
TIPOS DE SONDAGENS

SONDAGENS

■ Sondagens

- ❑ Furos de pequeno diâmetro, com várias orientações e inclinações
 - ❑ Importante a colheita de amostras
 - ❑ Profundidade depende de tipo e dimensão da obra e natureza do maciço
 - ❑ Método depende do tipo e dimensão da obra e natureza do maciço
 - Furação:
 - ❑ Trado, Rotação, Percussão
-

FUROS E SONDAGENS

- Furos abertos com trado (são o método de furação mais simples)
 - Manuais ou mecânicos
 - Vários diâmetros e formas
 - Colheita de amostra remexida
 - Utilizados em manchas de empréstimo, fundações, estradas
 - Não recomendado em solos instáveis ou com afluxo de água subterrânea
-

FUROS ABERTOS COM TRADO

- Os trados manuais constituem o método **mais simples** de prospecção mecânica
 - Rotação e pressão
 - Utilização em solos ou rocha, dependendo do equipamento
 - Podem ocorrer dificuldades quando há seixos correspondentes a mais de $1/3$ do diâmetro do furo
 - Dificuldades quando há fluxo de água para o furo
 - Colheita de amostras (remexidas)
-

Furos abertos com trado

- Tipos

- Manuais:

- Trado Iwan (solos finos; não utilizado em solos não coesivos, abaixo N.F.)

- Trado em espiral fechada (solos coesivos e não coesivos)

- Trado em espiral aberta (idem)

- Ship (solos coesivos)

- Mecânicos – de diâmetro variável (até 96 polegadas)

Furos abertos com trado



(a)



(b)



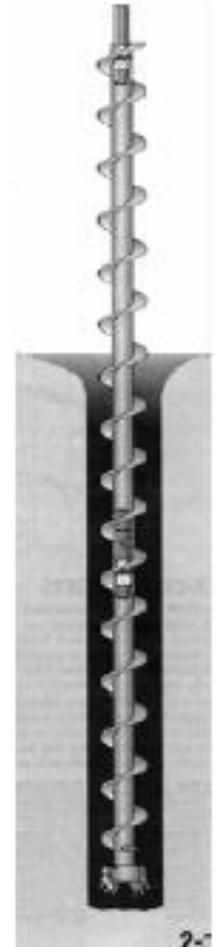
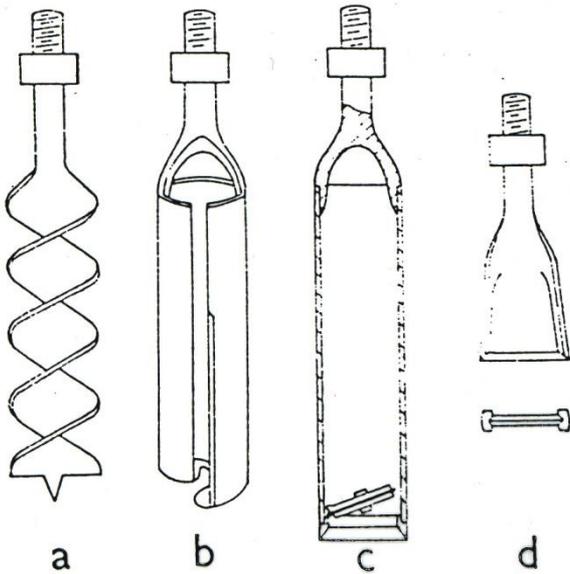
(c)



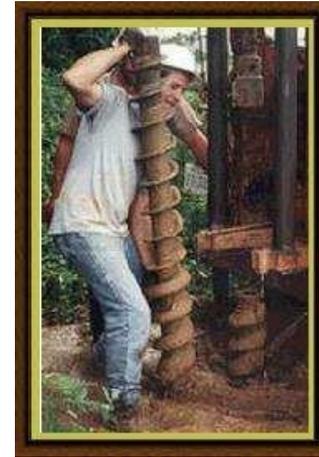
(d)

Fig. 1.24 Hand augers: (a) ship auger; (b) closed spiral auger; (c) open spiral auger; (d) Iwan auger. (Courtesy of Acker Drill Company, Inc.)

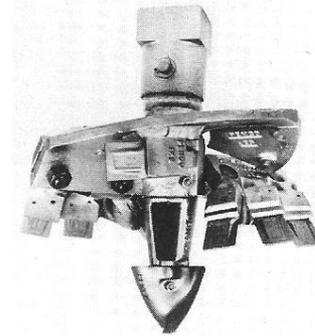
Furos abertos com trado



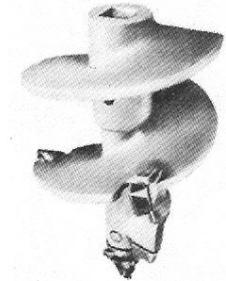
Furos abertos com trado



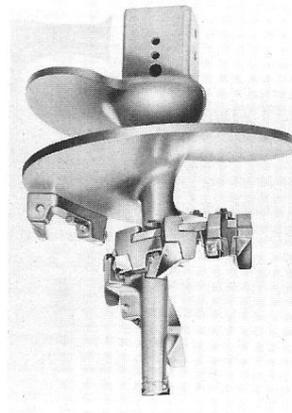
Furos abertos com trado



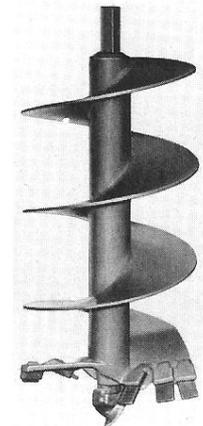
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 1.25 Power augers: (a) single flight earth auger; (b) double flight earth-rock auger; (c) double flight rock auger; (d) high spiral auger. (Courtesy of Mobile Drilling, Inc. and Acker Drill Co., Inc.)

