

CUSTOS COMPARATIVOS DOS DIVERSOS MÉTODOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES EMPREGADOS NO BRASIL

Giampá, Carlos Eduardo Quaglia
Simões, Ricardo Pera Moreira
Prominas Brasil S/A.

ABSTRACT

Due to the great increase of the captation of underground water through tubular wells in Brazil, there has been many doubts and mistakes concerning the most efficient method(s) for the drilling of such wells.

As Brazil is a country of continental dimensions, constituted by the most varied Geological Formations, presenting transport conditions, water supply, communications, accesses and distances very diverse and having deficiencies concerning the training of labor in great quantity, definite program of drillings, compensational prices, knowledge of the real costs of drilling and total realization of the projects of the contracted wells, we present an analysis of performance and costs of drilling, through the drill-rigs which operate in the most used methods nowadays in the country.

Since it would be impracticable the analysis of each particular case, we have adapted some simplifications in terms of specific conditions, but we tried to be as comprehensive as possible with the presented situations.

On the other hand, as we live under an inflationary regime, we had to adopt a rate which is subjected to periodic rectification, as the utilization of the value cruzeiro (Cr\$) would make the work continuously not up to date, at least of the date in which it was written to the moment of publishing. Among several possibilities of automatic correction (dollar value, ORTN, rates of FGV, living wage, maximum reference value) we decided to adopt as referential the maximum regional living wage, which we will refer as SM, as we think it is the more practical rate because, in the political economic situation, it must follow the inflationary rate more adequately and, besides, it has a value which is easy to memorize or find.

As this is a comparative study, we adopted the same standard of disposition of costs among the several presented methods.

At last, as this is a practical work, the companies that perform the drilling of wells, aim an objective utilization and we suggest them to use a standard of appropriation of costs as a basis for the comparison with the actually observed costs.

I - INTRODUÇÃO

Devido ao grande incremento da captação de água subterrânea através de poços tubulares no Brasil, têm havido muitas dúvidas e incorreções quanto ao(s) método(s) mais eficiente(s) para a perfuração de tais poços.

Como o Brasil é um país de dimensões continentais, constituído por Formações Geológicas das mais diversas, apresentando condições de transporte, a bastecimento d'água, comunicações, acessos e distâncias muito distintas e possuindo de ficiências quanto ao treinamento de mão de obra em quantidade, programação definida de perfurações, preços compensadores, conhecimento dos custos reais de perfuração e plena

realização dos projetos dos poços contratados, vimos apresentar uma análise de desempenho e custos da perfuração, através das perfuratrizes que operam nos métodos mais empregados atualmente no país.

Dado que seria impraticável a análise de cada caso particular, adotamos algumas simplificações em termos das condições específicas, mas procuramos ser o mais abrangente possível nas situações apresentadas.

De outro lado, como vivemos num regime inflacionário, tivemos que adotar um índice sujeito a correções periódicas, eis que a utilização do valor cru zeiro (Cr\$) sujeitaria o trabalho a uma desatualização contínua, no mínimo da própria época em que foi escrito para o momento de sua publicação. Entre as várias possibilidades de correção automática (valor do dólar, ORTN, índices da FGV, salário mínimo, máximo valor de referência), resolvemos adotar como referencial o máximo salário mínimo regional, que notaremos como SM, pois cremos que se trata do índice mais prático, eis que, na atualidade político-econômica, deve mais proximamente acompanhar os índices inflacionários e, além disso, tem um valor fácil de ser guardado de memória ou, na pior das hipóteses, de consulta imediata.

Como se trata de um estudo comparativo, adotamos o mesmo critério de disposição dos custos entre os vários métodos apresentados.

Finalmente, em se tratando de um trabalho prático, que visa a um aproveitamento objetivo por parte dos maiores interessados, as empresas executantes de perfuração de poços, sugerimos que essas usem esse padrão de apropriação de custos como uma base para a comparação com os custos efetivamente observados. Gostaríamos que essa nossa contribuição servisse à melhoria dos sistemas administrativos das nossas empresas de perfuração e, desta forma, auxiliasse no desenvolvimento desse mercado.

II - CLASSES DE SITUAÇÕES

Existem três métodos básicos atuais de perfuração de poços tubulares profundos:

- a) percussão de alta frequência - que denominaremos de pneumático por trabalhar com ar comprimido;
- b) rotativo com lama - que chamaremos de rotativo;
- c) percussão de baixa frequência - designado como percussão.

A partir desses caudais básicos, devemos diferenciar várias situações específicas para a apropriação de custos. A primeira categoria de situações a diferenciar refere-se às características do próprio equipamento utilizado na perfuração, eis que se sabe que há faixas construtivas de perfuratrizes e equipamentos auxiliares e que, de acordo com a posição específica de cada máquina na faixa construtiva, ocorrerão rendimentos bastante distintos, com influência decisiva no custo de perfuração. Em outras palavras, de igual forma como os preços variam, também as características técnicas são distintas e assim também o rendimento final e o custo operacional - frequentemente um custo de aquisição mais baixo implicará em custos operacionais mais elevados, enquanto durar a vida útil do equipamento.

A segunda categoria de situações a diferenciar relaciona-se às características de dureza dos terrenos que se almeja perfurar, eis que é evidente que o mesmo equipamento terá distintos rendimentos, de acordo com os solos que encontrar.

III - FAIXAS CONSTRUTIVAS DE EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO

O processo evolutivo em termos de equipamentos de perfuração de poços tubulares profundos começa pelas perfuratrizes percussoras a cabo e hoje tem no seu topo as perfuratrizes roto-pneumáticas hidráulicas, podendo-se distinguir hoje 4 faixas construtivas que implicam em subdivisões em termos de profundidade máxima e rendimento médio de penetração. Na linha dessa evolução reside o princípio básico de que as características construtivas devem levar de um lado à aceleração máxima da velocidade de penetração e, de outro lado, à minimização do tempo morto, condições essas que, somadas, levam à maximização da velocidade média de perfuração, que é o fator básico determinante no custo mínimo de perfuração (associado ao custo dos materiais).

É importante notar também, como se pode observar pela análise da "Tabela para seleção de equipamentos de perfuração de poços tubulares", publicada em anexo, que cada faixa de equipamento tem sua área ótima de aplicação, que é continuamente ampliada na prática, com evidente perda de eficiência. O corolário dessa assertiva é que todo equipamento é capaz de fazer praticamente qualquer tipo de poço, caindo porém verticalmente a eficiência do serviço e conseqüentemente, aumentando o custo.

1. PERFURATRIZES PERCUSSORAS A CABO

São equipamentos com acionamento mecânico, de construção razoavelmente simples, alta confiabilidade em termos de quebra e baixa manutenção. Têm aplicação em quase toda a gama de serviços de perfuração de poços, razão pela qual são predominantes na população de máquinas existentes no mundo. As características construtivas mais importantes desses equipamentos são:

- a) eixo principal - é o coração da perfuratriz, pois que o funcionamento de todas as

suas partes depende dele. A qualidade do projeto e a precisão de usinagem e montagem são os fatores determinantes do valor desse conjunto.

- b) Torre - é o elemento cuja altura dá a medida da velocidade de perfuração (por permitir a utilização de composição de maior tamanho, vale dizer, peso, fator fundamental num método que perfura por impacto) e cuja estrutura necessariamente construída em viga U, deve resistir às comuns e pesadas condições de operação no campo.
- c) balancim - deve ter regulagem para utilização de diferentes cursos, de modo a permitir a adaptação às diversas condições de perfuração e pescaria. A sua construção deve ser tal que garanta condições dinâmicas ideais, nas quais o coeficiente de percussão seja quase igual a 1, permitindo à composição praticamente descer em queda livre, aumentando assim o impacto e, dessa forma, o rendimento da perfuração.
- d) sistema de limpeza - o tambor do cabo e o guincho devem ser de tal forma construídos que permitam a descida e subida da composição de limpeza do poço em poucos minutos (2 a 5, no máximo), de modo a minimizar o tempo morto, não operacional.
- e) equipamentos auxiliares, tais como guincho auxiliar, catarinas, macacos de nivelamento, etc, de modo a permitirem operações auxiliares rápidas (instalações de tubos e filtros, sacamento de tubos, instalação, deslocamento de ferramentas, etc), aproveitando-se o maior tempo útil para perfuração.
- f) robustez de construção pois como o equipamento funciona por impacto, sofre muita carga; de outro lado, em operações de pescaria, as solicitações sobre a estrutura são intensas, razão pela qual é indispensável que o chassi seja construído com vigas U, reforçadas e com solda de alta categoria.

A gama mais adequada de utilização dessas perfuratrizes é em poços até 400 metros de profundidade em terrenos duros ou médios, com diâmetros de 6" a 12".

