

## OTIMIZAÇÃO DE DESMONTE DE ROCHA POR EXPLOSIVO COM PLUG PARA TAMPONAMENTO

IGOR EVANGELISTA BARROS MARTINS<sup>1</sup>, FLÁVIA REGINA PEREIRA SANTOS<sup>2</sup>, ANELICE EVANGELISTA BARROS SIQUEIRA<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia de Minas, UFMT, Cuiabá-MT, igoriebm2@gmail.com;

<sup>2</sup>Dra. em Física Ambiental, Prof. Adj. FAENG, UFMT, Cuiabá-MT, frpsantos@hotmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2022

**RESUMO:** No presente trabalho foi avaliado a utilização de tampão com plug para tamponamento no desmonte de rocha, pois a utilização de material inerte de baixa resistência causa perda de eficiência, já que estes materiais oferecem baixa resistência e são facilmente ejetados pela pressão exercida pelos gases logo após a detonação. A falta de confinamento dos gases contribui para má distribuição radial dos gases promovendo uma fragmentação deficiente. Para traçar a curva de distribuição granulométrica foi utilizada técnicas de processamento de imagens da pilha desmontada no software Split-desktop, com isso foi possível avaliar o grau de fragmentação a partir da distribuição do material desmontado nas diversas faixas granulométricas definidas no software e comparar o desempenho dos dois tipos de tamponamento utilizados. Na etapa subsequente foi realizado uma avaliação de custo comparando o resultado obtido utilizando tamponamento convencional com o tamponamento com plug. Constatou se que o desmonte com tampão não convencional apresentou maior fragmentação, permitindo um aumento na malha de perfuração, diminuindo consequentemente o custo unitário do desmonte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Otimização de desmonte; Plug para tamponamento; Utilização de tampão com plug para tamponamento.

### OPTIMIZATION OF ROCK BLASTING BY EXPLOSIVE WITH PLUG FOR BLOCKING

**ABSTRACT:** In the present work the use of plug plugs for stemming in rock blasting was evaluated, because the use of low strength inert material causes loss of efficiency, since these materials offer low resistance and are easily ejected by the pressure exerted by the gases, right after the detonation. The lack of gas confinement contributes to poor radial distribution of the gases, promoting poor fragmentation. To trace the granulometric distribution curve, image processing techniques of the disassembled pile were used in the Split-desktop software. With this it was possible to evaluate the fragmentation degree from the distribution of the disassembled material in the various granulometric ranges defined in the software and compare the performance of the two types of buffering used. In the subsequent step, a cost evaluation was performed comparing the results obtained using conventional tamping with plug tamping. It was found that blasting with unconventional plugging presented greater fragmentation, allowing an increase in the drilling mesh, consequently decreasing the unit cost of blasting.

### INTRODUÇÃO

Plugs para tamponamento de furos são acessórios inseridos no meio do material do tampão que tem por finalidade aumentar a eficiência do tampão, introduzindo maior resistência à coluna de material inerte, frente a expansão dos gases gerados pela detonação do explosivo na coluna, proporcionando, desta forma, um maior controle do lançamento de fragmentos de rocha para a atmosfera, devido à redução na ejeção destes gases pelos tampões, bem como proporciona uma melhor fragmentação da rocha, principalmente na região do tampão, visto que, promove a distribuição lateral dos gases entre furos. De forma aproveitar ao máximo a energia fornecida pelo explosivo, deste modo garantirá a eficiência do desmonte de rocha.

Jimeno (2013) diz que o tampão é a porção do furo de desmorte que foi preenchida com material inerte acima da carga para confinar e reter os gases produzidos pela explosão, melhorando assim o processo de fragmentação. atmosfera que produzirá explosão de ar e perigo de ultra lançamento. Por outro lado, se o desbaste for excessivo, haverá grande quantidade de pedregulhos vindos da parte superior da bancada, baixo inchamento da pilha e um nível de vibração elevado.

