

| | | | | |
|---|---|--|---|--|
| Compacidade da Areia | Densidade Relativa D_R | SPT | Ângulo de Atrito ϕ (°) | Ensaio de Penetração Estática (kg/cm^2) |
| Fofa Pouco compacta Medianamente compacta Compacta Muito compacta | $< 0,2$ $0,2 - 0,4$ $0,4 - 0,6$ $0,6 - 0,8$ $> 0,8$ | ≤ 4 5 - 10 11 - 30 31 - 50 > 50 | < 30 30 - 35 35 - 40 40 - 45 > 45 | < 20 20 - 40 40 - 120 120 - 200 200 |

Tabela 3.2

A título meramente indicativo, na mesma tabela constam valores aproximados do ângulo de atrito ϕ e a correlação proposta por Meyerhof com os resultados do penetrometro estático (dipsondering) que será descrito adiante.

onde

e = índice de vazios do solo em seu estado natural;
 $e_{\text{máx.}}$ = índice de vazios no mesmo solo nas condições de compactação mínima;
 $e_{\text{mín.}}$ = índice de vazios do mesmo solo nas condições de compactação máxima.

$$D_R = \frac{e_{\text{máx.}} - e}{e_{\text{máx.}} - e_{\text{mín.}}}$$

Deve-se a Meyerhof (1956) uma correlação entre o SPT (N) e certas propriedades físicas do solo.
 A Fig. 3.2 dá uma correlação deste tipo para as areias. Ela é expressa em função da compactidade relativa que se define pela expressão:

3.4.8 — Interpretação dos resultados

Com base nas anotações de campo e nas amostras colhidas prepara-se para cada sondagem um desenho (formato A4 da ABNT) contendo o perfil individual de sondagem (Fig. 3.5) e um corte geológico que tem o aspecto geral apresentado na Fig. 3.6 onde figuram as seqüências prováveis da camada do subsolo, constando ainda coras, posições onde foram recolhidas amostras, os níveis d'água subterráneos, além das resistências à penetração, nas coras em que foram observadas e expressas em golpes/cm.
 Do relatório sobre as sondagens deve constar um desenho com a localização das sondagens em relação a pontos bem determinados do terreno, além da indicação do RN aos quais foram referidas as coras dos pontos sondados.

3.4.7 — Apresentação das sondagens

Fonte: Lima / M.J.C. Porto A - 1979
 Prospecção Geotécnica do Subsolo
 Métodos técnicos e gráficos elaborados por S.A.

Cabe ressaltar que se a areia é muito fina e contém grande percentagem de silte e além disso está situada abaixo do lençol freático, a tabela pode indicar uma densidade relativa consideravelmente maior que a densidade relativa real do solo em estudo.

A Tab. 3.3 apresenta uma correlação do mesmo tipo para solos coesivos, esta tabela por Terzaghi-Peck. Esta correlação entre o índice de resistência à penetração e a resistência à compressão simples é ainda menos precisa que a anterior e tem também caráter indicativo.

Tabela 3.3

| | | |
|--|-------------------------|---|
| Resistência à Compressão Simples (kg/cm ²) | Consistência da Argilla | Muito mole Mole Média Rija Muito rija Dura |
| | SPT | < 2 2-4 4-8 8-15 16-30 > 30 |
| | | < 0,25 0,25-0,5 0,5-1,0 1-2 2-4 > 4 |

Na maioria dos casos, a interpretação das sondagens visa a escolha do tipo das fundações e a estimativa das taxas admissíveis do terreno e dos recalques das fundações.

A escolha do tipo de fundação pode ser feita à vista dos perfis das sondagens, apoiados por perfis longitudinais do subsolo, passando pelos pontos sondados.

A pressão admissível a ser transmitida por uma fundação direta ao solo, dependendo da importância da obra, da experiência acumulada na região, pode ser estabelecida em função de índice correlacionado com a consistência ou compactidade das diversas camadas do subsolo.

Entre os projetistas brasileiros de fundações tem sido empregado o índice de medida da resistência à penetração do amostrador padrão utilizado nas sondagens à percussão.

As Tabs. 3.4 e 3.5 traduzem relações entre o índice de resistência à penetração (SPT) com as taxas admissíveis para solos argilosos e arenosos.

Tabela 3.4

| | | | |
|---|------------------|---|--|
| Argilla | Nº de Golpes SPT | Muito mole Mole Média Rija Muito rija Dura | ≤ 2 3-4 5-8 9-15 16-30 > 30 |
| | | | < 0,30 0,33-0,60 0,60-1,20 1,20-2,40 2,40-4,80 > 4,80 |
| Tensões Admissíveis (kg/cm ²) | | Sapata Quadrada | Sapata Continua |
| | | | < 0,22 0,22-0,45 0,45-0,90 0,90-1,80 1,80-3,60 > 3,60 |

Tabela 3.5

| Areia | Nº de Golpes SPT | Tensão Admissível (kg/cm ²) |
|-----------------------|------------------|---|
| Fofa | ≤ 4 | < 1,0 |
| Pouco compacta | 5 - 10 | 1,0 - 2,0 |
| Medianamente compacta | 11 - 30 | 2,0 - 4,0 |
| Compacta | 31 - 50 | 4,0 - 6,0 |
| Muito compacta | > 50 | > 6,0 |

As tabelas dessas naturezas devem ser usadas criteriosamente e considerados todos os fatores inerentes às fundações (forma, dimensões e profundidade) e ao terreno que servirá de apoio (profundidade, ocorrência do nível d'água e possibilidade de recalques, existência de camadas mais fracas abaixo da cota prevista para assentamento das fundações).

3.5 - SONDAGENS ROTATIVAS

3.5.1 - Finalidades

Quando uma sondagem alcança uma camada de rocha ou quando no curso de uma perfuração as ferramentas das sondagens à percussão encontram solo de alta resistência, blocos ou matações de natureza rochosa é necessário recorrer às sondagens rotativas.

As sondagens rotativas têm como principal objetivo a obtenção do testemunho, isto é, de amostras da rocha mas permitem a identificação das discontinuidades do maciço rochoso e a realização no interior da perfuração de ensaios "in situ", como por exemplo o ensaio de perda d'água, quando se deseja conhecer a permeabilidade da rocha ou a localização das fendas e falhas.

A sondagem realizada puramente pelo processo rotativo só se justifica quando a rocha aflora ou quando não há necessidade da investigação pormenorizada com coleta de amostras das camadas de solos residuais, sedimentares ou coluviais que na maioria dos casos recobrem o maciço rochoso.

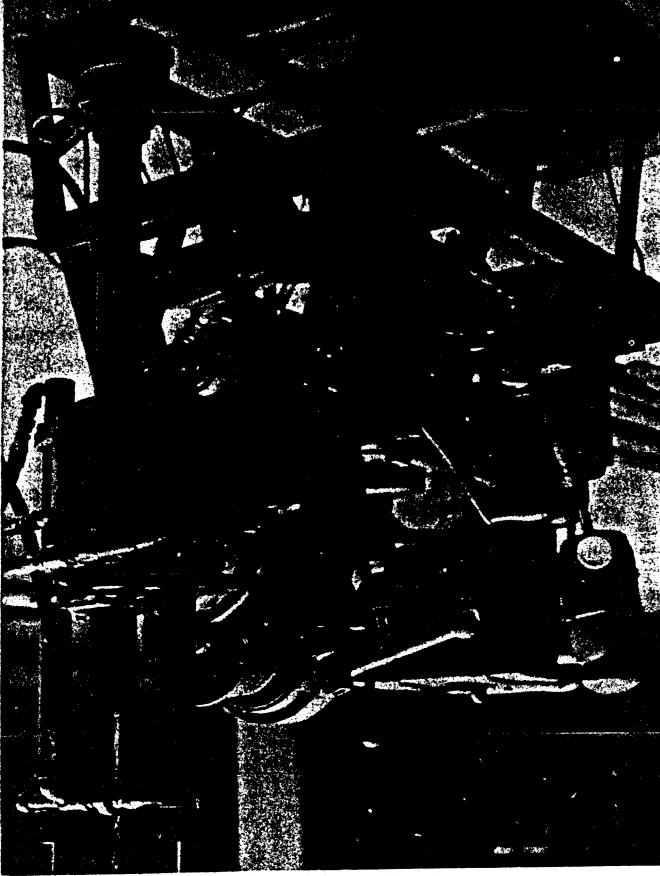
3.5.2 - Equipamento

O equipamento para a realização de sondagens rotativas compõe-se essencialmente de: sonda, hastes de perfuração, barriete, ferramentas de corte, o conjugado motor-bomba e revestimento (Fig. 3.7).

a) Sondagens rotativas

A sonda rotativa consta essencialmente de:

Motor — as sondas são acionadas por motores diesel, a gasolina ou elétricos. São ligados a uma caixa de velocidade (câmbio) que por um sistema de embreagem



△ Foto 3.6 – Sonda rotativa hidráulica.



