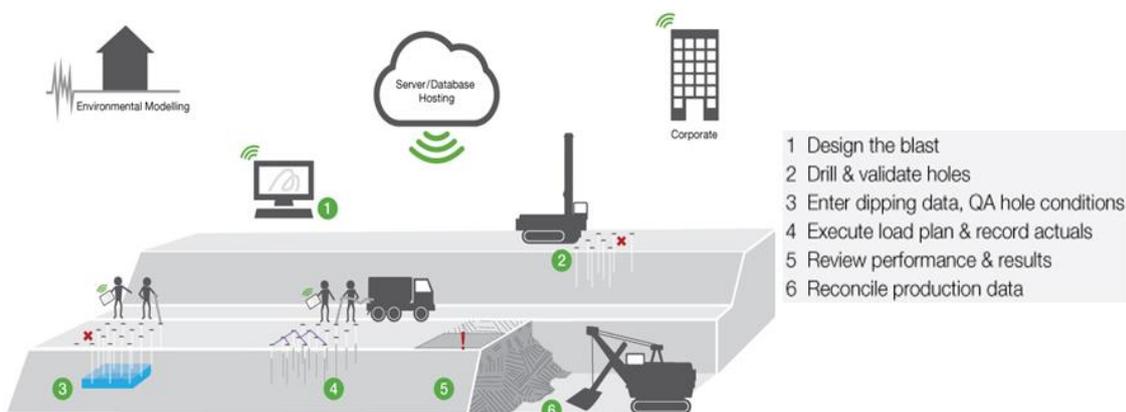


# Comentários sobre o Desmonte de Rochas com Explosivos

## Metodologias para o desenho de plano de fogo inicial

Por Bruno Pimentel.



Olá meus amigos, espero que estejam todos bem e pedimos desculpa pelo atraso na nossa publicação de hoje, pois geralmente publicamos logo cedo, mas hoje ainda tivemos que terminar o nosso artigo devido a correria durante a semana, por isso publicamos mais tarde.

Deixamos aqui os links da nossa Newsletter para que possa verificar os nossos artigos anteriores, assim como se registrar, para que seja notificado automaticamente a cada novo artigo que publicamos (quinzenalmente):

Português

<https://www.linkedin.com/newsletters/desmonte-de-rocha-c-explosivo-6941709482355748864/>

English

<https://www.linkedin.com/newsletters/rock-blasting-6959820770344595456/>

No artigo de hoje vamos continuar o artigo passado, onde finalizamos comentando sobre as 3 metodologias principais para elaboração de um plano de fogo inicial, que se refere a um plano de fogo a ser realizado em uma operação ou área onde nunca realizamos uma detonação, assim não temos planos de fogos anteriores para utilizar como base. Assim que hoje vamos fazer alguns comentários gerais sobre cada uma dessas metodologias.

Então como vimos no nosso artigo passado, uma vez considerado que o início de um plano de fogo depende do cenário, dos objetivos, das informações e dos recursos que temos disponíveis, e cada cenário vai nos dar um ponto de partida diferente, de forma resumida podemos dizer que existem 3 metodologias principais que podemos utilizar para elaborar um plano inicial:

1. **Fórmulas teóricas** = utilização de formulas e estimativas para determinação dos parâmetros controláveis do plano de fogo partindo dos incontroláveis ou de parâmetros chaves.

2. **Avaliação de benchmarking ou experiência anteriores** = utilizando referências de operações ou condições similares para a realização de um desenho semelhante adaptado as características específicas da detonação que se pretende realizar.
3. **Objetivo específico** = utilização de um objetivo principal como referência para determinação dos parâmetros do plano de fogo, onde muitas vezes se fazem simulações com softwares ou com equações de aproximação.

