

The Power  
of Partnership



# "Os Novos Sistemas de Iniciação e a Segurança em Desmonte de Maciços Rochosos com Substâncias Explosivas"

**Pedro Bernardo**

(pedro.bernardo@orica.com)

**Eng. de Minas, MSc, PhD**

*(Prof. Aux. do IST e Director Técnico e Comercial da ORICA MINING SERVICES PORTUGAL)*

The Power  
of Partnership



# Sistemas de iniciação (detonadores)

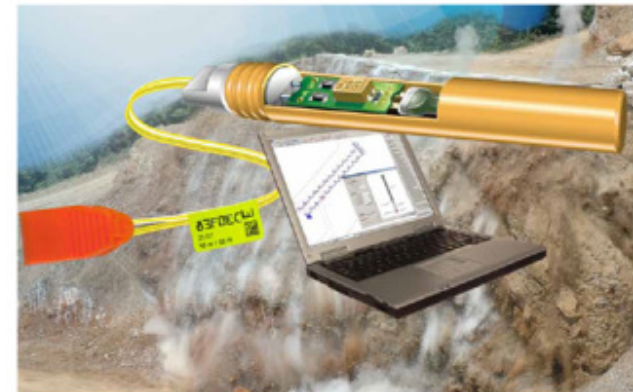
Pirotécnicos



Eléctricos



Electrónicos



Não-eléctricos



# Detonadores – para que servem?

**DIAGRAMA DE FOGO** – materialização de todos os trabalhos a realizar, nas frentes de desmonte, com o intuito de proceder à **escavação** de uma **rocha dura** (aquela que não permite, em tempo útil e a custo aceitável, o desmonte mecânico).



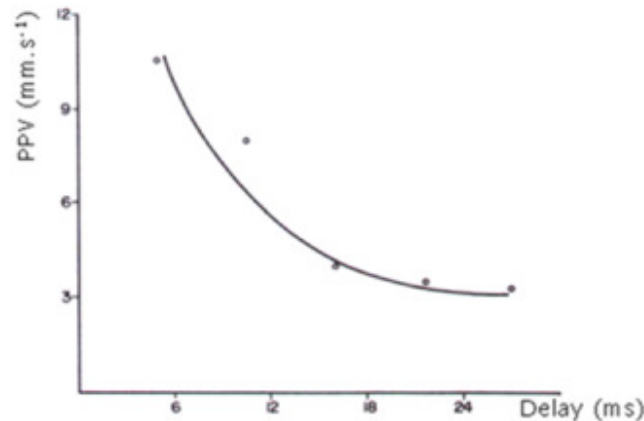
Também designados por pegas de fogo, compreendem o conjunto de furos carregados com explosivo **com uma determinada sequência de disparo.**

# Detonadores – para que servem?

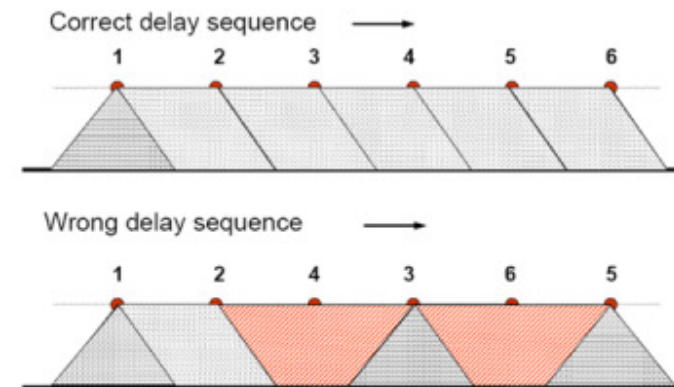
... servem para verificar os atrasos entre detonações das cargas necessários, do ponto de vista ambiental e do desempenho dessas cargas explosivas aplicadas:



...ambiental



...desempenho



# Comparação técnica

...evolução

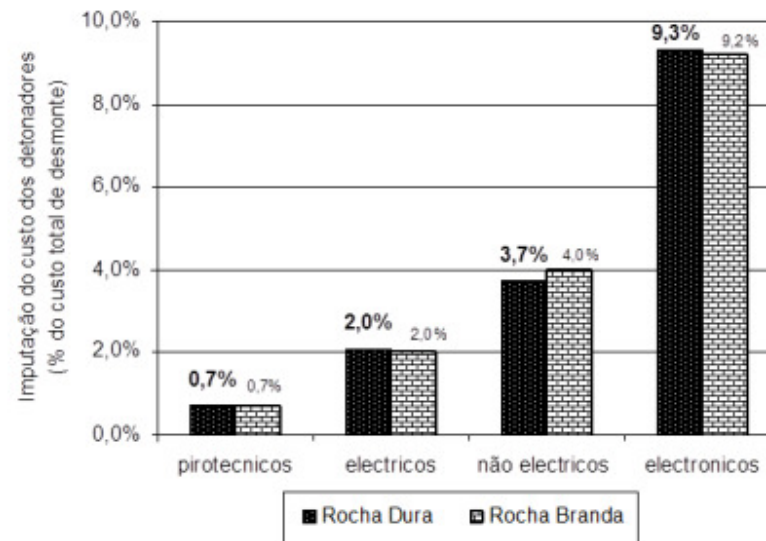
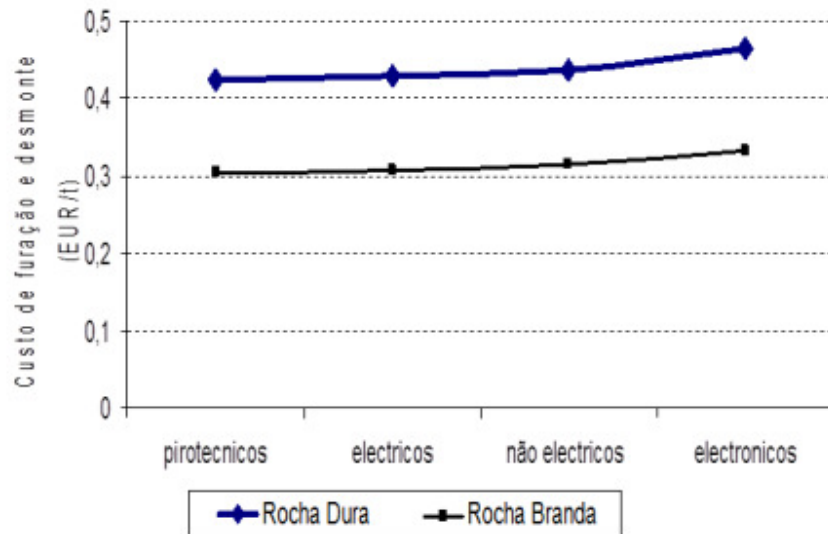
- 1831 Rastilho (mecha lenta)
- 1863 1º Detonador (pirotécnico) - NOBEL
- 1895 Detonador eléctrico
- 1907 (cordão detonante)
- 1950's Detonador eléctrico microretardado
- 1970's Detonador não-eléctrico
- 2000 Detonator electrónico
- 2010 O primeiro sistema *wireless* (electrónico)  
para disparos a céu-aberto