2. PERFURATRIZES ROTO-PERCUSSORAS

São equipamentos derivados dos anteriores, pela adaptação de uma mesa rotativa fixa, de maneira a permitir o trabalho quer com lama, em terrenos moles, quer com ar comprimido, em terrenos muito duros. São características construtivas importantes, além das próprias das perfuratrizes descritas no item anterior:

- a) os dados de rotação e torque da mesa rotativa, pois precisam ter uma faixa de operação suficiente para as diferentes necessidades da perfuração com lama ou ar.
- b) os equipamentos auxiliares, principalmente o guincho auxiliar que nesse caso é um elemento indispensável na operação.
- c) bomba de lama, pois dela na realidade, depende a eficiência da perfuração em terrenos sedimentares, devendo ter suficientes vazão e pressão de trabalho.
- d) compressor de ar, pois de igual forma, dele depende o rendimento da perfuração em terrenos duros.

Apesar de ser uma adaptação, essa faixa de perfuratriz, com um baixo custo de aquisição permite a execução em condições mais eficientes que as percussoras de poços entre 40 e 80 metros com diâmetros de 6" a 6.1/2", em terrenos duros, com ar comprimido e poços até 200 metros, com diâmetros entre 6" e 12.1/2" em terrenos moles, com lama, o que, acrescentando-se à faixa ótima das percussoras, permite-lhes cobrir o espectro mais amplo de todas as faixas de perfuratrizes.

3. PERFURATRIZES ROTO-PNEUMÁTICAS DE MESA FIXA

São equipamentos de concepção semelhante ao anterior, do qual e voluiram, porém abandonando a parte percussora pura. Trata-se de equipamentos com tecnologia tradicional (mais mecânica que hidráulica) que evoluíram no sentido das perfurações de maiores profundidades e diâmetros, onde apenas a perfuração rotativa com lama (apesar de mais cara e complexa) apresenta resultados viáveis.

As características construtivas mais importantes desses equipamentos são:

- a) mastro - é o elemento fundamental, na medida em que se aumentam as profundidades (pois deve resistir a uma carga maior) ou os diâmetros (pois deve resistir a momentos maiores, em virtude de se exigir maior torque).
- b) mesa rotativa - deve apresentar adequadas variações de rotação e torque, de acordo com as exigências dos terrenos.
- c) guinchos - a coluna de perfuração é normalmente sustentada por um guincho principal, assim como os revestimentos e filtros são descidos por um outro guincho, razões pelas quais esses elementos precisam ser altamente resistentes, particularmente à medida em que aumenta a profundidade dos furos.
- d) chassi - deve ser dimensionado para suportar os pesos dos equipamentos e as cargas de trabalho sem deslocamentos ou trincas.
- e) empuxo - é parte muito importante pois pode aumentar o rendimento da perfuração, na medida em que dá o peso certo requerido pela broca.
- f) bomba de lama - é talvez o elemento mais importante nesse tipo de perfuratriz, mais adequada a terrenos sedimentares. As características de vazão e pressão variam enormemente, à medida em que se modificam as profundidades e diâmetros dos poços, reco-

mendando-se várias bombas operando em paralelo ou série como uma forma de modular os investimentos, diminuir os custos e aumentar a segurança de operação.

- g) compressor - precisa ser dimensionado de acordo com as características do serviço a ser feito.

Estas perfuratrizes operam otimamente em terrenos moles, em profundidades acima de 200 metros, com diâmetros acima de 10"; de igual forma, sempre que a profundidade for maior que 400 metros, em terrenos de dureza média a grande, a única opção de equipamentos será essa; finalmente, considerando-se como uma adaptação, essa faixa de máquina permitirá rendimento razoável em terrenos duros, com ar comprimido, em poços de 20 a 80 metros, em diâmetros de 6" a 6.1/2".

4. PERFURATRIZES ROTO-PNEUMÁTICAS DE MESA MÓVEL.

Correspondem à faixa mais moderna de perfuratrizes, de concepção distinta da predominante anteriormente, que incorporou as vantagens dos sistemas hidráulicos, em termos de rendimento e precisão.

A principal vantagem deste tipo de equipamento é a rapidez da operação, o que lhe permite superar a desvantagem do custo de aquisição maior, resultado da utilização de componentes de tecnologia mais sofisticada. É preciso portanto uma grande atenção no dimensionamento das características técnicas mínimas de cada parte ou componente, para se evitar uma situação em que o equipamento escolhido é sub-dimensionado, não funcionando então de forma satisfatório e ocasionando sérios problemas de manutenção com resultados desastrosos sobre o custo, eis que, aumentando o tempo morto, a incidência dos custos fixos (sempre grandes) fica excessiva pois o equipamento acaba funcionando pouco.

As características construtivas mais importantes desses equipamentos são:

- a) mastro - é necessário que tenha características de altura de trabalho, capacidade máxima de carga e estrutura para suportar as cargas de trabalho sem abalar-se e para operar com hasteamento de comprimento adequado.
- b) empuxo - precisa ser dimensionado para dar o pull-down correto que garanta a velocidade de penetração adequada, assim como o pull-back para permitir a manutenção do peso certo, à medida em que a profundidade aumenta; de outro lado, quanto mais sensível for, maior rendimento operacional garantirá, à medida em que se modificam as condições de terreno, acompanhadas necessariamente de mudanças no empuxo.
- c) cabeçote rotativo - comanda o giro da composição e precisa ser dimensionado para ter reserva de torque, para evitar prisão de ferramentas e garantir o corte do material, indispensável à manutenção da taxa de penetração melhor possível.
- d) guincho - é auxiliar indispensável na colocação de revestimento e no manejo de materiais, daí ter que possuir capacidade de carga compatível.
- e) manejo de hastes - é de extrema importância na perfuração - pois permite a minimização do tempo passivo, aumentando o rendimento operacional. Equipamentos hidráulicos, tais como mordentes, pistões, guinchos, etc., são de extremo auxílio.
- f) painel de comando - sendo o instrumento centralizador das operações, garante ao operador o controle completo da situação, a partir da leitura e análise de dados mostrados nos instrumentos; desta forma, não há perda de tempo.
- g) bomba de lama - é um elemento ainda mais importante que nas faixas outras de equipamentos pois sendo ela a responsável pela perfuração com lama, e sendo a perfuratriz de alta produção, se a bomba não funcionar a contento, cai brutalmente o rendimento, com implicações sérias no custo operacional.
- h) compressor - repete-se a mesma situação descrita no item anterior, com o agravante de que os compressores mais indicados, de 250 psi, ainda são muito caros, razão pela qual usa-se com frequência compressor de 150 psi, cuja taxa de penetração é bem inferior.
- i) relação ideal de peso - é importante que a perfuratriz seja estável, não muito pequena, com a carga bem distribuída sobre o chassi, para evitar que na operação, quando a perfuratriz é solicitada, incline-se para a frente, atrapalhando o funcionamento do sistema. Assim sendo, é preciso que todos esses elementos sejam considerados, pois a função básica da perfuratriz é a de permitir a outros equipamentos o rendimento ótimo, garantindo o mínimo possível de tempo morto. Para finalizar, é preciso atenção especial para o porte e as condições de fabricação da perfuratriz, pois a sua robustez é essencial no campo, de modo a garantir uma longa vida útil e evitar frequentes manutenções.

Dependendo é claro da escolha do equipamento (eis que há muitas perfuratrizes desse tipo que só se prestam para os serviços das faixas mínimas), a faixa ótima de utilização desse equipamento é para a perfuração de poços em terrenos duros de 60 a 100 metros de profundidade (em certos casos, até 200 metros), em diâmetros de 6" a 8"; em terrenos de dureza média até 300 metros, diâmetros até 12.1/2" e em terrenos moles, até 300 metros, com diâmetros até 12.1/4".

IV - SITUAÇÕES ESPECIAIS ESTUDADAS

Para efeito deste trabalho, consideraremos 8 situações mais comuns encontradas no Brasil, em termos dos equipamentos disponíveis em operação nas diversas formações geológicas, considerando-se como fator básico a dureza do terreno:

- A) Perfuratriz roto-pneumática de mesa móvel, com características técnicas adequadas e convenientes, operando com compressor de alta pressão, perfurando em rocha dura (cris talino, basalto, etc).
- B) Perfuratriz roto-pneumática de mesa móvel, com características técnicas adequadas, com compressor de média pressão, operando em rocha dura.
- C) Perfuratriz roto-pneumática de mesa fixa (na mesma faixa podemos considerar as roto-pneumáticas de mesa móvel mas com características técnicas sub-dimensionadas ou as roto-percussoras-pneumáticas) com compressor de média pressão, em rocha dura.
- D) Perfuratriz percussora com características técnicas adequadas, perfurando com cabo, em rochas duras.
- E) Perfuratriz rotativa de mesa fixa ou móvel, com características técnicas adequadas, perfurando no calcáreo com lama.
- F) Perfuratriz percussora com características técnicas adequadas, perfurando com cabo no calcáreo.
- G) Perfuratriz rotativa de mesa fixa ou móvel, com características técnicas adequadas, perfurando em terreno brando (sedimento/arenito mole) com lama.
- H) Perfuratriz roto-percussora operando com lama em terreno brando.

