

JORGE BONITO

# SONDAGENS DE FURAÇÃO À ROTAÇÃO

- TEXTO PEDAGÓGICO -



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

2022

## ERRATA

<i>Lauda</i>	<i>Linha</i>	<i>Onde se lê</i>	<i>deve ler-se</i>
4	25	atingidas	atingidas
10	20	rolha	rocha
15	3	adapatado	adaptado
16	6	adapatado	adaptado
26	11	ráidos	rápidos

## ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO .....	3
II. A SONDAAGEM .....	6
III. SONDAJENS DE FURAÇÃO À ROTAÇÃO .....	10
IV. PARÂMETROS DA SONDAAGEM .....	30
BIBLIOGRAFIA .....	32

"A juventude é o tempo de estudar a sabedoria, assim como a velhice é o tempo de praticá-la"

Apud J.-J. Rousseau, op  
cit. Moraes Leal, 1993, A  
Bíblia da Vida, Venda No-  
va, Bertrand Editora, p.  
365



## I - INTRODUÇÃO

Quando se começaram a explorar blocos de pedra, estes eram destinados a obras públicas. A sua extracção, rudimentar, era baseada no fabrico de pedras de maior dureza (v.g., sílex) com formatos especiais que se friccionavam sobre pedras mais brandas (v.g., calcários, arenitos). Amiúde, empregavam-se chifres de animais ou qualquer outro objecto que possuísse dureza suficiente.

Quando o homem descobriu os metais e a maneira como tirar rendimento deles, o talhar de pedras tomou outro aspecto. As ferramentas de metal produzidas - a partir do trabalho dos minérios que continham cobre, e posteriormente, o ferro - permitiam abrir furos, onde depois por intermédio de uma cunha, o bloco era rapidamente separado do maciço.

De forma análoga, eram operadas as minerações, embora estas não requeram blocos regulares. Assim que a metalurgia permitiu o fabrico de pás, picaretas, picões, entre outras ferramentas, a mineração tornou-se mais fácil. Com a necessidade de grande produção, durante muito tempo, passou a utilizar-se o fogo. Através do aquecimento directo do maciço rochoso, este quebrava-se. O advento da pólvora (i.e., mistura de carvão, enxofre e salitre ou nitrato de potássio) veio introduzir grandes alterações na mineração.

A extracção de blocos rochosos viu crescer grandemente as suas estruturas quando se começou a introduzir o agregado de pedras

na indústria da construção civil (casas, estradas, ferrovias, etc.). A pólvora vê-se substituída, primeiro, por uma mistura explosiva de nitroglicerina e areia quartzosa, e depois pelo nitrato de amónio e outros compostos explosivos.

Das pedras duras que se batiam, passando pelo picareto, a mão do homem vê-se substituída pela máquina. Surgem máquinas que perfuram as rochas: as perfuradoras. Aperfeiçoam-se as brocas, com a introdução da ponta de carboneto de tungsténio, i.e., um composto binário do carbonato de volfrâmio. Outras tentativas surgiram para a perfuração de outras formas: jacto de chama muito forte (*jet piercing*) e a sua variante, o *plasma jet*, o ultra-som, a vibração, o choque eléctrico, o jacto de águas e outras.

A prospecção geotécnica mecânica realizada num estudo geotécnico de uma obra, permite obter dados essenciais à sua realização. Pode fazer-se de várias formas, incluindo de uma maneira geral perfurações. Os objectivos das perfurações dizem respeito a:

- Determinar a sucessão litológica ou estratigráfica atingida pela perfuração
- Localizar e valorizar, dentro da secção perfurada, quaisquer substâncias (sólidas, líquidas ou gasosas) que possam apresentar utilidade económica.
- Se é possível, extrair e elevar à superfície, qualquer das ditas substâncias de importância económica.
- Proporcionar dados para correlacionar, entre uma perfuração e outra, as sucessões litológicas atingidas, afim de facilitar o conhecimento global da estratigrafia e estrutura do subsolo.

A maneira mais comum de fazer um furo numa determinada rocha consiste em golpear a rocha com uma barra de ferro e rodá-la entre

dois golpes sucessivos. Foi a partir deste modelo que as máquinas perfuradoras imitam o mesmo processo.

As primeiras perfuradoras surgem no século XIX, utilizando como fonte de energia, o vapor. A mais antiga que se conhece é a de Singer, construída em 1838 para o Illinois Michigan Canal. Em 1851, Fowle constrói a primeira perfuradora com linguetas para a rotação. Esta patente foi comprada por Burleigh que fundou a primeira fábrica de perfuradoras.

O primeiro túnel americano onde se utilizaram perfuradoras e dinamite foi o de Houssac, Massachussets, de 7642 m, executado entre 1856 e 1873.

Leynen, a partir de 1897, contribuiu decididamente para o avanço da qualidade das perfuradoras, com a introdução da broca oca.

Somente em 1914 surgem as primeiras perfuradoras leves, com rotação automática.

## II - A SONDAGEM

Uma sondagem é um orifício circular de pequeno diâmetro, vertical ou inclinado, aberto no subsolo com a ajuda de meios mecânicos apropriados. A profundidade pode alcançar os vários milhares de metros (com um record de 12 000 metros). A força motriz utilizada cobre uma gama muito ampla de procedimentos, desde o trabalho manual até aos motores, onde os mais recentes ultrapassam os 1400 cavalos de potência.

Um apreste de sondagem compreende essencialmente:

- Ferramenta de perfuração;
- Motor que acciona a ferramenta;
- Sistema de suspensão e de içamento;
- Procedimento para manter as paredes do furo da sondagem.

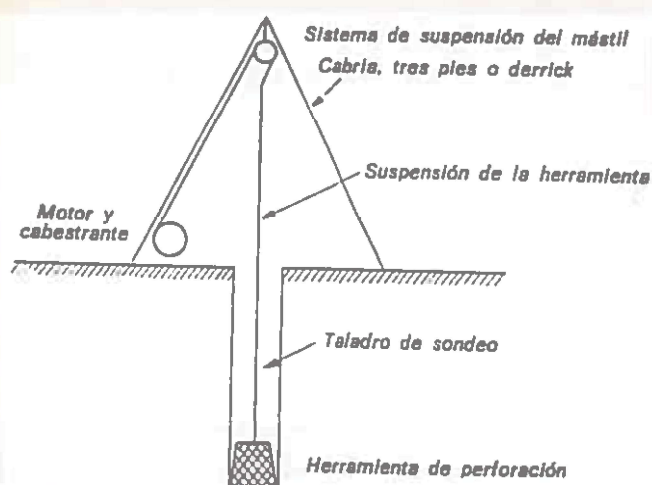


Fig. 1 - Esquema dos requisitos para uma sondagem (adaptado de CASTANY, 1975, p. 383)

Para abrir um orifício numa rocha dispomos essencialmente de quatro métodos mecânicos de desagregação de rochas:

- Percussão;
- Rotação;
- Pirotecnia;
- Jacto de água.