# Comparação técnica

...custo relativo directo e imputação a nível dos desmontes


(dados indicativos para 1 desmonte típico de pedreira, bancada de 12 m)



Parâmetros	Detonadores		Explosivo CF		Explosivo CC		Mão-de-obra		Outros (entrega c/ escolta)		Furação		Massa (t)		Total			
	Dura	Branda	Dura	Branda	Dura	Branda	Dura	Branda	Dura	Branda	Dura	Branda	Dura	Branda	Dura	Branda	Dura	Branda
D.pirotecnicos	1,00	1,00	18,26	23,48	32,58	22,82	28,64	50,08	5,37	9,39	58,50	39,00	340,2	480	0,424	-3%	0,304	-3%
D.electricos	3,00	3,00	18,26	23,48	32,58	22,82	28,64	50,08	5,37	9,39	58,50	39,00	340,2	480	0,430	-2%	0,308	-2%
D.não electricos	5,50	6,00	18,26	23,48	32,58	22,82	28,64	50,08	5,37	9,39	58,50	39,00	340,2	480	<b>0,438</b>	<b>0%</b>	<b>0,314</b>	<b>0%</b>
D.electronicos	14,65	14,65	18,26	23,48	32,58	22,82	28,64	50,08	5,37	9,39	58,50	39,00	340,2	480	0,464	6%	0,332	6%

# Comparação técnica

... comparação e ajustamento (via diagrama de fogo) de custos

	A	B	C	D	F	G	H	J	K	L
2	I-Kon Promsa		Esquema		Esquema		Esquema Propuesto			
3	11-Out-12		Actual		EBS-> Coste 0		con Electrónicos			
5			Coste ACTUAL		Coste		Reducción de Costes		Coste Esquema ampliado	
6			6.204,06 €		5.922,40 €		-9,77%		5.597,62 €	
7									0	
9	PRINT SHEET				AUMENTO DE ESQUEMA REQUERIDO					
10			Aumento de Piedra (m)				0,20			
11			Aumento de Espaciamento (m)				0,50			
13	<b>Resumen</b>		€ Céntimos/Tn		€ Céntimos/Tn		€ Céntimos/Tn			
14	Coste Total de Perforación		€ 3.564,73 15,6		€ 3.209,17 14,0		€ 3.073,05 13,6			
15	Coste Total de Explosivos		€ 2.263,70 9,9		€ 2.037,91 8,9		€ 1.877,78 8,3			
16	Coste Total de Detonadores		€ 375,63 1,6		€ 675,32 3,0		€ 646,79 2,9			
17	Coste Total de Voladura		€ 6.204,06 27,1		€ 5.922,40 25,9		€ 5.597,62 24,8			
20	Coste de Alquiler de Equipos									
21	Coste de Reparto de Explosivos									
23	Consumo Especifico (gr/m3)		329,43		318,41		280,80			
24	Consumo Especifico (gr/Tn)		126,70		122,47		108,00			
25	Número de Barrenos		20		18		17			
26					Aumento		Aumento			
27	Piedra (m)		4,00		4,25 0,25		4,40 0,40			
28	Espaciamento (m)		5,50		5,75 0,25		5,80 0,30			
31	<b>Parámetros de Voladura</b>									
32	Densidad de la Roca		2,60		2,60		2,60			
33	Piedra		4,00		4,25		4,40			
34	Espaciamento		5,50		5,75		5,80			
35	Altura de Banco		20,00		20,00		20,00			
36	Retacado		3		3		3			
37	Sobre-perforación		1		1		1			
38	Ángulo de Barreno		18		18		18			
39	Volumen por Barreno (m3)		440,00		488,75		510,4			
40	Volumen de Voladura (m3)		8.800		8.798		8.677			
41	Volumen de Voladura (en Tn)		22.880		22.874		22.560			



# Comparação técnica

...funcionamento (accionamento)

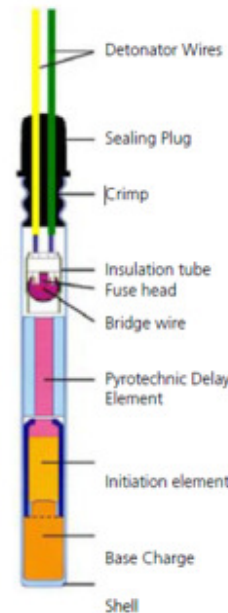
Detonadores	Pirotécnicos	Eléctricos	Não eléctricos	Electrónicos
Características	Térmico – através de rastilho, cortado e apenso à cápsula – muito pouco fiáveis, ainda menos seguros e tecnicamente indesejáveis, a nível de retardos	Térmico – via inflamação de um filamento percorrido por correntes eléctricas de baixa (hoje banidos), de média (os mais usados) ou de alta intensidade (usados apenas em trabalhos subterrâneos)	Mecânico – por intermédio de um impacto, provocado pela propagação de uma onda de choque, que é conduzida num tubo impregnado de uma infima ( $\approx 2$ mg/m) quantidade de explosivo (HMX) e de sensibilizante (alumínio)	Térmico, protegido por um sistema electrónico, pois a inflamação do filamento percorrido por uma corrente eléctrica, só acontece quando um <i>CHIP</i> contido no detonador dá informação que aquela peça com um código único pode disparar



