

# NOVAS TECNOLOGIAS NA INICIAÇÃO DE CARGAS EXPLOSIVAS



*Cabral Gomes (\*)*  
*Major de Engenharia*

## SUMÁRIO

*Neste artigo, divulgam-se as técnicas mais recentes de iniciação de cargas explosivas usualmente empregues pela indústria de construção civil e de exploração de recursos naturais. Abordam-se os principais explosivos usados em Portugal, as suas características e os sistemas de iniciação mais usuais, com particular destaque para os detonadores do tipo não eléctricos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os explosivos são, em regra, mais do que uma ferramenta de engenharia, considerados como um meio não controlado de destruição, usualmente empregues pelos militares. Verifica-se no entanto que, em muitos casos, os explosivos podem fornecer o meio mais rápido, económico e, paradoxalmente, mais seguro na execução de tarefas habituais de engenharia, tais como: o desmonte de pedreiras; a abertura de túneis e galerias e a demolição total ou parcial de estruturas.

Na maior parte dos casos, os explosivos são comercializados no estado sólido. Estes são substâncias químicas que quando convenientemente iniciadas, provocam uma rápida reacção e subsequente passagem ao estado gasoso. Esta reacção é

---

(\*) Docente na Academia Militar das disciplinas de Química de Explosivos, Organização do Terreno e Materiais de Construção I. Membro efectivo do CINAMIL (Centro de Investigação da Academia Militar).

acompanhada de uma elevação brusca de temperatura, originando um aumento considerável de volume, que é acompanhado de uma forte produção de energia expansiva, por unidade de tempo, capaz de se transformar em trabalho mecânico. É essa energia que é utilizada nas tarefas habituais de engenharia.

No presente artigo serão abordadas as tecnologias de iniciação das cargas explosivas, nomeadamente os detonadores, com particular interesse para um novo tipo há algum tempo empregue pela sociedade civil em Portugal, não acontecendo o mesmo no nosso Exército.

## 2. OS EXPLOSIVOS

### 2.1. Decomposição química dos explosivos

A decomposição química dos explosivos pode dar-se por três processos diferentes: a combustão, a deflagração e a detonação (Quadro 1).

<i>Processo</i>	<i>Características</i>	<i>Velocidade de transformação</i>	<i>Efeito</i>	
<b>Combustão</b>	A reacção propaga-se pela condutividade térmica	Moderada (da ordem de cm/s)	O explosivo queima	
<b>Deflagração</b>	Combustão acelerada, com aumento local de temperatura e pressão	Rápida (da ordem de 100 a 1000 m/s)	O explosivo deflagra. Tem o efeito de uma pressão progressiva	<b>Explosão</b>
<b>Detonação</b>	Criação de uma onda de choque associada à reacção química	Muito rápida (da ordem de 2 a 9 km/s)	O explosivo detona. Tem um efeito de ruptura, com uma pressão muito grande, e de impacto (onda de choque)	

Quadro 1 <sup>[3]</sup> - *Processos e características da decomposição química dos explosivos.*

A maior parte dos explosivos utilizados nas actividades de engenharia reagem por deflagração ou detonação. Em ambos os casos, a reacção tem lugar ao longo de uma camada fina que se vai propagando ao longo de todo o comprimento do explosivo. Quando a velocidade de propagação desta camada é superior à velocidade do som, o fenómeno é designado de

detonação. Por outro lado, quando a velocidade de propagação da camada é inferior à velocidade do som, o fenómeno é designado por deflagração, não dando origem ao aparecimento da onda de choque que ocorre na detonação.

Os explosivos que reagem por detonação, empregues com maior frequência na demolição de estruturas e desmonte de terras, podem ser separados nos dois seguintes tipos <sup>[5]</sup>:

- Explosivos militares, caracterizados por possuírem velocidades de detonação entre 6000 e 9000 m/s, dos quais se destacam: o TNT (trinitrotolueno); o RDX (hexogénio) e o PETN (pentrite ou nitropenta), ou os compostos: composto B (60% de RDX e 40% de TNT) ou o Pentolite (10 a 50% de PETN e 90 a 50% de TNT).
- Explosivos comerciais. De diferentes tipos de dinamite, caracterizados por possuírem velocidades de detonação variáveis entre 3000 a 7000 m/s, ou outro tipo de explosivos, tais como o ANFO (mistura de fuel com nitrato de amónio) e o Hidrogel (figura 1).