FUROS ABERTOS COM TRADO

■ Aplicações

- ❑ Essencialmente para **solos finos**
 - ❑ Em reconhecimento de grandes áreas
 - ❑ Colheita de amostras numerosas
 - ❑ Podem atingir 1 m de diâmetro
 - ❑ Manchas de empréstimo – qualidade e quantidade de material
 - ❑ Em estradas, caminhos de ferro, aeroportos – obras de extensão linear
-

FUROS ABERTOS COM TRADO

■ Vantagens:

- Fácil transporte
- Rapidez
- Custo relativo reduzido

■ Limitações

- Amostras remexidas – as amostras têm mistura e perda de solo
 - Dificuldade de detectar variações de litologia
 - Profundidade limitada (depende do equipamento, do tipo de terreno, do N.F.)
 - Trados manuais – 10 m, acima do NF
 - Trados mecânicos – 30 m
-

FUROS DE GRANDE DIÂMETRO

- Escavados com trado
 - Para observação do maciço em profundidade, *in situ*
 - Cerca de 1 m de diâmetro
 - Investigador e equipamento fotográfico
-

FUROS DE GRANDE DIÂMETRO

■ Vantagens

- Observação directa do maciço

■ Limitações

- Não permitem realização de ensaios
 - Difícil acesso
 - Não permitem colheita de amostras de grande dimensão
 - Método pouco usual
-

CÂMARAS FOTOGRÁFICAS EM FUIROS DE SONDAGEM

- Permitem visualizar o maciço em profundidade (p.e. características das descontinuidades)
 - Vantagens
 - Observação das descontinuidades no seu estado "natural" (abertura, preenchimento, cavidades)
 - Limitações
 - Método dispendioso; aplicação em furos secos.
-

SONDAGENS

- São operações de prospecção semi-directa do subsolo que consistem na abertura de furos de pequeno diâmetro executados, em geral, a partir da superfície (podem ser também realizadas em avanço, em profundidade)

SONDAGENS

- Campo de aplicação:
 - Pesquisa, captação e exploração de hidrocarbonetos, enxofre, águas termais e freáticas
 - Pesquisa de jazigos minerais
 - Abertura de chaminés, poços piloto e ventilação
 - Reconhecimento geotécnico de fundações
 - Colheitas de amostras
 - Realização de ensaios
-

SONDAGENS

- O método a utilizar depende de:
 - Equipamento disponível
 - Acessibilidade
 - Tipo de informação que se pretende
 - Tipo de maciço a prospectar
 - Finalidade (prospecção, captação de água, geotecnia, fins mineiros)
-

FUROS ABERTOS COM JACTO DE ÁGUA

- Pequeno diâmetro
 - Avanço rápido
 - Em solos finos (coesivos e não coesivos)
 - Não adequado a cascalho
 - Injecção de água provoca desagregação
 - Detritos transportados pela água até à superfície permitem detectar variação de litologia
-

FUROS ABERTOS COM JACTO DE ÁGUA

- As indicações acerca do tipo de solo são obtidas pela velocidade de avanço e pela cor e características da água que atinge a superfície, arrastando os detritos
 - Não é um método indicado para amostragem, mas pode ser combinado com ensaios, como SPT
-

SONDAGENS À ROTAÇÃO

■ Objectivos

- ❑ Reconhecimento geológico e geotécnico
 - ❑ Definição da profundidade da camada competente para fundação
 - ❑ Extracção de amostras para ensaios de laboratório
 - ❑ Extracção de água, hidrocarbonetos
 - ❑ Realização de ensaios *in situ* (permeabilidade, deformabilidade, estado de tensão)
-

SONDAGENS À ROTAÇÃO

- Equipamento animado de movimento de rotação com velocidade variável e translacção (pressão de macaco hidráulico)
 - Atingem grandes profundidades (milhares de metros)
-

SONDAGENS À ROTAÇÃO

- Com recolha de amostra – amostradores
 - Wire-line
 - Rotary
 - Método corrente
 - Circulação inversa
-

SONDAGENS À ROTAÇÃO

- Podem ser:
 - Com colheita de amostras indeformadas
 - Destrutivas
-

SONDAGENS À ROTAÇÃO

- Com obtenção de amostra:
 - ❑ Utilização de coroa diamantada ou tungstênio, que avança por abrasão
 - ❑ Coroas com diferente espessura
 - ❑ Circulação de água para arrefecimento e lubrificação
 - ❑ Trem de varas
 - ❑ Amostrador – vários modelos, dependendo do tipo de terreno e da finalidade
-

