

MODELAÇÃO E CENARIZAÇÃO DE ACIDENTES COM MATÉRIAS PERIGOSAS NAS INFRAESTRUTURAS
DE TRANSPORTE DO MUNICÍPIO DE MORTÁGUA*

125

MODELLING AND STAGING ACCIDENT SCENARIOS WITH DANGEROUS SUBSTANCES IN THE TRANSPORT
INFRASTRUCTURE OF THE MUNICIPALITY OF MORTÁGUA

Daniel Rodrigues

ISCIA - Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração (Portugal)
ORCID 0000-0003-4455-231X dafonso.rodriguez@gmail.com

Johnny Reis

Universidade de Aveiro, CESAM - Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Dep. de Ambiente e Ordenamento
ISCIA - Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração, Centros de Estudos de Proteção Civil (Portugal)
ORCID 0000-0003-4500-3937 johnnyreis@ua.pt

Carlos Hermenegildo

ISCIA - Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração (Portugal)
ORCID 0000-0002-4065-4733 cmh@iscia.edu.pt

RESUMO

O desenvolvimento e o bem-estar das sociedades industrializadas obrigam à inevitável convivência com matérias perigosas. Encontramo-las nos diversos estados físicos, em condições de pressão e temperatura muito distintas, armazenadas dentro de unidades industriais e espaços comerciais com características distintas, nas mais variadas vias de comunicação convencionais ou nas condutas de transporte implantadas ao longo do território, contribuindo, significativamente, para a sua dispersão territorial. Este estudo refere-se, exclusivamente, à área do município de Mortágua. Pretendeu-se com ele proceder ao levantamento das infraestruturas que suportam o transporte de matérias perigosas, o tipo de matérias perigosas que nelas circulam e a sua frequência de transporte. Posteriormente, recorreu-se ao *software* ALOHA® para simular a ocorrência de um acidente em cada infraestrutura, motivando três situações distintas: a propagação de uma nuvem tóxica, de uma nuvem inflamável e da radiação térmica provocada por BLEVE ou *Jet Fire*. Os resultados obtidos confirmam a falta de informação relativa a alguns tipos de transporte de matérias perigosas e, quando existe, não está tratada de forma adequada.

Palavras-chave: ALOHA®, tóxica, inflamável, radiação, Mortágua.

ABSTRACT

The development and well-being of industrialized societies inevitably requires coexistence with dangerous substances. These can be found in different physical states, under very different pressure and temperature conditions, stored inside industrial units and commercial spaces with different characteristics, on every kind of conventional transport link or in pipelines deployed throughout the country, thereby greatly contributing to their territorial distribution. This study concentrated on the municipality of Mortágua. It consisted of a survey of the infrastructure that supports the transport of dangerous substances, the type of dangerous substances that make use of it and how frequently they are transported. ALOHA® software was subsequently used to simulate the occurrence of an accident in each infrastructure element, to create three different situations, namely, the propagation of a toxic cloud, a flammable cloud, and the thermal radiation caused by BLEVE or jet fire. The results reveal the lack of information about some types of transport of dangerous substances and when it does exist, it is not properly treated.

Keywords: ALOHA®, toxic, flammable, radiation, Mortágua.

* O texto desta nota foi submetida em 27-08-2018 sujeito a revisão por pares a 10-10-2018 e aceite para publicação em 19-07-2019.

Esta nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 27 (II), 2020, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Nunca como agora a Humanidade teve uma interação tão elevada com matérias ou preparações consideradas perigosas. A busca incessante por novas substâncias e produtos para os mais variados fins e das mais variadas indústrias tem provocado um aumento exponencial do número deste tipo de matérias. “*Não admira, portanto, que existam mais de 7 milhões de substâncias potencialmente perigosas registadas (ECHA) que incluem explosivos, gases, líquidos e sólidos inflamáveis, materiais infecciosos, tóxicos, radioativos e corrosivos e resíduos perigosos*” (Costa *et al.*, 2013).

O Decreto-Lei n.º 150/2015 de 5 de agosto, que transpõe a Diretiva n.º 2012/18/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 4 de julho de 2012, relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas, define que matéria perigosa é qualquer substância ou mistura que apresenta características de perigosidade intrínsecas, capazes de originar danos para as pessoas, para os animais, para as instalações e equipamentos e/ou para o ambiente.

Os riscos inerentes às Matérias Perigosas (MP) poderão ser reduzidos se for tida em conta a forma como estas são manuseadas durante o seu fabrico, armazenamento ou transporte. Estes riscos estão fortemente associados à formação de atmosferas perigosas (tóxicas ou explosivas, por exemplo), as quais poderão ocorrer de várias formas (Santos e Neves, 2005, p. 10):

- Acidentes que envolvam derrames, fugas ou emissões de MP no decorrer de processos de fabrico, de armazenamento ou de transporte, estando associados, na sua grande maioria, ao desrespeito das normas de segurança;
- Incêndios que envolvam a combustão de MP;
- Durante processos industriais em que sejam utilizadas;
- O chamado efeito dominó resultante de uma qualquer ocorrência.

O facto de muitas das MP não se destinarem a ser utilizadas no local onde são produzidas conduz à necessidade de se proceder ao seu transporte, para locais mais ou menos distantes, recorrendo-se às vias de transporte aéreo, marítimo, terrestre (rodoviário e ferroviário), bem como a condutas (Costa *et al.*, 2013).

Conforme referido anteriormente, o risco inerente ao transporte de MP encontra-se associado, em grande medida, à formação de atmosferas perigosas. Embora estas ocorrências não sejam muito prováveis, quando acontece, a realidade revela resultados nefastos para as pessoas, animais, equipamentos, infraestruturas e ambiente. São exemplos, a explosão de um camião-cisterna que transportava gasolina perto da cidade de Ahmedpur, no Paquistão, a 25 de junho de 2017, donde resultaram 153 mortos e 50 feridos em estado crítico

(Diário de Notícias, 2017); a explosão de um comboio carregado de explosivos quando passava pela cidade de Ryongchon, na Coreia do Norte, a 22 de abril de 2004, matando 161 pessoas e o descarrilamento e consequente explosão de uma composição ferroviária com 51 vagões cheios de petróleo, fertilizantes e enxofre perto da cidade de Nishapur, no Irão, a 18 de fevereiro de 2004, onde mais de 300 pessoas morreram (Segurança e Ciências Forenses, 2012).

Em Portugal constam como ocorrências relevantes os acidentes que ocorreram em Lourosa, no ano de 1979, onde a colisão e o incêndio de um camião-cisterna de transporte de combustíveis provocou 7 feridos; em Matosinhos, no ano de 2004, onde um incêndio após a rutura de um *pipeline* do terminal de petroleiros do porto de Leixões provocou dois feridos e destruiu parcialmente a marina; e em Lisboa, no ano de 2008, onde o despiste de um camião-cisterna de transporte de combustíveis provocou um violento incêndio que destruiu três casas (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2014).

Objetivos

Nas sociedades modernas, as populações exigem um elevado nível de segurança e de bem-estar, assim como a preservação da qualidade do ambiente. Para que se consiga atingir estas exigências é necessário atuar de forma eficaz antes, durante e após as ocorrências. No que se refere à prevenção é necessário que haja, *a priori*, dados suficientes que permitam minimizar as consequências de um possível acidente, possibilitando a implementação das medidas de mitigação necessárias à minimização dos prejuízos, mas, principalmente, que permitam atuar no quadro do ordenamento do território, através da adequada localização das populações e das atividades económicas (Julião *et al.*, 2009, p. 11). Assim, com este trabalho pretende-se identificar as MP, os locais por onde circulam, a sua frequência, modelar vários cenários de acidente para cada tipo de transporte e identificar os principais elementos expostos, no município de Mortágua. Pretende-se, assim, dar a conhecer novos dados relativos a esta temática e perspetivar possíveis consequências de um acidente.

Área de estudo

O município de Mortágua localiza-se no extremo sul do distrito de Viseu e apresenta uma área de 251,18 km² (fig. 1). De acordo com os Censos de 2011, a população residente era de 9607 habitantes, distribuídos de forma heterogénea por 91 localidades. A vila de Mortágua, sede do município, é a que apresenta maior número de habitantes, num total de 1248 (Instituto Nacional Estatística, 2011). Mais de 50 % dos habitantes (cerca de 5000) residem em apenas 16 localidades, situadas na periferia das várzeas da Ribeira de Mortágua e da Ribeira da Fraga.

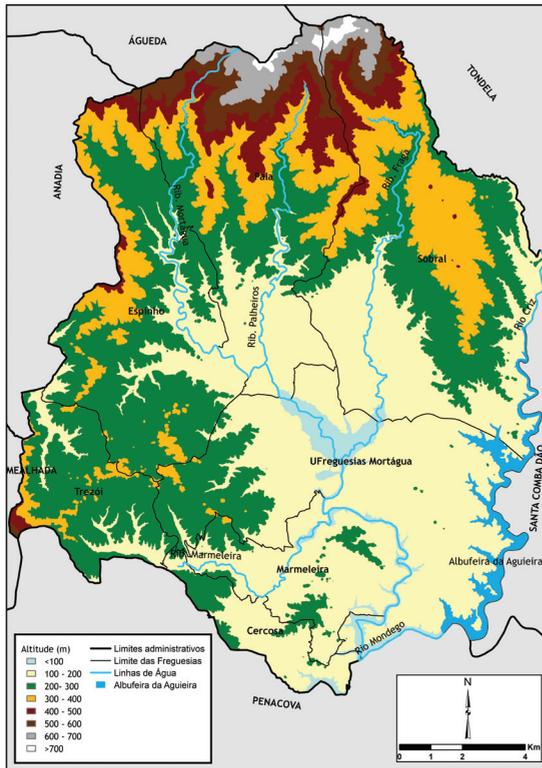


Fig. 1 - Enquadramento e hipsometria de Mortágua (Fonte dos dados: Bombeiros Voluntários de Mortágua (BVM), Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) 2017, (Instituto Nacional Estatística, 2011)).

Fig. 1 - Placement and hypsometry of Mortágua (Data source: Bombeiros Voluntários de Mortágua (BVM), Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) 2017, (Instituto Nacional Estatística, 2011)).

Infraestruturas

O município apresenta uma série de infraestruturas nas áreas da saúde, educação, cultura, religião, desporto, lazer, restauração, hotelaria e indústria. A maioria situa-se dentro da vila de Mortágua e nas suas proximidades, escasseando à medida que nos distanciamos (fig. 2).

Não menos importante é o facto de existir uma variada rede de infraestruturas que possibilitam o transporte de pessoas e/ou de mercadorias. Destas destacam-se a rede rodoviária, a rede ferroviária e a rede de transporte e distribuição de Gás Natural (fig. 3).