Uma fragmentação inadequada influencia diretamente na efetividade da produção uma vez que, há a geração de materiais maiores (oversizes) ou muito finos. "Fragmentos muito grandes para serem eficientemente escavados, transportados e processados devem, ou ser tratados como ineficiência do processo ou ser refragmentados por desmorte mecânico, ou por desmorte secundário. Desmorte secundário é tempo consumido, mais caro e mais difícil que o desmorte de rotina" (Scott et al, 1996).

No presente trabalho será avaliado os resultados do levantamento realizado na mineradora Árica, onde foi realizado 1 desmorte utilizando plug da marca Tamplug para maximizar o confinamento dos gases em aproximadamente 50% dos furos, que serão comparados com tamponamento convencional com brita 12 mm.

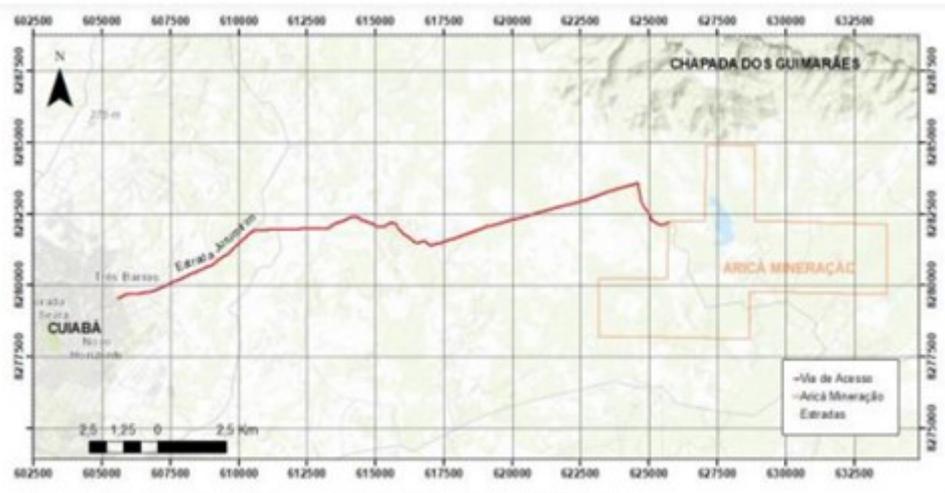
A aplicação dos plugs é realizada no momento da confecção do tampão, após a estabilização da emulsão bombeada, ou da finalização do carregamento com emulsão encartuchada. Antes da introdução do plug no furo, é necessário preencher o furo com 20 e 30 cm de material inerte, de forma que o plug não fique em contato com o explosivo, evitando a queima prematura do plug, após esta etapa, o plug é introduzido no furo com o auxílio do atacador (haste de madeira, taquara ou cano PVC) até encostar no tampão inicial, e então o restante do furo é preenchido com o material de tamponamento.

Serão realizados a análise granulométrica do desmorte, e será comparado os resultados obtidos do desmorte com tampão convencional com os de região com tampão não convencional. A redução da granulometria indicara a maximização dos mecanismos de fragmentação (Pina, 2018).

## LOCALIZAÇÃO

O trabalho foi realizado na mineração Aricá,, localizado no município de Cuiabá no estado de Mato Grosso, onde a ocorrência de minério de ouro está relacionado aos metassedimentos do Grupo Cuiabá na região da Baixada Cuiabana. Teve suas atividades garimpeiras iniciadas no período colonial, tendo um pico importante de produção nas décadas de 80 e 90 (Pinho, 1990). Atualmente a Aricá Mineração é detentora dos direitos minerários, sendo responsável pelos trabalhos de viabilização e produção deste minério.

Contextualizar a atividade garimpeira ao longo de toda essa região se torna uma atividade de grande relevância para o presente trabalho, uma vez que a Mineração Aricá se encontra locada sobre um antigo garimpo. O principal acesso se dá pela Estrada Coxipó do Ouro passando pelo bairro Dr. Fábio Leite e pelo Residencial Lagoa Azul onde podemos acessar a Estrada Jurumirim, percorrendo-se cerca de 25 km até a área da mineradora



FONTE:(COLOMBO, 2021)

