

## PROCEDIMENTOS PARA COMPARAÇÃO E AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO A PERCUSSÃO

José Roberto Gambarini  
João Carlos Reis Rabelo

Prominas Brasil S/A

### ABSTRACT

This paper attempts to bring to both the users and owners of percussion drilling equipments some points for consideration before comparison of spudger type machines, due to the inexistence of practice standards for comparison among equipments in the Brazilian market.

The basic necessary parameters for the development of analysis for percussion drilling equipments are:

- Well drilling depth
- Well diameter profile
- Allowable tool weight

Getting this specifications, one can ground criteria for equipments comparison to their needs, keeping owner satisfied with the machine that attain their specifications.

Some important point reviewed here, are based on mechanical aspects providing basis for maintenance of highly profitable machines.

Procedures for comparisons, as well as description of the most important components of the drilling equipment, their functions, requirements are given.

### INTRODUÇÃO

Apresenta-se aos usuários e proprietários dos equipamentos de perfuração a percussão alguns pontos que devem ser considerados para análise comparativa de máquinas percussivas, devido à inexistência no mercado brasileiro de normas práticas para comparação de equipamentos.

Os parâmetros básicos, necessários ao desenvolvimento da análise são:

- profundidade do poço
- perfil do diâmetro dos poços
- peso admissível do ferramental

Com base nestas especificações, pode-se fundamentar critérios para comparação de equipamentos referindo-se as exigências de utilização, tornando o usuário satisfeito com a máquina que atin

ge as suas especificações.

Alguns pontos observados neste trabalho, baseiam-se em aspectos de desempenho mecânico, fornecendo base para a manutenção de máquinas altamente confiáveis.

Apresenta-se procedimentos para comparação, bem como descrição dos componentes mais importantes do equipamento, suas funções e exigências.

## 1. OBJETIVOS

Ao iniciar a execução de um poço de água, o perfurador deve ter certeza que conseguirá terminá-lo. Porém, se não existir essa certeza, pelo menos é preciso que o poço possa ser executado com a menor parcela de riscos, e dentro do menor tempo possível, para que possa resultar em maior rentabilidade para o perfurador.

Entre os vários fatores que influem na execução de um poço nas condições acima, está a escolha certa da máquina de perfuração que deverá ser utilizada. Dos vários tipos de equipamentos disponíveis, aquele que perfura por percussão com cabo de aço, ainda é hoje, no Brasil, o mais usual, por uma série de razões que vão desde seu baixo custo de aquisição até a sua versatilidade por poder operar satisfatoriamente em uma larga faixa de condições.

Para a execução do trabalho com confiabilidade e rapidez usando-se uma perfuratriz a percussão, muitos requisitos devem ser cumpridos, dentre os quais está incluída a escolha adequada do porte da máquina no que diz respeito à sua capacidade de operação. O uso de uma máquina com capacidade de operação inferior à necessária resultará em altos riscos na execução do poço, num tempo excessivo de trabalho e numa solicitação demasiada do equipamento, resultando baixa rentabilidade para o perfurador e numa redução da vida útil do equipamento. O emprego de um equipamento com capacidade de operação acima da necessária é menos crítico que o caso anterior, porém, impede que o perfurador use esse equipamento para perfurar um outro poço que realmente requeira um equipamento de tal porte.

O objetivo deste artigo, é de propor e difundir aos usuários de equipamentos de perfuração a percussão uma série de conceitos e procedimentos que visam estabelecer parâmetros que permitam a escolha do equipamento que atenda às exigências de um determinado trabalho. A análise da capacidade de operação da máquina é feita apenas sob o ponto de vista de resistência estrutural e mecânica, sem entrar no mérito da geologia do solo que está sendo perfurado por considerar este aspecto já bastante conhecido dos perfuradores.