Rede Rodoviária

As principais vias desta rede apresentam uma distribuição radial relativamente à localidade de Mortágua. Exceção é o troço do IP3 que se localiza no extremo sudeste do município. As infraestruturas rodoviárias mais relevantes do município são a Estrada Nacional 234 (EN234), que permite ligação à

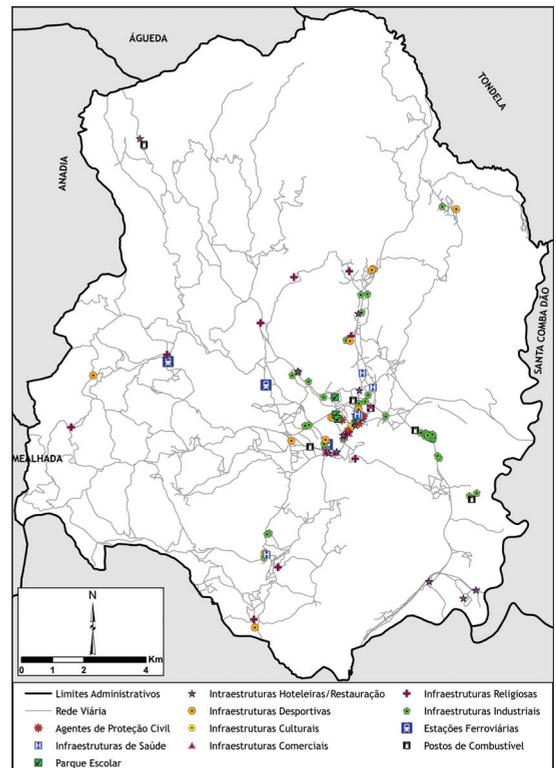


Fig. 2 - Distribuição das infraestruturas (Fonte dos dados: Google Earth, BVM, CAOP 2017).

Fig. 2 - Distribution of infrastructure (Data source: Google Earth, BVM, CAOP 2017).

Autoestrada N.º 1 (A1), no município da Mealhada, a Estrada Nacional 228 (EN228) que permite a ligação do Itinerário Principal N.º 3 (IP3) e a Zona Industrial de Mortágua, a Estrada Nacional 334-1 (EN334-1) e o IP3, que permite simultaneamente a ligação ao nó da A1 em Coimbra-Norte e ao nó da A25 em Viseu, tendo estas duas vias uma importância estrutural para a Rede Transeuropeia de Transportes (RTE-T).

O troço do IP3 que se encontra dentro da área do município de Mortágua tem, aproximadamente, 5,2 km. Uma das extremidades encontra-se sobre a foz da Ribeira de Mortágua e a outra localiza-se sobre a foz do Rio Dão. Atravessa a localidade de Almaça e localiza-se junto a duas importantes unidades hoteleiras do Município, o Hotel Monte Rio Agueira e o Aldeamento do Vale da Agueira, Montebello Agueira & SPA. Este troço apresenta duas vias no sentido Coimbra-Viseu, entre a foz da Ribeira de Mortágua e a saída de Mortágua, e uma via no sentido contrário. Entre a Foz do Rio Dão e a saída de Mortágua apresenta duas vias no sentido Viseu-Coimbra e uma via no sentido Coimbra-Viseu.

Relativamente ao tráfego existente no IP3, o Relatório de Monitorização da Rede Rodoviária Nacional de

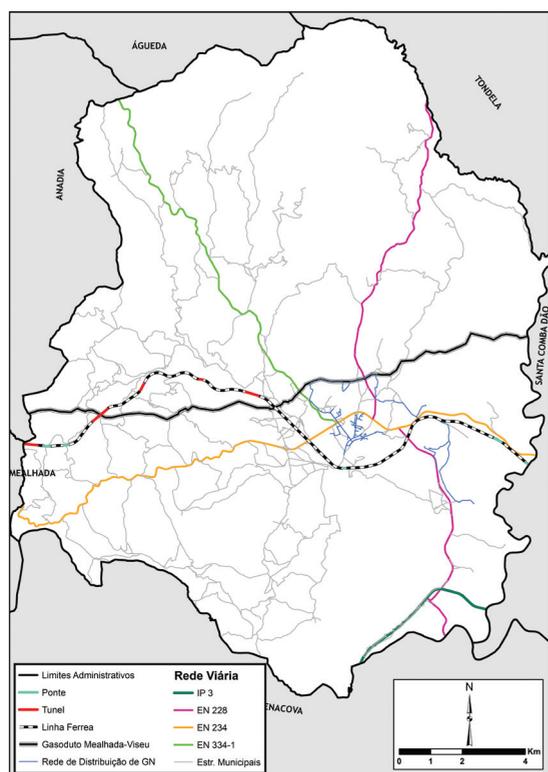


Fig. 3 - Principais infraestruturas de transporte (Fonte: Google Earth, (GALP - Distribuição de Gás Natural, S.A., 2017)).

Fig. 3 - Main transport infrastructure (Source: Google Earth, (GALP - Distribuição de Gás Natural, S.A., 2017)).

2010 do Instituto das Infraestruturas Rodoviárias de Portugal, apresenta uma estimativa do Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) para o troço compreendido entre Viséu e Coimbra, que medeia entre os 10000 e os 35000 veículos, sendo que destes 10 % a 15 % são veículos pesados. Este relatório, que compara os valores referentes aos anos 2005 e 2010, conclui que não ocorreram variações significativas neste período (Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, IP, 2011, p. 37 e 38).

Também a Memória Descritiva do Plano de Ação do Troço IP 3 - Mortágua EN228 / Raiva IC, das Estradas de Portugal, realizado em 2013, faz referência à contagem do TMDA em 2006 e 2011, e que seria de 14036 veículos e de 12628 veículos, respetivamente. O referido estudo apresenta, ainda, a distribuição dos valores do Tráfego Médio Horário referentes ao ano de 2006, de acordo com os três períodos de referência indicados no Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro (Estradas de Portugal, S.A., 2013) (TABELA I)

Esta rodovia é considerada de suscetibilidade elevada (nível mais elevado numa escala de três) à ocorrência de acidentes rodoviários em cadeia, com tendência para provocar um elevado número de vítimas. Relativamente a acidentes envolvendo MP, a suscetibilidade destes

TABELA I - Tráfego Médio Horário no IP3.

TABLE I - Average Traffic per hour on IP3.

Tráfego Médio Horário			
Veículos/Período	Diurno	Entardecer	Noturno
Ligeiros	700	428	182
Pesados	129	79	34

Fonte/Source: Estradas de Portugal, S.A., 2013, p. 2.

ocorrerem é moderada (segundo nível mais elevado numa escala de três) (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2014, p. 112, 125).

Rede Ferroviária

A infraestrutura ferroviária existente no município corresponde a uma secção da Linha da Beira-Alta (LBA). É uma das principais ligações ferroviárias entre Portugal e a Europa e está integrada na RTE-T. Caracteriza-se por ser uma linha de via única e eletrificada.

Esta via é considerada de suscetibilidade elevada à ocorrência de acidentes ferroviários (nível mais elevado numa escala de três), com ou sem envolvimento de MP, em toda a sua extensão. Dois dos cinco acidentes ferroviários mais relevantes ocorridos em Portugal registaram-se nesta linha, embora nenhum deles tenha envolvido transporte de matérias perigosas (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2014, p. 115).

Rede de transporte e distribuição de Gás Natural

Em setembro de 1999 entrou em funcionamento o Gasoduto Mealhada - Viséu, pertencente ao Lote 6 da Rede Nacional de Transporte de Gás Natural (RNTGN), (Soares, 2009, p. 14). A totalidade do Gás Natural (GN) consumido no município provém desta infraestrutura, concessionada à REN.

A Estação de Redução e Contagem de Gás Natural (GRMS) localiza-se a cerca de 1 km a leste da localidade de Moutinhoal e serve de interface à rede de distribuição de GN. Esta rede de distribuição, concessionada à BeiraGás, apresenta dois ramos com direções distintas. Um dos ramos segue o sentido este, dirigindo-se para a Zona Industrial de Mortágua; o segundo dirige-se para oeste, para a localidade de Gândara, onde se encontra localizado um Posto de Regulação e Medida (PRM). A partir desse local a rede segue em direção à vila de Mortágua, aumentando o número de ramificações, com alterações no diâmetro das condutas e da pressão no seu interior.

Metodologia

A realização deste estudo prendeu-se com a necessidade de identificar os locais por onde circulam MP, quais as

MP transportadas e qual a sua frequência. Após a análise dos dados referidos anteriormente, modelaram-se cenários de acidente para cada forma de transporte e produziram-se tabelas, gráficos e mapas, com o objetivo de melhorar a compreensão da informação apresentada.

Identificação dos locais e das MP transportadas

Para se conseguir identificar as formas de transporte de MP recorreu-se à análise espacial do município, procurando infraestruturas capazes de garantir essas funções. Posteriormente, procedeu-se ao levantamento das MP transportadas, recorrendo a metodologias distintas para cada forma de transporte, uma vez que estas informações apresentavam origens distintas.

A obtenção de informação relativa ao transporte de MP por estrada assumiu duas formas, uma para as EN e outra para o troço do IP3. A informação relativa ao transporte de MP nas EN passou por tentar, em primeiro lugar, perceber que entidades recebem matérias que possam ser classificadas como perigosas e, em segundo, perceber qual a frequência e o itinerário normalmente utilizado, junto dos operacionais das mesmas e das empresas que realizam estes tipos de transporte. Os questionários foram realizados oralmente, com consentimento verbal, depois de se lhes ter sido explicado o intuito dos mesmos e sem que tenham sido registados os nomes dos entrevistados.

No que diz respeito à obtenção de informações relativas ao IP3, estas foram conseguidas por observação direta na estação de serviço do Chamadouro, localizada junto à foz do rio Criz. Este ponto, apesar de não se situar dentro da área do município, encontra-se numa zona de fronteira, considerando-se o local que apresentava melhores condições logísticas e de segurança para a permanência do observador por largos períodos de tempo (fig. 4).



Fig. 4 - Local de monitorização do IP3 (Fonte: Google Earth, BVM).

Fig. 4 - IP3 monitoring point (Source: Google Earth, BVM).

A observação consistiu na monitorização durante duas semanas (segunda-feira a domingo) em épocas do ano distintas. O período de monitorização da primeira semana foi realizado entre o dia 1 de março e o dia 13 de abril de 2017 e o período de monitorização da segunda semana foi realizado entre o dia 1 de julho e o dia 14 de agosto de 2017. Estes períodos foram escolhidos com o intuito de comparar a realização dos transportes numa altura do ano em que as empresas se encontram, normalmente, em plena laboração (01/03/2017 a 13/04/2017) e noutra, em que poderá haver alteração do fluxo de transportes resultante do encerramento temporário ou da alteração do horário laboral habitual das empresas expedidoras, transportadoras e/ou destinatárias, como consequência do período de férias (01/07/2017 a 14/08/2017). A monitorização de cada dia da semana fez-se em espaços de tempo aleatórios, não contemplando o período entre a 01h00min e as 05h00min, perfazendo um total de 280 horas de observação. A compilação dos resultados da monitorização permitiu a sua análise estatística, procurando relações entre os diversos dias da semana e as distintas épocas do ano.

Relativamente ao transporte de MP por ferrovia, a obtenção dos dados passou pela consulta das fichas com informações relativas a cada transporte que ocorrem na LBA, enviadas pela CP Carga nos anos 2014, 2015 e até junho de 2016 e pela MEDRAIL (primeiro nome temporário dado à empresa CP Carga até se tornar definitivamente MEDWAY) durante o período compreendido entre junho de 2016 e 31 de dezembro de 2016, para a ANPC, com posterior encaminhamento para os agentes de proteção civil das áreas por onde está previsto passar o referido transporte. A compilação dos dados das fichas permitiu a análise estatística, procurando obter relações entre os anos em que foram realizados os transportes.

Junto das fontes indicadas pelas entidades a quem foi concessionada a rede de transporte e de distribuição de GN, pretendeu-se obter dados relativos à pressão existente dentro das condutas, bem como aos valores do diâmetro nominal das mesmas.