## MATERIAL E MÉTODOS

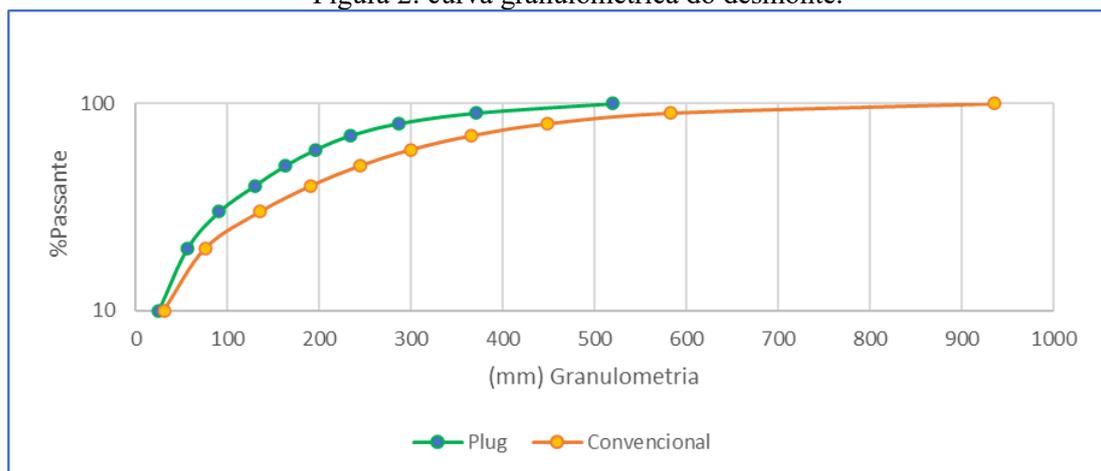
A aplicação dos plugs é realizada no momento da confecção do tampão, após a estabilização da emulsão bombeada, ou da finalização do carregamento com emulsão encartuchada. Antes da introdução do plug no furo, é necessário preencher o furo com 20 e 30 cm de material inerte, de forma que o plug não fique em contato com o explosivo, evitando a queima prematura do plug, após esta etapa, o plug é introduzido no furo com o auxílio do atacador (haste de madeira, taquara ou cano PVC) até encostar no tampão inicial, e então o restante do furo é preenchido com o material de tamponamento.

A funcionalidade do plug ocorre durante a expansão do gás gerado pela reação química da detonação do explosivo na coluna. O gás empurra a porção inicial do tampão em direção ao colar do furo e ao pressionar o plug, este se prende a parede do furo, devido a sua forma cônica, e boqueia o movimento do material e evita a ejeção do gás gerado pela reação química da detonação do explosivo, em conjunto com o material do tampão. Este mecanismo de melhoria no confinamento dos gases contribui para uma distribuição radial dos gases promovendo uma melhoria na fragmentação, a melhora do confinamento dos gases promovendo uma distribuição radial melhor dos gases promovendo melhoria na fragmentação da rocha tanto na região do tampão, como em todo bloco sendo desmontado. O bloqueio, ou travamento do tampão também proporciona o controle de lançamentos, visto que a ejeção do material é reduzida, ou evitada, principalmente quando há a presença de água no furo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos o plug demonstrou ser mais eficiente no confinamento dos gases, proporcionando maior aproveitamento da energia liberada pelo explosivo o que resultou em faixas granulométricas significativamente menor ao comparar com o resultado obtido com o tampão convencional. permitindo aumentar padrões geométricos da malha de furação.

Figura 2: curva granulométrica do desmonte.



O segundo Pina (2017) o tamponamento tradicional possui pouca resistência a ejeção o que o faz com que a brita utilizada nesse método seja facilmente ejetada com a pressão da detonação, desperdiçando a energia proveniente dos gases, energia esta que poderia ser usada no processo de abertura das fraturas e fragmentação da rocha.

A injeção de tampão é responsável também pela criação de airblast em demasia, além demais pode causar ultra lançamento, e diminuir significativamente a ação dos mecanismos de fragmentação, causando matacões na região de tampão e até mesmo resultados indesejados na região da carga de coluna no desmonte de rocha. Na figura 2 podemos observar que utilização de tamponamento com plug permite um maior confinamento dos gases possibilitando assim um melhor aproveitamento da energia liberada pelo explosivo no processo de fragmentação da rocha. Permitindo aumentar o afastamento e espaçamento em 18% e o comprimento do tampão reduzido em 18%.

