume do tanque	42000 litros
Volume de operação	100 %
Temperatura	28 °C
Diâmetro do tanque	2,13 m
Diâmetro da válvula	1,88 cm

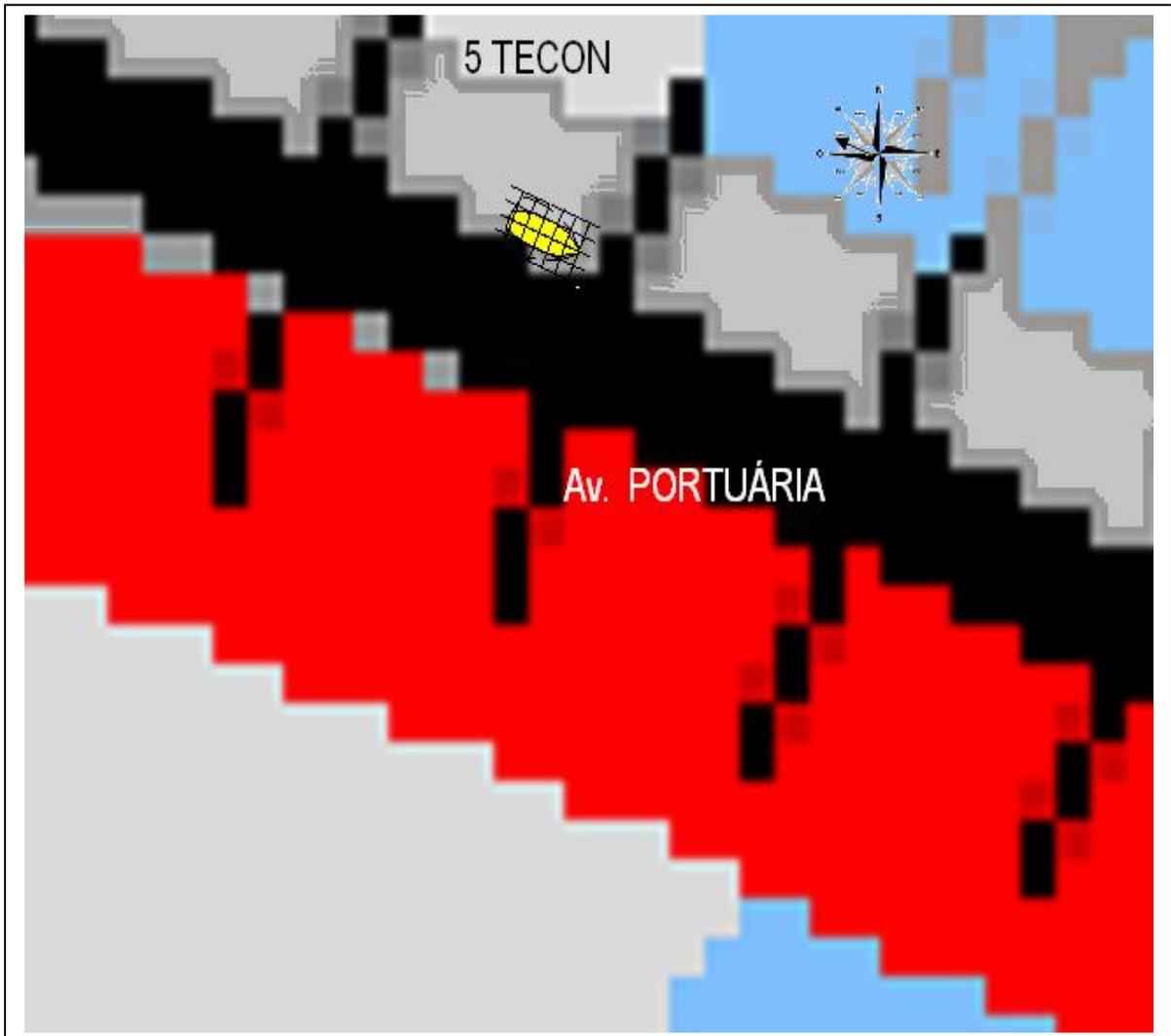


Figura 79 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 76 e 77. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 77 - Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 76 (contínua).

Região	AEGL	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>33000 ppm (AEGL-3/60 min)	18 m (Zona de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Provável experiência de efeitos à saúde com risco de vida ou morte.
	>17000 ppm (AEGL-2/60 min)	25 m (Zona de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Provável experiência de efeitos irreversíveis ou graves, duradouros adversos à saúde ou uma diminuição da capacidade de escapar.

Tabela 77 – Continuação.

Região	AEGL	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>5500 ppm (AEGL-1/60 min)	52 m	Provável experiência de notável desconforto, irritação ou certos assintomáticos efeitos não sensoriais. Esses efeitos não incapacitam e são temporários e reversíveis após encerramento da exposição.

Para este cenário verifica-se condição meteorológica predominante com direção de vento ESE. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 18 m estão na região de ameaça de cor vermelha, sendo que valores limites de critérios de proteção são concentrações de propano no ar acima de 33000 ppm (AEGL-3) foi previsto que o público pode experimentar efeitos à saúde com risco de vida ou morte. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 25 m estão na região de ameaça de cor laranja, sendo que 17000 ppm (AEGL -2) é a concentração de propano no ar acima da qual foi previsto que o público pode experimentar efeitos irreversíveis ou graves, duradouros adversos à saúde ou uma diminuição da capacidade de escapar. A distância limite da região na direção do vento de 52 m representa a região de ameaça de cor amarela, sendo que 5500 ppm (AEGL -1) é a concentração de propano no ar acima da qual foi previsto que o público pode experimentar notável desconforto, irritação ou certos efeitos assintomáticos e não sensoriais, sendo que esses efeitos não incapacitam e são temporários e reversíveis após encerramento da exposição. Neste caso os valores limites de critérios de proteção (PAC-1, PAC-2 e PAC-3) serão os níveis guia de exposição aguda (AEGL-1, AEGL -2 e AEGL -3) para um intervalo de tempo de 60 minutos. As zonas de ameaça de cor vermelha e laranja não foram desenhadas pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias

Tabela 78 - Caracterização do risco para cenário 05. Modelagem realizada em 23/01/2014 – 03:00 nas condições de vento terral.

