

Comentários sobre o Desmonte de Rochas com Explosivos

Usar ou não furos inclinados em desmontes a céu aberto?

Por Bruno Pimentel.

Olá meus amigos, espero que estejam todos bem!

Na nossa última publicação trouxemos um artigo do nosso amigo Laercio Morais, assim que confesso que os dedos já estavam coçando um pouco para voltar a escrever pra vocês, quem dera pudesse fazer com mais frequência!

Para aqueles que não viram o artigo do Laercio ou ainda não se inscreveram na nossa newsletter basta clicar no link abaixo:

Português

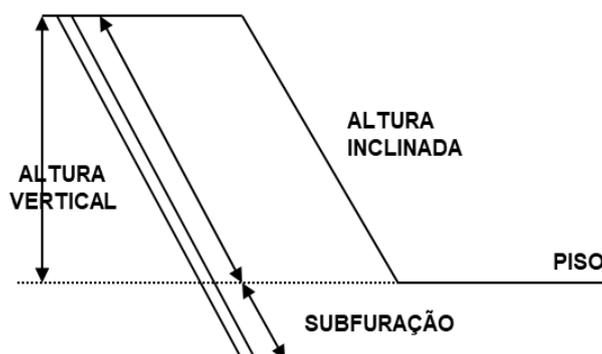
<https://www.linkedin.com/newsletters/desmonte-de-rocha-c-explosivo-6941709482355748864/>

English

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

No artigo de hoje vamos falar brevemente sobre um tema que sempre gera muita discussão, que é a possibilidade de utilizar furos inclinados nas nossas detonações, pois apesar de que para algumas operações isso pode parecer uma pratica padrão outras se questionam constantemente se realmente os benefícios valem a pena frente as dificuldades operacionais.

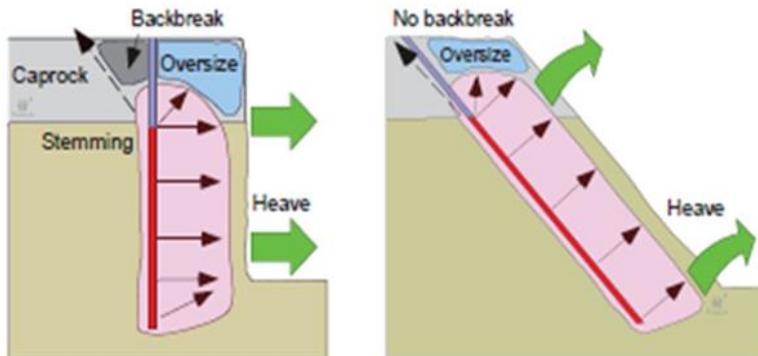
Antes de entrarmos no tema é importante avisar que aqui não vamos ditar regras e nem dizer o que deve ser feito, mas sim vamos levantar os principais pontos que devem ser observados em cada operação para que se possa avaliar se os benefícios encontrados são maiores que as dificuldades para sua realização.



De forma geral, tanto os conceitos teóricos como as aplicações praticas tem indicado que o uso de furos inclinadas em detonações a céu aberto, principalmente em bancadas, produzem melhores resultados, onde as principais razões para isso seriam:

- Distribuição da carga é mais uniforme;
- Melhor direcionamento da energia para a região do tampão;

- Maior alívio no pé;
- Melhor movimentação do material;
- Melhor definição do ângulo.



