

Prospecção geofísica pelo método da resistividade elétrica

Rogério Mota

Núcleo de Geologia de Engenharia e do Ambiente, Dep. Geotecnia, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa

rmota@lnec.pt

Resumo

Os métodos de prospecção geofísica, pela sua natureza não invasiva, têm tido uma utilização crescente na investigação do subsolo, especialmente nas áreas da geotecnia, do ambiente e da arqueologia. O artigo que se apresenta aborda um dos métodos mais utilizados: o método da resistividade elétrica. A partir de uma sumária introdução teórica, apresentam-se casos de aplicação a diferentes objetivos de investigação.

Introdução

O solo, os seus constituintes e as rochas têm diferentes capacidades de condução da corrente elétrica, base do método geofísico da resistividade elétrica. Trata-se de um método não invasivo de investigação do subsolo, que permite conhecer, a partir da superfície do terreno, as suas características geoelétricas. Este método consiste, basicamente, na injeção de corrente elétrica entre dois pontos (elétrodos A e B, na Figura 1 – dipolo de injeção), medindo-se, por meio de dois outros elétrodos (M e N – dipolo de potencial), a diferença de potencial elétrico gerado no terreno.

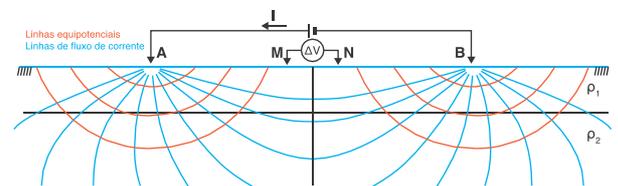


Fig. 1 – Dispositivo tetraeletródico na superfície de um meio estratificado horizontalmente. ρ_1 e ρ_2 : resistividade elétrica das duas camadas.

Dispositivos de medição da resistividade elétrica

A posição relativa entre os dipolos dá origem a diversos dispositivos e à sua correspondente designação, e tem por fim procurar cumprir com os objetivos propostos com o programa de prospecção:

- se o centro do dipolo de potencial coincide com o centro do dipolo de injeção, temos uma investigação 1D na vertical desse ponto, adequada para estudo de estruturas do tipo aluvionar, e estamos perante as denominadas sondagens elétricas verticais (SEV) (de Schlumberger,

O que influencia o maior ou o menor valor da resistividade elétrica

A resistividade elétrica constitui uma medida da resistência que um material impõe à passagem da corrente elétrica. Esta é favorecida principalmente pela presença de água nos vazios do solo ou da rocha, e pelos sais nela dissolvidos, pelo que a resistividade depende não só da porosidade do material que compõe o terreno (matriz sólida), como também do seu teor em água e da sua concentração iónica, pelo que, quanto maior for o teor em água ou a presença de material condutor, como, por exemplo, grafite ou pirite, menor é a resistividade. Outro fator que influencia a transmissão da corrente elétrica é a presença de argila, não só pela sua composição química, como também em função do seu estado de saturação (ver Tabela 1). Uma matriz sólida, como, por exemplo, um maciço granítico, pode assim ter um valor maior ou menor de resistividade elétrica, em função da presença de argila ou de um material condutor sólido e do seu teor em água, que pode variar ao longo do tempo, conduzindo a uma variação da resistividade ao longo do tempo.

se os dipolos têm diferentes dimensões, ou de Wenner, se os dipolos têm sempre a mesma dimensão – Figura 2.a);

- a conjugação de sucessivas SEV ao longo de um alinhamento permite realizar uma investigação 2D na vertical do perfil formado pelos elétrodos, ou cartas de resistividade a diferentes profundidades, se as leituras forem realizadas segundo uma malha disposta entre o dipolo de injeção (dispositivo retangular – Figura 2.b);
- no caso em que a dimensão dos dipolos de injeção e de potencial é bastante inferior à distância entre eles, a investigação é igualmente 2D ao longo do alinhamento, mas a sensibilidade destes dispositivos à variação lateral (entre dipolos) da resistividade é muito mais elevada, pelo que são adequados para deteção de estruturas como, por exemplo, zonas de fratura e intrusões (dispositivo dipolo-dipolo, por exemplo – Figura 2.c).