SONDAGENS À ROTAÇÃO

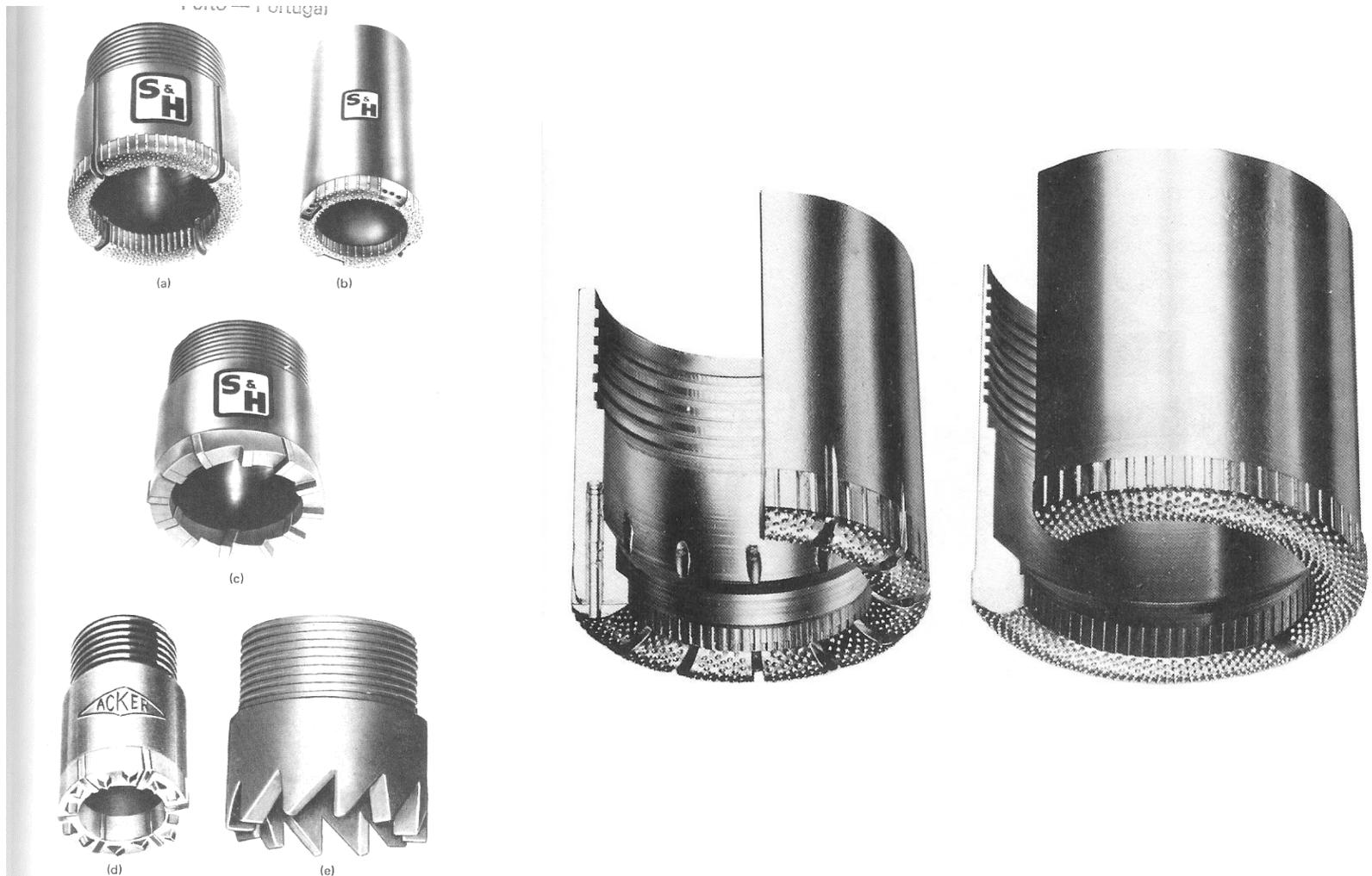
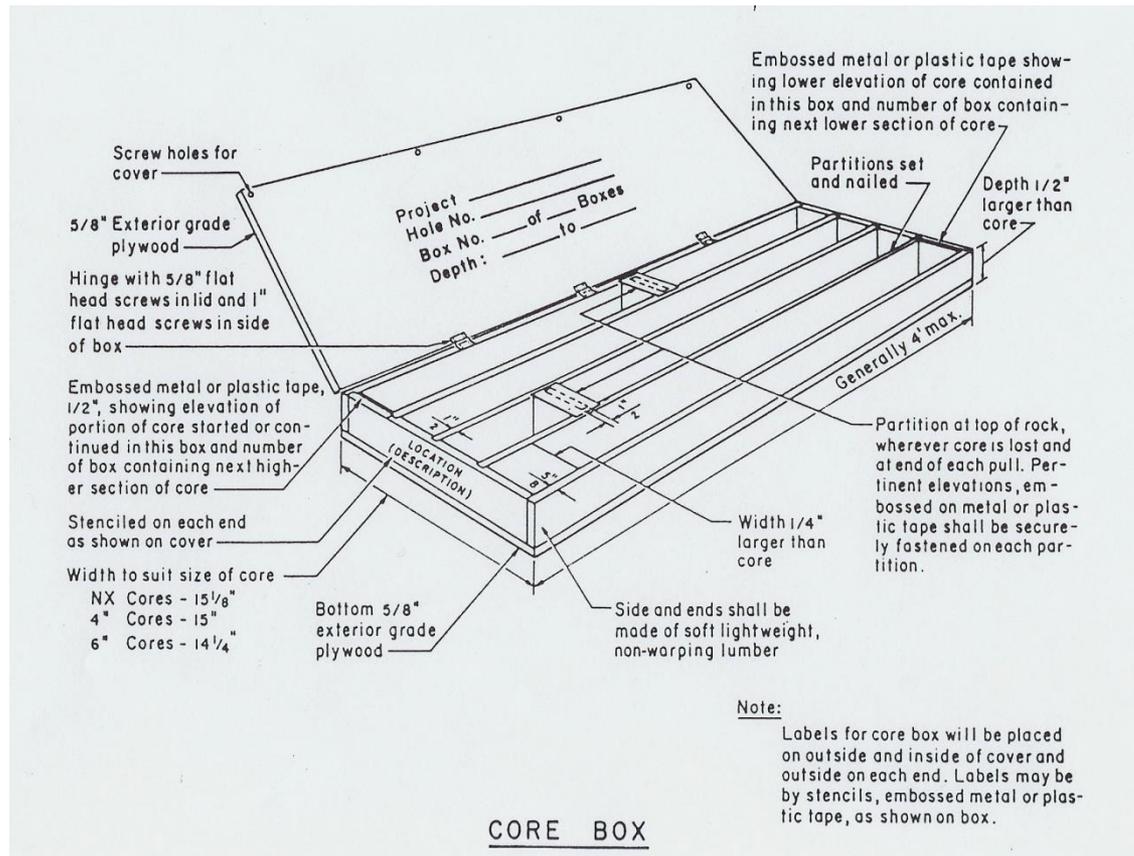


Fig. 1.36 Coring bits: (a) diamond with conventional waterways; (b) diamond with bottom discharge waterways; (c) carbide insert, blade type; (d) carbide insert, pyramid type; (e) sawtooth. (Courtesy of Sprague & Henwood, Inc. and Acker Drill Co., Inc.)

