

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

(21) **PI0804906-8 A2**



* B R P I 0 8 0 4 9 0 6 A 2 *

(22) Data de Depósito: 19/11/2008
(43) Data da Publicação: 26/01/2010
(RPI 2038)

(51) *Int.Cl.:*
G01V 3/00 (2010.01)

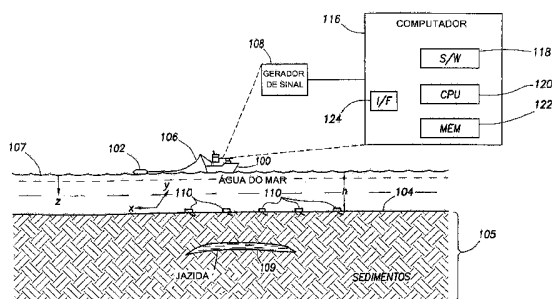
(54) Título: **MÉTODO DE PROCESSAMENTO DE DADOS DE LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO REPRESENTANDO UMA ESTRUTURA SUBTERRÂNEA, E MÉTODO**

(30) Prioridade Unionista: 21/11/2007 US 11/943,627

(73) Titular(es): Geco Technology B.V

(72) Inventor(es): David Alumbaugh, Edward Nichols, Jiuping Chen, Kevin Eyl, Stephen Allan Horne

(57) Resumo: MÉTODODE PROCESSAMENTO DE DADOS DE LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO REPRESENTANDO UMA ESTRUTURA SUBTERRÂNEA, E MÉTODO. Para processamento de dados de levantamentos exploratórios subterrâneos, são colhidos dados de medição por um receptor posicionado em águas profundas, em que os dados de medição colhidos correspondem a sinais emitidos por pelo menos uma fonte de sinal localizada em ou na proximidade de uma interface ar-água do corpo de água. Os dados de medição são processados para redução de um componente de sinal previamente determinado.





MÉTODO DE PROCESSAMENTO DE DADOS DE LEVANTAMENTO
EXPLORATÓRIO REPRESENTANDO UMA ESTRUTURA SUBTERRÂNEA, E
MÉTODO

CAMPO TÉCNICO

5 A presente invenção refere-se na generalidade a
processamento de dados de levantamentos subterrâneos, em
que dados de medições obtidos por um receptor de águas
profundas (em resposta a ondas eletromagnéticas emitidas
por uma fonte de baixa profundidade) são processados para
10 redução de um componente de sinal previamente determinado,
tal como um componente de onda de ar.

ANTECEDENTES

Existem diversas técnicas eletromagnéticas para
realização de levantamentos de uma estrutura subterrânea
15 para identificação de estratos de interesse. Exemplos de
estratos de interesse na estrutura subterrânea incluem
corpos resistivos abaixo da superfície, tais como jazidas
contendo hidrocarbonetos, zonas de injeção de gás, camadas
de sal ou carbonato finas, e lençóis ("aquíferos") de água
20 doce. Uma técnica de levantamento é uma técnica de
levantamento magnetotelúrico (MT) que emprega medições de
tempo de campos elétricos e magnéticos (que reagem a campos
eletromagnéticos de ocorrência natural) para determinação
da distribuição de condutividade elétrica abaixo da
25 superfície. Uma outra técnica de levantamento é uma técnica
de levantamento eletromagnética de fonte controlada

("Controlled Source Electromagnetic" - CSEM), em que um transmissor eletromagnético, designado como "fonte", é utilizado para geração de sinais eletromagnéticos. Com qualquer uma das técnicas de levantamento, unidades de levantamento referidas como "receptores" são colocadas em operação sobre uma superfície (tal como o leito marinho ou em terra) dentro de uma área de interesse para realização de medições das quais podem ser derivadas informações sobre as estruturas subterrâneas. Os receptores podem incluir vários sensores para detecção de qualquer combinação de campos elétricos, correntes elétricas e campos magnéticos.

Em levantamentos CSEM em ambiente marítimo, estudos de aquisição e modelagem demonstraram que alvos resistivos finos em uma estrutura subterrânea, tais como jazidas contendo hidrocarbonetos, zonas de injeção de gás, estratos finos de carbonato ou sal, lençóis de água doce, e assim por diante, são mais facilmente detectáveis quando uma fonte CSEM é posicionada na proximidade do leito marinho. Na prática, a fonte CSEM é rebocada ou "feita voar" tão próxima do leito marinho quanto as condições permitam. Tipicamente, a fonte CSEM será rebocada entre 30 e 50 metros acima do leito marinho.

Em ambiente marítimo de águas profundas, a localização da fonte EM na proximidade do leito marinho pode tornar o levantamento EM difícil e dispendioso por diversos motivos. Por exemplo, é necessário que a fonte EM seja endurecida para suportar as pressões a que estará

sujeita em águas profundas. Adicionalmente, as fontes CSEM requerem uma grande quantidade de corrente para criação do momento necessário, e a corrente tem como resultado a perda de uma quantidade significativa de energia devido ao aquecimento resistivo ao longo de um cabo de reboque que
5 pode ter até 6.000 metros de comprimento. Além disso em uma aplicação de águas profundas, a velocidade da embarcação marítima não pode exceder 1 até 2 nós para impedir que a fonte CSEM suba na direção da superfície do mar afastando-
10 se do leito marinho.

SUMÁRIO

Em um aspecto, um método de processamento de dados de levantamentos subterrâneos inclui o recebimento de dados de medições obtidos por um receptor posicionado a uma
15 profundidade maior ou igual a 300 metros em um corpo de água. Os dados de medições são captados em resposta a ondas de sinal emitidas por pelo menos uma fonte de sinal localizada em ou na proximidade da interface ar-água acima do corpo de água. Os dados de medições são processados para
20 redução de um componente de sinal previamente determinado.

Em um outro aspecto, um artigo compreende pelo menos uma mídia de armazenamento passível de leitura em computador contendo instruções que quando executadas fazem um computador receber dados de medições obtidos por um
25 receptor posicionado a uma profundidade maior ou igual a 300 metros em um corpo de água, em que os dados de medições obtidos respondem a sinais emitidos por pelo menos uma

de duas medições para realização de uma técnica de processamento de compensação ou cancelamento de campo ("bucking"), de acordo com a presente divulgação.

5 A Fig. 4 é um diagrama de fluxo da técnica de processamento de "bucking" de acordo com a presente divulgação.

A Fig. 5 é um diagrama de fluxo de uma técnica de processamento de "stripping" magnetotelúrico (MT), de acordo com a presente divulgação.

10 As Figs. 6-7 são gráficos ilustrativos de relações de amplitudes de sinal como funções de desvios fonte-receptor para as técnicas de "bucking" e "MT-stripping" de acordo com a presente divulgação, respectivamente.

DESCRIÇÃO DETALHADA

15 Na descrição a seguir são apresentados numerosos detalhes para adequada compreensão da presente invenção. Entretanto, deverá ser entendido por aqueles que são versados na técnica que a presente invenção pode ser praticada sem estes detalhes e que são possíveis numerosas
20 variações ou modificações das configurações descritas.

De acordo com alguns exemplos divulgados, é provida uma técnica para processamento de dados de medições obtidos por um ou mais receptores de águas profundas (localizados em uma profundidade de 300 metros ou mais em um corpo de
25 água) em resposta a ondas de sinal transmitidas por uma fonte de sinal (por exemplo, uma fonte eletromagnética ou EM), em que a fonte de sinal é localizada em uma posição

pouco profunda ou rasa no corpo de água (em ou na proximidade da interface ar-água) do corpo de água. O processamento desses dados de medições reduz (ou elimina) pelo menos um componente de sinal previamente determinado no(s) receptor(es) de águas profundas. O pelo menos um componente de sinal previamente determinado que é reduzido ou eliminado em um receptor pode consistir em um componente de sinal indesejável que não tem sensibilidade para camadas em uma estrutura subterrânea. Um exemplo de um tal componente de sinal indesejável é um componente de sinal devido a um efeito de onda de ar.

O efeito de onda de ar é causado por uma parte de sinal EM gerada por uma fonte de sinal que segue um percurso estendendo-se no sentido ascendente da fonte de sinal para a superfície do mar, horizontalmente através do ar, e subseqüentemente retornando no sentido descendente através da água do mar até um receptor (normalmente localizado sobre um leito marinho).

Algumas técnicas de levantamento de acordo com a presente divulgação podem ser utilizadas em um ambiente de águas profundas em que os receptores são dispostos sobre o leito marinho (ou na proximidade do leito marinho), enquanto uma fonte EM é disposta em ou na proximidade da superfície do mar, podendo situar-se a uma distância relativamente grande do leito marinho no ambiente de águas profundas. Uma aplicação de águas profundas é uma aplicação em que as profundidades de lâmina de água (distância da

superfície do mar até o leito marinho) são de 300 metros ou mais. Uma fonte de sinal encontra-se próxima da superfície do mar (ou da interface ar-água) se a fonte de sinal se encontrar mais próxima em termos de profundidade
5 relativamente à superfície do mar (ou interface ar-água) do que relativamente ao receptor. Normalmente, em uma aplicação de águas profundas, a distância vertical entre a fonte de sinal e o receptor é menor que ou igual a 100 metros.