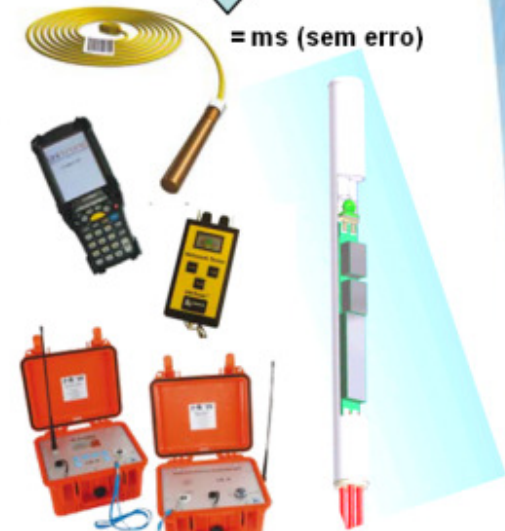
$v = 1 \text{ cm} \approx 1 \text{ s}$



$\approx \text{ms} \pm \text{erro} (5/10\%?)$



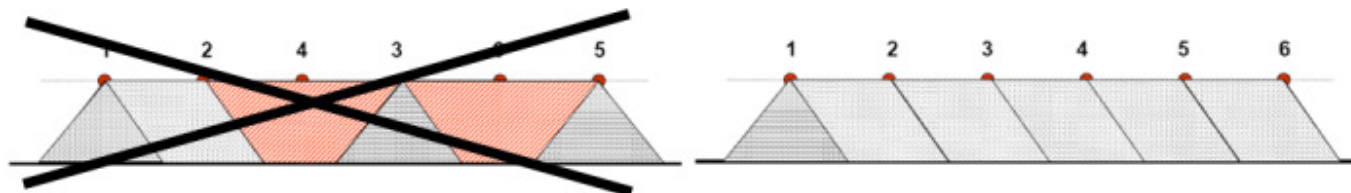
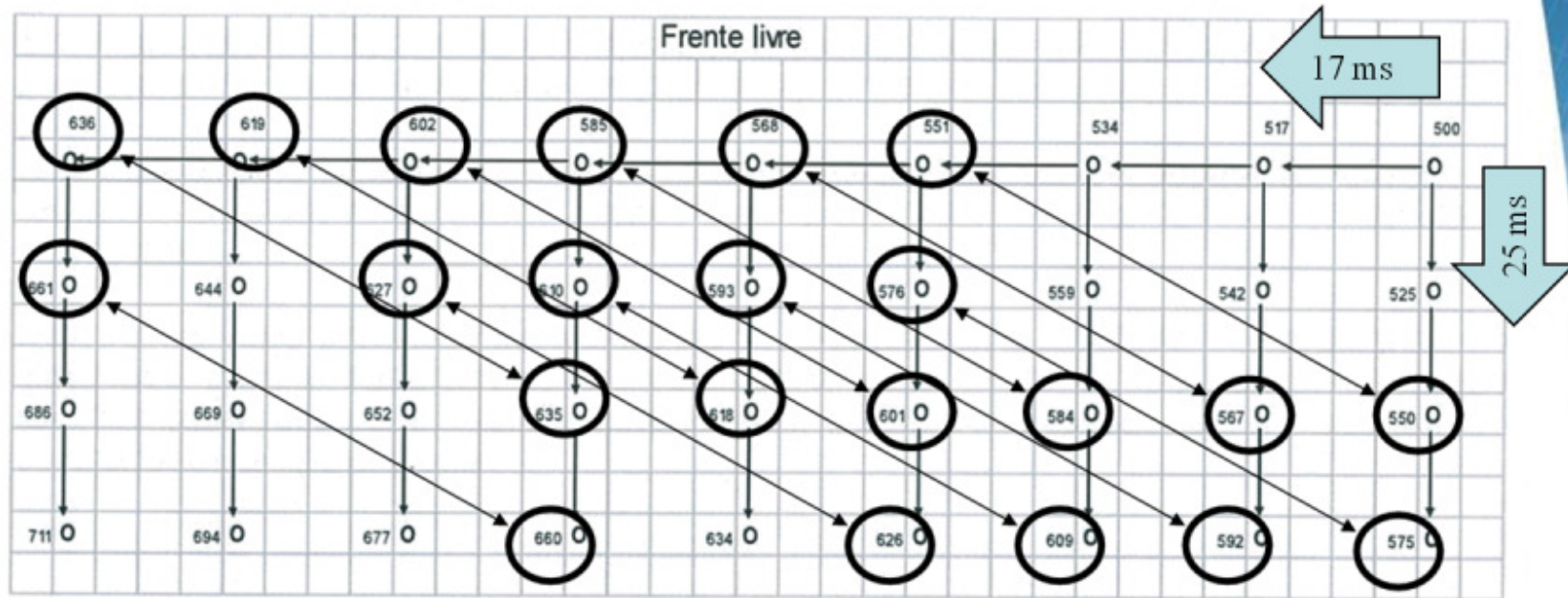
$= \text{ms} (\text{sem erro})$