SONDAGENS À ROTAÇÃO



SONDAGENS À ROTAÇÃO



SONDAGENS À ROTAÇÃO

- Observação dos tarolos:
 - Realização de *logs* de sondagem

 - Informação a incluir nos logs:
 - Litologia (simbologia e descrição)
 - Grau de alteração
 - Estado de fracturação
 - Percentagem de recuperação
 - RQD – *Rock Quality Designation*
 - Resultados dos ensaios (permeabilidade, SPT)
-

SONDAGENS À ROTACÃO

- Para além das informações gerais sobre a obra, sequência estratigráfica e características observadas, deve ser incluída informação acerca do equipamento utilizado e velocidade de avanço e nível de água no furo

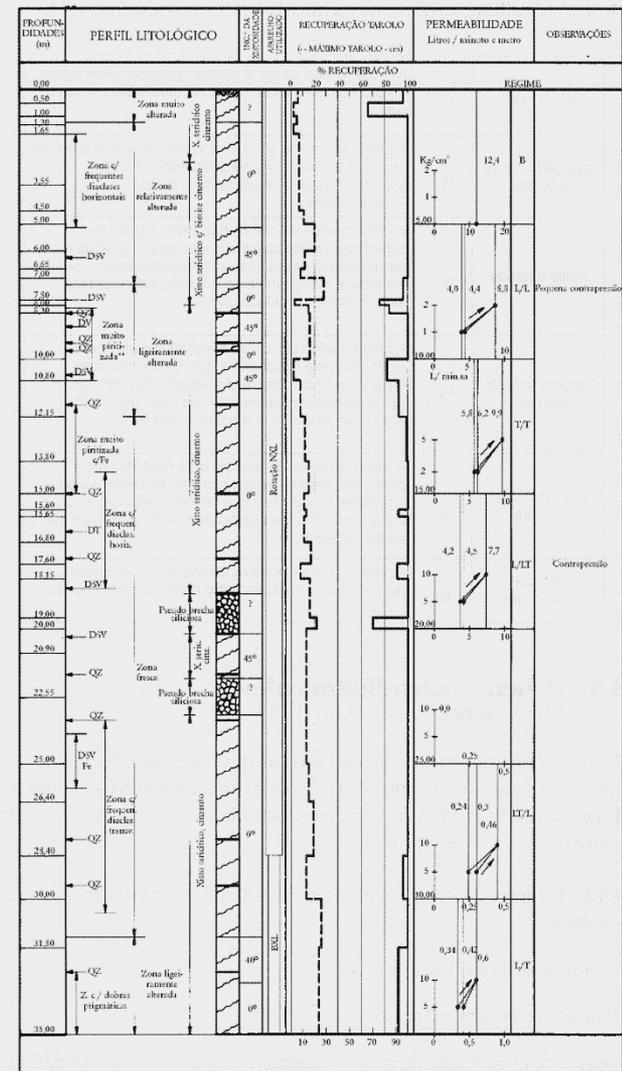
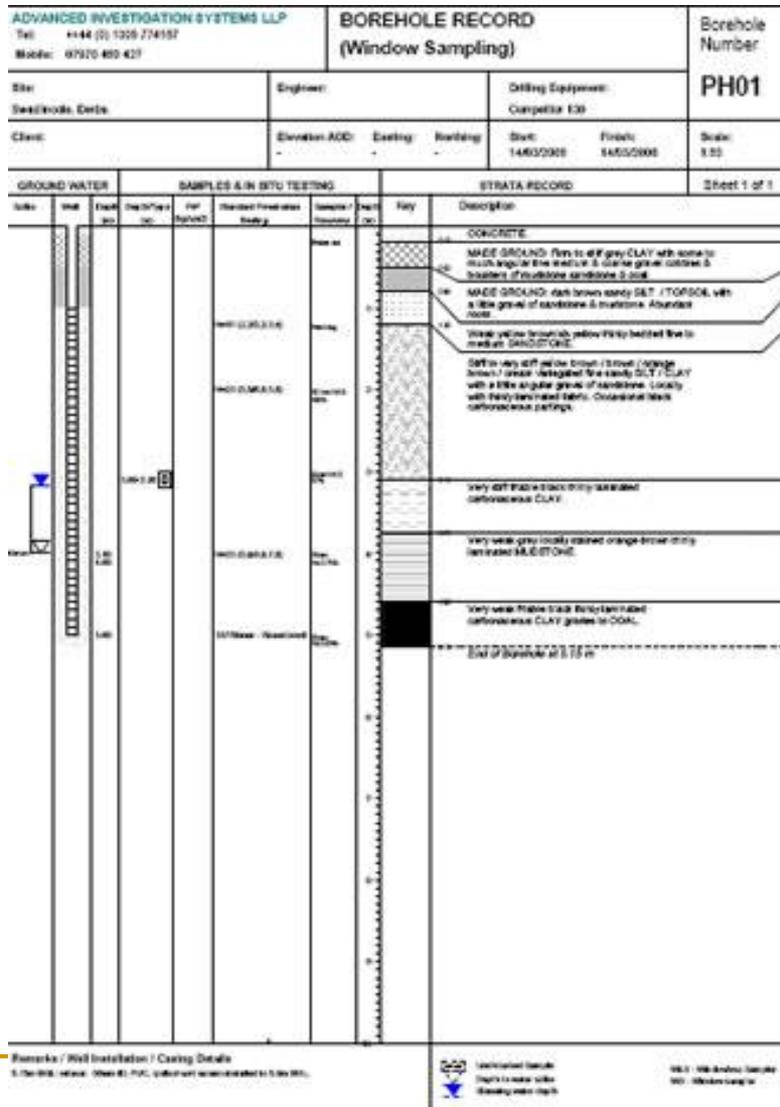


Fig. 8.4
Rio Douro, Crestuma.
Gráfico de sondagem.
Rotação com ensaios
Lugeon.

