

Olá meus amigos, espero que todos estejam bem e claro que aproveitando os nossos artigos de alguma forma!

Como sempre deixamos aqui os links das versões em português e inglês para que aqueles que ainda não o fizeram possam se inscrever e receber as notificações automáticas a cada novo artigo, assim como para que vocês verifiquem se não perderam nenhum artigo passado:

Português

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

English

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

Para o artigo de hoje nós temos um convidado especial, que é o engenheiro de minas Laércio Morais, que é um grande amigo e tem grande experiência com perfuração e desmonte, principalmente em mineração subterrânea.

Vou deixar aqui o LinkedIn dele como referência e contato para aqueles que desejarem:

<https://www.linkedin.com/in/la%C3%A9rcio-morais-702084218/>

Assim que sem demoras deixo vocês com o artigo de hoje:

USO DE TÉCNICA DE PERFILAGEM PARA OTIMIZAÇÃO DO DESMONTE DE SLOT E STOPES LONGOS

Por Laércio Morais

Olá pessoal, hoje traremos um case de sucesso na área de mineração subterrânea. Toda lavra subterrânea há a necessidade de uma abertura de face livre inicial, e normalmente isso é feito através de slot detonados ou através de pequenas raise boring tipo boxhole (ver figura 1). Nesse artigo abordaremos com maiores detalhes o primeiro tipo de abertura e as mais novas tecnologias para tal.

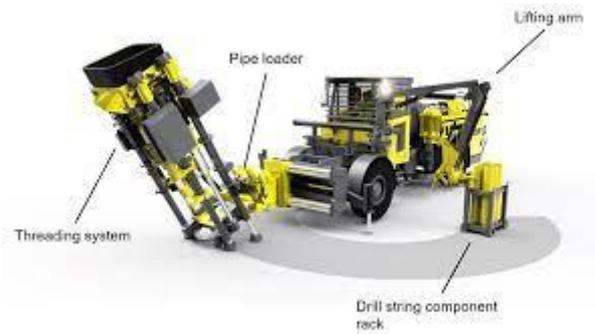


Figura 1: Easer L para furos de alívio

Essa face livre inicial deve ser aberta para que todos os leques produtivos sejam detonados para dentro dela pois, como já tratamos aqui anteriormente, toda detonação para ser eficaz necessita de uma face livre.

O slot, pilão ou chaminé, são nomenclaturas operacionais dadas a essa primeira face livre. Ela é obtida através de uma combinação geométrica de furos vazios com furos produtivos (carregados). Essa configuração varia de acordo com comprimento do slot e tipo de rocha, principalmente. (ver figura 2).

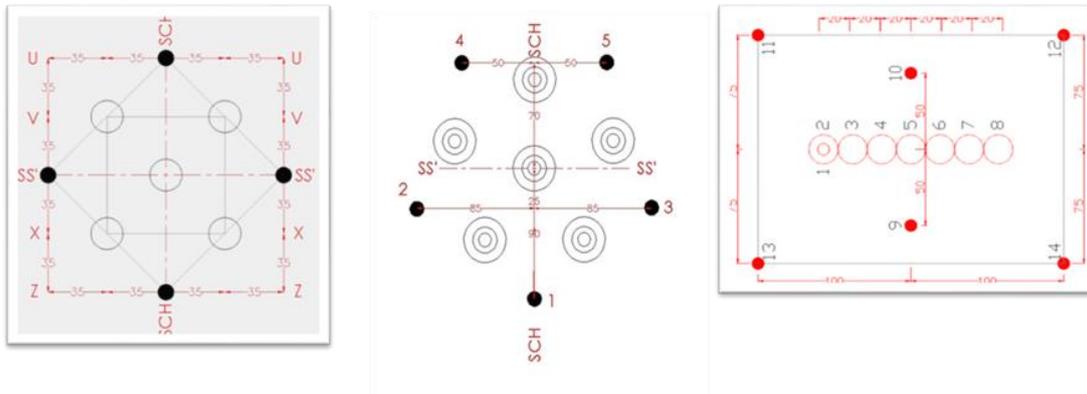


Figura 2: Tipos de Slot para abertura de face livre

A detonação desses slots no passado era feita de maneira gradual e exigia muito dos blaster tanto no aspecto físico quanto no operacional e de segurança, devido a isso houve a necessidade de detonações únicas do slot para evitar tais exposições e riscos, todavia, o índice de insucesso aumentou significativamente. (ver figura 3)