Classificação das MP

O transporte de MP por via rodoviária e ferroviária, está regulamentado no Decreto-Lei n.º 111-A/2017 de 31 de agosto, Anexos I e II, que procede à quarta alteração do Decreto-Lei n.º 41 - A/2010, de 29 de abril, alterado pelos Decretos-Lei n.º 246-A/2015 de 21 de outubro, 206 - A/2012, de 31 de agosto e 19-A/2014, de 7 de fevereiro. O Anexo I do referido Decreto-Lei apresenta a mesma redação que as correspondentes redações do anexo A e B do acordo Europeu Relativo ao Transporte de Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada (ADR) e o Anexo II apresenta a mesma redação do Regulamento Relativo ao Transporte Ferroviário

Internacional de Matérias Perigosas (RID). Para ambos os tipos de transporte as matérias encontram-se agrupadas em Classes (TABELA II).

TABELA II - Classificação das Matérias Perigosas.

TABLE II - Hazardous Materials (HM) Classification.

130

Classificação das Matérias Perigosas	
Classe 1	Matérias e objetos explosivos
Classe 2	Gases
Classe 3	Líquidos inflamáveis
Classe 4.1	Matérias sólidas inflamáveis, matérias autorreativas e matérias explosivas dessensibilizadas sólidas
Classe 4.2	Matérias sujeitas a inflamação espontânea
Classe 4.3	Matérias que, em contacto com água, libertam gases inflamáveis
Classe 5.1	Matérias comburentes
Classe 5.2	Peróxidos orgânicos
Classe 6.1	Matérias tóxicas
Classe 6.2	Matérias infecciosas
Classe 7	Matérias radioativas
Classe 8	Matérias corrosivas
Classe 9	Matérias e objetos perigosos diversos

Modelação de Cenários

No contexto deste trabalho, a modelação de cenários tem como objetivo avaliar o alcance da ocorrência de situações de nuvens tóxicas, de nuvens inflamáveis e de radiação térmica, provocada por *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion* (BLEVE) ou por *Jet Fire*, provenientes da libertação ou dos derrames de MP como consequência um acidente, para cada um dos meios de transporte identificados, recorrendo, para tal, ao *software* ALOHA® (Areal Locations of Hazardous Atmospheres). Os dados utilizados na modelação podem agrupar-se em localização, data e hora, substância química, dados meteorológicos, equipamento onde se encontra a MP e características do dano no equipamento.

Software utilizado na modelação

Um dos *softwares* de acesso livre disponibilizados na Internet para a modelação de cenários que envolvem matérias perigosas é o ALOHA®, desenvolvido pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) e pela Environmental Protection Agency (EPA) dos EUA. Este *software* pode ser utilizado na vertente de treino, planeamento ou resposta à emergência, com possibilidade de exportação dos dados da modelação para ambiente SIG ou para o Google Earth (Costa, 2015, p. 27).

Com o ALOHA® é possível estimar a extensão espacial de alguns dos riscos associados à libertação acidental de produtos químicos voláteis e inflamáveis, por curtos

períodos de tempo. A área onde existe a possibilidade de exposição a vapores tóxicos, a atmosfera inflamável, a sobrepressão de uma explosão de nuvem de vapor ou radiação térmica de um incêndio são representadas graficamente como zonas de ameaça (*Threat Zone*). Contudo, o ALOHA® poderá apresentar limitações na realização da modelação, nomeadamente em situações em que o vento apresente baixa velocidade (<1,5 m/s não realiza modelação), as condições atmosféricas apresentem elevada estabilidade, existam sucessivas mudanças da direção do vento ou exista grande influência da topografia, levando à produção de resultados pouco fiáveis (Costa, 2015, p. 26).

Dados da modelação

Determinou-se que o critério para a definição de cada item destes parâmetros fosse o mais idêntico possível para todos os cenários. O local do acidente foi definido tendo em conta o ponto do itinerário percorrido pela matéria perigosa que apresentasse uma maior proximidade a um elevado número de elementos expostos, sendo considerado como fator de diferenciação o maior número de pessoas. Relativamente à data em que ocorre o acidente considerou-se um mês em que foram registados transportes das MP em causa, ou em que a probabilidade de estes terem ocorrido fosse bastante elevada. Para definir a hora escolhida para a ocorrência do acidente considerou-se os vários horários em que foram registados os transportes da matéria, tendo-se definido um horário aproximado.

A escolha da MP utilizada na modelação teve em conta a análise dos dados, tendo-se optado pela matéria que apresenta maior frequência de transporte entre as que exigem maior distância de evacuação em caso de incêndio e de grande derrame, de acordo com o Manual de Intervenção em Emergências com Matérias Perigosas Químicas, Biológicas e Radiológicas (MIEMP) (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2011).

No que se refere aos dados meteorológicos utilizados na modelação optou-se pelo seguinte: relativamente à velocidade do vento, assumir o valor definido na Avaliação Nacional do Risco (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2014, p. 33), sendo a sua direção definida pelo quadrante oposto ao que apresentava maior número de elementos expostos. Relativamente à temperatura considerou-se a aproximação às normais climatológicas para o mês definido anteriormente na cidade de Viseu. Tendo em conta o período do dia considerou-se como valor de referência para o período diurno o valor médio da temperatura máxima e para o período noturno o valor médio da temperatura mínima (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2017).

Relativamente ao equipamento onde se encontra a MP definiu-se a forma e as dimensões aproximadas de um equipamento comumente utilizado para este efeito,

bem como as condições de armazenamento a que a MP se encontra sujeita. A dimensão do dano que permite a fuga da matéria perigosa é semelhante nas três situações, estando este localizado numa posição favorável à libertação de uma grande quantidade de matéria.

Nuvem Tóxica

A modelação de uma nuvem tóxica permite perceber os níveis de dispersão espacial da MP sabendo-se que, para determinados valores de concentração da matéria, estão associados efeitos para a saúde humana. Uma das formas de representar os valores limite de exposição para o público em geral é através do *Acute Exposure Guideline Level* (AEGl). Os AEGl referem-se a períodos de exposição que podem variar entre os 10 minutos e as 8 horas e subdividem-se em três níveis, AEGl-1, AEGl-2 e AEGl-3, que representam valores de concentração da matéria no ar em partes por milhão (ppm) ou em miligramas por metro cúbico (mg/m³), acima dos quais a população em geral, incluindo indivíduos vulneráveis, poderão sofrer efeitos adversos para a saúde (Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2011, p. 303).

O ALOHA[®] utiliza valores padrão AEGl, em ppm para a modelação de nuvens tóxicas para períodos de exposição até 60 minutos, relacionando os três níveis do AEGl com as respetivas consequências da exposição (TABELA III).

TABELA III - Consequências de cada nível AEGl.

TABLE III - Consequences of each AEGl level.

Níveis AEGl	Consequências da exposição
AEGL-3	Ocorrência de efeitos para a saúde com perigo de morte.
AEGL-2	Ocorrência de efeitos irreversíveis ou outros efeitos adversos graves e prolongados para a saúde ou que possam diminuir a capacidade dos indivíduos procurarem um local seguro.
AEGL-1	Ocorrência de desconforto notório, irritação, ou alguns efeitos não sensoriais assintomáticos. No entanto, os efeitos para a saúde não são incapacitantes, são transientes e reversíveis após a exposição terminar.

Fonte/Source: Costa, 2015, p. 39.

Nuvem Inflamável

A libertação de um gás inflamável que não se encontre em combustão forma uma nuvem que tende a deslocar-se com o vento. Num evento deste tipo é expectável a formação isolada de bolsas de gás dentro da nuvem que apresentem valores de concentração compreendidos entre os limites superior e inferior de inflamabilidade. Estas bolsas, denominadas de *pockets*, tendem a estar rodeadas por áreas em que a concentração do gás se encontra acima do limite superior de inflamabilidade, ou abaixo do limite

inferior de inflamabilidade, o que faz com que, caso estas bolsas sofram ignição, ocorra um fenómeno denominado de *flame pockets* (Costa, 2015, p. 45).

O ALOHA[®] determina três níveis de concentração que representam, em percentagem, a probabilidade de a nuvem apresentar concentrações de gás acima do *Low Explosive Limit* (LEL) e as potenciais consequências em caso de ignição (TABELA IV).

TABELA IV - Probabilidade de se ultrapassar LEL e consequências.

TABLE IV - Possibility of overcoming LEL and consequences.

Nível de concentração	Consequências
LEL=100 %	Existem todas as condições para ocorrer a ignição da nuvem
LEL>60 %	Explosão da nuvem ("VCE - Vapor Cloud Explosion"); Rápido incêndio da nuvem ("flash fire"); Ignição das bolsas de gás ("flame pockets").
LEL>10 %	Possibilidade de ignição da nuvem

Fonte/Source: Costa, 2015, p. 45.

Radiação Térmica

As causas da radiação térmica poderão ser a ocorrência de BLEVE ou de *Jet Fire*. O BLEVE pode ser caracterizado em dois tipos, o *Cold BLEVE* e o *Hot BLEVE*. O *Cold BLEVE* pode dever-se a defeitos estruturais dos materiais ou do próprio reservatório, ou, ainda, por ocorrer um impacto no reservatório; o *Hot BLEVE* tende a ocorrer quando o reservatório é afetado por um incêndio, levando à ebulição da matéria armazenada e consequente libertação pelas válvulas de segurança. Quando não existe mais líquido, a estrutura do reservatório começa a ceder podendo ocorrer o rebentamento do mesmo. O *Jet Fire* tende a verificar-se quando há libertação pressurizada de um hidrocarboneto em forma de chama. A radiação térmica provocada pela chama pode danificar a estrutura do reservatório potenciando a ocorrência de BLEVE (Costa, 2015, p. 7).

O ALOHA[®] define 3 níveis padrão para a intensidade de radiação térmica, aos quais estão associados determinados danos para a saúde humana (TABELA V).

TABELA V - Radiação térmica e consequências.

TABLE V - Thermal radiation and consequences.

Intensidade	Consequências da exposição
10,0 kW/m ²	Potencialmente letal em 60 segundos
5,0 kW/m ²	Potencial para a ocorrência de queimaduras de 2º grau em 60 segundos
2,0 kW/m ²	Potencial para a ocorrência de dores em 60 segundos

Fonte/Source: Costa, 2015, p. 35.

Resultados dos levantamentos

Transportes rodoviários de MP

Para realizar o levantamento das MP que circulam nas EN e Estradas Municipais e na impossibilidade de obter dados oficiais junto das entidades sobre a frequência de transporte relativa a cada matéria perigosa recorreu-se a questionários informais junto de funcionários de postos de combustível e de empresas em que se verificou receberem MP, bem como a funcionários de transportadoras, tendo sido possível identificar que as vias utilizadas para este tipo de transporte são, na esmagadora maioria, as EN e as MP transportadas são, maioritariamente, Gasolina - N.º ONU 1203, Gasóleo - N.º ONU 1202, Gás de Petróleo Liquefeito (GPL) - N.º ONU 1965, NAFTA - N.º ONU 1268 e Betume Asfáltico - N.º ONU 1993. Para fazer face ao consumo semanal de Gasolina, Gasóleo GPL e NAFTA, o conjunto das transportadoras realiza em média doze transportes por semana. No que se refere ao Betume asfáltico são realizados em média três transportes semanais.

Monitorização do IP3

Após a monitorização realizada ao troço do IP3 verificou-se que, no total das duas semanas, foram observados 356 veículos que circulavam identificados com Painel Laranja. Destes, 176 foram registados no período referente à 1ª semana e 180 foram observados no período referente à 2ª semana.

