



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

(21) PI 0808739-3 A2



(22) Data de Depósito: 26/02/2008
(43) Data da Publicação: 12/08/2014
(RPI 2275)

(51) Int.Cl.:
G01V 5/00

(54) Título: MÉTODO E APARELHO PARA MEDIÇÕES DE RAIOS GAMA DE ALTA RESOLUÇÃO. **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 15/03/2007 US 11/686,442

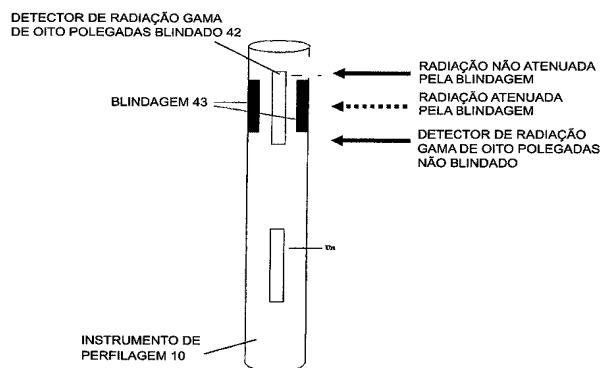
(73) Titular(es): Baker Hughes Incorporated

(72) Inventor(es): W. Allen Gilchrist

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

(86) Pedido Internacional: PCT US2008054973 de 26/02/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2008/112421 de 18/09/2008



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO E APARELHO PARA MEDIÇÕES DE RAIOS GAMA DE ALTA RESOLUÇÃO**".

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 Campo da Invenção

A presente invenção refere-se à medição da radiação gama natural de uma formação subterrânea. Em particular, a medição é realizada dentro de um furo de sondagem.

Descrição da Técnica Relacionada

10 As formações geológicas abaixo da superfície terrestre podem conter reservatórios de petróleo e gás. A medição das propriedades das formações geológicas provê informações que podem ser úteis para a localização dos reservatórios de petróleo e gás. Normalmente, o petróleo e o gás são obtidos por meio da perfuração de furos de sondagem no subsolo da
15 terra. Os furos de sondagem também provêm acesso à tomada de medições das formações geológicas.

A perfilagem de poço é uma técnica usada para fazer medições das formações geológicas dos furos de sondagem. Em uma modalidade, um "instrumento de perfilagem" é baixado na extremidade de um cabo elétrico
20 de perfilagem dentro do furo de sondagem. O instrumento de perfilagem envia dados através do cabo elétrico de perfilagem à superfície para gravação. Um tipo de medição envolve a medição da radiação gama (ou de raios gama) que ocorre naturalmente a partir das formações geológicas.

As formações geológicas podem incluir planos de estratificação de formação. Na busca de petróleo e gás é importante saber sobre a localização e composição dos planos de estratificação de formação. Em particular, é importante saber sobre os planos de estratificação de formação com um alto grau de precisão para que o tempo de perfuração não seja desperdiçado.
25

30 A medição da radiação gama que ocorre naturalmente é uma forma de se determinar as características dos planos de estratificação de formação. Um detector de radiação gama pode ser usado como um compo-

nente do instrumento de perfilagem para medir a radiação que ocorre naturalmente. Normalmente, o detector de radiação gama é de um formato cilíndrico e tem um determinado comprimento. Em modalidades típicas, são utilizados materiais cintiladores para a detecção de radiação gama.

5 Um raio gama que entra no detector de radiação gama causará a emissão de um sinal elétrico. Os raios gama podem entrar no detector de radiação gama a partir de qualquer ângulo. Enquanto um raio gama entra no detector de radiação gama, o detector de radiação gama irá emitir um sinal elétrico, independentemente do ângulo de entrada. À medida que o detector
10 de radiação gama se movimenta ao longo do furo de sondagem, os raios gama dos planos de estratificação de formação entrarão no detector de radiação gama e serão detectados.

