

Classe e subclasse de risco no transporte de explosivos químicos

Adroaldo Clovis Jerônimo, Ubirajara S. Valença,**
Gustavo Paim Valença****

Resumo

Nosso assunto neste trabalho é enfatizar a importância no entendimento da classe e subclasse de riscos na movimentação de explosivos químicos. Historicamente, muitos comentam que “explosivos são explosivos” e, sob este ponto de vista, entendem que não há mais nada a discutir sob o assunto. Entretanto, entendemos que nunca é demais uma explicação das relações entre interpretação dos riscos e domínio das coisas. Então nosso objetivo é mostrar que essas relações, que subjazem a tudo o que foi falado sobre o assunto, não repousa sobre o factual, mas se fundam exclusivamente nos preceitos de controle em vigor entre os riscos e o domínio das operações de transporte de explosivos químicos em relação ao transporte de substâncias químicas perigosas. As implicações as quais aqui associamos serão melhores entendidas ao longo da exposição, de início baseadas nas relações de prevenção das calamidades que um acidente no transporte de explosivos possa causar. Como esperamos mostrar, com compreensão da teoria dos métodos de transporte de explosivos químicos, é, nesse sentido, uma teoria formal da representação exposta nas regulamentações e assim conseguiremos sanar algumas dúvidas que dificultam a interpretação, tanto dos aspectos técnicos particulares como dos objetivos mais gerais das operações de transporte de explosivos químicos.

Palavras-chave

Classe; subclasses de risco; transporte de explosivos químicos.

Introdução

Neste trabalho obviamente não será possível o pleno esclarecimento sobre os riscos no transporte de explosivos químicos, contudo, as

exposições representam a partida para trabalhos contínuos, cujas ramificações mergulham numa necessidade permanente de informações de forma deliberada. Naturalmente, a base de avaliação dos riscos é o conhecimento da subdivisão

* É economista, experiência de 25 anos na logística de processos de produção industrial, destaque para químicos; professor nas disciplinas: administração da produção e controladoria operacional em cursos de graduação COMEX e Administração de empresas. E-mail: acejota_cl@hotmail.com

** É engenheiro químico, formado pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), com experiência de mais de 40 anos na fabricação de pólvoras e explosivos, tendo trabalhado na Fábrica Presidente Vargas e na IMBEL. Atualmente, é Professor da Cadeira de Explosivos do IME e consultor em sua especialidade. E-mail: valenca@hotmail.com

*** É graduado em Engenharia Química pelo Instituto Militar de Engenharia (IME), em 1982, mestrado em Química pelo IME, 1984, e doutorado em Química pela Stanford University, 1991. Professor colaborador da Universidade Estadual de Campinas. E-mail: gustavo@feq.unicamp.br

em explosivo primário e secundário, no qual o primário é do tipo que detona por impacto, centelha ou chama e o secundário, com aplicação de acessórios de detonação. Os acessórios de detonação normalmente se compõem por explosivos primários combinados com a sincronização dos retardadores ou carga de percussão de explosivo secundário.

Por suas características especiais, o gerenciamento de explosivos químicos abrange uma área de responsabilidade ampla. Sua movimentação no interior de uma fábrica é mais simples em função de ser conduzida por pessoas capacitadas em áreas próximas, no entanto, quando bateladas de explosivos, são postas em unidades de transporte, se expõem a uma comunidade leiga sem capacidade para discernir os riscos a que estão expostas.

A avaliação dos riscos no chão de fábrica proporciona que as movimentações de explosivos químicos sejam avaliadas de várias formas, nas quais, num ambiente propício e capacitado, é possível fazer simulações e ensaios aplicando-se equipamentos específicos e até mesmo as observações quantitativa e qualitativa dos riscos possíveis numa situação de ambiente externo, principalmente em situações desfavoráveis.

