

NOTA SOBRE DIAGRAFIAS EM FUROS DE SONDAGEM. APLICAÇÕES NA HIDROGEOLOGIA E NA GEOTECNIA*

Note on well logging techniques in boreholes. Applications in hydrogeology and Geotechnique

por

JOAQUIM MOURA ESTEVES**

RESUMO – Dão-se indicações, de ordem geral, sobre o interesse em se aplicar as técnicas de prospecção designadas por diagrafas ao estudo de problemas de hidrogeologia e de geotecnia. Apresentam-se os tipos de diagrafas mais utilizadas nestes domínios e mencionam-se alguns exemplos.

SYNOPSIS – The interest of applying well logging exploration techniques for studying hydrogeological and geotechnical problems is dealt with in general. The types of the well logging techniques most currently used in these domains are presented and some examples are given.

1 – INTRODUÇÃO

Designa-se por *diagrafia em furos de sondagem* a técnica designada em inglês por “well logging” que consiste em fazer descer num furo de sondagem uma sonda e registar, em geral simultâneamente, determinadas grandezas físicas, que permitem definir algumas características dos furos, dos terrenos onde eles foram abertos, dos fluidos neles contidos, etc.

O estudo directo da litosfera em profundidade só é possível através da realização de furos de sondagem, sendo porém ainda viável a execução de poços

* Apresentada na reunião do APMSR sobre “Sondagens, amostragem e ensaios “in situ” realizada em 26-5-72.

** Engenheiro Civil. Especialista em Geotecnia do LNEC.

e galerias quando esse estudo interessa profundamente reduzida, da ordem das dezenas de metros. Tal estudo deve ser precedido, e assim é muitas vezes, dum reconhecimento geológico de superfície e duma prospecção por métodos indirectos – *métodos geofísicos aéreos ou de superfície* – para se efectuar depois a prospecção por métodos directos, sempre mais onerosa e demorada, mas já melhor orientada no que respeita à localização e execução de furos de sondagem mecânica, única técnica de prospecção por métodos directos que interessa aqui referir.

Dado no entanto que a sondagem mecânica fornece apenas informações ao longo dum alinhamento e se verifica muitas vezes haver necessidade de correlacionar diversas informações quase pontuais e desligadas para se ter uma ideia de conjunto, procura-se tirar dum furo de sondagem o maior número de informações possível. Assim, no caso de maciços rochosos estudam-se com pormenor os tarolos que foi possível retirar, realizam-se ensaios de permeabilidade, ensaios de caracterização mecânica dos terrenos por meio de dilatómetros, observações contínuas em câmaras de televisão, medições de características físicas com aplicação de métodos geofísicos, etc.

Em particular salienta-se que estes últimos métodos são de utilização corrente na indústria de prospecção petrolífera onde alcançaram grande desenvolvimento. Daí passaram a ser empregados na pesquisa de águas subterrâneas e ultimamente também na prospecção e caracterização geotécnica dos terrenos.

Referir-se-á aqui apenas a diagrafia em furos de sondagem realizados com vista quer à prospecção de águas subterrâneas quer à prospecção geotécnica.

2 – GENERALIDADES

Os resultados duma diagrafia podem dar indicações sobre a litologia, geometria das discontinuidades, resistividades eléctrica e térmica, densidade, porosidade, permeabilidade, teor de humidade, características físicas e químicas das águas, características mecânicas, etc., dos terrenos atravessados pelo furo.

Enquanto a informação obtida a partir de tarolos é, em geral, incompleta por descontínua e por depender grandemente dos conhecimentos e da experiência da pessoa que os observa e também da terminologia usada na sua classificação em face dos objectivos em vista, a informação que se obtém da diagrafia é contínua e consistente de furo para furo, e independente do tempo, dependendo apenas das características do equipamento de medida. Além disso a interpretação dos seus resultados pode ser sempre retomada por se tratar dum método de prospecção não destrutivo.