Atualmente, devido ao grande desenvolvimento dos equipamentos de prospeção e dos programas informáticos de processamento dos dados recolhidos, este método é mais utilizado sob a forma de perfis de resistividade elétrica. Nestes, utiliza-se, geralmente, o dispositivo do tipo dipolo-dipolo, o qual, basicamente, consiste em proceder a um primeiro conjunto de leituras (até 10) com base na injeção no primeiro dipolo, após o que o dipolo de injeção avança para a posição seguinte no perfil, repetindo-se o processo de leituras, e assim sucessivamente até ao fim do perfil (Figura 3). Os valores de resistividade elétrica aparente assim obtidos são representados sob a forma de pseudo-seções. O processamento destes dados, com recurso a programas informáticos, resulta em tomografias de resistividade elétrica, i.e., imagens 2D do terreno em profundidade, em termos da sua resistividade elétrica.

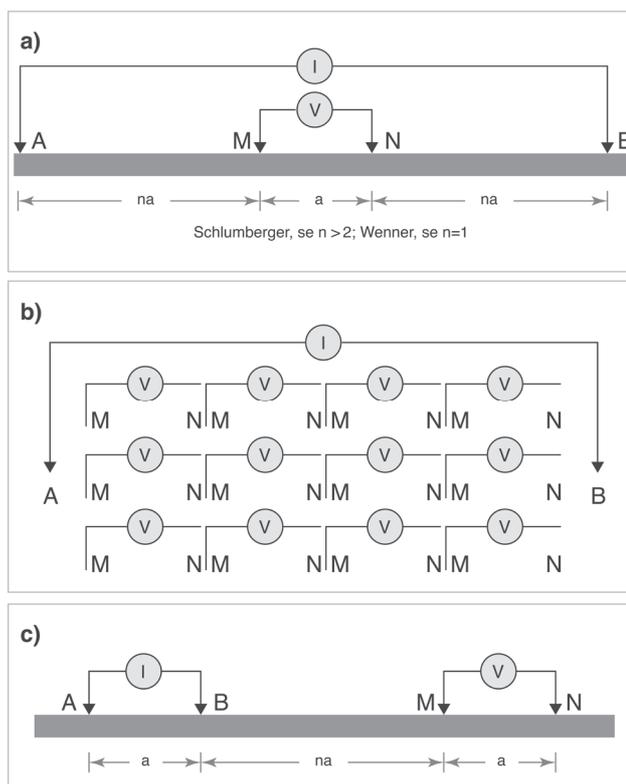


Fig. 2 – Exemplos de dispositivos de medição da resistividade elétrica: a) Schlumberger e Wenner; b) Retangular; c) Dipolo-dipolo ((a) e (c) adaptados de [2]).

As variações mais significativas do campo elétrico podem corresponder a heterogeneidades litológicas ou a anomalias de resistividade dos materiais (Tabela 1). A distribuição de potenciais depende do contraste de resistividade entre as estruturas subsuperficiais e o meio envolvente, dependendo ainda, a sua deteção, da sua posição relativa face ao dispositivo utilizado. Para além destas condições, existe ainda a questão da profundidade a que se encontra e a sua dimensão, uma vez que, se o objeto/alvo estiver muito profundo, é necessário aumentar muito a distância dipolar, o que vai diminuir a resolução do modelo final, pois a pseudo-seção é produzida sempre com os mesmos pontos. Na Tabela 2 constam valores da resistividade elétrica obtidos em diferentes contextos geoambientais em Portugal.