## 1 - Fórmulas teóricas

A elaboração por fórmulas teóricas é a metodologia mais básica para desenho de um plano inicial, que consiste na utilização de formulas e estimativas recomendadas nas literaturas para determinação dos parâmetros controláveis do plano de fogo, geralmente usando como referência inicial os parâmetros incontroláveis ou informações/considerações chaves do desmonte a ser realizado.

*OBS: Parâmetros incontroláveis são aqueles, que como o próprio nome diz, não podemos controlar, mas que interferem diretamente na elaboração do nosso plano de fogo, por exemplo, como uma operação que tem os equipamentos de perfuração já determinados e assim não podemos escolher o melhor diâmetro, antes temos que trabalhar dentro da limitação desse equipamento, e assim o diâmetro será um parâmetro incontrolável. Um outro exemplo poderia ser a altura da banca, que já foi previamente estabelecida pelas características de estabilidade da rocha, assim que teremos que elaborar o nosso plano já baseado em uma altura padrão.*

Ao utilizar essa metodologia, um cuidado especial é que a maioria das formulas são empíricas, determinadas sobre certas condições específicas e que apesar de serem uma aproximação valida a ser analisada, não são precisas ou ideais para todos os cenários. Por isso é importante verificar as recomendações para sua aplicação.

Na literatura vamos encontrar diversas formulas, onde teremos algumas mais complexas e outras aproximações mais simples para os diversos parâmetros do plano de fogo, onde as mais complexas normalmente se utilizam para estudos mais completos e as aproximações são muito utilizadas no dia a dia operacional para avaliar se o desenho está condizente com as condições básicas recomendadas ou mesmo para elaborar planos de fogos mais simples.

Essa metodologia é utilizada na maioria dos cursos e treinamentos, assim como na literatura, para realizar a exposição de exemplos simples de elaboração de planos de fogos iniciais. Ela também é bastante utilizada em estudos acadêmicos/científicos, assim como por consultorias para se desenhar um plano inicial base para comparação com testes e demais suposições.

A maioria das literaturas ou estudos vão apontar algumas formulas para determinação de parâmetros base, mas não um guia completo para elaboração do plano de fogo, assim que é necessário avaliar quais formulas vamos utilizar e principalmente qual o ponto de partida (considerações iniciais), pois eles podem variar de acordo com as formulas que se pretendem aplicar.

Geralmente analisamos as variáveis incontroláveis e as informações que temos disponíveis para que possamos avaliar qual os demais parâmetros que precisamos determinar, e a partir daí vamos escolhendo as formulas para determinar esses parâmetros e também podemos utilizar mais de uma formula para poder ter uma comparação.

Outro ponto importante é que muitas formulas indicam uma faixa de valores, e a determinação de que limite utilizar (inferior, médio ou superior), depende dos objetivos e da experiencia, sendo necessário avaliar o nível de criticidade do parâmetro e o potencial de risco do cenário para levar em consideração a margem de segurança necessária para o plano de fogo inicial.

Também é importante ter em mente que se utilizarmos formulações diferentes elas podem apresentar resultados diferentes, devido a variação das suposições para sua determinação, assim como os cenários de testes, por isso é importante ter cuidado, e mais uma vez utilizar a experiencia para ponderar com o cenário real do desmonte a ser realizado.

Uma vez utilizado as formulações para determinar os parâmetros do plano de fogo inicial se realiza a elaboração e desenho do plano de forma manual ou com a utilização de softwares de desenho.



É possível encontrar algumas planilhas ou mesmo softwares/aplicativos, geralmente dos fabricantes de explosivo, que fazem automaticamente os cálculos dos parâmetros através das formulas teóricas, bastando fornecer alguns dados iniciais.

Da mesma forma é possível encontrar tabelas ou gráficos que relacionam as diversas variáveis, que podemos dizer que são uma representação de alguma das formulas e que muitas vezes facilita sua aplicação, uma vez que não necessitamos fazer os cálculos, bastando apenas seguir o gráfico ou tabela levando em consideração o valor do parâmetro de referência.