10 O benefício obtido pelo reboque de uma fonte de sinal na proximidade da superfície do mar reside no fato de o hardware da fonte de sinal não requerer um certo grau de endurecimento na medida em que a fonte de sinal não terá que suportar grandes pressões a grandes profundidades.
15 Adicionalmente, os cabos de reboque podem ser tornados mais curtos para provisão de menores perdas de energia. Adicionalmente, o levantamento pode ser realizado a maiores velocidades já que a embarcação marítima pode rebocar a fonte de sinal a velocidades mais elevadas, permitindo
20 tempos de aquisição mais curtos e custos de aquisição reduzidos. O reboque de uma fonte de sinal a velocidades mais altas é possível devido ao fato de a fonte de sinal ser provida na superfície do mar ou próximo da mesma, existindo assim uma preocupação menor de que a fonte de
25 sinal venha a subir quando rebocada em altas velocidades.

Com as técnicas de levantamento CSEM, a fonte CSEM inclui um transmissor EM que gera sinais EM que se propagam

ou difundem através de diversas camadas, incluindo a água do mar e camadas em uma estrutura subterrânea. A Fig. 1 ilustra um ambiente marítimo ou submarino que inclui uma fonte de sinal (por exemplo, um transmissor EM) 102 rebocado na superfície do mar 107 ou próximo da mesma para levantamento de exploração de estruturas subterrâneas 105. As estruturas subterrâneas 105 incluem um corpo resistivo 109 de interesse, tal como uma camada contendo hidrocarbonetos, uma zona de injeção de gás, uma camada fina de carbonato ou sal, um lençol de água doce, e assim por diante. Os sinais EM são afetados por camadas subterrâneas, e o sinal detectado em um receptor 110 localizado na superfície (neste caso no leito marinho 104) representa esse efeito. Na Fig. 1, uma pluralidade de receptores 110 encontram-se localizados sobre ou na proximidade do leito marinho 104. Cada receptor 110 inclui um módulo sensor possuindo elementos sensores para detecção de um ou mais campos elétricos, correntes elétricas, e campos magnéticos. Em um exemplo, uma pluralidade de receptores 110 são dispostos sobre o leito marinho 104 em uma fileira (em uma direção ilustrada como x). Em outros exemplos, os receptores 110 podem ter outras configurações de disposição, tal como uma grade quadrangular de receptores ou até mesmos um arranjo aleatório de receptores.

Conforme se encontra adicionalmente ilustrado no arranjo marítimo da Fig. 1, uma embarcação marítima 100 é

capaz de rebocar o transmissor EM 102 na água do mar. No exemplo ilustrado na Fig. 1, o transmissor EM 102 é um transmissor de dipólo elétrico horizontal. São igualmente possíveis outros tipos de transmissores. Por exemplo, 5 poderá ser utilizado um transmissor de dipólo magnético horizontal. Podem igualmente ser utilizados receptores de dipólo magnético e elétrico de tipo vertical. Adicionalmente podem ser utilizados outros transmissores diversos de transmissores de dipólo.

10 O arranjo exemplar da Fig. 1 é um arranjo de águas profundas em que uma profundidade do leito marinho 104 (relativamente à superfície do mar 107) é maior que ou igual a 300 metros. Rebocando-se o transmissor 102 na proximidade da superfície 107 do mar, o transmissor 102 15 fica relativamente distante (verticalmente na direção z) do leito marinho 104 e das estruturas subterrâneas 105. Em alguns exemplos, o transmissor 102 pode ser rebocado dentro de uma distância de 10 metros a partir da superfície. Conforme foi observado acima, são obtidos vários benefícios 20 com o reboque do transmissor 102 na superfície 107 do mar ou próximo da mesma. Entretanto, a distância relativamente grande entre o transmissor 102 e os receptores 110 e estruturas subterrâneas 105 apresenta dificuldades em termos de possibilitar a aquisição de dados de levantamento 25 corretos nos receptores 110. Uma dessas dificuldades envolve a remoção de efeitos indesejáveis de componentes de sinal que não têm sensibilidade a camadas nas estruturas

subterrâneas 105, dos dados medidos em um receptor 110. São empregadas técnicas de processamento para redução ou eliminação desses efeitos indesejáveis.

O transmissor EM 102 é acoplado por um cabo de reboque 106 (ou por múltiplos cabos de reboque) a um gerador de sinal 108 localizado na embarcação marítima 100. O gerador de sinal 108 controla as frequências, magnitudes, e fases dos sinais EM gerados pelo transmissor 102.

Cada um dos receptores 110 inclui um dispositivo de armazenamento para armazenamento de dados de medições feitas pelos receptores 110. Os dados de medições armazenados são recuperados posteriormente, tal como quando os receptores 110 são recuperados para a embarcação marítima 100. Os dados de medições recuperados podem ser transferidos para um computador 116 localizado na embarcação marítima 100, cujo computador 116 possui software de análise 118 capaz de analisar os dados de medições para propósitos de determinação de informações sobre as estruturas subterrâneas 105. O software de análise 118 no computador 116 é executável em uma unidade de processamento central (CPU) 120 (ou em uma pluralidade de CPU's), que é acoplada a um meio de armazenamento 122. Uma interface 124 que é acoplada à CPU 120 é provida para permitir comunicação entre o computador 116 e um dispositivo externo. Por exemplo, o dispositivo externo pode consistir em um dispositivo de armazenamento removível contendo dados de medições realizadas pelos receptores 110.

Alternativamente, a interface 124 pode ser acoplada a um dispositivo de comunicações para permitir comunicações dos dados de medições entre o computador 116 e os receptores 110, em que as comunicações podem ser comunicações com fios ou comunicações sem fios. As comunicações com fios ou comunicações sem fios podem ser realizadas quando os receptores 110 tiverem sido recuperados para a embarcação marítima 100. Alternativamente, as comunicações com fios ou comunicações sem fios podem ser realizadas durante a permanência dos receptores 110 sobre o leito marinho 104.

Alternativamente, ao invés de ser provido o computador 116 (e o software de análise 118) na embarcação marítima 100, o computador 116 pode ser localizado em uma localização remota (por exemplo, em uma localização terrestre). Os dados de medições dos receptores 110 podem ser comunicados da embarcação marítima 100 para a localização remota. Em um exemplo, as informações são comunicadas por meio de uma interligação sem fios, tal como uma interligação via satélite.

Em alguns exemplos podem ser aplicadas duas técnicas de processamento diferentes a dados de medições obtidos por receptores de águas profundas para remoção de um componente de sinal de onda de ar nos receptores. Uma primeira das duas técnicas de processamento inclui uma técnica de processamento de compensação ou cancelamento de campo ("bucking") que utiliza dois valores de dados obtidos em resposta a duas diferentes posições da fonte de sinal. A

amplitude de um dos valores de dados é ajustada, e os dois valores de dados são então subtraídos um do outro para permitir que o componente de onda de ar seja "bucked-out" (eliminado ou reduzido) com simultânea permanência das informações sobre a estrutura subterrânea.

A segunda técnica de processamento envolve um processamento que utiliza tanto as medições obtidas de acordo com uma técnica de levantamento CSEM e medições obtidas de acordo com uma técnica de levantamento magnetotelúrica (MT). Com a técnica de levantamento MT, um receptor mede sinais que respondem a campos EM gerados naturalmente, tais como aqueles existentes na atmosfera superior terrestre. Se um corpo alvo de interesse for uma camada resistiva fina (por exemplo, uma camada fina contendo hidrocarbonetos tais como petróleo e gás, ou um lençol de água contendo água doce), as medições MT (medições realizadas com utilização da técnica de levantamento MT) serão insensíveis à presença da camada resistiva fina. Os campos EM de ocorrência natural excitam predominantemente fluxos de correntes horizontais na terra, tornando assim a técnica de levantamento MT intrinsecamente insensível a camadas resistivas finas localizadas na estrutura subterrânea. Por outro lado, os campos EM medidos com utilização da técnica de levantamento CSEM são sensíveis à presença de uma camada resistiva fina na estrutura subterrânea. Entretanto, a técnica de levantamento CSEM é sensível a efeitos de onda de ar,

particularmente quando o transmissor EM 102 se encontra em uma localização rasa.

Com a segunda técnica de processamento, o efeito de onda de ar é estimado com base em medições obtidas com utilização da técnica de levantamento MT. O efeito de onda de ar estimado pode ser então removido das medições obtidas com utilização da técnica de levantamento CSEM para produção de um valor de saída que pode ser utilizado para determinação mais precisa da presença de camadas resistivas finas na estrutura subterrânea. Esta segunda técnica de processamento é referida como uma técnica de separação magnetotelúrica ("MT-stripping").

Em outros exemplos, podem ser utilizadas outras técnicas de processamento para remoção de componentes de sinal indesejáveis de dados de medições obtidos por um receptor.

São dadas a seguir algumas informações relativas à contribuição do efeito de onda de ar para os dados medidos. Por exemplo, a terra pode ser simplificada para um modelo de duas camadas incluindo uma fonte de dipólo eletromagnético localizada abaixo da superfície de um meio condutor de condutividade uniforme (tal como no caso de uma fonte de dipólo elétrico localizada em um corpo de água acima de um meio espaço uniforme com aproximadamente a mesma condutividade elétrica que a água). Se tanto a profundidade da fonte (Z) quanto a profundidade do receptor (h) forem menores que a separação lateral (R) entre a fonte

e o receptor, os campos elétrico e magnético podem ser escritos como:

$$E, H \cong P_0 + P_1 + L, \quad (\text{Eq. 1})$$

em que E representa o campo elétrico, H representa o campo magnético, P_0 representa a resposta de campo direta produzida por uma fonte de dipólo em um meio de condutividade uniforme, neste caso a água do mar, P_1 representa um termo de imagem modificado que seria gerado por uma segunda fonte também localizada em uma terra de condutividade uniforme, porém posicionada a uma distância aproximadamente igual a $2z$ acima da fonte verdadeira, e L representa uma onda lateral, normalmente designada "onda de ar". Deverá ser observado que quando se encontra presente abaixo do fundo do mar uma estrutura subterrânea, a maioria das informações sobre a estrutura podem ser consideradas contidas no termo de imagem, P_1 , ao passo que P_0 e L permanecem alternativamente totalmente inalterados, ou somente moderadamente modificados, respectivamente.