SONDAGENS À ROTAÇÃO



Profundidades (m)	Complexos	Litologia	Aparelho	Convenções	Piezômetro	Nº das amostras	S.P.T. profundidades	Nº de pancadas (S.P.T.) e/ou % de recuperação
		(Cota: 49.40)						0 20 40 60 80 100
2,00	C1	Aterros e fossa enterrada.				1	2,00	
		Aterro arenoso com pedras.				2	2,15	24
3,00						3	3,15	4
4,00		Areia fina, lavada, amarelada, com plásticos no topo.				4	4,15	2
5,00						5	5,15	8
6,00						6	6,15	9
7,00	C2A	Areia fina, lavada, amarelada.				7	7,15	4
8,00						8	8,15	11
9,00						9	9,15	5
9,80						10	9,45	11
11,30		Lodo carbonoso anegado.				11	9,80	10
12,80	C2B	Idem, mais ou menos siltoso.				12	10,25	2
14,30		Lodo siltoso, cinzento escuro, consolidado.				13	11,30	7
15,30		Idem, pouco arenoso.				14	11,45	2
17,00	C2C	Areia média, lodosa, cinzenta escura com seixos dispersos, mal rolados.				15	11,75	9
17,35						16	12,80	2
18,00		Argila margosa cinzenta esverdeada.				17	12,95	9
18,50	C3	Calcário margoso, esbranquiçado com laivos esverdeados				18	13,25	8
21,00						19	14,30	4
21,14						20	14,45	8
						21	14,75	8
						22	15,50	4
						23	15,65	14
						24	15,95	14
						25	17,00	12
						26	17,15	80
						27	17,45	80
						28	18,00	1º fase 60
						29	18,05	1º fase 60
						30	19,50	1º fase 60
						31	19,58	1º fase 60
						32	21,00	1º fase 60
						33	21,14	1º fase 60

Fig. 8.2
Reconhecimento Geotécnico.
Gráfico de sondagem.

SONDAGENS À ROTAÇÃO

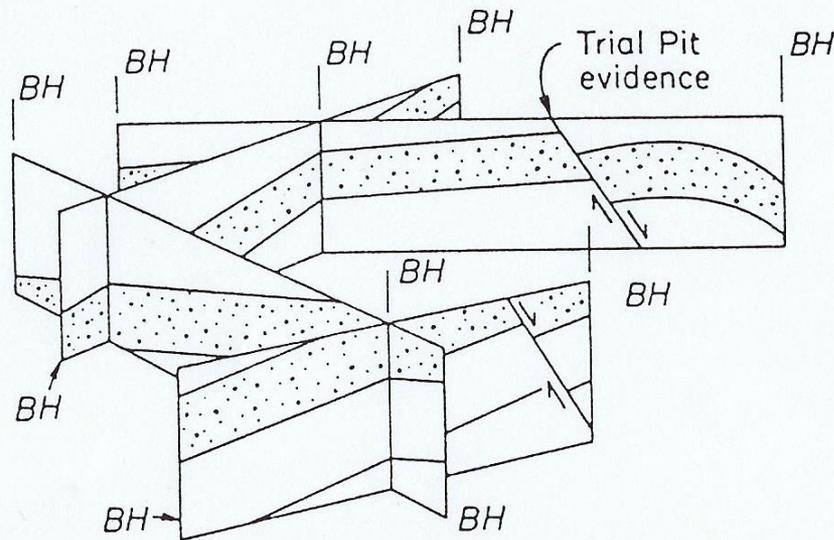
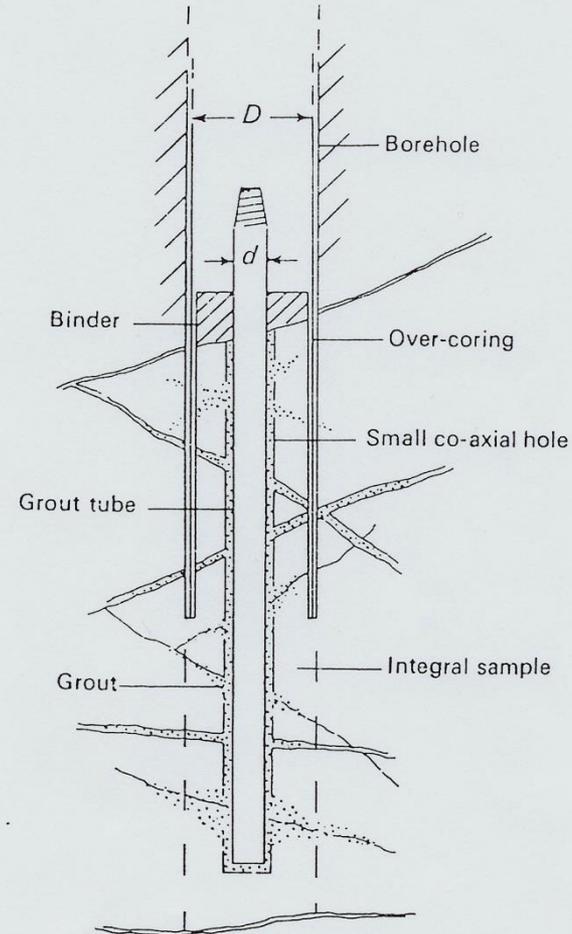


Fig. 10.4 A simple 3-D model made from card. The end of each section and each intersection represents the location of a bore-hole and shows the geology encountered within it. The cards can be cut to further model topography.