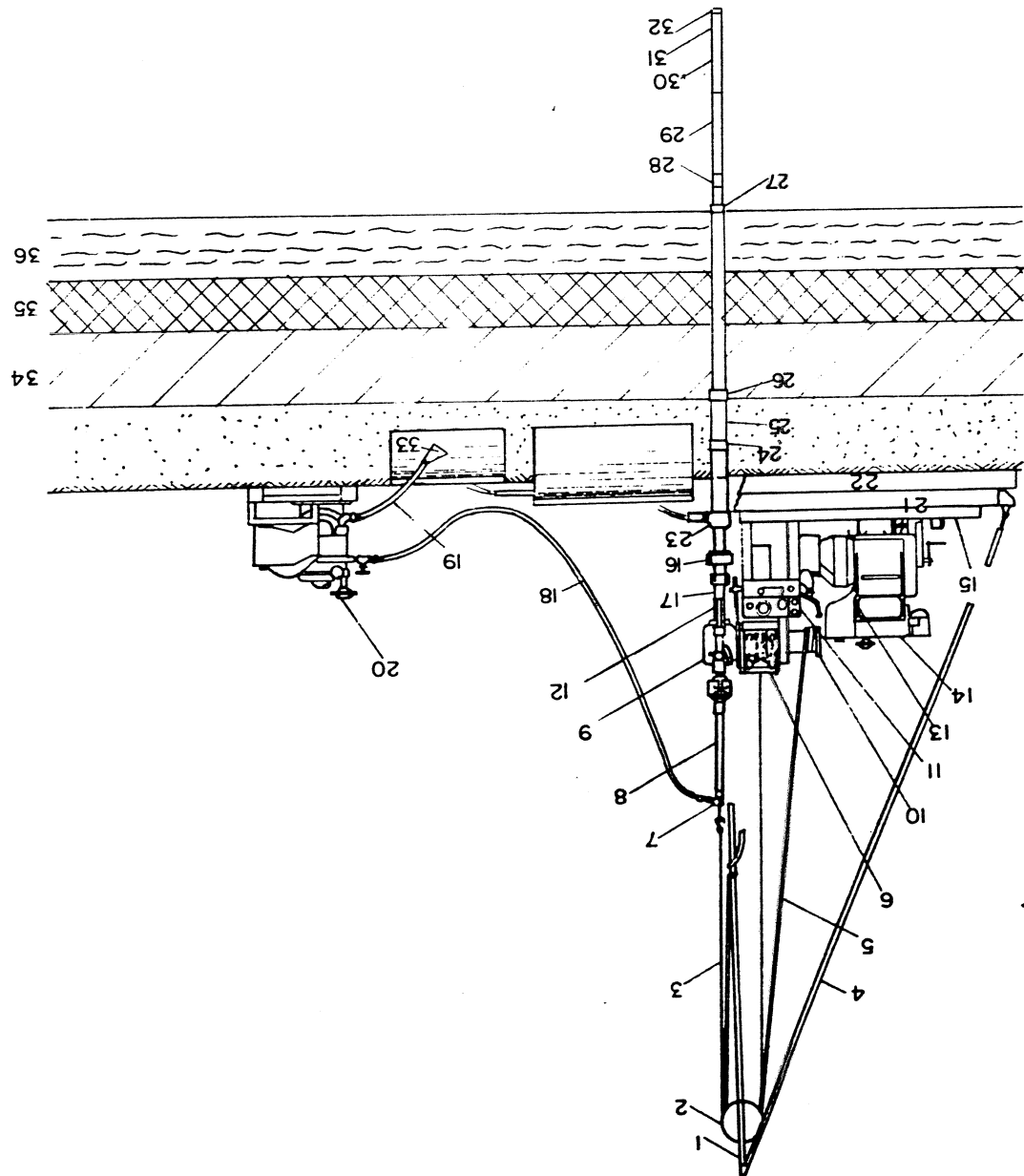
▷ Foto 3.5 – Cabecote aberto de uma sonda hidráulica, mostrando o sistema de engrenagem.

Cabecote de perfuração — é o componente mais importante da sonda rotativa e cabe a ele executar duas funções: fazer girar a coluna de perfuração e exercer pressão na ferramenta de corte propiciando o movimento de avanço do furo. O cabecote possui ainda um movimento completo de 360° para imprimir o ângulo de perfuração. Além de um sistema de engrenagem, a potência do motor é transmitida a um eixo (Foto 3.5) que por sua vez movimenta uma haste oca (fuso de avanço) a qual tem um mandril em sua extremidade inferior. As

Guincho — o guincho consiste de um tambor no qual é enrolado um cabo de aço, sendo suplementado por um cabestrante. Alavancas de embreagem e de freio permitem o controle na operação dos alçadores, alimentadores, hastes, revestimentos e, finalmente, a retirada dos testemunhos sem trepidações ou saltos.

permite trabalhar em diferentes regimes. Algumas sondas são dotadas de dispositivos que permitem utilizar o motor para seu deslocamento em terrenos acidentados.

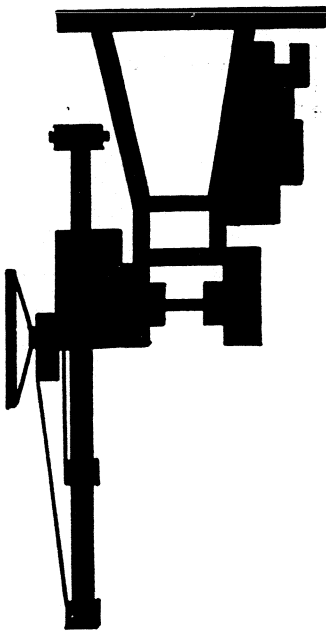
EQUIPAMENTO PARA SONDAGEM ROTATIVA



- | | | | |
|----|-----------------------------|----|--------------------------------|
| 19 | MANGUEIRA DE SUÇÃO | 1 | PARAFUSO E MANILHA |
| 20 | CONJUGADO MOTOR-BOMBA | 2 | ROLDANA DUPLA |
| 21 | PLATAFORMA DE ARRASTO | 3 | CABO DE AÇO |
| 22 | PLATAFORMA DE FIXAÇÃO | 4 | TRIPÉ OU TORRE |
| 23 | PEÇA EM "T" | 5 | CORDA |
| 24 | LUVA | 6 | GUINCHO |
| 25 | REVESTIMENTO | 7 | CABECOTE DE CIRCULAÇÃO DE ÁGUA |
| 26 | SAPATA DE REVESTIMENTO | 8 | HASTE DE CONEXÃO |
| 27 | COROA DE REVESTIMENTO | 9 | CABECOTE DE PERFURAÇÃO |
| 28 | LUVA DA HASTE DE PERFURAÇÃO | 10 | CABRESTANTE |
| 29 | HASTE DE PERFURAÇÃO | 11 | CONTROLES |
| 30 | BARILETE AMOSTRADOR | 12 | CILINDROS HIDRÁULICOS |
| 31 | CALIBRADOR | 13 | TRANSMISSÃO |
| 32 | COROA DIAMANTADA | 14 | MOTOR |
| 33 | VALVULA DE PÉ | 15 | BASE DESLIZÁVEL |
| 34 | SOLO | 16 | MANDRIL |
| 35 | ROCHA ALTERADA | 17 | FUSO DE AVANÇO |
| 36 | ROCHA | 18 | MANGUEIRA DE PRESSÃO |

Fig. 3.7

SONDA ROTATIVA DE AVANÇO MANUAL



hastes de perfuração e revestimento são introduzidos no furo directamente através o fuso oco e são presas pelo mandril de modo que o movimento de rotação é transferido às hastes de perfuração ou revestimentos. O mecanismo de avanço classifica as sondas em: manuais, mecânicas e hidráulicas. Nas sondas manuais o avanço é feito manualmente através um volante associado a uma cremalheira (Fig. 3.8). O avanço das sondas mecânicas se consegue com um sistema de parafusos diferenciais concêntricos com um parafuso sem-fim. Nas sondas hidráulicas a pressão sobre as hastes é proporcionada por cilindros hidráulicos de duplo efeito, colocados simetricamente em relação ao eixo das hastes e que empurram o fuso sobre o qual se fixa o mandril. Este sistema de avanço é muito potente e se emprega em sondas quando se pretende atingir grandes profundidades (Foto 3.6).