A 1ª semana apresenta percentagens ligeiramente superiores em cinco dos sete dias em comparação com a 2ª semana, no entanto, as disparidades observadas na quinta-feira e no domingo, relativamente aos restantes dias, levam a que no total das observações, a 2ª semana apresente um valor mais elevado de registos. É possível ainda verificar que, relativamente à 1ª semana, a sexta-feira foi o dia que apresentou maior percentagem de observações; por outro lado, o domingo foi o dia em que se registou menor percentagem. Nos períodos de observação correspondentes à 2ª semana, as maiores percentagens de observações foram registadas na quinta-feira e na sexta-feira, sendo o domingo o dia em que se registou menor percentagem de observações (fig. 5).

De acordo com os dois períodos do dia e com o MIEMP (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2011, p. 268), e tendo em conta a duração do dia para a cidade de Coimbra, (Observatório Astronómico de Lisboa, 2017), é possível observar que no período diurno, em todos os dias e em qualquer das semanas, se verifica um número de transportes muito superior ao do período noturno (fig. 6). Em termos percentuais, na 1ª semana, 90,9 % dos

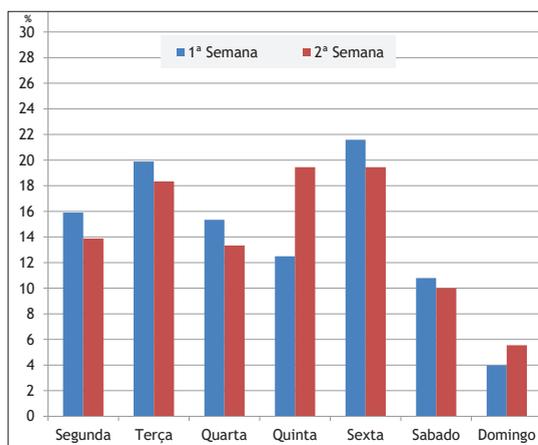


Fig. 5 - Número de transportes por dia.

Fig. 5 - Number of transports per day.

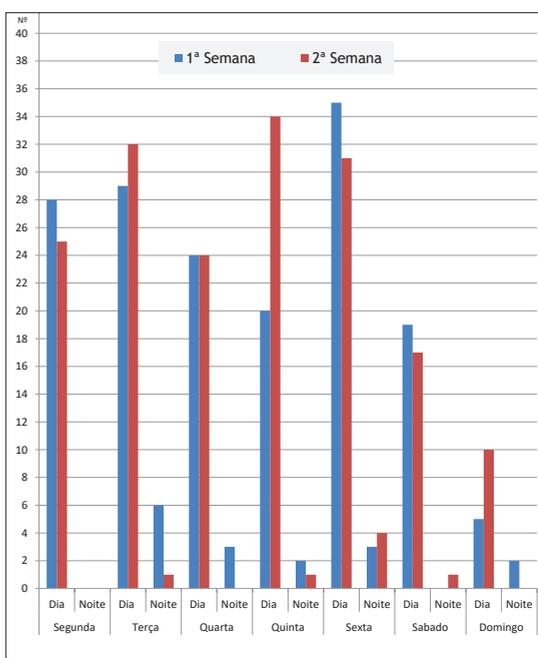


Fig. 6 - Distribuição dos transportes por período do dia.

Fig. 6 - Distribution of transports by time of day.

transportes foram realizados no período diurno e apenas 9,1 % foram realizados período noturno (como referido na metodologia, em ambas as semanas não foram feitos registos entre as 01h00min. e as 05h00min.). Também na 2ª semana o período diurno registou maior percentagem de transportes, 96,1 %, contra 3,9 % no período noturno.

Relativamente às classes de matérias transportadas observa-se que não existe, em nenhuma das semanas, transporte das matérias da Classe "4.1", "4.2", "4.3", "5.2", "6.2" e "7". Realça-se o facto de a maior percentagem de transportes registados na 1ª e na

2ª semana não apresentarem classe definida (N/D), correspondendo a veículos que apenas possuíam painéis laranja sem qualquer tipo de inscrição, sendo impossível, desta forma, identificar a classe da matéria transportada (fig. 7). É possível verificar ainda que, em ambas as semanas, a Classe “3” foi a mais transportada seguida da Classe “2”, sendo que, em ambos os casos, existiu um aumento do número de transportes da 1ª para a 2ª semana. Conclui-se também que as Classes “2” e “3” são as que apresentam maior diversidade de matérias transportadas, em ambas as semanas (fig. 8).

Durante o período de monitorização foram observadas 26 MP distintas num total de 356 transportes, sendo que, em 45 destes, a MP transportada apresenta distâncias de evacuação de 1600 m para situações de incêndio e superiores a 800 m para situações de derrame grande, de acordo com o que está definido no MIEMP (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2011).

Levantamento sobre os transportes ferroviários de MP

No total dos três anos observado, registaram-se 535 transportes que se encontravam ao abrigo da regulamentação relativa ao transporte ferroviário de mercadorias perigosas - Anexo II do Decreto-Lei n.º

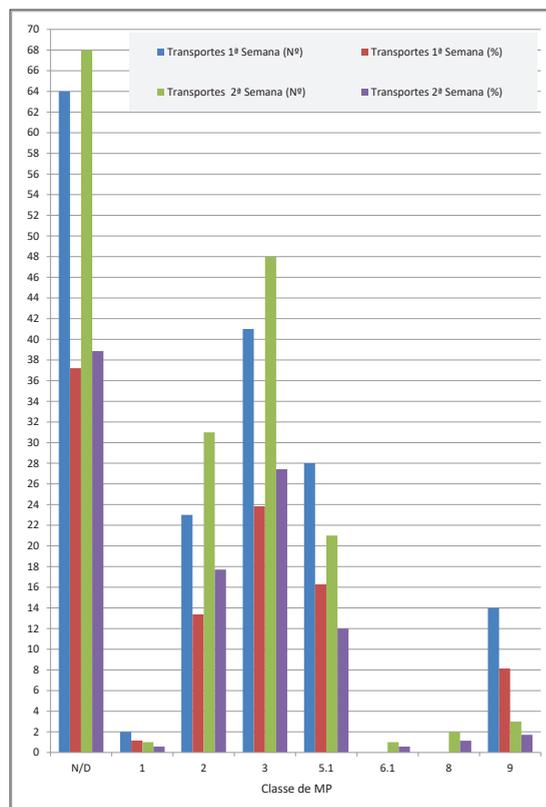


Fig. 7 - Relação das Classes com o n.º de transportes.

Fig. 7 - Relationship between Classes and number of transports.

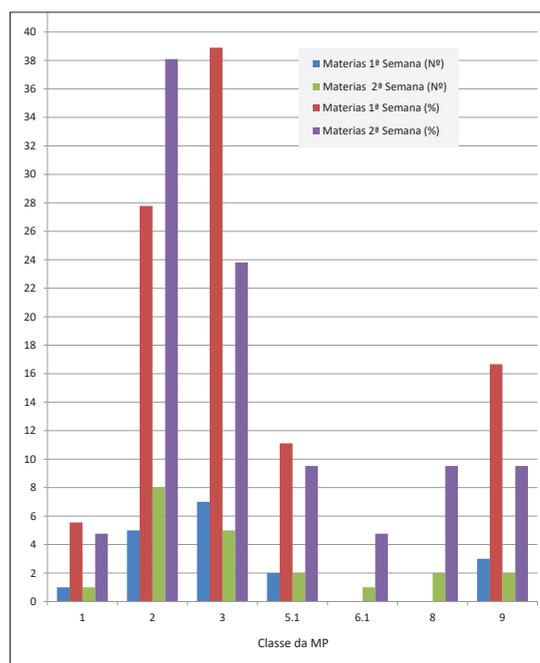


Fig. 8 - Relação das Classes com o n.º de MP.

Fig. 8 - Relationship between Classes and the MP number.

111-A/2017 de 31 de agosto - dos quais 231 circulavam com os vagões com carga e 304 circulavam com os vagões vazios, encontrando-se estes também enquadrados no referido regulamento, uma vez que não se encontram descontaminados segundo as normas em vigor. Salienta-se a não existência de registo de transportes no mês de janeiro de 2014 por não ter sido possível aceder a esses dados.

Embora se tenha observado uma ligeira diminuição do número de transportes com vagões com carga no ano de 2015, a tendência geral é de crescimento do número de transportes ferroviários de MP.

Transporte de Vagões com Carga

O transporte de vagões com carga ocorre, na maioria das vezes, às terças-feiras, quintas-feiras e sábados, apresentando valores diferentes mediante o dia em causa. No total dos três anos foram contabilizados 231 transportes (fig. 9).

Relativamente à distribuição de transportes por dia da semana, o ano de 2014 apresenta maior percentagem de transportes à terça-feira, com 35,06 %, e menor percentagem ao domingo, o único dia em que não houve transportes. Em 2015, o dia da semana que apresenta maior percentagem de transporte é o sábado, com 33,82 % e os dias que apresentam menor percentagem são a segunda-feira, a quarta-feira e a sexta-feira com 1,47 %. Por último, no ano de 2016 verifica-se valores de percentagem de trans-

portes mais elevados à quinta-feira com 41,86 % e mais reduzidos à segunda-feira e à sexta-feira, dias em que não ocorreram transportes de mercadorias perigosas (fig. 10).

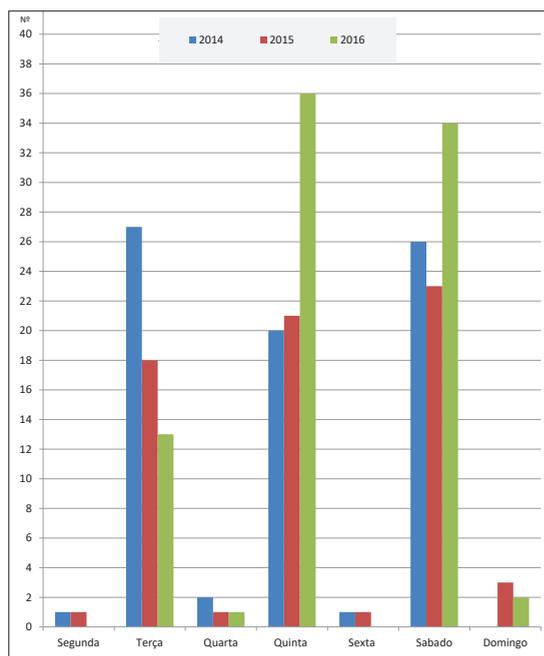


Fig. 9 - Distribuição dos transportes por dia da semana (Fonte dos dados: CP Carga e MEDRAIL).

Fig. 9 - Transports distribution per day of the week (Data source: CP Carga and MEDRAIL).

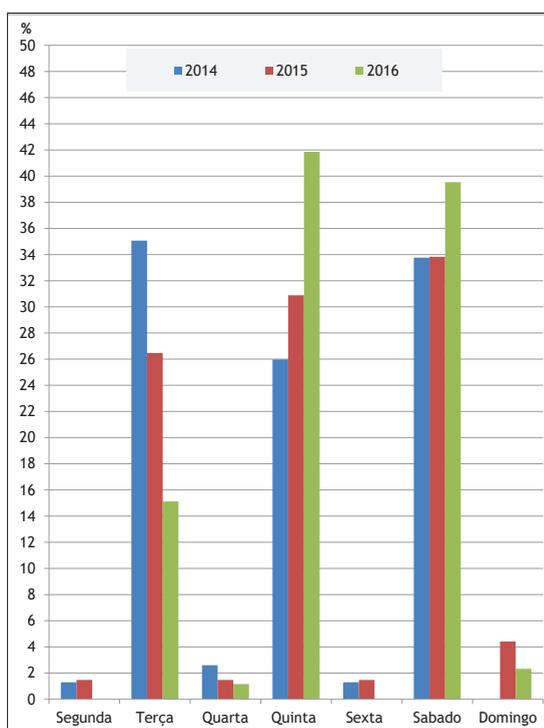


Fig. 10 - Percentagem de transportes por dia da semana (Fonte dos dados: CP Carga e MEDRAIL).