SONDAGENS À ROTAÇÃO

- Amostragem integral
- Limitações:
 - Morosa
 - Dispendiosa

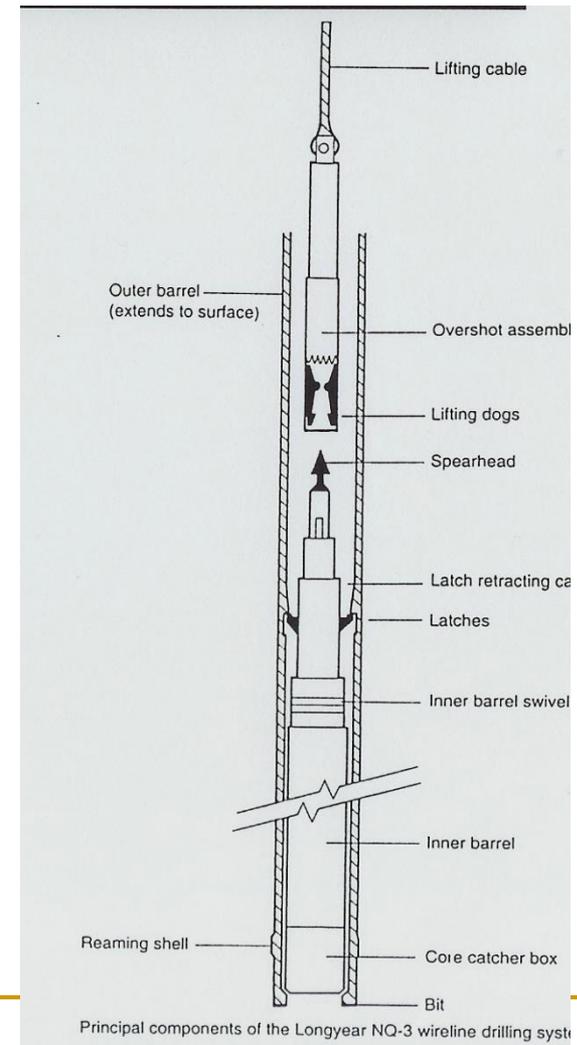


SONDAGENS À ROTAÇÃO

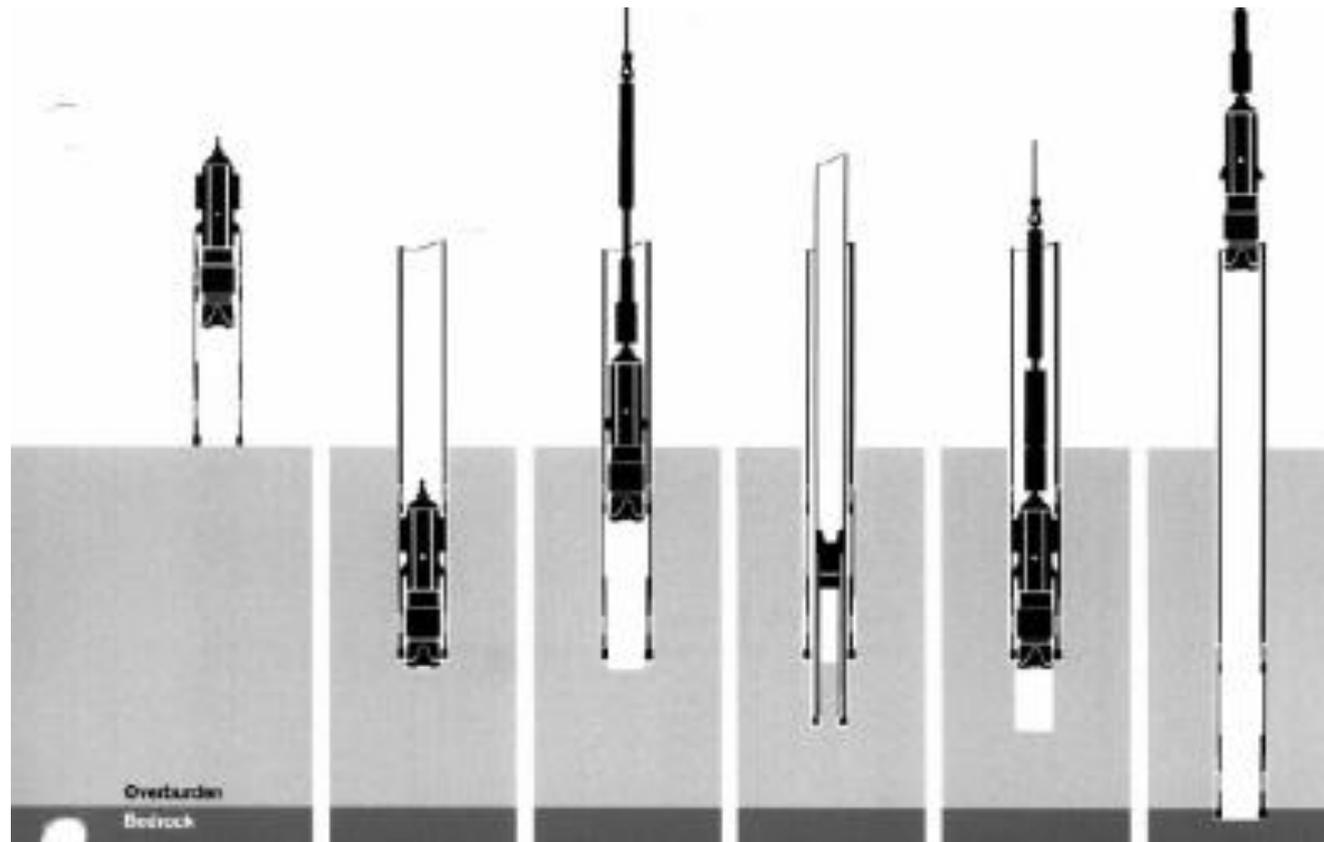
Tipo de Obra	Distância entre Sondagens(m)			Número mínimo de sondagens em cada estrutura
	Estratificação horizontal			
	Uniforme	Média	Errática	
Edifícios altos	45	30	15	4
Edifícios baixos (1 a 2 pisos)	60	30	15	3
Pilares de pontes, encontros, torres de televisão, etc.		30	7	1-2 por cada fundação isolada
Auto estradas	300	150	30	
Zonas de empréstimo (para aterros compactados)	300 - 150	150 - 60	30 - 15	