## 2 - Avaliação de benchmarking ou experiência anteriores

Uma outra metodologia, que muitas vezes é usada para complementação da formulação teórica, mas que também pode ser utilizada de forma independente é baseada na Avaliação de benchmarking ou experiencias anteriores, que consiste na utilização de referências de outras operações que tenham condições similares, para servir como base para a realização de um

plano de fogo inicial, adaptado as características específicas da detonação que se pretende realizar.

É comum novas operações contratarem consultorias para realização de estudos de Benchmarking, que nada mais é que um processo de estudo de concorrência, podendo ser uma análise profunda das melhores práticas usadas por empresas de um mesmo setor e que podem ser replicadas em sua operação.

Da mesma forma que consultores e profissionais experientes também utilizam dos seus conhecimentos e experiências anteriores para servir como base para definição de parâmetros iniciais, analisando sempre a semelhança com outras detonações realizadas frente as condições particulares na nova detonação.

Os estudos de benchmarking podem ser utilizados tanto para realização de planos de fogos iniciais para operações novas ou mesmo para otimização de operações que buscam melhorar suas práticas operacionais e resultados, mas é mais comum ser realizado por empresas grandes devido os custos envolvidos.

Também é comum a realização de visitas para avaliar de perto as condições da operação, principalmente quando são feitos em empresas parceiras ou que estão abertas para troca de informações.

Dependendo da informação disponível e da compatibilidade de cenários é possível replicar algumas configurações utilizadas ou apenas pegar alguns parâmetros chaves como referência, que serviram de ponto de partida para os desenhos iniciais, onde podemos utilizar formulas teóricas como complementação ou apenas ajustar valores intermediários de acordo com margem de segurança ou características específicas da operação.

A pratica mais padrão dessa metodologia é o uso de Razões de Carga (RC) como parâmetro de referência, principalmente buscando tipo e condições de rocha semelhantes, assim se adapta os demais parâmetros iniciais de acordo com as especificações da operação, para que eles entreguem a mesma RC ou de acordo com uma margem de ajuste determinada.

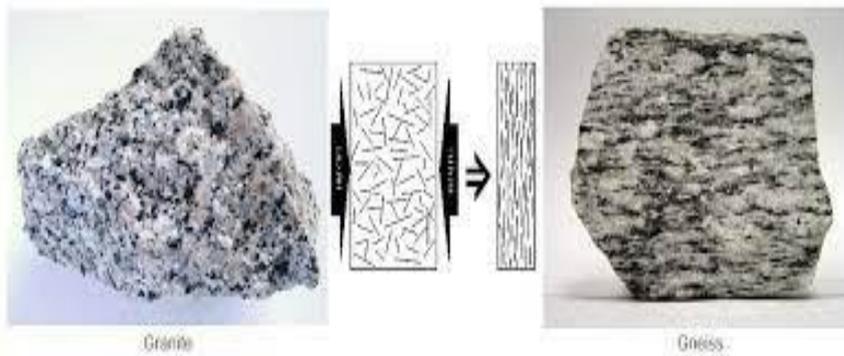
Tomando a razão de carga de referência e os parâmetros incontroláveis, se pode utilizar as formulas teóricas para calcular os demais parâmetros ou então fazer aproximações de acordo a experiência e conhecimento do profissional para se chegar ao plano de fogo inicial.

Usando a experiência pode-se seguir o mesmo princípio, mas em vez de buscar referências em operações similares os profissionais vão usar os dados do histórico de detonações que já realizaram para servir como base, comparando as condições e a sua vivencia pratica. Isso é muito comum para os consultores ou profissionais de obras que realizam detonações em vários locais diferentes.

