

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0614372-5 A2**

(22) Data de Depósito: 04/08/2006
(43) Data da Publicação: 22/03/2011
(RPI 2098)



(51) *Int.Cl.:*
G01V 3/02

(54) Título: **MEDIÇÕES DE RESISTIVIDADE CC DE MÚLTIPLOS TRANSIENTES**

(30) Prioridade Unionista: 05/08/2005 GB 5 16153.4

(73) Titular(es): MTEM LTD

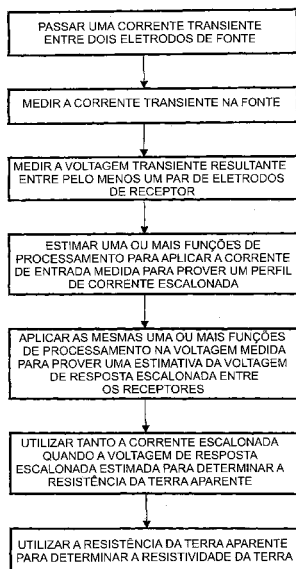
(72) Inventor(es): ANTONI MARJAN ZIOLKOWSKI, BRUCE ALAN HOBBS

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT GB2006002940 de 04/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/017657 de 15/02/2007

(57) Resumo: MEDIÇÕES DE RESISTIVIDADE CC DE MÚLTIPLOS TRANSIENTES. A presente invenção refere-se a um método para medir as variações de resistividade na terra que compreende passar uma corrente transiente entre dois eletrodos de fonte; medir a corrente transiente nos eletrodos de fonte; medir a voltagem transiente resultante entre pelo menos um par de eletrodos receptores; estimar uma ou mais funções de processamento para aplicar na corrente de entrada medida para prover um perfil de corrente escalonada, e aplicar as mesmas uma ou mais funções de processamento na voltagem medida para prover uma estimativa da voltagem de resposta escalonada entre os receptores, utilizando tanto a corrente escalonada quanto a voltagem de resposta escalonada estimada para determinar a resistência da terra aparente resultante, e utilizar a resistência da terra aparente para determinar a resistividade da terra.





PI0614372-5

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MEDIÇÕES DE RESISTIVIDADE CC DE MÚLTIPLOS TRANSIENTES**".

A presente invenção refere-se a medições de resistividade CC de múltiplos transientes. Além disso, a invenção refere-se a um sistema e método para estimar a resposta da terra utilizando tais medições de resisti-
5 vidade CC de múltiplos transientes, para por meio disto detectar, por exemplo, as formações que contém hidrocarbonetos ou que contém água.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

As rochas porosas estão saturadas com fluidos. Os fluidos po-
10 dem ser água, gás ou óleo, ou uma mistura de todos três. O fluxo de corren- te na terra é determinado pelas resistividades de tais rochas, as quais são afetadas pelos fluidos de saturação. Por exemplo, as rochas porosas satura- das com salmoura são muito menos resistivas do que as mesmas rochas cheias com hidrocarbonetos. Por conseguinte, o objetivo geofísico é deter-
15 minar se os hidrocarbonetos estão presentes pela medição da resistividade de formações geológicas. Se os testes que utilizam outros métodos, por e- xemplo a exploração sísmica, sugerem que uma formação geológica tem o potencial de conter hidrocarbonetos, então antes de perfurá-la é importante ter alguma indicação sobre se a formação contém de fato os hidrocarbone-
20 tos ou se esta contém primariamente água. Isto pode ser feito utilizando téc- nicas eletromagnéticas, e mais especificamente técnicas eletromagnéticas de domínio de tempo.

Por quase um século os métodos de corrente contínua (CC) têm sido utilizados na superfície da terra para determinar as distribuições de re-
25 sistividade de subsuperfície. O trabalho mais antigo foi pelos irmãos Sc- hlumberger e por Wenner (Wenner, F., 1912, A method for measuring earth resistivity. US Bureau of Standards Bulletin, 12, 469-478.). Existem três méto- dos de levantamento de resistividade CC gerais: ondas sonoras elétricas verticais (VES), perfilagem, e formação de imagem. Nos levantamentos VES
30 as dimensões de uma rede de medições selecionadas aumentam enquanto que o ponto central da rede permanece fixo. Conforme a rede expande, as correntes penetram mais profundamente e as curvas de ondas sonoras re-

sultantes são interpretadas como mudanças de resistividade com a profundidade. Nos levantamentos de perfilagem tanto o tipo de rede quanto as suas dimensões são selecionados para uma profundidade de investigação específica. A rede é movida ao longo da superfície para determinar as variações de resistividade laterais. A formação de imagem, ou método de tomografia de resistência da terra (ERT), combina a VES e a perfilagem. Nesta, um grande número de eletrodos é colocado dentro do solo, usualmente igualmente espaçados, e são conectados com um cabo de múltiplos núcleos em um medidor de resistividade. O sistema opera sob controle de software onde quaisquer dois eletrodos podem ser selecionados como eletrodos de corrente, e quaisquer dois outros podem ser selecionados como eletrodos de potencial (voltagem). Os valores de resistividade são obtidos sobre uma seção transversal sob o perfil e indica tanto as variações laterais quanto de profundidade.

As medições CC são feitas injetando uma corrente contínua entre dois eletrodos de fonte S1 e S2 e medindo a voltagem entre dois eletrodos receptores R1 e R2. Da corrente I injetada nos eletrodos de fonte e da voltagem V medida nos eletrodos receptores, um valor da resistência da terra aparente é obtido pela lei de Ohm:

$$R_{app} = V / I \text{ Ohm} \quad (1)$$

Um valor aparente da resistividade de subsuperfície ρ_{app} pode ser obtido desta resistência como

$$\rho_{app} = k R_{app} \text{ Ohm m} \quad (2)$$

na qual k tem unidades de metros e é um fator geométrico que depende da disposição dos quatro eletrodos. Utilizando esta resistividade aparente, a resistividade de subsuperfície verdadeira pode ser determinada. Uma boa visão das técnicas para determinar o valor verdadeiro da distribuição de resistividade de subsuperfície dos valores de resistividade aparente é dada por Loke M.H., 1999, em Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies (<http://www.abem.com/ftp/Loke/2Dnotes.pdf>).