SONDAGENS À ROTAÇÃO

- Wire-line – permite recolher amostra sem retirar equipamento



SONDAGENS À ROTAÇÃO



SONDAGENS ROTARY

- Utiliza *bit* de furação destrutivo (lâmina ou tricône)
 - Utiliza lamas bentoníticas
 - Arrefecem equipamento
 - Lubrificam equipamento
 - Aumentam velocidade de avanço
 - Suportam paredes dos furos (*mud-cake*)
 - Amostras de baixa qualidade
 - Indicado para cascalho denso ou rocha
-

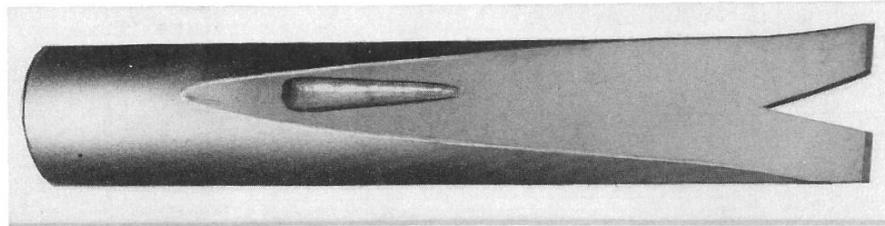
SONDAGENS ROTARY



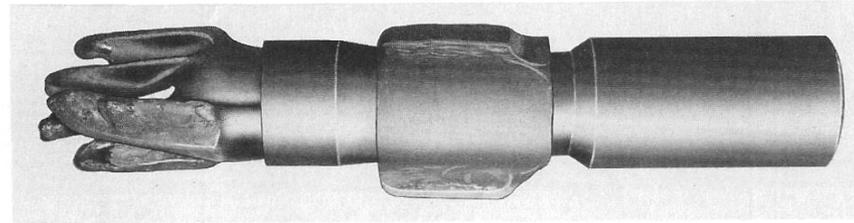
SONDAGENS ROTARY



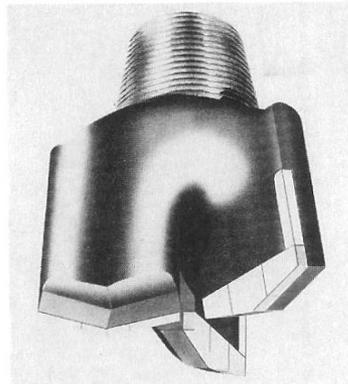
Drag bit



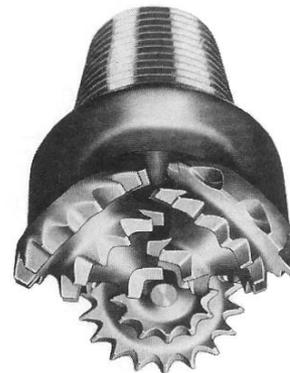
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Fig. 1.14 Rotary bits: (a) fishtail bit; (b) Hawthorne replaceable blade drag bit; (c) carbide insert drag bit; (d) tricone bit; (e) diamond bit
(Courtesy of Sprague & Henwood, Inc.)

SONDAGENS ROTARY

- Circulação tradicional (lama injectada no interior do equipamento)
 - Mais rápido, mais económico
 - Circulação inversa (lama injectada entre as paredes do furo e o equipamento)
 - Menor erosão das paredes
 - Aplicação em terrenos moles, não consolidados
 - Amostras de baixa qualidade e contaminadas
-

SONDAGENS ROTARY

- Os métodos de furação podem ser distinguidos por:
 - Cabeça de furação – tricône ou DTH (down-the-hole)
 - Tipo de fluido de furação: lama, água, ar
 - Modo de circulação do fluido
 - Circulação directa
 - Circulação inversa
-

SONDAGENS ROTARY

- Métodos clássicos
 - Rotary com tricône, usando lama e circulação directa
 - Furação com ar e DTH, com circulação directa



SONDAGENS ROTARY

- Circulação inversa
 - Pode ser usada em todos os tipos de formações (de silte a rocha)
 - Importante em furos de grande diâmetro em rocha e em zonas fracturadas ou carsificadas, nas quais ocorre perda de fluidos de furação no método directo
-

SONDAGENS ROTARY

- Circulação inversa

- Exemplos de aplicação:

- Captações de água – aprofundamento de furos existentes, furos de grande diâmetro em rocha
 - Petróleo
 - Pesquisa de recursos minerais, dado que há recuperação contínua de detritos
 - Construção de estacas
-