Carreta tanque	Cenário 05
Perigo	Liberação de GLP em carreta com 42000L / Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON
Causa	Tombamento de carreta tanque com 20 ton de capacidade. Houve dano físico em válvula de segurança.
Consequências	Área tóxica de nuvem de vapor
Caracterização do Vazamento	
Material de referência	Propano (GLP)
Volume do tanque	42000 litros
Volume de operação	100 %
Temperatura	25 °C
Diâmetro do tanque	2,13 m
Diâmetro da válvula	1,88 cm

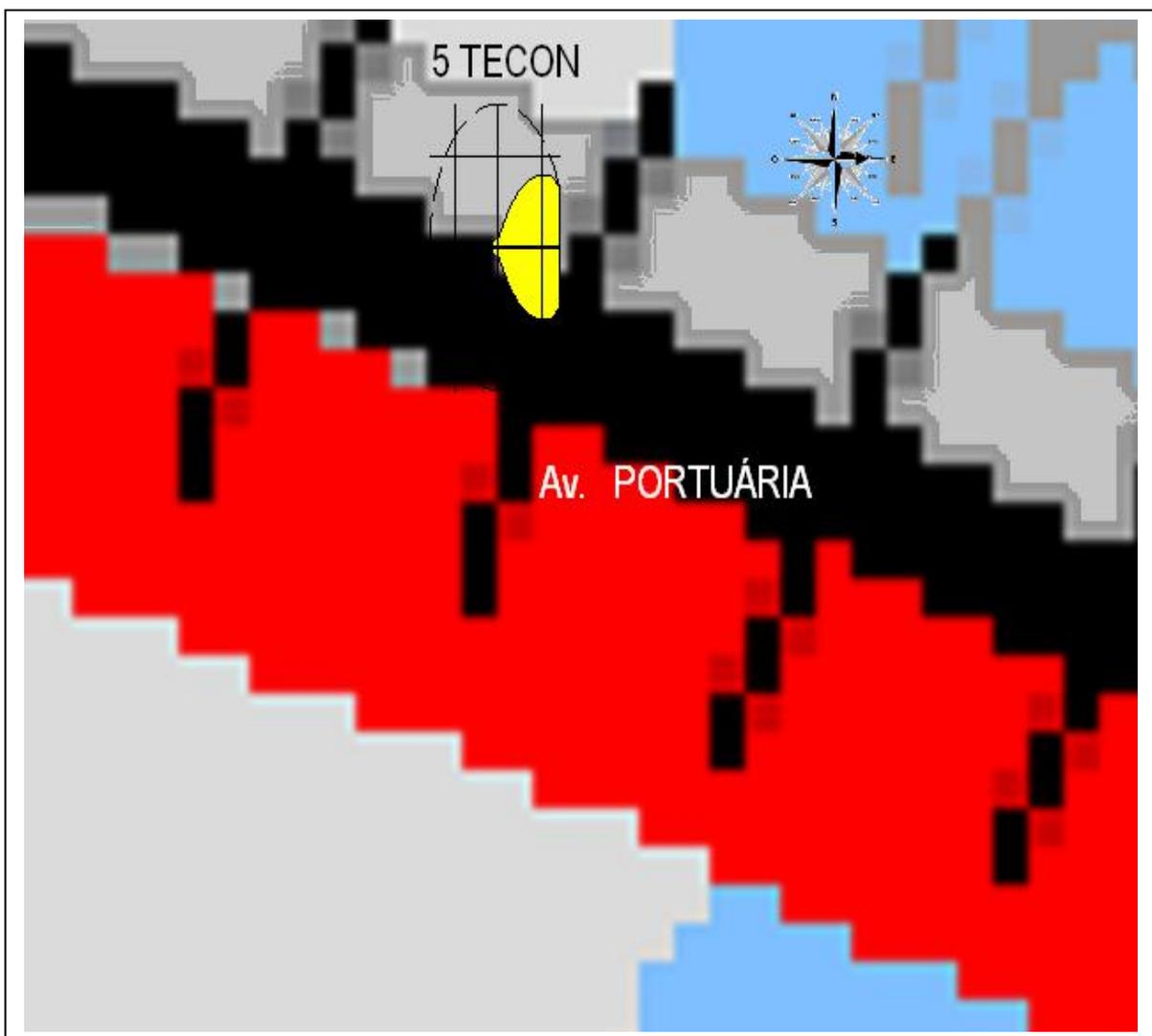


Figura 80 - Simulação do ALOHA pertinente às tabelas 78 e 79. Foto de trecho de mapa com escala 1/3750.

Tabela 79 - Regiões, níveis tóxicos de preocupação, distâncias limites e vulnerabilidade das pessoas pertinentes às condições e efeitos do cenário 05, previstos na Tabela 78.

Região	AEGL	Limite da região na direção do vento metros	Vulnerabilidade das pessoas
	>30003000 ppm (AEGL-3/60 min)	27 m (Região de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Provável experiência de efeitos à saúde com risco de vida ou morte.
	>17000 ppm (AEGL-2/60 min)	39 m (Região de ameaça não foi desenhada pois efeitos de trechos de áreas próximas fazem previsões de dispersão menos reais para curtas distâncias)	Provável experiência de efeitos irreversíveis ou graves, duradouros adversos à saúde ou uma diminuição da capacidade de escapar.
	>5500 ppm (AEGL-1/60 min)	71 m	Provável experiência de notável desconforto, irritação ou certos assintomáticos efeitos não sensoriais. Esses efeitos não incapacitam e são temporários e reversíveis após encerramento da exposição.

Para este cenário verifica-se condição de vento terral com direção de vento E. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 27 m estão na região de ameaça de cor vermelha, sendo que valores limites de critérios de proteção são concentrações de propano no ar acima de 33000 ppm (AEGL-3) foi previsto que o público pode experimentar efeitos à saúde com risco de vida ou morte. Os indivíduos que estão localizados a uma distância limite da região na direção do vento de 39 m estão na região de ameaça de cor laranja, sendo que 17000 ppm (AEGL -2) é a concentração de propano no ar acima da qual foi previsto que o público pode experimentar efeitos irreversíveis ou graves, duradouros adversos à saúde ou uma diminuição da capacidade de escapar. A distância limite da região na direção do vento de 71 m representa a região de ameaça de cor amarela, sendo que 5500 ppm (AEGL -1) é a concentração de propano no ar acima da qual foi previsto que o público pode experimentar notável desconforto, irritação ou certos efeitos assintomáticos e não sensoriais, sendo que esses efeitos não incapacitam e são temporários e reversíveis após encerramento da exposição. Neste caso os valores limites de critérios de proteção (PAC-1,

PAC-2 e PAC-3) serão os níveis guia de exposição aguda (AEGL-1, AEGL -2 e AEGL -3) para um intervalo de tempo de 60 minutos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vale destacar os cenários cujos resultados das caracterizações do risco e modelagens efetuadas com o ALOHA apresentaram maior potencial de causar danos a população circunvizinha, meio ambiente e instalações analisadas, realizando considerações finais a respeito.