A extracção dos detritos, mais ou menos grosseiros produzidos pela ferramenta de perfuração, é indispensável para estudarmos e conhecermos a natureza e idade dos terrenos perfurados. Além disso, a acumulação desses detritos no fundo do furo da sondagem poderia paralisar rapidamente a acção de prospecção. A eliminação destes materiais pode ser feita por aparelhos simples, v.g., uma "colher" especial ou um balde, ou por circulação hidráulica (água ou "lodo de sondagem" que os trás até à superfície onde são recolhidos. Daí existirem sondagens a seco e com circulação.

O movimento que o motor produz, que nos interessa directamente, é o de rotação. Actualmente a força motriz pode ser produzida por motores de explosão ou eléctricos, tendo-se utilizado, no decurso da evolução técnica, outras maneiras de a produzir: o homem, o cavalo, a máquina a vapor.

Um sistema de transmissão, com um cabo ou barras ou varas cheias ou vazias, coloca em movimento a ferramenta de perfuração no fundo do furo. Como o dispositivo apresenta um certo peso, é necessário instalar à superfície um sistema de sustentação e de içamento para subir ou descer o material da obra. Existem já sistemas modernos, como as turbo-perfurações, que permitem suprimir o sistema de transmissão.

As paredes do furo nos terrenos pouco consolidados devem sus-

ter-se, seja por meio de tubos de aço (entubação ou "casing"), ou com recurso a lodo de sondagem.

De acordo com o tipo de material utilizado na sondagem, assim podemos estabelecer uma classificação. Castany (CASTANY, 1975, p. 385) seria os principais tipos em:

- Apresto a percussão ou golpe
- Aparato a rotação
- Rotary
- Aprestos mistos de percussão e rotação
- Procedimentos especiais (Turboperfuração (MABILLOT, 1971, p. 65); electroperfuração, percussão pneumática ou hidráulica, cargas ocas, ar comprimido, etc.)

Segundo outros autores (SARAIVA, 1991, p. 291), entre as sondagens podemos englobar, furos abertos com trado, sondagens de furação e sondagens de penetração. Nas sondagens de furação, consideram-se sondagens a jacto de água, sondagens de percussão, sondagens de rotação e sondagens "rotary".

Este trabalho incide particularmente nas sondagens de rotação (Fig. 2) que HERRMANN (1968, p. 10) divide em quatro grupos:

- Perfuração por corte;
- Perfuração por abrasão;
- Perfuração por quebra;
- Perfuração de plena secção.

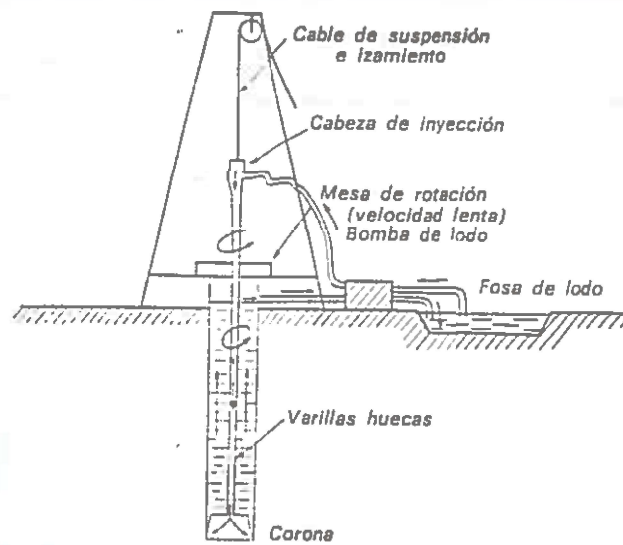


Fig. 2 - Esquema da instalação de uma sondagem a rotação e injeção de água ou de lodo (adaptado de CASTANY, 1975, p. 399)

### III - SONDAGENS DE FURAÇÃO À ROTAÇÃO

As primeiras sondagens de rotação eram basicamente trados, baseados no princípio do parafuso de Arquimedes. A perfuração de rochas duras por rotação é conhecida desde o tempo dos egípcios, que fizeram com este método os alicerces de pouca profundidade das pedras utilizadas na construção de pirâmides. Estes métodos e técnicas, não muito avançados, persistiram até ao século XIX.

Bernard de Palissy preconizou este instrumento.

Em 1803, R. Leschot inventou uma máquina de rotação com injeção de água a pressão e provida de um trépano em forma de coroa com pequenas lâminas de diamante.

Em 1830, Fauvelle construiu uma máquina de rotação e injeção de água que alcançou 170 m de profundidade em 140 horas. Numa segunda sondagem, em Perpignan, a velocidade de perfuração foi de  $1,20 \text{ m h}^{-1}$ .

"M. M. Hawks e Grawshay construíram durante a guerra da Crimeia uma locomotiva a vapor para minar Sebastopol. A peça principal desta máquina era uma roda de fundição com umas facas-baionetas que giravam a uma velocidade prodigiosa e que esfarelavam a rolha como se fosse gesso. Mas, tendo afirmado os zuavos que uma baioneta num braço francês ficaria empunhada com mais firmeza que numa roda de metal e que o vigor era um motor muito superior ao vapor, etc., a máquina não funcionou. Em 1862, voltou a empre-



gar-se esta máquina nas galerias que atravessavam o Mont-Cenis, mas para empregá-la, M. M. Valloury e Buquet, que já tinham substituído as facas-baionetas por umas pontas de aço, transformaram este último aparato por pontas de diamante (diamante negro). Deste modo, a máquina que apresentava um objectivo mortífero, converteu-se numa ferramenta industrial; o diamante, um luxo inútil ou quase inútil, passou a ser um elemento importante e realmente útil"<sup>1</sup>.

A sondagem de furação à rotação ou rotativas requiere aprestos próprios. Efectua-se através da rotação de um trépano ou coroa. O trépano perforado em forma de "cola de pez" (ou uma "perfuradora de rochas com molas de rotação" ou "rock bit" nas formações mais resistentes), aparafusa-se solidamente no extremo inferior de um trem ou de uma cadeia de tubos ou varas, conhecida por coluna de perfuração ("drill stem"). Uma plataforma de rotação, instalada na boca do furo e animada de um movimento contínuo de rotação, permite girar a coluna de perfuração. Há medida que a profundidade da sondagem aumenta, a coluna de perfuração é aumentada em comprimento com a adição de novas junções ou varas de tubo. As coroas dentadas, cuja circunferência de base está cortada em dentes, apresenta-se coberta de tungsténio ou diamantes ou um aço especial, que se podem recargar. As coroas de aço utilizam-se em terrenos brandos ou pouco duros enquanto que em rochas duras, as coroas são constituídas por tungsténio ou diamantes industriais inseridos no aço. As coroas de prismas actuam seja segundo a forma dos dentes

---

<sup>1</sup>Apud LAROUSSE, Pierre, 1872, Grand Dictionnaire Universel du XIX<sup>e</sup> siècle, op. cit. Henri Cambefort, 1968, Perforaciones y Sondeos, p. 92.

por ruptura e desgaste seja por simples desgaste. Um método antigo, denominado de granalha, pontualmente utilizado, consta de uma coroa com uma ou duas fendas (Fig. 3).