junto com uma temporização de saída adequada, possibilitando que esses slots sejam detonados em um só fogo, obtendo recuperações acima de 90%.

A perfilagem nesse contexto serve como um “raio x” da perfuração pois, muitas vezes observamos apenas o emboque dos furos e não sabemos como está a distribuição dele dentro da rocha, quanto de desvio ele teve. Essa investigação do furo através da perfilagem nos fornece informações importantes para os próximos passos, a detonação.

Nesse artigo vamos enfatizar um caso de sucesso em uma mina de ouro no interior baiano com a aplicação dessa metodologia na qual usa as informações técnicas de perfilagens para viabilização econômica dos stopes através de otimização da temporização dos desmontes, ou seja, como a detonação do slot é otimizada a partir desse “raio x” da perfuração.

METODOLOGIA

Com o objetivo de identificar a orientação vertical dos furos, utilizou-se o processo de perfilagem com um equipamento perfilador, digital e magnético, que é usado para medições de trajetórias dos furos. Sua principal função é mapear a direção e inclinação dos furos. Após a realização destas medições foi possível definir um padrão de desvios possibilitando assim uma adequação dos projetos de carregamento personalizado e, desta forma, aumentar a recuperação das detonações.

A perfilagem dos furos longos de lavras em sublevel (Slot, Contra Recuos e Leques Normais) com o instrumento de medição, Perfilador REFLEX EZ-AQ / EZ-TRAC (Palmtop e/ou Tablet), visa determinar possíveis desvios, variações e variações de comprimento dos furos perfurados em seções de lavra; priorizando lavras estreitas, furos longos e stopes críticos. Melhorando o percentual de recuperação e diluição da lavra.

A metodologia adotada para a execução desse trabalho pode ser listada a seguir:

- Elaboração de plano de perfuração e marcação topográfica;

- Acompanhamento em campo da execução da perfuração através de aferição de ângulo, regulagem de pressões de avanço e percussão;
- Perfilagem de todos os furos feitos pelo DL421, incluindo os furos de 203 mm;
- Tratamento dos dados da perfilagem e identificação de melhor sequenciamento de saída dos furos;
- Tomada de decisão sobre o tipo de carregamento e temporização a ser adotada (carregamento em deck de 8 metros dos furos de produção);
- Utilização de espaçadores em torno de 60 cm para descontinuar as cargas de 8 metros dos três decks de cada furo;
- Controle de tampão para preservação do brow do slot (ou boca do slot);

Plano de fogo em marcação topográfica

Considerando a versatilidade do equipamento de perfuração vertical (DL421) em relação as angulações de perfuração, foi determinado que o slot deveria ser perfurado com este equipamento para uma melhor inclinação do stop desenhado e otimização da lavra.

Para esse tipo de equipamento tornou-se necessário uma nova configuração do design de perfuração na qual atendesse face livre suficiente para o empolamento de toda a seção slot detonada. Sendo assim, foi estabelecido um novo plano de perfuração com adição de novos furos de alívio aumentando a área de vazios dentro do slot.