É óbvio que o trabalho não pretende ser a última, mas sim a primeira palavra sobre o assunto, após o qual espera-se que sejam oferecidos pelos interessados subsídios para sua complementação. O importante é que o usuário tenha o seu trabalho cada vez mais facilitado através das informações que os fabricantes dos equipamentos têm condições de fornecer.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DAS MÁQUINAS PERCUSSORAS

As perfuratrizes a percussão são constituídas por um conjunto definido de elementos cujas características mecânicas individuais associadas definem as características globais de desempenho da máquina. Analisado sob esse ponto de vista, de nada adianta uma máquina com um motor de acionamento com alta potência se a car

ga dinâmica admissível da torre for baixa. Dessa forma, a máquina' como um todo deve ser dimensionada para operar sob determinadas condições de trabalho. Esse aspecto obrigou os fabricantes de máquinas percussoras a projetá-las de forma a poderem operar dentro de determinadas faixas de trabalho, a fim de não terem máquinas sub ou super dimensionadas.

Essas faixas de trabalho foram determinadas por meio de uma série de parâmetros que caracterizam a capacidade de operação do equipamento. Os parâmetros principais são listados abaixo:

- Máximo peso do ferramental
- Máxima profundidade de perfuração
- Potência e torque do sistema de acionamento
- Número de golpes por minuto e coeficiente de percussão
- Capacidade e velocidade de elevação de carga dos tambores da máquina
- Diâmetro do cabo de aço
- Resistência estrutural

Muitos desses parâmetros são interdependentes. A seguir são feitos rápidos comentários sobre cada um.

#### 2.1. Máximo peso do ferramental:

A composição de perfuração é formada por um conjunto de elementos interligados e fixada a um cabo. O peso dessa composição pode variar de acordo com a dimensão desses elementos. Nas operações de pescaria esse peso é acrescido do peso da composição de pescaria.

Para uma máquina percussora com determinada capacidade de operação, o peso do ferramental tem um limite máximo. Esse limite é determinado pela capacidade de carga dinâmica da torre e do balancim, pela potência do motor de acionamento e pela capacidade de carga do tambor principal.

Durante a operação de perfuração a força que age sobre os conjuntos acima pode atingir até sete vezes o valor do peso do ferramental devido ao impacto no instante em que a composição é puxada para cima pelo balancim. O uso de ferramental mais pesado que o indicado pelo fabricante pode resultar em danos consideráveis nesses conjuntos uma vez que os mesmos foram dimensionados para trabalhar até um determinado peso de composição.

À medida em que o poço vai de aprofundando, o peso do ferramental deve ser diminuído uma vez que o peso do cabo de aço se soma ao peso da composição. Isso é necessário porque se fosse mantido o valor do peso do ferramental com um comprimento de cabo muito grande, todo o curso do balancim seria usado para compensar o alongamento do cabo no instante em que ocorre a força de impacto no levantamento da composição.

Como consequência a composição não se elevaria o suficiente para produzir uma energia de impacto necessária à perfuração, na queda, e o rendimento de perfuração seria diminuído.

#### 2.2. Máxima Profundidade de Perfuração

A máxima profundidade de perfuração está relacionada ao máximo peso do ferramental, à capacidade de elevação de carga do tambor principal, ao comportamento dinâmico do sistema elástico de percussão e à frequência de percussão. Esses fatores interagem de forma complexa estabelecendo um limite para a profundidade de perfuração.

Em geral pode-se estabelecer o seguinte:

a) O coeficiente de percussão (relação entre o tempo de queda livre e o tempo de queda controlada do ferramental) deve permanecer próximo a 1, não devendo ultrapassar este valor. Para que

isso ocorra, deve-se jogar com os vários cursos disponíveis no balancim e com a frequência de percussão.

b) À medida que a profundidade do furo aumenta, deve-se reduzir o peso do ferramental para manter a deformação do cabo dentro de valores que não afetem o rendimento da perfuração. Se o peso do ferramental e a frequência de percussão forem mantidos, o valor da carga dinâmica na torre e no cabo serão aumentados podendo ultrapassar os admissíveis. Além disso, no caso de haver necessidade de operação de pescaria, quando o peso da composição de pescaria se soma à de perfuração e ao peso do cabo, a capacidade de elevação de carga do tambor principal poderia ser ultrapassada.