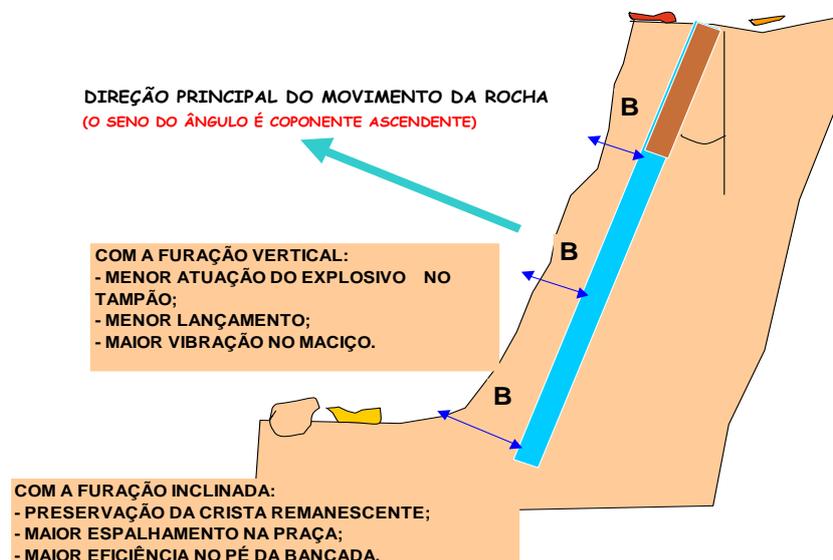
Essas razões implicam em uma série de possíveis vantagens que vão variar de acordo com as demais configurações da detonação e principalmente com as características da rocha, e esse é um ponto muito importante, pois as características da rocha podem mudar completamente os resultados. Por exemplo, ainda que as configurações do plano de fogo e a inclinação do furo sejam as mesmas, teremos um resultado completamente diferente se temos uma mudança na direção das estruturas da rocha, da mesma forma que nas rochas friáveis vamos nos beneficiar muito mais do maior alívio e maior lançamento do material, enquanto que nas rochas duras vamos aproveitar muito mais o maior aproveitamento da energia do explosivo. Assim é importante que ao analisar o desempenho dos furos inclinados façamos uma ponderação com as características da rocha, e por isso que as configurações de desenho devem ser testadas e adaptadas a cada tipo de maciço e cenário.

Mas de forma geral podemos dizer que as principais vantagens do uso de furos inclinados podem ser:

- A melhor distribuição do explosivo ao longo do volume de rocha contribui para uma melhor e mais uniforme fragmentação, diminuindo a fração grosseira;
- Com o melhor aproveitamento da energia do explosivo temos também uma diminuição nos possíveis impactos causados pelas perdas de energia, principalmente uma redução nas vibrações;
- A inclinação dos furos também permite uma maior atuação do explosivo nas regiões do tampão, e isso não só imediatamente acima do furo, mas principalmente entre os furos, melhorando a fragmentação nessa região, reduzindo inclusive o número de blocos;
- A disposição dos furos inclinados e o maior alívio gerado na detonação permitem uma maior eficiência no arranque do pé da bancada, possibilitando reduções de subfuração e a geração de repés. Em muitos casos a redução da subperfuração contribui para justificar parte do incremento do comprimento do furo;
- A maior eficiência de corte no pé da bancada também permite a preservação do topo da bancada do próximo nível de baixo;
- Temos um maior controle sobre o lançamento do material, com pilhas melhor formadas e com material mais solto (empolado) facilitando a sua escavação;

- Em várias situações é possível aproveitar os benefícios gerados para realizar uma abertura de malhas, principalmente em rochas friáveis e assim reduzir o consumo específico de explosivos;
- À medida que a inclinação se adequa ao ângulo de corte da rocha/repouso normalmente teremos uma adequação do afastamento da primeira linha, assim como uma melhor disposição do talude remanescente;
- Como os furos se moverem mais facilmente para frente, gerando um maior alívio ao longo da detonação, temos uma menor ação da sua energia no maciço remanescente, diminuindo as sobrequebras, o dano a crista e ao talude remanescente;
- As paredes inclinadas permitem uma maior estabilidade do que as verticais, principalmente quando temos que a inclinação dos furos coincide com a o ângulo de acomodação do maciço.