A onda de ar L é atenuada durante o percurso reto no sentido ascendente a partir da fonte de sinal (102) para a interface ar-água (superfície 107 do mar na Fig. 1). A onda lateral realiza um percurso lateral ao longo da interface ar-água com a amplitude decrescendo somente através de espalhamento geométrico $1/R^3$, e a onda lateral torna-se adicionalmente atenuada durante um percurso vertical no sentido descendente da interface ar-água para o receptor 110.

A onda lateral L é induzida pelo efeito de onda de ar constitui um exemplo de um componente indesejável que pode ser detectado por um receptor 110 no leito marinho 104, já que a onda lateral não contém informações relativas à estrutura subterrânea 105 da qual está sendo realizado o levantamento.

Quando se considera a terra incluindo um modelo de duas camadas, os componentes P_0 , P_1 e L são facilmente calculados com expressões analíticas que dependem da condutividade da água, das profundidades da fonte de sinal 102 e dos receptores 110 abaixo da superfície 107 do mar, e das distâncias laterais relativas entre a fonte e os receptores. Quando uma fonte de sinal é disposta na superfície 107 do mar ou na proximidade da mesma, estes componentes P_0 , P_1 , e L irão dominar componentes que são afetados pela sub-superfície 105.

A Fig. 2A apresenta um gráfico ilustrativo de uma relação entre amplitudes de campo elétrico detectadas em um receptor e um desvio entre o receptor e a fonte (em que o desvio é a distância lateral entre o receptor e a fonte). A Fig. 2A ilustra uma relação exemplar de um arranjo convencional em que uma única fonte é provida a uma profundidade próxima da profundidade do receptor. No exemplo da Fig. 2A, é suposto que a fonte se encontra a 950 metros abaixo da superfície do mar, e que o receptor se encontra no leito marinho a 1.000 metros. Uma curva 200 na Fig. 2A representa amplitudes de campo elétrico simuladas

(medidas pelo receptor) como função do desvio fonte-receptor quando um corpo resistivo se encontra presente na estrutura subterrânea. Por outro lado, uma curva 202 representa amplitudes simuladas (medidas pelo receptor) como função do desvio fonte-receptor quando o corpo resistivo não se encontra presente na estrutura subterrânea. Assim, conforme se encontra ilustrado na Fig. 2A, em um arranjo convencional que inclui uma fonte e um receptor que se encontram relativamente próximos um do outro em termos de profundidade (50 metros ou algo assim), as amplitudes elétricas no receptor induzidas por um corpo resistivo alvo na estrutura subterrânea podem ser detectadas em certos desvios fonte-receptor (desvios em que existe uma separação detectável entre as curvas 200 e 202 na Fig. 2A).

Entretanto, se o receptor permanecer no leito marinho a 1.000 metros, porém a fonte for içada para uma profundidade de 300 metros (medido a partir da superfície do mar), a relação de amplitudes simuladas como função de desvio fonte-receptor é ilustrada na Fig. 2B. Na Fig. 2B, a curva 200A (que representa amplitudes como função de desvio fonte-receptor quando um corpo resistivo se encontra presente) e a curva 202A (que representa amplitudes como função de um desvio fonte-receptor quando um corpo resistivo não se encontra presente) apresentam menos separação entre as mesmas. Como resultado, um usuário terá maior dificuldade para determinar com precisão se um corpo

resistivo se encontra ou não na estrutura subterrânea. Assim, pode ser observado no gráfico da Fig. 2B que quando a fonte é içada 700 metros acima do receptor, componentes de sinal indesejáveis tais como a onda lateral devida ao efeito de onda de ar tornam-se mais dominantes, tornando mais difícil a detecção do corpo resistivo na estrutura subterrânea.

A Fig. 2C ilustra um arranjo que inclui uma única fonte e receptor em que a fonte foi içada para apenas 5 metros abaixo da superfície do mar, enquanto o receptor permanece no leito marinho 1.000 metros abaixo da superfície do mar. Neste caso, a curva 200B (que representa amplitudes simuladas correspondentes à presença do corpo resistivo na estrutura subterrânea) e a curva 202B (que representa amplitudes correspondentes à ausência do corpo resistivo na estrutura subterrânea) apresentam ainda menos separação, tornando ainda mais difícil a detecção do corpo resistivo.

Técnica de Processamento de Compensação ou Cancelamento de Campo ("Bucking")

Conforme foi observado acima, de acordo com um exemplo, o componente de onda de ar (ou algum outro componente indesejável da medição de campo elétrico) pode ser reduzido ou eliminado mediante utilização da técnica de processamento de "bucking", em que o efeito de onda de ar (ou outro componente indesejável) pode ser "bucked" (cancelado ou reduzido) com utilização de duas medições a

diferentes distâncias laterais da fonte de sinal para o receptor. Em algumas implementações, as medições realizadas para a fonte de dipólo elétrico a duas diferentes distâncias horizontais podem ser combinadas para remoção do efeito de onda de ar (ou outro componente indesejável). O efeito de onda de ar (ou outro componente indesejável) é removido devido ao fato de a distância especial de amplitude do componente indesejável ser previsível mediante uma expressão analítica simples, que é apresentada abaixo.

5

10 Devido ao fato de a resposta da jazida/leito marinho ter características diferentes em termos de suas variações espaciais, é possível aplicar as correções geométricas apropriadas e combinar dois pontos de dados separados ao longo de uma linha horizontal para remoção do efeito de

15 onda de ar (ou outro componente indesejável) mantendo-se simultaneamente a resposta dos alvos em profundidade.

Mais especificamente, em algumas implementações, o efeito de onda de ar depende da distância horizontal (lateral) entre a fonte e o receptor (designada como R e a

20 profundidade do transmissor (designada como z) relativamente à superfície 107 do mar. Desta forma, se forem conhecidas estimativas razoavelmente precisas da posição R da fonte e da profundidade z da fonte, o efeito de onda de ar pode ser retirado por "bucking" mediante

25 combinação de múltiplas medições. Por exemplo, conforme se encontra ilustrado na Fig. 3, a fonte 102 de sinal pode ser movida entre uma primeira posição e uma segunda posição,

com duas correspondentes medições (designadas E_1 e E_2) obtidas pelo receptor 110 com a fonte de sinal nas duas posições. As duas medições podem ser combinadas para geração de uma medição (designada E_{12}^B) que é relativamente insensível ao efeito de onda de ar conforme se encontra representado abaixo:

$$E_{12}^B = E_1 \left[e^{-k_{sw}(Z_2 - Z_1)} \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 \right] - E_2, \quad (\text{Eq. 2})$$

em que R_1 (ver a Fig. 3) representa o desvio lateral entre a fonte 102 de sinal (na primeira posição) e o receptor 110, e Z_1 representa a profundidade da fonte 102 de sinal (da superfície 107 do mar para a fonte 102 de sinal) na primeira posição. A primeira posição da fonte 102 de sinal (representada por R_1 e Z_1) corresponde à primeira medição E_1 . R_2 representa o desvio lateral entre a fonte 102 de sinal (na segunda posição) e o receptor 110, e Z_2 representa a profundidade da fonte 102 de sinal na segunda posição.

A constante de propagação k_{sw} na Eq. 2 é expressada como:

$$k_{sw} = \sqrt{2\pi i f \mu \sigma_{sw}}, \quad (\text{Eq. 3})$$

20

em que a notação i representa a raiz quadrada de um negativo ($\sqrt{-1}$), f representa a frequência do sinal, μ representa a permeabilidade magnética do meio, que é

supostamente a do espaço livre ($\mu = \mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H / m}$), e σ_{sw} representa a condutividade da água do mar.

Fazendo referência à Fig. 4, uma técnica de "bucking" 200 (que pode ser realizada pelo software 118 da Fig. 1) inclui a recepção (em 202) de uma primeira medição de campo eletromagnético (E_1 de acordo com a Eq. 2) com a fonte 102 de sinal na primeira posição para provisão de primeiros dados de medição, e a recepção (em 204) de uma segunda medição de campo eletromagnético (E_2 de acordo com a Eq. 2) com a fonte 102 de sinal na segunda posição para provisão de segundos dados de medição. As medições são associadas ao mesmo tipo de receptor (isto é, as medições são alternativamente medições de campo elétrico ou medições de campo magnético) e são associadas com a mesma polarização de receptor (isto é, em linha ou cruzada). Os primeiros e segundos dados de medição podem ser então combinados (em 206) para geração de terceiros dados (E_{12}^B de acordo com a Eq. 2), e não são sensíveis ao efeito de onda de ar e são sensíveis a corpos resistivos na estrutura subterrânea. A combinação dos primeiros e segundos dados de medição de acordo com a Eq. 2 envolve o ajuste da amplitude dos primeiros dados de medição (E_1) mediante multiplicação de E_1 por

$$\left[e^{-k_{sw}(Z_2-Z_1)} \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 \right], \text{ com subsequente subtração de } E_2 \text{ do valor ajustado.}$$

Técnica de Processamento de Separação MT ("MT-Stripping")