Fig. 10 - Transports rate per day of the week (Data source: CP Carga and MEDRAIL).

Tendo em conta o período (diurno ou noturno) em que se realizaram os transportes, observa-se que nos anos de 2014 e 2015 todos os transportes ocorreram em período noturno. Em 2016 apenas um transporte ocorreu em período diurno, tendo os restantes 85 transportes ocorrido em período noturno.

Durante o período de monitorização não se registaram transportes de MP das Classes “1”, “4.2”, “4.3”, “5.2”, “6.2” e “7”. Das Classe observadas, a que apresenta maior número de MP transportadas é a Classe “3”, tendo-se verificado um decréscimo de 2,70 % em 2015 e de 10,81 % em 2016 do número de matérias transportadas relativamente ao ano de 2014. A Classe “4.1” é uma das classes que apresenta menor número de matérias transportadas, sendo a única que não apresenta transportes nos anos 2015 e 2016 (fig. 11).

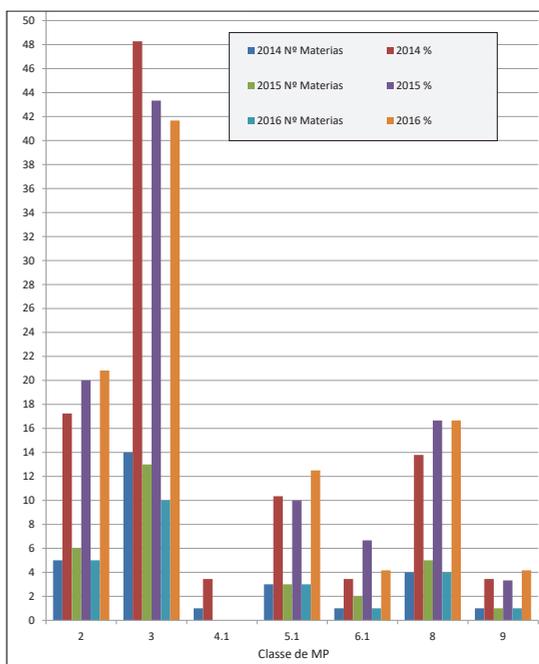


Fig. 11 - Relação entre Classes e n.º de MP (Fonte dos dados: CP Carga e MEDRAIL).

Fig. 11 - Relationship between Classes and MP number (Data source: CP Carga and MEDRAIL).

Das 42 MP identificadas, 23 apresentam registo de transporte em apenas um dos três anos, 4 apresentam registo de transporte em dois dos três anos, não obrigatoriamente consecutivos, e 15 apresentam registo de transporte em todos os anos. Considerando apenas os dados obtidos para os anos de 2015 e 2016, observa-se que 16 matérias apresentaram registo de transporte em ambos os anos.

No total dos 231 transportes realizados ao longo dos três anos em que decorreu a observação, as duas matérias que foram transportadas em todos os anos e que apresentam

maior área de evacuação em caso de incêndio e grande derrame, de acordo com MIEMP (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2011), são o BUTILENOS EM MISTURA ou BUTILENO-1 ou cis-BUTILENO-2 ou trans-BUTILENO-2 (N.º ONU 1012) e HIDROCARBONETO GASOSO LIQUEFEITO, N.S.A. (N.º ONU 1965) estiveram presentes em 152 transportes. Tendo-se observado um aumento de 20,39 % em 2015 e de 32,24 % em 2016 do número de transportes destas MP, relativamente a 2014.

Transporte de Vagões sem Carga

O transporte de vagões que circulam sem carga ocorreu, quase sempre, às segundas-feiras, quartas-feiras e sextas-feiras, apresentando valores diferentes de acordo com o dia em causa. No total dos três anos foram contabilizados 304 transportes (fig. 12).

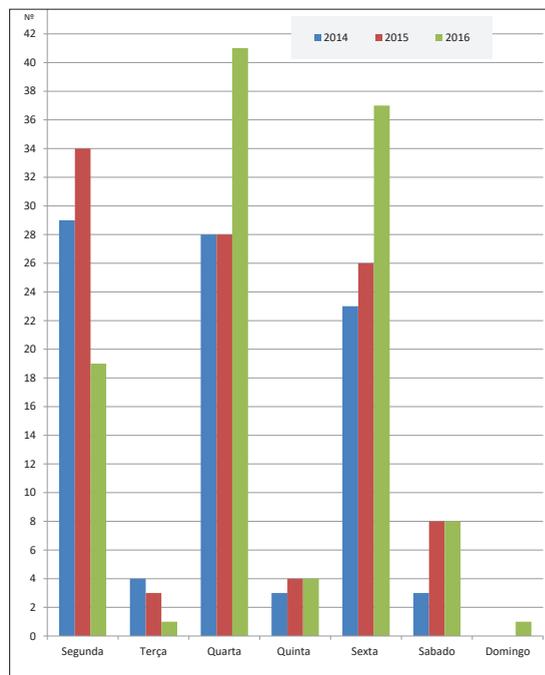


Fig. 12 - Distribuição dos transportes por dia da semana (Fonte dos dados: CP Carga e MEDRAIL).

Fig. 12 - *Transportes distribution per day of the week* (Data source: CP Carga and MEDRAIL).

No que se refere à distribuição por dia da semana é possível observar que nos anos de 2014 e de 2015, a segunda-feira foi o dia que apresentou maior percentagem de transportes, 32,22 % e 33,01 %, respetivamente, sendo o domingo o único dia da semana em que não ocorreram transportes de mercadorias perigosas. Relativamente ao ano de 2016 é possível verificar-se transportes em todos os dias da semana, tendo a maior percentagem sido registada à quarta-feira com 36,94 % e a menor ao domingo com 0,90% (fig. 13).

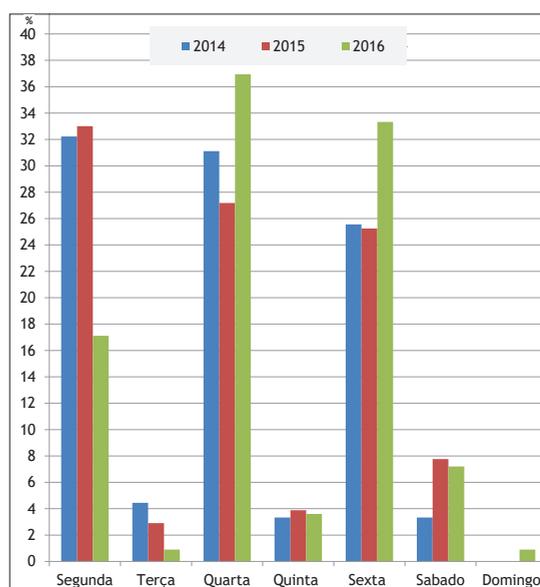


Fig. 13 - Percentagem de transportes por dia da semana (Fonte dos dados: CP Carga e MEDRAIL).

Fig. 13 - *Percentage of transportes per day of the week* (Data source: CP Carga and MEDRAIL).

Relativamente ao período do dia em que se realizaram os transportes verifica-se que, independentemente do ano em análise, a esmagadora maioria dos transportes ocorre no período noturno. Tem-se verificado um aumento do número de transportes no período diurno, passando de 2 transportes em 2014 para 16 em 2015 e 17 em 2016, sendo a matéria mais transportada o AMONIACO ANIDRO (N.º ONU 1005). No entanto, houve uma diminuição de 15,53 % em 2015 para 15,32 % em 2016, se compararmos o número de transportes realizados nos dois períodos em cada um desses anos.

Nenhum dos transportes de vagões sem carga apresentava referências a matérias das Classes “1”, “4.2”, “4.3”, “5.2”, “6.2” e “7”. Já a Classe “3” é a que apresenta maior número de transportes, apesar de se notar um decréscimo do número de MP transportadas de 7,40 % em 2015 e de 11,11 % em 2016 relativamente ao ano de 2014. A classe “4.1” é uma das classes que apresenta menor número de MP transportadas, sendo a única que não apresenta registos de transportes nos anos de 2015 e 2016 (fig. 14).

Foram identificadas 52 matérias. Destas, 26 apresentam registo de transporte em apenas um dos três anos, 8 apresentam registo de transporte em dois dos três anos, não necessariamente consecutivos, e 16 apresentam registo de transporte em todos os anos. Considerando apenas os dados obtidos para os anos de 2015 e 2016 é possível observar que 16 MP apresentaram registo de transporte em ambos os anos.

Dos 304 transportes realizados ao longo dos três anos, as duas matérias transportadas todos os anos e que apresentam maior frequência de transporte e com

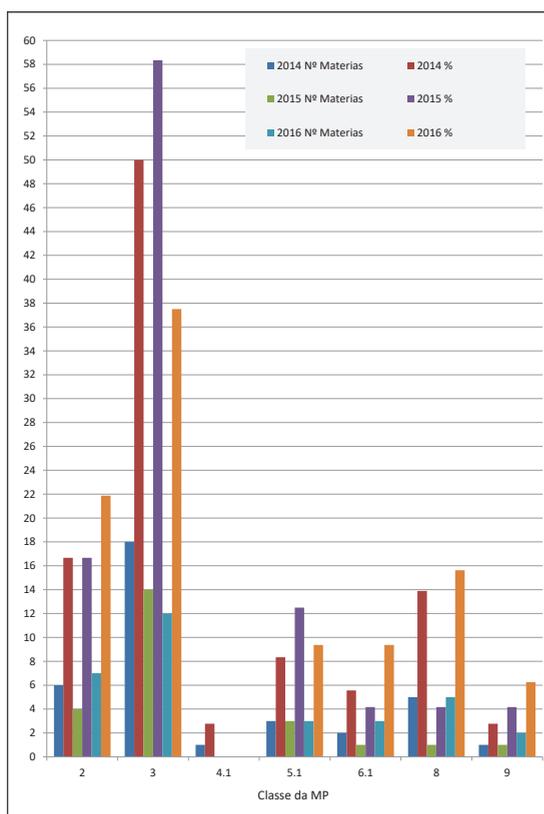


Fig. 14 - Relação entre Classes e n.º de MP (Fonte dos dados: CP Carga e MEDRAIL).

Fig. 14 - Relationship between Classes and MP number (Data source: CP Carga and MEDRAIL).

maior distância de evacuação em caso de incêndio e grande derrame, segundo o MEIMP (Autoridade Nacional de Proteção Civil, 2011), são o AMONÍACO ANIDRO (N.º ONU 1005) e o HIDROCARBONETO GASOSO LIQUEFEITO, N.S.A. (N.º ONU 1965), tendo estado presentes em 129 transportes. Foi possível ainda observar o aumento de 6,20 % em 2015 e de 14.73 % em 2016 do número de transportes relativamente ao ano de 2014.

Levantamento sobre o transporte por Gasoduto

O Gasoduto Mealhada-Viseu, pertencente à RNTGN, que atravessa o município de Mortágua, apresenta um diâmetro de 508 mm, encontrando-se o Gás Natural no interior a uma temperatura de cerca de 10 °C e pressão variável que pode atingir os 84 bar (Soares, 2009, p. 13).