Felizmente, a movimentação de explosivos dispõe de um sistema de controle bem solidificado e monitorado pelo Ministério da Defesa (Exército). Historicamente, do uso de alto explosivo pelas Forças Armadas remanescem bancos de dados importantes de muita utilidade que servem como ferramentas para os órgãos de controle de transporte de substâncias químicas perigosas. Neste trabalho, nosso objetivo é mais voltado a buscar facilitação na identificação dos riscos por pessoas leigas, principalmente relevando uma variedade de ambientes por onde circulam caminhões não somente transportando explosivos

químicos, mas uma infinidade de substâncias químicas perigosas e, entre elas, algumas até mais perigosas que explosivos químicos.

Levou-nos a desenvolver este trabalho nossa experiência de mais de duas décadas, durante as quais, à medida que avaliávamos as operações de transporte de explosivos, víamos que a preocupação com os efeitos de um acidente deveria chamar a atenção permanentemente para esta questão, principalmente pelo fato de que as operações de transporte de explosivos químicos se relacionam diretamente com uma variedade de ambientes, onde o controle da exposição a riscos torna complexo qualquer sistema de controle.

Material e método

Este trabalho foi germinado da defesa de tese de Adroaldo Clovis Jerônimo, no curso de Pós-Graduação em Engenharia Química na Faculdade de Engenharia Química da Universidade de Campinas-SP (Unicamp), em parceria com o General e mestre do Instituto Militar de Engenharia (IME) Ubirajara S. Valença, buscando a aperfeiçoar a experiência de mais de duas décadas de ambos os autores na logística de processos de explosivos químicos.

Modelo, críticas e regras

Ao lado das abordagens aqui expostas, que poderiam se denominar históricos da prática advindas do trabalho de décadas com explosivos químicos, aqui tomados como etapa de um processo mais amplo de desdobramentos, por intermédio de pesquisas é possível identificar ainda uma abordagem sistemática, que concebe o texto dos regulamentos de movimentação e transporte de explosivos químicos, não como um debate, mas como agregados de conceitos e princípios

capazes de contribuir para o tratamento e elucidação de questões, como, por exemplo, a consolidação no transporte de acessórios de detonação com explosivos.

Nas operações a céu aberto com explosivos químicos, onde trabalha pessoal capacitado, o acompanhamento passo a passo na movimentação requer regras rígidas, nas quais se exige veículos de transporte com assoalho bem vedado, de madeira ou metal que não solte faíscas, dotados de paredes laterais com altura proporcional suficiente para impedir queda da carga. É inconcebível a existência de metal descoberto que possa entrar em contato com as embalagens de explosivos.

Já no ambiente de uso de explosivos nos curtos percursos entre os paióis (depósitos de explosivos) e as áreas consideradas de riscos, são necessárias estradas bem traçadas e mantidas de modo a permitir a movimentação de explosivos sem se expor a riscos desnecessários.

Na área de detonação, os explosivos e acessórios de detonação devem ser distribuídos em pilhas relacionadas à quantidade de explosivos, bem como o espaçamento entre os lotes como precaução a explosões prematuras por propagação de outros lotes. Os históricos de acidentes fatais ocorridos demonstraram que eles poderiam ter sido evitados se aplicadas estas regras de segurança.

No manual de uso de explosivos editado pela Du Pont, deixa-se claro que, em cada caso, há uma distância além da qual não há risco de haver detonação por propagação. No passado, a Du Pont resolveu empreender investigações para se determinar essas distâncias, isto é, se podiam ser estabelecidas bases científicas. Passaram a processar provas por quantidades de até 25 quilos usando a equação $d = kw^{1/3}$ onde $d =$ distância, $k =$ constante proporcional à sensibilidade do

explosivo e $w =$ peso do explosivo. Partindo da quantidade de 25 quilos, a fórmula foi aplicada em ensaios consecutivos em quantidades de 200, 2.500, 5.000, 7.500 e 10.000 quilos, cujos resultados confirmaram exatamente as previsões da fórmula, que serve como base para elaboração de tabelas para quantidade de explosivo sensível a espoletas, é o caso dos explosivos usados em pedreiras, operações de descobertura e mineração a céu aberto.