#### 2.3. Potência e Torque do sistema de acionamento:

A potência e o torque do sistema de acionamento é função do peso do ferramental, da capacidade de carga e de elevação dos tambores.

Durante a operação de perfuração é preferível que o motor esteja trabalhando na faixa de máximo torque contínuo. Como a frequência de percussão deve se manter na faixa de 40 a 60 golpes por minuto é necessário que na faixa de torque máximo a rotação do motor resulte na engrenagem do balancim uma rotação de 40 a 60rpm. Nessas condições consegue-se assegurar que o balancim terá sempre força suficiente para elevar a composição.

Durante as operações de retirada do ferramental com o tambor principal, ou as operações com os tambores de limpeza e auxiliar, o motor deve ter potência suficiente para garantir o trabalho com a carga e a velocidade de elevação desejadas. Estas condições permitem reduzir o tempo de operação e de manobra do equipamento.

A impressão que se tem de que um motor de alta potência aumenta a capacidade de operação da máquina só é verdadeira se a máquina como um todo foi projetada para operar nestas condições. Caso contrário, haverá uma subutilização do sistema de acionamento ou uma supersolicitação dos componentes do equipamento reduzindo a sua vida.

#### 2.4. Frequência de percussão e coeficiente de percussão:

A frequência de percussão varia com o peso do ferramental, curso e a profundidade de perfuração. Os valores da frequência de percussão estão situados na faixa de 40 a 60 golpes por minuto. Valores abaixo desta faixa implicam em baixo rendimento de perfuração, e valores acima dela provocarão contragolpes na máquina.

De acordo com a profundidade do furo, peso do ferramental e o tipo de solo que está sendo perfurado deve-se procurar a combinação correta da frequência de percussão e do curso do balancim de forma a obter um coeficiente de percussão próximo a 1, implicando desta forma num bom rendimento da percussão.

#### 2.5. Capacidade e velocidade de elevação de carga dos tambores:

Nas máquinas percussoras as cargas são operadas por três tambores: o principal, que trabalha nas operações de perfuração e de pescaria; o de limpeza, que opera para a limpeza do furo; e o auxiliar, que trabalha nas operações de colocação e retirada dos tubos e auxiliares.

A capacidade de carga e velocidade de elevação de carga desses tambores é função do peso do ferramental, do peso do cabo de aço, da potência e torque da unidade de acionamento.

O tambor principal deve ter capacidade para elevar o peso do ferramental de perfuração e ainda deve ter uma reserva de

carga para as operações de pescaria. O tambor auxiliar deve ter capacidade de carga para descer tubulações até a profundidade perfurada e ainda ter uma carga de reserva para as operações de retirada de tubos, quando o atrito do tubo com a parede do poço aumenta consideravelmente a força necessária. No caso do tambor auxiliar pode se trabalhar com um moitão de duas ou três linhas, dobrando-se ou triplicando-se respectivamente a capacidade de elevação de carga do tambor auxiliar.

A capacidade de elevação de carga do tambor de limpeza limitará as dimensões do balde de esgotamento que será usado.

A velocidade de elevação de carga influi no tempo de manobra do equipamento. Ela é dependente do peso do ferramental e da potência da unidade de acionamento.

Velocidades de elevação altas são desejáveis para reduzir o tempo de manobra, porém exigem uma potência alta para a unidade de acionamento.

Os valores de carga e velocidades especificados para os tambores de determinado equipamento não devem ser ultrapassados, sob o risco de danificar os órgãos de transmissão, ou de não haver potência suficiente na unidade de acionamento para execução da operação.