A rede de distribuição de GN apresenta diâmetro das tubagens e pressão mais reduzidos do que a RNTGN. Os dois ramais que saem da *Gas Reduction and Measure Station* (GRMS) e que compõem a rede primária são construídos em aço e apresentam um diâmetro de 150 mm e uma pressão que pode variar entre os 16 bar e 20 bar. A rede secundária que começa no Posto de Regulação e Medida (PRM) é constituída por condutas em polietileno

e apresenta valores de diâmetro das condutas de 160 mm, 110 mm e 63 mm e valores de pressão que podem variar entre os 4 bar e os 0,5 bar (GALP - Distribuição de Gás Natural, S.A., 2017) (fig. 15).

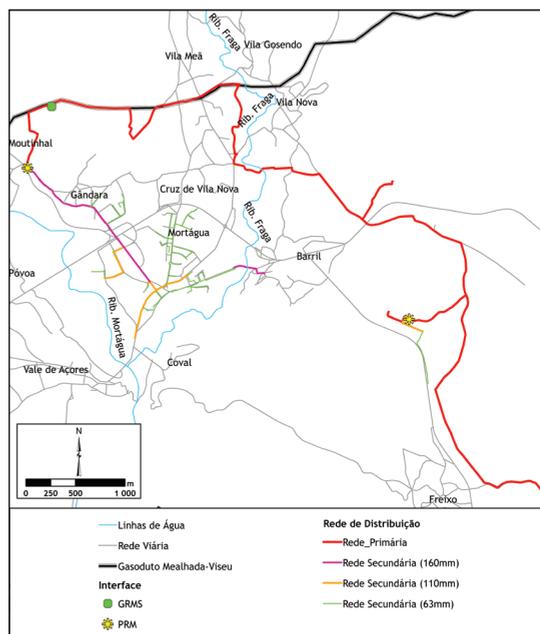


Fig. 15 - Rede de Transporte e Distribuição de GN (Fonte dos dados: GALP - Distribuição de Gás Natural, S.A., 2017).

Fig. 15 - GN Transport and Distribution Network (Data source: GALP - Distribuição de Gás Natural, S.A., 2017).

Modelação de acidentes com MP

A modelação do cenário de acidente realizou-se para cada meio de transporte identificado. A MP a envolver é aquela que apresenta maior frequência de transporte, entre as que obrigam a uma maior distância de evacuação. Além dos dados referentes à MP serão definidos outros sobre as condições atmosféricas locais e os detalhes sobre o cenário.

Transporte Rodoviário

Escolheu-se o IP3 como o local para a modelação do cenário de acidente rodoviário, junto ao acesso para o aldeamento do Vale da Aguieira, Montebelo Aguieira *Lake Resort & SPA*, nas proximidades da fronteira com o município de Santa Comba Dão. Esta infraestrutura apresenta 152 alojamentos, num total de 502 camas. Para além do alojamento, também comporta um edifício multiusos com SPA, Ginásio, Piscina Exterior aquecida, Restaurante e Bar panorâmico e um Salão de Eventos e Reuniões com capacidade para 400 pessoas. Tem ainda uma marina com capacidade para ancorar 400 embarcações (Câmara Municipal de Mortágua, 2017). Outra infraestrutura importante neste local é o próprio IP3 que, no período diurno, apresenta um tráfego

médio horário de 829 veículos entre ligeiros e pesados (mercadorias e passageiros). Este facto leva a que, em caso de acidente, se concentre rapidamente um grande número de veículos e, conseqüentemente, de pessoas, aumentando o número de elementos expostos.

O acidente data de setembro de 2017, às 11h00, e consiste num despiste e tombamento de uma cisterna móvel que transportava 14,8 toneladas de gás propano liquefeito, ocupando 80 % do volume total da cisterna. Do despiste resultou a suspensão da circulação em ambos os sentidos do IP3, devido a destroços na via e um rombo com 50 cm de comprimento e 20 cm de largura, a 15 cm do ponto mais baixo da cisterna. Definiu-se, também, que as condições meteorológicas no momento do acidente correspondiam ao seguinte: a velocidade e a direção do vento seria de 5m/s NE, a temperatura do ar estaria nos 30 °C, a humidade relativa seria de 25 % e o céu estaria pouco nublado.

A libertação do conteúdo da cisterna demorou, aproximadamente, 5 minutos. Observa-se que a velocidade de libertação é mais intensa entre o 1º e o 3º minuto, atingindo 3000 kg/min. Para além da formação de nuvens e do BLEVE, existe ainda a possibilidade de danos para o ecossistema, uma vez que existe o perigo de o derrame contaminar as águas da albufeira da barragem da Aguieira.

Nuvem Tóxica

Da modelação obtém-se uma nuvem com 235m de comprimento e 110m de largura. Relativamente aos níveis AEGL, verifica-se que dentro dos edifícios não se atinge o nível AEGL-3, sendo possível encontrar dentro destes valores compatíveis com os níveis AEGL-2 até 20m e AEGL-1 até 40m do local do acidente. A 70m do local do acidente é possível observar-se concentrações compatíveis com o nível AEGL-3, ainda dentro do 1º minuto e até ao 3º minuto e a 100m registaram-se concentrações compatíveis com o nível AEGL-2, no mesmo período de tempo.

Ao observar a área afetada pela nuvem resultante do acidente pode verificar-se que, embora não apresente grandes dimensões, é suficiente para condicionar o acesso ao aldeamento do Vale da Aguieira e para comprometer a saúde dos utilizadores do IP3, uma vez que a impossibilidade de circulação se traduz num elevado aglomerado de pessoas, bastando uma mudança no rumo do vento para alterar o local de propagação da nuvem, em direção aos automobilistas (fig. 16).

Nuvem Inflamável

A nuvem inflamável resultante da modelação atinge 440m de comprimento e 140m de largura. Nestas condições registam-se valores compatíveis com LEL=100 % em edifícios que se encontrem até 10m, LEL>60 % até 25 m e LEL>10 % até 70m do local do acidente. Fora

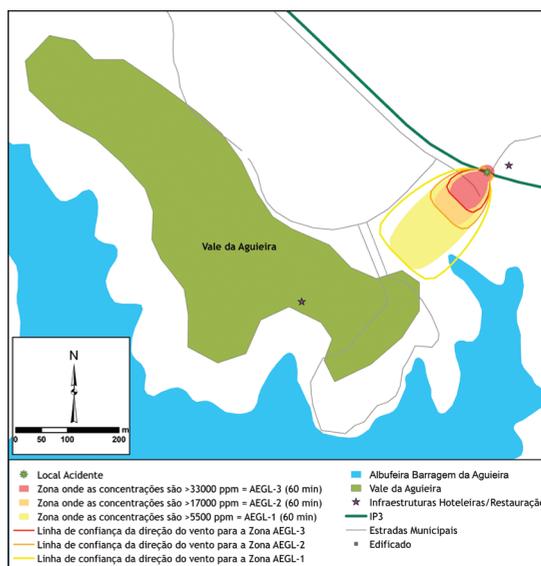


Fig. 16 - Nuvem Tóxica no IP3 (Fonte dos dados: BVM).

Fig. 16 - Toxic Cloud on IP3 (Data source: BVM).

dos edifícios, a 90 m de distância do local do acidente, registaram-se valores de LEL=100 % após 5min e, aos 120 m, registaram-se valores do LEL>60 % superiores a 4 min.

A nuvem inflamável resultante do acidente poderá afetar parte do aldeamento do Vale da Aguieira, com níveis LEL>10 %. No entanto, existe uma grande probabilidade de os acessos ao aldeamento e o troço do IP3 apresentarem níveis LEL=100 % e LEL>60 %, principalmente se existir mudança da direção do vento. Esta situação potenciará a ignição da nuvem, devido à proximidade aos motores de combustão (fig. 17).

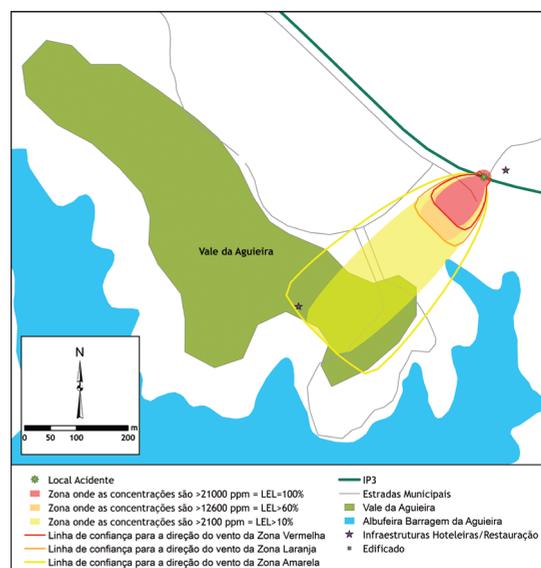


Fig. 17 - Nuvem Inflamável no IP3 (Fonte dos dados: BVM).

Fig. 17 - Flammable Cloud on IP3 (Data source: BVM).

Radiação térmica (BLEVE)

A modelação do cenário de BLEVE resultou numa área circular com um raio de 710m. Nesta observa-se que em todas as direções o valor da radiação é superior 10,0 kW/m² até aos 320m, que entre os 320m e os 460m o valor da radiação é superior 5,0 kW/m² e, por último, até aos 710m o valor da radiação é superior 2,0 kW/m². Verifica-se ainda que quase toda a área do aldeamento do Vale da Agueira será afetada por um dos níveis de energia definidos, assim como o elevado número de pessoas expostas a este fenómeno, fruto do rápido aglomerado de veículos que se prevê nesta área do IP3, tendo em conta o horário do acidente (fig. 18).

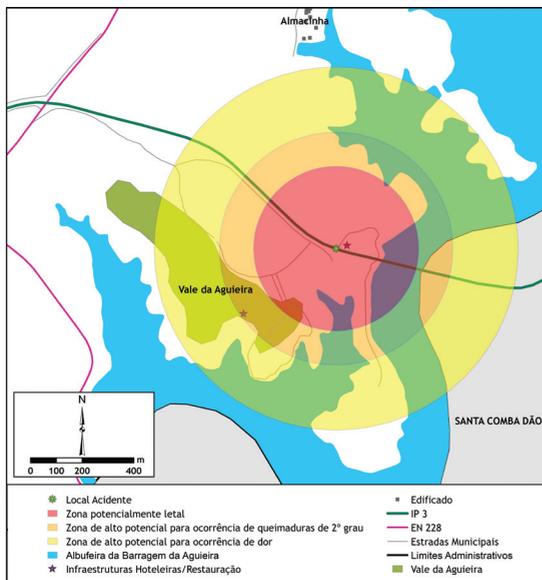


Fig. 18 - Radiação térmica no IP3 (Fonte dos dados: BVM).

Fig. 18 - Thermal radiation on IP3 (Data source: BVM).

Transporte Ferroviário

A linha ferroviária da Beira Alta circunda a vila de Mortágua a sul, existindo uma zona de curva de aproximadamente 300m antes da estação de Mortágua no sentido Vilar Formoso/Pampilhosa. Este local apresenta uma grande proximidade em relação às localidades de Vale de Acores, Coval e Mortágua e, por esse motivo, foi o local escolhido para localização do cenário de acidente ferroviário a ser modelado.