V - OPERAÇÕES DAS PERFURATRIZES

Considerando-se que a base de comparação será o Cr\$/m, expresso é verdade em termos de SM (Salário Mínimo), que a maioria dos componentes do custo são expressos em horas e finalmente que cada tipo de perfuratriz tem uma taxa de penetração diferente (m/h), para chegarmos a uma base comum, devemos encontrar a proporção de horas úteis de operação em relação ao total de horas disponíveis no mês. Para tanto, devemos listar e estimar o tempo gasto em todas as operações que as perfuratrizes devem realizar. Do ponto de vista prático das empresas de perfuração, cada mês deve ser feito um registro de horas gastas efetivamente nas operações, comparando-as com a previsão aqui colocada e depois apropriando a real proporção das horas produtivas em relação ao total de horas disponíveis no mês.

As operações necessárias são as seguintes:

1. DESLOCAMENTOS

Toda perfuratriz deve locomover-se de um poço para outro. Em termos médios considera-se que esse deslocamento, em média dure um dia ou seja, 10 horas, para qualquer tipo de equipamento.

2. ATIVIDADES ACESSÓRIAS

Nesse item foram incluídas várias atividades tais como: limpeza e preparação do terreno, preparação das chicanas de lama, instalação e nivelamento da perfuratriz e retirada do equipamento. Consideramos que em média o tempo gasto igualmente por todos os tipos de equipamentos seja de 10 horas pois, apesar dos diferentes recursos que cada perfuratriz tem (as hidráulicas fazem a instalação em tempo muito mais curto que as mecânicas) esses tipos de equipamentos, na nossa apropriação de custos, não fazem a finalização do poço, porém devem deixá-lo preparado (tubo de boca, tampa, etc.) para que outro equipamento faça o serviço - daí haver uma compensação que justifica a média idêntica.

3. PERFURAÇÃO

Para que se pudesse calcular o tempo útil de operação (em perfuração), partindo-se de uma taxa de penetração dada para cada método (linha 10 da tabela), foi necessário adotar-se uma profundidade média para todos os poços, que se estimou em 100 metros, provavelmente muito próxima da real média de profundidade dos poços perfurados no Brasil. Chegamos ao tempo gasto (h) em cada situação para a perfuração de 100 metros, dividindo-se a metragem (100m) pela taxa média de penetração, medida em m/h.

4. DESCIDA DA TUBULAÇÃO

Corresponde ao tempo gasto para a descida de tubos e de filtros num poço de 100 metros, estimada em 20 horas, apenas para os poços feitos em terrenos brandos, considerando-se que nos poços em terrenos duros e médios, não se empregam tubos ou filtros.

5. DESENVOLVIMENTO

Consideramos como um gasto de 20 horas nessa atividade, apenas para terrenos de dureza média ou branda, não a considerando em terrenos duros.

6. FINALIZAÇÃO

Corresponde às operações de instalação de tubo de boca, bomba submersa, quadros de comando e colocação do poço em operação. Consideramos que essas atividades apenas seriam desenvolvidas pelas perfuratrizes a percussão que, em média dispenderiam 30 horas nelas. Quanto às outras perfuratrizes, não contamos o tempo gasto nessas operações, porém quando apropriamos os custos, para mantermos a mesma base, estimamos o custo adicional da realização dessa operação por outra equipe.

7. HORAS ÚTEIS DE PERFURAÇÃO NO MÊS

Somando-se o tempo gasto em cada operação, encontramos o tempo total necessário à perfuração de um poço de 100 m (linha 7 da tabela), p/cada situação.

A seguir calcula-se a proporção entre o tempo gasto efetivamente com a perfuração, ou seja, o tempo útil (linha 3 da tabela) e o tempo total (linha 7 da tabela), expressa por uma porcentagem (linha 8 da tabela).

Finalmente calcula-se por uma regra de três o número de horas que cada equipamento passará efetivamente perfurando no mês (240 horas), chegando-se nos valores expressos na linha 9 da tabela abaixo, que resume as informações deste capítulo:

Lin.		A	B	C	D	E	F	G	H
01	Deslocamentos (h)	10	10	10	10	10	10	10	10
02	Atividades Acessórias (h)	10	10	10	10	10	10	10	10
03	Perfuração - 100 m(h)	10	25	50	200	40	66	10	25
04	Descida Tubulação (h)	-	-	-	-	-	-	20	20
05	Desenvolvimento (h)	-	-	-	-	20	20	20	20
06	Finalização (h)	*	*	*	30	*	30	*	*
07	Tempo nec.p/poço - 100m (h)	30	45	70	250	80	136	70	85
08	Tempo perf./tempo total (%)	33	55	71	80	50	49	14	29
09	Tempo perf./mês - 240 h (h)	80	130	170	190	120	120	34	70
10	Taxa de Penetração (m/h)	10,0	4,0	2,0	0,5	2,5	1,5	10,0	4,0

VI - COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS

A apropriação dos custos será feita inicialmente por hora de utilização quando em perfuração, vale dizer, por hora útil de trabalho. Assim sendo, todos os componentes do custo, a seguir descritos serão dissecados em termos de custo horário (Cr\$/h). O cálculo final em custo por metro (Cr\$/m) será feito levando em consideração a taxa de penetração, medida em m/h para cada valor encontrado de custo horário (a partir de agora, todos os valores expressos em Cr\$ referem-se a junho/1.980).

Na composição do custo em cada situação, levaram-se em conta

os seguintes fatores:

- CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO** - partiu-se do valor total do investimento necessário para cada caso, calculando-se o custo do capital em 2% ao mês, necessário à cobertura do custo do financiamento e à remuneração do capital próprio. Evidentemente, esse custo será efetivamente muito maior, eis que ele se refere sempre aos valores em SM, corrigidos naturalmente em relação à inflação.
- DEPRECIACÃO** - considerou-se o valor dos investimentos feitos nos equipamentos de maior vida útil, para cada caso, dividindo-se esse valor pelo número estimado de horas úteis de funcionamento. Esse custo é um valor não desembolsável, mas que deve constituir uma reserva para a reposição do equipamento, após encerrada sua vida útil.
- MÃO-DE-OBRA** - foi dividida entre direta, correspondente ao pessoal de campo e indireta, relativa ao pessoal administrativo envolvido (coordenação, administração central, equipe de apoio), adicionando-se ainda o valor dos encargos sociais e trabalhistas.
- CONSUMO DE MATERIAIS** - consideraram-se os principais materiais consumidos pelas perfuratrizes, ou seja, diesel, óleo lubrificante, carvão e bentonita, com os seguintes custos considerados em termos de SM:
 - diesel - Cr\$ 17,00/litro \approx 0,004 SM/l
 - óleo lubrificante - Cr\$ 100,00/litro \approx 0,024 SM/l
 - carvão - Cr\$ 12,00/kg \approx 0,003 SM/kg
 - bentonita - Cr\$ 17,50/kg \approx 0,004 SM/kg
- DESGASTE DE FERRAMENTAS** - de igual forma, para cada situação, estimou-se o desgaste médio das principais ferramentas.
- MANUTENÇÃO** - calcularam-se os gastos previsíveis com a manutenção dos equipamentos, de acordo com as características próprias de cada caso.
- APOIO** - foi estimado o custo envolvido nas viagens a serem necessariamente dadas pela equipe de apoio no atendimento das necessidades das perfuratrizes. Considerou-se o quilômetro percorrido ao custo de 0,2% do SM, ou seja, 1 km = 0,002 SM (aproximadamente Cr\$ 8,40/km rodado).
- FINALIZAÇÃO** - refere-se ao custo de complementação do poço, a ser dado por outro equipamento, nas várias situações, exceto aquelas em que a perfuratriz é a percussora a cabo. Assim sendo, o custo de finalização, expresso em SM, pode ser calculado conforme segue, para cada poço (considera-se o tempo necessário à execução do serviço em 30 horas):
 - depreciação do equipamento constituído de camionete com torre e guincho, no valor estimado de 600 SM (aproximadamente Cr\$ 2.500.000,00), com uma vida útil aproximada de 5.000 horas, correspondendo a um custo unitário de 0,12 SM/hora ou a um custo total para as 30 horas de 3,6 SM.

- custo do capital, corresponde a 2% ao mês sobre o valor de aquisição (600 SM), o que dá 12 SM/m ou 1,5 SM/instalação (12 SM/m : 240 h/m x 30 h/serviço = 1,5 SM/serviço).
- mão-de-obra de 2 funcionários com salários de 3 SM cada, dando 6 SM que com a adição de 50% de encargos sociais e trabalhistas dá um custo fixo total de 9 SM para o mês (240 horas) ou de 1,125 SM para as 30 horas do serviço.
- combustível, correspondente ao consumo de 3 litros de diesel/hora, a um custo de 0,004 SM/litro, dando 0,012 SM/hora ou 0,36 SM para as 30 horas do serviço.
- deslocamento médio de 200 km entre cada instalação, a um custo unitário de 0,002 SM/km, dando 0,4 SM por instalação.
- portanto, o custo total de uma instalação é de 7 SM (Cr\$ 29.400,00/instalação) valor esse que deverá ser rateado pelo número de horas úteis de perfuração por poço de cada equipamento.