#### 2.6. Diâmetro do cabo de aço:

Um cabo de aço com diâmetro maior admite a aplicação sobre ele de mais carga. Por outro lado, cabos de aço com maior diâmetro tem um peso maior, o que diminui o peso do ferramental de perfuração na medida em que o peso do cabo se soma ao peso do ferramental. Isso acarreta uma redução na profundidade de perfuração ou no diâmetro do poço, para que o peso máximo não seja ultrapassado.

Um cabo de aço de diâmetro maior reduz ainda a capacidade de carga e de armazenamento de cabo dos tambores.

O diâmetro do cabo de aço a ser utilizado nos vários tambores é definido pelo fabricante de forma a satisfazer as condições de resistência à carga dinâmica e de máximo peso em operação.

#### 2.7. Resistência Estrutural:

A resistência estrutural da máquina deve ser compatível com o valor dos esforços desenvolvidos durante a operação de perfuração. Os esforços que ocorrem durante a perfuração são essencialmente dinâmicos e a ocorrência de impactos é alta. A utilização do equipamento acima da sua capacidade operacional solicita fortemente a estrutura e a torre da máquina podendo resultar em danos consideráveis.

### 3. PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA CAPACIDADE DE OPERAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE PERFURAÇÃO A PERCUSSÃO

A análise da capacidade operacional de uma máquina percussora é de grande importância para o usuário, não só quando ele pretende escolher entre os vários equipamentos que possui, aquele que mais se adapta ao serviço que será executado, mas também quando ele pretende adquirir um novo equipamento.

Essa análise é feita sobre uma série de dados em forma de gráficos, tabelas ou especificações, e que o fabricante do equipamento tem a obrigação de fornecer ao usuário.

A forma de apresentação desses dados e como analisá-los serão descritos agora.

#### 3.1. Máximo peso do Ferramental:

O máximo peso do ferramental é normalmente fornecido em

um gráfico, relacionando-o com a profundidade do furo como apresentado na figura 1.

A reta (1) da figura 1 permite definir qual o peso do ferramental que se deve usar para uma determinada profundidade. Esse dado associado ao peso de cada componente da composição de perfuração, permitirá ao usuário determinar aquela profundidade com que diâmetro se poderá perfurar. Se for mantido o peso do porta cabo, percussor e haste, o diâmetro do trépano deve ser diminuído para que haja uma redução no peso do ferramental. Se houver uma necessidade de se chegar até uma determinada profundidade com um certo diâmetro o peso da haste deverá ser diminuído.

### 3.2. Capacidade de Elevação de Carga dos Tambores:

Para uma dada potência da unidade de acionamento, a capacidade de elevação de carga dos tambores varia com a profundidade do furo e com o diâmetro do cabo de aço utilizado.

Gráficos como os das figuras 1, 2 e 3 permitem ao usuário analisar qual a capacidade de elevação dos tambores à determinada profundidade de acordo com o cabo de aço que estiver sendo usado.

O gráfico da fig. 1, permite ainda pela associação da curva (1) com uma das curvas (2), (3) ou (4) saber qual a reserva de força existente no tambor principal a uma certa profundidade, para as operações de pescaria. Para determinar esse valor, basta subtrair aquele correspondente à profundidade desejada para a curva (1), do valor para a mesma profundidade obtido através da curva (2), (3) ou (4) de acordo com o diâmetro do cabo usado.

É necessário observar que as curvas da figura (2) correspondentes à capacidade de carga do tambor auxiliar, são válidas para linha de cabo simples. Se for utilizado um moitão duplo ou triplo essa capacidade pode ser praticamente dobrada ou triplicada.

Deve ser fornecida ainda a velocidade de elevação de carga para cada um dos tambores.

### 3.3. Capacidade de armazenamento de cabo nos tambores:

Durante as operações com os tambores, os cabos de aço vão se desgastando. Para se evitar uma troca frequente de todos os cabos de aço, os tambores devem ter uma capacidade de armazenamento de cabo, tal que permita ao usuário, a medida em que o cabo vai se desgastando, cortar a parte desgastada e ainda ficar com uma quantidade de cabo suficiente para atingir a profundidade de perfuração necessária.