Conforme foi discutido acima, uma outra técnica de processamento exemplar que pode ser utilizada é a técnica de separação MT ("MT-stripping"). Com a técnica de separação MT, o efeito de onda de ar (ou outro componente indesejável) é aproximado por uma onda de plano de difusão vertical em grandes desvios (um desvio refere-se à distância lateral entre o transmissor 102 e o receptor 110). Em outras palavras, o efeito de onda de ar (ou outro componente indesejável) é aproximado com utilização de medições feitas pelo receptor 110 quando o transmissor EM 102 se encontra localizado a uma distância relativamente grande (grande desvio) do receptor juntamente com medições realizadas quando a fonte se encontra mais próxima. Alternativamente o efeito de onda de ar (ou outro componente indesejável) é aproximado com utilização de medições realizadas quando o transmissor EM 102 se encontra desligado juntamente com medições realizadas com o transmissor ligado. Efetivamente, o efeito de onda de ar (ou outro componente indesejável) pode ser estimado com base na combinação de medições realizadas utilizando-se a técnica de levantamento MT com medições realizadas quando o transmissor se encontra ligado porém suficientemente próximo do receptor para que a onda de ar domine a resposta medida. Devido ao fato de o transmissor EM 102 se encontrar distante ou desligado, o receptor 110 mede sinais que respondem a campos EM gerados naturalmente, tal como dentro

da atmosfera superior terrestre. O efeito de onda de ar estimado (ou outro componente indesejável) pode ser então removido das medições obtidas com utilização da técnica de levantamento CSEM para produção de um valor de saída
5 utilizado para determinação mais precisa da presença de camadas resistivas finas na estrutura subterrânea.

O campo elétrico horizontal gerado pelo efeito de onda de ar (referido como o "campo elétrico horizontal de onda de ar") pode ser estimado mediante multiplicação da
10 impedância MT (que é determinada de medições MT) por um campo magnético CSEM horizontal que é ortogonal à medição de campo elétrico CSEM. A medição MT refere-se a medições de campo magnético e medições de campo elétrico realizadas por elementos sensores de campo magnético e de campo
15 elétrico no receptor 110 quando o transmissor EM 102 se encontra desligado ou localizado distante do receptor 110. A medição de campo magnético CSEM horizontal refere-se a um campo magnético medido por um ou mais elementos sensores de campo magnético no receptor 110; e a medição de campo
20 elétrico CSEM refere-se ao campo elétrico medido por um ou mais elementos sensores de campo elétrico no receptor 110. Os elementos sensores de campo magnético e de campo elétrico no receptor 110 ficam dispostos em um plano horizontal (plano do leito marinho 104) para provisão das
25 medições de campo elétrico e magnético horizontal.

Em desvios maiores (entre o transmissor e o receptor) em que o efeito de onda de ar se encontra

presente nas medições, os campos horizontais na terra ou na água do mar que são gerados pela onda lateral deslocando-se horizontalmente podem ser aproximados por uma energia de plano de difusão vertical (que se desloca ao longo da direção z conforme se encontra ilustrado na Fig. 1). A energia de plano na direção vertical realiza um percurso através da água do mar e do ar e difunde-se através de camadas da estrutura subterrânea. A energia de plano de difusão vertical é essencialmente uma energia EM difundindo-se na direção vertical z . Se a difusão da energia EM for puramente vertical, os campos elétricos e magnéticos associados à energia EM na direção z são horizontais (nas direções x e y da Fig. 1). Neste cenário, o campo elétrico horizontal na direção x é representado como E_x^L e é expressado da seguinte forma:

$$E_x^L = Z_{xy} \cdot H_y^L, \quad (\text{Eq. 4})$$

em que E_x^L é o componente x horizontal do campo elétrico gerado pela onda lateral, H_y^L é o componente y horizontal do campo magnético gerado pela onda lateral, e Z_{xy} é a impedância de onda de plano do meio. O "meio" refere-se ao meio na estrutura subterrânea 105.

A impedância Z_{sy} pode ser obtida mediante realização de medições de campos de onda plana de ocorrência natural com utilização da técnica de levantamento MT. Conforme foi observado acima, as medições

MT podem ser realizadas alternativamente desligando-se o transmissor EM 102 ou colocando-se o transmissor EM 102 distante de um receptor de tal forma que o sinal gerado pelo transmissor EM 102 tenha uma magnitude inferior à magnitude de campos MT de ocorrência natural.

Utilizando uma teoria simplificada, a impedância MT, Z_{xy}^{MT} , da estrutura subterrânea 105 para uma terra unidimensional é definida como:

$$Z_{xy}^{MT} = E_x^{MT}(f) / H_y^{MT}(f), \quad (\text{Eq. 5})$$

em que (f) designa uma estimativa da impedância MT realizada na frequência específica utilizada no levantamento CSEM. A terra unidimensional implica que as propriedades elétricas somente variam na direção z (em outras palavras, até onde pode ser detectado por um receptor, a terra é formada de uma série de camadas uniformes empilhadas umas sobre as outras). Uma terra bidimensional toma como princípio que a terra varia em profundidade (direção z) bem como lateralmente em uma direção. Por exemplo, a condutividade pode variar em ambas as direções x e z , mas será invariável para valores constantes de z e x ao longo da direção y . Uma terra tridimensional é o caso mais geral em que as propriedades da terra variam em qualquer direção.

Na medida em que as técnicas de acordo com algumas implementações são mais úteis para detecção de camadas

resistivas finas em uma estrutura subterrânea, toma-se como
 suposição uma terra unidimensional. Entretanto, em outras
 implementações, as técnicas aqui descritas podem ser
 estendidas para suposições de terra bidimensional ou
 5 tridimensional.

Se o componente de onda lateral (ou energia de
 plano vertical) for suposto dominar a medição CSEM, o campo
 elétrico de energia de plano pode ser estimado mediante
 multiplicação do campo magnético medido no levantamento
 10 CSEM pela impedância determinada por MT. Em outras
 palavras, o campo elétrico que é gerado pela onda lateral é
 estimado como:

$$E_x^L \approx Z_{xy}^{MT} \cdot H_y^{CSEM} \quad (\text{Eq. 6})$$

Desta forma, o campo elétrico horizontal E_x^L induzido pelo
 15 efeito de onda de ar é estimado com utilização de um valor,
 Z_{xy}^{MT} , derivado com utilização de medições de acordo com uma
 técnica de levantamento (a técnica de levantamento MT) que
 não é sensível à presença de um corpo resistivo fino na
 estrutura subterrânea. Esta estimativa é possível porque a
 20 resposta de onda de ar nos dados de medição CSEM são
 descritos por uma energia EM de difusão vertical (na
 direção z), e as medições MT medem somente este tipo de
 resposta. Subtraindo-se o termo E_x^L do campo elétrico
 medido por CSEM define-se um novo valor de saída, que é
 25 designado como o campo elétrico "espalhado" E^{scat} :

$$E_x^{scat} = E_x^{CSEM} - Z_{xy}^{MT} \cdot H_y^{CSEM} \quad (\text{Eq. 7})$$

em que E_x^{CSEM} representa o campo elétrico medido pelo elemento sensor de campo elétrico do receptor 110 na direção x, e H_y^{CSEM} representa o campo magnético na direção y medido pelos elementos sensores de campo magnético.

O campo elétrico espalhado E^{scat} representa o campo elétrico com o campo elétrico de onda lateral removida (em outras palavras, o campo elétrico espalhado E^{scat} representa o campo elétrico derivado das medições realizadas pelo receptor 110 com o efeito de onda de ar removida).

Deverá ser observado que o mesmo processo pode ser aplicado para remoção de efeitos de onda de ar dos campos magnéticos:

$$H_y^{scat} = H_y^{CSEM} - E_x^{CSEM} / Z_{xy}^{MT}, \quad (\text{Eq. 8})$$

em que H_y^{scat} representa o campo magnético com o campo magnético gerado por onda lateral ($H_y^L \approx E_x^{CSEM} / Z_{xy}^{MT}$) removido para remoção da resposta de onda de ar. De acordo com as Eqs. 6-8, os valores de campo (E_x^L ou H_y^L) representando campos induzidos pelo efeito de onda de ar são derivados mediante combinação de uma impedância (Z_{xy}^{MT}) que é livre do efeito de onda de ar com valores de campo medidos por CSEM (H_y^{CSEM} or E_x^{CSEM}) que estão sujeitos ao efeito de onda de ar.

Devido ao fato de os componentes gerados por onda lateral (componentes de campo elétrico ou componentes de campo magnético) nas Eqs. 7 e 8 serem aproximados com o total das medições de campo CSEM (por exemplo, H_y^L baseado em medições E_x^{CSEM} e E_y^L , baseado em medições H_y^{CSEM}), o método de remoção de onda de ar indicado nas Eqs. 7 e 8 funciona melhor para as condições em que as medições CSEM são dominadas pelo efeito de onda de ar.

Uma operação similar para remoção de onda de ar pode ser realizada nas impedâncias medidas propriamente ditas. Em outras palavras:

$$Z_{xy}^{scat} = Z_{xy}^{CSEM} - Z_{xy}^{MT}, \quad (\text{Eq. 9})$$

em que $Z_{xy}^{CSEM} = E_x^{CSEM} / H_y^{CSEM}$. A impedância Z_{xy}^{scat} representa a impedância com o efeito de onda de ar removido. O uso de impedâncias ao invés de valores de campo (elétrico ou magnético) em interpretação CSEM tem o benefício de a impedância ser independente de amplitude de fonte e problemas de rastreamento de fase, e ser menos suscetível a erros de geometria associados com posicionamento relativo de fonte e receptor. Adicionalmente, não existem suposições de dominância de onda de ar nesta expressão (Eq. 9), e portanto a mesma pode ser utilizada tanto em águas profundas quanto em águas rasas.