Naqueles casos em que deixou de existir informação, por exemplo por os furos serem já antigos, e não se conhecer o paradeiro das amostras, só a partir duma diagrafia se poderá retomar o seu estudo. Praticamente também só a diagrafia permite a observação no tempo da variação de características do terreno interessado por um furo, como a sua permeabilidade, resistência mecânica, estado físico da tubagem que serviu para entubar o furo, etc.

Mesmo para uma amostragem integral dos terrenos verifica-se que a análise das características físicas e atitude das discontinuidades é feita apenas sobre determinados troços em contraste com a análise contínua duma diagrafia, de maior significação estatística.

Naturalmente que os diferentes métodos empregados na diagrafia em furos de sondagem têm também limitações, como quaisquer outros métodos de prospecção, em particular no domínio da prospecção hidrogeológica e geotécnica. Nestes campos de acção, contrariamente ao que se verifica na indústria petrolífera, é apreciável o custo duma diagrafia para o valor unitário do produto ou da informação recolhida. Actualmente este custo ronda os 5 a 7% do custo da furação, para furos com profundidade da ordem das duas centenas de metros [1]. Com a realização de furos cada vez mais profundos, nos domínios de actividade que nos interessa, mais se justificam e menos onerosas ficarão as diagrafias.

Uma outra limitação do emprego das diagrafias reside no facto da interpretação dos seus resultados ser quase exclusivamente qualitativa, visto que a presença de inúmeros factores a quando da sua realização dificultar uma análise quantitativa. Daí a vantagem em realizar ao longo dum mesmo furo diagrafias de diferentes grandezas físicas (Figs. 1 e 6).

3 – APLICAÇÕES

São diversas as grandezas físicas que se medem com a técnica das diagrafias, tomando estas em geral a designação da grandeza física determinada. Têm aplicação nos domínios da hidrogeologia e da geotecnia, especialmente os seguintes tipos de diagrafias: eléctrica (resistividade e potencial espontâneo), sónica ou ultrassónica, nuclear (gama-gama, neutrónica), temperatura, televisão e “caliper”.

A título ilustrativo apresentam-se a seguir exemplos de aplicação de diagrafias, baseados num quadro da referência bibliográfica [1]:

Ref.	Tipo de informação requerida	Tipo da diagrafia disponível
1	Litologia; Correlação estratigráfica	<i>Furos não entubados:</i> Eléctrica; Sónica; “Caliper”; Nuclear. <i>Furos entubados:</i> Nuclear
2	Porosidade; Densidade	<i>Furos não entubados:</i> Sónica; Neutrónica; Gama-Gama; “Caliper”. <i>Furos entubados:</i> Neutrónica; Gama-Gama
3	Porosidade; Resistividade	<i>Furos não entubados;</i> Eléctrica
4	Existência de argila	Raios Gama; Potencial Expontâneo; Resistividade eléctrica
5	Permeabilidade	Pode ser relacionada com a amplitude sónica.
6	Fracturas; Aberturas por dissolução; Zonas de esmagamento	“Caliper”; Sónica; Televisão
7	Nível aquífero; Zonas saturadas	<i>Furos não entubados:</i> Eléctrica; Temperatura; Neutrónica; Gama-Gama <i>Furos entubados:</i> Neutrónica; Gama-Gama
8	Teor de humidade	Neutrónica
9	Direcção, encaminhamento e velocidade da água	Nuclear
10	Características físicas e químicas da água, incluindo salinidade, temperatura, densidade e viscosidade	Resistividade; Temperatura do fluido dentro do furo
11	Características de furos antigos, diâmetro e posição da tubagem, perfuração, estado de filtros metálicos	Gama-Gama; “Caliper”; “Collar”; Televisão
12	Guia de colocação de filtros	Eléctrica; Nuclear; Temperatura; Sónica
13	Cimentação da tubagem	“Caliper”; Temperatura; Gama-Gama; Sónica
14	Corrosão da tubagem	“Caliper”; Collar”
15	Resistência mecânica	Sónica

Observa-se que apenas a diagrafia nuclear é correntemente empregada em furos entubados. Quando o tubo é cimentado ao terreno pode-se empregar também a diagrafia sónica.