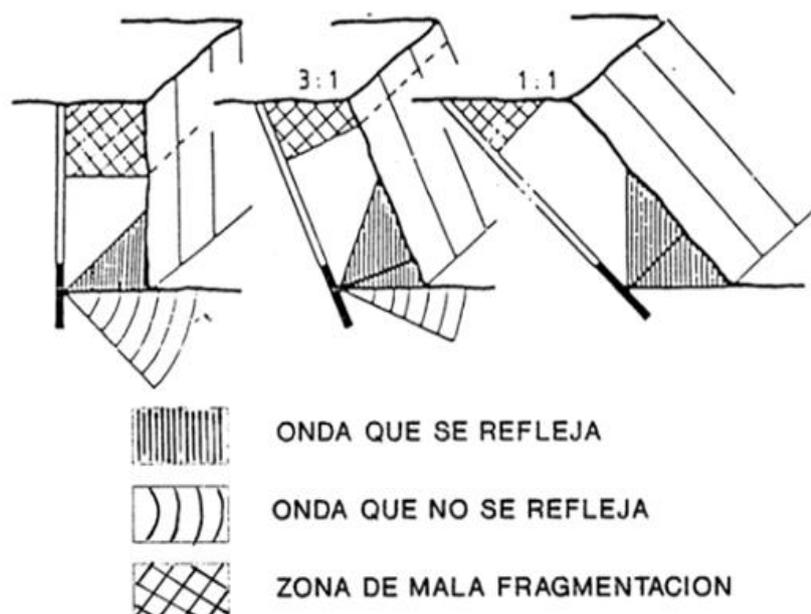
FURAÇÃO INCLINADA



Por outro lado, apesar das muitas vantagens, também temos uma serie de desvantagens ao utilizar furos inclinados, e por isso que é necessário fazer uma avaliação cuidadosa do seu uso, pois em algumas situações as desvantagens podem trazer muito mais prejuízos do que benefícios, fazendo com que a relação custo/benefício possa ser muito alta. Mas de forma resumida podemos indicar as principais desvantagens como sendo:

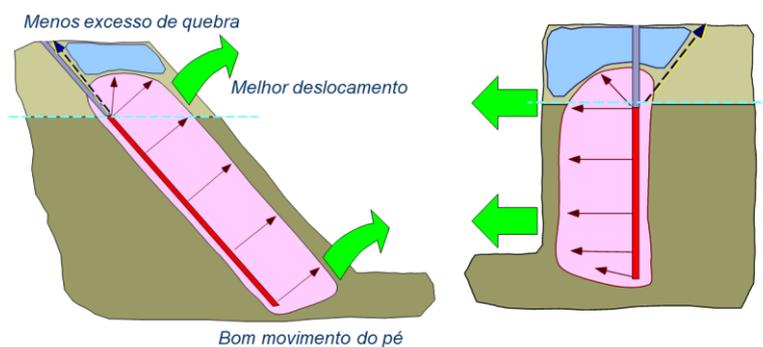
- Aumento na quantidade perfurada, que vai estar ligado diretamente a inclinação escolhida, onde quanto maior a inclinação maior a quantidade perfurada, isso claro implica no aumento de custos de perfuração;
- A inclinação dos furos trás maiores problemas operacionais na execução da perfuração, normalmente gerando maiores dificuldades de alinhamento, de posicionamento e de emboque dos furos;
- Com isso normalmente se necessita de uma maior supervisão, acompanhamento e controle da execução das atividades de perfuração e carregamento, para garantir que ela está seguindo os parâmetros adequados;

- Na prática, apesar de se utilizar inclinações até 45°, na maioria das vezes existe várias limitações e dificuldades operacionais para inclinações maiores que 20°, tanto para a perfuração como para o carregamento com explosivos, que precisam ser bem ponderadas pois podem aumentar em muito o tempo de execução e a qualidade;
- Os furos inclinados apresentam uma maior dificuldade para o carregamento com explosivos, principalmente no carregamento manual ou quando temos a presença de água nos furos;
- A maioria dos equipamentos de perfuração vai ter uma redução da força de avanço diminuindo os níveis de produção e aumentando os gastos;
- Também teremos um aumento nos desgastes das ferramentas de perfuração;
- A perfuração inclinada tende a apresentar maiores desvios, e esse é um dos maiores problemas, pois desvios e erros na perfuração vão implicar em diferenças na malha e na distribuição do explosivo, o que pode impactar os resultados e também elevar e muito o potencial de risco da detonação;
- O maior lançamento do material ou erros de inclinação na primeira linha podem implicar em maior risco de ultralanchamentos;
- Maior dificuldade na saída dos detritos da perfuração, fazendo com que uma maior quantidade fique dentro do furo perdendo assim parte da profundidade;
- Um ponto crucial é que a inclinação dos furos devem ser perpendiculares a linha de saída dos furos (atenção que a linha de perfuração pode ser diferente). Idealmente a linha de saída deve ser a mesma de perfuração e paralela a face livre;
- Também é importante que a inclinação siga a inclinação da bancada ou fazer ajustes na primeira linha para evitar afastamentos grandes ou muito curtos, da mesma forma deve-se adequar ao ângulo de talude pretendido.