Uma pessoa versada na técnica reconhecerá que várias formas e formatos de detectores de radiação gama poderão fornecer vários tipos de
15 informações sobre os planos de estratificação de formação. Como se pode imaginar, um detector de radiação gama de formato cilíndrico poderá oferecer mais oportunidades para os raios gama entrarem à medida que o detector de radiação gama se movimenta pelos planos da estratificação de formação. Por outro lado, quando o detector de radiação gama é, hipoteticamente,
20 de apenas um ponto, haverá menos oportunidades de os raios gama entrarem à medida que o detector de radiação gama se movimenta pelos planos da estratificação de formação. Um detector de pontos de radiação gama pode detectar mudanças na radiação conforme o detector se movimenta através do furo de sondagem com uma melhor resolução espacial do que o detector de radiação gama de formato cilíndrico. Uma menor resolução espacial
25 com os detectores de radiação gama de formato cilíndrico irá resultar em um conhecimento menos exato dos planos de estratificação de formação.

Torna-se necessário um aparelho e um método para a tomada de medições da radiação gama natural de uma formação subterrânea a partir
30 de um furo de sondagem com melhor resolução espacial ao longo do eixo geométrico do furo de sondagem.

BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

As deficiências da técnica anterior são superadas e vantagens adicionais são providas através de um método para a medição de radiação, o método inclui a seleção de, pelo menos, dois detectores de radiação, cada detector tendo uma resolução espacial que se difere da resolução espacial dos demais detectores; a medição da radiação com os detectores; e a combinação de uma resposta de pelo menos dois dentre os detectores a fim de produzir uma resposta composta que exhibe uma resolução espacial.

É também apresentado um instrumento que inclui, pelo menos, dois detectores de radiação, sendo que cada detector tem uma resolução espacial que se difere da resolução espacial dos demais detectores do instrumento, acoplado a um dispositivo para, pelo menos, um dentre armazenar e combinar uma resposta de cada um dos, pelo menos, dois detectores a fim de produzir uma resposta composta, a resposta composta exibindo uma resolução espacial.

É também apresentado um produto de programa de computador armazenado em um meio legível por máquina, o produto incluindo instruções para a medição da radiação, as instruções incluindo instruções para a medição da radiação com pelo menos dois detectores de radiação, cada detector compreendendo uma resolução espacial que se difere da resolução espacial dos demais detectores; e a combinação de uma resposta de cada detector de modo a produzir pelo menos uma resposta composta exibindo uma resolução espacial.

É ainda apresentado um método para a produção de um detector de radiação para um instrumento de perfilagem, o método incluindo a seleção de, pelo menos, dois detectores de radiação, cada detector tendo uma resolução espacial; e a blindagem de, pelo menos, um dos detectores a fim de diferenciar a resolução espacial do detector da resolução espacial dos demais detectores.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Com referência, a seguir, aos desenhos, nos quais elementos similares são numerados de forma semelhante nas diversas figuras:

A Figura 1 ilustra uma modalidade exemplar de um instrumento

de perfilagem em um furo de sondagem penetrando na terra;

A Figura 2 ilustra a resolução espacial para o instrumento de perfilagem;

5 A Figura 3 ilustra um gráfico de uma resposta exemplar de um detector de pontos de radiação gama hipotético para uma radiação gama ao longo de um eixo geométrico de um furo de sondagem;

10 A Figura 4 ilustra um gráfico de respostas exemplares do detector de pontos de radiação gama hipotéticos e um detector de radiação gama de 203,2 milímetros (8 pols) para uma radiação gama ao longo do eixo geométrico do furo de sondagem;

A Figura 5 ilustra uma modalidade exemplar do instrumento de perfilagem que inclui um detector de radiação gama de 203,2 milímetros (8 pols) não-blindado, e um detector de radiação gama de 203,2 milímetros (8 pols) blindado;

15 A Figura 6 ilustra um gráfico de respostas exemplares do um detector de radiação gama de 203,2 milímetros (8 pols) não-blindado e do um detector de radiação gama de 203,2 milímetros (8 pols) blindado para uma radiação gama ao longo do eixo geométrico do furo de sondagem;

20 A Figura 7 ilustra uma modalidade exemplar do instrumento de perfilagem com outro arranjo de blindagem;

A Figura 8 ilustra uma modalidade exemplar de um computador acoplado ao instrumento de perfilagem;

25 A Figura 9 ilustra um método exemplar para a medição de uma radiação gama ao longo do eixo geométrico do furo de sondagem com maior resolução espacial; e

A Figura 10 apresenta um método exemplar 100 para a produção do instrumento de perfilagem.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

30 Com referência à Figura 1, é mostrado um instrumento de perfilagem 10 disposto em um furo de sondagem 2. O furo de sondagem 2 é perfurado através da terra 7 e penetra nas formações 4, que incluem vários planos de estratificação de formação 4A - 4E. O instrumento de perfilagem 10 é

normalmente abaixado para dentro e retirado do furo de sondagem 2 por meio do uso de um cabo elétrico blindado 6 ou transporte similar, conforme conhecido na técnica.