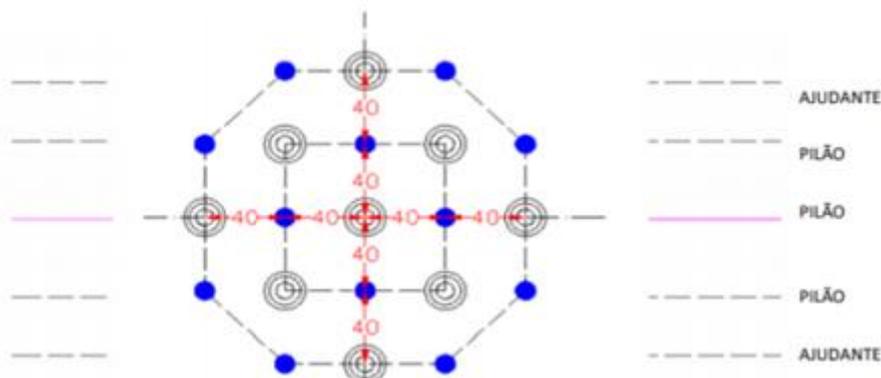


Figura 4: Plano de perfuração do slot com furos de alívio e furos de produção.

Execução do plano de perfuração

Determinada a malha a ser utilizada foi necessário um acompanhamento efetivo em campo dos emboques e seus respectivos ângulos. A calibragem do equipamento também foi fator fundamental para um bom desempenho do emboque dos furos e evitar grandes dispersões.

Pressões de avanço e rotação foram monitoradas a todo momento a fim de evitar desvios operacionais indesejados.



Figura 5: Execução da perfuração do slot com DL 421 em ângulo lateral de 45°.

Perfilagem de todos os furos executados

Identificados todos os furos executados através do plano de perfuração foram realizados as perfilagens de todos eles. Houve a necessidade de investigação até dos furos de alívios pois a identificação da distribuição espacial desses são essenciais para uma boa sequência de geração de face livre.

O equipamento utilizado para tal finalidade foi o perfilador Reflex modelo EZ-AQ e Palmtop/Tablet modelos EZ-TRAC. Os materiais utilizados para execução da atividade foram: maleta com perfilador, barra com sensor perfilador de 1 metro, centralizadores de furo, spray para marcação numerada dos furos perfurados por leque, conjunto de hastes articuladas de 20 metros, prancheta com projetos da seção e parte diária da atividade.

O perfilador é um equipamento eletrônico (Palmtop ou Tablet Reflex) que torna suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência associado ao levantamento topográfico do emboque do furo. No caso da perfilagem aplicada a lavra em leques, o perfilador mede a distância desde o emboque do furo até o fundo de furo com princípio de eletromagnetismo.



Figura 6: Equipamento de Perfilagem: Palmtop, Maleta Reflex e Conjunto de hastes

Tratamento dos dados de perfilagem

Descarregando os dados do Palmtop/Tablet no programa Sprocess, compilou-se as medições juntamente com o arquivo que contém as coordenadas dos emboques de cada furo dos leques perfilados no formato “.txt” de forma que os fuos levantados fiquem georreferenciados. Concluído este primeiro tratamento dos dados, foi necessário um novo tratamento dessa vez utilizando os softwares de planejamento Vulcan e/ou Deswik. Após esse segundo tratamento, gerou-se arquivos em “.csv”, realizando-se o modelamento e análise dos resultados.