As coroas apresentam-se de diferentes tipos e diâmetros variáveis (Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15). Segundo as normas europeias, canadianas e americanas, as coroas apresentam tipos diversos como se apresenta nos quadros I, II, III, IV e V.

A coroa de furação, acoplada à extremidade do tubo amostrador, perfura o terreno, escavando um sulco circular, guardando no interior do tubo amostrador um cilindro de rocha ou testemunho. O

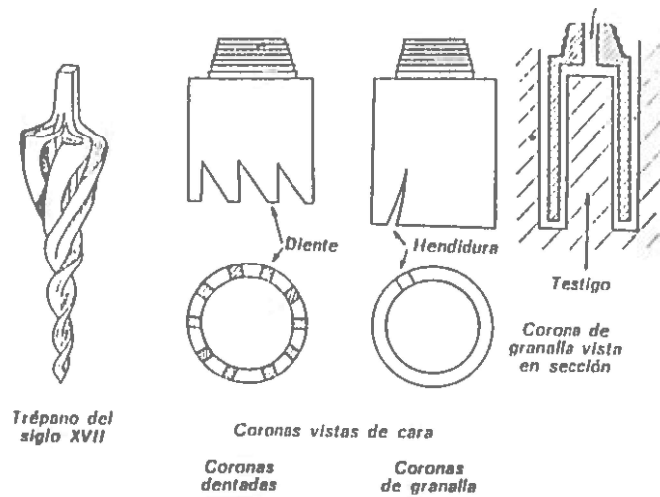


Fig. 3 - Coroas (adaptado de CASTANY, 1975, 9. 401)

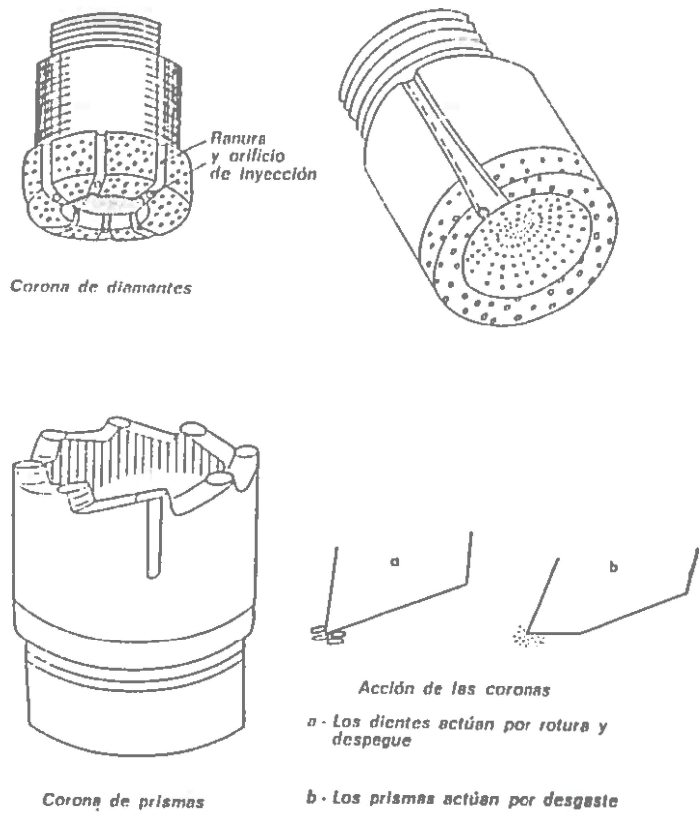


Fig. 4 - Tipos de coronas para perforación a rotación (adaptado de CASTANY, 1975, p. 400)

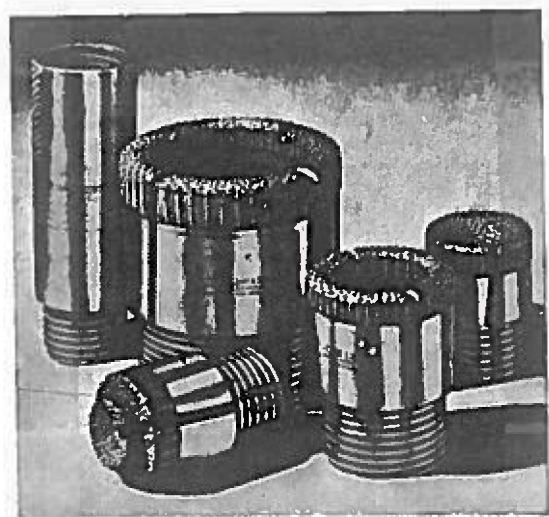


Fig. 5 - Corona de diamantes Craelius (adaptado de CAMBEFORT, 1968, p. 118)

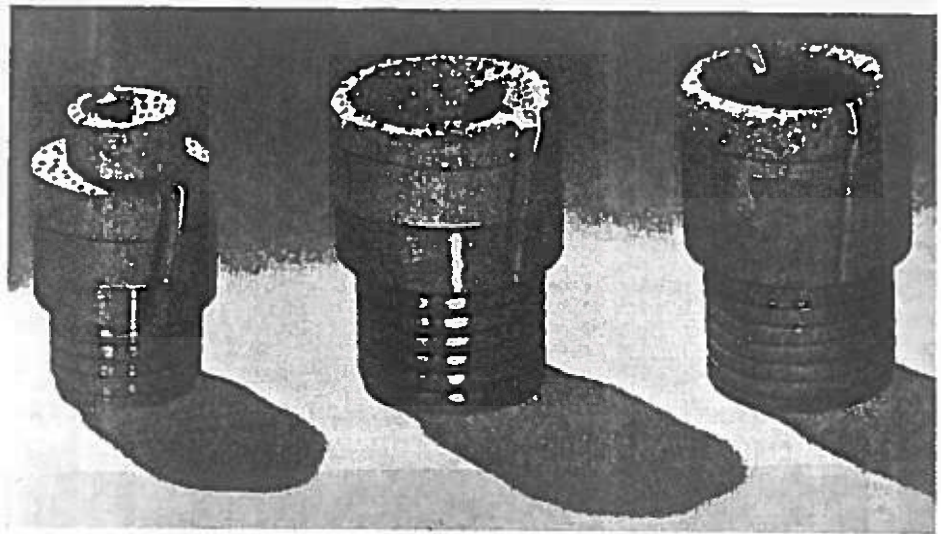


Fig. 6 - Coroas de diamantes e cilindro escareador Smit (adaptado de CAMBEFORT, 1968, p. 119)



Fig. 7 - Coroa de diamantes Smit para perfurações de grande diâmetro (adaptado de CAMBEFORT, 1968, p. 119)