ROCHA/MINÉRIO	EQUIPAMENTO DE CARREGAMENTO	RAZÃO DE CARREGAMENTO
Granito	Carregadeira	450 - 500 g/m <sup>3</sup>
Gnaisse	Carregadeira	450 - 500 g/m <sup>3</sup>
Basalto com disjunção colunar	Carregadeira	250 - 300g/m <sup>3</sup>
Basalto	Carregadeira	300 - 350 g/m <sup>3</sup>
Carvão	Carregadeira	80 - 120 g/t
Calcário	Carregadeira	70 - 110 g/t
Hematita	Escavadeira	100 - 150 g/t
Arenito	Drag-Line	200 - 250 g/m <sup>3</sup>
Arenito	Carregadeira	200 - 250 g/m <sup>3</sup>
Siltito	Carregadeira	150 - 200 g/m <sup>3</sup>
Arenito	Escavadeira Hidráulica	150 - 200 g/m <sup>3</sup>

Independente se a análise é feita baseada na experiência ou no benchmarking é necessário realizar uma comparação completa de cenários, para que se possa ter maior assertividade nos ajustes e avaliações a serem realizados, analisando sempre:

- ✓ As características da rocha e do cenário;
- ✓ Objetivos e resultados em cada situação;
- ✓ Histórico de eventos anormais;
- ✓ Procedimentos e práticas operacionais da referência;
- ✓ Avaliar legislação e os limites de segurança para cada cenário;
- ✓ Etc. ,



Quando possível também é importante analisar a opinião de quem está utilizando as configurações de referência, pois podem existir detalhes que ele possa compartilhar de forma mais precisa ou ideias sobre possíveis ajustes que ainda não foram realizados.

Em operações maiores também é possível realizar alguns testes de campo para ter a possibilidade de realização de ajustes mais precisos antes do início efetivo da operação.

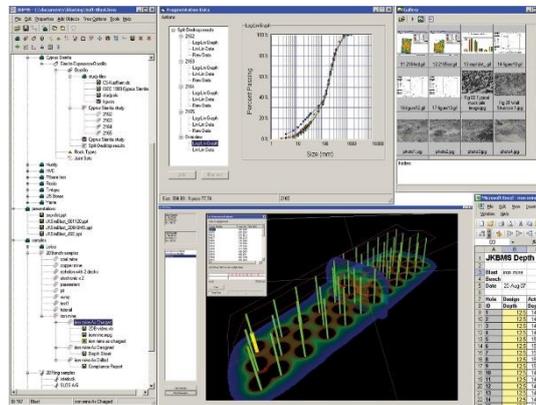
### 3 - Objetivo específico

A terceira metodologia que vamos citar hoje surgiu principalmente devido o avanço da tecnologia, ela vem ganhando cada vez mais espaço devido as possibilidades que a tecnologia trás de analisar muitas possibilidades e variações de cenário muito rapidamente. Essa metodologia nós chamamos de “Objetivo Específico”, que consiste na utilização de um objetivo chave como referência para determinação dos parâmetros do plano de fogo, onde normalmente

se utilizam softwares de modelamento e simulação para o desenho de um plano de fogo inicial que visa maximizar tal objetivo.

Também existem alguns estudos que sugerem algumas equações ou algoritmos de aproximação, que visam a determinação de parâmetros chaves para maximizar os resultados de alguns objetivos específicos. Aqui vale diferenciar a técnica de formulas teóricas, que visa determinar todos os parâmetros em função dos parâmetros incontroláveis ou considerações iniciais, enquanto que nessa metodologia o que se faz é buscar otimizar os parâmetros para que entreguem a maximização de um objetivo específico, a principio deixando todos os outros objetivos como secundários, e que podem ser analisados posteriormente como uma formula de otimizar o plano como um todo.