Usualmente, os explosivos mais empregues em actividades de engenharia são à base de dinamite e reagem por detonação (figura 2).



Figura 1 <sup>[6]</sup> - Emulsões explosivas.



Figura 2 <sup>[6]</sup> - Explosivo Gelamonite 33. Actualmente, é o tipo de explosivo mais empregue nos trabalhos de demolição em Portugal.

## 2.2. Características dos explosivos

A principal característica comum a todos os explosivos é a de que, no momento da iniciação, eles reajam rapidamente, formando um grande volume de gás a altas temperaturas. Este libertar instantâneo de gás, gera uma pressão muito alta, que se torna imediatamente disponível para actuar nas suas imediações.

Os ingredientes principais da reacção num explosivo são, basicamente, o combustível e o oxidante. Relativamente ao primeiro, os mais utilizados são: o fuel; o carbono; o alumínio; o TNT; a pólvora sem fumo e alguns nitratos. Os combustíveis desempenham, geralmente, funções de elemento sensibilizador. Os oxidantes mais comuns são o nitrato de amónio; o nitrato de sódio e o nitrato de cálcio.

A maior parte dos componentes dos explosivos são à base de elementos puros, tais como: o oxigénio; o nitrogénio; o hidrogénio e o carbono. Podem ainda ser utilizados elementos metálicos, como o alumínio.

## 2.3. Classificação dos explosivos quanto ao modo de emprego

Quanto ao modo de emprego, os explosivos podem ser classificados em <sup>[5]</sup>: explosivos iniciadores ou primários; de ruptura ou secundários e propulsores.

Os explosivos primários são todos aqueles que, ao contacto com a chama, resistência incandescente ou efeito de choque, entram rapidamente em regime de detonação. A sua finalidade primária é a de fornecer energia para iniciarem outros explosivos. Por esta razão, são normalmente empregues nos detonadores, objecto principal desta comunicação. São exemplo deste tipo de explosivos: o fulminato de mercúrio e o nitreto de chumbo.

O segundo tipo de explosivos é caracterizado por necessitar de outro explosivo para ser iniciado, normalmente um primário. São exemplo: o PETN e o TNT.

## 3. SISTEMAS DE INICIAÇÃO

O desencadear da reacção química de um explosivo secundário é normalmente conseguido pelo uso de uma carga explosiva primária, como referido anteriormente. Essa carga encontra-se, normalmente, contida num dispositivo, designado por detonador. O método é conhecido por iniciação e pode ser feito por dois processos: introduzindo um detonador directamente na carga explosiva ou usando um detonador ligado a um cordão detonante que, por sua vez, envolve a carga explosiva principal.

De acordo com a força e a quantidade de explosivo que contêm, os detonadores existentes no mercado são identificados por uma numeração crescente, variável entre o número 6 e o número 12, sendo os mais usados os números 6 a 8.

Simplificadamente, os sistemas de iniciação classificam-se em: eléctricos ou não eléctricos.

### 3.1. Sistemas de iniciação eléctricos

O sistema de iniciação eléctrico é um dos mais usados no nosso Exército. Na sociedade civil está em desuso. Tem como elementos fundamentais os detonadores eléctricos, os quais são activados por uma corrente eléctrica.

Estes detonadores são constituídos por duas ou três partes, consoante se trate de detonadores instantâneos ou de atraso. As três partes referidas são: a eléctrica; a explosiva e, no caso dos detonadores de atraso, a substância retardadora (figura 3).



Figura 3 <sup>[6]</sup> - Detonadores eléctricos de diversas características.

A parte eléctrica situa-se na zona superior do casquilho do detonador. É nesta que se encontra o inflamador. Este é constituído por uma pequena resistência, recoberta por uma pasta combustível, que se encontra ligada aos fios que asseguram a passagem da electricidade. Quando é fornecida energia ao sistema, a resistência aquece até provocar a inflamação do combustível. Seguidamente, é iniciada a combustão da carga primária que, por sua vez, vai provocar a combustão da carga base ou secundária.