Existem diversas configurações bem-conhecidas dos quatro ele-

trodos para as medições CC, três das quais estão ilustradas nas Figuras 1 a 3. A Figura 1 mostra a rede de Wenner, a Figura 2 mostra a rede de Schlumberger, e a Figura 3 mostra a rede dipolo-dipolo. Para cada rede existe um diferente fator k , como abaixo fornecido

$$k_{\text{WENNER}} = 2\pi a, \quad (3)$$

$$k_{\text{SCHLUMBERGER}} = \frac{2\pi a^2}{b} \left[1 - \frac{b^2}{4a^2} \right], \text{ for } a \geq 5b, \quad (4)$$

$$k_{\text{DIPOLE-DIPOLE}} = \pi a n(n+1)(n+2). \quad (5)$$

5 A rede dipolo-dipolo da Figura 3 determina as variações de resistividade laterais melhor do que as variações de profundidade. A diferença de potencial a ser medida entre os eletrodos de potencial decai com o cubo da distância dos eletrodos de corrente. Isto tem restringido a configuração da rede para propósitos práticos a valores de $n \leq 6$. Edwards (Edwards, L.S.,
10 1977, A modified pseudosection for resistivity and IP. Geophysics, 42,1020-1036) discutiu a apresentação de pseudo-seções para resistividade e IP especificamente para a rede dipolo-dipolo. A teoria e os resultados práticos são apresentados para $n \leq 6$ e referência é feita a uma "rede ideal" com $n = \infty$.

Como mostrado na Figura 5, a profundidade de investigação d
15 está relacionada com os comprimentos de dipolo a e a separação de dipolo na . Neste caso, a profundidade de investigação máxima d para a qual a resistividade da terra pode ser inferida está relacionada à configuração e é da ordem de $(n+2)a/5$. Na prática, como a amplitude de sinal nos receptores diminui aproximadamente como $(na)^{-3}$, apesar do nível de ruído ser dependente de n e de a , a razão de sinal para ruído diminui como $(na)^{-3}$. O nível de
20 sinal pode ser aumentado pelo aumento da corrente injetada na fonte e pelo aumento da distância de dipolo a . Com os níveis de corrente que podem ser seguramente injetados no solo, o n normalmente não é maior do que aproximadamente 6, e segue que

$$25 \quad d \leq 1.6a \quad (6)$$

Em outras palavras, a profundidade de investigação d é menor do que 1,6 vezes a separação a entre os eletrodos de fonte ou receptores. O

aumento de ρ aumenta a profundidade de investigação mas reduz a resolução da distribuição de resistividade de subsuperfície mapeada.

Quando fazendo as medições CC, foi descoberto que o eletrodo torna-se polarizado se a corrente for da mesma polaridade por um longo tempo e uma medição falsa da voltagem na terra entre R1 e R2 é obtida. Duas estratégias são utilizadas para superar este problema. Uma é utilizar eletrodos não polarizantes. A outra proposta, mais popular, é de mudar a polaridade da corrente CC periodicamente, isto de fato fornece uma corrente de entrada de onda quadrada alternada, ou CA. Todos os equipamentos modernos utilizam esta técnica.

Na proposta de CA variações podem ser introduzidas, tal como comutando a corrente para zero por certos períodos, por exemplo como mostrado na Figura 4. Neste caso, o período T entre as comutações é tipicamente da ordem de 1 segundo. Esta função aqui mostrada repete-se a cada 4T. Nos períodos em que a corrente está ligada entre os eletrodos de fonte S1 e S2, uma estimativa da voltagem CC resultante entre R1 e R2 é feita. De fato, a voltagem entre R1 e R2 não é exatamente constante nestes períodos: o sinal leva algum tempo para atingir um valor de estado estável e existe ruído. Para compensar pelo ruído várias técnicas de média são utilizadas. Deve ser notado que neste contexto o termo "CC" em "resistividade CC" significa essencialmente uma baixa frequência, ao invés de frequência zero. Isto já é aceito na indústria de exploração geofísica.

Cada vez que a corrente nos eletrodos de fonte é comutada, a terra responde e a voltagem nos eletrodos receptores muda. O fluxo de corrente no solo é governado pela equação de difusão e leva tempo para a resposta no receptor atingir um estado estável. Isto é bem-conhecido, e a estimativa do nível de CC é medida em um intervalo de tempo na direção do final do período que a corrente está ligada. Por exemplo, o Geopulse Tigre Resistivity Meter utiliza as medições de voltagem que são feitas durante os últimos 4/5 do período ligado da corrente (User's Manual, Geopulse Resistivity Meter, Campus International Products Limited, Concept House, 8 The Townsend Centre, Blackburn Road, Dunstable, Bedford, England LU5 5BQ).

Assim é conhecido que existe uma resposta transiente para a comutação da corrente, mas após um certo tempo é considerado que a resposta de estado estável é atingida.

5 Nesta proposta convencional, o tempo esperado para atingir o estado estável está baseado na experiência, apesar de ser totalmente compreendido que o valor de estado estável final nunca é atingido. Por razões práticas, no entanto, para esta configuração, e dentro das limitações da instrumentação e do ruído, o valor de estado estável é usualmente atingido após aproximadamente 0,1 segundo. Em alguns levantamentos de baixa resolução profundos, onde a escala do conjunto é aumentada por uma ordem de magnitude ou tanto, o valor de estado estável pode ser atingido, por propósitos práticos, somente após poucos segundos. Um exemplo de uma resposta de voltagem medida para uma corrente ligada utilizando a configuração dipolo-dipolo está mostrado na Figura 6. Isto é denominada a resposta
10 escalonada. A primeira parte da resposta mostra um degrau inicial na voltagem; neste caso específico isto é seguido por uma pequena diminuição seguida por um aumento em voltagem que parece estar tendendo para um valor de estado estável após aproximadamente 0,1 s.

A Figura 7 mostra a derivada de tempo para a resposta escalonada da Figura 6. Isto é conhecido como a resposta de impulso. O grande pico inicial na resposta de impulso corresponde ao degrau inicial na resposta escalonada. Este é seguido por uma diminuição, um aumento para um pico menor, e então uma diminuição muito gradual em amplitude, tendendo para zero conforme o tempo aumenta após isto. A duração da resposta de impulso é infinita, tal como a duração da resposta escalonada é infinita. No entanto, conforme a amplitude da resposta de impulso fica cada vez menor, torna-se cada vez mais difícil medir. Quando a amplitude é pequena demais para medir, isto efetivamente define a duração da resposta de impulso transiente.
25

Um objetivo da presente invenção é de aperfeiçoar a sensibilidade de medições de resistividade da terra.
30

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De acordo com um aspecto da presente invenção, está provido

um método para medir as variações de resistividade na terra que com-
preen-
de passar uma corrente entre dois eletrodos de fonte; medir a corrente tran-
siente nos eletrodos de fonte; medir a voltagem transiente resultante entre
pelo menos um par de eletrodos receptores; estimar uma ou mais funções
5 de processamento para aplicar na corrente de entrada medida para prover
um perfil de entrada escalonado, e aplicar as mesmas uma ou mais funções
de processamento na voltagem medida para prover uma estimativa da volta-
gem de resposta escalonada entre os receptores, utilizando tanto a corrente
escalonada quanto a voltagem de resposta escalonada estimada para de-
10 terminar a resistência da terra aparente resultante, e utilizar a resistência da
terra aparente para determinar a resistividade da terra. A determinação da
resistividade pode ser feita utilizando os métodos de inversão de resistivida-
de CC padrão.