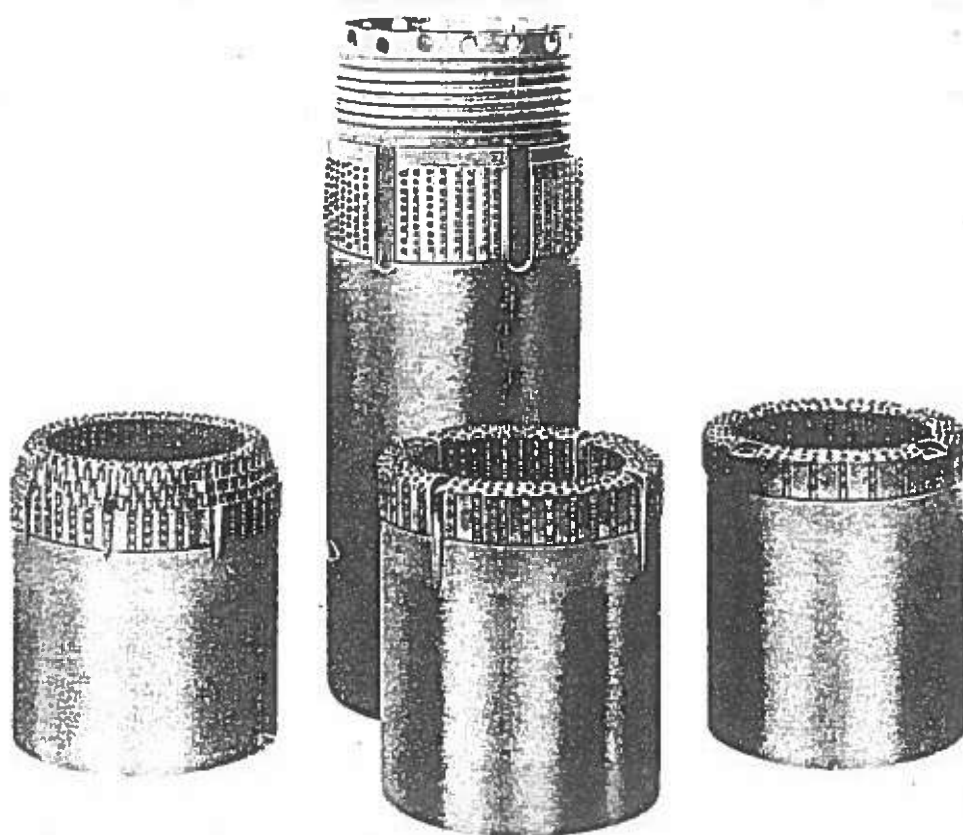


Fig. 8 - Algumas variedades de coroas de furação (adaptado de SARAIVA, 1991, p. 297)

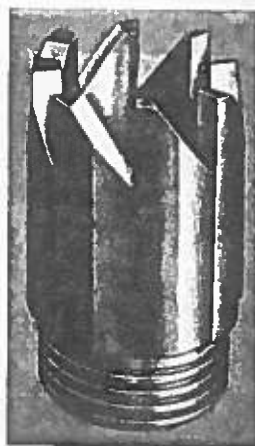


Fig. 9 - Coroa dentada (adaptado de CAMBEFORT, 1968, p. 93)



Fig.10 - Coroa engastada à mão. Coroa nova (Craelius) (adaptada de CAMBEFORT 1968, p. 122)

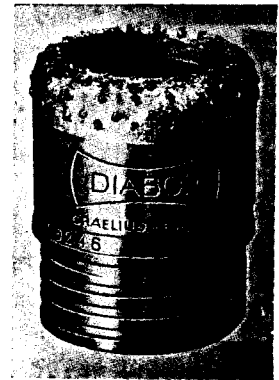


Fig. 11 - Coroa Craelius engaste Diabor (adaptada de CAMBEFORT, 1968 p. 122)

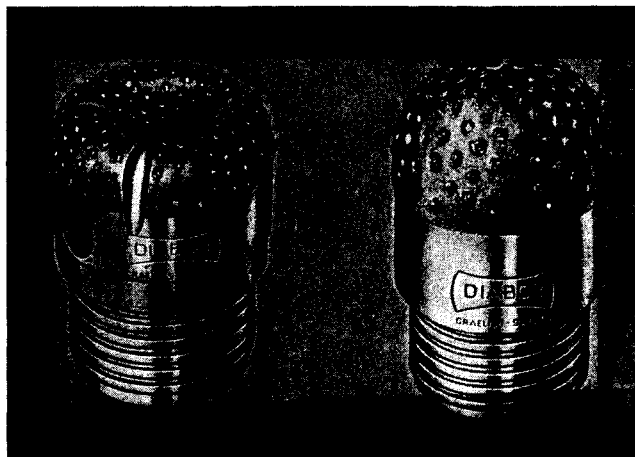


Fig. 12 - Coroa engastada à mão, usada (adaptada de CAMBEFORT, 1968, p. 122)

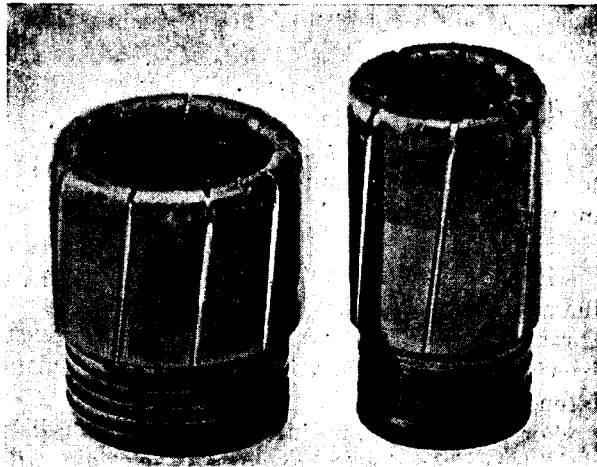


Fig. 13 - Coroas maciças Craelius, côncava e convexa, engaste Diabor (adaptada de CAMBEFORT, 1968, p. 123)

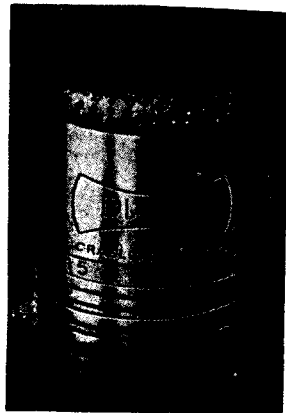


Fig. 14 - Coroa Craelius, engaste Diamy (adaptado de CAMBEFORT, 1968, p. 123)

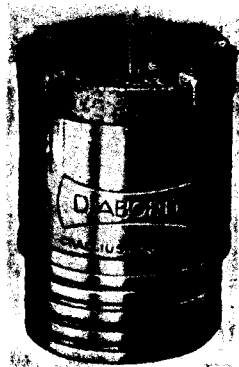


Fig. 15 - Coroa Craelius, engaste Diaborit (adaptado de CAMBEFORT, 1968, p. 123)

QUADRO I  
Coroas de furação da série europeia

Referência	Diâmetro	
	Furo (mm)	Testemunho (mm)
45	46	24*
55	56	34*** 42**
65	66	38*** 52**
75	76	48*** 62**
85	101	58*** 72**
100	101	75*
115	116	90*
130	131	105*
145	146	120*

NOTA:

\* Coroas com paredes espessas (desenvolvidas pela Swedish Diamond Rock Drilling Co.)