Em ambientes terrestres bidimensionais e tridimensionais, a impedância medida por MT é um tensor 2x2

ao invés de ser escalar. Para uma terra tridimensional em geral, o tensor tem a forma:

$$Z = \begin{vmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{vmatrix}. \quad (\text{Eq. 10})$$

Em outras palavras, é suposto que z se dispõe diagonalmente em uma direção horizontal que tem um desvio angular relativamente às direções x e y . Nestes casos, a impedância MT utilizada nas expressões acima (Eqs. 7-9) será o componente desviado diagonalmente correspondente para um alinhamento consistente com aquele utilizado para os dados CSEM. Isto pode envolver rotação do tensor de impedância.

As técnicas acima partem do princípio de que os dados de medição MT são obtidos em um trabalho de levantamento atual. Em implementações alternativas, se não existirem dados MT disponíveis porém existir um modelo numérico construído a partir de outros dados (por exemplo um levantamento MT anterior ou dados CSEM de desvio curto em que o efeito de onda de ar não constitui um problema), a impedância MT poderá ser estimada mediante utilização de uma técnica de modelagem.

A Fig. 5 ilustra um fluxo geral de acordo com algumas implementações. Os dados de medição MT são recebidos (em 302) em cada receptor 110. Conforme foi observado acima, os dados de medição MT são recebidos

quando o transmissor EM 102 se encontra distante do receptor, ou quando o transmissor CSEM se encontra desligado. Alternativamente, a tarefa 302 pode ser omitida se as medições MT não forem possíveis ou não se encontrarem
5 disponíveis.

Os dados de medição CSEM são então recebidos (em 304) mediante posicionamento do transmissor 102 a uma distância menor de cada receptor 110. Em seguida a impedância MT é derivada (em 306) com base em campos
10 magnéticos e elétricos MT, de acordo com a Eq. 5. A impedância MT é derivada para uma frequência em que é previsto que o levantamento CSEM será realizado. Se não existirem dados de medição MT disponíveis, a impedância MT poderá ser estimada com utilização de uma técnica de
15 modelagem.

Em seguida, um valor induzido por onda de ar (que pode ser um campo elétrico de acordo com a Eq. 6, um campo magnético de acordo com a Eq. 8, ou a impedância MT propriamente dita de acordo com a Eq. 9) é computado (em
20 308) com base na impedância MT. Um valor CSEM é derivado (em 310) com base nos dados de medição CSEM, em que o valor CSEM pode ser um campo elétrico, E_x^{CSEM} ; um campo magnético, H_y^{CSEM} ; ou uma impedância, Z_{xy}^{CSEM} . O valor induzido por onda de ar (calculado em 308) é removido (tal como por
25 subtração) do valor CSEM (computado em 310) para provisão (em 312) de um valor de saída (por exemplo, E_x^{scat} , H_y^{scat} , ou

Z_{xy}^{scat}) com o efeito de onda de ar removido.

A Fig. 6 representa um gráfico ilustrando curvas 400 e 402 que representam dados simulados produzidos com utilização da técnica de processamento de "bucking". A
5 curva 400 representa amplitudes como função de desvio fonte-receptor quando um corpo resistivo se encontra presente, e a curva 402 representa amplitudes como função de desvio fonte-receptor quando um corpo resistivo não se encontra presente na estrutura subterrânea. Conforme se
10 encontra ilustrado na Fig. 6, com a onda lateral reduzida ou eliminada por meio da técnica de "bucking", é provida uma separação detectável entre a curva 400 e a curva 402 em certos desvios fonte-transmissor. Esta separação permite uma caracterização mais precisa da estrutura subterrânea
15 105 permitindo uma melhor detecção da presença ou ausência do corpo resistivo 109 na estrutura subterrânea.

A Fig. 7 apresenta um outro gráfico ilustrando curvas 500 e 502 representando dados simulados produzidos com utilização da técnica de separação MT ("MT-stripping").
20 A curva 500 representa amplitudes como função de desvio fonte-receptor quando um corpo resistivo se encontra presente, e a curva 502 representa amplitudes como função de desvio fonte-receptor quando um corpo resistivo não se encontra presente na estrutura subterrânea. Conforme se
25 encontra ilustrado na Fig. 7, com a onda lateral reduzida ou eliminada, é provida uma separação detectável entre a curva 500 e a curva 502 em certos desvios fonte-

transmissor.

As instruções de software descritas acima (por exemplo, o software 118 da fig. 1) são carregadas para execução em um processador (tal como uma ou mais CPU's 120 na Fig. 1). O processador inclui microprocessadores, microcontroladores, módulos ou subsistemas de processador (incluindo um ou mais microprocessadores ou microcontroladores), ou outros dispositivos de controle ou computação.

Os dados e instruções (do software) são armazenados em respectivos dispositivos de armazenamento, que são implementados na forma de uma ou mais mídias passíveis de leitura por computador ou de utilização em computador. As mídias de armazenamento incluem diferentes formas de memória incluindo dispositivos de memória de semicondutor tais como memórias de acesso aleatório de tipo dinâmico ou estático (DRAM's ou SRAM's), memórias somente de leitura apagáveis e programáveis (EPROM's), memórias somente de leitura apagáveis e programáveis eletricamente (EEPROM's) e memórias "flash"; discos magnéticos tais como discos fixos, disquetes e discos removíveis; outras mídias magnéticas incluindo fitas; e mídias óticas tais como discos compactos (CD's) ou discos de vídeo digital (DVD's).

Muito embora a invenção tenha sido divulgada com relação a um número limitado de configurações, aqueles que são versados na técnica e têm acesso ao benefício proporcionado pela presente divulgação poderão apreciar a

possibilidade de numerosas modificações e variações das mesmas. É pretendido que as reivindicações que se encontram em anexo abranjam as modificações e variações compreendidas no âmbito do verdadeiro espírito e escopo da invenção.

- REIVINDICAÇÕES -

1. MÉTODO DE PROCESSAMENTO DE DADOS DE LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO REPRESENTANDO UMA ESTRUTURA SUBTERRÂNEA, caracterizado por compreender:

5 recepção de dados de medição colhidos por um receptor posicionado a uma profundidade maior que ou igual a 300 metros em um corpo de água,

 em que os dados de medição colhidos correspondem a sinais emitidos por pelo menos uma fonte de sinal
10 localizada mais próxima da interface ar-água do corpo de água que do receptor; e

 processamento dos dados de medição para redução de um componente de sinal previamente determinado.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1,
15 caracterizado por a recepção dos dados de medição compreender a recepção de primeiros dados de medição com a pelo menos uma fonte de sinal em uma primeira posição, e segundos dados de medição com a pelo menos uma fonte de sinal em uma segunda posição, e

20 em que o processamento dos dados de medição compreende combinação dos primeiros e segundos dados de medição para produção de dados com o componente de sinal previamente determinado removido.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2,
25 caracterizado por a combinação dos primeiros e segundos dados de medição compreender:

 ajuste dos primeiros dados de medição; e

subtração dos segundos dados de medição dos primeiros dados de medição ajustados.

4. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por os primeiros dados de medição consistirem em um primeiro campo elétrico medido E_1 , e os segundos dados de medição consistirem em um segundo campo elétrico E_2 , e em que a combinação dos primeiros e segundos dados de medição compreende o cálculo de E_{12}^B de acordo com:

$$E_{12}^B = E_1 \left[e^{-k_{sw}(Z_2 - Z_1)} \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 \right] - E_2,$$

10 em que R_1 representa um desvio lateral entre a fonte de sinal na primeira posição e do receptor, Z_1 representa uma profundidade da fonte de sinal na primeira posição desde a interface ar-água, R_2 representa um desvio lateral entre a fonte de sinal na segunda posição e o receptor, Z_2
 15 representa uma profundidade da fonte de sinal na segunda posição desde a interface ar-água, e k_{sw} representa uma constante de propagação do corpo de água.

5. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por o processamento dos dados de medição para
 20 redução do componente de sinal previamente determinado compreender o processamento dos dados de medição para redução de um componente de sinal que não é sensível a camadas resistivas finas sob um leito marinho.

6. Método, de acordo com a reivindicação 2,

caracterizado por o componente de sinal previamente determinado compreender pelo menos um de um efeito de onda de ar, um efeito de onda direta, e uma combinação dos mesmos.

5 7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a recepção dos dados de medição compreender:

recepção de primeiros dados de medição de acordo com uma primeira técnica de levantamento eletromagnético; e

10 recepção de segundos dados de medição de acordo com uma segunda técnica diferente de levantamento eletromagnético.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por a recepção dos primeiros dados de medição
15 ocorrer de acordo com uma técnica de levantamento magnetotelúrico (MT), e a recepção dos segundos dados de medição ocorrer de acordo com uma técnica de levantamento eletromagnético de fonte controlada ("Controlled Source Electromagnetic" - CSEM).

20 9. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por o processamento dos dados de medição compreender:

computação de um primeiro valor baseado nos primeiros dados de medição, em que os primeiros dados de
25 medição não são sensíveis à presença de um corpo resistivo fino na estrutura subterrânea;

computação de um segundo valor baseado nos segundos

dados de medição, em que os segundos dados de medição são sensíveis à presença do corpo resistivo fino na estrutura subterrânea; e

remoção de um efeito do primeiro valor do segundo valor para reduzir o componente de sinal previamente determinado.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por a computação do primeiro valor compreender:

10 computação do primeiro valor possuindo um componente de impedância representando a impedância da estrutura subterrânea; ou

computação de uma estimativa de um campo induzido por um efeito de onda de ar.