SONDAGENS ROTARY

- Vantagens da circulação inversa com rotary ou DTH
 - Informação geológica é instantânea e de qualidade razoável (ascensão é rápida e os fragmentos são centimétricos e sem mistura com outras zonas do furo por erosão das paredes)
 - Informação geológica é contínua (sem perda de fluidos ou de detritos)
 - Necessita de menos ar comprimido: para um furo de cerca de 45 cm de diâmetro, são necessário 23 m³/minuto e 5 a 6 vezes mais na circulação directa
 - A circulação da água e dos detritos gera menos turbulência do que na circulação directa
 - Menos onerosa devido a furação mais rápida, com maior durabilidade do equipamento e equipamento mais leve
-

SONDAGENS ROTARY

- Circulação inversa
 - O ar comprimido é injectado no espaço entre as paredes duplas e chega ao distribuidor de ar e ao equipamento de furação
 - Os detritos são retirados pelo tubo interior, com uma velocidade de 1000 m/minuto
 - O distribuidor é do diâmetro do furo: estabiliza o furo, mantém a verticalidade, isola o fundo da zona superior
 - A cabeça de furação tem carbureto de tungsténio (aprox. 15 a 76 cm de diâmetro)

SONDAGENS À PERCUSSÃO

- Método de investigação em que a perfuração é obtida através de percussão dos terrenos por peças de aço cortantes.
 - Utilizadas para:
 - Obter amostras
 - Obter índices de penetração
-

SONDAGENS À PERCUSSÃO

- Método mais antigo (milhares de anos)
 - Utiliza trépano e limpadeira
 - Princípio: levar à rotura um material por queda de uma massa de peso dado, duma altura constante
 - Limpadeira – ferramenta constituída por um tubo ôco com uma válvula ou tampa de base, que permite a entrada do material e impede a sua saída.
-

SONDAGENS À PERCUSSÃO

- O equipamento de furação pode não ser o trépano, usando a limpadeira para desmonte e limpeza (terrenos brandos)
 - Utiliza um equipamento pesado (ex. 1500 kg só para a cabeça de corte) que se deixa cair sobre o maciço a perfurar
 - Amostras são remexidas (processo destrutivo) ou uso de amostradores que se cravam no fundo
 - Em geral necessita de revestimento
 - Processo demorado (mais demorado com varas do que com cabo)
 - Em geral pode atingir 60 m de profundidade
-

SONDAGENS À PERCUSSÃO

■ Equipamento

- ❑ Tripé com roldanas
 - ❑ Moto-guincho de queda livre
 - ❑ Torre metálica
 - ❑ Varas ou cabo
 - ❑ Limpadeiras de 2 diâmetros diferentes
 - ❑ Trépano com diâmetro correspondente às limpadeiras
 - ❑ Trépano excêntrico para alargamento
 - ❑ Uma vara-mestra com 150kg
 - ❑ Tubagem de revestimento+abraçadeiras
-

SONDAGENS À PERCUSSÃO

■ Revestimento

- ❑ Em argilas nem sempre é necessário, a menos que tendam a expandir, o que pode dificultar o avanço da furação.
- ❑ Em areia e cascalho é sempre necessário
- ❑ O furo deve manter-se cheio de água para que o revestimento funcione correctamente. Não deve ocorrer fluxo do solo circundante para o furo, para que não ocorra pipping.
- ❑ Em caso de furos artesianos, o revestimento prolonga-se acima do solo

Martelo de fundo de furo

- O martelo de fundo de furo é uma furação pneumática que associa a acção de percussão com o movimento de rotação da cabeça cortante no fundo do furo. A furação pneumática pode ser utilizada com qualquer equipamento rotary com compressor de ar com capacidade suficiente.
 - É utilizado para furação rápida e económica de formações de dureza moderada a elevada.
 - É o método mais rápido de perfurar rocha dura. A penetração rápida deve-se a utilização directa do ar comprimido na cabeça cortante, não desperdiçando energia.
-

LOGS DE SONDAGENS

Apresentar os resultados das sondagens em desenhos contendo o perfil individual de cada sondagem ou secções do subsolo, nos quais devem constar, obrigatoriamente:

- a) nome da firma executora das sondagens, o nome do interessado ou contratante, local da obra, indicação do número do trabalho e os vistos do engenheiro civil ou geólogo responsável pelo trabalho;
- b) diâmetro do tubo de revestimento e do amostrador empregados na execução das sondagens;
- c) número(s) da(s) sondagem(s);
- d) cota(s) da(s) boca(s) dos furo(s) de sondagem, com precisão centimétrica;
- e) linhas horizontais cotadas a cada 5 m em relação à referência de nível;

LOGS DE SONDAGENS

- f) posição das amostras colhidas, devendo ser indicadas as amostras não recuperadas e os detritos colhidos na circulação de água;
- g) as profundidades, em relação à boca do furo, das transições das camadas e do final da(s) sondagem(s);
- h) índice de resistência à penetração N ou relações do número de golpes pela penetração (expressa em centímetros) do amostrador;
- i) identificação dos solos amostrados e convenção gráfica dos mesmos
- j) a posição do(s) nível(is) d'água encontrado(s) e a(s) respectiva(s) data(s) de observação(ões), indicando se houve pressão ou perda de água durante a perfuração;
- k) indicação da não ocorrência de nível de água, quando não encontrado;

LOGS DE SONDAGENS

- l) datas de início e término de cada sondagem;
 - m) indicação dos processos de perfuração empregados (TH trado helicoidal, CA - circulação de água) e respectivos trechos, bem como as posições sucessivas do tubo de revestimento e uso de lama de estabilização quando utilizada;
 - n) procedimentos especiais utilizados, previstos em normas; e
 - o) resultado dos ensaios de avanço de perfuração por circulação d'água
 - Desenhar as sondagens na escala vertical de 1:100.
-