O fabricante da máquina deve fornecer esses dados para os vários diâmetros de cabo que podem ser utilizados em cada tambor. Atenção especial deve ser dada para a capacidade de armazenamento do tambor principal quando o fabricante deverá dizer para a capacidade especificada, o quanto do tambor está sendo usado para armazenamento e o quanto resta para trabalho.

A apresentação dos dados de forma clara e objetiva como é feito nas tabelas (1), (2) e (3), facilita a análise do usuário.

### 3.4. Cursos do balancim, Frequência de percussão e Coeficiente de Percussão.

O coeficiente de percussão deve ser menor que 1, e o mais próximo possível de 1, para resultar em bom rendimento de perfuração.

Existe uma interdependência entre os cursos disponíveis no balancim, a frequência de percussão e o coeficiente de percussão. Essa interdependência mostrada na tabela (4), deve fazer parte do catálogo da máquina para permitir ao usuário, achar a melhor combinação possível para uma dada condição de perfuração.

3.5. Capacidade de Carga e Altura Livre de Operação da Torre:

Devem constar do catálogo do fabricante as capacidades de carga estática e dinâmica da torre, calculadas segundo normas específicas a fim de orientar o usuário com relação aos limites de carga que podem ser aplicadas à torre.

A altura livre de operação, também deve ser fornecida no catálogo, para permitir a determinação do comprimento máximo de composição que pode ser usado na máquina.

3.6. Tipos e Diâmetros de cabos recomendados para cada Tambor:

Os diâmetros de cabos usados em cada tambor são determinados com base nos esforços dinâmicos e estáticos desenvolvidos durante as operações. Para um mesmo diâmetro de cabo, é possível obter-se capacidades de cargas diferentes de acordo com a resistência à ruptura do cabo.

O tipo de cabo a ser usado está relacionado com sua flexibilidade e resistência do desgaste.

Cabe ao fabricante especificar estes dados para orientação do usuário.

#### 4. CONCLUSÃO

Pretendeu-se neste artigo orientar o usuário no que se refere aos dados que ele deve ter em mãos para analisar um equipamento de perfuração em relação à sua capacidade de perfuração, tanto sob o ponto de vista de verificar se o equipamento se presta para determinado serviço, como no aspecto de comparação de equipamentos.

Nessa orientação observou-se principalmente o ponto de vista da utilização do equipamento de perfuração no sentido de se evitar uma sub ou super utilização do mesmo.

Espera-se que o trabalho seja uma contribuição efetiva para o usuário, não só no que diz respeito à uniformização de linguagem como também na elaboração de um critério científico de escolha de equipamentos.

#### BIBLIOGRAFIA

1. CAMPBELL, Michael D. & LEHR, Jay H.-Water Well Technology, New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1973.
2. HARTMAN; Howard L. - Basic Studies of Percussion Drilling, Mining Engineering, January 1954, V.9, nº 7, pg. 68.
3. MCGREGOR, K. - The Drilling of Rock, London, CR Books Ltd., 1967
4. SEREDA, N.G. & SOLOVYOU, E.M. - Drilling of Oil and Gas Wells, Moscow, Mir Publishers, 1977.

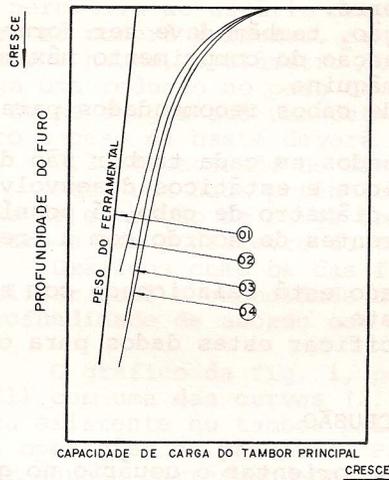


FIG. 1  
 PESO DO FERRAMENTAL E CAPACIDADE DE ELEVAÇÃO  
 DE CARGA DO TAMBOR PRINCIPAL EM FUNÇÃO DA  
 PROFUNDIDADE DO FURO.