Nas figuras seguintes n.ºs 1 a 10 apresentam-se numa forma sintética os princípios de algumas diafragmas e dos respectivos equipamentos e ainda registos de diversas diafragmas feitas num mesmo furo de sondagem.

No domínio da hidrogeologia as diafragmas eléctricas e de raios gama são as mais aplicadas. Aquando da reunião do APMSR houve oportunidade de trocar impressões sobre os equipamentos que possuem as firmas A. Cavaco e Johann Keller e a Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos e sobre os registos eléctricos e de raios-gama obtidos por aquelas duas firmas, tendo ainda a primeira apresentado alguns resultados dos seus trabalhos [6] e mostrado o equipamento que utiliza.

No que respeita ao domínio da geotecnia não é corrente entre nós a utilização de diafragmas. No entanto, antevê-se da maior utilidade a sua aplicação para diversos fins, nomeadamente as diafragmas sónica e eléctrica. Por exemplo, como mostra a figura 10 [7] pode-se apreciar através duma diagrafia sónica o estado da ligação duma obra à sua fundação, neste caso aos 29 metros, e verificar que as características dinâmicas não são muito diferentes. Também na inspecção de estacas de fundação de grande diâmetro, a diagrafia sónica tem fornecido bons resultados [8].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - KEYS, W. S. and L. M. MACCARY - Application of Borehole Geophysics to Water-Resources Investigations - U. S. Geological Survey. Book 2 - Chapter E1 - 1971.
- 2 - GUYOD, H. and L. E. SHANE - Geophysical Well Logging - Vol. 1 - 1969 Edit. Hubert Guyod - Huston - U.S.A.
- 3 - DESBRANDES, R. - Theorie et interpretation des diagraphies-Editions Technip - Paris 1968.
- 4 - Idem - Utilization pratiques des diagraphies - Editions Technip Paris
- 5 - ROBERTS, R. - Atlantic - Pacific Interoceanic Canal - Geophysical Logs on Route 17 and 25. Corps of Engineers - Florida - U.S.A. - 1969.
- 6 - ZBYSZEWSKI, G.; A. MARTINS ALVES; J. BOTELHO CHAVES - Contribuição de algumas sondagens de pesquisa e captação de água para o reconhecimento hidrogeológico da região de Aveiro. 1.º CHILAGE. Tomo II - pág. 793 - Lisboa 1971.
- 7 - LEBEGUE, Y. - Controle des injections de consolidation. Méthodes habituelles et géophysiques - Premier Congrès International de L'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur. Vol. I - Paris 1970
- 8 - PAQUET, J. - Contrôle des pieux par carottage sonique - Annales de I.T.B.T.P. n.º 262 - Octobre 1969.
- 9 - CARROL, R. D. - Rock Properties Interpreted From Sonic Velocity Logs - J. of S.M.F.D. - Proc. A.S.C.E. Vol. 92 - SM2 1966.
- 10 - Eastmann International Company G.M.B.H. - Hannover - R.F.A. (Catálogo)
- 11 - Electro-Technical Labs Widco Houston - U.S.A. (Catálogo)

PORTABLE ELECTRO LOGGER TYPE EL 1500

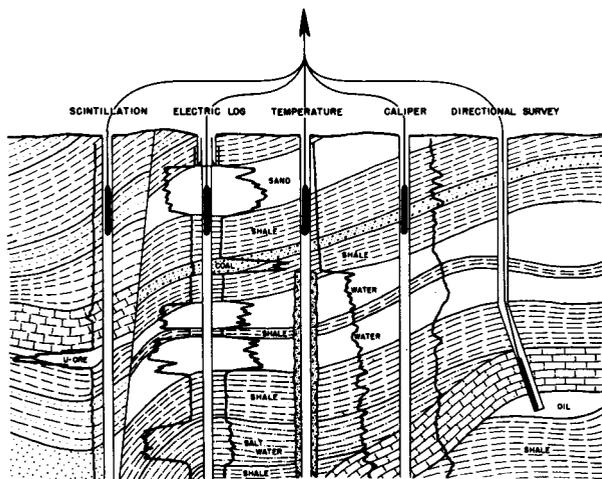


Fig. 1 - Diagrama de aplicações das diagragfias [10]