Dessa forma, devido a ampliação da malha de perfuração há uma redução na quantidade de metros perfurados, aumento no volume desmontado por furo e um maior incremento na quantidade de explosivos no topo da bancada, devido a resistência do tampão, reduzindo-se assim a geração de matacões na parte superior da bancada.

Quadro 1: Custo unitário do Desmonte I usando plano de fogo adaptado ao método de tamponamento tampão convencional.

Plano de Fogo				
DADOS IMPORTANTES:		MATERIAL UTILIZADO		ORÇAMENTO
Afastamento:	3,2 m	Emulsão Bombeada	8803,2 Kg	RS 68.841,02
Espaçamento:	3,7 m	Emulsão Encartuchada 2" x 24"	Kg	RS -
Quantidade de furos:	240	Brinel de Coluna 12 m x 250 ms	0 Unid.	RS -
Diâmetro do furo:	3 "	Brinel de Coluna 9 m x 250 ms	240 Unid.	RS 4.713,60
Altura média dos furos:	9,00 m	Brinel de Ligação 4 m x 9 ms	0 Unid.	RS -
Tamponamento médio:	2 m	Brinel de Ligação 6 m x 17 ms	Unid.	RS -
Carga média por furo:	36,68 Kg	Brinel de Ligação 6 m x 25 ms	Unid.	RS -
Volume aproximado:	25574,4 m <sup>3</sup>	Brinel de Ligação 6 m x 42 ms	240 Unid.	RS 4.932,00
Volume empolado:	38361,6 m <sup>3</sup>	Booster 150g	240 Unid.	RS 5.140,80
Razão de carga média:	0,34422 Kg/m <sup>3</sup>	Espoletados	4 Unid.	RS 41,12
Carga máxima indicada:	266,4 Kg	Cordel NP 10	0 Unid.	RS -
Carga máxima atingida:	73,36 Kg	Granulado	0 Kg	RS -
			Serviço	RS 5.111,60
			<b>TOTAL</b>	<b>RS 88.780,14</b>

Fonte: Autor, 2022.

Quadro 2: Custo unitário do Desmonte I usando plano de fogo adaptado ao método de tamponamento com plug

Plano de Fogo				
DADOS IMPORTANTES:		MATERIAL UTILIZADO		ORÇAMENTO
Espaçamento:	4,3 m	Emulsão Bombeada	6875,78 Kg	RS 53.768,63
Afastamento:	3,7 m	Emulsão Encartuchada 2" x 24"	0 Kg	RS -
Quantidade de furos:	178	Brinel de Coluna 12 m x 250 ms	0 Unid.	RS -
Diâmetro do furo:	3 "	Brinel de Coluna 9 m x 250 ms	178 Unid.	RS 3.495,92
Altura média dos furos:	9 m	Brinel de Ligação 4 m x 9 ms	0 Unid.	RS -
Tamponamento médio:	1,60 m	Brinel de Ligação 6 m x 17 ms	Unid.	RS -
Carga média por furo:	38,628 Kg	Brinel de Ligação 6 m x 25 ms	Unid.	RS -
Volume aproximado:	25487,8 m <sup>3</sup>	Brinel de Ligação 6 m x 42 ms	178 Unid.	RS 3.657,90
Volume empolado:	38231,7 m <sup>3</sup>	Booster 150g	178 Unid.	RS 3.812,76
Razão de carga média:	0,26977 Kg/m <sup>3</sup>	Espoletados	4 Unid.	RS 41,12
Carga máxima indicada:	266,4 Kg	Cordel NP 10	0 Unid.	RS -
Carga máxima atingida:	77,256 Kg	Granulado	0 Kg	RS -
		Tamplug	178 Unid.	RS 534,00
			Serviço	RS 5.111,60
			<b>TOTAL</b>	<b>RS 70.421,93</b>

Fonte: Autor, 2022.