Nossa perspectiva, mais do que simplesmente manter uma atenção permanente com o manuseio de explosivos químicos, o que se pretende é antes facilitar a interpretação das exposições aos riscos por pessoas leigas no decorrer do transporte entre os pontos de formulação e de consumo. A pretensão é que este trabalho seja a partida para o desenvolvimento de ações preventivas em novas direções, desconsiderando, se necessário, aquelas partes do processo que revelem polêmicas, por exemplo, a consolidação de transporte de acessórios de detonação com explosivos, que sob, nosso ponto de vista, não denota estabilidade. Notadamente, explosivos e acessórios de detonação estão no grupo das substâncias que requerem um sistema de proteção contra calor, fricção, choque, luz do solo etc. Então consolidá-los numa mesma unidade de transporte pode representar um potencial de risco.

Preparação dos planos de prevenção aos riscos

Na preparação de planos de prevenção aos riscos dos explosivos químicos para transporte, as propriedades são indicadores importantes. Nesse sentido achamos conveniente fazer uma breve exposição sobre essas propriedades.

Força – nos explosivos químicos, a força significa o conteúdo de energia que o explosivo químico representa como indicador de potência

desenvolvível e a capacidade de realizar trabalho. No decorrer do transporte, essa propriedade é importante porque quantifica o raio da área a ser afetada em caso de acidente.

Densidade – é uma medida do poder de propagação, isto é, suficiência da sensibilidade para iniciar uma detonação. No transporte, a arrumação da carga deve se relacionar com a sensibilidade do explosivo químico.

Velocidade – a velocidade é medida, em metros por segundo, da rapidez com que a onda de detonação se propaga por intermédio da coluna de explosivo.

A velocidade do explosivo atinge de 8.000 a 9.000 metros por segundo. À medida que essa velocidade aumenta, o explosivo químico geralmente produz maior efeito de fragmentação em materiais duros. A força da densidade também afeta a ação de fragmentação, de modo que todas estas três propriedades devem ser consideradas na preparação do plano de transporte.

Inflamabilidade – refere-se à facilidade com que o material pode ser queimado. No caso dos explosivos químicos, varia desde alguns tipos que entram facilmente em ignição e queimam de forma violenta até aqueles que não mantêm combustão, a menos que lhe seja aplicada continuamente uma chama externa.

Gases – os gases resultantes da detonação de explosivos químicos são principalmente dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio e vapor de água, que em princípio não são tóxicos, mas, além desses gases, podem ser encontrados gases venenosos, como monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (NO). Quanto à quantidade de gases tóxicos, variam com diferentes tipos de explosivos químicos.

Sob a ótica do Ministério da Defesa (Exército), “produto controlado é aquele que, em virtude do seu poder de destruição ou outra propriedade, deve

ter seu uso restrito a pessoas físicas ou jurídicas capacitadas e habilitadas legalmente, técnica, moral e psicologicamente, de modo a garantir a segurança social e militar do país”.

Neste trabalho, consideramos produtos controlados com relação às operações de transporte: “Produto químico controlado é aquele que invariavelmente precisa de métodos diferenciados em relação a outros produtos para segurança dele próprio, bem como os riscos à saúde e impacto potencial ao meio ambiente durante as operações de transporte.”

Classe e subclasse de risco para efeito de transporte

As substâncias explosivas em nível de transporte de substâncias perigosas formam a classe 1, entretanto, excetuam-se as demasiadamente perigosas, cujo risco predominante indique ser mais apropriado inseri-las numa outra classe, na qual fique mais claro que, não sendo ela própria um explosivo, possa gerar uma atmosfera explosiva de gás, vapor, por exemplo.