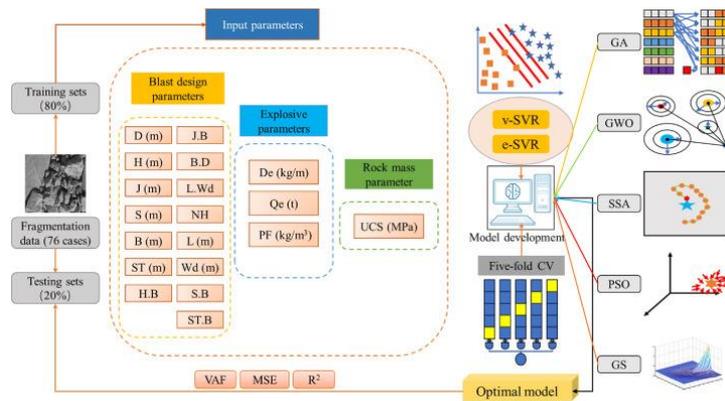
Normalmente essa metodologia é utilizada em projetos que precisam de resultados específicos, mas com o crescimento e disponibilização da tecnologia, ela tem sido a principal fonte de simulações para otimização de planos de fogos em projetos de melhoria, principalmente do tipo “mine to mill” que visam maximizar toda a cadeia de processo através de melhorias no desmonte de rocha.



Geralmente o objetivo chave é a fragmentação, mas já existem vários softwares que permitem a simulação da movimentação do material para otimizar a escavação ou para o controle de diluição, assim como alguns vão simular vibrações, otimizando as operações em áreas urbanas ou próximas a estruturas críticas.

Esses softwares são diferentes dos softwares de desenho convencionais, e normalmente é necessário inserirmos uma série de informações sobre a rocha e o local, para criação de um modelo semelhante a situação real, e assim com base nesse modelo se realizam uma serie de simulações, modificando parâmetros até se encontrar uma configuração que melhor entregue o objetivo esperado.

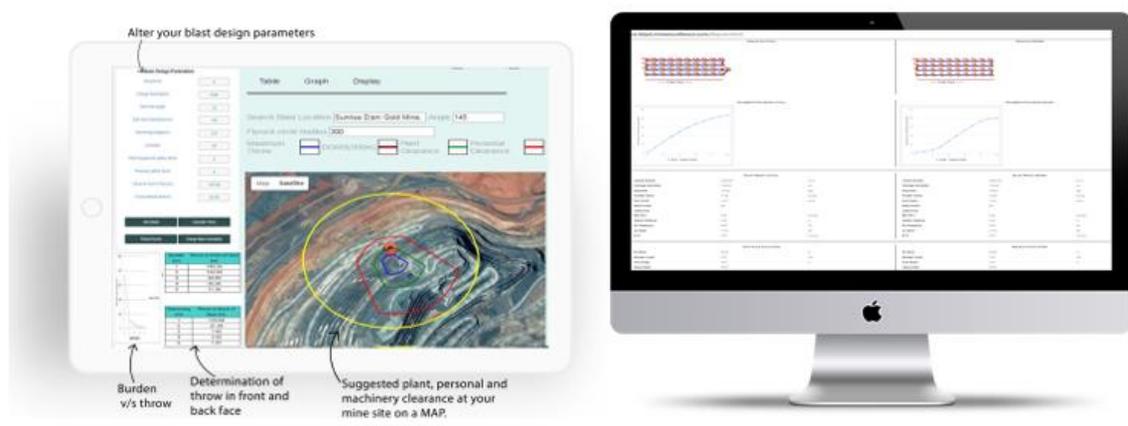
A qualidade do modelo e das simulações será reflexo das informações que fornecemos, assim que quanto mais precisas e representativas da realidade elas forem, mais aproximadas serão as simulações e resultados. Com base nisso é importante avaliar que tipo de informação cada software solicita para funcionar corretamente.