A função de processamento poderia ser um filtro. Uma proposta
15 alternativa é de utilizar um filtro para converter a corrente medida em um im-
pulso e integrar o resultado para obter um degrau na corrente; aplicar o
mesmo filtro na voltagem medida e integrando o resultado geraria a volta-
gem de resposta escalonada. Podem existir outros métodos para conseguir
o mesmo resultado. O ponto chave é que os métodos de processamento
20 podem ser utilizados para converter a resposta de corrente de entrada e de
voltagem transiente medida em um degrau e uma resposta escalonada, res-
pectivamente, por meio disto gerando a resposta CC.

A utilização desta técnica aperfeiçoa a sensibilidade da medição
de resistividade CC a um tal ponto que o valor de n pode ser aumentado por
25 pelo menos uma ordem de magnitude para aproximadamente 80 ou tanto, o
que portanto permite que d seja aumentado para aproximadamente 120a.
Com isto, a profundidade de investigação pode ser aumentada por mais do
que uma ordem de magnitude sem uma redução na resolução da distribui-
ção de resistividade de subsuperfície mapeada.

30 De acordo com a presente invenção, tanto a corrente de entrada
na fonte e a voltagem medida no receptor são medidas e gravadas como
uma função de tempo. As funções de tempo são convertidas para dados di-

gitalis e processadas em um computador utilizando um software de computador. O processamento de computador pode incluir muitas operações, incluindo a remoção de ruído cultural - tal como a geração da rede de 50 Hz ou 60 Hz - e a remoção da resposta de sistema de gravação por deconvolução, como discutido na WO 03/023452 A1.

A corrente de entrada pode ser um degrau simples, uma onda quadrada, ou mesmo um sinal de modulação de retorno para zero - frequentemente conhecido como "cicloativo" - mostrado na Figura 4. Também, poderia, por exemplo, ser uma sequência binária pseudo-randômica de uns e zeros, ou uns e menos uns, o que permitiria que a resposta escalonada da terra entre a fonte e o receptor (e com isto o valor de estado estável) fosse deduzida.

De acordo com outro aspecto da presente invenção, está provido um sistema para medir as variações de resistividade na terra que compreende uma fonte para passar uma corrente entre dois eletrodos de fonte; um dispositivo de medição de corrente para medir uma corrente transiente nos eletrodos de fonte; um dispositivo de medição de voltagem para medir a voltagem transiente resultante entre pelo menos um par de eletrodos receptores; e um processador configurado para estimar uma ou mais funções de processamento para aplicar na corrente de entrada medida para prover um perfil de corrente escalonada; aplicar as mesmas uma ou mais funções de processamento na voltagem medida para prover uma estimativa da voltagem de resposta escalonada entre os receptores, utilizar tanto a corrente escalonada quanto a voltagem de resposta escalonada estimada para determinar a resistência da terra aparente resultante, e utilizar a resistência da terra aparente para determinar a resistividade da terra.

De acordo com ainda outro aspecto da presente invenção, está provido um programa de computador para determinar as variações de resistividade na terra utilizando uma medida de corrente de entrada entre um par de eletrodos de fonte e uma medida da voltagem transiente resultante entre pelo menos um par de eletrodos receptores, o programa de computador tendo um código ou instruções para estimar uma ou mais funções de proces-

- samento para aplicar na corrente de entrada medida para prover um perfil de corrente escalonada; aplicar as mesmas uma ou mais funções de processamento na voltagem medida para prover uma estimativa da voltagem de resposta escalonada entre os receptores; utilizar tanto a corrente escalonada quanto a voltagem de resposta escalonada estimada para determinar a resistência da terra aparente resultante, e utilizar a resistência da terra aparente para determinar a resistividade da terra.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

- Vários aspectos da invenção serão agora descritos como exemplo somente e com referência aos desenhos acompanhantes, nos quais:

Figura 8 é um diagrama de fluxo de um método para determinar a resistividade da terra utilizando medições de CC;

Figura 9 é um gráfico da corrente de entrada medida após um filtro ser aplicado;

- Figura 10 é um gráfico da voltagem medida após a aplicação do mesmo filtro utilizado para os resultados da Figura 9; e

Figura 11 é uma representação esquemática de um sistema no qual um único par de eletrodos de fonte está associado com uma pluralidade de pares de eletrodos receptores.

DESCRIÇÃO ESPECÍFICA DOS DESENHOS

- As disposições de eletrodos de fonte / receptores das Figuras 3 e 5 podem ser utilizadas para implementar a invenção. Isto requer a medição da função de tempo de corrente de entrada de fonte, o que pode ser feito com um medidor de corrente posicionado idealmente entre os eletrodos de fonte, de modo que uma medida direta da corrente de entrada possa ser feita. O medidor de corrente pode ser de qualquer forma adequada, por exemplo um magnetômetro.

- A Figura 9 mostra o método no qual a invenção está incorporada. Em uma primeira etapa uma corrente de entrada transiente é passada entre dois eletrodos de fonte e medida entre dois eletrodos receptores. A função de corrente de entrada medida pode ser expressa como, digamos, $I(t)$, onde t é o tempo. Esta corrente medida é convertida para uma função

escalonada de, digamos, amplitude unitária, pela convolução com um filtro $f(t)$ como segue:

$$I(t) * f(t) = H(t - t_0) \quad (7)$$

onde $H(t)$ é uma função de etapa unitária e t_0 é o tempo da etapa. O resultado está mostrado na Figura 9.

- 5 A resposta de voltagem medida no receptor é, digamos, $M(t)$. Esta resposta pode ser convolvida com o mesmo filtro $f(t)$ para gerar a resposta escalonada $X(t)$:

$$M(t) * f(t) = X(t) \quad (8)$$

- 10 A Figura 10 mostra o resultado da filtragem de uma voltagem medida para obter a resposta escalonada. Em princípio, como vimos, leva uma quantidade de tempo infinita para a resposta escalonada atingir o valor de estado estável V_∞ , e assim V_∞ não é realmente medida. Isto é claro é também verdadeiro para as assim denominadas medições de resistividade CC convencionais. Uma estimativa do valor final V_∞ pode ser feita por uma variedade de propostas, uma das quais está abaixo delineada. O resultado é
- 15 que a voltagem CC V_∞ para uma corrente de entrada de 1 A pode ser encontrada e a resistência da terra é assim

$$R_{app} = V_\infty / 1 \text{ ohms} \quad (9)$$

O valor de estado estável para a voltagem V_∞ pode ser estimado por uma variedade de técnicas. Referindo à Figura 10, a voltagem medida em tempos tardios $t > t_1$ é descrita como

$$V(t) = V_\infty + V_0 t^{-\alpha}, \text{ for } t > t_1, \quad (10)$$

- 20 onde

$$V_0 = [V(t_1) - V_\infty] t_1^\alpha \quad (11)$$

- na qual t_1 pode ser variado, e é dependente de deslocamento. Os valores de V_∞ e α são encontrados ajustando a curva descrita pela equação (9) aos dados e minimizando o erro de desajuste. Este valor pode então ser utilizado para determinar a resistência CC. O valor resultante da resistência CC para
- 25 cada par de fonte - receptor pode ser colocado em um programa de inversão de resistividade bidimensional ou tridimensional, tal como o RES2DINV e o

RES3DINV, como descrito em Loke (1999), para obter um mapa de distribuição de resistividade de subsuperfície. Outros parâmetros de entrada para o programa seriam as coordenadas dos eletrodos.