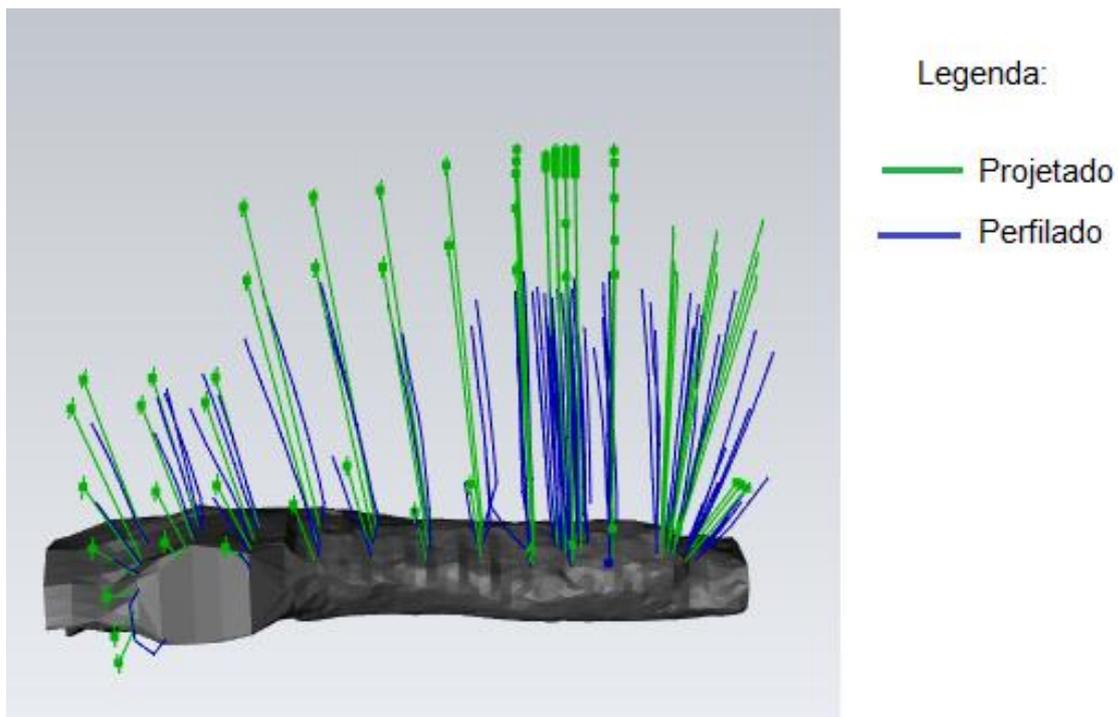


Figura 7: Saída gráfica dos dados da perfilagem dos furos.

Vale ressaltar que a metragem perfilada (cor azul) está abaixo da metragem projetada (cor verde) pois o stope lavrado possuía uma altura de 26 metros e devido a limitação do comprimento do conjunto de hastes que a empresa dispunha na época (20 metros), os últimos 6 metros finais não foram perfilados. Um problema que foi logo em seguida ajustado com a substituição do conjunto de hastes de 20 metros por um rolo de mangueira de 30 metros.

Carregamento e temporização

Para metragens acima de 20 metros diversos fatores se somam para potencializar possíveis desvios de perfuração. Mesmo diante de um monitoramento na execução e ainda com um equipamento de maior robustez torna-se inevitável os desvios de perfurações longas.

Essas informações podem ser bem evidenciadas quando olhamos os dados de perfilagens em planos horizontais, ou seja, em uma vista XY.

Através das figuras a seguir podemos ver claramente a elevada dispersão dos furos nos primeiros 8 metros e 15 m de profundidade, respectivamente.

A figura 8 mostra o design projetado do slot e como deveria ser a distribuição dos furos do início ao fim da perfuração, as seções e suas cores ajudarão na identificação dos furos ao longo da perfuração.