# Comparação técnica

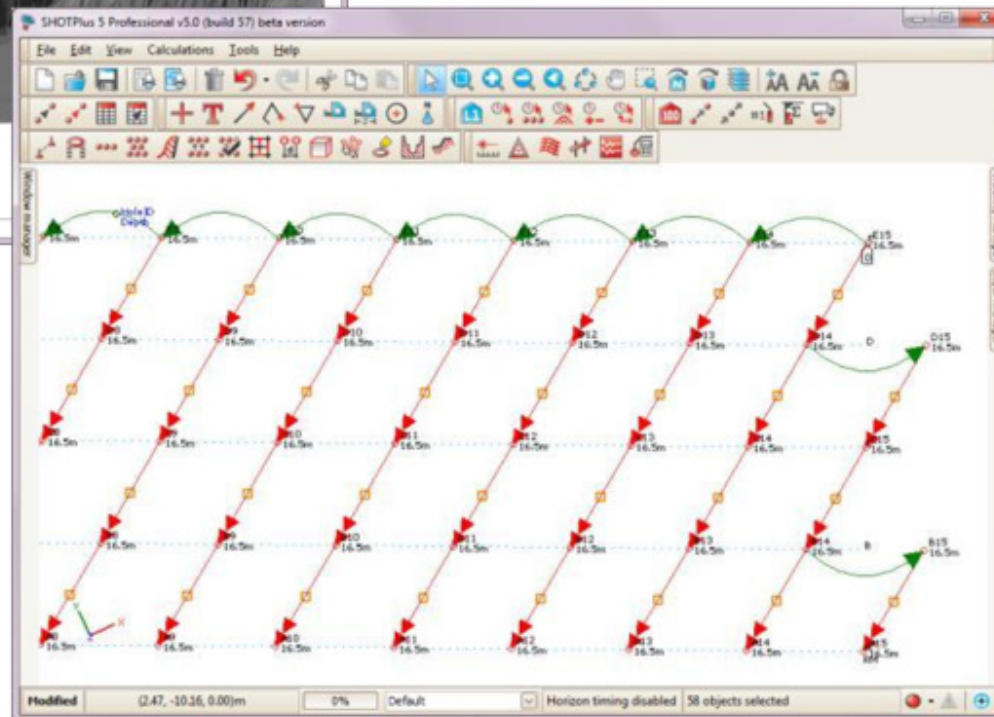
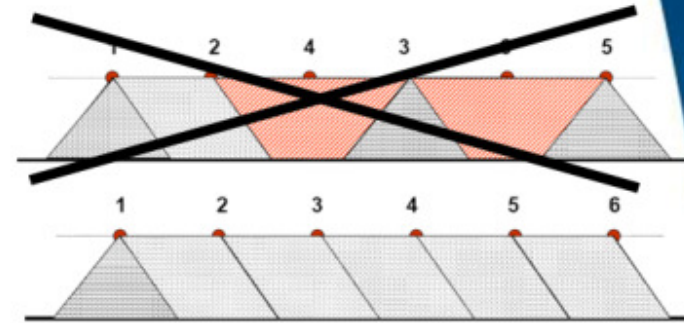
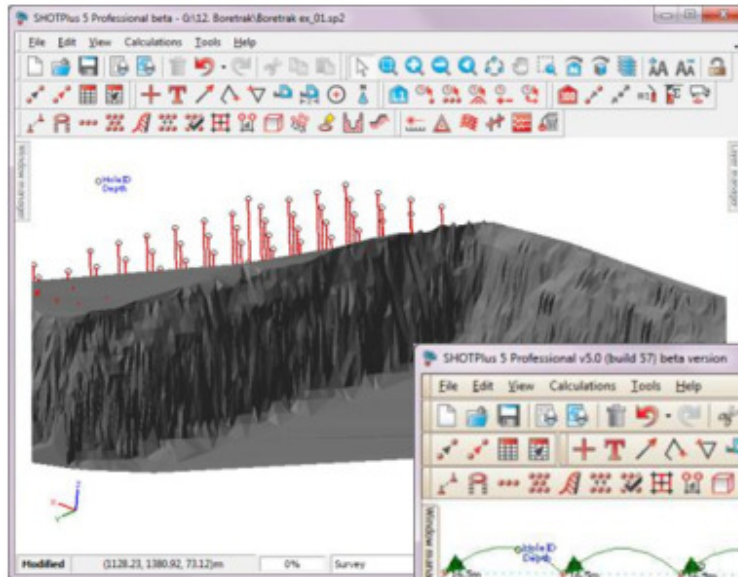
...funcionamento (desempenho)

Esquema para ligação dos detonadores:



# Comparação técnica

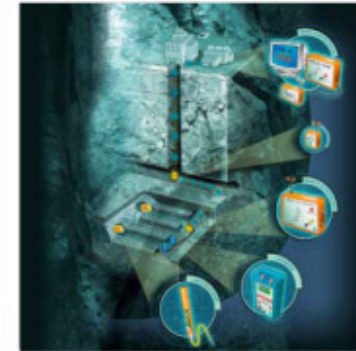
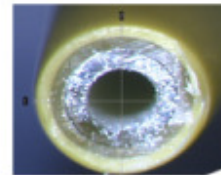
...funcionamento (desempenho)



# Comparação técnica (segurança)

...segurança ocupacional (relacionada com o trabalhador)

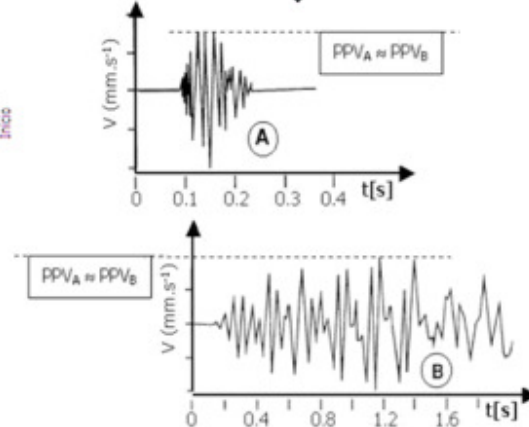
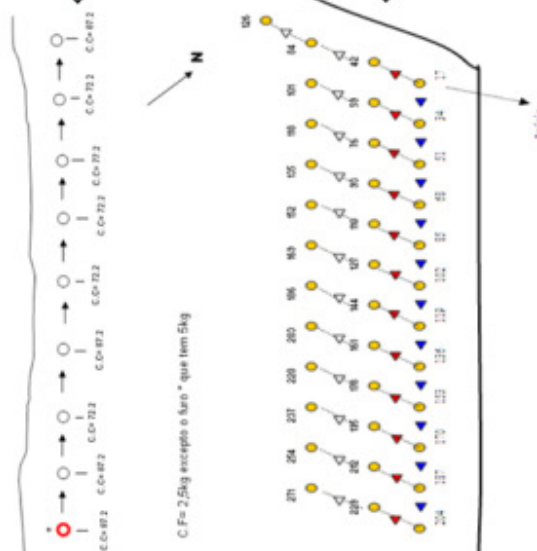
Detonadores	Pirotécnicos	Eléctricos	Não eléctricos	Electrónicos
Características	Muito baixa, devido ao atraso do rastilho que tem de ser iniciado presencialmente (por uma pessoa) e nem sempre apresenta a mesma velocidade de combustão	Melhora relativamente ao anterior, mas são sensíveis a correntes espúrias (erráticas) que podem iniciar de forma extemporânea o desmonte, provocando acidentes	Melhora muito em relação ao anterior, é mais robusto (tudo não eléctrico mais resistente que o fio eléctrico) mas não permite a verificação prévia e inequívoca do estado de funcionamento das ligações e detonadores	Melhora totalmente e é intrinsecamente seguro, pois são insensíveis a correntes espúrias e o sistema é defendido por um chip que só pode ser accionado por uma determinada BLAST BOX, que recebe informação de um determinado LOGGER. Além disso permite disparos remotos (à distância), até 2 km, defendendo o homem que procede ao disparo de projecções



# Comparação técnica (segurança)

...segurança ambiental (efeitos nas imediações – vib. e projecções)