5 Para um dado par de fonte - receptor, a medição pode ser repetida muitas vezes e feita a média (ou "empilhada") permitindo que a razão de sinal para ruído seja aperfeiçoada e a estimativa do valor de V_{∞} seja refinada. Para um dado par de eletrodos de fonte, muitos pares de eletrodos receptores podem estar providos e assim pode-se fazer muitas medições simultâneas das voltagens recebidas, como mostrado na Figura 11. Neste caso, os eletrodos de fonte estão separados por uma distância a , e cada par de eletrodos receptores está separado por uma distância a . Neste exemplo n é escolhido ser inteiro e o seu valor é m , $m+1$, $m+2$, $m+3$, etc. Apesar de uma configuração na qual a separação de eletrodos na fonte e em cada par de receptor são iguais ser mostrada, será apreciado que muitas diferentes
10 configurações são possíveis. Igualmente, todo o conjunto pode ser deslocado lateralmente, por exemplo por uma distância a ou por múltiplos de a para obter uma múltipla cobertura da distribuição de resistividade de subsuperfície.

Uma pessoa versada na técnica apreciará que variações das
20 disposições descritas são possíveis sem afastar-se da invenção. Por exemplo, o método pode ser aplicado em terra ou offshore. No caso marinho, os eletrodos não precisam necessariamente estar sobre o fundo do mar, e podem não precisar ser estacionários. É concebível que a configuração de eletrodo de fonte - receptor inteira poderia ser rebocada atrás de um navio que
25 supre a corrente para a fonte e grava a corrente de fonte e as voltagens recebidas. Consequentemente, a descrição acima de uma modalidade específica é feita como exemplo somente e não para os propósitos de limitação. Ficará claro para a pessoa versada na técnica que modificações menores podem ser feitas sem mudanças significativas na operação descrita.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para medir as variações de resistividade na terra que compreende passar uma corrente transiente entre dois eletrodos de fonte; medir a corrente transiente nos eletrodos de fonte; medir a voltagem transiente resultante entre pelo menos um par de eletrodos receptores; estimar uma ou mais funções de processamento para aplicar na corrente de entrada medida para prover um perfil de corrente escalonada, e aplicar as mesmas uma ou mais funções de processamento na voltagem medida para prover uma estimativa da voltagem de resposta escalonada entre os receptores, utilizando tanto a corrente escalonada quanto a voltagem de resposta escalonada estimada para determinar a resistência da terra aparente resultante, e utilizar a resistência da terra aparente para determinar a resistividade da terra.
2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que a etapa de aplicar a função de processamento estimada na voltagem medida envolve a convolução das voltagens recebidas com a função de processamento estimada para encontrar as respostas escalonadas correspondentes.
3. Método de acordo com a reivindicação 1, em que a função de processamento é um filtro para converter a corrente de entrada medida no perfil escalonado.
4. Método de acordo com a reivindicação 1, em que as uma ou mais funções de processamento compreendem um filtro para converter a corrente medida em um impulso e um meio integrar o resultado para obter o perfil de entrada escalonado.
5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, que compreende remover o ruído cultural.
6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, que compreende estimar uma voltagem de estado estável de uma resposta escalonada.
7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que os eletrodos de fonte e receptores estão providos em um ambiente marinho.

8. Sistema para medir as variações de resistividade na terra que compreende uma fonte para passar uma corrente entre dois eletrodos de fonte; um dispositivo de medição para medir a corrente transiente nos eletrodos de fonte; um dispositivo de medição de voltagem para medir a voltagem transiente resultante entre pelo menos um par de eletrodos receptores; e um processador configurado para estimar uma ou mais funções de processamento para aplicar na corrente de entrada medida para prover um perfil de corrente escalonada; aplicar as mesmas uma ou mais funções de processamento na voltagem medida para prover uma estimativa da voltagem de resposta escalonada entre os receptores, utilizar tanto a corrente escalonada quanto a voltagem de resposta escalonada estimada para determinar a resistência da terra aparente resultante, e utilizar a resistência da terra aparente para determinar a resistividade da terra.

9. Sistema de acordo com a reivindicação 8, em que o processador é operável para aplicar a função de processamento estimada na voltagem medida por convolução das voltagens recebidas com a função de processamento estimada para encontrar as respostas escalonadas correspondentes.

10. Sistema de acordo com a reivindicação 8 ou 9, em que a função de processamento é um filtro para converter a corrente de entrada medida no perfil escalonado.

11. Sistema de acordo com a reivindicação 8, em que as uma ou mais funções de processamento compreendem um filtro para converter a corrente medida em um impulso e um meio para integrar o resultado para obter o perfil de entrada escalonado.

12. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 11, em que o processador é operável para o ruído cultural.

13. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 12, em que o processador é operável para estimar uma voltagem de estado estável de uma resposta escalonada.

14. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 13, em que os eletrodos de fonte e receptores estão providos em um ambi-

ente marinho.

15. Programa de computador, de preferência em um meio legível por computador ou portador, para determinar as variações de resistividade na terra utilizando uma medida de corrente de entrada entre um par de eletrodos de fonte e uma medida da voltagem transiente resultante entre pelo menos um par de eletrodos receptores, o programa de computador tendo um código ou instruções para estimar uma ou mais funções de processamento para aplicar na corrente de entrada medida para prover um perfil de corrente escalonada; aplicar as mesmas uma ou mais funções de processamento na voltagem medida para prover uma estimativa da voltagem de resposta escalonada entre os receptores; utilizar tanto a corrente escalonada quanto a voltagem de resposta escalonada estimada para determinar a resistência da terra aparente resultante, e utilizar a resistência da terra aparente para determinar a resistividade da terra.