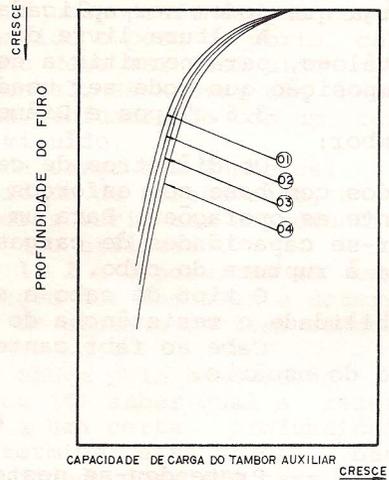


FIG. 2  
 CAPACIDADE DE ELEVAÇÃO DE CARGA DO TAMBOR  
 AUXILIAR, COM LINHA SIMPLES.

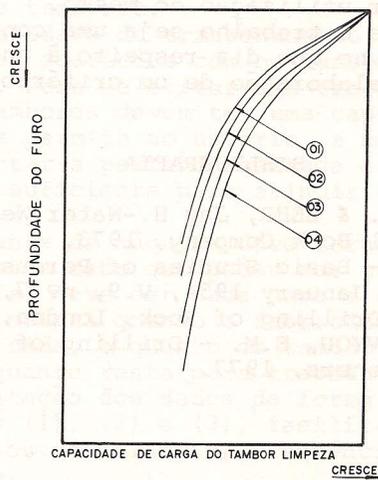


FIG. 3  
 CAPACIDADE DE ELEVAÇÃO DE CARGA DO TAMBOR DE LIMPEZA.

CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE CABO.

COMPRIMENTO DE CABO NO TAMBOR EM METROS			
DIÂMETRO DO CABO	POSIÇÃO DO SEPARADOR		
	A	B	C
16mm (5/8")	11000	825	550
19mm (3/4")	770	577	385
22mm (7/8")	550	412	275

A. SEM SEPARADOR

B. SEPARADOR A 2/3 DO COMPRIMENTO DO TAMBOR.

C. SEPARADOR NA METADE DO TAMBOR

TABELA: 1 TAMBOR PRINCIPAL

COMPRIMENTO DE CABO NO TAMBOR EM METROS	
DIÂMETRO CABO	COMPRIMENTO
9,5 mm (3/8")	400
12,0mm (1/2")	230
16,0mm (5/8")	150
19,0mm (3/4")	100

TABELA: 2 TAMBOR AUXILIAR

COMPRIMENTO DE CABO NO TAMBOR EM METROS	
DIÂMETRO	COMPRIMENTO
(3/8")	550
(1/2")	320

TABELA: 3 TAMBOR DE LIMPESA

CURSO BALANCIM (METROS)	NUMERO DE GOLPES POR MINUTO				
	40	45	50	55	60
,347	0,60	0,75	0,82	0,93	1,00
,448	0,70	0,88	0,97	1,07	1,15
,495	0,77	0,97	1,06	1,17	1,31
,568	0,80	1,00	1,10	1,23	1,33
,685	0,84	1,06	1,16	1,28	1,42
,710	0,88	1,09	1,23	1,36	1,46
,763	0,95	1,18	1,30	1,44	1,56
,860	0,98	1,20	1,35	1,50	1,62
,996	1,07	1,36	1,50	1,67	1,76

TABELA : 4

COEFICIENTE DE PERCUSSÃO EM FUNÇÃO DO CURSO DO BALANCIM E DA FREQUENCIA DE PERCUSSÃO.

OS VALORES FORA DA FAIXA SOMBREADA, NÃO DEVEM SER USADOS PARA SE EVITAR BAIXO RENDIMENTO DE PERFURAÇÃO OU CONTRA GOLPES, NO CABO.