b) Hastes

As hastes são tubos ocos de aço sem costuras, com comprimentos variando entre 1,5 e 6,0 m, ligados entre si, por meio de niples de ligação, formando uma superfície uniforme externamente. O conjunto de hastes de perfuração transmite a peça de corte (coroa) no fundo do furo os movimentos de rotação e penetração para o avanço da sondagem e conduz no seu interior água ou lama destinada à refrigeração das peças de corte e ao transporte dos detritos da perfuração à superfície.

c) Barriletes

São tubos ocos destinados a receber o testemunho de sondagem (o cilindro de rocha perfurada) e são presos à primeira haste a penetrar no solo. Possuem molas em bisel de vários tipos para poder prender o testemunho quando de retirada. Os barriletes mais usuais são:

Barriletes simples (Fig. 3.9) — é composto apenas de um tubo oco e a água de circulação introduzida no interior das hastes circula obrigatoriamente entre o testemunho e a parede do barrilete. O testemunho é então inundado e pode ser lavado e arrastado por erosão. Por outro lado, ao tocar as paredes internas do tubo, o testemunho está sujeito a desgaste por atrito.

Conseqüentemente, nas rochas alteradas ou fráveis este barrilete prejudica o testemunho redundando uma baixa recuperação e em amostras não representativas da camada atravessada. Os barriletes simples só devem portanto ser empregados em sondagens em rocha sã ou quando não existe a preocupação de amostras.

Barrilete duplo rígido (Fig. 3.10) — é composto de um tubo externo e um tubo interno, ambos fixados rigidamente, por meio de rosca, na cabeça do amostrador. Ambos os tubos giram durante a perfuração. A água circula no espaço anular entre os tubos sem quase atingir o testemunho que se aloja na camisa interna. Apresenta ainda a desvantagem da quebra e desgaste dos testemunhos pela rotação da camisa interna. Com este barrilete consegue-se melhor recuperação que o barrilete simples são adequados para formações geológicas médias e duras desde que pouco triturada.

Barrilete duplo giratório (Fig. 3.11) — semelhante ao anterior, exceto que o tubo interno não é solidário com o tubo externo mas semi-suspenso na cabeça do barrilete sobre rolamentos de esferas ou de rolos e centrado na parte inferior do amostrador (Foto 3.7). A água de circulação passa no espaço anular entre os dois tubos deixando o testemunho exposto somente numa pequena zona entre o alargador e a coroa.

Fig. 3.8 — Equipamento para sondagem rotativa.

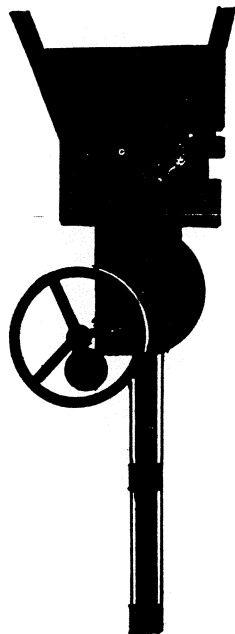
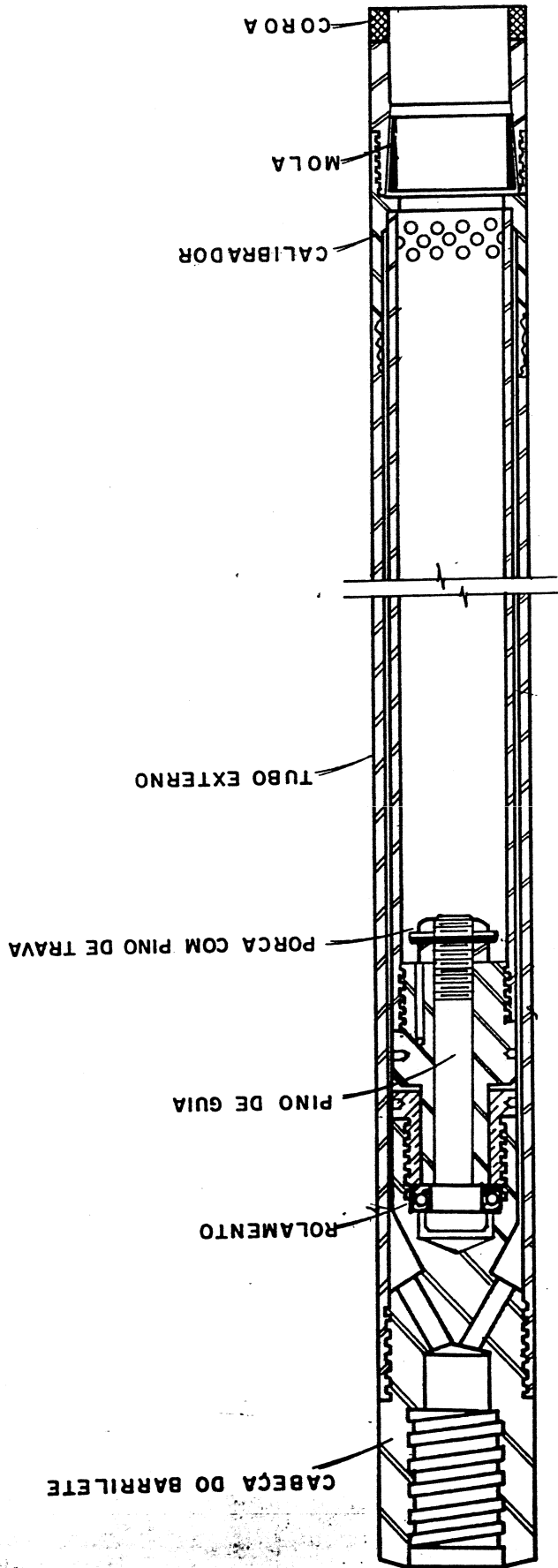


Fig. 3.11 — Barrilete duplo giratório.



O sistema DCDMA abrange a padronização de revestimentos, hastes, barriletes, calibradores e coras cujos diâmetros são caracterizados por letras sendo as mais usuais as E, A, B, N e H que cobrem dimensões de furos de 1/2 a 4 polegadas.

As dimensões e as nomenclaturas do equipamento de sondagens rotativas a diamante são estabelecidas pelas normas desenvolvidas conjuntamente pela Associação de Fabricantes de Ferramentas Diamantadas, USA (DCDMA) e pela Associação Canadense de Ferramentas Diamantadas (CDDA), permitindo a permutabilidade de peças provenientes de diversos fabricantes.

Sua diferença para o tipo anterior é a colocação de uma "caixa de mola" no tubo interno, possibilitando a chegada deste, até alguns milímetros da face da coroa limitando assim a um mínimo, a exposição do testemunho à ação destruidora da erosão e atrito (Foto 3.8).

Barriletes especiais (Series D, M ou L) — são barriletes duplos construídos especialmente para materiais onde se torna difícil obter alta recuperação de testemunho com os barriletes já descritos.

Este barrilete pode ser utilizado em formações moles e fragmentadas garantindo boa recuperação.

A rotação do tubo externo, independente do tubo interno, reduz num des- gaste por fricção desprezível ou nulo do testemunho.

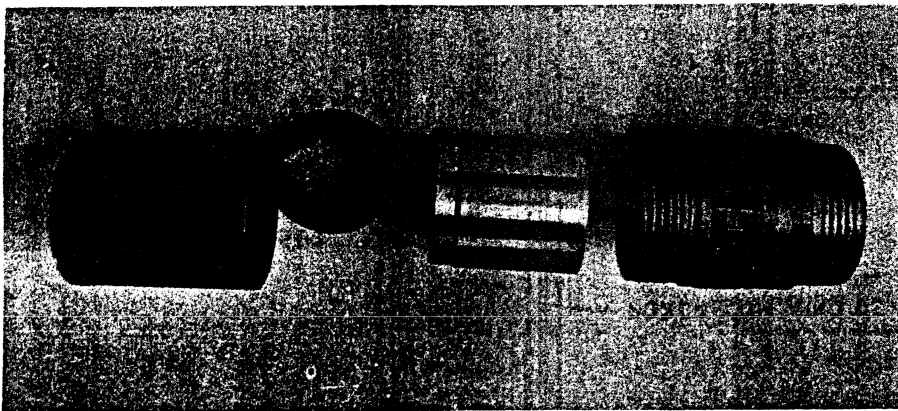


Foto 3.8 - Sequência de peças usadas nos barriletes especiais: calibrador, caixa de molas, mola e coroa.