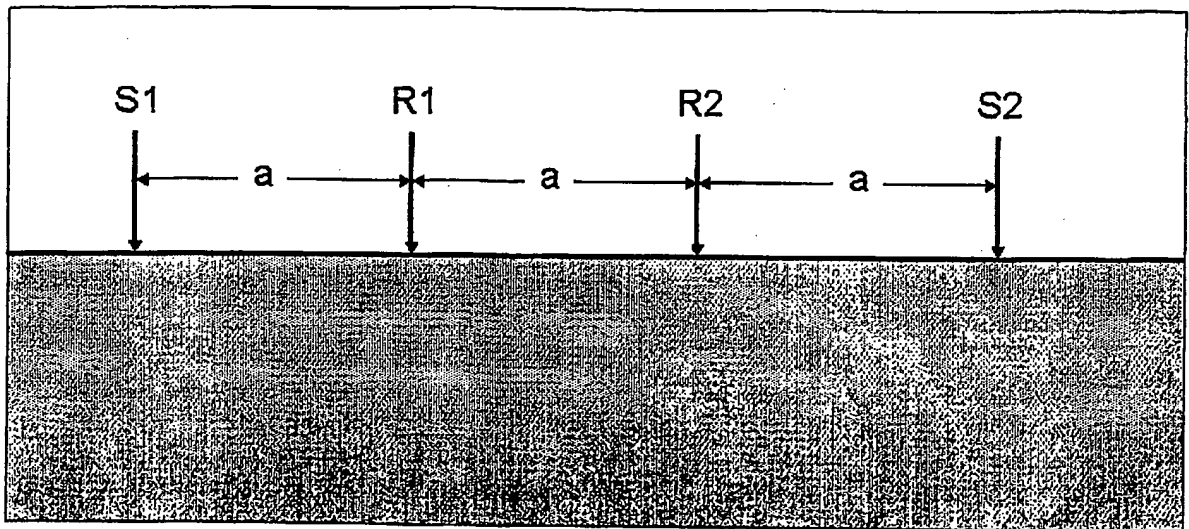


FIG 1

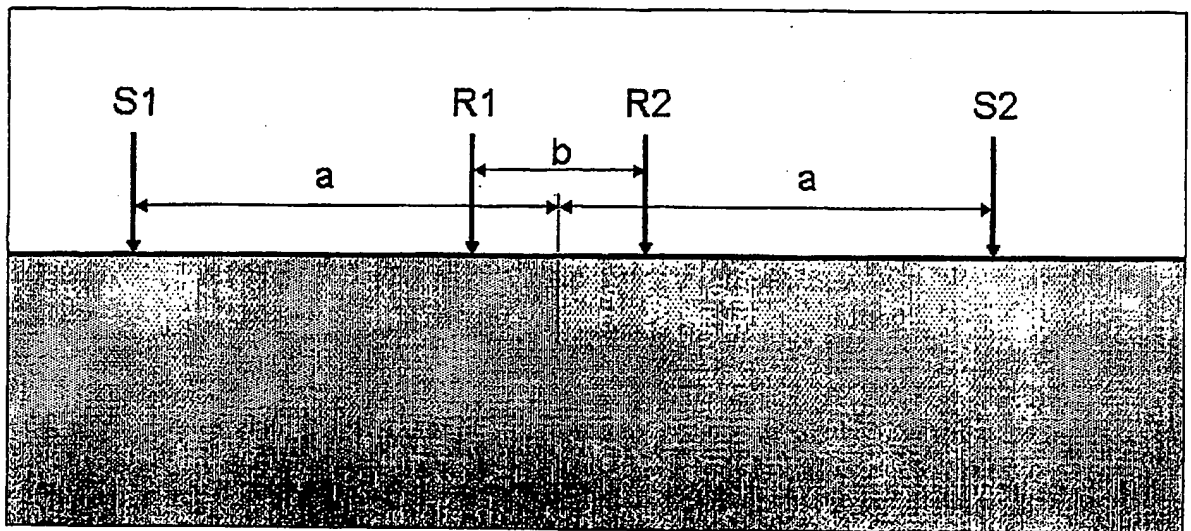


FIG 2

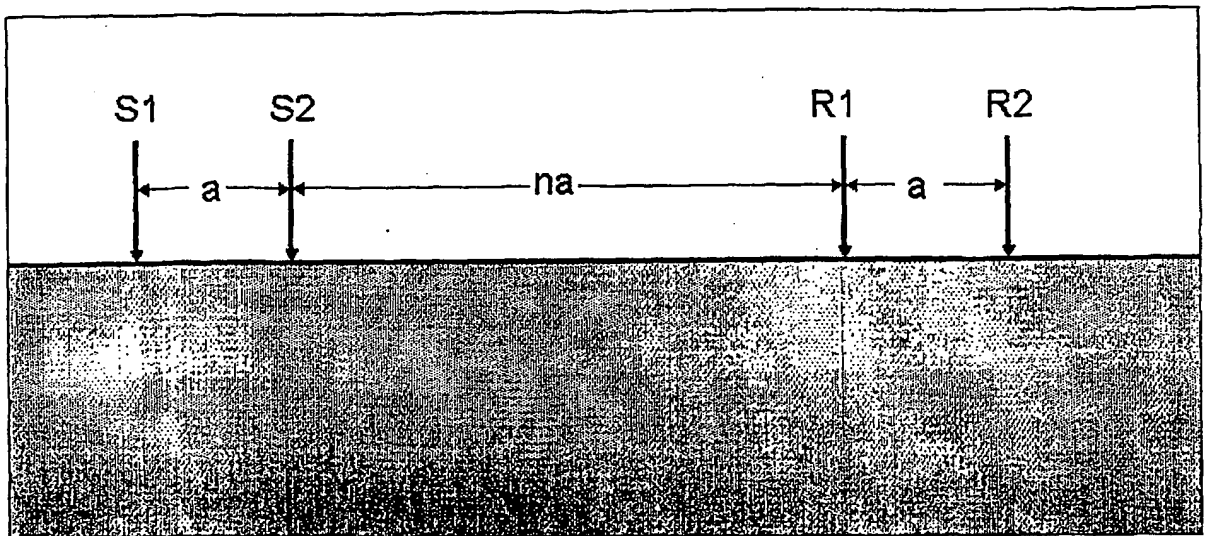


FIG 3

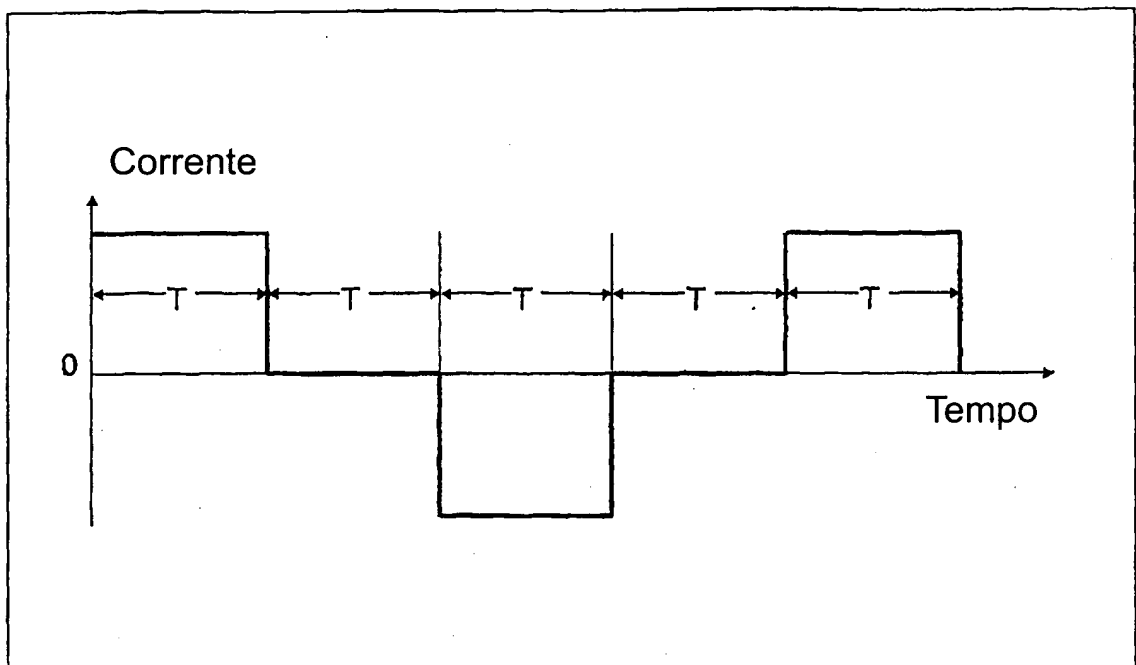


FIG 4

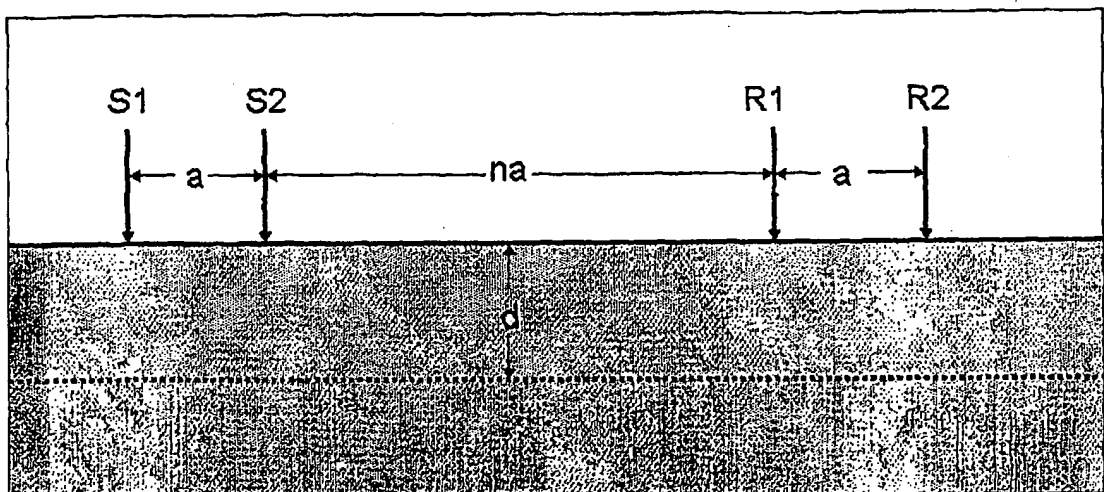


FIG 5

6/11

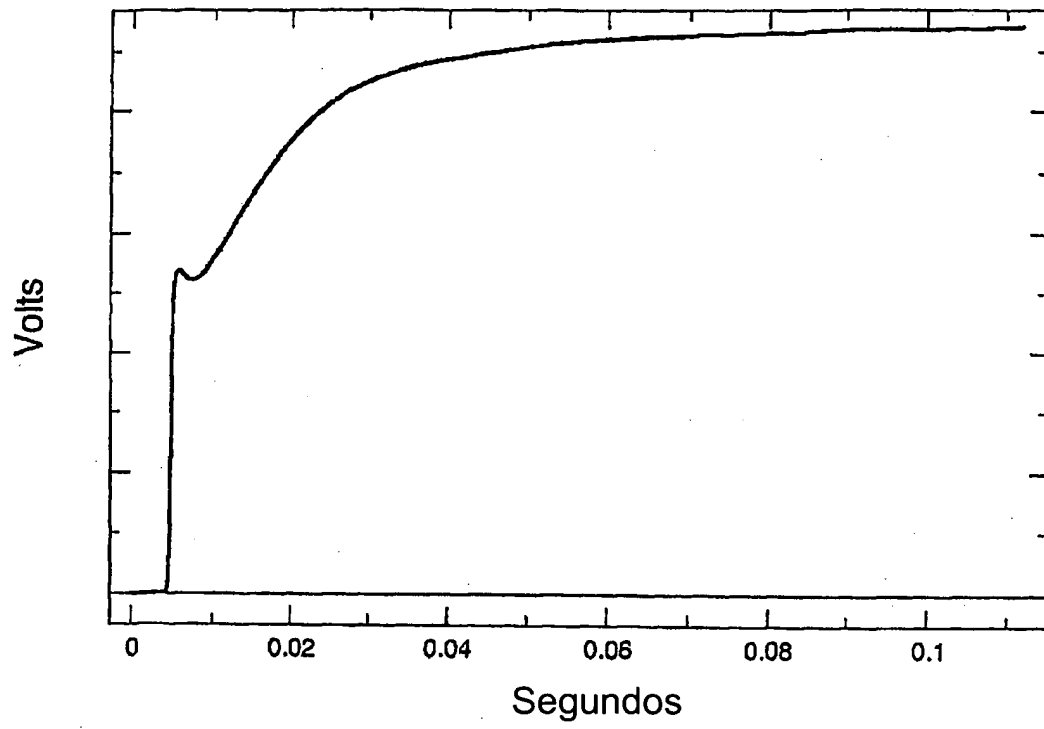


FIG 6

7/11

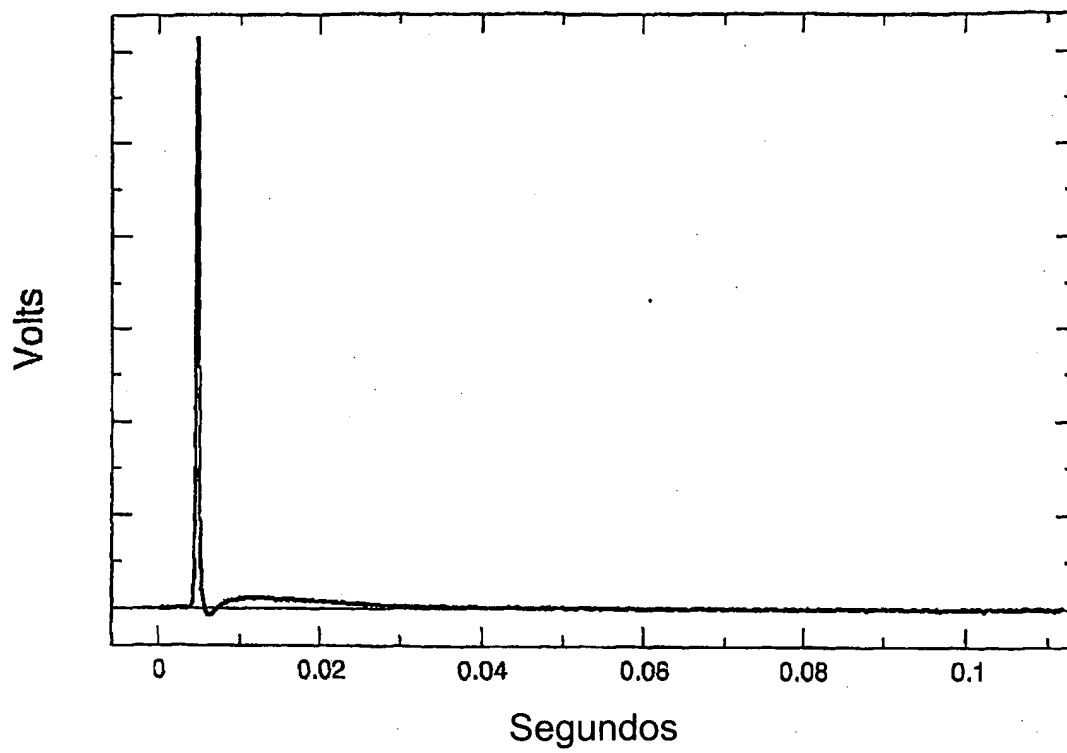


FIG 7