15 11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por a computação do segundo valor compreender a computação de um campo gerado em resposta a pelo menos um sinal eletromagnético transmitido de pelo menos uma fonte de sinal.

20 12. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente o reboque de pelo menos uma fonte de sinal com utilização de uma embarcação marítima.

13. MÉTODO, caracterizado por compreender:

25 posicionamento de uma fonte a uma profundidade próxima da superfície em um corpo de água;

obtenção de dados de medição para pelo menos uma

primeira posição lateral de fonte e uma segunda posição de lateral de fonte;

ajuste de uma amplitude de um ponto de dados de medição para a primeira posição lateral de fonte; e

5 cálculo de um valor de compensação ou cancelamento de campo ("bucking-out") baseado na amplitude ajustada do ponto de dados de medição para a primeira posição lateral de fonte e um segundo ponto de dados de medição para a segunda posição lateral de fonte.

10 14. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por compreender adicionalmente o posicionamento de um ou mais receptores no leito marinho.

15 15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por o ajuste da amplitude compreender a multiplicação da amplitude de um ponto de dados de medição por um termo que é relativamente insensível a um efeito de onda de ar, definido pela equação:

$$E_{12}^B = E_1 \left[e^{-k_{sw}(Z_2 - Z_1)} \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 \right] - E_2;$$

em que R_1 é um desvio lateral entre a fonte e pelo menos um
 20 receptor, Z_1 é a profundidade da fonte, uma primeira posição da fonte é representada por R_1 e Z_1 enquanto R_2 é um desvio lateral entre a fonte e o receptor para uma segunda posição da fonte, Z_2 é a profundidade da fonte 102 na segunda posição, e uma constante de propagação k_{sw} é
 25 expressada como:

$$k_{sw} = \sqrt{2\pi i f \mu \sigma_{sw}},$$

em que a notação i representa a raiz quadrada de um negativo ($\sqrt{-1}$), f representa a frequência do sinal, μ representa a permeabilidade magnética de espaço livre ($\mu = \mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ H / m}$), e σ_{sw} é a
5 condutividade da água do mar.

16. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado por o cálculo do valor de compensação ou cancelamento de campo ("bucking-out") compreender
adicionalmente a subtração da amplitude ajustável do ponto
10 de dados de medição para a primeira posição lateral de fonte da amplitude do segundo ponto de dados de medição para a segunda posição lateral de fonte.

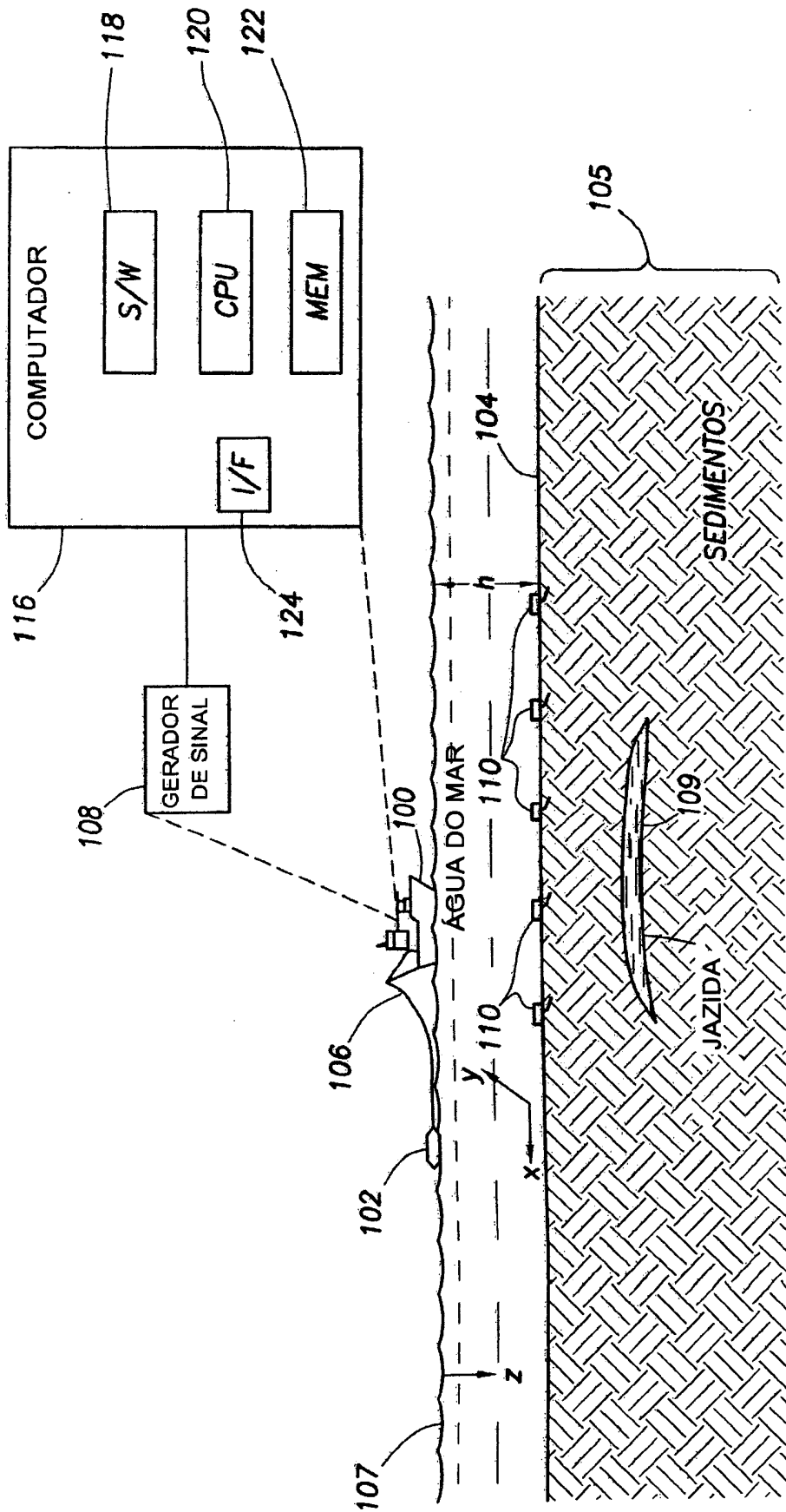
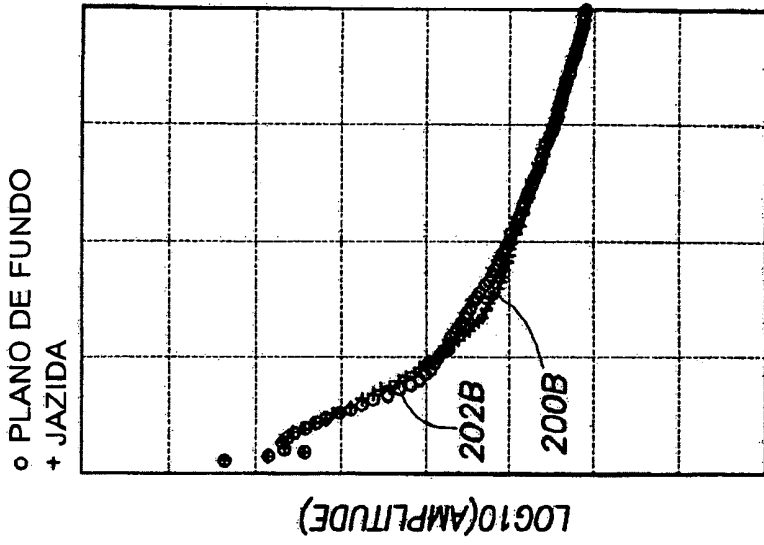
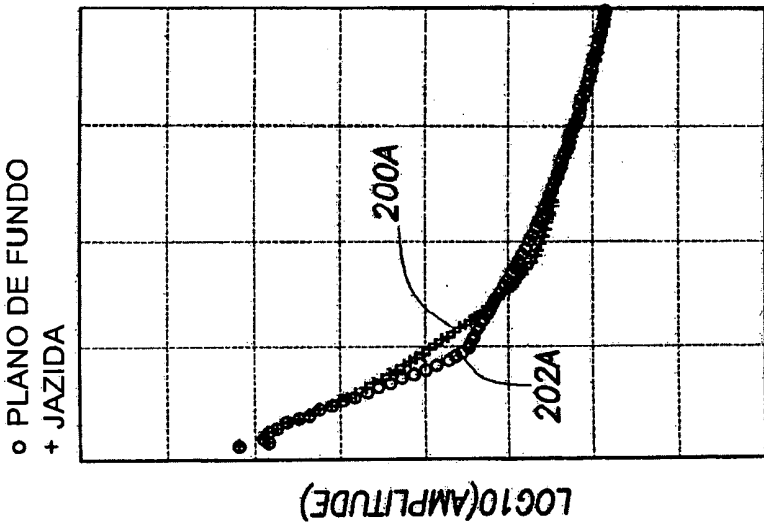