Foto 3.7 - Barrilete duplo giratório - Detalhe da cabeça.

Na nomenclatura é usada uma segunda letra que representa o grupo de ferramentas integradas (coroas, calibradores, barriletes, revestimentos), baseadas no princípio de que uma coroa, por exemplo, de diâmetro N passará por uma sapata N para perfurar um diâmetro tal que permita o uso de uma sapata B.

A DCDMA especificou durante muitos anos o grupo X e mais recentemente passou de rosca fina enquanto que no grupo W, são mais pesados com passos de rosca mais grossa assegurando, consequentemente, maior estabilidade, maior resistência e menor risco de acidentes devidos à fadiga do material.

Uma terceira letra é usada para designar os barriletes e refere-se a um projeto específico daquela ferramenta em particular. Tem-se então a série X de padrão normal, a série G incorporada mais recentemente pela DCDMA e as séries especiais T, D, M ou L.

d) Coroas

As coroas constituem a ferramenta de corte de uma sondagem rotativa e representam o fator que mais contribui para o custo do metro perfurado. Compõe-se dos seguintes elementos (Fotos 3.9 e 3.10):

Matriz de aço — é o elemento de fixação dos diamantes à ferramenta e compõe-se de pequenas partículas de carboneto de tungstênio e outros elementos agredidos por um processo de sinterização. A dureza da matriz e sua resistência ao desgaste podem variar de acordo com as rochas que serão perfuradas. Normalmente pode-se escolher três graus de matrizes, classificadas de acordo com sua dureza Rockwell — (RC):

matriz standard (Rc 20 a 30) — rochas sólidas e não abrasivas;

matriz dura (Rc 30 a 40) — rochas ligeiramente abrasivas e alteradas;

Corpo da coroa — é a parte de aço, contendo a rosca de união com o calibrador e no outro extremo a ligação com a matriz.

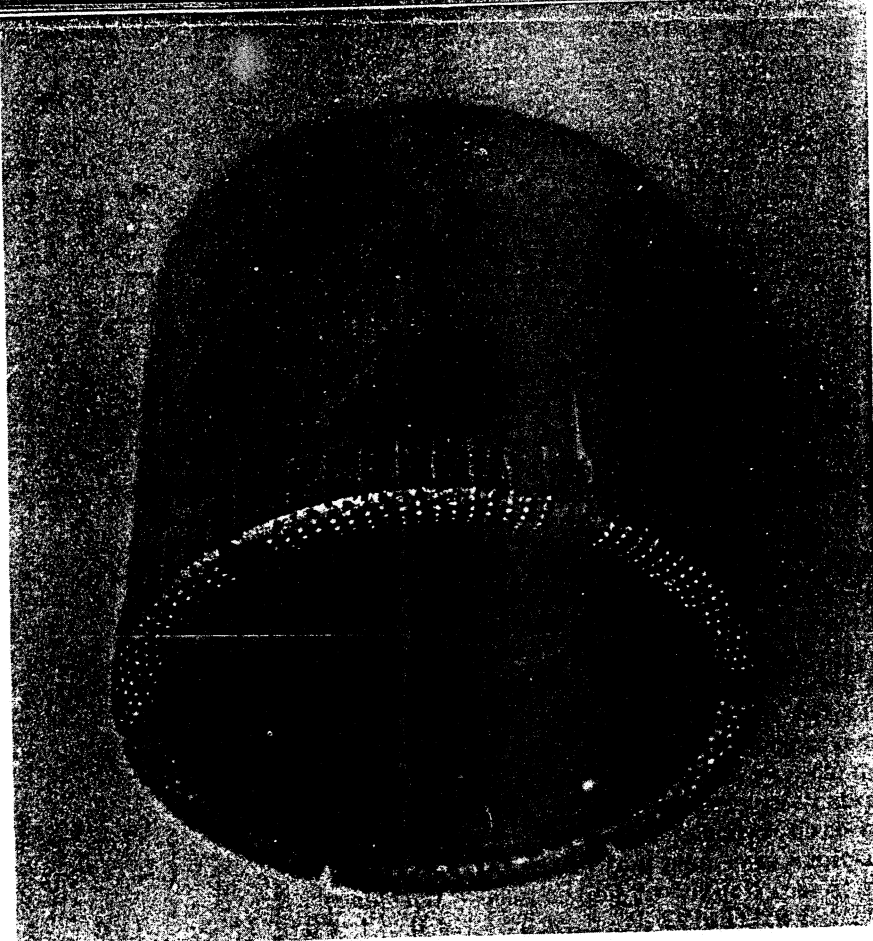


Foto 3.9 — Coroas com diamantes cravados.

gem. Recomenda-se o uso de coroa impregnada em rochas muito duras de granulação fina, abrasivas. Requeiram altas velocidades periféricas para a boa perfu-

A Tab. 3.8 contém uma orientação para escolha de coroa cravadas de sonda-

uniforme da pressão aplicada à face de corte da coroa. Recomendados diamantes pequenos, em virtude de facilitar a distribuição de choques e as vibrações das hastes. Para formações duras e compactas são rochas duras fraturadas, em virtude de oferecerem maior resistência aos choques e as vibrações das hastes. Para formações menos resistentes e em alguns casos para des são indicados para formações menos resistentes e em alguns casos para determinação pelas condições de sondagem. Normalmente, diamantes grandes são indicados para formações menos resistentes e em alguns casos para determinação pelas condições de sondagem. Normalmente, diamantes grandes são indicados para formações menos resistentes e em alguns casos para

Assim o tamanho dos diamantes é medido em "pedra por quilate" (p.p.q.) e é contido numa determinada medida de peso que é o quilate (0,2 g). que consiste em relacionar-se os números de pedras de tamanhos semelhantes

Universalmente, as dimensões dos diamantes são dadas por um sistema prático vos diamantes e as coroa são utilizadas até os limites da impregnação.

Quando esta se desgasta vão sendo expostos no perficie e interior da matriz. Quando esta se desgasta vão sendo expostos no perficie e interior da matriz. Quando esta se desgasta vão sendo expostos no

matas sob forma de lascas (grit) são uniformemente distribuídos pela su para o exterior. As coroa impregnadas são fabricadas de tal modo que os dia-

manes da matriz usada e recravá-los em outra, orientando as arestas intacias para o exterior. Esta recuperação consiste em descravar os dia-