5 Em modalidades típicas, o furo de sondagem 2 inclui materiais tais como seriam encontrados na exploração de petróleo, incluindo uma mistura de líquidos, como água, fluidos de perfuração, lama, óleo e fluidos de formação autóctones a diversas formações. Uma pessoa versada na técnica vai reconhecer que as várias características que podem ser encontradas em um ambiente de subsolo podem ser referidas como "formações". Por conseguinte, deve-se considerar que, embora o termo "formação" refira-se, de modo geral, às formações geológicas de interesse, o termo "formações", conforme utilizado no presente documento, poderá, em alguns casos, incluir quaisquer pontos geológicos de interesse (como, por exemplo, uma área de pesquisa).

15 Os ensinamentos provêm a realização de medições de uma radiação gama natural emitida pela formação 4. As medições são feitas em um furo de sondagem 2 e provêm uma melhor resolução espacial. As medições pedem o uso de um instrumento 10 tendo dois ou mais detectores de radiação gama, cada detector com uma resolução espacial associada. Em uma modalidade típica, um primeiro detector é não-blindado. O primeiro detector provê uma primeira resposta. Um segundo detector é parcialmente protegido por uma blindagem. O segundo detector provê uma segunda resposta que, devido à blindagem, é diferente da primeira resposta. A primeira resposta e a segunda resposta podem ser combinadas de modo a oferecer uma resposta composta de tal forma que a resposta composta apresente uma resolução espacial maior sobre as primeira e segunda respostas, individual. Antes de o instrumento de perfilagem 10 e os métodos serem apresentados em detalhe, serão providas algumas definições.

25 O termo "resolução espacial" está relacionado à capacidade de um detector solucionar a radiação ao longo de uma extensão do detector. Isso é tipicamente aplicado às medições quando o detector se movimenta através do furo de sondagem 2. Com referência à Figura 2, um detector de

radiação gama 20 (referido como o detector 20) incluído no instrumento de perfilagem 10 tem uma dada "resolução espacial" para a detecção da radiação gama a partir da formação 4. Conforme mostrado na Figura 2, um eixo geométrico do furo de sondagem 2 fica alinhado na direção Z. Os parâmetros que afetam a resolução espacial do detector 20 incluem um comprimento L, a velocidade na qual o instrumento de perfilagem 10 passa pelo furo de sondagem 2, a eficiência de contagem, o volume do detector 20, o tipo de cintilador, a tensão, e outros conforme possam vir a ser conhecidos na técnica. A resolução espacial do detector 20 refere-se ao grau no qual o detector 20 pode solucionar as mudanças na radiação gama à medida que o detector 20 passa pelo furo de sondagem 2. O termo "largura a meia altura" (full width half maximum) (FWHM) refere-se a uma medição de resolução espacial. A largura FWHM de um detector de radiação gama é uma largura entre dois pontos de uma curva de resposta na qual os dois pontos estão em um valor máximo a meia altura da curva de resposta. Em geral, uma maior resolução espacial irá resultar em uma menor largura FWHM. O termo "detector de radiação gama" refere-se a qualquer detector projetado para detectar uma radiação gama e adaptado para o uso no instrumento 10. Um exemplo de detector de radiação gama 20 é um detector de cintilação. O termo "perfilação durante perfuração" (logging while drilling) (LWD) refere-se à medição de parâmetros geológicos do furo de sondagem 2 enquanto uma perfuração está ocorrendo. O termo "geometria de colocação" refere-se a uma orientação na qual o detector 20 pode ser colocado no instrumento de perfilagem 10. Em geral, a geometria de colocação do detector 20 pode afetar a resolução espacial do detector 20.