Em relação ao cenário 1 com capotamento e incêndio de carreta tanque com 30000L de gasolina na PE-60 próximo à SENAT e Engenho Algodas, verifica-se que:

Nas condições de vento Terral com direção ENE, o efeito de incêndio em poça apresenta risco alto com consequências moderadas para pessoas, comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência provável. 620 famílias estão localizadas a cerca de 500 m do cenário 1. 1150 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização que fica as margens da PE 60, sendo provável que sofram exposição aos fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² respectivamente e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor vermelha, laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento de 21, 31 ou 50 m. As edificações de empresas situadas nas proximidades deste cenário, com limites da região na direção do vento de 21, 31 ou 50 m podem ser expostas a fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² respectivamente, que podem provocar incêndios e danos estruturais conseqüentes, além de consequências moderadas ao meio ambiente (vegetação, ar e solo) em zona de preservação ecológica e industrial. A área dever ser isolada num raio de 800 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

Na condição meteorológica predominante com direção de vento NW, o efeito de BLEVE, apresenta risco alto com categoria de consequências catastróficas para pessoas, comunidade e continuidade operacional e risco médio com consequências moderadas para o meio ambiente, sendo a categoria de frequência remota. 620 famílias estão localizadas a cerca de 500 m do cenário 1 e 1150 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização que fica as margens da PE 60, sendo provável que sofram exposição aos fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor vermelha, laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento de 344, 486 ou 757 m. As edificações de empresas e outras situadas nas proximidades deste

cenário, com limites da região na direção do vento de 344, 486 ou 757 m podem ser expostas a fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² que podem provocar incêndios e danos estruturais conseqüentes, além de conseqüências moderadas ao meio ambiente (vegetação, ar e solo) em zona de preservação ecológica e industrial. A área dever ser isolada num raio de 800 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

Na condição meteorológica predominante com direção de vento NW, o efeito de intoxicação, apresenta risco alto com conseqüências moderadas para pessoas, comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência provável. 620 famílias estão localizadas a cerca de 500 m do cenário1. 1150 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização que fica as margens da PE 60, sendo provável que sofram exposição a concentração de n-octano no ar superiores a 385 e 300 ppm (limites de exposição temporaria de emergência/ TEEL-2 e TEEL-3) respectivamente e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento de 120 ou 141 m. Nunca foi excedida concentração de n-octano no ar superior a 5000 ppm (limite de exposição temporaria de emergência/TEEL-1) para efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida correspondentes a região de ameaça de cor vermelha. Liberação de poça de evaporação de n-octano de 80 m pode provocar conseqüências moderadas ao meio ambiente (vegetação, ar e solo) em zona de preservação ecológica e industrial. Considere a evacuação inicial no sentido do vento em um raio de 300m.

Em relação ao cenário 3 com tombamento de carreta tanque, incêndio e liberação de 40.000 L de etanol na PE-60 nas proximidades da entrada do Engenho Massangana, verifica-se que:

Na condição meteorológica predominante com direção de vento E, o efeito de incêndio em poça apresenta risco alto com conseqüências moderadas para pessoas, comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência provável. 350 famílias estão localizadas a cerca de 1000 m do cenário 3. 365 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização, que fica as margens da PE 60, sendo provável que sofram exposição aos fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² respectivamente e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor vermelha, laranja ou amarela definidas em

função de distâncias limites da região na direção do vento de 22, 31 ou 46 m. As edificações de empresas situadas nas proximidades deste cenário, com limites da região na direção do vento de 22, 31 ou 46 m podem ser expostas a fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² respectivamente, que podem provocar incêndios e danos estruturais conseqüentes, além de conseqüências moderadas ao meio ambiente (vegetação, ar e solo) em zonas industriais e de central administrativa. A área deve ser isolada num raio de 800 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

Na condição de vento terral com direção E, o efeito de intoxicação, apresenta risco alto para com conseqüências moderadas para pessoas, comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência provável. 350 famílias estão localizadas a cerca de 1000 m do cenário 3. 365 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização, que fica as margens da PE 60, sendo provável que sofram exposição a concentração de etanol no ar superiores a 3300 e 1800 ppm (guias de planejamento de resposta a emergências/ ERPG -2 e ERPG -1) respectivamente e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento de 58 ou 79 m. Não foi apresentado valor limite (guia de planejamento de resposta a emergências/ ERPG -3) para os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida correspondentes a região de ameaça de cor vermelha, não sendo recomendadas distâncias limites da região na direção do vento. Liberação de poça de evaporação de etanol de 79 m pode provocar conseqüências moderadas ao meio ambiente (vegetação, ar e solo) em zonas industriais e de central administrativa. Considere a evacuação inicial no sentido do vento em um raio de 300m.

Em relação ao cenário 4 com tombamento de carreta tanque devido a um acidente com caminhão, havendo vazamento em carreta com 25000L de etnilbenzeno na TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima, verifica-se que:

Na condição meteorológica predominante com direção de vento NNE, o efeito de incêndio em poça apresenta risco alto com conseqüências moderadas para comunidade e meio ambiente e conseqüências menores para pessoas e continuidade operacional, sendo a categoria de frequência provável. 4 famílias estão localizadas a cerca de 200 m do cenário4. 12000 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização, que fica as margens da TDR-SUL, sendo provável que sofram exposição aos fluxos térmicos incidentes

superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² respectivamente e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor vermelha, laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento de 10, 14 ou 20 m. As edificações de empresas situadas nas proximidades deste cenário, com limites da região na direção do vento de 10, 14 ou 20 m podem ser expostas a fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² respectivamente, que podem provocar incêndios e danos estruturais conseqüentes, além de conseqüências moderadas ao meio ambiente (vegetação, ar e solo) em zonas industriais e de central administrativa. A área deve ser isolada num raio de 800 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

Na condição de vento terral com direção E, o efeito de intoxicação, apresenta risco alto com conseqüências moderadas para pessoas e meio ambiente e conseqüências menores para comunidade e continuidade operacional, sendo a categoria de frequência provável. 4 famílias estão localizadas a cerca de 200 m do cenário 4. 12000 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização, que fica as margens da TDR-SUL, sendo provável que sofram exposição a concentrações de etnilbenzeno no ar superiores a 1100, 130 ou 20 ppm (níveis guia de exposição aguda/AEGL-3, AEGL -2 ou AEGL -1) para um intervalo de tempo de 60 minutos) e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor vermelha, laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento inferiores a 10m, de 20 ou 99m. Liberação de poça de evaporação de feniletileno de 14,7 m pode provocar conseqüências moderadas ao meio ambiente (vegetação, ar e solo) em zonas industriais e de central administrativa. Considere a evacuação inicial no sentido do vento em um raio de 300m.