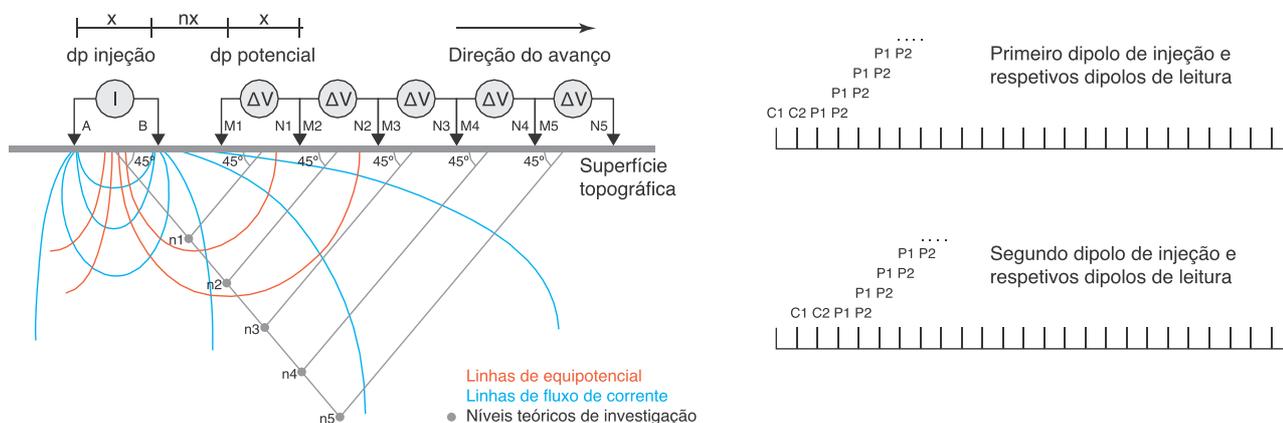


Fig. 3 – Esquema da sequência de injeções de corrente (A e B, ou C1 e C2) e de leitura de potenciais (M1, N1, ..., ou P1 e P2) do dispositivo dipolo-dipolo, e correspondentes posições teóricas em profundidade, utilizadas para a representação 2D dos dados, a partir da movimentação do dispositivo ao longo do alinhamento materializado no terreno por uma série de elétrodos (esquema da direita).

Tabela 1 – Gamas de valores para a resistividade elétrica de elementos naturais mais comuns (adaptado de [1-3]).

Material	Resistividade, $\rho / (\Omega.m)$	Material	Resistividade, $\rho / (\Omega.m)$	Material	Resistividade $\rho / (\Omega.m)$
Água do mar	0,2 – 1	Granito	300 - 1 x 10 ⁶	Arenitos	1 – 7,4 x 10 ⁸
Água	2 - 100	Granito alterado	30 - 500	Calcário	100 – 2,5 x 10 ⁸
Alumínio	2,8 x 10 ⁻⁸	Basalto	10 - 1,3 x 10 ⁷	Argilas	1 - 100
Cobre	1,7 x 10 ⁻⁸	Xistos (calcário e mica)	20 - 10 000	Aluvião e areias	10 - 800
Prata	1,6 x 10 ⁻⁸	Xistos (grafite)	10 - 100	Solo (40 % argila)	8
Aço	15-90 x 10 ⁻⁸	Mármore	100 – 2,5 x 10 ⁸	Solo (20 % argila)	33
Pirite	3,0 x 10 ⁻⁵ – 1,5			Argila (seca)	50 - 150

Tabela 2 - Valores de resistividade elétrica obtidos em diferentes contextos ambientais (em Portugal).

Alvo	Meio geológico	Resistividade, $\rho / (\Omega.m)$		Razão
		Alvo	Meio encaixante	
Hidrocarbonetos	Bacia sedimentar	2	128	1:64
	Granito	75	1600	1:21
Lixiviado	Calcário	20	320	1:16
	Granito	300	12 800	1:43
	Calcário	3	100	1:30
	Resíduos domésticos A	4	40	1:10
	Resíduos domésticos B	2	20	1:10
Granito alterado por lixiviado	Granito	600	12 800	1:21
Resíduos industriais	Granito alterado	5	640	1:128

(1) – Resíduos domésticos A e B correspondem a dois locais diferentes.

Exemplos de aplicação

Apresentam-se na Figura 4 alguns exemplos de aplicação do método da resistividade elétrica. Os valores da resis-

tividade são crescentes da cor azul para a cor vermelha.