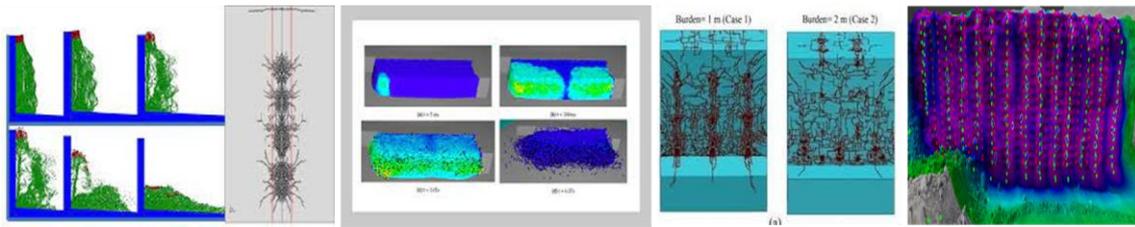
Também existem alguns softwares de desenho que permitem uma previsão inicial, servindo como uma primeira aproximação dos possíveis resultados. Esses são boas opções para realização de estudos no dia a dia, de forma a determinar uma certa correlação entre as previsões e os resultados, servindo como base para o processo de melhoria contínua do desmonte.

Um ponto de atenção importante, é que por mais completo que seja o software, existem diversas variáveis que não conseguimos considerar no modelo, assim que da mesma forma que as metodologias anteriores, as simulações vão nos dar um plano de fogo inicial, que precisará ir sendo ajustado com o tempo, mas à medida que vamos comparando as simulações com a realidade podemos ir otimizando o modelamento a um ponto que temos resultados bem satisfatórios.

Normalmente esses softwares são bastante utilizados por consultores, prestadores de serviço e empresas fornecedores dos explosivos, que além de contar com sua expertise, também vão ter uma grande base de dados de diversas detonações para servir como base de comparação.



Como falamos, também existem algumas formulas de aproximação sugeridas na literatura, principalmente para a estimação de uma possível fragmentação, lançamento do material ou vibrações, que normalmente são mais utilizadas em estudos científicos e também algumas delas são a base dos algoritmos utilizados pelos softwares, mas no dia a dia operacional dificilmente se aplica para determinação de um desenho inicial, tendo em vista que os softwares fazem um trabalho muito mais detalhado e que manualmente normalmente se optam por utilizar as formulas convencionais para determinação dos parâmetros básicos, e quando necessário se vai realizando ajustes até se obter um resultado satisfatório.



Pois é isso pessoal, vamos parar por aqui, a ideia era finalizar o tema no artigo de hoje, mas ainda tem uma serie de considerações sobre a escolha entre essas três metodologias e algumas observações gerais que queremos fazer, por isso vamos deixar para finalizar num próximo artigo para não deixar esse muito grande.

Como falamos no artigo passado existe uma complexidade muito grande em torno desse tema, onde nem sempre é fácil definir qual o melhor caminho inicial, principalmente para uma operação nova que não temos nenhum conhecimento ou dado real sobre ela, e nessas situações a experiencia profissional é quem toma a maior parte da responsabilidade, e por outro lado o caminho mais fácil e seguro é a possibilidade de realização de testes iniciais que são fundamental para determinação de um plano inicial mais robusto e seguro, mas que nem sempre isso é possível de ser realizado, principalmente em operações pequenas ou detonações pontuais.

Vamos comentar mais sobre isso no próximo artigo e como sempre vai depender muito do cenário, assim que pedimos que comentem e compartilhem experiencias que possam ter tido ou mesmo aqueles que quiserem contribuir de uma forma mais ativa compartilhando algum estudo de caso é muito mais do que bem-vindo.

Como sempre pedimos, por favor comentem e compartilhem, para que tenhamos detonações cada vez mais seguras e de qualidade!!!

A Blasting Treinamentos deseja ajudar você a moldar o mundo com segurança e qualidade.

#### **Cursos de Desmonte de Rochas com Explosivos:**

Português -> <https://lnkd.in/d5eivncS>

English -> <https://lnkd.in/dsrq7PGm>

[www.blastingtreinamentos.com](http://www.blastingtreinamentos.com)

[blastingtreinamentos@gmail.com](mailto:blastingtreinamentos@gmail.com)