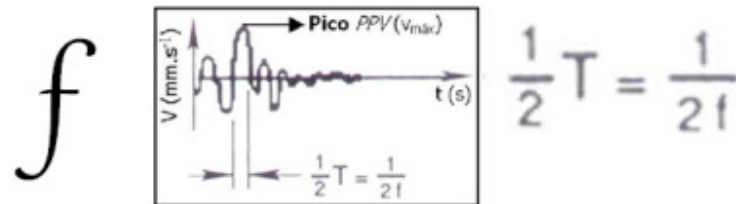
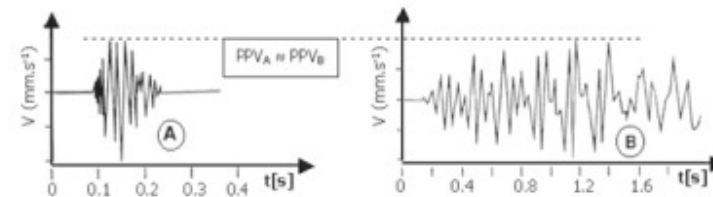
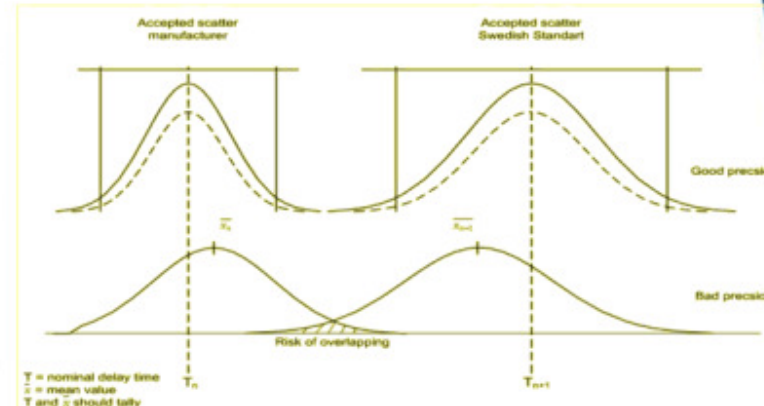
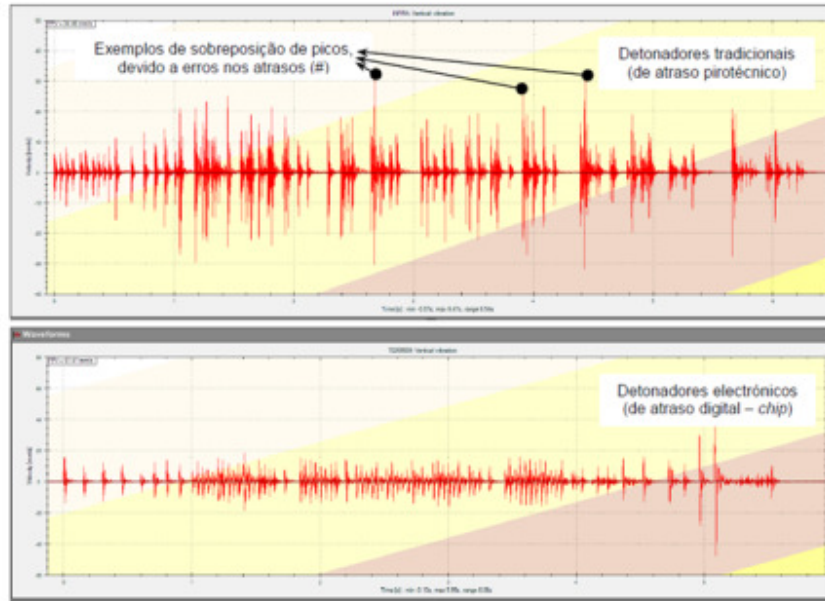
Detonadores	Pirotécnicos	Eléctricos	Não eléctricos	Electrónicos
Características	Ineficaz – não permite verificar atrasos entre furos, de forma previsível (muito menos nos intervalos de tempo necessários, na ordem dos milisegundos)	Constituiu um avanço relativamente ao último pois permite trabalhar com atrasos a nível de milisegundos embora com erros associados ao elemento retardador pirotécnico e limitação do número de atrasos por desmorte (20)	Constituiu um avanço relativamente aos últimos pois também permite trabalhar com atrasos a nível de milisegundos embora com erros associados ao elemento retardador pirotécnico e sem limitação do número de atrasos por desmorte (infinitos atrasos)	Resolve o problema dos erros associados ao elemento retardador, que deixa de ser pirotécnico e passa a ser controlado (o atraso) por um CHIP, sem limitação do número de atrasos por desmorte (infinitos atrasos) e sem o utilizador ficar preso a atrasos standard (25 ms nos eléctricos ou 17, 25, 42 ou 67 ms nos não eléctricos). O utilizador pode escolher qualquer atraso (em intervalos de 1 ms) para evitar quaisquer problemas com a frequência das vibrações e reduzindo as amplitudes



# Comparação técnica (segurança)

...segurança ambiental (efeitos nas imediações – vibrações)

v



...vantagens:

- Amplitude (v - redução)
- Frequência (f - controlo)
- Modelação (melhora as regressões)

**TEMPORIZAÇÃO => QUAL? =>**

# Comparação técnica (segurança)

...segurança ambiental (efeitos nas imediações – vibrações)

<http://www.feem-europe.org/FrontOfficePublic/PAGE.asp?SOUS RUBRIQUE ID=10>

(...)

Today there is a new challenge for all manufacturers: Increasing their production of electronic detonators which will allow a better and more rational on-site use of the explosive energy, **choosing the best delays** according to the mechanical and geological parameters of the rocks

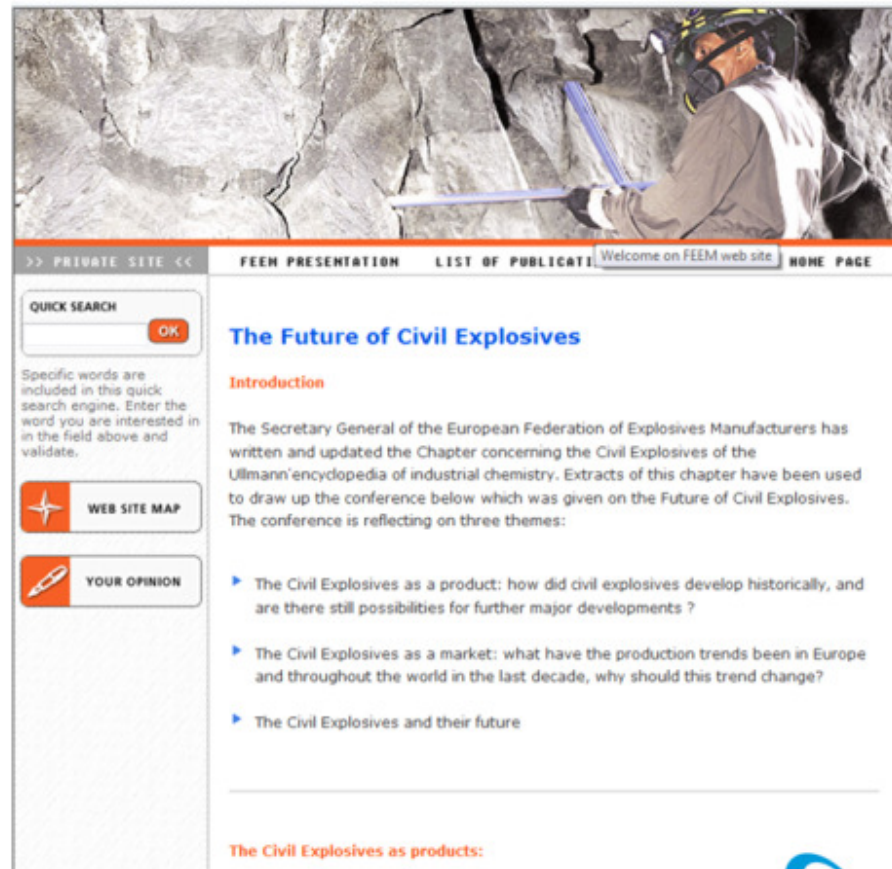
(...)