A classe de risco 1 se subdivide em subclasses, cuja aplicação acontece de acordo com o tipo e nível de risco que a substância explosiva representa. As subclasses de risco vão de 1.1 a 1.6. No transporte de explosivos químicos, a figura de uma bomba explodindo por si só conota perigo, e, mesmo assim, grande número de expectadores não sabe discernir o que representa este símbolo de risco. Formalmente os rótulos de riscos aplicados nas unidades de transporte de explosivos químicos devem seguir as dimensões: 300mm x 300mm para a moldura e 330mm x 330mm para o limite de corte.

A subclasse 1.1 corresponde às substâncias explosivas com potencial de risco de explosão em massa capaz de afetar toda a carga

instantaneamente. Na subclasse 1.2, insere-se a substância explosiva com risco de projetar fragmentos, mas sem risco de explosão em massa. Na subclasse 1.3, inserem-se as substâncias explosivas com riscos leves de fogo, explosão e projeção, mas sem risco de explosão em massa. São substâncias explosivas com capacidade de produzir grande quantidade de calor radiante e sucessão de queima, mas com leves efeitos de explosão, projeção ou ambos.

Nas operações de transporte das substâncias explosivas 1.1, 1.2 e 1.3, aplica-se o mesmo símbolo de risco conforme figura 1 abaixo.



Figura 1

A subclasse 1.4 é inerente às substâncias químicas explosivas insensíveis que não representam risco significativo em relação à ignição ou iniciação durante o transporte. Por conseguinte, não se espera que os efeitos provoquem projeção de fragmentos a grandes distâncias e também o fogo externo não tende a provocar explosão instantânea. No transporte deste tipo de substância, aplicar a simbologia da figura 2.



Figura 2

Na subclasse 1.5, inserem-se substâncias químicas explosivas com características muito insensíveis, e, como risco de explosão em massa durante as condições normais de transporte,

praticamente não há probabilidade de iniciação ou transição de queima, no entanto, devem explodir no teste de fogo. No transporte deste tipo de explosivos, aplica-se a simbologia conforme figura 3 abaixo.



Figura 3

Na subclasse 1.6, inserem-se substâncias químicas explosivas com alto grau de insensibilidade e que não oferecem nenhum risco de explosão em massa. Normalmente são as substâncias compostas por materiais detonantes e que apresentam risco insignificante de iniciação ou propagação acidental. No transporte deste tipo de substância, aplica-se a simbologia conforme figura 4 abaixo.



Figura 4

Não somente nas unidades que transportam explosivos químicos, mas também em outras substâncias perigosas, aplicam-se, além dos símbolos de riscos, painéis de segurança, também popularmente conhecidos como placas laranja. Os painéis de segurança e os símbolos têm sua base na NBR 7500. No caso do transporte de explosivos, além dos símbolos e painéis de segurança, são aplicadas bandeirolas vermelhas e mais placa "cuidado explosivo".

Estes símbolos são facilmente entendidos por pessoas envolvidas com operações de transporte de explosivos químicos. A questão é conseguir remover alguns obstáculos que dificultam a interpretação por pessoas leigas cuja proporção das exposições a riscos é maior em relação àquelas pessoas que lidam com o manuseio de explosivos químicos.

Os painéis de segurança servem para identificar o explosivo químico transportado de acordo com o código das Nações Unidas (ONU). É claro que há substâncias de níveis de riscos diferentes com o mesmo código da ONU. A partir daí é que defendemos a necessidade de aplicação do número de risco e grupo de risco. Numa operação de transporte de explosivos químicos, exemplo subclasse 1.1 (explosivos de demolição E), a unidade de transporte deverá ser sinalizada assim:

- Três rótulos de risco iguais ao mostrado na figura 1.
- Quatro painéis de segurança (figura 5) afixados um no pára-choque dianteiro (lado esquerdo), um na lateral direita, um na lateral esquerda na altura do eixo traseiro e outro na parte traseira.