VII - CUSTO OPERACIONAL DE PERFURATRIZ ROTO-PNEUMÁTICA DE MESA MÓVEL COM COMPRESSOR - DE ALTA PRESSÃO EM ROCHA DURA.

Primeiramente, estima-se o rendimento observado pelo equipamento em termos dos metros perfurados nas horas de operação. Neste cálculo, devemos considerar não só a taxa nominal de penetração, dada pelos fabricantes de martelo, mas também os tempos mortos, perdidos nas manobras de hastes, interrupções variadas para análise do material, pequenas manutenções e a eficiência menor dos operadores, ainda não capacitados a operar um equipamento altamente técnico. Assim sendo, adotamos um rendimento médio de 10 metros/hora de operação (compressor de 250 psi).

A seguir, calcularemos os vários custos componentes deste método, conforme sistemática expressa em VI:

1. CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO

Faremos o cálculo do investimento total necessário, dividindo-o em 2 grupos: equipamentos de vida elevada (que terão seu custo calculado como depreciação) e de desgaste relativo rápido (que terão seus custos apropriados como desgaste do ferramental):

1.1. EQUIPAMENTOS (VIDA ÚTIL ELEVADA):

	SM	Cr\$
a) Perfuratriz roto-pneumática, marca Prominas, mod. R-2SR	2.857	12.000.000,00
b) Caminhão Mercedes-Benz, modelo L-2213	358	1.500.000,00
c) Bomba de Lama de pistão, marca Prominas, BP-5MP	358	1.500.000,00
d) Compressor Holman, nacionalizado p/Prominas, de 700 cfm e 250 psi	1.547	6.500.000,00
e) Apoio - caminhão p/transporte de ferramentas, tanque de água, barraca p/equipe, camionete p/supervisor, etc.	595	2.500.000,00
SUB-TOTAL	5.715	24.000.000,00

1.2. FERRAMENTAS (DESGASTE RELATIVO RÁPIDO):

	SM	Cr\$
a) Martelos down-the-hole - importados, Atlas, Ingersoll ou Mission (2 unidades)	358	1.500.000,00
b) Bits - de botão, nacionais, marca Fagersta (10 unidades de 6.1/2")	238	1.000.000,00
c) Hasteamento - Prominas, 25 hastes de 4.1/2" x 6 m (150m)	238	1.000.000,00
d) Ferramentas complementares - subs, comandos, pescadores, brocas de dedos, elevados de tubos, etc.)	358	1.500.000,00
SUB-TOTAL	1.192	5.000.000,00

1.3. INVESTIMENTO TOTAL

6.907 29.000.000,00

1.4. CUSTO HORÁRIO DO CAPITAL INVESTIDO

Para chegarmos ao Custo Horário do Capital, é preciso calcular o custo mensal do mesmo, à taxa de 2% adotada anteriormente, chegando-se então a 138,1 SM (Cr\$ 580.000,00). Chega-se ao Custo Horário do Capital dividindo-se o valor mensal pelo número de horas úteis, dando 1,726 SM/h (138,1 SM : 80 horas).

2. DEPRECIAÇÃO

Para ser calculado, pegaremos o valor do investimento em equipamentos de vida útil elevada (1.1) e o dividiremos pelo número de horas úteis estimada para o equipamento (vida útil). Desta forma, chegamos a 0,381 SM/hora útil (5.715 SM : 15.000 h), como o valor da depreciação para uma hora de uso do equipamento.

3. MÃO-DE-OBRA

Para efeito de análise, dividimo-la em duas categorias, adotando-se já os valores em SM (o salário inclui o fixo e prêmios ou comissões):

- a) Mão-de-obra direta (MOD) - constituída pela equipe de operação:
- Sondador-Chefe - altamente especializado 7 SM
 - Ajudantes - em número de 2 5 SM
 - Encargos Sociais e Trabalhistas (50% da soma dos operadores) 6 SM
 - Sub-Total 18 SM
- b) Mão-de-obra indireta (MOI) - constituída da equipe de corrdenação e apoio necessá-

ria ao eficaz desenvolvimento do serviço:

- Coordenador - geólogo ou técnico sênior, com profundos conhecimentos de geologia e máquinas 15 SM
 - Administração central - administrador para compra e movimentação de materiais, vendedor de poços, secretária, contabilidade, etc. 10 SM
 - Equipe de apoio - mecânico chefe, auxiliar, motoristas, almoxarife, auxiliares de transporte e serviços gerais. 15 SM
 - Encargos sociais e trabalhistas (50% da soma anterior) 20 SM
 - Sub-Total 60 SM
- c) Mão-de-Obra Total (MOT) - Corresponde à somatória da MOD + MOI, constituindo o custo total de 78 SM ou Cr\$ 327.600,00.
- d) Custo por hora - corresponde à incidência da MOT sobre as horas de efetiva operação no mês, que foram calculadas em 80 (item 7. do capítulo V). Assim sendo, o custo horário da mão-de-obra é igual a 0,975 SM (78SM : 80h).

4. CONSUMO DE MATERIAIS

Corresponde aos itens definidos anteriormente e que têm a seguinte incidência:

- a) Diesel - consumo de 60 litros/hora x 0,004 SM/l, relativo aos motores da perfuratriz (10 l/h) e compressor (50 l/h) 0,24 SM/h
- b) Óleo - consumo de 2 litros/hora x 0,024 SM/l, relativo ao lubrificador de linha do martelo 0,05 SM/h
- c) Total - consumo total por hora útil de funcionamento (Cr\$ 1.210,00/hora) 0,29 SM/h

5. DESGASTE DE FERRAMENTAS

É preciso que se separem as ferramentas por categorias, em função das diferentes vidas úteis, de modo a se calcular o custo horário do desgaste mais aproximado possível. Assim, teríamos as seguintes categorias:

- a) Martelo - tem uma vida útil estimada de 2.000 horas, o que dá um custo horário de 0,1 SM/h (Custo de aquisição = Cr\$ 750.000,00 = 178,6 SM : 2.000h = 0,1 SM/h = Cr\$ 420,00/h)
- b) Bits - têm uma vida útil de aproximadamente 400 metros em rochas duras (se bem cuidados e afiados), o que equivale a 40 horas úteis de operação (considerou-se o rendimento igual a 10m/h). Considerando-se o custo de aquisição atual do Bit de 6.1/2" chegamos a um valor do custo horário em 0,6 SM/h (Custo de aquisição = Cr\$. ... 100.000,00 = 23,8 SM : 40 h = 0,6 SM/h = Cr\$ 2.500,00/h)
- c) Hasteamento - uma composição tem uma vida útil de aproximadamente 2.000 horas, o que dá um custo horário de 0,12 SM/h (custo de aquisição de 20 hastes = Cr\$ 1.000.000,00 = 238,1 SM : 2.000 h = 0,12 SM/h = Cr\$ 500,00/h).
- d) Ferramentas Complementares - cada um dos componentes tem vida útil diferente, mas podemos assumir em média uma vida útil idêntica à do hasteamento, ou seja, 2.000 horas, o que dá um custo horário de 0,18 SM/h (Custo de aquisição = Cr\$. 1.500.000,00 = 358 SM : 2.000 h = 0,18 SM/h = Cr\$ 750,00/h).
- e) Custo total do desgaste por hora - a soma dos custos parciais horários dá para o desgaste de ferramentas: 1,00 SM/h (0,1 + 0,6 + 0,12 + 0,18 = 1,00 SM/h = Cr\$ 4.200,00/h)

6. MANUTENÇÃO

É preciso separar as despesas de manutenção entre a perfuratriz, a bomba de lama e o compressor. Nesse caso, a bomba de lama terá um custo de manutenção mínimo e será desconsiderada, pois o equipamento operará praticamente em terreno duro, com compressor. Assim, teremos custos de manutenção:

- a) Perfuratriz - a utilização intensiva de uma perfuratriz totalmente hidráulica normalmente implica em custos razoavelmente altos de manutenção, que se pode estimar - em 8 SM/m ou 0,1 SM/h (8SM/mês : 80 h/mês = 0,1 SM/h = Cr\$ 420,00/h).
- b) Compressor - é a máquina fundamental na operação, o que significa desgastes relativamente altos, principalmente se considerarmos um período anual, quando será necessário praticamente uma reforma. Assim, estimou-se o custo de manutenção em 12 SM/mês ou 0,15 SM/h (12 SM/mês : 80 h/mês = 0,15 SM/h = Cr\$ 630,00/h).
- c) Custo Total de Manutenção por Hora - a soma dos custos parciais horários dá: 0,25 SM/h (0,1 + 0,15 = 0,25 SM/h = Cr\$ 1.050,00/h).