\*\* Coroas com paredes finas (desenvolvidas pela Craelius Co.)

\*\*\* Coroas com paredes espessas e finas

(adaptado de SARAIVA, 1991, p. 299)



QUADRO II

Coroas de furação do tipo "wireline" desenvolvidas pela Longyear Co.

Referência	Diâmetro			
	Furo		Testemunho	
	(mm)	"	(mm)	"
PQ	122.6	4-53/64	85.0	3-11/32
HQ	96	3-25/32	63.5	2-1/2
NQ	75.8	2-63/64	47.6	1-7/8
BQ	60.0	2-23/64	36.5	1-7/16
AQ	48.0	1-57/64	27.0	1-1/16

QUADRO III

Coroas de furação desenvolvidas pela Mindrill Ltd.

Referência	Diâmetro			
	Furo		Testemunho	
	(mm)	"	(mm)	"
7S	159.76	6.290	111.12	4.375
6S	135.08	5.3182	95.25	3.750
5S	110.41	4.347	77.80	3.063
4S	92.20	3.630	66.67	2.625
HXS	99.21	3.906	73.02	2.875
NXS	75.69	2.980	54.73	2.155
BXS	59.94	2.360	42.03	1.655

QUADRO IV

Coroas de furação da série americana e canadiana

Referência	Diâmetro			
	Furo		Testemunho	
	(mm)	"	(mm)	"
6 x 7-3/4	196.85	7-3/4	15.24	6
5-1/2 x 4	139.7	5-1/2	10.16	4
3-7/8 x 2-3/4	80.9	3-7/8	69.85	2-3/4
WX ( revesti- mento NX)*	92.07	3-5/8	71.43	2-13/16
NX	76.2	3	53.97	2-1/8
BX revestimento	76.2	3	55.56	2-3/16
BX	60.32	2-3/8	41.27	1-5/8
AX revestimento	60.32	2-3/8	44.45	1-3/4
AXT	47.62	1-7/8	32.54	1-9/32
AX	47.62	1-7/8	30.16	1-3/16
EX revestimento	47.62	1-7/8	34.92	1-3/8
EXT	38.1	1-1/2	22.22	1-5/16
EX	38.1	1-1/2	22.22	7/8
1-1/4" BH	31.75	1-1/4	19.05	3/4
XRT	30.16	1-3/16	19.05	3/4

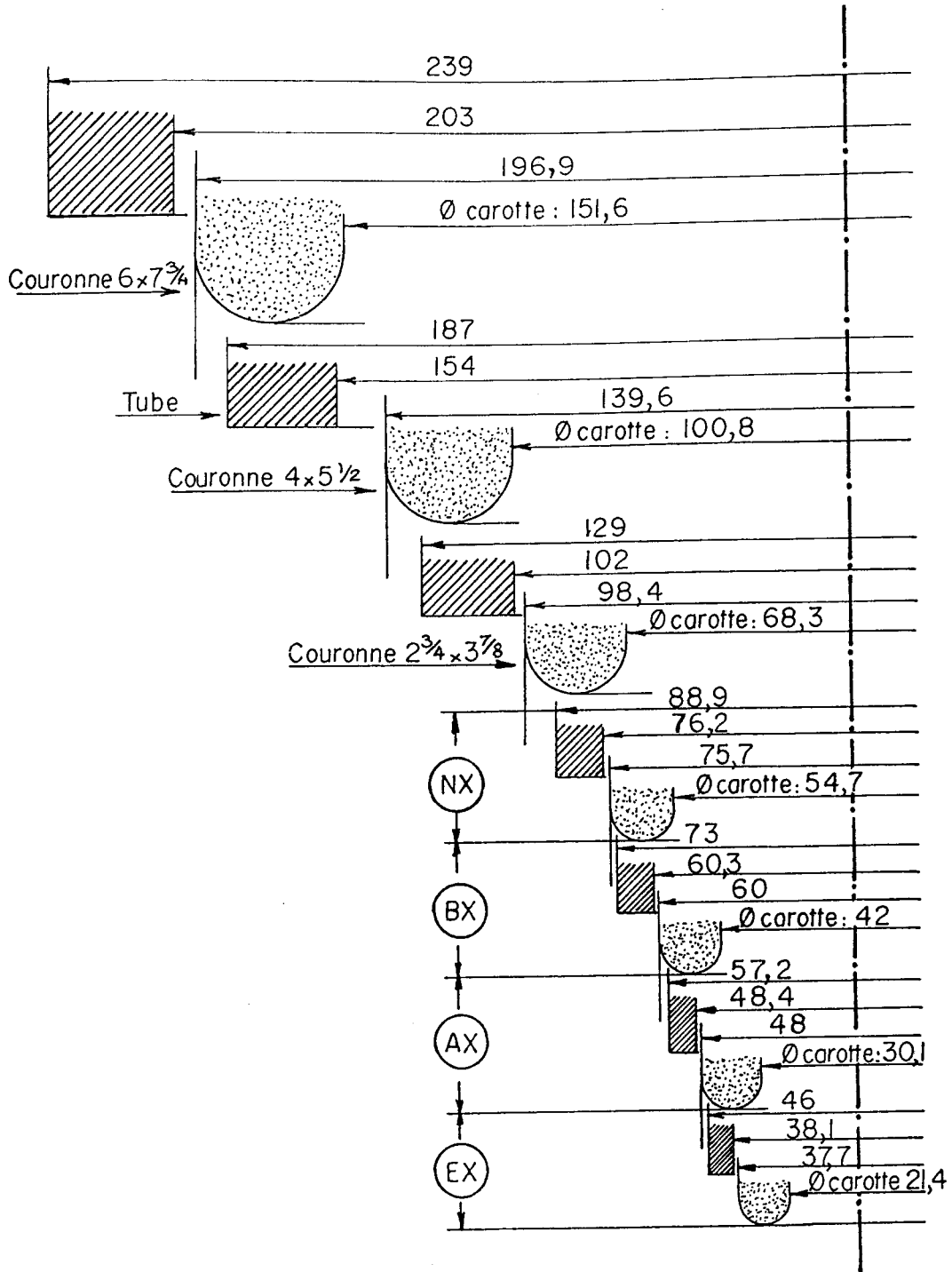
amostrador é constituído por três partes:

- Tubo amostrador onde se recolhem os testemunhos, amostras, tarolos ou "carottes", com um comprimento que varia dos 2 a 6 metros (CASTANY) ou dos 2 a 3 metros (SARAIVA).
- Coroa de furação, na parte inferior do tubo

QUADRO V

NORMAS STANDARD DCMA

(adaptado de MABBILOT, 1975, figure hors-texte 104-105)



NORMES STANDARD DCDMA  
 (Diamond Core Drill Manufacturers Association)  
 Couronnes et tubages de carottage

- Tubo de sedimentos, localizado na parte superior com comprimento entre os 30 cm a 2 m. Este tubo recolhe os detritos do terreno arrancados das paredes do orifício do furo.