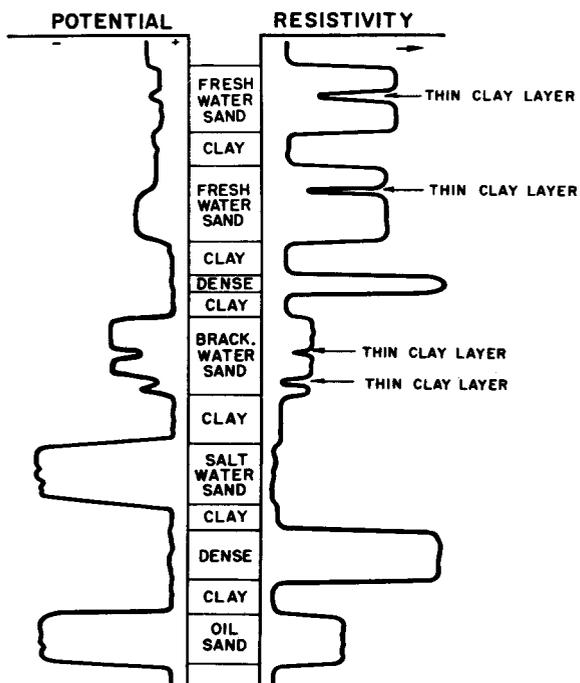


Fig. 2 - Diagrama eléctrica tipo [11]

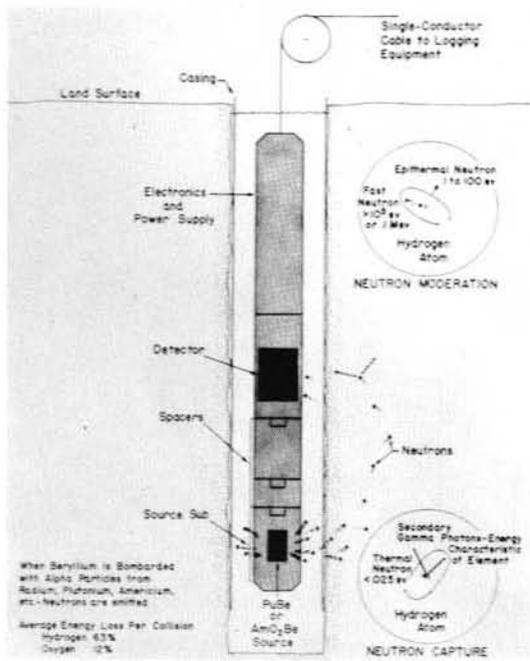


Fig. 3 – Esquema do equipamento e do princípio da diagrafia neu-trônica [1]

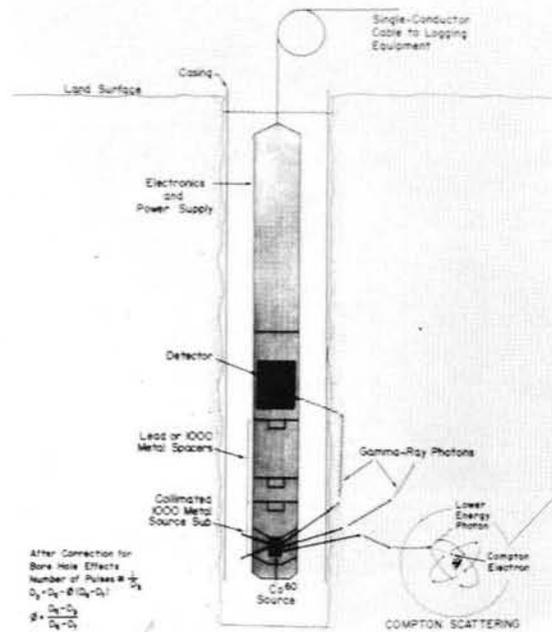


Fig. 4 – Esquema do equipamento e do princípio da diagrafia raios gama-gama [1]