Estes detonadores podem ainda ser classificados, em função do tempo decorrente entre a sua activação e a respectiva detonação, em: detonadores instantâneos; de atraso e de micro-atraso.

### 3.2. Sistemas de iniciação não eléctricos

Os sistemas de iniciação não eléctricos são usados, principalmente, em locais onde exista a possibilidade de haver iniciações acidentais ou quando os sistemas eléctricos se tornam “complexos”. Os detonadores mais utilizados neste sistema são: os detonadores pirotécnicos; os sistemas de detonadores não eléctricos do tipo Nonel; o cordão detonante e o detonador Nonel tipo NPED (detonador sem explosivo primário).

#### 3.2.1. Detonadores pirotécnicos

O detonador pirotécnico caracteriza-se por possuir um invólucro de alumínio, no interior do qual existe uma carga de explosivo composta por um explosivo secundário (base) e primário (na zona em contacto com o cordão lento) (figura 4).



Figura 4 <sup>[5]</sup> - Detonador pirotécnico ou ordinário.

A iniciação destes detonadores é feita através da introdução, no extremo livre do invólucro do detonador, de um cordão lento. O cordão lento é, assim, um meio de transmissão do fogo por deflagração, a uma velocidade constante, aproximadamente igual a 1 segundo por centímetro linear, até ao detonador pirotécnico.

#### 3.2.2. Detonadores não eléctricos

O sistema de detonadores não eléctricos constitui a verdadeira inovação na iniciação de cargas explosivas. Presentemente, é empregue em exércitos estrangeiros, tais como o Americano. É,

também, usado com grande frequência pela indústria civil em Portugal.

No nosso exército, o seu emprego ainda é relativamente desconhecido, embora, em operações recentes efectuadas pela Engenharia Militar, os detonadores não eléctricos tenham sido utilizados numa fase inicial de testes e experiências. Refere-se como exemplo, a demolição, pelo uso controlado de explosivos, da Ponte de Mourão sobre o rio Guadiana, em Mourão, ocorrida em finais de 2002.

O sistema de detonadores não eléctricos foi inventado por uma empresa Sueca, tendo sido designado por Nonel. É constituído por um tubo de plástico, conhecido por tubo de choque, com cerca de 3 mm de diâmetro, que contém no seu interior uma substância reactiva (por exemplo, os tubos dos detonadores Primadet - semelhantes ao Nonel - fabricados em Espanha, contém no seu interior PETN). Esta substância, quando iniciada por explosor adequado, cordão detonante ou por detonadores eléctricos, sustém a propagação de uma onda de choque a uma velocidade de aproximadamente 2000 m/s (figura 5).



Figura 5 - Detonadores não eléctricos: (a) tipo Rionel <sup>[2]</sup>; (b) tipo Primadet <sup>[6]</sup>.

A reacção que ocorre dentro do tubo actua apenas como sinal, dispondo de energia suficiente para iniciar o detonador, que tem uma composição normal.

Os sistemas de iniciação não eléctricos são simples de empregar, as suas ligações são estabelecidas de forma simples e rápida, apenas com um “klik”, e não necessitam de qualquer tipo de instrumentos de verificação (figura 6).

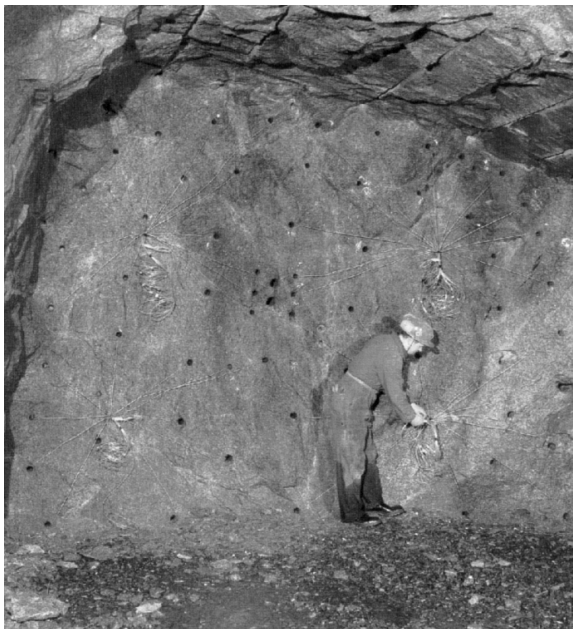


Figura 6 <sup>[3]</sup> – Abertura de um túnel, pelo emprego de explosivos iniciados pelo sistema de detonadores não eléctricos Nonel.