Em relação ao cenário 5 com tombamento de caminhão tanque com 20 ton, havendo liberação de GLP em carreta com 42000L de capacidade na Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON, verifica-se que:

Na condição de vento terral com direção E, o efeito de explosão em nuvem de vapor apresenta risco alto com conseqüências catastróficas para pessoas e risco médio com conseqüências moderadas para comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência remota. 65000 funcionários de empresas permanecem regularmente na localidade, que fica as margens da Av. Portuária, sendo provável que sofram efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida devido às elevadas temperaturas e

sobrepensões provenientes de explosão em nuvem de vapor, sendo que as edificações situadas nessa localização podem sofrer exposição aos valores limites de sobrepressão superiores a 3,5 ou 1 psi, sendo submetidas a prováveis efeitos de danos estruturais graves ou fragmentação de vidros previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento de 37 ou 70m. Nunca foi excedido valor limite de sobrepressão superior a 8 psi correspondente aos efeitos de destruição de edificações correspondentes a região de ameaça de cor vermelha, não sendo previstas distâncias limites da região na direção do vento. As edificações de empresas situadas nas proximidades deste cenário, com limites da região na direção do vento de 37 ou 70 m podem ser expostas a elevadas temperaturas provenientes da explosão em nuvem de vapor que podem provocar incêndios e danos estruturais conseqüentes, além de conseqüências moderadas para o meio ambiente (vegetação, solo, ar e água) em zona industrial portuária. A área deve ser isolada num raio de 1600 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

Na condição meteorológica predominante com direção de vento ESE, o efeito de BLEVE, apresenta risco alto com conseqüências catastróficas para pessoas e continuidade operacional e risco médio com conseqüências moderadas para comunidade e meio ambiente, sendo a categoria de frequência remota. 65000 funcionários de empresas permanecem regularmente na localidade, que fica nas margens da Av. Portuária, sendo provável que sofram exposição aos fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² respectivamente e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor vermelha, laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento de 350, 494 ou 770 m. As edificações de empresas situadas nas proximidades deste cenário, com limites da região na direção do vento de 350, 494 ou 770 m podem ser expostas a fluxos térmicos incidentes superiores a 10, 5 ou 2 kW/m² que podem provocar incêndios e danos estruturais conseqüentes, além de conseqüências moderadas para o meio ambiente (vegetação, solo, ar e água) em zona industrial portuária. A área deve ser isolada num raio de 1600 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

Na condição de vento terral com direção de vento E, o efeito de intoxicação, apresenta risco alto com conseqüências menores para pessoas, comunidade e continuidade

operacional e moderadas para o meio ambiente (vegetação, solo e ar), sendo a categoria de frequência provável. 65000 funcionários de empresas permanecem regularmente na localidade, que fica as margens da Av. Portuária, sendo provável que sofram exposição a concentrações de propano no ar superiores a 33000, 17000 ou 5500 ppm (níveis guia de exposição aguda/AEGL-3, AEGL -2 ou AEGL -1) para um intervalo de tempo de 60 minutos) e os efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida previstos nos resultados para as regiões de ameaça de cor vermelha, laranja ou amarela definidas em função de distâncias limites da região na direção do vento de 27, 39 ou 71 m. As concentrações de propano no ar supramencionadas podem provocar consequências moderadas para o meio ambiente (vegetação, solo, ar e água) em zona industrial portuária. Considere a evacuação inicial no sentido do vento em um raio de 800 m.

Vale destacar as razões pelas quais os cenários a seguir não foram selecionados para realizar estudos de caracterizações do risco e simulações utilizando o ALOHA:

Cenário 1 com capotamento e incêndio de carreta tanque com 30000L de gasolina na PE-60 próximo à SENAT e Engenho Algodas, para o efeito de explosão em nuvem, por apresentar risco médio para pessoas, comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência remota. 620 famílias estão localizadas a cerca de 500 m do cenário1 e 1150 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização que fica as margens da PE 60. A área deve ser isolada num raio de 800 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

Cenário 2 com acidente rodoviário e princípio de incêndio em caminhão tanque transportando óleo diesel com capacidade de 30.000 L na Curva do boi, para os efeitos de incêndio em poça e intoxicação, sendo constatado que:

O efeito de incêndio em poça apresenta risco baixo com consequências insignificantes para pessoas e consequências menores para comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência remota. Cerca de 23 famílias e 10000 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização. A área deve ser isolada num raio de 800 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

O efeito de intoxicação apresenta risco médio com consequências insignificantes para pessoas, comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência provável. Cerca de 20 famílias e 10000 funcionários de empresas permanecem

regularmente na localização. Considere a evacuação inicial no sentido do vento em um raio de 300m.

Cenário 3 com tombamento de carreta tanque, incêndio e liberação de 40.000 L de etanol na PE-60 nas proximidades da entrada do Engenho Massangana, para o efeito de incêndio em jato, por apresentar risco baixo para pessoas e médio para comunidade, continuidade operacional e meio ambiente, sendo a categoria de frequência remota. 350 famílias estão localizadas a cerca de 1000 m do cenário3. 365 funcionários de empresas permanecem regularmente na localização, que fica as margens da PE 60. A área deve ser isolada num raio de 800 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

Cenário 5 com tombamento de caminhão tanque com 20 ton, havendo liberação de GLP em carreta com 42000L de capacidade na Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON, para o efeito de incêndio em jato, por apresentar risco médio para pessoas, comunidade e meio ambiente, sendo a categoria de frequência ocasional. 65000 funcionários de empresas permanecem regularmente na localidade, que fica as margens da Av. Portuária A área deve ser isolada num raio de 1600 m em todas as direções, devendo ser considerada a possibilidade de evacuação da área isolada.

10 famílias localizadas nas proximidades (20 a 100m) da TDR-NORTE e 1300 funcionários de empresas localizadas na margens dessa rodovia podem sofrer efeitos decorrentes de emergências com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos na rodovia, com riscos e consequências para comunidade, continuidade operacional e meio ambiente (vegetação, solo, ar e água).

Em função de distâncias superiores a 1600 m e características ambientais da região, acredita-se ser rara a possibilidade de que atualmente:

- As famílias e funcionários de empresas localizadas nas proximidades da TDR-NORTE e Engenho Serraria sofram consequências decorrentes de efeitos do Cenário 1 pertinente ao capotamento e incêndio de carreta tanque com 30000L de gasolina na PE-60 próximo à SENAT e Engenho Algodoas (vide Anexo A).
- As famílias das comunidades locais que habitam no Engenho Tiriri e em Tiriri/ Nova Tatuoca (vide Anexo A) sofram consequências decorrentes de emergências com transporte rodoviário de produtos químicos perigosos na TDR-NORTE.