O acidente data de setembro de 2017, às 03h00, e consiste num despiste seguido de colisão de um vagão cisterna que transportava 23 toneladas de gás propano liquefeito, ocupando 80 % do volume total da cisterna contra o viaduto que liga a vila de Mortágua à localidade de Vale de Acores. Do despiste resultou o colapso do viaduto e um rombo com 50 cm de comprimento e 20 cm de largura, a 15 cm do ponto mais baixo da cisterna. Definiu-se, também, que as

condições meteorológicas eram as seguintes: velocidade e direção do vento de 5m/s E, temperatura do ar de 10 °C, humidade relativa de 50 %, camada de inversão nos 50m de altura e céu pouco nublado.

A libertação do conteúdo da cisterna demorará aproximadamente 8 minutos. Observa-se que a velocidade de libertação é mais intensa entre o 2º e o 5º minuto, atingindo 3000 kg/min e, na grande maioria do restante tempo, a velocidade de libertação atinge os 2500 kg/min. Para além da formação de nuvens e do BLEVE há ainda a possibilidade de danos para o ecossistema, uma vez que existe o perigo de o derrame contaminar as águas da ribeira de Mortágua.

Nuvem Tóxica

A modelação da nuvem tóxica para este cenário permite verificar que esta se propaga por uma extensão de 260m de comprimento e de 120m de largura. Observa-se também que existem 19 edifícios dentro área interseccionada pelo nível AEGL-1. No entanto, no interior dos edifícios não é detetado nenhum dos níveis AEGL. Assim, se as pessoas se mantiverem dentro de casa, dificilmente terão problemas de saúde associados a este acidente. Na zona afetada pelo nível AEGL-2 existe 1 edifício, mas que, sendo um supermercado, à hora definida para a ocorrência do acidente não é previsível que se encontrem pessoas no seu interior. Relativamente à zona afetada pelo nível AEGL-3 não foram identificados quaisquer edifícios (fig.19).

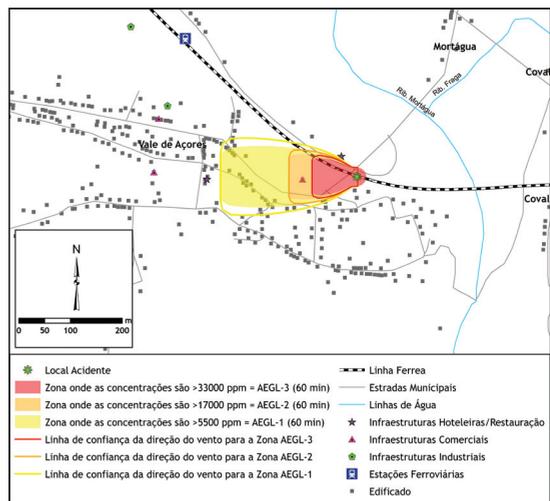


Fig. 19 - Nuvem Tóxica na LBA (Fonte dos dados: BVM).

Fig. 19 - Toxic Cloud on Beira Alta railway line (Data source: BVM).

Nuvem Inflamável

A modelação da nuvem inflamável apresenta um comprimento de 485m e largura de 150m. Verifica-se que é possível encontrar dentro dos edifícios o nível LEL=100

% até aos 25 m, o nível LEL>60 % até 35 m e o valor LEL>10 % a 85 m do local do acidente. No exterior dos edifícios, a 100 m do local do acidente, estão previstas concentrações compatíveis com LEL=100 % do 1º ao 7º minuto e a 135 m verifica-se o nível LEL>60 %, também do 1º ao 7º minuto.

Relativamente aos elementos expostos observa-se que a zona de nível LEL>10 % é a que apresenta contacto com o maior número de edifícios, setenta e nove edifícios, sendo um deles um minimercado e outro um restaurante. A zona de nível LEL>60 % não apresenta contacto com qualquer edifício e a zona de nível LEL=100 % interceta um edifício identificado com a função de supermercado, prevendo-se que à hora do acidente não haja pessoas no seu interior. Porém, percebe-se que a alteração do rumo do vento, por exemplo para nordeste, poderá aumentar de forma significativa o número de pessoas afetadas (fig. 20).

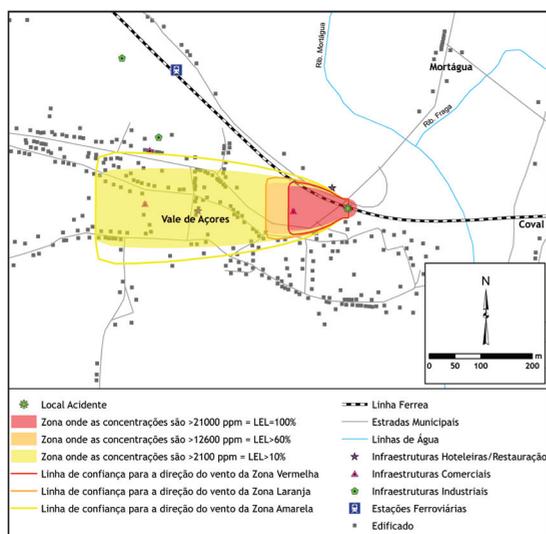


Fig. 20 - Nuvem Inflamável na LBA (Fonte dos dados: BVM).

Fig. 20 - Flammable Cloud on Beira Alta railway line (Data source: BVM).

Radiação térmica (BLEVE)

A modelação de uma situação de BLEVE resulta numa área circular com aproximadamente 830m de raio. Observam-se intensidades de radiação acima dos 10,0kW/m² a 370m do local do acidente, a 500m valores de radiação acima de 5,0kW/m² e intensidades de radiação superior a 2,0kW/m² até aos 830m desde o local do acidente.

Analisando o modelo percebe-se que a localidade do Coval será afetada praticamente na sua totalidade por uma ocorrência deste tipo, bem como a zona mais baixa de Vale de Açores, que se encontra abrangida pelas zonas vermelha e laranja do modelo (fig. 21). No total encontram-se abrangidos pela zona vermelha 187 edifícios, entre eles um supermercado e dois restaurantes. A zona laranja abrange 103 edifícios, entre estes um

minimercado, uma farmácia, três pequenas indústrias e a estação de caminho-de-ferro de Mortágua. Por fim, a zona amarela abrange 180 edifícios, onde se localizam as instalações dos sapedores florestais, três espaços comerciais (o mercado municipal e duas drogeries), dois restaurantes, dois espaços religiosos e um ginásio. Prevê-se, no entanto, que a maioria dos edifícios enumerados não tenham pessoas no seu interior à hora determinada para a ocorrência do acidente, uma vez que o horário previsto para o seu encerramento é anterior às 24h00.

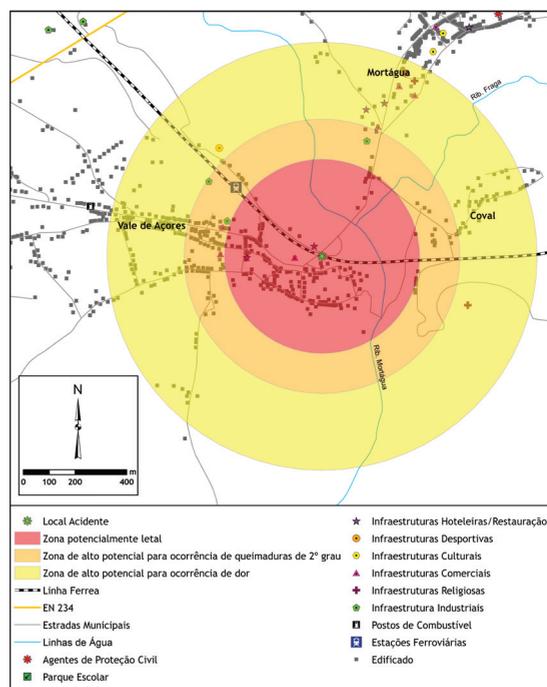


Fig. 21 - Radiação Térmica na LBA (Fonte dos dados: BVM).

Fig. 21 - Thermal Radiation on Beira Alta railway line (Data source: BVM).

Transporte por Conduta

Para a modelação do cenário de acidente neste tipo infraestrutura definiu-se a localidade de Vila Meã, junto à EN228, no local onde se encontra implantado o gasoduto Mealhada-Viseu, pertencente à RNTGN. Esta zona integra a Várzea da Ribeira da Fraga, uma vasta extensão de terreno a baixa altitude, com cerca de 5 km. Identificou-se, próximo deste local, uma unidade de saúde para utentes com necessidades especiais.

O acidente data de setembro de 2017, pelas 17h00, e consiste num rombo no gasoduto provocado por uma retroscavadora durante uma operação de manutenção da EN228. A dimensão do rombo é de 400 cm², provocando a libertação de gás natural que circula dentro da conduta com 5 km de comprimento e 508 mm de diâmetro, a uma pressão de 80 bar e a uma temperatura de 10 °C. Definiu-se também que, na

altura do acidente, as condições meteorológicas seriam as seguintes: velocidade e direção do vento de 5 m/s NW, temperatura do ar a rondar os 25 °C, humidade relativa de 25 %, e céu pouco nublado.

O esvaziamento do gasoduto demorará cerca de 21 minutos, apresentando velocidade máxima de vazamento na ordem dos 24000 kg/m², no momento, diminuindo gradualmente até aos 5 minutos, apresentando, nesse momento, uma velocidade de, aproximadamente, 5000 kg/m².

Nuvem Tóxica

A modelação da nuvem de gás tóxico apresenta 230m de comprimento e 30m de largura. Observam-se variações nos níveis AEGL dentro dos edifícios, à medida que a distância ao local do acidente aumenta. Assim, até aos 20 m observa-se o nível AEGL-3, até aos 25 m o nível AEGL-2 e até aos 50 m observa-se o nível AEGL-1. Fora dos edifícios observa-se o nível AEGL-3 a 80m e o nível AEGL-2 a 110 m do local do acidente, desde o primeiro minuto após o acidente.

Da observação das áreas abrangidas pela nuvem tóxica é possível verificar que a zona vermelha não abrange nenhum edifício. Apenas a zona laranja e a zona amarela registam um edifício cada (fig. 22).

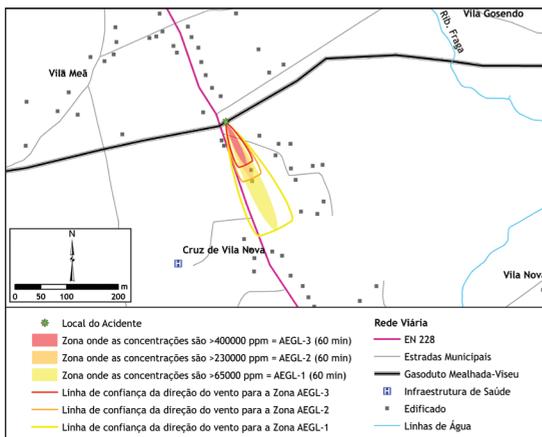


Fig. 22 - Nuvem Tóxica na RNTGN (Fonte dos dados: BVM).

Fig. 22 - Toxic Cloud in National Natural Gas Transport Network (RNTGN) (Data source: BVM).

Nuvem inflamável

A nuvem inflamável resultante da modelação apresenta 1140 m de comprimento e 100 m de largura. Dentro dos edifícios, e logo a partir do 1º minuto, pode observar-se, a 60 m do local do acidente o nível LEL=100 %, a 90 m o nível LEL>60 % e a 190 m o nível LEL>10 %. Fora dos edifícios, a 300m do local do acidente, durante o 2º e o 3º minutos, verifica-se o nível LEL=100 % e a 450 m o nível LEL>60 %.