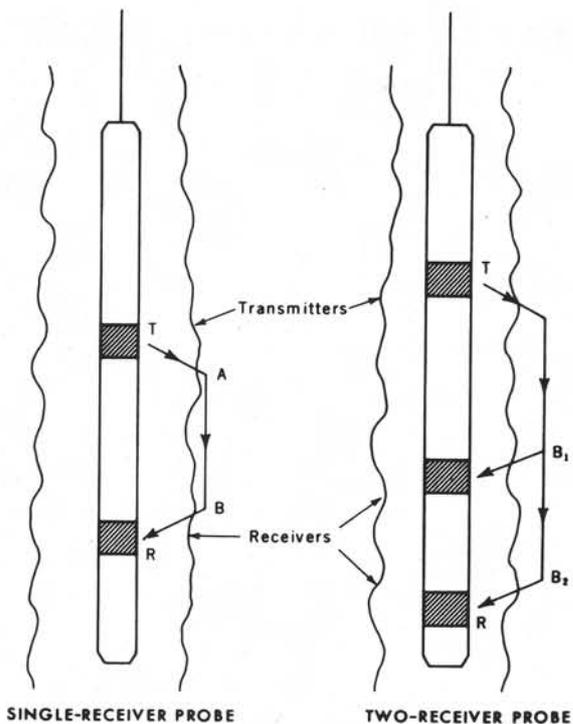


Fig. 5 - Esquema de equipamentos de diagrafia sísmica [1]

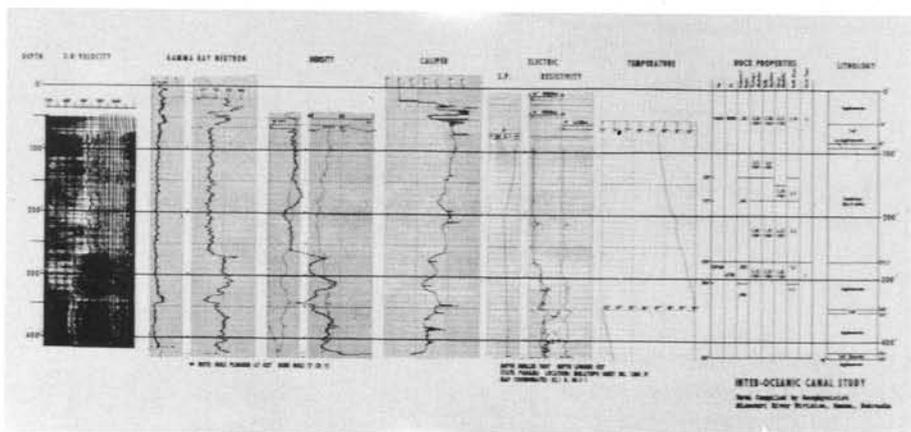


Fig. 6 - Aplicações de diagrafas no estudo do novo canal do Panamá [5]

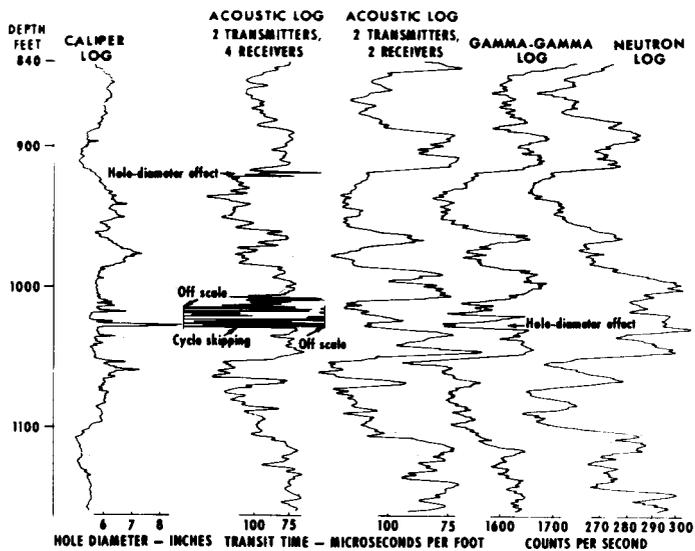


Fig. 7 – Aplicações de diagrafas num estudo de porosidades [1]