Vale ressaltar que:

- O cenário 4 com tombamento de carreta tanque devido a um acidente com caminhão, havendo vazamento em carreta com 25000L de etenilbenzeno na TDR-SUL próximo à A. C. Lira TRANSPORTE e Refinaria Abreu e Lima com efeito de incêndio em poça apresentou frequência provável, devendo ocorrer mais de uma vez ao longo do ciclo de vida útil do veículo que realiza transporte rodoviário de produtos químicos perigosos.
- O cenário 5 com tombamento de caminhão tanque com 20 ton, havendo liberação de GLP em carreta com 42000L de capacidade na Av. Portuária, próximo das distribuidoras de GLP e do TECON com efeitos de BLEVE ou explosão de nuvem de vapor apresentou frequência remota, com a possibilidade de ocorrer uma vez ao longo do ciclo de vida útil dos veículos que realizam transporte rodoviário de produtos químicos perigosos. O efeito de incêndio em jato deste cenário apresentou frequência ocasional com a possibilidade de ocorrer pelo menos uma vez durante o ciclo de vida útil dos veículos que realizam transporte rodoviário de produtos químicos perigosos.
- Levando em consideração a possibilidade de ocorrência do Efeito Dominó citadas por Melo (2008), acredita-se que as famílias das comunidades locais que habitam no Engenho Tiriri e em Tiriri/ Nova Tatuca (vide Anexo A) possam sofrer consequências moderadas e catastróficas, com danos moderados ao meio ambiente (vegetação, solo, água e ar) em decorrência do cenário 4 com efeito de incêndio em poça e proximidade da Refinaria Abreu e Lima e PETROQUIMICA SUAPE e do cenário 5 com efeitos de BLEVE, explosão de nuvem de vapor ou efeito de incêndio em jato e proximidade das distribuidoras de GLP.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

6.1 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos no presente trabalho, que se baseou na Análise de Vulnerabilidades no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos para cenários selecionados na região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE, avaliando as consequências de acidentes em pessoas, meio ambiente e socioeconômicas, chega-se as seguintes conclusões:

- Os resultados e considerações finais mostraram que funcionários das empresas que permanecem regularmente na localização de cenários localizados nas margens das rodovias pertencentes a região do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE podem sofrer exposição aos fluxos térmicos incidentes e/ou concentração de produtos químicos perigosos no ar e efeitos prejudiciais à saúde ou com risco de vida decorrentes de gases tóxicos, incêndios e explosões decorrentes dos cenários com risco alto para pessoas e/ou comunidade e dos eventos em que as caracterizações do risco e modelagens efetuadas com o ALOHA apresentaram maior potencial de causar danos aos funcionários de órgãos públicos e empresas privadas, comunidades locais, meio ambiente e instalações analisadas.
- Famílias e comunidades situadas nas proximidades dos cenários acima mencionados podem estar localizadas em áreas com necessidade de isolamento e evacuação, sendo que edificações de empresas podem ser expostas a elevadas temperaturas e fluxos térmicos incidentes provenientes de incêndio em poça, explosão de vapor de líquido em ebulição (BLEVE) ou explosão de nuvem de vapor ou ainda de sobrepressões decorrentes de explosão de nuvem de vapor com capacidade para provocar incêndios e/ou danos estruturais, além de consequências moderadas para ao meio ambiente (vegetação, solo, ar e/ou água).
- Em razão da possibilidade de ocorrência do Efeito Dominó, famílias das comunidades locais que habitam no Engenho Tiriri e em Tiriri/ Nova Tatuoca (vide Anexo A) podem sofrer consequências moderadas e catastróficas, com danos moderados ao meio ambiente (vegetação, solo, água e ar) em decorrência do cenário 4 com efeito de incêndio em poça e proximidade da Refinaria Abreu e

Lima e Petroquímica SUAPE e do cenário 5 com efeitos de BLEVE, explosão de nuvem de vapor ou efeito de incêndio em jato e proximidade das distribuidoras de GLP.

6.2 PERSPECTIVAS

Como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se realização de avaliações de riscos de acidentes ou análises de vulnerabilidades com produtos químicos perigosos em regiões e distritos industriais da região metropolitana do Recife e interior do estado de Pernambuco, com a finalidade de :

- Otimizar os atendimentos emergenciais requeridos aos cenários de empreendimentos ou atividades que potencialmente possam causar emergências ambientais com produtos químicos perigosos, incluindo os pertinentes aos sistemas de transporte com modais rodoviário, ferroviário, hidroviário e dutoviário;
- Melhoria na qualidade ambiental e maior qualidade de vida para a população situada nas proximidades de principais rodovias do Estado, indústrias, portos, parques de tancagem de combustíveis, terminais petroquímicos, portos, laboratórios, instituições acadêmicas, distribuidoras de GLP, termoelétricas, gasodutos, oleodutos, postos de combustíveis e gás natural, pólos têxteis e outros.

A continuidade das reuniões da comissão estadual do Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos- P2R2 e do PAM SUAPE, além da elaboração de planejamento de emergência são fundamentais para redução de vulnerabilidades no transporte rodoviário de produtos químicos perigosos na região de SUAPE, importante pólo de desenvolvimento do Estado de Pernambuco, situado na região Metropolitana de Recife. É necessário que sejam adotadas metodologias eficazes pertinentes ao tema, com estabelecimento de coordenações integradas entre órgãos públicos e empresas privadas, realização de fiscalizações, adoção de medidas preventivas e mitigadoras, procedimentos operacionais padronizados e aquisição de recursos para emprego operacional na região de SUAPE, com destaque para os que foram mencionados na Tabela 25, Figuras 84, 85 e 86 elencadas nos Resultados e Anexos C, D e E do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQUIM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. Manual para atendimento a emergências com produtos perigosos. São Paulo, 2006.

ABIQUIM - Sistema harmonizado globalmente para a classificação e rotulagem de produtos químicos. São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Plano de emergência contra incêndio – Requisitos. NBR 15219; válida a partir de 30 de junho de 2005, Rio de Janeiro – RJ, 13p.

BRASILESCOLA. Disponível em: <<http://www.brasilescola.com/>>. Acesso em 6 mar. 2014.

CARDOSO JÚNIOR, M. M. . **Transporte de produtos perigosos pelo modal rodoviário: proposta de um método de elaboração do plano de gerenciamento de riscos ambientais.** Dissertação de Mestrado. São Paulo, SP: IPT, 2004.

CBMPE- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE PERNAMBUCO. **Termos de especificações técnicas de viaturas.** Recife, 2014.

CB/PMESP - CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Fundamentos.** São Paulo, 1998.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de Riscos P4.261.** São Paulo, 2003.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Plano de gestão de riscos químicos.** São Paulo, 2007.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Gerenciamento de riscos.** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acessos em 3set. 2009 e 4nov. 2013.

CLIMATEMPO. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br>>. Acesso em 4 dez. de 2013, 17-23 jan. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, **Resoluções nº. CONAMA nº 265/2000 e 293/2001**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 7jul. de 2009.

COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO GOVERNADOR ERALDO GUEIROS - SUAPE. **Institucional**. Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/institucional/institucional.php>>. Acesso em 25 jun. 2010.

COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO GOVERNADOR ERALDO GUEIROS - SUAPE. **Institucional**. Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/institucional/institucional.php>>. Acesso em 6 abr. 2012.

COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO GOVERNADOR ERALDO GUEIROS - SUAPE. **Institucional**. Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/institucional/institucional.php>>. Acesso em 20 fev. 2014.

COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO GOVERNADOR ERALDO GUEIROS - SUAPE. **Estatuto do plano de auxílio mútuo**. Ipojuca, 2006.

CPRH - COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. **Plano de emergência para transporte de produtos perigosos**. Recife, 2001.

DUARTE, D.; OLIVEIRA, M.M. ; PENA M. **Desempenho baseado na proteção ao fogo. Uma alternativa para código prescritivo para subestações elétricas**. In: Comitê Nacional Brasileiro de Transmissão de Energia Elétrica, 04 , 2004, Rio de Janeiro, Anais ..., Recife: UFPE, 2003.

DUARTE, D.; SILVA, J. J. R.; PIRES, T. A. C. P.; OLIVEIRA, M.M. **Gerenciamento dos riscos de incêndio**. In: SEITO, A. I.; GILL, A. A.; PANNONI, F. D.; ONO, R.; SILVA, S. B.; CARLO, U.; SILVA, P. **A Segurança contra incêndio no Brasil** . São Paulo : Projeto Editora, 2008.

DUPONT. Disponível em: <http://www.dupont.com/products-and-services/personal-protective-equipment/thermal-protective/brands/nomex/products/nomex-kevlar-firefighter-protection.html>. Acesso em 19 de maio de 2014.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Disponível em: <http://www.epa.gov>. Acessos em 09 de agosto de 2011, 6 de abril de 2012 e 20 de janeiro de 2014.

FONSECA, M G.; TENÓRIO, M. B.M. Estudo para intervenção em emergências com gás natural. Jabotão dos Guararapes, 2005.

GIARDINNI PEDRO, F. **Acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos: análise e aplicação de modelo conceitual georeferenciado para avaliação de risco ambiental do município de Campinas-SP**. Dissertação de Mestrado. Campinas, SP: UNICAMP, 2006. 115 p.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br>. Acesso em 5 out. 2008 e 6dez. 2013.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia. **Regulamentos Técnicos da Qualidade**. Rio de Janeiro, 2004.

KAEFY EMERGEN – Segurança e Meio Ambiente. **Equipamentos, treinamentos e projetos para atendimento de emergências envolvendo produtos perigosos**. São Paulo, 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Orientação para a implantação das comissões estaduais do P2R2**. Brasília, 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos**. Brasília, 2007.

MELO, C. V. A. **Metodologia para o Gerenciamento de Situações Emergenciais**. Dissertação de Mestrado. Recife, PE: UFPE, 2008. 155 p.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD - NTSB. Disponível em: <<http://www.nts.gov>>. Acesso em 02abr.2014.

PERNAMBUCO. **Decreto Estadual nº 25.016, de 18 de dezembro de 2002.** Autorizou a implantação do Plano de Emergência para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos – PREVINE, no âmbito da Região Metropolitana do Recife, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Pernambuco, Recife-PE, n. 242, 2002.

Revista SOS. **Regulamentação e Normas Técnicas para o Transporte de Produtos Perigosos**, São Paulo, n. 197, p- 21-26, jul./dez. 1998.

REIS, H. G. **Exigências de análise de risco de acidentes, para fins de licenciamento, em instalações que manipulam substâncias perigosas, e proposição de abordagem para atendimento.** Dissertação de Mestrado. Campinas, SP: UNICAMP, 2007. 165 p.

REZENDE, C. M. T.; OLIVEIRA, M. B.; TEIXEIRA, M. S.; LEAL, O. L. **Gestão Integrada de Riscos envolvendo Produtos Perigosos: Visão do Estado de São Paulo.** São Paulo, 2007.

SENNE JÚNIOR, M. **Abordagem Sistemática para Avaliação de Riscos de Acidentes em Instalações de Processo Químico e Nuclear.** Tese de Doutorado. Campinas, SP: UNICAMP, 2003. 214 p.

SOBIOLOIA. Disponível em <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Ar/Ar7.php>>. Acesso em 10 mar. 2014.

VIANA, V. J. . **Riscos ambientais associados ao transporte de produtos perigosos na área de influência da ETA Guandu-RJ.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, RJ : UERJ, Faculdade de Engenharia, 2009.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Segundo Fonseca e Tenório (2005), demonstra-se a seguir o sistema pião para abastecimento de viaturas de combate a incêndio, que pode ser utilizado como alternativa de abastecimento de água em emergências com produtos químicos perigosos:

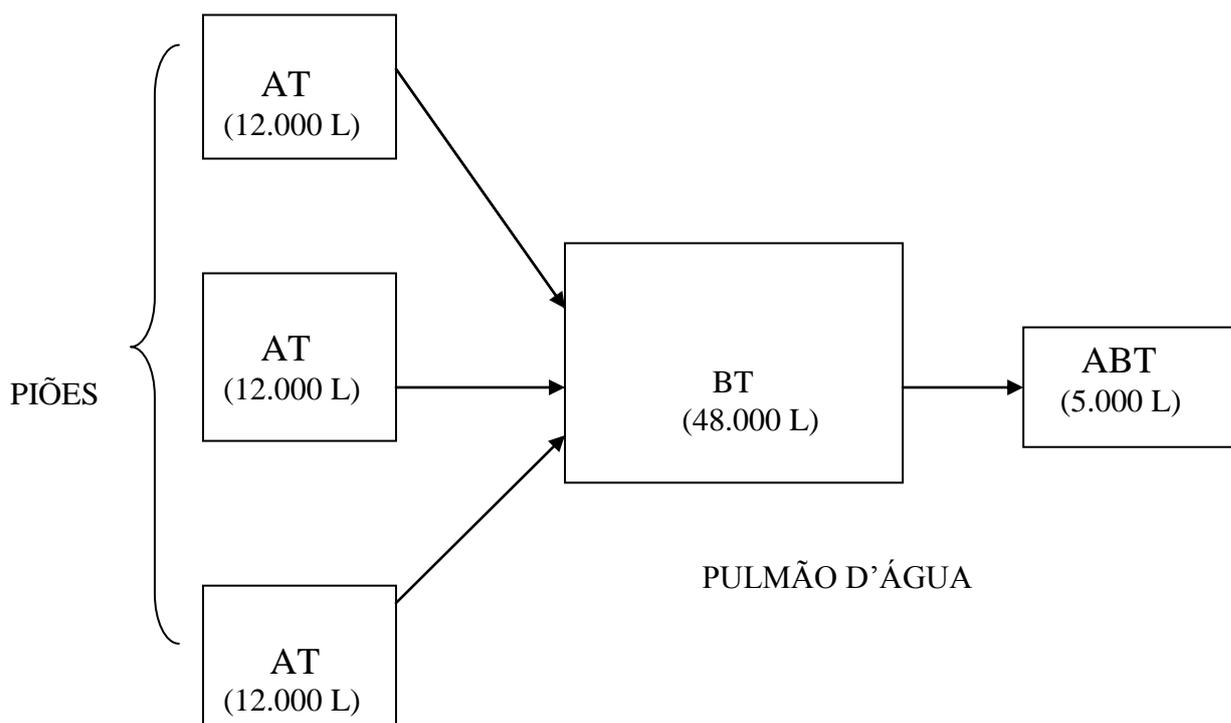


Figura 81 – Sistema pião para abastecimento de viaturas de combate a incêndio, Fonte: FONSECA, M.G. e TENÓRIO, M.B.M. (2005).