The future of civil explosives is very difficult to predict. Nevertheless, some lines of development can be advanced for the near future:

(...)

A better and more rational use of the explosive strength by the use of electronic detonators allowing the **choice of the right delays** necessary for the rocks to be broken.

(...)



The screenshot shows a website interface for FEEM (European Federation of Explosives Manufacturers). At the top, there is a navigation bar with links: '>> PRIVATE SITE <<', 'FEEM PRESENTATION', 'LIST OF PUBLICATI...', 'Welcome on FEEM web site', and 'HOME PAGE'. Below the navigation bar, there is a 'QUICK SEARCH' section with an input field and an 'OK' button. A note below the search field states: 'Specific words are included in this quick search engine. Enter the word you are interested in in the field above and validate.' There are also two buttons: 'WEB SITE MAP' and 'YOUR OPINION'. The main content area features the title 'The Future of Civil Explosives' and an 'Introduction' section. The introduction text reads: 'The Secretary General of the European Federation of Explosives Manufacturers has written and updated the Chapter concerning the Civil Explosives of the Ullmann'encyclopedia of industrial chemistry. Extracts of this chapter have been used to draw up the conference below which was given on the Future of Civil Explosives. The conference is reflecting on three themes:'. Below this, there is a list of three bullet points: '► The Civil Explosives as a product: how did civil explosives develop historically, and are there still possibilities for further major developments?', '► The Civil Explosives as a market: what have the production trends been in Europe and throughout the world in the last decade, why should this trend change?', and '► The Civil Explosives and their future'. At the bottom of the page, there is a section titled 'The Civil Explosives as products:'.

# Comparação técnica (segurança)

## ...segurança pública (SECURITY)



**Alerta do Google - explosivos**  
Alertas do Google to: pedro.bernardo

11-10-2012 10:24

[Show Details](#)

Notícias

6 resultados novos para **explosivos**

### [Polícia francesa encontra \*\*explosivos\*\* em investigação de militantes ...](#)

Último Segundo - iG

Molins disse que os 11 suspeitos detidos em operações no fim de semana ficarão presos por mais 24 horas, após a descoberta feita em uma garagem nos subúrbios de Paris de produtos químicos usados para fazer **explosivos**, que pertenciam a um deles.

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)



Último Segundo - iG

### [França: grupo tinha como fazer \*\*explosivo\*\*](#)

Band

Elementos para a fabricação de artefatos **explosivos** foram encontrados durante as operações executadas na investigação da célula islamita desmantelada no fim de semana na França", anunciou o promotor François Molins. A detenção provisória dos 12 ...

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)

### [Grupo islamita na França tinha material para fabricar \*\*explosivos\*\*](#)

Globo.com

O grupo islamita desmantelado em uma ação antiterrorista no último sábado (6) na França possuía itens para a fabricação de artefatos **explosivos**, anunciou nesta quarta-feira (10) o promotor François Molins. Saiba mais. Operação antiterrorismo deixa um ...

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)

### [CNIDAH promove seminário sobre ação contra as minas](#)

AngolaPress

Kuito - Pelo menos vinte e cinco técnicos de diversas instituições públicas participam desde terça-feira, na cidade do Kuito, província do Bié, num seminário de capacitação sobre "Acção Contra Minas e Outros Engenhos **Explosivos**". A acção formativa está ...

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)

### [Esquadrão Antibombas realiza palestra na Guarda Municipal](#)

Agora Parana

O procedimento faz parte do treinamento de rotina da Guarda Municipal, as principais instruções são quanto ao histórico dos **explosivos**, explosões e ocorrências de suspeita de **explosivos** em Campo Largo. "Os Guardas Municipais precisam fazer a ...

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)

### [Polícia francesa encontra \*\*explosivos\*\* em investigação de militantes](#)



**Alerta do Google - explosivos**  
Alertas do Google to: pedro.bernardo

10-10-2012 10:24

[Show Details](#)

History: This message has been forwarded.

Notícias

5 resultados novos para **explosivos**

### [Homem é preso em Madri com \*\*explosivos\*\* e mapa da embaixada do ...](#)

Terra Brasil

Um homem de nacionalidade espanhola foi preso em Madri com substâncias potencialmente **explosivas** e um manual para fabricar bombas caseiras, além de mapas de vários lugares da capital, inclusive da embaixada brasileira, informou a polícia nesta ...

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)

### [Acidentes com engenhos \*\*explosivos\*\* provocam sete mortes](#)

AngolaPress

Kuito - Sete pessoas morreram e uma outra ficou gravemente ferida na província do Bié, em consequência de acidentes de engenhos **explosivos** registados desde Janeiro deste ano a presente data. A informação foi veiculada hoje, na cidade do Kuito, pelo ...

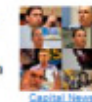
[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)

### [Eles moravam Cuiabá e usavam armas e \*\*explosivos\*\* em MS e SP ...](#)

Capital News

Jorlan de Jesus Alves, 20 anos, e Cleverson Paulo da Silva Magalhães, 24, foram apresentados pela polícia na manhã desta terça-feira (9) na Delegacia Especializada em Repressão a Roubos a Banco, Assaltos e Sequestros (Garras), em Campo Grande.

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)



Capital News

### [Dois homens tentam explodir caixa-eletrônica da PGE](#)

Diário de Cuiabá

Dois homens colocaram **explosivos** no equipamento, mas não conseguiram detonar o artefato. A explosão foi evitada pelo vigia que assustou os criminosos que chegaram a destruir a vidraça da frente. Ao verificar o caixa, o vigia localizou o **explosivo**.