7. APOIO

Por definição, este custo refere-se aos deslocamentos de equipe de apoio, calculando-se em 3.000 km mensais a distância percorrida, o que dá um custo horário de 0,075 SM/h (3.000 km/mês x 0,002 SM/km = 6 SM/mês : 80 h/mês = 0,075 SM/h = Cr\$ 320,00/h).

8. FINALIZAÇÃO

Por conveniência, o serviço de finalização deve ser feito por equipamento mais simples e barato, tendo sido calculado o valor de cada instalação em

7 SM/installação (Cr\$ 29.400,00/installação). Esse custo deverá ser rateado entre o número de horas gasto para a execução de cada poço. No nosso caso, como adotamos que cada poço teria 100 metros, levando portanto 10 horas úteis de perfuração, o custo horário da instalação será de 0,7 SM/h (7SM/installação : 10 h = 0,7 SM/h = Cr\$ 2.940,00/hora).

9. CUSTO TOTAL/HORA

Para se chegar ao custo total horário, devemos somar os custos anteriores, chegando-se a 5,4 SM/h = Cr\$ 22.700,00/h).

10. CUSTO TOTAL/METRO

Para se chegar ao custo total por metro, que é uma medida mais fácil de visualização, basta dividir o custo horário pelo rendimento horário, chegando-se então a 0,54 SM/metro ou Cr\$ 2.270,00/metro (5,4 SM/h : 10 m/h = 0,54 SM/m = Cr\$ 2.270,00/m).

VIII - CUSTO OPERACIONAL DE PERFURATRIZ ROTO-PNEUMÁTICA DE MESA MÓVEL COM COMPRESSOR DE MÉDIA PRESSÃO EM ROCHA DURA.

Parte-se novamente de uma definição do rendimento do equipamento em termos de metros perfurados por hora útil de operação. O referencial continua sendo a situação descrita anteriormente, eis que os equipamentos são os mesmos, com exceção do compressor que, naquele caso era de 250 psi e nesse passou a ser de 150 psi. Em consequência, vai ser alterado o rendimento operacional, que a experiência indica ficar por volta de 5 m/h, em média. Os custos deverão ser recalculados para se chegar a novos resultados, como exposto a seguir:

1. CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO

1.1. EQUIPAMENTOS

	SM	Cr\$
a) Perfuratriz roto-pneumática Prominas R-2SR	2.857	12.000.000,00
b) Caminhão Mercedes-Benz, L-2213	358	1.500.000,00
c) Bomba de Lama - de pistão, Prominas, BP-5MP	358	1.500.000,00
d) Compressor Ingersoll-Rand DXL-600H ou similar	595	2.500.000,00
e) Apoio - idem VII. 1.1. e)	595	2.500.000,00
SUB-TOTAL	4.763	20.000.000,00
1.2. FERRAMENTAS - idem VII 1.2.	1.192	5.000.000,00
1.3. INVESTIMENTO TOTAL	5.955	25.000.000,00

1.4. CUSTO HORÁRIO DO CAPITAL

Seguindo-se o mesmo raciocínio exposto em VII 1.4., encontramos 1,00 SM/h ou Cr\$ 4.200,00/hora (5,955 SM x 2% a.m. = 119,05 SM/mês : 120 h = 1,0 SM/h = Cr\$ 4.200,00/hora).

2. DEPRECIAÇÃO

Seguindo-se o mesmo raciocínio, encontraremos 0,320 SM/h ou Cr\$ 1.350,00/h (4.763 SM : 15.000 h = 0,318 SM/h = Cr\$ 1.350,00/h).

3. MÃO-DE-OBRA

Podemos transcrever o valor do Custo Total de Mão-de-Obra no mês exposto no item VII. 3. c), pois é idêntico nos dois casos, dividindo-o pelo número total de horas úteis desenvolvido nessa situação, encontrando-se então: 0,65 SM/h ou Cr\$ 2.730,00/h (78 SM : 120 h = 0,65 SM/h = Cr\$ 2.730,00/h).

4. CONSUMO DE MATERIAIS

a) Diesel - consumo de 50 litros/h x 0,004 SM/l, relativo aos motores da perfuratriz (10 l/h) e compressor (40 l/h)	0,2 SM
b) Óleo - idem ao VII.4.b	0,05 SM
c) Total - consumo total por hora útil de funcionamento	0,25 SM

Portanto o Custo horário relativo a consumo de materiais é de 0,25 SM/h = Cr\$ 1.050,00/hora.

5. DESGASTE DE FERRAMENTAS

- a) Martelo - idem a VII.5.a): 0,1 SM/h = Cr\$ 420,00/h
- b) Bits - raciocínio semelhante ao de VII.5.b), porém mudando o rendimento para 5,0 m/h obtendo-se então o custo de 0,2 SM/h ou Cr\$ 840,00/h (custo de aquisição de 1 bit de 6.1/2" = 23,8 SM : 120 h = 0,2 SM/h).
- c) Hasteamento - idem a VII.5.c): 0,12 SM/h ou Cr\$ 500,00/h.
- d) Ferramentas complementares - idem a VII.5.d): 0,18 SM/h = Cr\$ 750,00/h.
- e) Custo Total do Desgaste por Hora - soma dos anteriores, que dá 0,60 SM/h ou Cr\$. 2.520,00/h.

6. MANUTENÇÃO

O custo mensal total é idêntico ao da situação anterior, ou seja 20 SM/mês (8 SM/mês da perfuratriz + 12 SM/mês do compressor), o que dá um custo horário de 0,17 SM/h. ou Cr\$ 700,00/h (20 SM/mês : 120 h/mês = 0,17 SM/h).

7. APOIO

Consideram-se deslocamentos iguais aos da situação anterior, ou seja, 3.000 km/mês, implicando assim num custo horário de 0,05 SM/h = Cr\$ 210,00/h. (3.000 km/mês x 0,002 SM/km = 6 SM/mês : 120 h/mês = 0,05 SM/h).

8. FINALIZAÇÃO

Também nessa situação, há identidade com a anterior, encontrando-se então o valor de 7 SM/installação, que será rateado pelo número de horas necessárias à perfuração de um poço (100m : 5m/h = 20h), encontrando-se assim o valor desse custo por hora útil, em 0,35 SM/h = Cr\$ 1.470,00/h (7 SM/poço : 20h/poço = 0,35 SM/h).

9. CUSTO TOTAL/HORA

Resumindo os custos acima, encontramos: 3,40 SM/h = Cr\$.

14.280,00/h.

10. CUSTO TOTAL/METRO

Encontra-se o valor de 0,68 SM/m ou Cr\$ 2.860,00/m, pegando-se o valor do custo total por hora e dividindo-o pelo rendimento médio (3,40 SM/h : 5m/h = 0,68 SM/m).

IX - CUSTO OPERACIONAL DE PERFURATRIZ ROTO-PNEUMÁTICA DE MESA FIXA COM COMPRESSOR DE MÉDIA PRESSÃO EM ROCHA DURA.

Este equipamento já se constitui numa adaptação e faixa limite de operação da gama de equipamentos de mesa fixa, que operam com sistemas mecânicos, incorporando poucos sistemas hidráulicos. Operando com compressor de 150 psi, esse equipamento tem um rendimento operacional médio menor devido às próprias características da perfuratriz, situando-se em torno de 2,5 metros/hora, em média. Os seus custos são os seguintes, adotando-se a metodologia anterior:

1. CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO

1.1. EQUIPAMENTOS

	SM	Cr\$.
a) Perfuratriz combinada Prominas P-350-R	830	3.500.000,00
b) Caminhão - Ford, F-7.000	190	800.000,00
c) Bomba de Lama - pistão, Prominas, B-5	250	1.050.000,00
d) Compressor Ingersoll-Rand - DXL-600-H ou similar	595	2.500.000,00
e) Apoio - idem VII.1.1. e)	595	2.500.000,00
SUB-TOTAL	2.460	10.350.000,00

1.2. FERRAMENTAS - idem VII.1.2.

1.190 5.000.000,00

1.3. INVESTIMENTO TOTAL

3.650 15.350.000,00

1.4. CUSTO HORÁRIO DO CAPITAL - seguindo-se o raciocínio desenvolvido nas outras situações, encontramos 0,45 SM/h = Cr\$ 1.900,00/h.

(3.650 SM x 2% a.m. = 73 SM/mês : 160 h = 0,45 SM/h).

2. DEPRECIACÃO

Na sequência do raciocínio básico, achamos 0,12 SM/h = Cr\$ 500,00/h (2.460 SM : 20.000 h = 0,12 SM/h). Nesse caso, o número de horas úteis foi estimado em 20.000, pois apresentaram-se equipamentos com distintas vidas úteis, como a perfuratriz P-350 (30.000 horas), a mesa rotativa fixa (20.000 horas), a bomba de lama e o compressor (15.000 horas) cada.