Tabela 1:comparativa de custo entre a malha adaptada para tampão com plug e adaptada para malha com tampão convencional

Itens	Plug	Tradicional	Diferença	Diferença em %
Metros Linear perfurado (m)	1602	2160	558	25,8%
Custo da perfuração	R\$ 6.317,22	R\$ 8.517,60	R\$ 2.200,38	25,8%
Razão de Carga (Kg/m <sup>3</sup> )	0,267	0,3429	0,0759	22,1%
Custo de desmonte	R\$ 70.421,93	R\$ 88.517,39	R\$ 18.095,46	20,4%
Custo total perfuração e desmonte	R\$ 76.739,15	R\$ 97.034,99	R\$ 20.295,84	20,9%

Fonte: Autor, 2022

Devido o aumento da malha em 18% na malha de furação, a malha passou a ter 178 furos com 1,6 metros de tampão. Havendo uma redução significativa na razão de carga, e basicamente o mesmo volume de material desmontado. Além do mais, acima indica uma diminuição significativa no custo da perfuração e desmonte, onde o gasto estimado com perfuração será de R\$ 6.317,22. já o gasto com explosivo, acessórios e prestação de serviço totaliza R\$ 70.421,93. Logo o custo com perfuração e desmonte totaliza de R\$ 76.739,15

Portanto houve uma redução em termos de metros perfurados de 558 m, isso corresponde a cerca de 25,8% que corresponde ao valor de R\$ 2.200,38 com perfuração e 20,4% de economia explosivos e acessórios que corresponde a R\$ 18.095,46.

## CONCLUSÃO

O tampão tem a função de confinar os gases provenientes da detonação e com isso transferir o máximo possível da energia do explosivo para o maciço rochoso e reduzir os efeitos indesejados de sopro de ar e ultra lançamentos. A deficiência no tamponamento pode ocasionar a perda de desempenho na fragmentação devido ao escape precoce dos gases para a atmosfera, causando uma fragmentação ruim, especialmente na parte superior da bancada, onde ocorre a formação de matacões.

Avaliando os resultados fotográficos das pilhas formadas nas detonações através do tratamento de imagens no software Split-desktop evidenciou que com a utilização do plug houve um aumento expressivo na fragmentação em relação ao método convencional utilizado pela Mineradora Árica. O ensaio comparativo realizado na Mineração Árica mostrou que o método de tamponamento com plug é capaz de maximizar ação dos mecanismos de fragmentação proporcionando ganhos relativos à redução nos metros perfurados, diminuição dos custos unitários de desmonte e obtenção de um produto final com maior grau de fragmentação do que o método convencional, conseqüentemente houve economia média de e 22,11% com perfuração. Em virtude da possibilidade de da maximização dos parâmetros geométricos da malha de perfuração tem-se também uma diminuição na razão de carga específica (kg explosivo / m<sup>3</sup> desmontado) indicando ser mais econômico do que o método convencional de tamponamento, conseqüentemente houve uma economia média e 22,11% em acessórios e explosivos.

## AGRADECIMENTOS

A mineração Aricá e ao Engenheiro Rafael de Moraes Barros.

## REFERÊNCIAS

- PINA, M. S. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO DESMONTE DE EXPLOSIVOS COM USO DE TAMPÃO NÃO CONVENCIONAL RIGIDO DE GESSO. 2017. 47-54. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017
- Araújo, A. E. de; Amorim Neto, M. da S.; Beltrão, N. E. de M. Municípios aptos e épocas de plantio para o cultivo da mamoneira no estado da Paraíba. Revista de Oleaginosas e Fibrosas, v.4, n.2, p.103-110, 2000.
- EMBRAPA. Embrapa Algodão. Zoneamento da Mamona no Nordeste. Nota Técnica. 2008. Disponível em: [http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/zoneamento\\_pb.PDF](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/zoneamento_pb.PDF). Acesso em: 28 de abril de 2016.

Francisco; P. R. M.; Medeiros; R. M. de; Matos, R. M. de; Santos; D. Variabilidade espaço-temporal das precipitações anuais do período úmido e seco no Estado da Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC' 2015, Fortaleza, Anais...Fortaleza, 2015.