FIG. 1



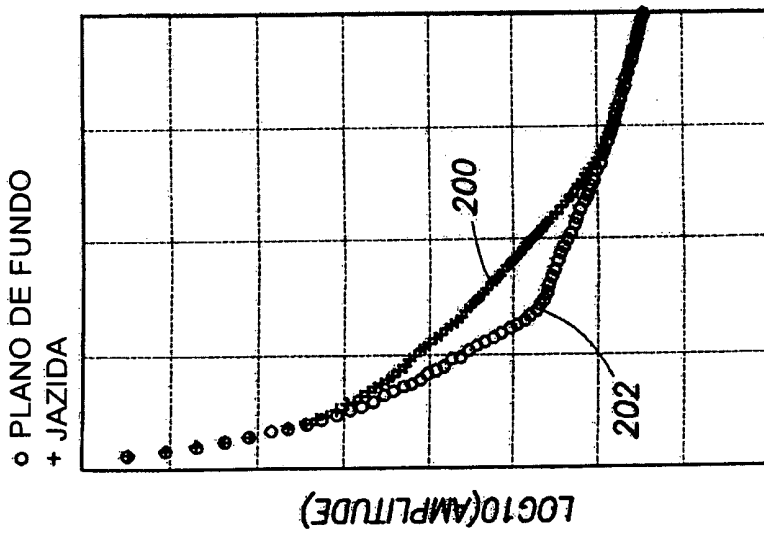
DESVIO
FONTE-RECEPTOR

FIG. 2C
(TÉCNICA ANTERIOR)



DESVIO
FONTE-RECEPTOR

FIG. 2B
(TÉCNICA ANTERIOR)



DESVIO
FONTE-RECEPTOR

FIG. 2A
(TÉCNICA ANTERIOR)