3. MÃO-DE-OBRA

Podemos transcrever o valor mensal do equivalente em VII.3.c), pois é idêntico a esse caso, dividindo-o pelo número total de horas úteis para essa situação, encontrando-se então: 0,49 SM/h = Cr\$ 2.060,00/h (78 SM : 160 h = 0,49 SM/h).

4. CONSUMO DE MATERIAIS

a) Diesel - consumo de 45 litros/h x 0,004 SM/l relativo aos motores da perfuratriz (5 l/h) e compressor (40 l/h)	0,18 SM/h
b) Óleo - idem VII.4.b)	0,05 SM/h
c) Total	0,23 SM/h

Portanto o Custo Horário relativo ao consumo de materiais é de 0,23 SM/h = Cr\$.970,00/h.

5. DESGASTE DE FERRAMENTAS

- a) Martelo - idem a VII.5.a) = 0,1 SM/h = Cr\$ 420,00/h.
- b) Bits - mesmo raciocínio dos equivalentes anteriores, apenas mudando o rendimento para 2,5 m/h, obtendo-se então o custo de 0,15 SM/h = Cr\$ 630,00/h (custo de 1 bit de 6.1/2" = 23,8 SM : 160 horas = 0,15 SM/h).
- c) Hasteamento - idem a VII.5.c) : 0,12 SM/h = Cr\$ 500,00/h.
- d) Ferramentas Complementares - idem a VII.5.d) = 0,18 SM/h = Cr\$ 750,00/h.
- e) Custo Total do Desgaste por hora - soma dos anteriores que dá 0,55 SM/h = Cr\$. .. 2.310,00/h.

6. MANUTENÇÃO

- a) Perfuratriz - P-350 com mesa rotativa - 3 SM/mês
- b) Compressor - 12 SM/mês
- c) Total - 15 SM/mês

Portanto, o custo por hora útil de trabalho será de 0,09 SM/h = Cr\$ 380,00/h (15 SM/mês : 160 horas = 0,09 SM/h).

7. APOIO

Considera-se um deslocamento de 2.000 km por mês, pois a metragem mensal perfurada é sensivelmente menor que nos casos anteriores. Assim, teremos co-

no custo: $0,025 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 100,00/\text{h}$ ($2.000 \text{ km/mês} \times 0,002 \text{ SM/km} = 4 \text{ SM/mês} : 160\text{h/mês} = 0,025 \text{ SM/h}$).

8. FINALIZAÇÃO

O valor de cada finalização é de 7 SM, o qual, rateado pelo número de horas necessárias à perfuração de um poço de 100 metros ($100 \text{ m} : 2,5 \text{ m/h} = 40\text{h}$), dá o valor do custo por hora útil, ou seja $0,175 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 735,00/\text{h}$ ($7 \text{ SM/poço} : 40 \text{ h/poço} = 0,175 \text{ SM/h}$).

9. CUSTO TOTAL/HORA

Resumindo os custos acima, encontramos: $2,13 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } \dots$

8.950,00/h.

10. CUSTO TOTAL/METRO

Encontra-se o valor de $0,85 \text{ SM/m} = \text{Cr\$ } 3.580,00$, transformando-se o valor do Custo Total por hora no custo por metro, a partir de sua divisão pelo rendimento médio ($2,13 \text{ SM/h} : 2,5 \text{ m/h} = 0,85 \text{ SM/m}$).

X - CUSTO OPERACIONAL DE PERFURATRIZ PERCUSSORA EM ROCHA DURA

Trata-se do equipamento mais antigo em operação e que constitui a maior porcentagem das situações encontradas no Brasil. Seu rendimento depende muito da habilidade do operador, dos recursos da perfuratriz e das condições do ferramental, principalmente das brocas, porém pode-se tomar como média a taxa de penetração de 0,5 metros/hora em terreno duro.

1. CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO

1.1. EQUIPAMENTOS

	SM	CR\$
a) Perfuratriz - percussora, Prominas, P-350	643	2.700.000,00
b) Apoio - caminhão, camionete, barraca, etc, dividido por 3 unidades, às quais pode dar apoio	197	830.000,00
SUB-TOTAL	840	3.530.000,00

1.2. FERRAMENTAS

a) Ferramentas de perfuração e limpeza	90	380.000,00
b) Ferramentas de pescaria e auxiliares	140	590.000,00
SUB-TOTAL	230	970.000,00

1.3. INVESTIMENTO TOTAL

1.070 4.500.000,00

1.4. CUSTO HORÁRIO E CAPITAL INVESTIDO

Será de $0,11 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 460,00/\text{h}$ ($1.070 \text{ SM} \times 2\% \text{ a.m.} = 21,4 \text{ SM/mês} : 190 \text{ horas/mês} = 0,11 \text{ SM/h}$).

2. DEPRECIACÃO

Considerando-se a vida útil da perfuratriz em 30.000 horas, o custo horário da depreciação será de $0,028 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 115,00/\text{h}$ ($840 \text{ SM} : 30.000\text{h} = 0,028 \text{ SM/h}$).

3. MÃO-DE-OBRA

É necessário que se apliquem os cálculos diferenciados entre a MOD e MOI, pois os valores aqui distinguem-se das outras situações anteriores por não exigir muita qualificação a operação da perfuratriz. Assim teremos:

a) Mão-de-Obra Direta (MOD) - equipe de operação

- Sondador-Chefe	4 SM
- Ajudantes (2)	4 SM
- Encargos Sociais e Trabalhistas	4 SM
SUB-TOTAL	12 SM

b) Mão-de-Obra Indireta (MOI) - constituída da equipe de coordenação e apoio, sendo - que se considera que cada equipe possa dar atendimento a 3 perfuratrizes:

- Coordenador - fiscal de máquina, operador antigo	8 SM
- Administração Central - comprador de materiais, vendedor de poços, contabilidade, aluguel, etc.	8 SM
- Equipe de apoio - mecânico, almoxarife, motorista, etc.	8 SM
- Encargos Sociais e Trabalhistas	12 SM
SUB-TOTAL	36 SM

- Ajuste - considerando-se o atendimento de 3 equipes, podemos dividir o custo por 3 ($36 \text{ SM} : 3 = 12 \text{ SM}$) 12 SM

c) Mão-de-Obra Total (MOT) - Somatória de MOD + MOI 24 SM

d) Custo por Hora - corresponde à incidência do Custo Total no mês sobre o número de horas úteis, dando $0,125 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 525,00/\text{h}$ ($24 \text{ SM/mês} : 190 \text{ h/mês} = 0,125 \text{ SM/h}$).

4. CONSUMO DE MATERIAIS

a) Diesel - consumo de 5 l/h (perfuratriz $\times 0,004 \text{ SM/l}$)	0,02 SM/h
b) Carvão - consumo de 6 kg/h $\times 0,003 \text{ SM/kg}$	0,018 SM/h
c) Total	0,038 SM/h

Portanto o custo unitário relativo ao consumo de materiais é de $0,038 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 160,00/\text{h}$

5. DESGASTE DE FERRAMENTAS

a) Ferramentas de Perfuração e limpeza:

- porta-cabo - custo de aquisição = 4,86 SM : vida útil = 4.000 h (2.000 m : 0,5 m/h)	0,0012 SM/h
- percussor - custo de aquisição = 12,86 SM : vida útil = 1.000 h (500 m : 0,5 m/h)	0,0128 SM/h
- haste 20" - custo de aquisição = 14,28 SM : vida útil = 4.000 h (2.000 m : 0,5 m/h)	0,0035 SM/h
- Trépano 6" - custo de aquisição = 4,14 SM : vida útil = 280 h (140 m : 0,5 m/h)	0,0148 SM/h
- Balde dardo - custo de aquisição = 9,71 SM : vida útil = 2.000 h (1.000 m : 0,5 m/h)	0,0048 SM/h
- SUB-TOTAL	0,0371 SM/h
b) Ferramentas de Pescaria e Auxiliares Custo de aquisição = 140 SM : vida útil = 4.000 h	0,035 SM/h
c) Custo Total de Desgaste por Hora - somatória dos anteriores	0,0721 SM/h

Portanto, o custo do desgaste de ferramentas por hora é de 0,0721 SM/h = Cr\$ 300,00/hora.

6. MANUTENÇÃO

Somente da perfuratriz, estimado em 1 SM/mês ou 0,005 SM/h = Cr\$ 20,00/h (1 SM/mês : 190 h/mês = 0,005 SM/h).

7. APOIO

Considera-se o deslocamento de 1.000 km/mês, pois praticamente a máquina só fará 1 poço de 100 metros/mês, dando como custo: 0,010 SM/h = Cr\$ 40,00/h. (1.000 km/mês x 0,002 SM/km = 2 SM/mês : 190 h/mês = 0,010 SM/h).