Junto com as desvantagens vale a pena reforçarmos as dificuldades operacionais na utilização de ângulos maiores que 20°, pois apesar que em cenários pontuais podem ser contornados, em grandes operações essas dificuldades podem representar um grande impacto a produtividade e ao desempenho da operação. Por isso que precisamos considerar os seguintes pontos:

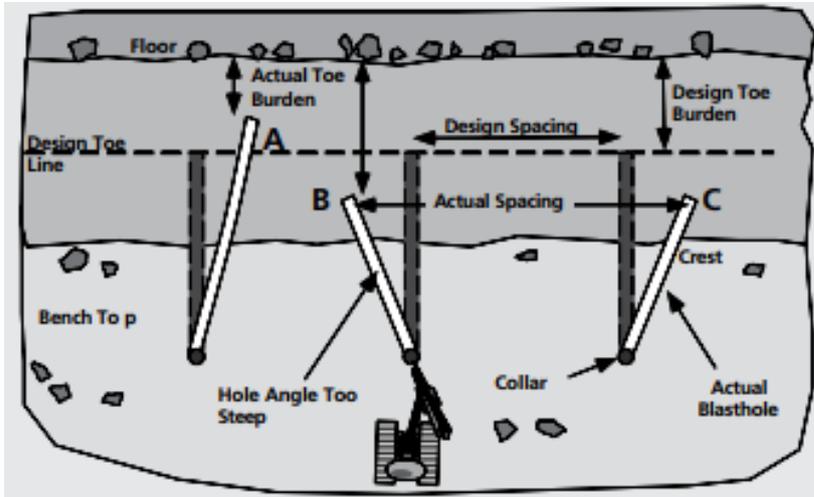
- Limitações operacionais de equipamentos de perfuração: a maioria dos equipamentos de perfuração vai aumentar sua ineficiência à medida que aumentamos a inclinação, aumentando desvios, possibilidade de erros, custos de execução, tempo, etc.
- Maiores dificuldade de emboque a alinhamento dos furos: e esse ponto se intensifica a medida que as condições da bancada não são ideais, assim que em praças desniveladas isso pode representar uma situação de alta probabilidade de erros e desvios.
- Furos inclinados provocam mais desgastes nas hastes, rolamentos, acoplamentos e estabilizadores: isso vai implicar tanto em custos, como na possibilidade de maiores erros.
- Geralmente provocam um nível de desvio maior: os erros e desvios devem ser a maior preocupação da perfuração inclinada, pois seu impacto pode gerar muito mais prejuízos do que os potenciais benefícios, assim que um parâmetro básico que deve ser analisado com muito critério para a determinação do uso ou não de inclinação nos furos é a capacidade de manter a precisão.
- Furos inclinados tem maior facilidade em se colapsar: isso se intensifica com o ângulo, pois a parte superior da parede do furo perde o seu apoio natural, e principalmente em rochas friáveis ou fraturadas é comum o aumento da caída de material das paredes do furo, causando percas de profundidade, assim como criando espaços vazios maiores ao longo do furo.
- Dificuldade no carregamento manual de furos muito inclinados: quanto maior a inclinação dos furos maior a dificuldade de realizar o carregamento, onde muitas vezes é necessário usar hastes guias para levar o explosivo até o fundo.



Um outro ponto que precisamos estar muito atento ao utilizar furos inclinados é o alinhamento (direção) dos mesmos, pois um alinhamento errado vai eliminar qualquer vantagem da inclinação, e na maioria das vezes vai criar um cenário de perdas muito maior do que qualquer potencial benefício. Por isso é importante estarmos atento ao fato de que furos inclinados requerem um sistema de alinhamento de perfuração preciso e confiável para garantir que o furo esteja indo na direção correta.

Na próxima figura vemos alguns possíveis erros de alinhamento:

- Furo A com afastamento muito pequeno no pé;
- Furos B e C com afastamento muito grande no pé;
- Furo A e B muito próximo, e furos B e C muito distantes.