Através de uma acção de rotação, a coroa corta o cilindro de rocha que aloja no tubo amostrador. Quando o tubo se encontra cheio, um sistema especial, o extractor, situado por cima da coroa, arranca o testemunho pela base, num movimento de tracção brusca. As varas ("thribbles" ou "fourbles") sobem levemente e imprime-se um movimento rotacional oposto ao da furação, que juntamente com uma cunha junto da coroa provoca a rotura do testemunho. Uma vez cortado o comprimento da amostra desejado (comummente de 3 a 6 m), o cilindro de amostra sobe até à superfície para exame, através de um lento processo de desmonte da coluna de perfuração. Para obtenção de resultados mais rápidos, chegou-se a utilizar o saca-amostras, torpedo ou "over-shot" (MIRANDA, 1986, p. 96). Este instrumento, presente nos chamados amostradores de tipo "wire-liner", apresenta um trado de modo que o cilindro contendo a amostra da rocha se pode manobrar por um guincho com enrolamento especial, através de um cabo de aço. No entanto este sistema tem a gravante de não deixar ver regularmente o estado da coroa de perfuração, podendo acarretar grandes desgastes e desagradáveis fracturas.

As amostras que se obtêm podem ser contínuas - testemunho contínuo - ou localizadas (Fig. 16).

O tubo amostrador, ao rodar em volta do testemunho, fixado à rocha pela base, arrasta consigo o testemunho, rompendo-o em fragmentos, desgastando-o progressivamente. Estes detritos adquirem uma importância tanto maior quanto mais frágil e incoerente é a ro

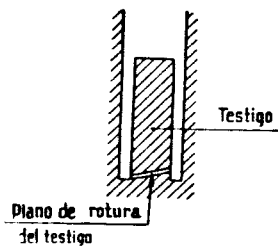


Fig. 16 - Testemunho da rochas (adaptado de CAMBEFORT, 1968, p. 92)

cha. Para evitar isto, utiliza-se o amostrador de paredes duplas em vez do de paredes simples. Enquanto que nos amostradores de paredes simples, a amostra é afectada pelo movimento de rotação da coroa e do tubo amostrador, naquele último, a extracção do testemunho pode ser de 100%, estando o testemunho no seu interior. No amostrador de paredes duplas, o testemunho aloja-se num tubo imóvel, ao redor do qual, gira um segundo tubo que possui a coroa (Fig. 17 e 18).

Com este tipo de amostrador de paredes duplas é possível extrair amostras de hulha ou de argila areníticas, com um rendimento de 95 a 98%.

Os amostradores de parede simples ou "carottiers simples" só se recomendam para recolha de amostras pequenas em zonas não fracturadas de maciços.

A qualidade dos testemunhos depende, além de outros parâmetros, da conveniente e adequada utilização das possibilidades de manobra às circunstâncias próprias do local. Assim, v.g., podemos alterar ou modificar e controlar, quando se torna oportuno, a velocidade de rotação, a força aplicada às varas, bem como a pressão

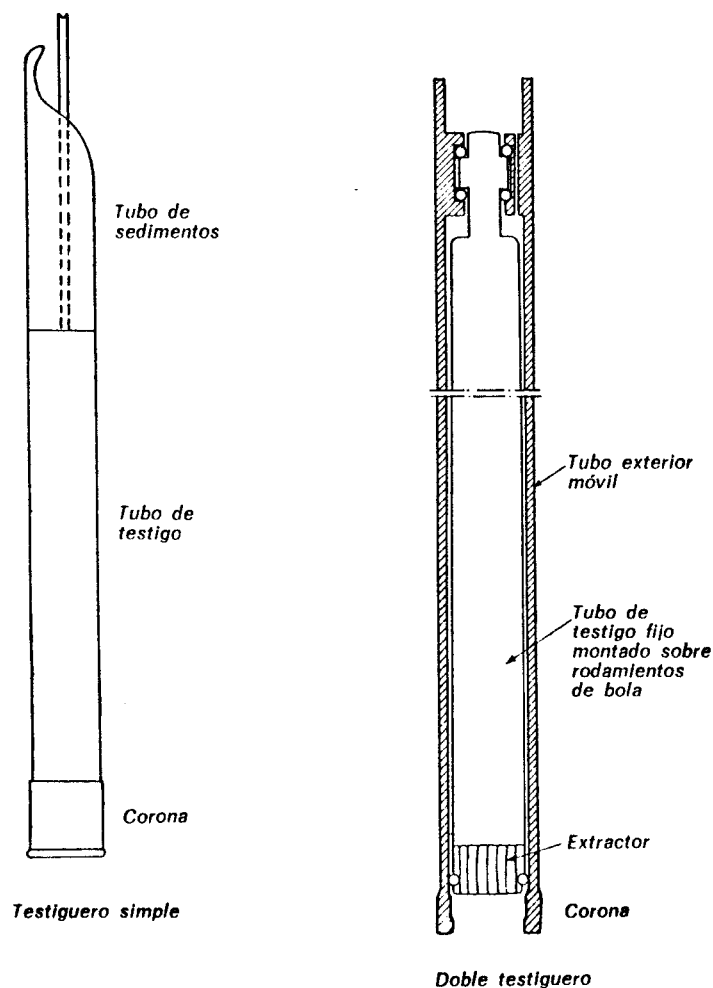


Fig. 17 - Amostrador de paredes simples e de paredes duplas (adaptado de CASTANY, 1975, p. 402)

do fluído de arrefecimento.

Quando os testemunhos são recolhidos a partir do amostrador, são transplantados para caixas de madeira, indicando com tabiques a profundidade correspondente a cada manobra efectuada (Fig. 19). Sempre que o tempo gasto na extracção do testemunho é demasiado e corresponde a uma pura perda, em função da utilidade do testemunho, procede-se à destuição deste, com a própria ferramenta de perfuração, dando-lhe uma forma adequada a este tipo de trabalho. Assim, v.g., no caso de perfuração de pequeno diâmetro (v.g., 50 mm) empregam-se coroas cheias de diamantes em toda a sua superfí-