lo uso podem ser recuperadas. Esta recuperação consiste em descravar os dia-

diamantes incrustados na superfície da coroa e após o desgaste dos mesmos pe-

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

Diamantes — existem dois grupos de coroa de diamantes: as coroa com diamantes

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

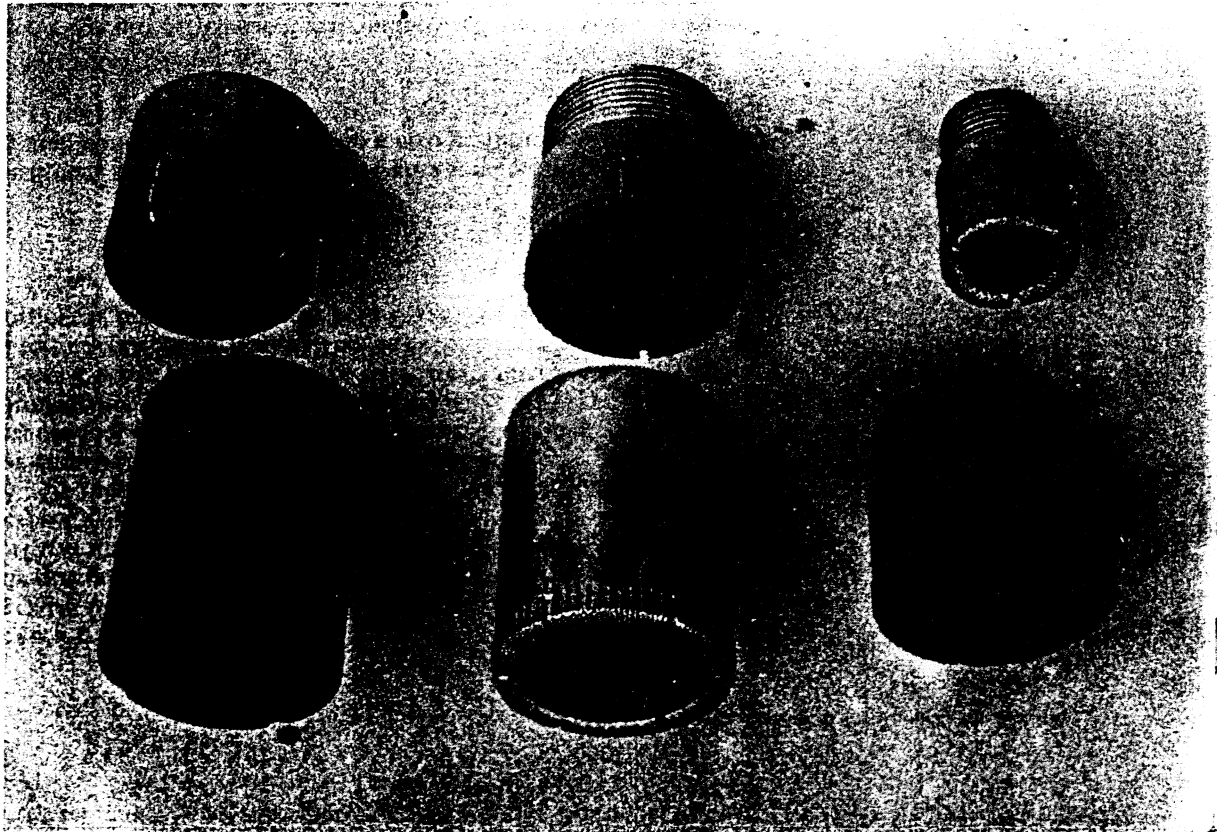
cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

cravados e coroa com diamantes impregnados. As coroa cravadas têm os

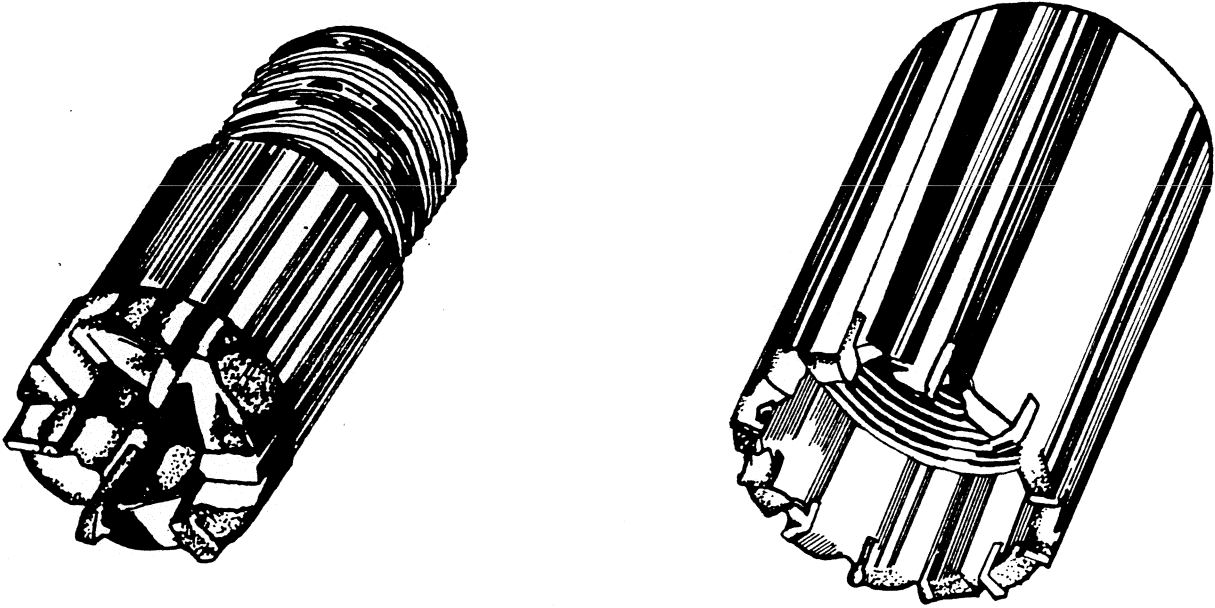
Foto 3.10 - Coroa com diamantes cravados.



ORIENTAÇÃO PARA ESCOLHA DE COROAS CRAVADAS

| FORMAÇÕES GEOLÓGICAS | | DUREZA E ABRAZÃO | | PPQ | EX | AX | BX | NX | HX |
|---|--|---------------------------------------|--|-----|------|------|------|------|------|
| QUILATAGEM APROXIMADA - DCDMA | | | | | | | | | |
| TALCO BAUXITA GIPSITA CARVÃO CALCÁRIO, BASALTO FOLHELHO ARENITO GROSSO FLUORITA DOLOMITA MÁRMORE | | MUITO MACIA A DUREZA MÉDIA | | 10 | 7,0 | 8,5 | 13,0 | 17,0 | 32,0 |
| ARENITO GROSSO FOLHELHO CALCÁRIO, BASALTO GIPSITA CARVÃO FLUORITA DOLOMITA MÁRMORE | | NÃO ABRASIVAS A ABRASIVAS SÃO MÉDIA | | 30 | 10,0 | 12,0 | 17,0 | 24,0 | 36,0 |
| ARENITO FINO APALITA, DIABÁSIO XISTO MICAXISTO FELDSPATO GNÁISSE GROSSO, DIORITO GRANITO GROSSO | | DURAS ABRASIVAS | | 30 | 4,0 | 7,0 | 10,0 | 14,0 | 29,0 |
| ARENITO SILICIFICADO GRANITO FINO GNÁISSE FINO ITABIRITO HEMATITA | | MUITO DURAS MUITO ABRASIVAS | | 40 | 3,0 | 5,0 | 8,0 | 11,0 | 26,0 |
| ARENITO SILICIFICADO GRANITO FINO GNÁISSE FINO ITABIRITO HEMATITA | | MUITO DURAS MUITO ABRASIVAS | | 60 | 3,0 | 5,0 | 7,0 | 10,0 | 29,0 |
| QUARTZITO CALCEDONIA QUARTZO SILEX | | EXTREMAMENTE DURAS MUITO ABRASIVAS | | 60 | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 9,0 |
| QUARTZITO CALCEDONIA QUARTZO SILEX | | MUITO ABRASIVAS EXTREMAMENTE DURAS | | 80 | 4,0 | 5,0 | 8,0 | 10,0 | 20,0 |

ração. Assim, só podem ser utilizadas quando as condições do furo e da son-
da, permitem que altas velocidades sejam atingidas.
Além das coroas de diamante as sondagens rotativas utilizam as coroas de wi-
dia, em materiais pouco resistentes ou quando não se está interessado em obter
elevada percentagem de recuperação. São de mais baixo custo e usam pastilhas
de carboneto de tungstênio inseridos na matriz (Fig. 3.12).



COROAS COM PASTILHAS DE TUNGSTÊNIO (WIDIA)

Fig. 3.12 — Coroa de diamantes cravada.

Como os diamantes da parede lateral da coroa também se desgastam, adapta-se
entre a coroa e o barrilete, um calibre (ou alargador (ou alargador) com a finalidade de manter
constante o diâmetro do furo (Fotos 3.11 e 3.12).

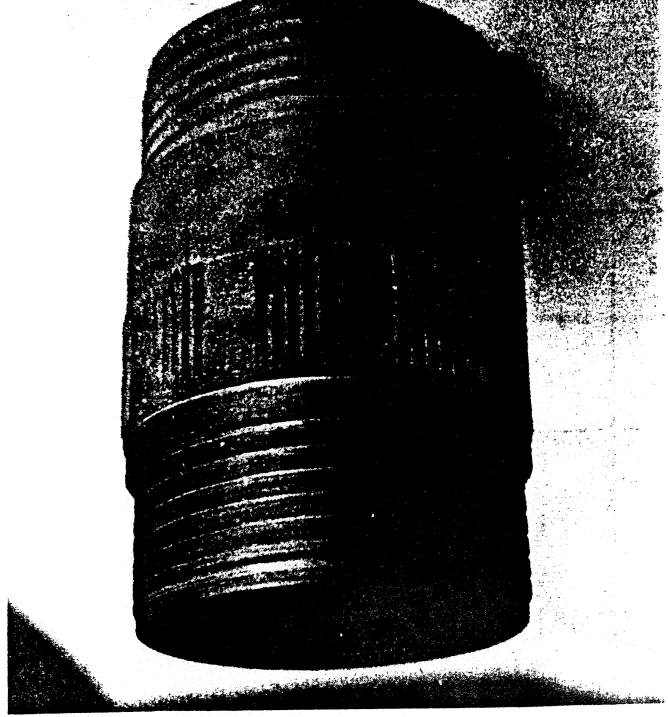


Foto 3.11 — Ca-
libradores usa-
dos nas sonda-
gens rotativas
para manter
constantes o
diâmetro do
furo.