8. FINALIZAÇÃO

Esse serviço é feito pela própria perfuratriz, utilizando o mesmo pessoal, de modo que seu custo será apenas relativo ao consumo de diesel, durante 30 horas, vale dizer: 0,6 SM/poço (5 l/h x 30 h x 0,004 SM/l). Calcula-se esse custo por hora útil de trabalho perfurado, dividindo-o pelo número de horas efetivas, dando: 0,003 SM/h = Cr\$ 13,00/h (0,6 SM/poço : 190 h/poço).

9. CUSTO TOTAL/HORA

Corresponde ao resumo dos dados anteriores, ou seja: 0,39 SM/h = Cr\$ 1.640,00/h.

10. CUSTO TOTAL/METRO

Corresponde ao valor de 0,78 SM/m ou Cr\$ 3.280,00/m, transformando-se o valor do Custo Total/Hora no Custo Total por Metro, considerando-se o rendimento médio estipulado (0,39 SM/h : 0,5 m/h = 0,78 SM/m).

XI - CUSTO OPERACIONAL DE PERFURATRIZ ROTATIVA DE MESA MÓVEL, PERFURANDO NO CALCÁREO

No calcáreo, as perfuratrizes rotativas normalmente operam com lama, principalmente a partir dos 100 metros, quando a utilização de ar comprimido passaria a ser quase impossível, devido à existência de falhas e água em grande quantidade. À medida em que se aprofundem os poços, a partir de 400 metros, por exemplo, apenas a perfuração rotativa com lama passa a ser possível, apesar dos problemas que normalmente ocorrem como perda de circulação, necessidade de grandes pressões, etc, o que tornam a perfuração com lama uma técnica complicada e sofisticada, que aproxima os poços d'água aos de petróleo e o que determina sejam esses poços trabalho para poucas especialistas. O rendimento médio de perfuração depende de vários fatores (peso e adequação da broca, recursos operacionais da perfuratriz, capacidade da bomba de lama, características da lama, etc.), porém podemos considerar no calcáreo um rendimento médio de 2,5 metros/hora.

1. CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO

1.1. EQUIPAMENTOS

	SM	Cr\$
a) Perfuratriz - rotativa, Prominas, R-2H	3.095	13.000.000,00
b) Caminhão - Mercedes, L-2213	358	1.500.000,00
c) Bomba de Lama - Prominas, BP-5 MP (2 unidades)	716	3.000.000,00
d) Apoio - caminhão, tanques d'água, barraca, camionete, laboratório, lama, etc.	716	3.000.000,00
SUB-TOTAL	4.885	20.500.000,00

1.2. FERRAMENTAS:

a) Brocas tricônicas - 10 unidades de 8.1/2" para formações médias	238	1.000.000,00
b) Hasteamento - Prominas, 40 hastes de 4.1/2" x 6,0 m e 40 hastes de 2.7/8" x 6,0 m	666	2.800.000,00
c) Ferramentas Complementares - subs, comandos, pescadores, elevadores de tubos, etc.	476	2.000.000,00
SUB-TOTAL	1.380	5.800.000,00
1.3. INVESTIMENTO TOTAL	6.265	26.300.000,00

1.4. CUSTO HORÁRIO DO CAPITAL INVESTIDO

Será de 1,04 SM/h = Cr\$ 4.400,00/h (6.265 SM x 2% a.m. : 120 h/mês = 1,04 SM/hora).

1.2. FERRAMENTAS

a) Ferramentas de Perfuração e limpeza	90	380.000,00
b) Ferramentas de Pescaria e Auxiliares	140	590.000,00
SUB-TOTAL	230	970.000,00
1.3. INVESTIMENTO TOTAL	1.070	4.500.000,00

1.4. CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO

Será de 0,18 SM/h = Cr\$ 750,00/h (1.070 SM x 2% a.m. = 21,4 SM/mês : 120 hrs. = 0,18SM/h).

2. DEPRECIACÃO

Considerando-se a vida útil da perfuratriz em 30.000 horas, o custo horário da depreciação será de 0,028 SM/h = Cr\$ 115,00/h (840 SM : 30.000 h = 0,028 SM/h).

3. MÃO-DE-OBRA

Podemos reproduzir o cálculo desenvolvido em X.3., pois a situação é idêntica, chegando-se a um custo mensal de mão-de-obra em 24 SM, o que dará um custo horário de 0,2 SM/h. = Cr\$ 840,00/h (24 SM/mês : 120 h/mês = 0,2 SM/h).

4. CONSUMO DE MATERIAIS

a) Diesel - consumo de 5 l/h (perfuratriz) x 0,004 SM/l = 0,02 SM/h.

b) Carvão - consumo de 1 kg/h x 0,003 SM/kg = 0,003 SM/h.

c) Total - O consumo total será de 0,023 SM/h = Cr\$ 100,00/h.

5. DESGASTE DE FERRAMENTAS

a) Ferramentas de Perfuração e limpeza:

- Porta-cabo - custo de aquisição = 4,86 SM : vida útil = 1.333 h (2.000m : 1,5m/h) = 0,0036 SM/h.

- Percussor - custo de aquisição = 12,86 SM : vida útil = 333h (500m : 1,5 m/h) = 0,0386 SM/h

- Haste 20" - custo de aquisição = 14,28 SM : vida útil = 1.333 h (2.000m : 1,5m/h) = 0,0107 SM/h.

- Trépano 8" - custo de aquisição = 5,29 SM : vida útil = 230 h (345m : 1,5 m/h) = 0,023 SM/h.

SUB-TOTAL = 0,076 SM/h = Cr\$ 320,00/h.

b) Ferramentas de Pescaria e Auxiliares:

Custo de aquisição = 140 SM : vida útil = 4.000h = 0,035 SM/h = Cr\$ 150,00/h.

c) Custo Total de Desgaste/hora - 0,111 SM/h = Cr\$ 465,00/h.

6. MANUTENÇÃO

Somente da perfuratriz, estimado em 1 SM/mês, ou seja, 0,008 SM/h = Cr\$ 35,00/h (1 SM/mês : 120 h/mês = 0,008 SM/h).

7. APOIO

Considerando-se o deslocamento mensal de 1.000 km, podemos calcular o custo em 0,016SM/h = Cr\$ 70,00/h (1.000 km/mês x 0,002 SM/km = 2 SM/mês : 120 h/mês = 0,016 SM/h).

8. FINALIZAÇÃO

Sendo feita pela própria máquina, podemos aproveitar o cálculo feito em X.8, chegando-se a 0,6 SM/poço, o que dará 0,005 SM/h = Cr\$ 20,00/hora.

(0,6 SM/poço : 120 h/poço = 0,005 SM/h).

9. CUSTO TOTAL/HORA

Corresponde a soma dos dados anteriores: 0,571 SM/h = Cr\$ 2.400,00/h.

10. CUSTO TOTAL/METRO

Corresponde ao valor de 0,38 SM/m ou Cr\$ 1.600,00/m, transformando-se o valor anterior, considerando-se o rendimento médio estipulado (0,571 SM : 1,5 m/h = 0,38 SM/m).

XIII - CUSTO OPERACIONAL DA PERFURATRIZ ROTATIVA DE MESA MÓVEL OPERANDO EM TERRENO

BRANDO

Em terrenos brandos, o rendimento das perfuratrizes rotativas hidráulicas é bastante elevado, principalmente se forem usadas as brocas corretas (rabo-de-peixe, de dedos ou tricônicas, dependendo do tipo de formação). No entanto, há fatores restritivos à velocidade de penetração, como a grande possibilidade de entortar o furo, o tempo necessário à compactação das paredes do poço sob o efeito da lama e para a decantação das partículas perfuradas nos tanques de decantação (chicanas), assim como pela necessidade de se pegar amostras representativas dos materiais perfurados, o que fica prejudicado com a alta velocidade.

Assim sendo, considera-se que a velocidade média satisfatória encontra-se ao redor de 10 metros/hora.

1. CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO

1.1. EQUIPAMENTOS:

	SM	Cr\$
a) Perfuratriz - rotativa, Prominas, R-2H	3.095	13.000.000,00
b) Caminhão - Mercedes, L-2213	358	1.500.000,00
c) Bomba de Lama - Prominas, BP-5-MP (2 unidades)	716	3.000.000,00
d) Apoio - caminhão, tanques de lama, barraca, camionete, laboratório, lama, etc.	716	3.000.000,00
SUB-TOTAL	4.885	20.500.000,00

1.2. FERRAMENTAS:

a) Brocas - 2 Tricônicas de 12.1/4", 2 dedos, 12",

2 Tricônicas de 9.7/8", 2 dedos 10", 2 Tricônicas 8.1/2", 2 dedos 8"	238	1.000.000,00
b) Hasteamento - Prominas, 40 hastes de 4.1/2" x 6,0m e 40 hastes de 2.7/8" x 6,0 metros	666	2.800.000,00
c) Ferramentas Complementares - subs, comandos, pescadores, elevadores de tubos, etc.	476	2.000.000,00
SUB-TOTAL	1.380	5.800.000,00
1.3. INVESTIMENTO TOTAL	6.265	26.300.000,00

1.4. CUSTO HORÁRIO DO CAPITAL INVESTIDO

Será de 1,04 SM/h = Cr\$ 4.400,00/h (6.265 SM x 2% a.m. : 120 h/mês = 1,04 SM/mês).