ANEXOS

ANEXO A

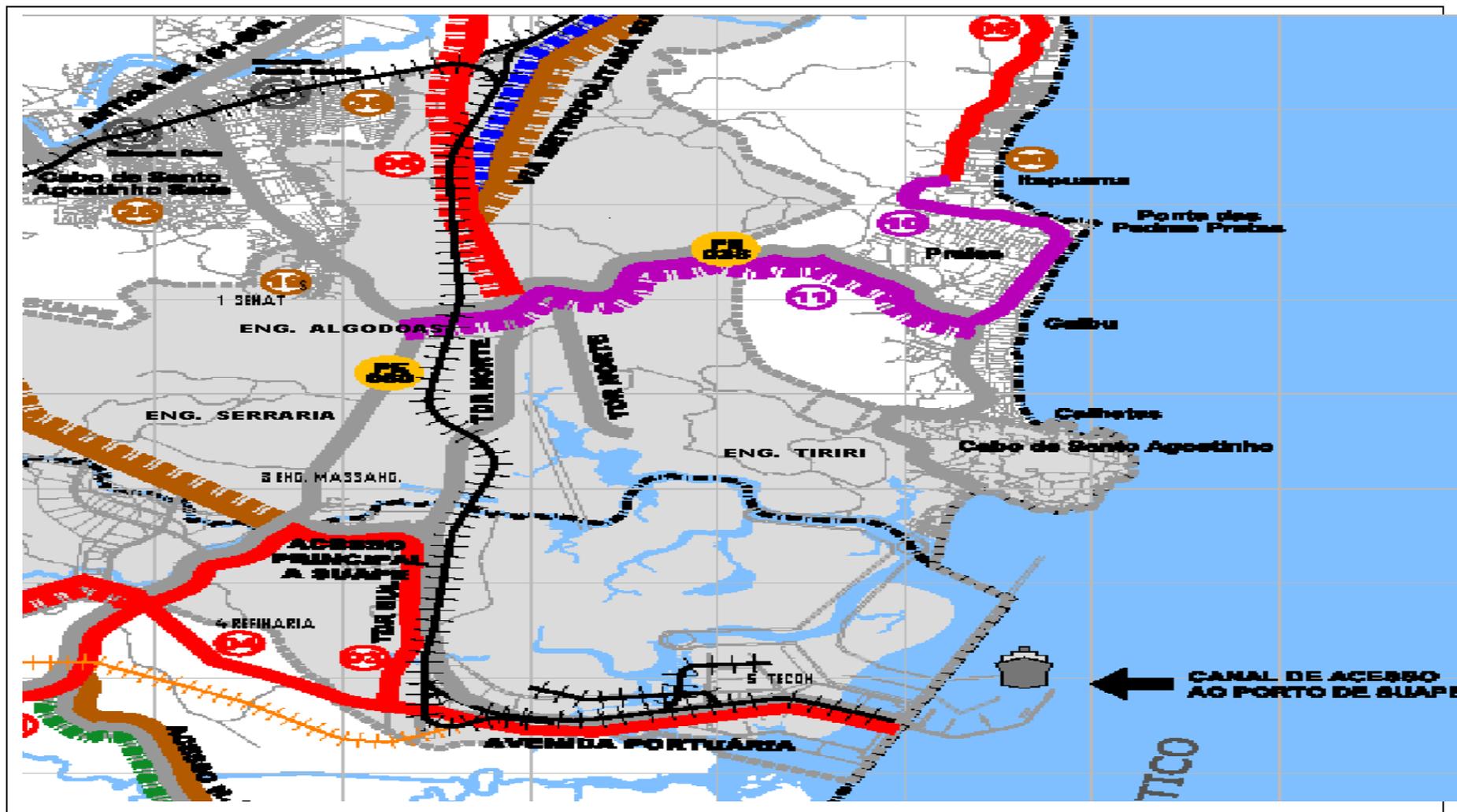


Figura 82 - Foto ampliada de trecho do mapa do território estratégico de SUAPE. Fonte: SUAPE (2010).

ANEXO B

Vale destacar o emprego e principais características de viaturas do tipo autobomba tanque (ABT):

- Viaturas do tipo autobomba tanque (ABT) são utilizadas normalmente para combate ao incêndio possuindo tanque com capacidade de 5.000 L de água e bomba de recalque com capacidade e diversidade de manobras de bomba.
- Bomba de Incêndio: Tipo veicular, centrífuga, projetada, fabricada e instalada conforme norma NBR 14096/98 da ABNT de montagem tipo “*midship*” (meia nau ou intermediária), com capacidade de 1000 GPM (mil galões por minuto), acionada pela árvore de transmissão do veículo (cardã), ou pela tomada de força, com os impulsores construídos em material resistente à oxidação. Em bombas que utilizam caixa multiplicadora ou de acionamento, a carcaça da caixa deve ser construída em material com resistência mínima à tração mecânica de 41200 kPa.
- Tanque D’água: Possui capacidade de 5.000 (cinco mil) litros de água, construído em aço carbono de no mínimo 4,00 mm de espessura, dobradas a frio com cantos arredondado



Figura 83 - Grafismo de viatura ABT– visão geral.
Fonte: CBMPE (2014).

ANEXO C

É importante ressaltar a utilização e principais características de viaturas do tipo auto tanque (AT):

- Viaturas do tipo auto tanque (AT) são utilizadas normalmente para abastecimento do ABT e do bitrem (BT) em apoio ao incêndio, transportando água em grandes quantidades, sendo dotadas de tanques com capacidade de 12.000 L de água. Eventualmente poderá ser utilizada no combate a incêndios, com limitações devido à pequena capacidade da bomba.
- Bomba de incêndio: Tipo veicular, centrífuga, projetada, fabricada e instalada conforme norma NBR 14096/98 da ABNT, de montagem tipo “*midship*” (meia nau ou intermediária), com capacidade de 500 GPM (quinhentos galões por minuto), acionada pela árvore de transmissão do veículo (cardã), com os impulsores construídos em material resistente à oxidação. Em bombas que utilizam caixa multiplicadora ou de acionamento, a carcaça da caixa deve ser construída em material com resistência mínima à tração mecânica de 41200 kPa.
- Tanque de água: Possui um tanque semi-elíptico, elíptico ou similar para transporte de água potável, com capacidade de 12.000 (doze mil) litros, construído em chapa de aço carbono. Laterais, teto, fundo, cabeceiras, costado, quebra-ondas e barriga, com espessura mínima de 4,00mm, construído em secção policêntrica.