A cada dimensão de revestimento corresponde uma dimensão de barriletes com coroas de sondagem. Esta coroa poderá ser baixada até o fundo do revestimento e perfurar um furo com diâmetro suficientemente largo para que possa ser introduzido no revestimento o tubo com diâmetro padrão imediatamente inferior (Fig. 3.13).

As bracedeiras de revestimento, apoiadas na plataforma da sonda, permitem o atarraxamento e o desatarraxamento das seções do revestimento.

O revestimento pode ser descido através um furo já aberto ou através formões moles usando um jato d'água provido pela bomba ou usando sapatas ou coras de revestimento diamantadas, quando se pretende introduzir em terreno duro ou alargar uma perfuração.

Uma coluna de revestimento é composta de tubos de aço com paredes finas mas de elevada resistência mecânica, com comprimento de 1 a 3 m, rosqueados em ambas as extremidades. O acoplamento é feito por meio de niples de igual diâmetro interno.

Recomenda-se ainda o emprego de revestimento quando se atrevesa uma formação fraturada ou permeável, causando perdas consideráveis de água de circulação.

A colocação dos revestimentos é indispensável quando as paredes do furo tendem a desabar, pondo em risco a coluna de perfuração que poderia ficar presa.

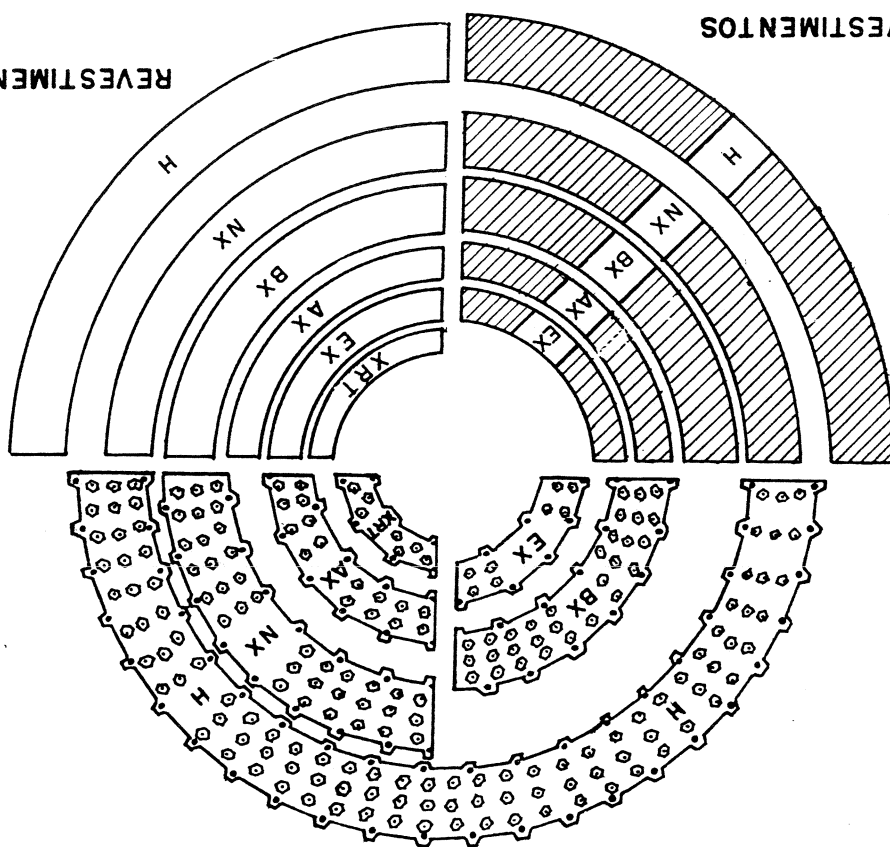
e) Revestimentos



Foto 3.12 - Calibradores rotativas para manter constantes o diâmetro do furo.

As Tabs. 3.6 e 3.7 contem as dimensões das ferramentas usadas nas sondagens rotativas e nas Fotos 3.14 vê-se a disposição dessas peças na coluna de perfuração.

COROAS AMOSTRADORAS



ENCAIXE DAS FERRAMENTAS DE PERFURAÇÃO, EM QUE QUALQUER BITOLA PODE TELESCOPAR DENTRO DA PRÓXIMA BITOLA SUPERIOR

Fig. 3.13 — Coroa impregnada.

DIMENSÕES DE HASTES E REVESTIMENTOS (NOMINAL)

| SÉRIE | ∅ EXTERNO | | ∅ INTERNO | | NIPLE ∅ INTERNO | | FIOS POR POLEGADA | PESO POR HASTE 3m |
|-------|-----------|-----|-----------|-----|-----------------|-----|-------------------|-------------------|
| | mm | pol | mm | pol | mm | pol | | |

HASTES

| | | | | | | | | |
|----|-------|------|-------|------|-------|------|---|------|
| RW | 1,093 | 27,7 | 0,719 | 18,2 | 0,406 | 10,3 | 4 | 8,90 |
| EW | 1,375 | 34,9 | 1,000 | 25,4 | 0,437 | 11,1 | 3 | 13,4 |
| AW | 1,718 | 43,6 | 1,344 | 34,1 | 0,625 | 15,8 | 3 | 17,0 |
| BW | 2,125 | 53,9 | 1,750 | 44,4 | 0,750 | 19,0 | 3 | 22,3 |
| NW | 2,625 | 66,6 | 2,250 | 57,1 | 1,375 | 34,9 | 3 | 24,6 |
| HW | 3,500 | 88,9 | 3,062 | 77,7 | 2,375 | 60,3 | 3 | 42,8 |
| EX | 1,313 | 33,3 | 0,875 | 22,2 | 0,438 | 11,1 | 3 | 12,2 |
| AX | 1,625 | 41,3 | 1,125 | 28,6 | 0,563 | 12,7 | 3 | 15,0 |
| BX | 1,719 | 48,4 | 1,250 | 31,7 | 0,625 | 15,9 | 5 | 21,0 |
| NX | 2,111 | 60,3 | 2,000 | 50,8 | 1,000 | 25,4 | 4 | 23,0 |
| HX | 3,500 | 88,9 | 1,188 | 77,8 | 2,375 | 60,3 | 3 | 36,0 |

REVESTIMENTOS

| | | | | | | | | |
|----|-------|--------|--|--|-------|-------|---|-------|
| RW | 1,437 | 36,5 | | | 1,187 | 30,2 | 5 | 8,00 |
| EW | 1,812 | 46,0 | | | 1,906 | 38,1 | 4 | 13,00 |
| AW | 2,250 | 57,1 | | | 1,906 | 48,4 | 4 | 17,90 |
| BW | 2,875 | 73,0 | | | 2,375 | 60,3 | 4 | 31,30 |
| NW | 3,500 | 88,9 | | | 3,000 | 76,2 | 4 | 38,80 |
| HW | 4,500 | 114,3 | | | 4,000 | 101,6 | 4 | 50,90 |
| RX | 1,437 | 36,5 | | | 1,187 | 30,2 | 8 | 8,00 |
| EX | 1,812 | 46,0 | | | 1,500 | 38,1 | 8 | 8,50 |
| AX | 2,250 | 57,1 | | | 1,906 | 48,4 | 8 | 13,80 |
| BX | 2,875 | 73,0 | | | 2,375 | 60,3 | 8 | 27,70 |
| NX | 3,500 | 88,9 | | | 3,000 | 76,2 | 8 | 35,70 |
| HX | 4,500 | 114,30 | | | 3,937 | 101,6 | 5 | 41,10 |