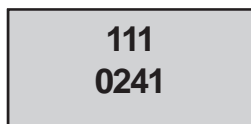


Figura 5

Faixas de sinalização (figura 6) afixadas uma na lateral direita, uma na lateral esquerda, uma no pára-choque traseiro e outra no pára-choque dianteiro da unidade de transporte.



Figura 6

Como no painel de segurança (figura 5) sobre o código da ONU está o número de risco, na faixa de sinalização está explícito o grupo de risco.


Os compostos de explosivos químicos são substâncias sólidas ou líquidas (ou mistura de substâncias) que, por si mesmas, pela reação química, podem produzir gás a tal temperatura, pressão e velocidade a ponto de causar danos nas imediações.

Relacionadas a perigos no transporte, é conveniente destacar as substâncias químicas: compostos de substâncias explosivas e líquidas ou gel inflamável e substâncias explosivas ou compostas contendo substâncias explosivas que apresentem risco especial e que exija isolamento completo para cada tipo de substância. Vejamos os tipos:

- **A** – produtos usados em demolições, compostos por nitratos orgânicos líquidos, como nitrocelulose $[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]$, nitrato de amônio $[NH_4NO_3]$ ou outros nitratos orgânicos, nitroderivados aromáticos e materiais combustíveis, como serragem e alumínio em pó. Explosivos desse tipo geralmente se apresentam em pó, como uma gelatina, ou ainda sob forma plástica ou elástica.
- **B** – são os compostos por mistura de nitrato de amônio $[NH_4NO_3]$ ou outros nitratos inorgânicos e explosivos, como TNT $[C_7H_5O_6N_3]$, com ou sem outras substâncias, como serragem e alumínio em pó, ou misturas de nitrato de amônio $[NH_4NO_3]$, ou ainda outros nitratos inorgânicos com outras substâncias combustíveis sem conter outros ingredientes explosivos. Este tipo de explosivos também é usado em demolições e não pode conter nitratos orgânicos líquidos semelhantes aos clorados.

- **C** – são os materiais que remanescem de misturas de clorato de sódio [NaClO_3] ou potássio ou perclorato de sódio [$\text{NaClO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$], amônio ou potássio, como nitroderivados orgânicos ou substâncias combustíveis, como serragem, alumínio em pó ou hidrocarbonetos. Assim como nos explosivos B, esses tipos também não podem conter outros nitratos orgânicos líquidos. Também são aplicados em demolições.
- **D** – são misturas de compostos nitrados orgânicos com materiais combustíveis, tais como hidrocarbonetos e alumínio em pó. Os explosivos plásticos normalmente se inserem nesse tipo. Nos explosivos do tipo D, normalmente não contêm nitratos orgânicos líquidos, clorados ou nitrato de amônio.
- **E** – são utilizados em demolições e se caracterizam como gelatinas ou lamas explosivas. Normalmente explosivos desse tipo contêm H_2O e altas proporções de nitrato de amônio [NH_4NO_3] ou outros oxidantes, alguns deles em solução. Outros componentes podem ser nitronivelados, tais como hidrocarbonetos ou alumínio em pó.

Conclusões e recomendações

Nestas breves exposições, procuramos passar conceitos básicos de explosivos químicos e sugerimos algumas maneiras pelas quais se podem facilitar a interpretação do potencial de risco no transporte, o que permite mostrar o caminho para identificar mais facilmente os riscos das demais substâncias químicas perigosas. 

Referências

- BRASIL. Ministério Público dos Transportes. Regulamentação de Transportes Rodoviários de Produtos Perigosos.
- BRASIL. Decreto-Lei n. 2063, Brasília: 06 de outubro de 1983.
- BRASIL. Decreto-Lei n. 96.044, Brasília:, 06 de maio de 1988.
- BRASIL. Portaria n. 291, Brasília:, 31 de maio de 1988.
- PRÓ-QUÍMICA. Manual de emergências.
- BRASIL. Ministério da Defesa (Exército). Relatórios de gestão de tráfego de explosivos nas corporações DU PONT DO BRASIL,