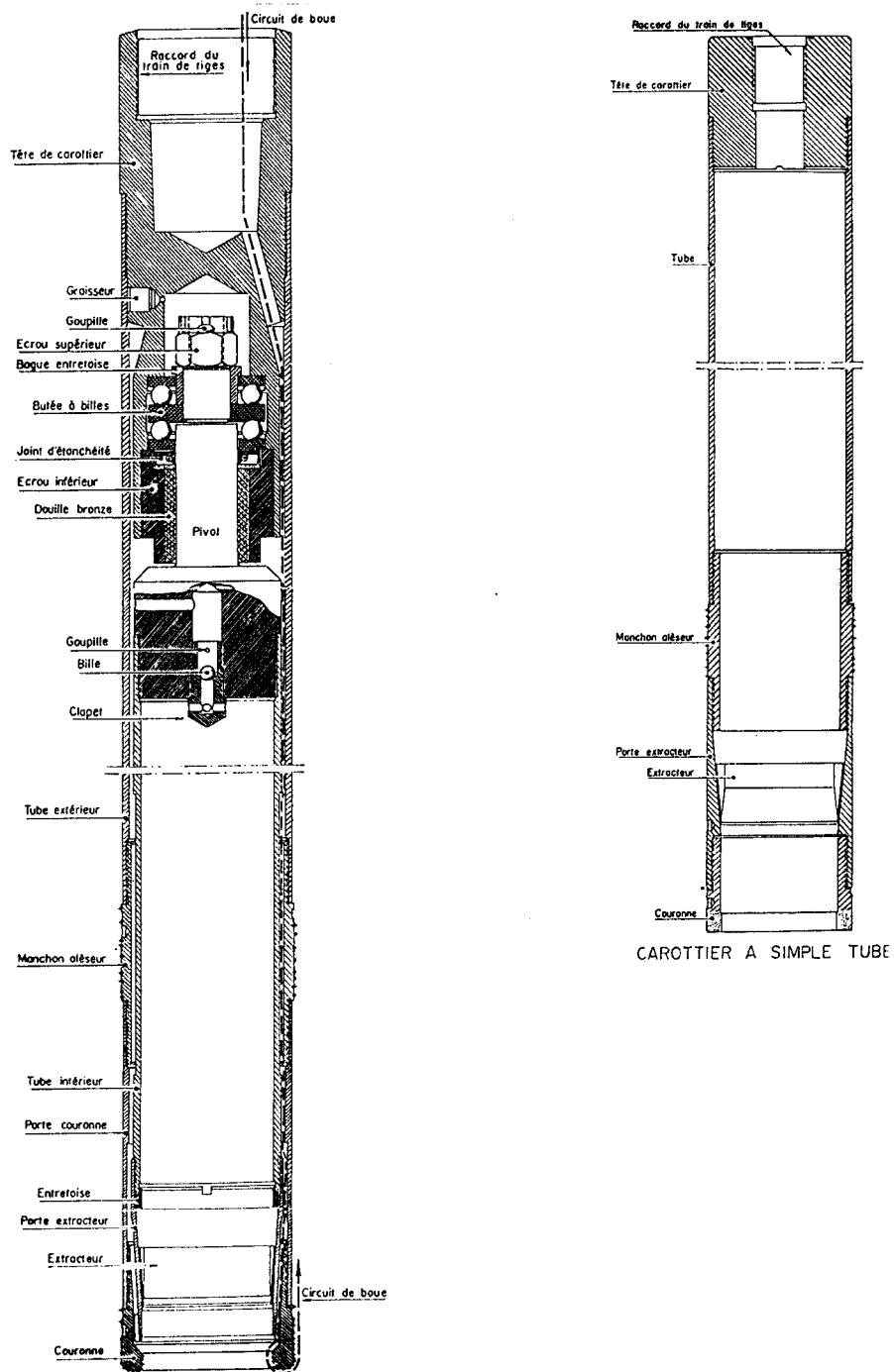


Fig. 18 - Amostrador de paredes duplas e simples (adaptado de MABBILLOT, 1971, figure hors-texte 96-97)



Fig. 19 - Caixas de madeira para recolha das amostras obtidas em sondagens de furação à rotação (adaptado de SARAIVA, 1991, p. 303)

cie.

Para alguns terrenos particularmente brandos, renovou-se a ideia de Valloury e Buquet no fabrico de coroas dentadas de aço. Para rochas mais duras, modificaram-se as coroas para que se possa empregar granalha de aço. Em 1923, surge no mercado os carbonetos de volfrâmio, permitindo substituir o diamante por este mineral com dureza aproximada. O diamante, em muitos casos, é ainda o único a utilizar-se, seja por necessidade, seja pelos avances rápidos que permite.

Para limpar o furo dos detritos utiliza-se água ou um lodo, ambos submetidos a pressão. O líquido extraído da furação, é armazenado num depósito contíguo (Fig. 2) e injectado sob pressão, por intermédio de bombas, no interior das varas que conectam o amostrador e a máquina que produz a força motriz de rotação. Permite a



simultânea limpeza e refrigeração do material, em especial da coroa. Além disso, esta lama barrenta, sustenta as paredes do furo nas partes não revestidas, em virtude da pressão hidrostática exercida pelos fluídos. Os detritos que se recolhem por "depuração" e o líquido que os acompanha, voltam a ser acumulados no depósito para novo ciclo.

Em vez de lodo ou barro - como adiante se verá - é também possível utilizar-se ar. Em regiões, em que a experiência da abertura de um ou mais furos, revelou formações essencialmente secas, não havendo o perigo de encontrar areias aquíferas, emprega-se ar por meio de bombas. Um tubo central do trem de sondagem conduz o ar sob pressão, fazendo-o sair pelo trado regressando à superfície pelo próprio trem de sondagem, analogamente à circulação de água ou lodo. Esta perfuração, apelidada de pneumática ou a ar, não evita a ocorrência de explosões no interior do furo. De facto, permite uma rápida penetração do trado, no entanto, a fricção e atrito que se produzem podem gerar faíscas e provocam ignição de gases libertados das formações perfuradas. Uma das formas para evitar estas perigosas explosões consiste em utilizar-se o próprio gás, não contendo oxigénio, em vez de ar. Os incêndios no interior do poço podem ser evitados se utilizarmos o equipamento necessário para desviar qualquer gás, quer seja o descoberto nas formações como o empregado para a perfuração em vez de ar, para um local distante do poço, conduzindo, sem perigo, a sua combustão. Outra das formas a utilizar, quando se espera encontrar gás natural submetido a altas pressões, consiste em injectar nas varas barro espesso ou outros produtos pesados.

Os conhecimentos geo-estruturais de uma determinada região,

influenciam a localização e orientação dos furos a realizar. O furo deve ser orientado de maneira a interseptar, segundo um ângulo apropriado, as descontinuidades litológicas presentes. Assim, v.g., em zonas com três famílias de diaclases, o furo deve fazer um ângulo sensivelmente igual com cada uma das famílias de diaclases (Fig. 20).