DIMENSÕES DE COROAS, CALIBRADORES E SAPATAS DE REVESTIMENTO

| SÉRIE | PADRÃO DO BARRILETE | | COROAS | | CALIBRA-DOR | SAPATA DO REVESTIMENTO | DIÂMETRO DO TESTE-MUNHO |
|-------|---------------------|-------|--------|-------|-------------|------------------------|-------------------------|
| | Ext | Int | Ext | Int | | | |
| XRT | mm | 29,4 | 18,6 | 29,8 | - | - | 18,30 |
| | pol | 1,160 | 0,735 | 1,175 | - | - | 0,719 |
| EX | mm | 37,3 | 21,4 | 37,7 | 47,6 | 37,9 | 20,60 |
| | pol | 1,470 | 0,845 | 1,485 | 1,875 | 1,495 | 0,812 |
| EXT | mm | 37,3 | 22,9 | 37,7 | - | - | 22,20 |
| | pol | 1,470 | 0,905 | 1,485 | - | - | 0,875 |
| AX | mm | 47,6 | 30,0 | 48,0 | 59,5 | 48,2 | 30,10 |
| | pol | 1,875 | 1,185 | 1,890 | 2,345 | 1,900 | 1,187 |
| AXT | mm | 47,6 | 32,5 | 48,0 | - | - | 32,50 |
| | pol | 1,875 | 1,281 | 1,890 | - | - | 1,281 |
| BX | mm | 59,5 | 42,0 | 59,9 | 75,3 | 60,1 | 41,30 |
| | pol | 2,345 | 1,655 | 2,360 | 2,965 | 2,370 | 1,625 |
| BXT | mm | 59,5 | 44,4 | 59,9 | - | - | 44,40 |
| | pol | 2,345 | 1,750 | 2,360 | - | - | 1,750 |
| NX | mm | 75,3 | 54,7 | 75,6 | 91,8 | 75,9 | 54,00 |
| | pol | 2,965 | 2,155 | 2,980 | 3,615 | 2,992 | 2,125 |
| NXT | mm | 75,3 | 58,7 | 75,6 | - | - | 58,70 |
| | pol | 2,965 | 2,313 | 2,980 | - | - | 2,312 |
| HX | mm | 98,8 | 76,2 | 99,2 | 117,4 | 99,6 | 76,20 |
| | pol | 3,890 | 3,000 | 3,907 | 4,625 | 3,925 | 3,000 |
| HWT | mm | 98,8 | 80,9 | 99,2 | - | - | 80,90 |
| | pol | 3,890 | 3,187 | 3,907 | - | - | 3,187 |

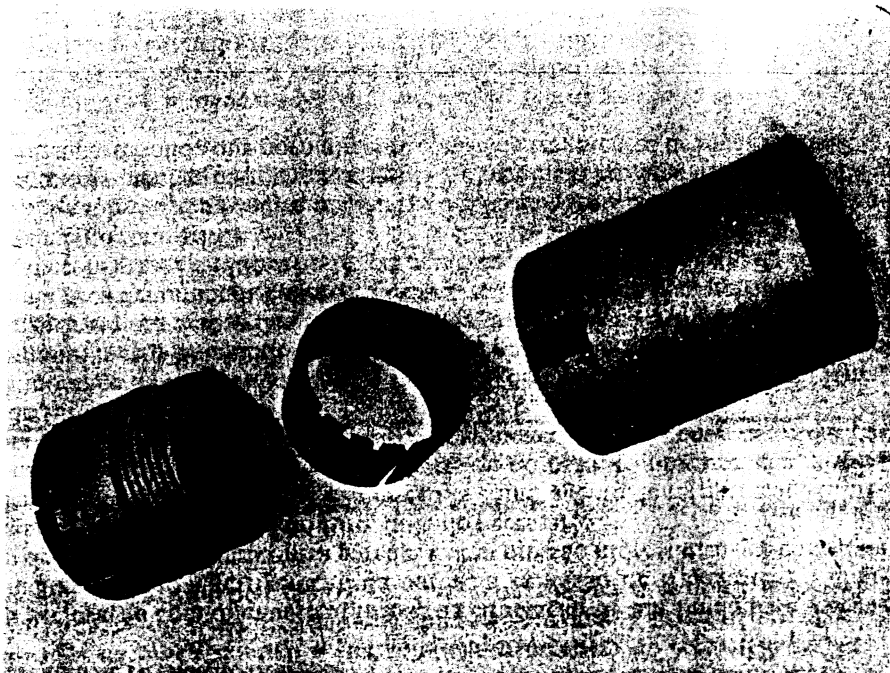


Foto 3.13 - Sequência de calibrador, mola e coroa nos barriletes normais.

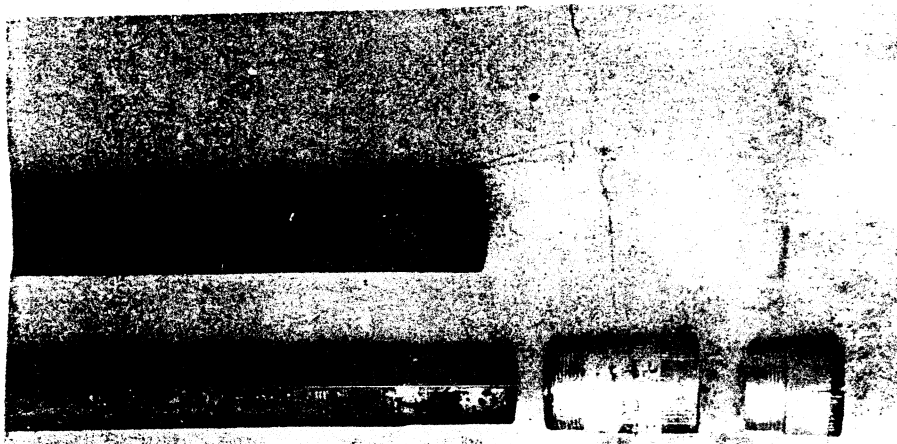


Foto 3.14 - Barrilete duplo giratório - Detalhe da extremidade inferior do tubo interno.

f) Sistema de circulação de água

A perfuração com diamante utiliza-se da circulação de um fluido para assegurar simultaneamente a refrigeração da coroa, a expulsão de fragmentos, a diminuição de fricção da coluna contra paredes e uma pressão hidrostática que contribua para manter firmes as paredes do furo, quando necessário.

Sempre que possível, a água é empregada como agente de refrigeração. Entretanto, na perfuração de formações permeáveis ou porosas, emprega-se uma mistura de água e bentonita, que forma uma capa impermeável, para a conservação das paredes do furo.

A montagem para a circulação de fluido envolve um tanque de água ou lama, um conjunto motor-bomba destinado a injetar sob pressão a água ou lama, através de mangueiras para dentro das hastas. As mangueiras na sua extremidade são ligadas a uma peça denominada cabeçote de circulação de água, o qual por sua vez liga ao cabeçote geral e à última haste, permanecendo fixo enquanto a haste continua seu movimento rotatório.

A água sob pressão penetra por dentro das hastas e reflui em forma de lama entre a haste e as paredes da rocha perfurada e é recolhida em uma calha destinada a recuperar a parte sólida que normalmente consta de fragmentos de rocha cortada.

3.5.3 — Operação

A sonda deve ser instalada sobre uma plataforma devidamente ancorada no terreno a fim de se manter constante a pressão sobre a ferramenta de corte.

A seguir a composição (haste, barriete, alargador e coroa) é acoplada à sonda e antes desta ser acionada, põe-se em funcionamento a bomba que injeta o fluido de circulação.

A execução da sondagem rotativa consiste basicamente na realização de manobras consecutivas, isto é, a sonda imprime às hastas os movimentos rotativos e de avanço na direção do furo e estas os transferem ao barriete provido da coroa.

O comprimento máximo de cada manobra é determinado pelo comprimento do barriete, que é em geral de 1,5 a 3,0 m.

Terminada a manobra, o barriete é alçado do furo e os testemunhos são cuidadosamente retirados e colocados em caixas especiais com separação e obedecendo à ordem de avanço da perfuração.

No boletim de campo da sondagem são anotadas as profundidades do início e término das manobras e o comprimento de testemunhos recuperados medidos, na caixa após a artimação cuidadosa (Foto 3.15).



Foto 3.15 — Caixa de testemunhos obtidos em sondagens rotativas.

Constam ainda do boletim de sondagem as seguintes informações: tipo de sondagem, os diâmetros de revestimento usados nos diferentes comprimentos da perfuração, o número de fragmentos em cada manobra, natureza do terreno atravessado (litologia, fraturas, zonas alteradas etc.), nível d'água no início e final da sondagem.