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)

### [Brasil envia 7.500 militares para fronteiras com Bolívia e Peru para ...](#)

Jornal de Notícias

Nas três edições da operação feitas no ano passado foram apreendidos 20 camiões, 69 motos, 332 quilos de cannabis, 19,5 quilos de cocaína e oito toneladas de **explosivos**. Este ano já foram apreendidos nas regiões fronteiriças cerca de 880 quilos de ...

[Ver todos os artigos sobre este tópico »](#)

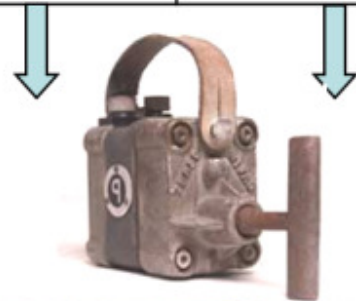




# Comparação técnica (segurança)

...segurança pública (*SECURITY*)

Detonadores	Pirotécnicos	Eléctricos	Não eléctricos	Electrónicos
Características	Podem ser usados por qualquer pessoa que tenha uma fonte de calor (por exemplo 1 cigarro aceso)	Podem ser usados por qualquer pessoa que tenha uma bateria ajustada ao tipo de detonador (por exemplo 1 pilha de 9 V, para os mais sensíveis)	Podem ser usados por qualquer pessoa que tenha acesso a um dos detonadores anteriores, sem os quais se torna muito difícil iniciar este sistema	Só pode ser usado por quem possua um <b>LOGGER</b> para programação do detonador e uma <b>BLAST BOX</b> (com uma chave digital única, para cada <b>BLAST BOX</b> ) para o disparo, ambos específicos da série de detonadores que se pretende iniciar (i-kon, UNITRONIC ou eDev...)



Only specially approved testing and firing equipment must be used with the detonators.



# Resumo (conclusões)

...princípios fundamentais da indústria



Os princípios fundamentais da indústria são:

- **Segurança (SAFETY FIRST - pessoas e bens),**
- Economia (viabilizando as actividades),
- Protecção ambiental (preservar o meio para as gerações seguintes).

Os princípios actuam em sentido inverso, já que uma actividade industrial muito segura pode ser cara e de mau aproveitamento, ou que uma muito económica pode ser perigosa e ambientalmente opressiva.

A perfeição é conseguida através do grau de equilíbrio conseguido entre os princípios fundamentais.

# Resumo (conclusões)

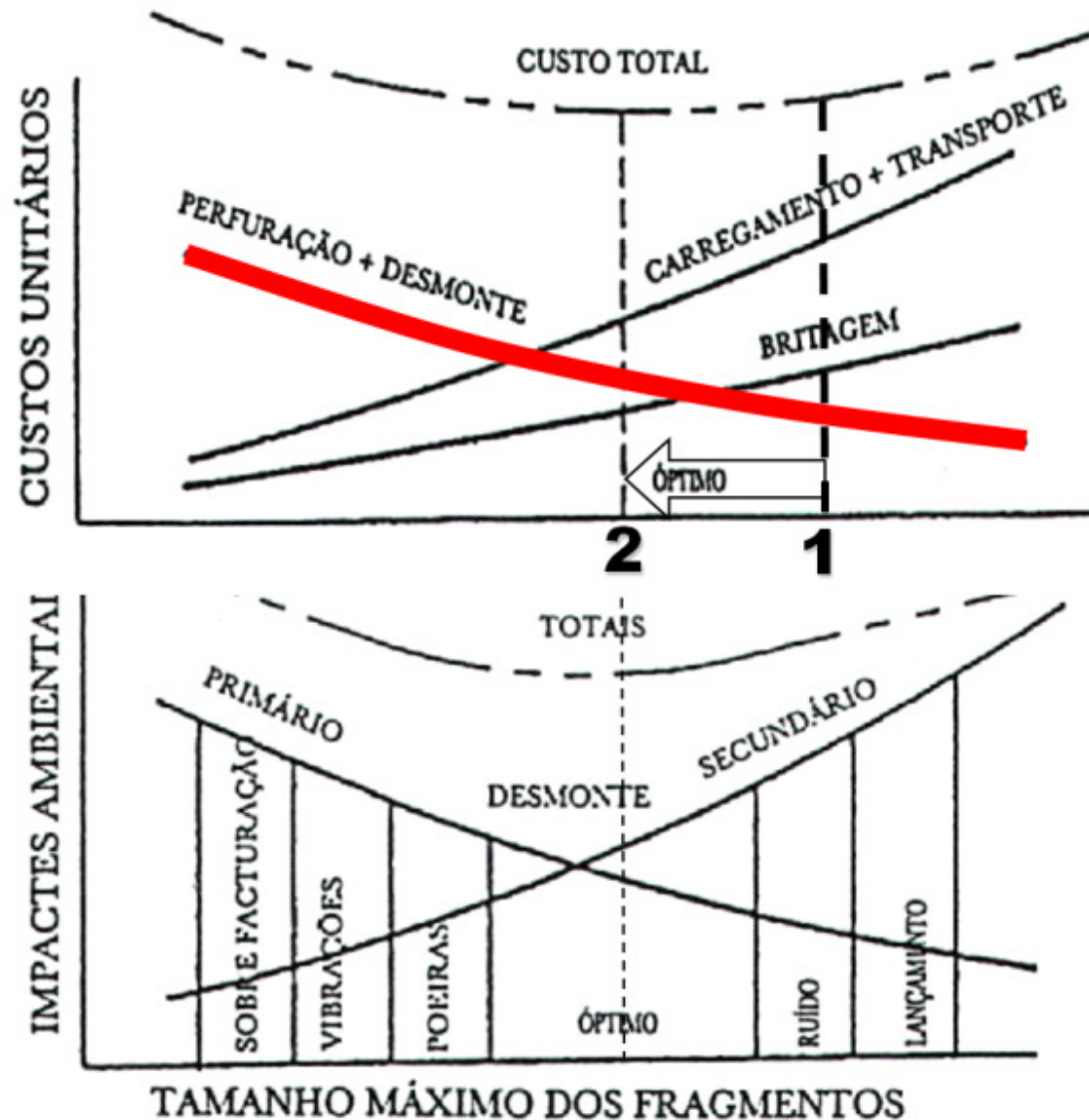
...regras fundamentais da indústria

- ✓ Equilíbrio entre os princípios fundamentais,
- ✓ Boa aplicação dos projectos,
- ✓ Economia global,
- ✓ Minimização de custo de operações diferentes,
- ✓ **Aperfeiçoamento permanente (tecnologia) e**
- ✓ Aproveitamento racional das condições naturais.