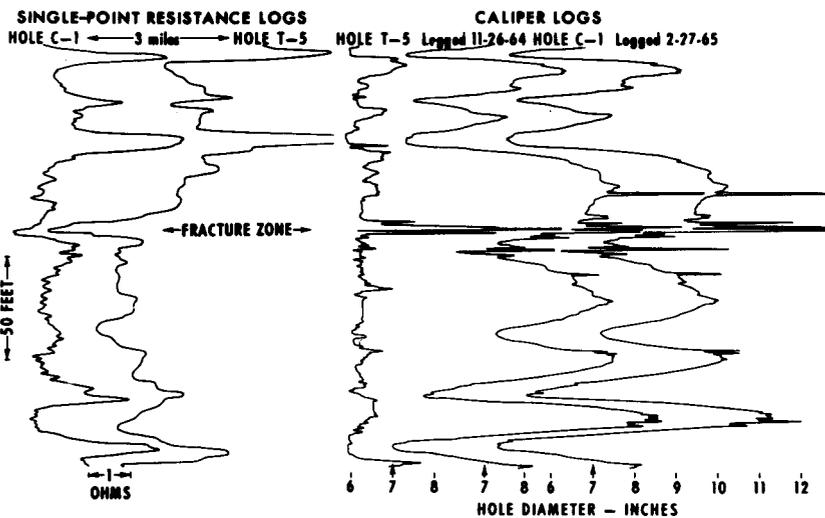


Fig. 8 – Correlação das zonas de fracturação e comparação de diagrafas realizadas em datas diferentes [1]

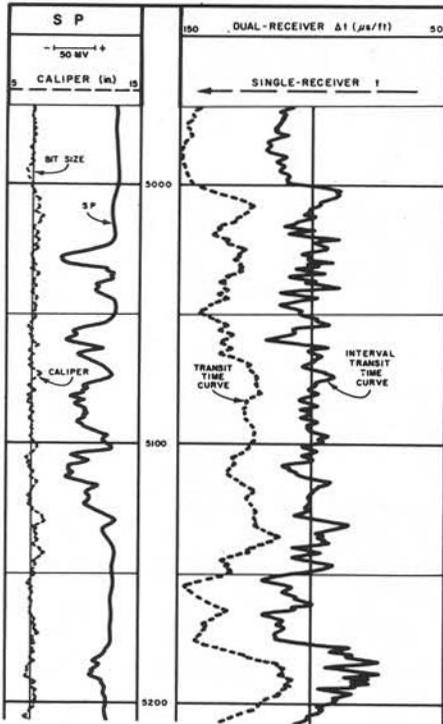


Fig. 9 - Comparação de diagrafas sônicas [2]

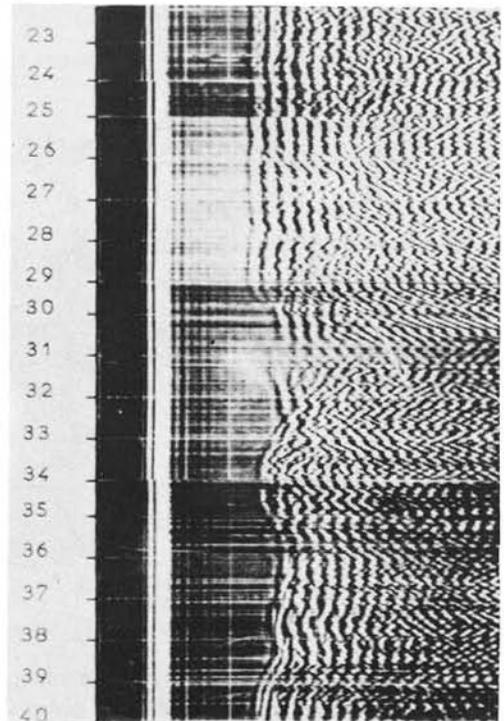


Fig. 10 - Diagrafia sônica nas fundações duma barragem [7]