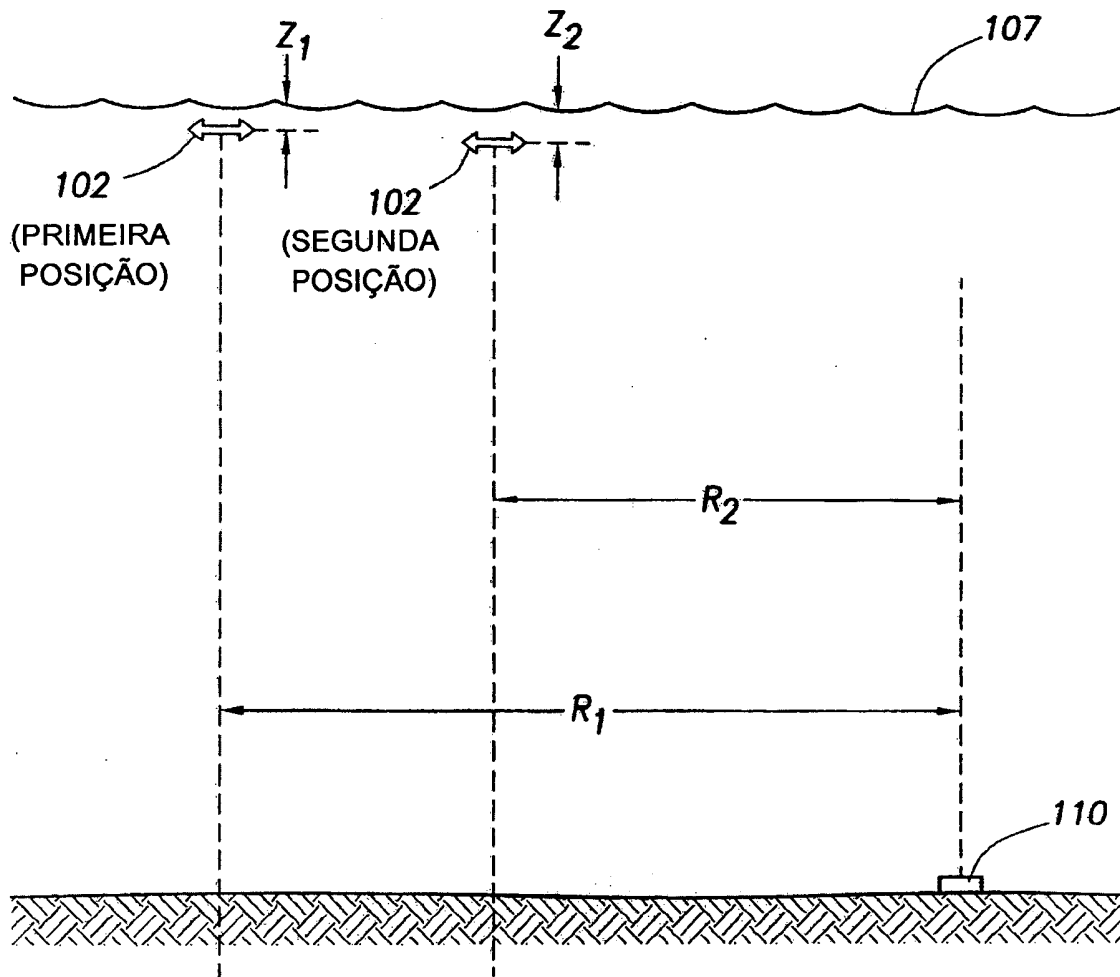


FIG.3

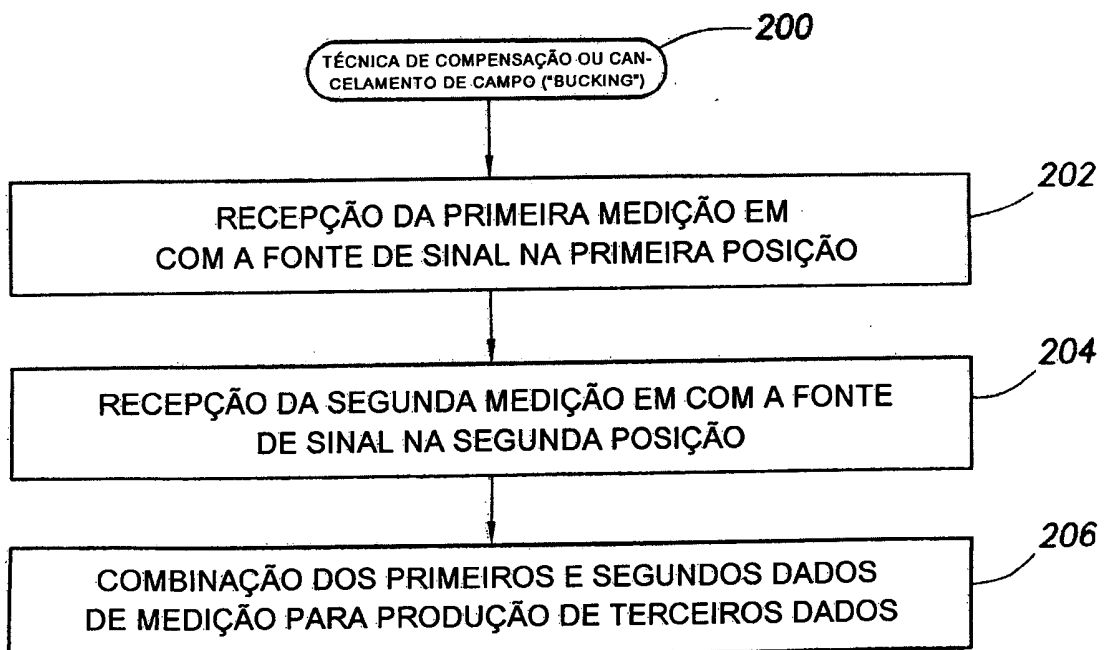


FIG.4

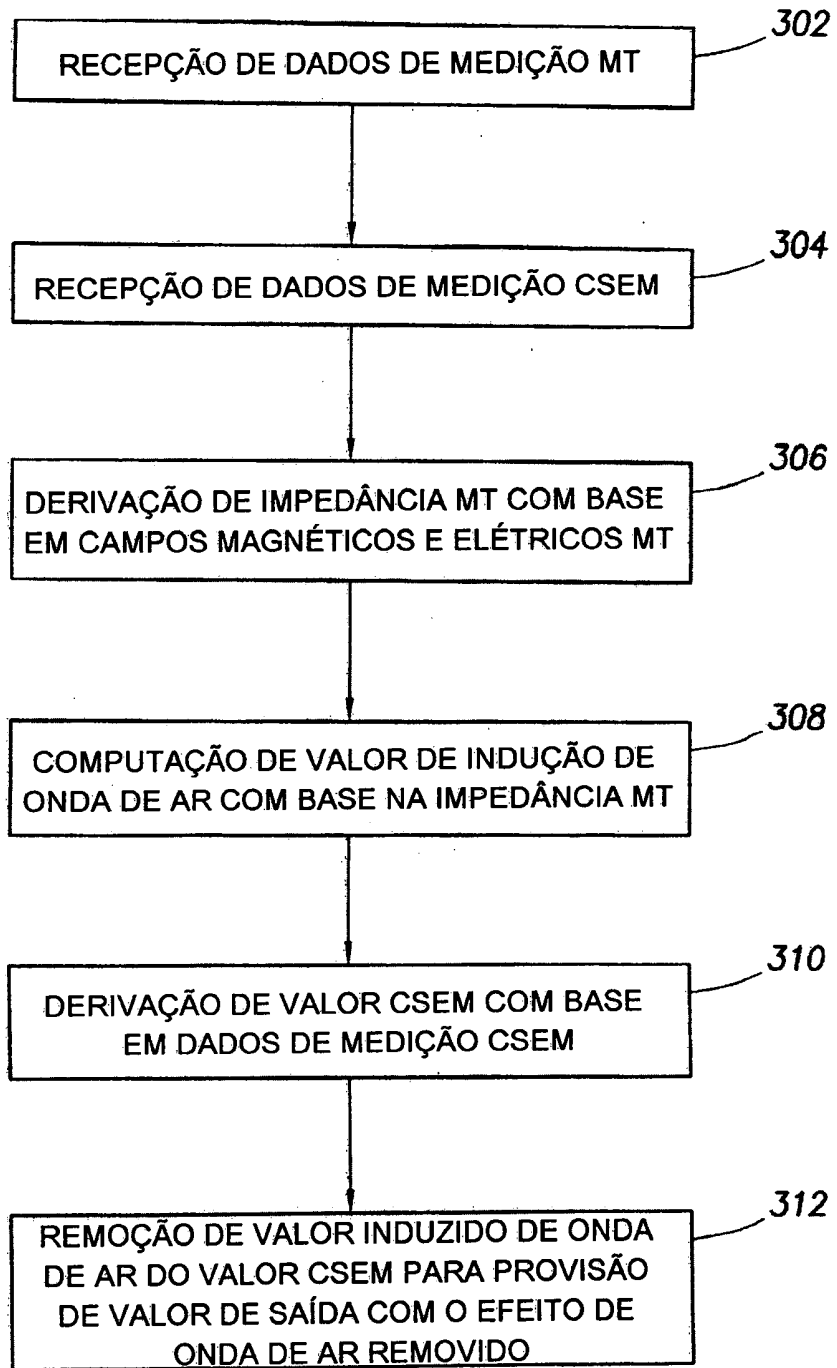
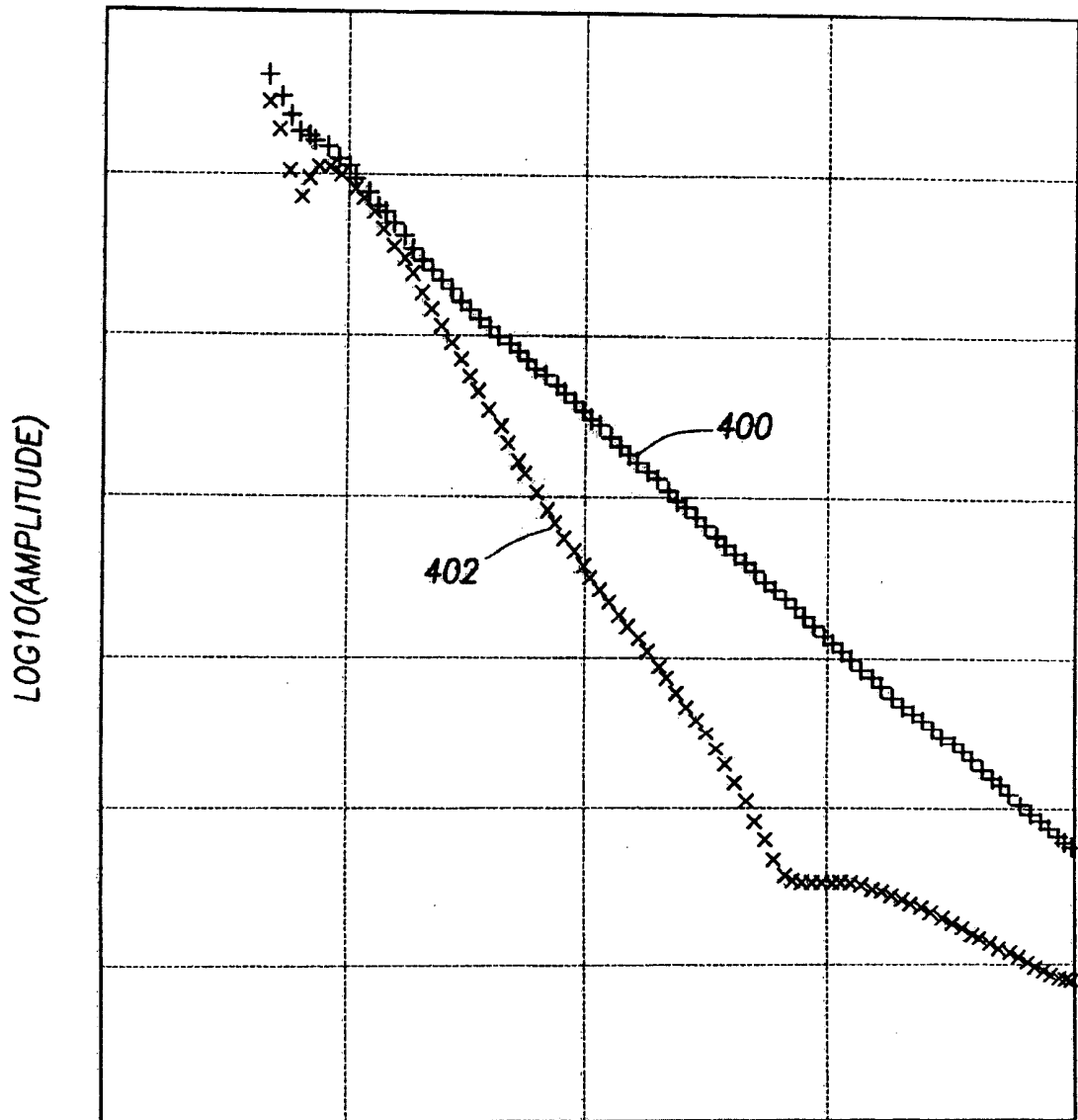
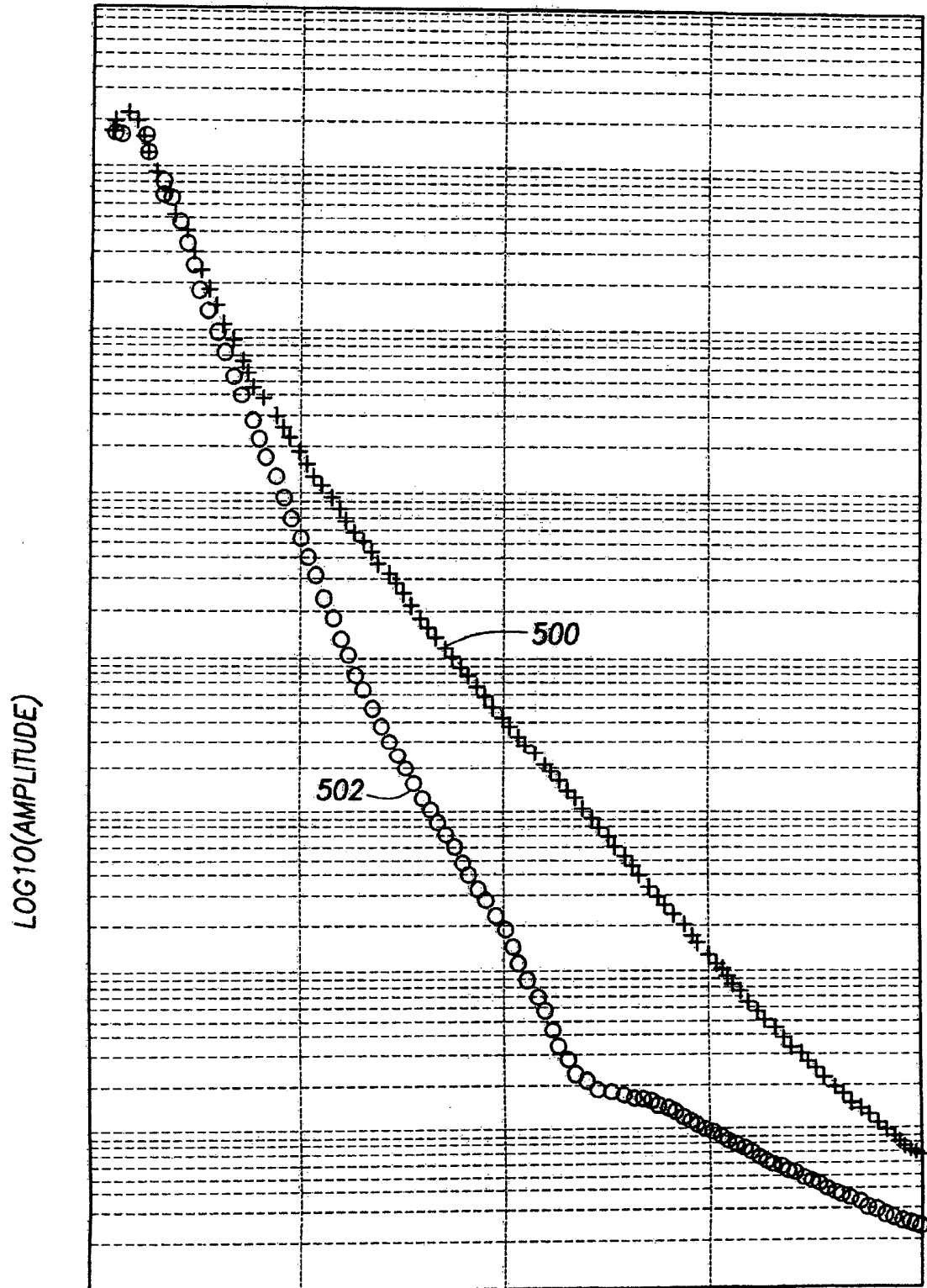


FIG.5



DESUDIO
FONTE-RECEPTOR

FIG. 6



DESVIO
FONTE-RECEPTOR

FIG.7

- RESUMO -

MÉTODO DE PROCESSAMENTO DE DADOS DE LEVANTAMENTO
EXPLORATÓRIO REPRESENTANDO UMA ESTRUTURA SUBTERRÂNEA, E
MÉTODO

5 Para processamento de dados de levantamentos
exploratórios subterrâneos, são colhidos dados de medição
por um receptor posicionado em águas profundas, em que os
dados de medição colhidos correspondem a sinais emitidos
por pelo menos uma fonte de sinal localizada em ou na
10 proximidade de uma interface ar-água do corpo de água. Os
dados de medição são processados para redução de um
componente de sinal previamente determinado.