Seção	Cor
814.0	Vermelho
814.4	Verde
814.8	Rosa
815.2	Amarelo
815.6	Azul claro

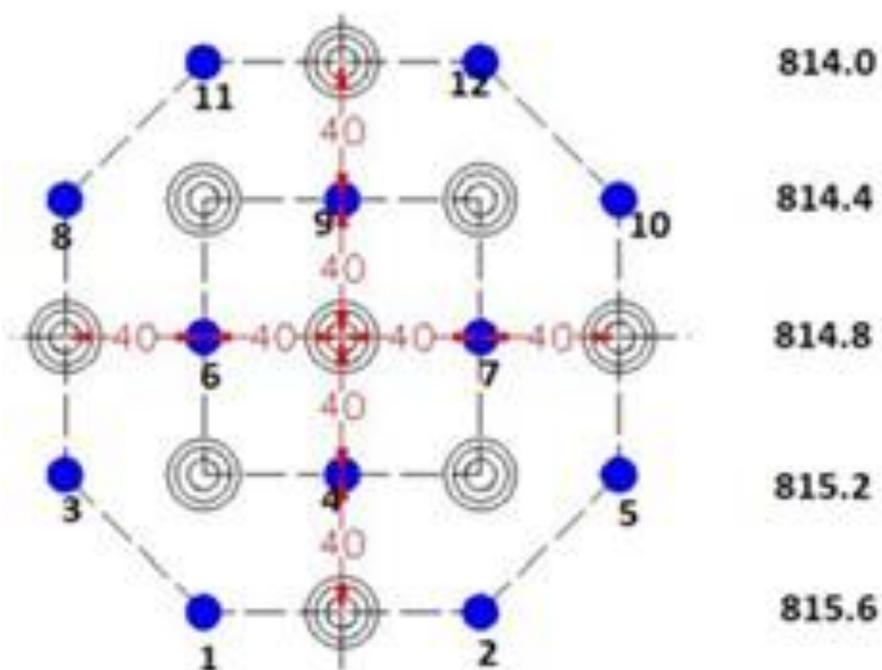


Figura 8: Design do projeto do slot

Nas imagens abaixo já observamos a total desconfiguração do projeto nos primeiros 8 e 15 metros perfurados na rocha.

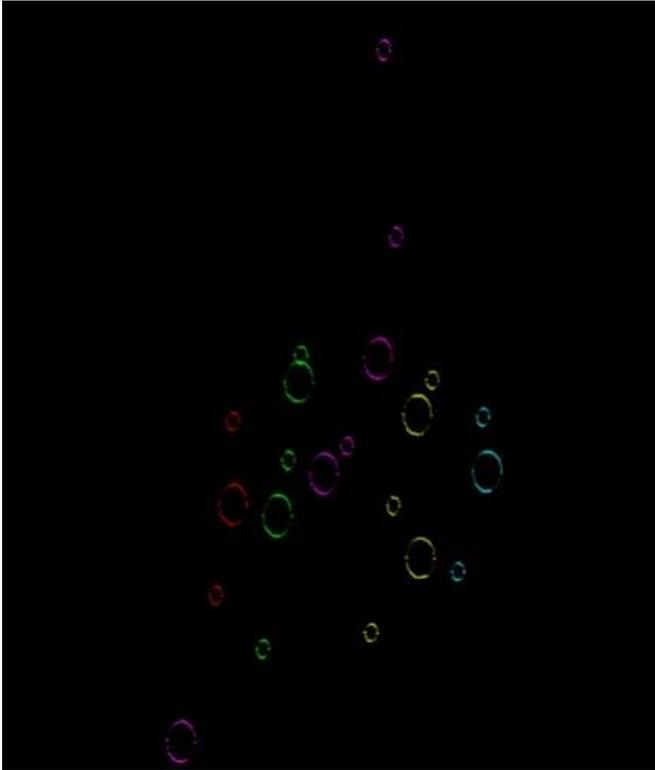


Figura 9: Dispersão dos furos de alivio e de produção ao longo de 8 m.