3.5.4 — Apresentação dos resultados

Todos os dados colhidos na sondagem são resumidos na forma de um perfil individual do furo, ou seja, um desenho que traduz o perfil geológico do subsolo na posição sondada, baseado na descrição dos testemunhos.

A descrição dos testemunhos é feita a cada manobra e inclui:

a) — *A classificação litológica* — baseada na gênese da formação geológica, na mineralogia, textura e fábrica dos materiais a classificar. Inclui ainda a cor e tonalidade.

b) — *Estado de alteração das rochas para fins de engenharia* — trata-se de um fator que faz variar extraordinariamente suas características. As descrições do grau de alteração das rochas, embora muito informativas, são até certo ponto subjetivas por se basearem normalmente na opinião do autor da classificação. As designações normalmente adotadas são as abaixo e baseadas nas seguintes características:

extremamente alterada ou decomposta — o material encontra-se homogênamente decomposto. Pode, entretanto, conter características da rocha original, tais como: xistosidade, planos de fraturamento, diaclasamento etc;

muito alterada — o material é predominantemente como acima descrito mas contém porções em que a rocha se apresenta menos alterada;

medianamente alterada — o material é predominantemente pouco alterado ou são, mas contém trechos ou porções em que o material é extremamente alterado;

pouco alterada — a rocha é predominantemente sã mas apresenta descolação geral ou de alguns minerais;

sã ou quase sã — não apresenta vestígios de ter sofrido alterações físicas ou químicas dos seus minerais.

c) — *Grau de fraturamento* — uma das maneiras de avaliar o grau de fraturamento da rocha é através o número de fragmentos recuperados em cada manobra pelo dividindo-se o número de fragmentos recuperados em cada manobra pelo comprimento da manobra.

O critério adotado na classificação é o seguinte:

| | |
|--|---|
| Nº Fraturas/Metro 1 1- 5 6-10 11-20 > 20 pedacos de diversos tamanhos caoticamente dispersos | Ocasionalmente fraturada Pouco fraturada Medianamente fraturada Muito fraturada Extremamente fraturada Em fragmentos |
| Rocha | Nº Fraturas/Metro |

E corrente correlacionar-se a qualidade de rocha com a percentagem de recuperação, a qual se obtém pela relação entre o comprimento total dos vários testemunhos de uma mesma manobra e o comprimento dessa manobra, expressa em percentagem.

O desenvolvimento dos equipamentos e das técnicas de perfuração veio mostrar a precariedade dessas correlações, pois uma mesma formação poderá oferecer diversas percentagens de recuperação em função da qualidade da sondagem. Entretanto, é corrente considerar-se rocha de boa qualidade, aquelas cujas percentagens de recuperação são superiores a 80%; rocha muito alterada quando as percentagens são inferiores a 50% e medianamente alterada para valores intermedios.

No intuito de englobar num só os critérios de fraturação e estado de alteração, Deere (1967) introduziu o que designa por RQD (Rock Quality Designation).

O RQD se baseia numa recuperação modificada, pois na determinação da percentagem de recuperação entram no cálculo os fragmentos de testemunho com comprimento igual ou superior a 10 cm. Assim, a percentagem obtém-se, da manobra, somando-se os comprimentos dos testemunhos com mais de 10 cm e dividindo se pelo comprimento da manobra.

EXEMPLO DE DETERMINAÇÃO DO RQD (Rock quality designation)

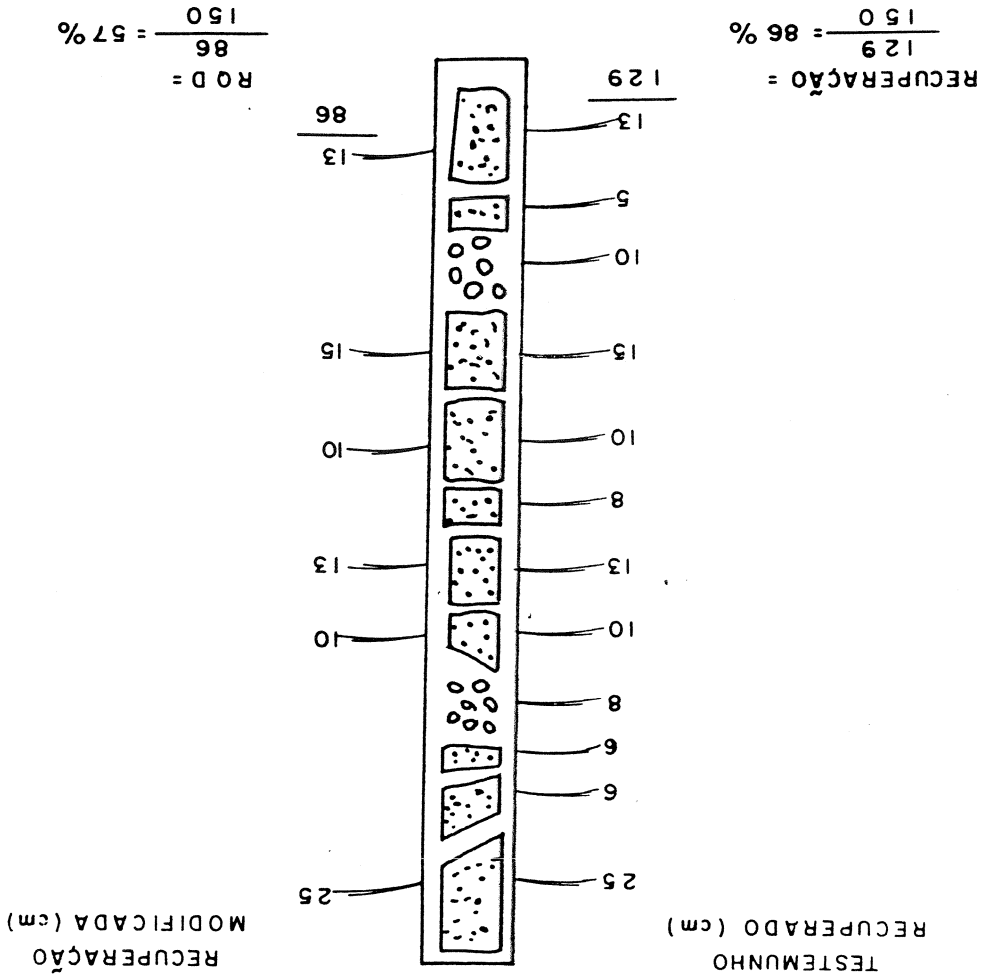


Fig. 3.14

A determinação do RQD é feita apenas em sondagens que utilizem barrietes duplos de diâmetro NX (76 mm) ou superior (Fig. 3.14).
A tabela adotada para a classificação da qualidade da rocha em função do RQD é a seguinte:

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Qualidade do Maciço Rochoso | RQD |
| | 0 — 25% |
| | 25 — 50% |
| | 50 — 75% |
| | 75 — 90% |
| | 90 — 100% |
| Muito fraco | |
| Fraco | |
| Regular | |
| Bom | |
| Excelente | |

3.6 — SONDAGENS MISTAS

Entende-se por sondagem mista aquela que é executada à percussão em todos os tipos de terreno penetráveis por esse processo, e executada por meio de sonda rotativa nos materiais impenetráveis à percussão.
Os dois métodos são alternados, de acordo com a natureza das camadas, até ser atingido o limite da sondagem necessário do estudo em questão.
Recomenda-se sua execução em terrenos com a presença de blocos de rocha, matações, lascas etc., sobejascentes a camadas de solo.
O conhecimento prévio das condições geológicas do local, poderá recomendar desde o início a provisão de um equipamento de sondagem mista, propiciando a execução do reconhecimento em menor prazo e com menor custo.

3.6.1 — Equipamento

Consiste na combinação de equipamentos tradicionais de sondagens a percussão e rotativa. Entretanto, o equipamento de percussão deverá ser provido de tubos de revestimento de grande diâmetro (mínimo $\varnothing 4''$ a $6''$), a fim de permitir maior alcance para a perfuração.

3.6.2 — Operação

Na maioria dos casos as sondagens mistas iniciam-se em solo, pelo método à percussão.

Ao ser atingido o impenetrável à percussão é preciso então revestir o comprimento já sondado com o tubo de revestimento de rotativa. O revestimento H pode ser introduzido por dentro do $\varnothing 6''$, enquanto que o revestimento N só pode ser colocado no interior do furo $\varnothing 4''$, após o arrancamento deste.
Quando o novo revestimento atinge a profundidade impenetrável à percussão, a operação prossegue como já descrito nas sondagens rotativas.