Figura 84 - Grafismo de viatura AT – visão geral.
Fonte: CBMPE (2014).

ANEXO D

A seguir serão relacionadas formas de utilização e principais características de viaturas do tipo bitrem (BT):

- Viaturas do tipo bitrem (BT) são utilizadas normalmente para abastecimento do ABT em apoio ao incêndio, em locais de incêndio sem hidrantes adequados, transportando água em grandes quantidades, sendo dotadas de tanques com capacidade de 48.000 L de água e moto bomba acoplada.
- Tanques: Dois tanques semi-elípticos para transporte de água, com capacidade de 24.000 (vinte e quatro mil) litros cada um, construídos em aço carbono, 3,75 mm espessura costado e quebra ondas, 4,25 mm de espessura barriga, calotas e divisórias, secção policêntrica, parafusada no chassi, isenta de solda na fixação.



Figura 85 - Grafismo de viatura BT – visão geral.
Fonte: CBMPE (2014).

ANEXO E

Segundo KAEFY EMERGEN (2007) é apresentado a seguir , projeto de viatura para atendimento a emergências envolvendo produtos químicos perigosos (AEPP):

Viatura AEPP: Veículo tipo furgão utilitário, com compartimento traseiro dotado de armários especiais.

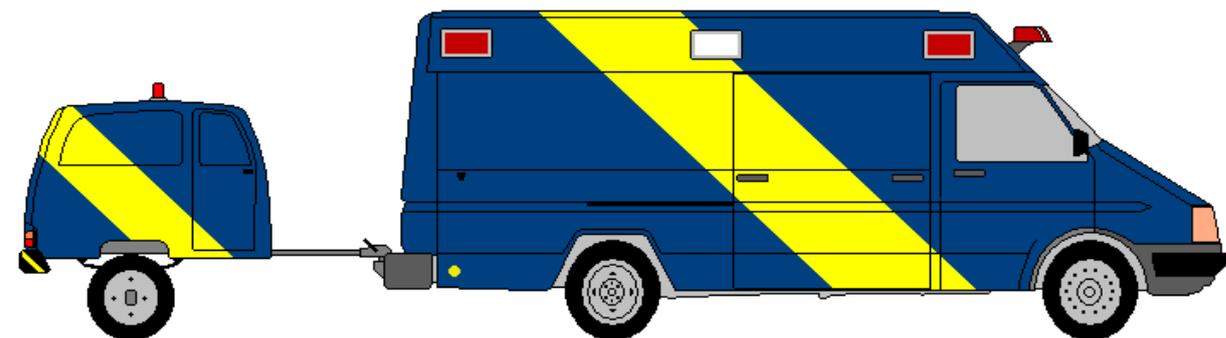


Figura 86 - Lateral esquerda com Unidade móvel de ar respirável.

Fonte: KAEFY EMERGEN (2007).

A viatura, acima descrita, deverá ser dotada obrigatoriamente dos seguintes equipamentos:

- Item 01 – 04 Rolos de fita isolante de área com Mensagem;
- Item 02 – 08 Cones de sinalização na cor laranja e branco;
- Item 03 – 02 Lanternas antiexplosão;
- Item 04 – 01 Conjunto de Batoques Reutilizáveis;
- Item 05 – 01 Conjunto de Luvas metálicas para tubulações de ½” a 5”;
- Item 06 – Bomba de transbordo para líquidos inflamáveis, produtos corrosivos e hidrocarbonetos;
- Item 07 – 01 Motobomba de transferência;
- Item 08 – Detector de gases tipo oxi-explosímetro;
- Item 09 – Conjunto de tubos reagentes e bomba de amostragem;
- Item 10 – 01 Binóculo Longo Alcance;
- Item 11 – 01 Aparelho Anemômetro Portátil;
- Item 12 – 02 Pás para produtos perigosos;
- Item 13 – 01 Enxada para produtos perigosos;
- Item 14 – Conjunto de materiais absorventes;
- Item 15 – 03 Roupas de proteção química nível A;
- Item 16 – 05 Roupas de proteção química Nível B;
- Item 17 – 08 Macacões de proteção química nível C;
- Item 18 – 10 Capacetes de aba frontal de polietileno;
- Item 19 – 04 pares de luva em borracha butílica;
- Item 20 – 10 Pares de Luva em Couro tipo raspa;
- Item 21 – 02 Pares de Luvas de proteção térmica;
- Item 22 – 20 Pares de luva de Cloropreno;
- Item 23 – 03 Cilindros de Composites para Ar Respirável;

- Item 24 – 06 Conjuntos de Filtros multiuso com respirador facial;
- Item 25 – 06 Pares de botas de proteção química;
- Item 26 – 30 Respiradores Isentos de Manutenção;
- Item 27 – 06 Conjuntos de rádios transceptores c/microfone de garganta;
- Item 28 – 01 Computador portátil;
- Item 29 – 01 Prancha longa de imobilização;
- Item 30 – 01 Conjunto de imobilização tipo maca “casulo”;
- Item 31 – 01 Bolsa de imobilização e primeiros socorros;
- Item 32 – 01 Grupo gerador 5500 W;
- Item 33 – 01 Refrigerador tipo frigobar;
- Item 34 – 01 unidade móvel tipo carreta com sistema de recarga de ar;
- Item 35 – 01 Caixa com sacos plásticos;
- Item 36 – 02 Caixas de resina epóxi de secagem ultra-rápida;
- Item 37 – 01 Caixa de ferramentas antifaiscantes;
- Item 38 – 01 Conjunto para estancar vazamento tipo bolsa inflável;
- Item 39 – 04 Rolos de Fita isolante antiácido;
- Item 40 – 01 Tanque e chuveiro portátil para descontaminação.

ANEXO F

Segundo CBMPE (2014) vale ressaltar a utilização e grafismo de Viaturas do tipo Auto Resgate (AR):

Viaturas do tipo AR são veículos empregados no atendimento pré-hospitalar e resgate.



Figura 87 - Grafismo de viatura AR – visão geral.
Fonte: CBMPE (2014).

ANEXO H

Segundo CBMPE (2014) vale ressaltar a utilização e grafismo de Viaturas do tipo auto busca e salvamento (ABS):

Viaturas do tipo ABS são veículos empregados no atendimento de ocorrências de salvamento, sendo equipadas com equipamentos para salvamentos terrestres, em altura e/ou meio aquático.



Figura 88 - Grafismo de viatura ABS – visão geral.
Fonte: CBMPE (2014).