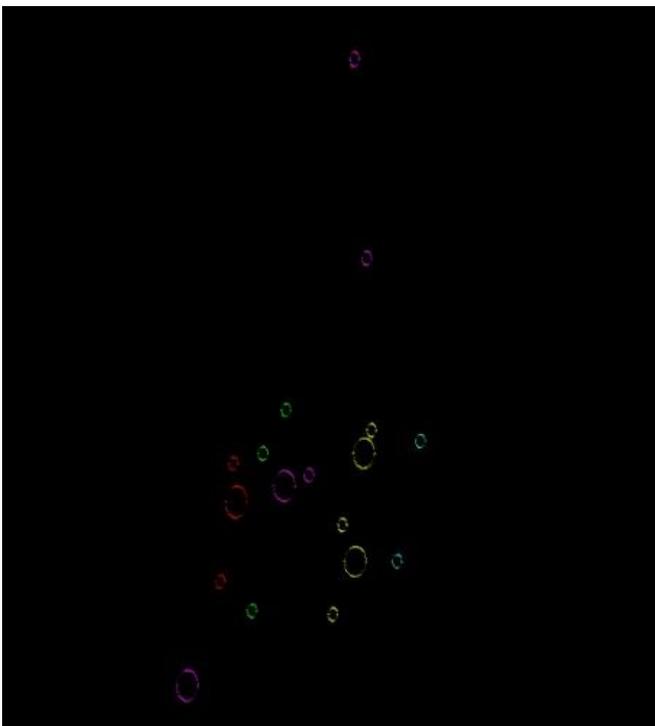


Figura 10: Dispersão dos furos de alivio e de produção ao longo de 15 m.

Diante da elevada desconfiguração do slot, ou seja, grandes desvios na perfuração, planejado versus realizado, optou-se por um carregamento em decks de 8 metros de

comprimento. Desta forma foi possível otimizar as melhores distribuições ao longo desses comprimentos e através de uma sequência de saída de furos obter uma melhor geração de face livre subsequente.

O carregamento foi feito com emulsão bombeada e utilizou-se duas espoletas eletrônica por decks (em forma de backup). Este procedimento visa diminuir a possibilidade de qualquer falha na conectividade e falta de comunicação da espoleta durante o processo de carregamento.

Para garantir a descontinuidade das cargas e garantir a existência dos decks tornou-se indispensável um controle aguçado da gaseificação da emulsão e controles de tampões assim como uso de bolsas de ar para gerar o espaçamento entre cargas a fim de evitar a detonação do deck vizinho por efeito simpatia.

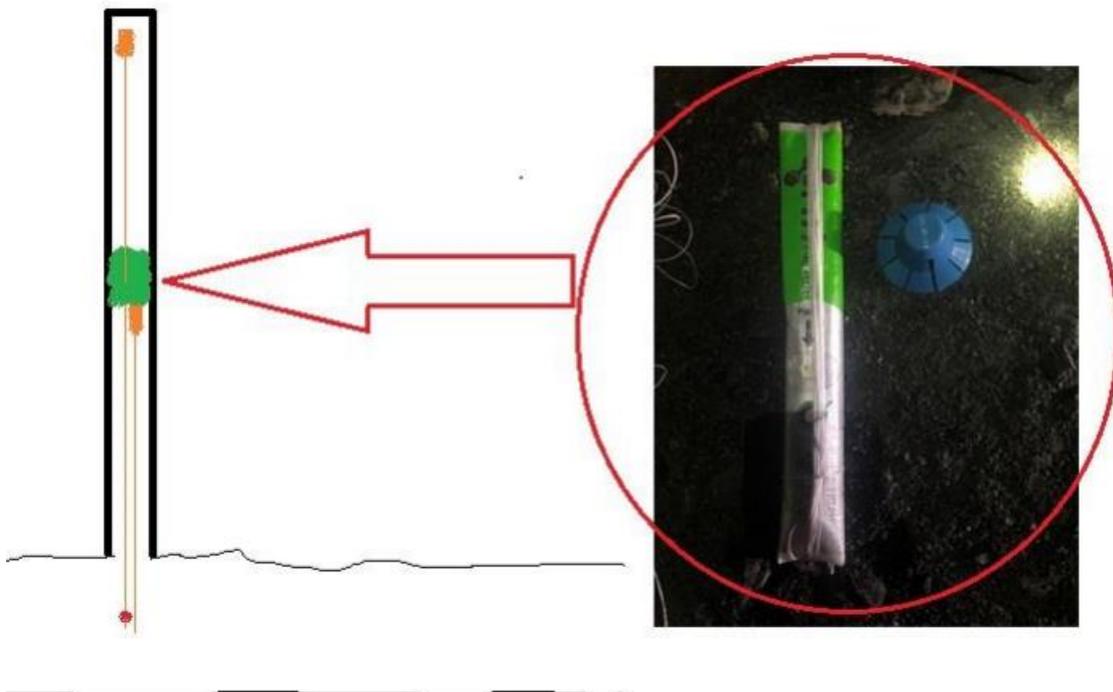


Figura 11: Ilustração do carregamento em deck e uso de bolsas de ar como separadores.