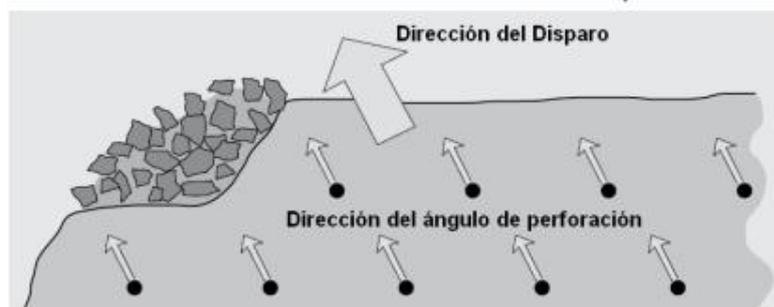


É muito importante que os furos inclinados estejam claramente orientados com um alinhamento apropriado, seguindo a inclinação da face livre ou mais precisamente a direção de lançamento do material.

Imagine o cenário que temos o furo alinhado para a frente, e vamos direcionar a detonação para uma das laterais, o que vai ocorrer é que o furo vai sair lateralmente, perdendo totalmente as vantagens da inclinação frontal, por isso precisamos desenhar o alinhamento orientado segundo o sequenciamento dos furos e que essa deve ser uma direção constante ao longo de toda a detonação.

Idealmente a direção dos furos deve ser definida antecipadamente, juntamente com o desenho do sequenciamento da detonação, e apesar que na prática na maioria das operações o sequenciamento é determinado posteriormente a perfuração, nesses casos se recomenda fazer uma temporização seguindo o alinhamento, caso contrário perdemos as vantagens da inclinação e podemos ter um desempenho muito imprevisível.

Quando o alinhamento e sequenciamento dos furos seguem a direção da face livre temos geralmente melhores resultados, pois aproveitamos as vantagens da inclinação juntamente com as fornecidas pela existência de uma boa face livre. Por outro lado, quando o sequenciamento não segue a face livre ou o alinhamento dos furos, teremos furos totalmente fora de direção e os resultados podem ser muito imprevisíveis, aumentando o risco de impactos e piores resultados.



Como já falamos a maior preocupação dos furos inclinados é a precisão, pois os erros podem ser muito mais prejudiciais e perigosos, e por isso muitas vezes é evitada a pratica, e esse é sem duvida o primeiro ponto que deve ser considerado antes da tomada de qualquer decisão. Pois se não temos como garantir a precisão e a qualidade da inclinação e alinhamento dos furos, melhor nem testar, pois esse é um pré requisito básico para tomada de qualquer decisão a esse respeito.

Por exemplo em um banco com altura de 15 m, erros de 1° na inclinação podem resultar em erros de 0,5 m no pé, e pode significar um grande impacto na detonação, principalmente em furos pequenos ou quando estão na primeira linha junto a face livre. Da mesma forma erros no alinhamento, e é muito comum encontramos erros bem superiores a 1° e isso implicarem em desvios gigantescos para qualquer cenário.

É importante levarmos em considerações que as principais causas de erros estão associadas a características da rocha, erros operacionais e condições dos equipamentos, assim que precisamos avaliar cada um desses pontos com muito critério.

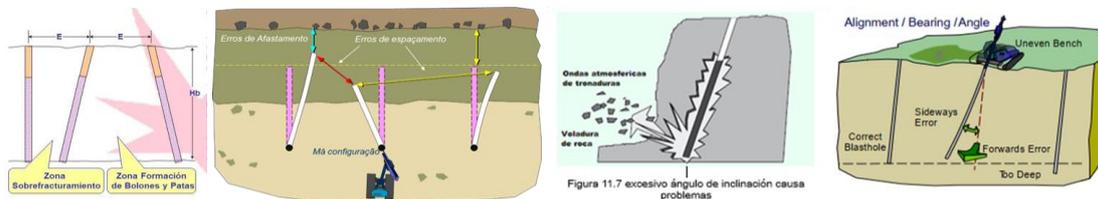


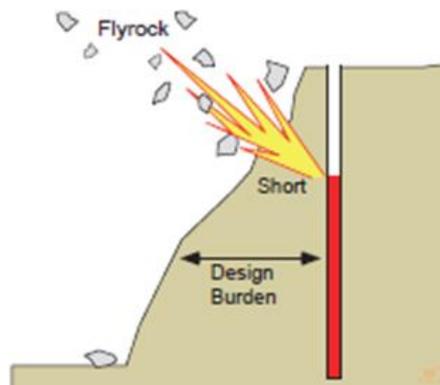
Figura 11.7: exossivo ángulo de inclinación causa problemas