Para os fins desta apresentação, assume-se que o furo de sondagem 2 seja vertical e que as formações 4 sejam horizontais. Sendo assim, a resolução espacial ao longo do furo de sondagem pode ser referido como "resolução vertical". O aparelho e método, porém, podem ser aplicados igualmente bem em poços desviados ou horizontais ou com os planos de estratificação de formação 4A a 4E em qualquer ângulo arbitrário. O aparelho e método são igualmente adequados para uso em aplicações de perfila-

gem LWD e em aplicações de cabo elétrico de perfilagem de furo de sondagem de furos de sondagem abertos e de furos de sondagem encaixados.. Nas aplicações de perfilagem LWD, o aparelho pode ser disposto em um colar de perfuração. Além disso, o instrumento de perfilagem 10 e método podem ser aplicados às medições de radiação gama total e às medições dos espectros de energia de raios gama.

A Figura 3 ilustra um gráfico de uma resposta exemplar de um detector de pontos de radiação gama hipotéticos ao longo de um eixo geométrico do furo de sondagem 2 em um ambiente cheio de água. A curva de Gauss que vem a ser o melhor ajustamento por mínimos quadrados à resposta é também mostrada. Em geral, a curva de Gauss é utilizada para desenvolver uma curva de resposta do detector a partir de dados de resposta do detector. O detector de pontos de radiação gama hipotéticos tem um valor de largura FWHM de cerca de 127 milímetros (5 polegadas). O detector de pontos de radiação gama hipotéticos tem uma resolução vertical com um limite finito menor devido às propriedades de transporte dos raios gama na formação de subsolo 4 e do furo de sondagem 4. Um valor exato de largura FWHM depende das propriedades exatas da formação de subsolo 4 e de um fluido no furo de sondagem 2.

A Figura 4 ilustra um gráfico de respostas exemplares do detector de pontos de radiação gama hipotéticos e de um detector de radiação gama de 8 polegadas para uma radiação gama ao longo do eixo geométrico 2 do furo de sondagem 2. As respostas são normalizadas de modo que uma área sob cada curva seja única. O valor de largura FWHM para a resposta do detector de 8 polegadas é de cerca de 218,44 milímetros (8,6 polegadas). Conforme acima, o valor de largura FWHM exato depende das propriedades exatas da formação de subsolo 4 e do fluido no furo de sondagem 2.

Considere-se um instrumento de perfilagem para a medição da radiação gama com múltiplos detectores de radiação gama 20. Cada detector de radiação gama 20 pode ter diferentes tipos de blindagem de modo que a resolução vertical de cada detector de radiação gama 20 seja diferente. A Figura 5 ilustra uma modalidade exemplar do instrumento de perfilagem 10,

que inclui um detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41 e um detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42 por meio da blindagem 43. O tamanho, a espessura e a colocação da blindagem 43 podem ser selecionados com base em uma aplicação e tamanho específicos do instrumento 10. A única exigência é que a blindagem 43 provenha uma resolução vertical para o detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42 diferente da resolução vertical do detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41.

A resposta vertical do detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42 da Figura 5 é similar a do detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41 para as porções das formações 4 a grandes distâncias ao longo do furo de sondagem 2. A resposta vertical às porções das formações 4 próxima do detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42 é, no entanto, reduzida. A Figura 6 ilustra um gráfico de respostas exemplares do detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41 e detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42 para a radiação gama ao longo do eixo geométrico 2 do furo de sondagem, além de uma curva de uma diferença entre as respostas (referidas como a resposta diferencial). A resposta do detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42 (referido como detector 42) tem uma forma bimodal, devido à blindagem 43 que atenua a radiação 43 em uma porção central do detector 42. A blindagem 43 não atenua a radiação que entra nas extremidades não-blindadas do detector 42. Sendo assim, as respostas devido à radiação que entram nas extremidades não-blindadas do detector 42 são maiores do que a resposta de radiação que entra na porção central do detector 42. À medida que o detector 42 percorre a formação 4, a radiação será detectada primeiramente com uma resposta elevada devido à radiação que entra em uma primeira extremidade não-blindada do detector 42. A resposta então diminuirá à medida que a blindagem 43 atenua a radiação da porção central do detector 42. Finalmente, a resposta aumentará à medida que uma segunda extremidade não-blindada do detector 42 passa pela formação 4.