Nesse tipo de operação o conhecimento da gaseificação do explosivo é imprescindível pois caso haja gaseificação em excesso haverá percolação da emulsão e continuidade de carga. Portanto, o conhecimento de tampão de parada, nesse caso, é de extrema importância.

Temporização dos decks carregados

Como dito anteriormente, a temporização foi feita toda com base na distribuição de furos respeitando a face livre que cada furo gera para o furo seguinte. Dessa forma, a leitura da perfilagem auxilia na escolha da temporização para que haja efetivamente uma otimização dessa abertura e o grau de liberação do slot seja completo, ou seja, que o rendimento de sua detonação seja satisfatório proporcionando uma grande área vazia capaz de receber todo material empolado da detonação da seção slot.

Diante disso, torna-se também indispensável o uso de espoletas eletrônicas nesse tipo de operação pois somente através dela é possível a distribuição de tempos personalizados.

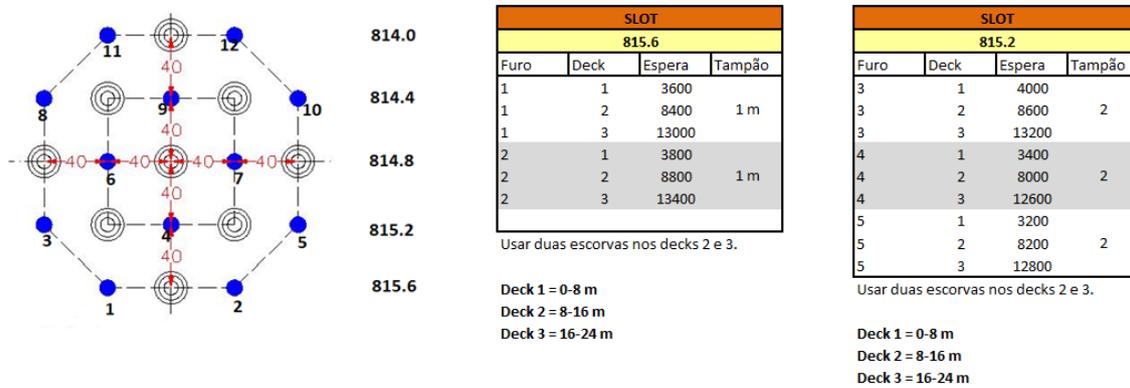


Figura 12: Temporização utilizada em cada deck conforme plano de perfuração.

Detonação

Uma vez carregados todos os furos, foi realizado todo procedimento de testagem dos detonadores e após aprovação, realizada a detonação.

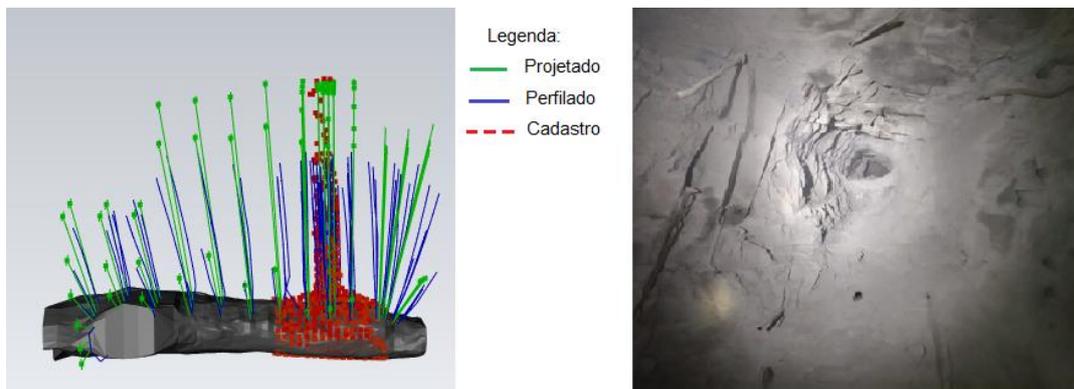


Figura 13: Cadastro topográfico realizado com scanner e foto após desmonte.