Então, como comentamos o nosso objetivo de hoje não é chegar em nenhuma conclusão, apenas levantar os principais temas a respeito dos furos inclinados, mas para terminar nosso artigo de hoje deixamos aqui algumas considerações finais que acreditamos serem importantes:

- É de consenso geral que quando é possível realizar uma perfuração inclinada de qualidade, ela traz mais benefícios aos resultados, e em algumas ocasiões pode se usar como uma forma de melhorar resultados ou de baixar custos otimizando alguma outro elemento do plano, como por exemplo usar um tampão maior, aumentar um pouco a malha, diminuir subperfuração, etc.
- A inclinação é mais comum ser realizada em diâmetros menores, por causa da flexibilidade dos equipamentos, mas pode ser usada em quaisquer condições, desde que os equipamentos tenham essa função e se identifiquem possíveis melhorias que justifiquem o seu uso.
- A inclinação também pode ser utilizada em detonações sem face livre, buscando a possibilidade de um maior lançamento vertical do material. Inclusive algumas técnicas de abertura de banco vão sugerir uma abertura inicial inclinada para abrir uma primeira face livre a ser aproveitada ao longo da detonação.
- Não podemos esquecer de analisar as características da rocha, pois por exemplo, em um lado de uma cava de mina a inclinação e direção dos furos pode coincidir com as estruturas da rochas, enquanto que do outro lado, elas podem ter direções contrarias, e isso vai impactar diretamente os resultados da detonação e a eficiência da inclinação, assim que possa ser que utilizemos furos inclinados em um lado e no outro verticais, ou que tenhamos que mudar a direção dos furos.
- Vale lembrar que sempre temos duas opções com relação aos benefícios, é seguir com a configuração para aproveitar as vantagens obtidas ou então otimizar outros parâmetros, como por exemplo expandir a malha ou diminuir a subperfuração, buscando economias e mantendo o mesmo resultado padrão, para isso é necessário

ponderar os custos extras da perfuração inclinada frente as economias geradas com a otimização do plano.

- Algumas operações vão utilizar os furos inclinados para seguir uma melhor inclinação do ângulo de repouso ou de quebra da rocha, seja para ajustar os furos da primeira linha a face livre ou garantir o corte no ângulo de repouso do talude remanescente.
- Também algumas operações podem utilizar apenas algumas linhas próximas a face livre ou ao talude para conseguir isso, deixando o resto da detonação com furos verticais.
- Em situações onde a face livre pode ser muito irregular, a inclinação dos furos da primeira linha, ou de algumas linhas pode ajudar na adequação da carga, evitando os grandes afastamentos no pé do banco ou mesmo situações de risco potencial por escape prematuro de gases na face.



Pois é isso pessoal, vamos parar por aqui, a ideia era só despertar a curiosidade e deixar o tema no ar, para que possam avaliar as características das suas operações, assim como para aqueles que não estão no dia a dia tenham uma noção mais clara da complexidade do tema, pois muitas das vantagens e desvantagens não podem ser facilmente mensuradas, assim que essa costuma ser uma decisão difícil de ser tomada e precisa ser bem avaliada, seguida de vários testes, para que se possa tomar uma decisão adequada para cada cenário.

Já vi algumas operações que usavam furos inclinados, mas que estavam trazendo muito mais prejuízos a operação, assim como outras que claramente se beneficiariam, mas não faziam porque nunca avaliam considerado a possibilidade, assim que existe muitas oportunidades de melhoria, o que precisamos é identifica-las e analisar cada uma delas adequadamente.

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

Esperamos que esses artigos estejam sendo uteis e que se tenham alguma exemplo para compartilhar ou algum comentário que por favor o façam, assim contribuímos todos juntos!

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