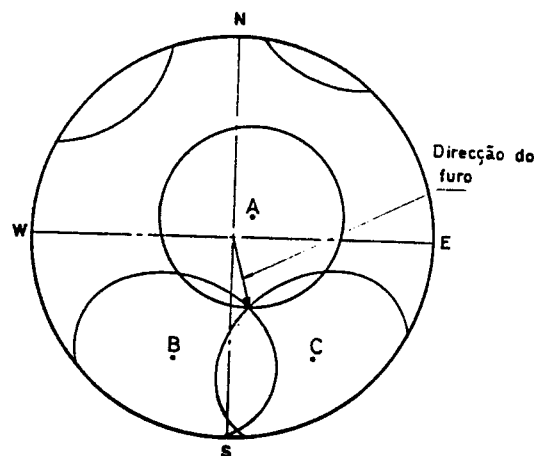


Fig. 20 - Orientação a dar a um furo em função das diaclases existentes (adaptado de SARAIVA, 1991 p. 302)

Este sistema de furação por rotação, permite conhecer pormenorizadamente o terreno em estudo, através da análise dos testemunhos. A velocidade de perfuração em formações brandas, em média, é relativamente baixa ( $\pm 60 \text{ cm h}^{-1}$ ), tomando valores ainda mais baixos em rochas duras ( $20 \text{ a } 30 \text{ cm h}^{-1}$ ). Apresenta ainda o inconveniente da subida frequente do tubo amostrador, sempre que este está cheio, *i.e.*, a cada 3, 6 ou 8 metros. Os tubos amostradores de paredes simples devem ser limitados a profundidades inferiores a dois metros, admitindo os de parede dupla até aos 50 m e os "wire-

lines" para profundidades superiores. Este tipo de perfuração não está indicado para terrenos como aluviões ou areias móveis.

#### IV - PARÂMETROS DA SONDAGEM

A partir dos testemunhos obtidos na sondagem de furação à rotação é possível obter uma série de dados que analisados, constituem parâmetros importantes para o estudo e caracterização dos terrenos e do desenrolar da própria sondagem.

Podemos calcular a percentagem de recuperação simples que exprime a relação entre o comprimento total dos testemunhos obtidos por manobra e o comprimento efectivo de furação por manobra. Outros parâmetros importantes dizem respeito à litologia, alteração das rochas, comprimento efectivo dos testemunhos, fracturas, desgaste, permeabilidade e posicionamento do NF.

Devem ser construídos "logs", com descrições litológicas por-menorizadas em função da profundidade, acompanhada dos outros parâmetros.

É importante também considerar o peso de toda a coluna de perfuração (MABBILLOT, 1975, p. 71) e controlar a velocidade de rotação/perfuração. Neste último parâmetro, elaborar diagramas de velocidade de perfuração constitui um bom auxiliar para melhor correlação de amostras. O registo do ritmo ou velocidade com que foi avançando a perfuração através das distintas perfurações, denuncia litologias e porosidades das formações atingidas pela perfuração. Este tipo de diagrama (Fig. 21) pode ainda ajudar a situar os pontos superiores e inferiores de contacto entre estratos

que se diferenciam quanto à dureza.

É ainda possível obter amostras de sondagem onde se tenta determinar a orientação e inclinação que apresentavam no local de formação; no entanto, esse procedimento requer técnicas especiais acompanhadas de custos dispendiosos.

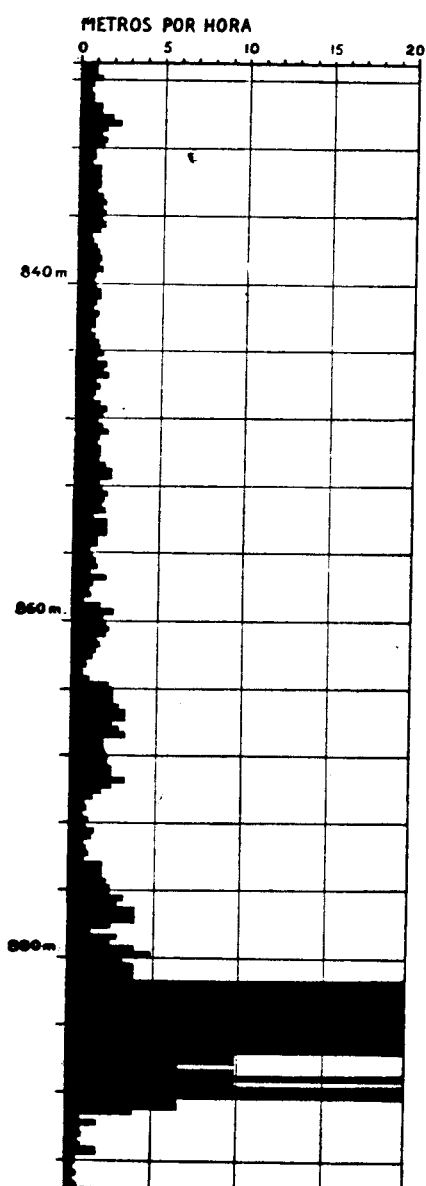


Fig. 21 - Registro de velocidade de perfuração (adaptado de LAHEE, 1979, p. 618)

## BIBLIOGRAFIA

- \* BOWLES, Joseph E., 1988, Foundation Analysis and Design, 4<sup>a</sup> ed., Singapore, McGraw-Hill International editions, pp. 112-178.
  
- \* CAMBEFORT, Henri, 1968 (1<sup>a</sup> ed. 1962), Perforaciones y Sondeos, col. "Geología, Mineralogía y Minería", 2<sup>a</sup> ed., trad. Angel Rodríguez Paradinas (a partir do original francés Forages et Sondages), Barcelona, Ediciones Omega, pp. 86-93.
  
- \* CASTANY, G., 1975, Prospección y explotación de las aguas subterráneas, trad. Juan Ramón Juliá (a partir do original francés Prospection et exploitation des eux souterraines), Barcelona, Ediciones Omega, pp. 383-386.399-403
  
- \* COOLEY, Richard, HARSH, John F., LEWIS, David C., 1972, Principles of Ground-Water Hydrology, Davis, The hydrologic engineering center, vol. 10, pp. 9-02.
  
- \* DAS, M. Braja, 1990, Principles of Geotechnical Engineering, 2<sup>a</sup> ed., Boston, PWS-Kent Publishing Company, pp. 614-643.

- \* HERRMANN, Curt, 1968, Manual de Perfuração de Rochas, S. Paulo, Editora Polígono, pp. 9-18.
  
- \* LAHEE, Frederic H., 1979 (1.<sup>a</sup> ed. 1958), Geología Práctica, 5.<sup>a</sup> ed., trad. Rafael Candel Vila (a partir do original americano Field Geology), Barcelona, Ediciones Omega, pp. 603-609.619.
  
- \* MABILLOT, Albert, 1971, Les Forages d'Eau, Naintre, Crepines Johnson-France,
  
- \* MIRANDA, A. Mouraz, 1986, Geologia Aplicada, Lisboa, Associação de Estudantes do Instituto Superior Técnico, pp. 91-99.
  
- \* SARAIVA, A. L. Almeida, 1991, Geologia de Engenharia - A prospecção geotécnica, Coimbra, Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra, pp. 290-366.

*Nota.* Trabalho adaptado, a partir do original *Sondagens de Furação à Rotação*, da autoria de Jorge Bonito, apresentado, em 1994, ao Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.