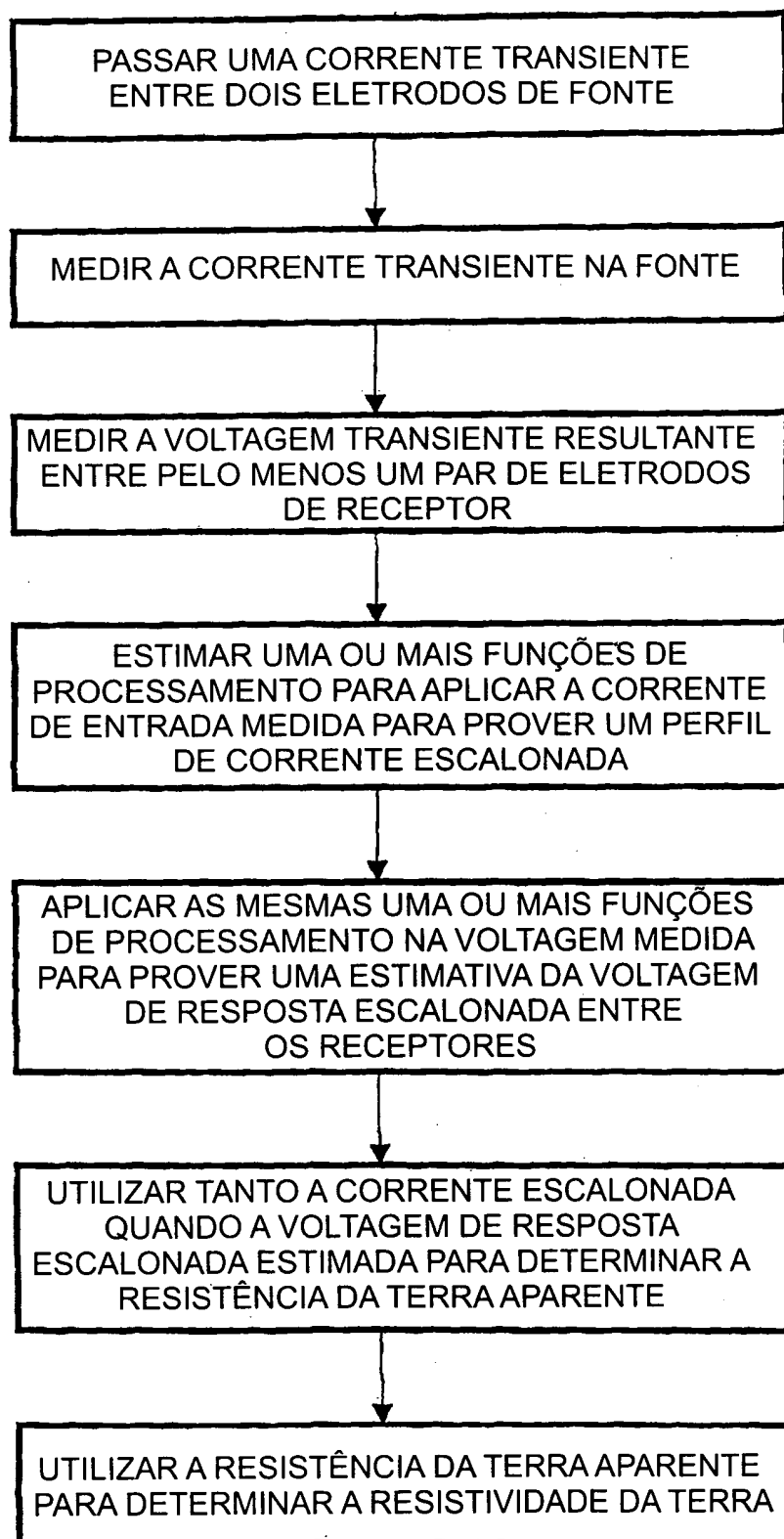


FIG 8

9/11

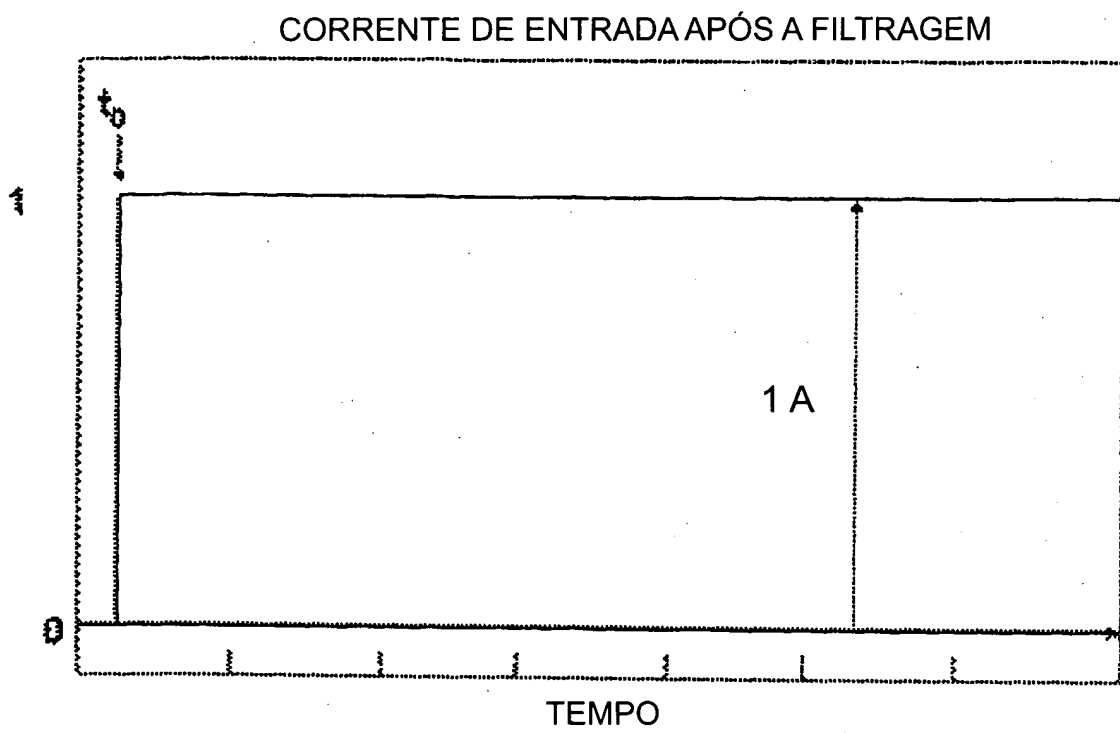


FIG 9

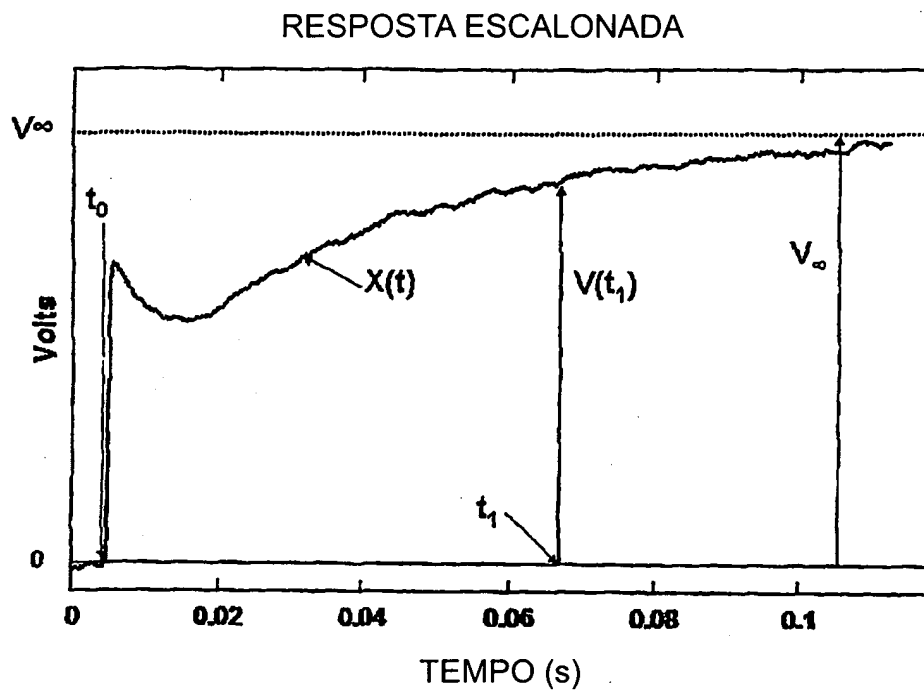


FIG 10

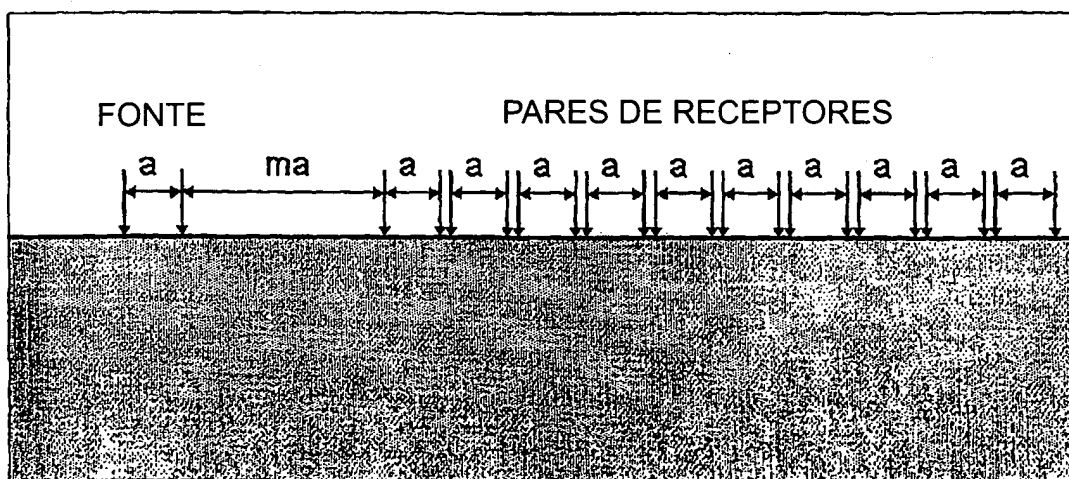


FIG 11

RESUMO

Patente de Invenção: "MEDIÇÕES DE RESISTIVIDADE CC DE MÚLTIPLOS TRANSIENTES".

A presente invenção refere-se a um método para medir as varia-
 5 ções de resistividade na terra que compreende passar uma corrente transi-
 ente entre dois eletrodos de fonte; medir a corrente transiente nos eletrodos
 de fonte; medir a voltagem transiente resultante entre pelo menos um par de
 eletrodos receptores; estimar uma ou mais funções de processamento para
 aplicar na corrente de entrada medida para prover um perfil de corrente es-
 10 calonada; e aplicar as mesmas uma ou mais funções de processamento na
 voltagem medida para prover uma estimativa da voltagem de resposta esca-
 lonada entre os receptores, utilizando tanto a corrente escalonada quanto a
 voltagem de resposta escalonada estimada para determinar a resistência da
 terra aparente resultante, e utilizar a resistência da terra aparente para de-
 15 terminar a resistividade da terra.