Pode-se observar através das imagens acima que houve um rendimento de 100% do desmonte gerando toda a face livre necessária para a detonação da seção e abertura total do stope.

DISCUSSÃO E RESULTADOS

Com a aplicação desta técnica tornou-se possível a lavra de alguns stopes que caso fosse desenhado para equipamento tipo raise borer seriam inviáveis economicamente devido a elevada diluição planejada e baixo teor do stope.

Diante das informações obtidas pela perfilagem foi possível um melhor conhecimento da distribuição dos furos e realizar uma otimização, aliada a tecnologia de detonadores eletrônicos, da temporização e conseqüentemente do desmonte.

Os indicadores de desempenho do planejamento de mina confirmam as informações contida nesse artigo e evidencia, sem sombra de dúvidas, a eficácia da técnica de perfilagem de furos verticais na recuperação de detonação de stopes longos.

Diante do sucesso deste case, essa mesma metodologia foi aplicada a outros stopes longos nos quais houveram também ganhos através da redução da diluição planejada, aumento de teor do stope e ganho em onças recuperadas.

Por fim e mais importante de todos, a perfilagem dos furos trouxe a tona diversas imperícias operacionais no tocante a perfuração como: metragem incompleta, ou seja, furos que não foram feitos ou feitos na metragem errada, furos perfurados em angulação errada, leques perfurados em malhas erradas;

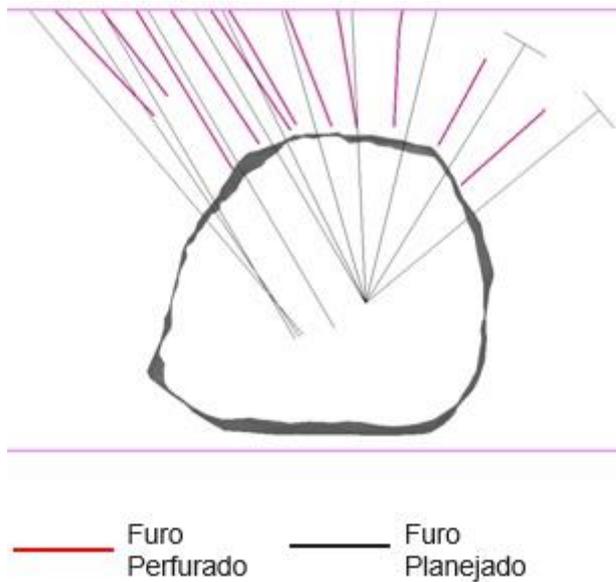


Figura 14: Execução dos furos com angulação e comprimento diferente do projeto

O método de investigação dos furos auxilia também na identificação de bit cegos, na calibragem e nas pressões alteradas dos equipamentos pois também há uma tendência de tipo de desvios para esses tipos de situações.

Portanto, através da perfilagem e de um banco de dados sólido gerado pelas informações diárias dessa atividade foi possível revisar todos os procedimentos operacionais das atividades de perfuração de rocha e ganhos significativos foram obtidos com a implementação dessa atividade no ciclo operacional.

Pois é isso meus amigos, por hoje é só, espero que tenham gostado do artigo de hoje, qualquer dúvida ou comentário o Laercio estará atento e respondendo qualquer questão, ou vocês podem entrar em contato direto pelo seu LinkedIn.

Realmente esperamos que estejam gostando e que de alguma forma possamos estar contribuindo para a formação de profissionais e para a segurança das operações.

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

blastingtreinamentos@gmail.com