A resposta diferencial demonstra um significativo aperfeiçoa-

mento na resolução vertical com um valor de largura FWHM de cerca de 121,92 milímetros (4,8 polegadas), em comparação ao valor de 218,44 milímetros (8,6 polegadas) para o detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41. O número total de contagens relacionadas à resposta diferencial é também reduzido. O número total reduzido de contagens pode resultar em uma perda significativa de precisão estatística na medição. É possível, contudo, combinar uma medição de precisão de resolução maior, porém mais fraca com uma medição de precisão maior e de menor resolução (isto é, usando um dentre o detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41 e o detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42) utilizando o processamento Enhance comercialmente disponível na Baker Hughes Incorporated de Houston, Texas. Em geral, o processamento Enhance usa algoritmos estatísticos para combinar dados de diferentes detectores em uma curva de resposta emitida. Por exemplo, a soma das contagens do detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41 e o detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42 pode ser usada como uma medida de precisão ainda maior com o processamento Enhance.

Tipicamente, com o processamento Enhance, as características de cada curva de resposta entrada podem ser selecionadas de modo a serem incluídas na curva de resposta emitida. Desta forma, as características desejáveis das curvas de resposta entradas podem ser otimizadas na curva de resposta emitida.

Outras configurações da blindagem 43 são possíveis. A Figura 7 ilustra uma modalidade exemplar do instrumento de perfilagem 10 com uma outra configuração de blindagem 43. A blindagem 43 da Figura 7 provê uma resolução vertical aperfeiçoada do detector de radiação gama de 8 polegadas 42.

O instrumento de perfilagem 10 acima apresentado pode ser produzido com pelo menos dois dentre quaisquer detectores de radiação gama 20 com diferentes resoluções verticais. As diferentes resoluções verticais podem ser providas pelas diferentes configurações de blindagem 43. Por exemplo, o instrumento de perfilagem 10 pode ser fabricado com um

detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41 e dois detectores de radiação gama de 8 polegadas blindados 42 com a blindagem 43 configurada similar à blindagem 43 mostrada nas Figuras 5 e 7. Este instrumento de perfilagem 10 pode ser usado para prover uma precisão e resolução vertical superiores.

Em outra modalidade, o instrumento de perfilagem 10 pode incluir um detector de radiação gama 20 blindado pela blindagem 43 de uma espessura variável. A espessura variável da blindagem 43 pode prover certa resolução espacial. Nesta modalidade, algumas vantagens podem ser obtidas. Por exemplo, o detector de radiação gama 20 pode ser blindado, de modo a produzir uma curva de resposta plana para o comprimento do detector 20.

Normalmente, o instrumento de perfilagem de poço 10 inclui adaptações conforme possa ser necessário de modo a prover a operação durante a perfuração ou depois de um processo de perfuração ser realizado.

Com referência à Figura 8, é ilustrado um aparelho para a implementação dos ensinamentos aqui apresentados. Na Figura 8, o aparelho inclui um computador 100 acoplado ao instrumento de perfilagem de poço 10. Tipicamente, o computador 100 inclui componentes, conforme sejam necessários para a provisão do processamento de dados em tempo real do instrumento de perfilagem de poço 10. Os componentes exemplares incluem, sem limitação, pelo menos, um processador, um armazenador, uma memória, dispositivos de entrada, dispositivos de saída ou similares. Uma vez que estes componentes são conhecidos aos versados na técnica, os mesmos não serão ilustrados em nenhum detalhe nem apresentados no presente documento.

Tipicamente, os ensinamentos do presente documento são reduzidos a um algoritmo que é armazenado no meio legível em máquina. O algoritmo é implementado pelo computador 100 e provê operadores com a saída desejada. A saída é tipicamente gerada em tempo real.

Conforme utilizado no presente documento, a geração de dados em "tempo real" significa a geração de dados a uma velocidade útil ou ade-

quada para a tomada de decisões durante ou concomitante a processos tais como produção, experimentação, verificação ou outros de levantamentos ou usos conforme possam ser escolhidos por um usuário ou operador. Como um exemplo não limitante, as medições e os cálculos em tempo real podem
5 oferecer aos usuários as informações necessárias para fazer os ajustes desejados durante o processo de perfuração. Em uma modalidade, ajustes serão habilitados em uma base contínua (de acordo com a proporção de perfuração), enquanto que, em outra encarnação, os ajustes poderão exigir a cessação periódica da perfuração para a avaliação de dados. Por conseguinte,
10 deve-se reconhecer que a expressão "tempo real" deve ser considerada no contexto, e não indicar, necessariamente, a determinação instantânea de dados, ou fazer quaisquer outras sugestões sobre a frequência temporal de coleta de dados e determinação.