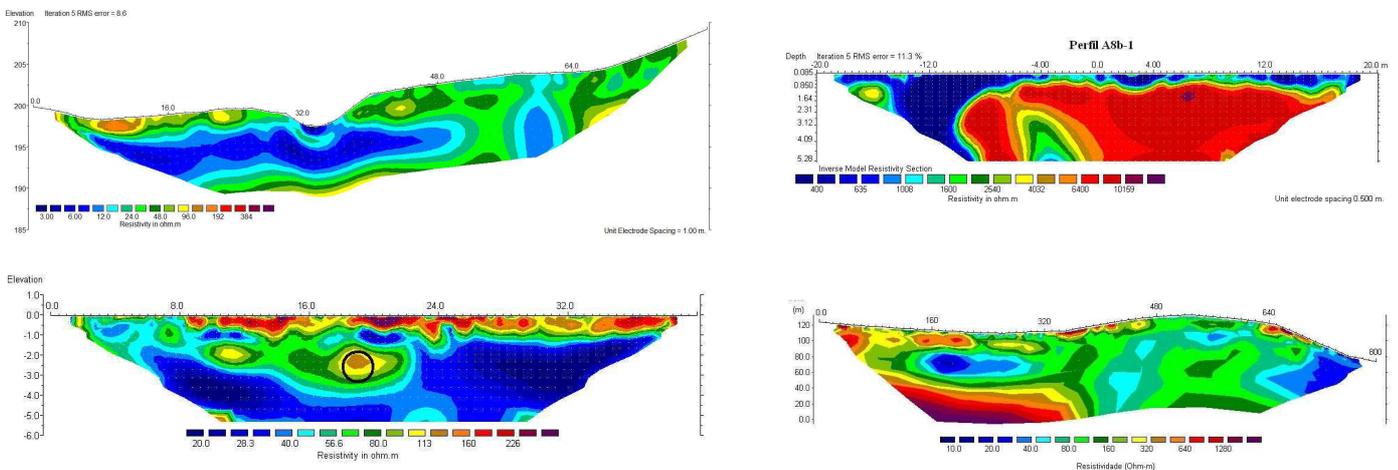


Figura 4 – Topo: (esq.) Perfil realizado a cruzar uma charca de lixiviado (zona de baixa resistividade); (dta.) Perfil executado num maciço calcário (a baixa resistividade corresponde a Terra Rossa). Baixo: (esq.) Perfil instalado transversalmente a uma conduta de águas pluviais (círculo preto). (dta.) Perfil realizado a Norte de uma lixeira encerrada, a partir da qual saía lixiviado próximo da coordenada 180, que se infiltrava no terreno (zona de baixa resistividade).

Referências

1. Univ. Berkeley, "The Berkeley course in applied geophysics". (<http://appliedgeophysics.berkeley.edu/dc/index.html>), consultada em 26-10-2005 (2004)
2. R. E. Sheriff, *Encyclopedic dictionary of exploration geophysics*, 3ª edição, Society of Exploration Geophysics (SEG) (1990)
3. J.M. Reynolds, *An introduction to applied and environmental geophysics*, John Wiley & Sons, Ltd. (1997)



Rogério Mota é Investigador Auxiliar no Departamento de Geotecnia do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Licenciado em Ciências Geofísicas – ramo de Geofísica Interna, Mestre em Ciências Geofísicas – Especialização em Geofísica Interna, e Doutor em Física – Especialização em Geofísica Interna, sempre pela Universidade de

Lisboa. Tem-se dedicado especialmente à aplicação do método da resistividade elétrica a problemas geotécnicos e ambientais, à aplicação de métodos sísmicos em geotecnia (método da refração sísmica e ensaios sísmicos entre furos, para a caracterização dinâmica de terrenos e para o estudo da evolução do tratamento das fundações de barragens). Procede ainda ao controlo de vibrações induzidas nas estruturas edificadas, por desmontes de rocha com recurso a explosivos, e ao controlo da qualidade de estacas de betão das fundações de edifícios e pontes.