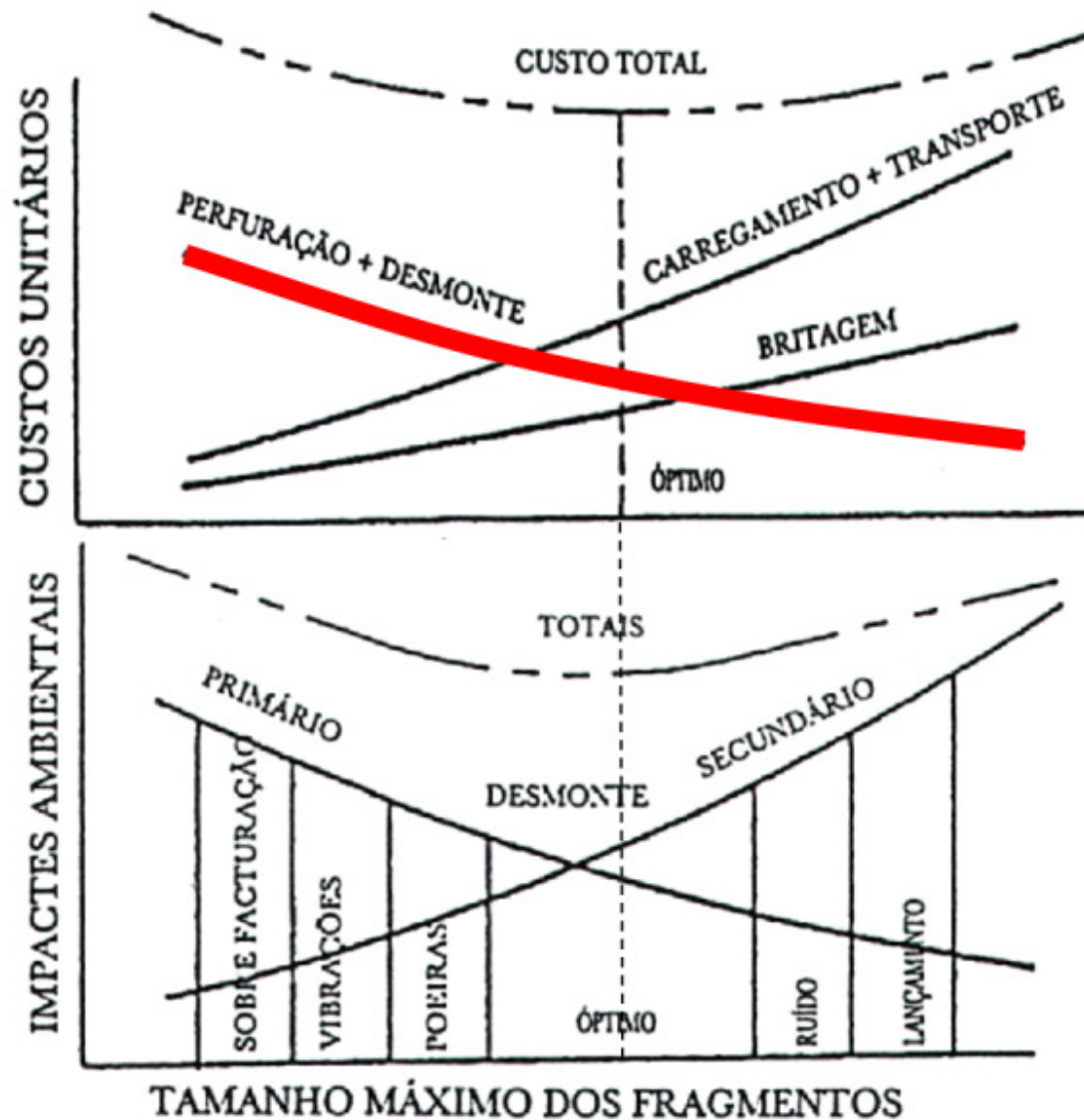
Torna-se fundamental a correcta aplicação dos métodos, sendo preferível um método “regular”, bem aplicado e com continuidade, do que um método “óptimo”, mas que é mal compreendido, imperfeitamente aplicado ou deficientemente gerido.

# Resumo (conclusões)



De salientar que, a otimização técnica de operações de desmonte com explosivo, com vista à sua otimização ambiental ou económica, conduz a uma minimização dos seus impactes ambientais, o que constitui um incentivo para a aplicação de **tecnologia apropriada.**

# Resumo (conclusões)



A maioria dos casos de otimização económica (e ambiental) de diagramas de fogo começa por corrigir os erros cometidos no dia-a-dia (desrespeito ao projecto), nomeadamente:

- ✓ Desvios na furação (inclinação e posicionamento dos furos na frente),
- ✓ Erros nas cargas (tipo e quantidade),
- ✓ **Erros na atribuição dos tempos de retardo.**

# Conclusão da comparação efectuada

...aplicações preferenciais:

## Pirotécnicos



**A EVITAR**

- ...eventualmente:
- taqueio (1 bloco) ou
  - iniciação de det. não eléctricos

## Não-eléctricos



- ...Grandes pegas, mas:
- sem requisitos especiais de fragmentação ou
  - sem problemas de vibrações na envolvente

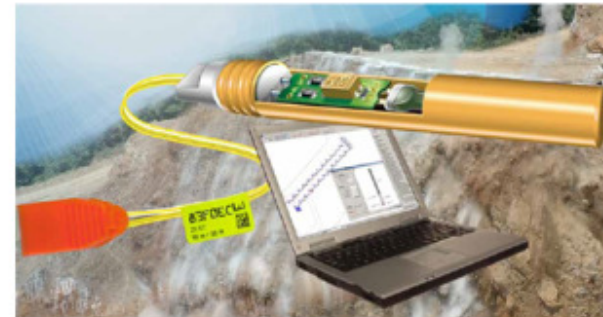
## Eléctricos



**A EVITAR**

- ...eventualmente:
- pequenas pegas e
  - sem problemas de vibrações na envolvente

## Electrónicos



- ...Grandes pegas, designadamente as:
- com requisitos especiais de fragmentação e/ou
  - com problemas de vibrações na envolvente



obrigado!...

(pedro.bernardo@orica.com)

The Power  
of Partnership