Os detonadores mais utilizados deste sistema, possuem força n.º 8. A empresa Sueca Nitro Nobel desenvolveu, ainda, um detonador sem explosivo primário, designado por NPED (*Non Primary Explosives Detonator*), que quando usado em conjugação com o tubo de choque do sistema Nonel, permite obter um grau de segurança extremamente elevado. Neste detonador, o explosivo primário é substituído por explosivo secundário, sendo este especialmente tratado, por forma a conseguir-se um efeito de transição da deflagração para a detonação, isto é, a deflagração é acelerada até atingir a detonação de forma controlada.

As mais recentes evoluções no campo dos detonadores não eléctricos, registam-se no Japão, onde estão em desenvolvimento estudos relativos a detonadores sem fios, cuja iniciação ou detonação é realizada através de ondas ultra-sónicas ou de ondas electromagnéticas.

Recentemente, desenvolveram-se também detonadores electrónicos, que permitem iniciar o processo da explosão com intervalos da ordem de 1 milissegundo (ms) apenas (figura 7). O sistema consiste num método digital e programável, para realizar explosões controladas com detonadores de atraso electrónicos, que podem ser programados, com intervalos de 1 ms a 4000 ms com 1/10 de ms de precisão, no momento da demolição (figura 8).

Os detonadores electrónicos têm o mesmo aspecto e diâmetro que os eléctricos, sendo constituídos por uma carga de PETN e por um circuito electrónico que contém um microchip e dois capacitores electrónicos, destinados a assegurar a autonomia e o disparo do detonador. A consola de fogo permite iniciar mais de 1200 detonadores electrónicos numa única aplicação.

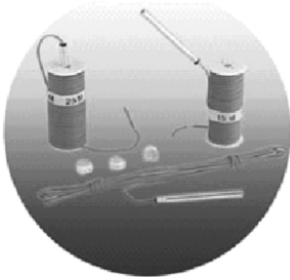


Figura 7 <sup>[3]</sup> - Detonadores electrónicos Daveytronic.



Figura 8 <sup>[3]</sup> - Consola de fogo e detonador Daveytronic.

#### 4. CONCLUSÃO

As novas tecnologias para iniciação de cargas explosivas permitem incrementar a segurança no manuseamento do tipo de explosivos, altamente sensíveis, habitualmente empregues nos detonadores. O seu emprego é bastante simplificado e de rápida preparação. Estes detonadores permitem um incre-

mento extraordinário na precisão, por vezes necessária, nas missões em que os explosivos constituem a melhor solução.

Estas características levam a que os detonadores não eléctricos sejam usados, com grande frequência, nas actividades de engenharia pela sociedade civil. Alguns exércitos estrangeiros, dos quais se destaca o exército Americano, já empregam estas tecnologias.

Os custos destes detonadores são semelhantes aos detonadores, eléctricos e pirotécnicos, usados em Portugal pelo nosso Exército.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] **Brown**, Cristopher - “ *Demolition of structures by the controlled use of explosives*”, Curso da Ordem dos Engenheiros, Coimbra, 1995.
- [2] **Explosa**, Engenharia de Aplicações de explosivos, S.A. - “ *Manual de explosivos e suas aplicações*”, SPEL, Lisboa, 1994.
- [3] **Gomes**, Raul - “ *Demolição de estruturas pelo uso controlado de explosivos*” Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, IST, 2000.
- [4] **Kasai**, Y - “ *Demolition methods and practice*”, Proceedings of the second International RILEM Symposium – V. 1, Japan, 1998.
- [5] **Neto**, Marius Teixeira - “ *Manual de campanha de explosivos e destruições*”, Exército Brasileiro, Brasília, 1991.
- [6] **SPEL** - “ *Catálogo de produtos – explosivos e acessórios*”, Lisboa, 1999.