Perante esta modelação constata-se que a nuvem abrange um total de 30 edifícios, sendo que 4 deles estão abrangidos pela zona vermelha, 5 pela zona laranja e 21 pela zona amarela. De acordo com as linhas de confiança para a direção do vento existe a possibilidade de a zona amarela atingir um lar de 3ª idade (fig.23).

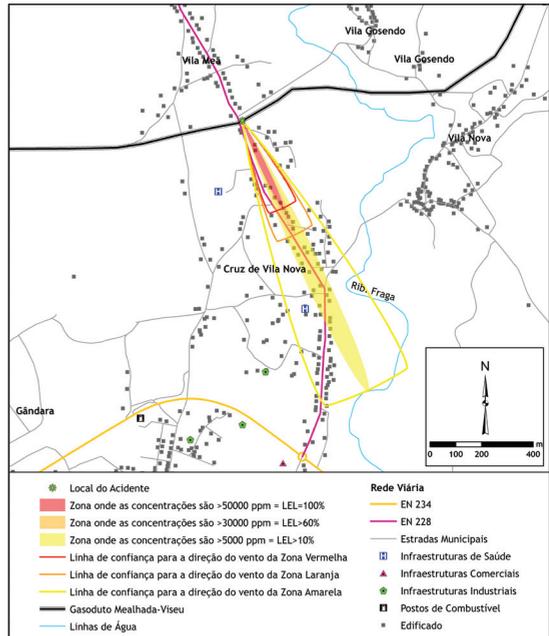


Fig. 23 - Nuvem inflamável na RNTGN (Fonte dos dados: BVM).

Fig. 23 - Flammable cloud in RNTGN (Data source: BVM).

Radiação térmica (Jet Fire)

A modelação apresentada retrata o *Jet Fire* de um gasoduto. Esta circunferência apresenta um raio de 300 m. Comparativamente às ocorrências de BLEVE modeladas anteriormente, esta apresenta uma área menos influenciada pela radiação térmica. Ainda assim, verificam-se valores da intensidade de radiação acima dos 10,0 kW/m² a 170 m do local do acidente, acima de 5,0 kW/m² a 200m e intensidades de radiação superiores a 2,0 kW/m² até aos 300 m do local do acidente.

Através da observação das áreas abrangidas pelos vários níveis de radiação térmica verifica-se a existência de edifícios dentro de cada uma das áreas, incluindo uma instituição de apoio a indivíduos com deficiência (fig. 24). A zona vermelha abrange 14 edifícios, a zona laranja abrange 10 edifícios e a zona amarela abrange 31 edifícios, sendo um deles a unidade de apoio a indivíduos com deficiência. Nas zonas vermelha e laranja a evacuação dos edifícios deverá ser tida em conta. No entanto, na zona amarela prevê-se que a permanência dentro dos edifícios sem exposição às condições do exterior seja suficiente para não existirem danos ou lesões relacionados com o acidente. Torna-se importante

considerar a evolução deste fenómeno para uma situação de BLEVE, o que poderá motivar um aumento significativo das áreas referentes a cada nível de radiação térmica.

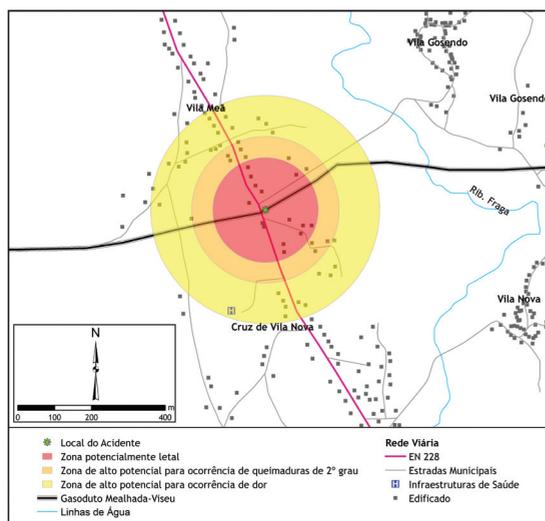


Fig. 24 - Radiação térmica na RNTGN (Fonte: BVM).

Fig. 24 - Thermal radiation in RNTGN (Source: BVM).

Conclusões

Durante o desenvolvimento deste trabalho percebeu-se que existem diferentes níveis de conhecimento relativamente a cada tipo de transporte de MP no município de Mortágua. Assim, no que se refere ao transporte rodoviário de MP verificou-se que não existe qualquer registo sobre as MP que circulam, nem sobre o horário do seu transporte. Relativamente ao transporte ferroviário, as fichas de transporte de MP são enviadas para todos os Agentes de Proteção Civil (APC) do município; no entanto, a compilação dessa informação não existe, não podendo, por isso, proceder-se à sua análise estatística para que se possam obter padrões na circulação de MP. Por último, o transporte que parece conhecer-se melhor é o transporte de GN, uma vez que se trata de um tipo de fornecimento mais comum e restrito no que concerne ao transporte de MP, apenas GN, e cujos locais de passagem se encontram identificados e as pressões utilizadas estão associadas ao tipo de rede utilizada e ao diâmetro da tubagem.

Após a realização do estudo conclui-se que, relativamente ao transporte rodoviário de MP no IP3, as Classe 2, 3 e 5.1 representam cerca de 53 % dos transportes registados na 1ª semana e cerca de 57 % na 2ª semana; o número de transportes que são realizados apenas com Painéis Laranja sem inscrições (N/D), aumenta de cerca de 37 % na 1ª Semana para 39 % na 2ª Semana e a maioria dos transportes de MP realizados no IP3 ocorrem no período diurno.

No que se refere ao transporte ferroviário de MP, independentemente do ano, a grande maioria dos transportes com carga regista-se às terças, quintas e sábados e os transportes sem carga às segundas, quartas e sextas. Ao domingo o número de transportes é residual. Em qualquer um dos casos, o transporte é realizado, na grande maioria, durante o período noturno. Independentemente de os vagões irem com carga ou vazios, as Classes mais transportadas são a 2 e a 3, representando mais de 50 % dos transportes em qualquer dos anos da observação.

Relativamente à modelação de cenários e tendo em conta as limitações do ALOHA®, já inumeradas anteriormente, pode concluir-se que, para as mesmas condições meteorológicas, a nuvem tóxica apresenta menor alcance que a nuvem inflamável. Também, tendo em conta a dispersão de qualquer uma das nuvens, é possível prever quais as áreas que poderão ser afetadas, ainda que se trate só da simples alteração da direção do vento. Para as situações de radiação térmica, a modelação apresenta os potenciais danos para as pessoas que se exponham a determinado nível de energia, ainda que não seja possível aferir diretamente até que ponto o interior de um edifício se pode considerar ser um local seguro, nomeadamente, qual o nível de energia a partir do qual os materiais do edifício entrarão em combustão, incendiando-o e potenciando a sua propagação às estruturas vizinhas.

Espera-se que os resultados obtidos neste estudo possam ser um ponto de partida para que as mais diversas entidades continuem a aprofundar o estudo desta temática, não só na ótica do transporte, mas também no que se refere ao armazenamento de MP. Em ambos os casos é de extrema importância a caracterização cada vez mais exaustiva e a sua contínua monitorização. Este esforço, associado à disponibilização de dados meteorológicos cada vez mais precisos, permitirão reduzir a margem de erro da modelação do cenário.

Quando for possível ter acesso a todas estas informações, decisores políticos e APC poderão tomar as medidas de prevenção e/ou de mitigação de forma mais precoce, planejar a atuação neste tipo de cenários, treinar os procedimentos e sensibilizar e educar a população para que consiga adotar medidas que permitam minimizar a sua exposição ao perigo. Cumpre-se assim o Princípio da Informação, emanado da Lei de Bases da Proteção Civil, Lei n.º 27/2006 de 3 de julho, na sua redação atual.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao Departamento de Segurança e Riscos do ISCIA - Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração - Aveiro e ao Corpo de Bombeiros Voluntários de Mortágua pela cedência da informação cartográfica e dos dados referentes ao transporte ferroviário de matérias perigosas.

O segundo autor agradece à FCT/MCTES pelo apoio financeiro ao CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020) através de fundos nacionais.

O terceiro autor agradece ao Departamento de Segurança e Riscos do ISCIA - Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração - Aveiro.

Bibliografia

- AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL (2011). *Manual de Intervenção em Emergências com Matérias Perigosas, Químicas, Biológicas e Radiológicas*. Lisboa: Autoridade Nacional de Proteção Civil e Direcção Nacional de Planeamento de Emergência.
- AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL (2014). *Avaliação Nacional do Risco*. Lisboa: Autoridade Nacional de Proteção Civil.
- CÂMARA MUNICIPAL DE MORTÁGUA (2017). *Notícias*. Obtido em 13 de setembro de 2017, de Município de Mortágua. Disponível em: <http://www.cm-mortagua.pt/modules.php?name=News&file=article&sid=565>
- Costa, H. M. (2015). *Metodologia de Modelação e Avaliação de Consequências de Acidentes com Matérias Perigosas*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Costa, M., Seixas, Â., Bateira, C. e Fernandes, N. (2013). Estratégias otimizadas para avaliação de risco de produtos químicos industriais através da integração de informação teórica e experimental. *Engineering and Technology Journal*, 4, 48-54.
- DIÁRIO DE NOTÍCIAS (25 de junho de 2017). *Mundo - DN*. Obtido em 27 de agosto de 2017, de Diário de Notícias. Disponível em: <https://www.dn.pt/mundo/interior/numero-de-mortos-em-incendio-de-camiao-cisterna-no-paquistao-sobe-para-129-8589349.html>
- ESTRADAS DE PORTUGAL, S.A. (2013). *Plano de ação do troço do IP 3 - Mortágua EN228 / Raiva IC6*. Lisboa: Estradas de Portugal, S.A.
- GALP - DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL, S.A. (30 de janeiro de 2017). *Documentação*. Obtido em 20 de fevereiro de 2017, de GALP - Distribuição de Gás Natural, S.A. Disponível em: <http://galpgasnaturaldistribuicao.pt/Centro-de-Informacao/Documentacao>
- INSTITUTO DE INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS, IP. (2011). *Relatório de Monitorização da Rede Rodoviária Nacional - 2010*. Lisboa: Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, IP.
- INSTITUTO NACIONAL ESTATÍSTICA (2011). *Bem vindos aos Censos 2011*. Obtido em 5 de maio de 2017, de Instituto Nacional de Estatística. Disponível em: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=censos2011_apresentacao&xpid=CENSOS
- INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA (2017). *Normais Climatológicas - 1981-2010 (provisórias) - Viseu*. Obtido em 11 de setembro de 2017, de Instituto Português do Mar e da Atmosfera- Disponível em: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/001/>
- Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J., Castelo Banco, M. e Zêzere, J. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil.
- OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DE LISBOA (2017). *Dados Astronómicos de 2017*. Obtido em 20 de agosto de 2017, de Observatório Astronómico de Lisboa Disponível em: <http://oal.ul.pt/publicacoes/almanaques/dados-de-2017/>
- Santos, C. e Neves, H. (2005). *Matérias Perigosas*. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros.
- SEGURANÇA E CIÊNCIAS FORENSES (17 de 09 de 2012). *Acidentes - Mercadorias Perigosas*. Obtido em 27 de agosto de 2017, de Segurança e Ciências Forenses. Disponível em: <https://segurancaecienciasforenses.com/2012/09/17/acidentes-mercadorias-perigosas/>
- Soares, C. (2009). *Relatório de Estágio de Natureza Profissional para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Departamento de Engenharia Mecânica. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.