2. DEPRECIACÃO

Podemos repetir o dado de XI.2., ou seja, 0,325 SM/h = Cr\$ 1.365,00/h (4.885 SM : 15.000 h = 0,325 SM/h).

3. MÃO-DE-OBRA

Aplica-se o mesmo valor de XI.3., ressalvada a conversão para o número de horas úteis de utilização do equipamento, obtendo-se então: 2,29 SM/h = Cr\$ 9.620,00/h. (78 SM/mês : 34 h/mês = 2,29 SM/h).

4. CONSUMO DE MATERIAIS

Repete-se o valor obtido em XI.4., ou seja 0,088 SM/h = Cr\$ 370,00/h.

5. DESGASTE DE FERRAMENTAS

a) Brocas - consideramos, para efeito de cálculo, apenas o caso de brocas tricônicas de 12.1/4", com custo de aquisição de 48 SM (Cr\$ 200.000,00) com vida útil de 1.000 metros, com rendimento médio de 10 m/h, tendo, então, um custo horário de 0,48 SM/h Cr\$ 2.010,00 m/h (48 SM : 1.000 m x 10 m/h = 0,48 SM/h).

b) Hasteamento - repetimos o dado de XI.5.b), ou seja, 0,333 SM/h = Cr\$ 1.400,00 m/h .

c) Ferramentas complementares - repetimos o dado de XI.5.c), ou seja, 0,238 SM/h = Cr\$ 1.000,00/h.

d) Custo Total de Desgaste/Hora - somando-se os custos anteriores, obtemos: 1,051 SM/h = Cr\$ 4.415,00/h.

6. MANUTENÇÃO

Repetimos o valor do total mensal de gastos com manutenção, expresso em XI.6., calculando o custo horário em função do número de horas úteis utilizadas, dando: 0,588 SM/h = Cr\$ 2.470,00/h (20 SM/mês : 34 h/mês = 0,588 SM/h.)

7. APOIO

Também se reproduz o custo total mensal expresso em XI.7. ajustando-se o custo horário a seguir, dando: 0,176 SM/h = Cr\$ 740,00/h (6 SM/mês : 34 h/mês = 0,176 SM/h).

8. FINALIZAÇÃO

Admite-se que a finalização possa ser feita por outro equipamento, assim, com o custo já calculado (7SM) e com o tempo útil gasto para fazer perfurar o poço (10 horas = 100 m : 10 m/h), teremos o custo horário de 0,70 SM/h = Cr\$ 2.940,00/h.

(7 SM/poço : 10 h/poço = 0,70 SM/h).

9. CUSTO TOTAL/HORA

Resumindo, teremos: Cr\$ 6,26 SM/h = Cr\$ 26.300,00/h.

10. CUSTO TOTAL/METRO

Corresponde ao valor de 0,626 SM/m = Cr\$ 2.630,00/m, dividindo-se o custo horário pelo rendimento em m/h.

XIV. CUSTO OPERACIONAL DE PERFURATRIZ ROTO-PERCUSSORA OPERANDO EM TERRENO BRANDO

Até a profundidade de 200 metros, essa classe de perfuratrizes, na qual se adapta uma mesa rotativa a uma percussora, obtém bons rendimentos em terrenos brandos. A taxa de penetração é bastante elevada, praticamente idêntica à da situação anterior, variando apenas o rendimento médio em função de menores recursos operacionais da perfuratriz, daí determinamos em 4 metros/hora.

1. CUSTO DO CAPITAL INVESTIDO

	SM	CR\$
1.1. EQUIPAMENTOS		
a) Perfuratriz - combinada, Prominas, P-350-R	832	3.500.000,00
b) Caminhão - Ford, F-7.000	190	800.000,00
c) Bomba de Lama - pistão, Prominas B-5	250	1.050.000,00
d) Apoio - idem anterior	716	3.000.000,00
SUB-TOTAL	1.988	8.350.000,00

1.2. FERRAMENTAS

a) Brocas - idem XIII.1.2.a)	238	1.000.000,00
b) Hasteamento - idem XIII.1.2.b).	666	2.800.000,00
c) Ferramentas Complementares - idem XIII.1.2.c)	476	2.000.000,00
SUB-TOTAL	1.380	5.800.000,00

1.3. INVESTIMENTO TOTAL

1.4. Custo horário investido será 0,96 SM/h = Cr\$ 4.030,00/h (3.368 SM/mês x 2% a.m. : 70 h/m = 0,96 SM/h).

2. DEPRECIACÃO

Devemos considerar o investimento total em equipamento, dividido pelo número total de horas úteis, que podemos estimar em 25.000 h, dando assim: $0,08 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 340,00/\text{h}$.
($1.988 \text{ SM} : 25.000,00 = 0,08 \text{ SM/h}$).

3. MÃO DE OBRA

Podemos transcrever o valor mensal do equivalente em VII.3.c), pois é idêntico a esse caso, dividindo-o pelo número total de horas úteis para essa situação, encontrando-se então: $1,11 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 4.660,00/\text{h}$ ($78 \text{ SM/mês} : 70 \text{ h/mês} = 1,11 \text{ SM/h}$).

4. CONSUMO DE MATERIAIS

- a) Diesel - Consumo de 10 l/h, relativo à perfuratriz (5 l/h) e Bomba de Lama (5 l/h) x 0,004 SM/l 0,04 SM/h
- b) Bentonita - consumo de 500 kg/100 m : 2,5 m/h = 2 kg/h
0,004 SM/kg 0,008 SM/h
- c) Total - Consumo por hora será de Cr\$ 200,00/h 0,048 SM/h

5. DESGASTE DE FERRAMENTAS

- a) Brocas - considera-se o mesmo desgaste da broca de 12.1/4", aplicado em XIII.5.a.), ajustando-o ao rendimento desta situação, obtendo-se $0,192 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 800,00/\text{h}$.
($48 \text{ SM} : 1.000 \text{ m} \times 4 \text{ m/h} = 0,192 \text{ SM/h}$).
- b) Hasteamento - idem XI.5.b), ou seja $0,333 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 1.400,00/\text{h}$
- c) Ferramentas Complementares - idem XI.5.c.), ou seja, $0,238 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 1.000,00/\text{h}$.
- d) Custo Total de Desgaste/Hora - $0,763 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 3.200,00/\text{h}$.

6. MANUTENÇÃO

- a) Perfuratriz - P-350-R - 3 SM/mês
- b) Bomba de Lama - 1 BP-5 - 6 SM/mês
- c) Custo Total de Manutenção/Hora - somando-se os anteriores obtemos 9 SM/mês ou seja, $0,128 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 540,00/\text{h}$ ($9 \text{ SM/mês} : 70 \text{ h/mês} = 0,128 \text{ SM/h}$).

7. APOIO

Repete-se o valor do custo mensal expresso em XI.7., ajustando-se o custo horário para o número de horas úteis dessa situação, ou seja, $0,086 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 360,00/\text{h}$ ($6 \text{ SM/mês} : 70 \text{ h/mês} = 0,086 \text{ SM/h}$).

8. FINALIZAÇÃO

Repetimos o dado de X.8., pois a finalização é feita pela própria máquina, obtendo-se $0,024 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 100,00/\text{h}$, depois de ajustar o dado pelo número de horas úteis de operação ($0,6 \text{ SM/poço} : 25 \text{ h/poço} = 0,024 \text{ SM/h}$).

9. CUSTO TOTAL/HORA

Resumindo, temos: $3,20 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 13.440,00$

10. CUSTO TOTAL/METRO

Corresponde ao valor de $0,80 \text{ SM/h} = \text{Cr\$ } 3.360,00/\text{m}$, dividindo-se o custo horário pelo rendimento em m/h.

TABELA PARA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES			
DUREZA DO TERRENO	GRANDE (Granitos, basaltos)	MÉDIA (Calcáreo e Arenitos)	BAIXA (Sedimentos e Arenitos Brandos)
POTENCIAL AQUIFERO	BAIXO (menos 10 m ³ /hora)	MÉDIO A GRANDE (10 a 300 m ³ /h)	MÉDIO A GRANDE (10 a 300 m ³ /h)
DIÂMETRO DO POÇO	menos de 6" (6 a 8") (8.1/2" a 16")	(6" a 8") (8.1/2" a 16")	(17.1/2 a 24") (8.1/2 a 16") (6" a 8")
PROFUNDIDADE DO POÇO	menos de 100 m de 100 a 300 m	menos 100m 100 a 300m mais de 300	mais de 300 100a300m menos de 100
PERCUSSÃO			
ROTO-PERCUSSORA -PNEUMÁTICA			
ROTO-PNEUMÁTICA DE MESA FIXA			
ROTO-PNEUMÁTICA DE MESA MÓVEL			