Um alto grau de controle de qualidade sobre os dados poderá
15 ser feito durante a implementação dos presentes ensinamentos. Por exemplo, o controle de qualidade pode ser alcançado através de técnicas conhecidas de processamento iterativo e de comparação de dados. Sendo assim, contempla-se que fatores de correção adicionais e outros aspectos para um processamento em tempo real poderão ser utilizados. Vantajosamente, o
20 usuário poderá aplicar uma tolerância de controle de qualidade desejada para os dados e, deste modo, elaborar um equilíbrio entre a rapidez na determinação dos dados e o grau de qualidade dos dados.

Em uma modalidade exemplar, as respostas de dois detectores de radiação gama 20 com diferentes resoluções espaciais podem ser combinadas de modo a produzir uma resposta composta. A resposta composta
25 pode ser produzida por meio da subtração de uma resposta de outra resposta. Normalmente, a resposta composta produzida por meio da subtração irá demonstrar uma resolução espacial maior do que a resolução espacial de outras respostas individualmente. De maneira alternativa, nas aplicações
30 que requerem uma ampla resposta, as respostas de dois detectores de radiação gama 20 podem ser combinadas com operações matemáticas de modo a produzir uma resposta composta tendo uma resolução espacial menor do

que a resolução espacial de outras respostas, individualmente. Por último, as aplicações que requerem uma resolução espacial predeterminada, as respostas dos dois detectores de radiação gama 20 poderão ser combinadas de modo a produzir uma resposta composta tendo uma resolução espacial de resolução predeterminada. Em geral, uma resposta composta com uma
5 resolução espacial de um contínuo de resoluções espaciais poderá ser obtida a partir destas respostas. O contínuo pode se estender a partir de uma ampla resolução espacial, inferior à resolução espacial das respostas para uma alta resolução espacial, que excede a resolução espacial das respos-
10 tas. De modo geral, o processamento Enhance poderá ser utilizado para esta combinação.

A Figura 9 apresenta um método exemplar 90 para a medição de radiações gama. A primeira etapa 91 representa a seleção de, pelo menos, dois detectores de radiação gama 20 com resoluções espaciais diferentes entre si. Por exemplo, um dos detectores de radiação gama 20 pode ser
15 o detector de radiação gama de 8 polegadas não-blindado 41 e o outro pode ser o detector de radiação gama de 8 polegadas blindado 42, protegido pela blindagem 43. Os detectores 20 com diferentes resoluções espaciais podem ser providos pelos detectores 20 com diferentes geometrias. As resoluções
20 espaciais diferenciadas podem também ser providas ao se colocar no instrumento 10 um dos detectores selecionados 20 com uma geometria distinta das geometrias de colocação dos demais detectores 20. Uma segunda etapa 92 requer a medição da radiação gama com os detectores 20. A segunda etapa 92 pode ser realizada tanto como uma perfilagem de cabo elétrico de
25 perfilagem ou como uma perfilagem durante a perfuração. Uma terceira etapa 93 designa a combinação de uma resposta a partir de pelo menos dois dos detectores de radiação gama 20 a fim de produzir uma resposta composta que exhibe uma resolução espacial. A resposta composta da terceira etapa 93 pode ter uma dentre uma resolução espacial que ultrapassa a resolu-
30 lução espacial dos demais detectores de radiação gama 20 individualmente, uma resposta espacial inferior à resposta espacial dos outros detectores de radiação gama individualmente, ou uma resposta espacial predeterminada.

A terceira etapa 93 pode incluir a subtração de uma resposta de uma outra resposta.

A Figura 10 apresenta um método exemplar 100 para a produção do instrumento de perfilagem 10. Uma primeira etapa 101 requer a seleção de, pelo menos, dois detectores de radiação gama 20, cada detector 20 incluindo uma resolução espacial. A primeira etapa 101 pode incluir a seleção dos detectores de radiação gama 20 com geometrias diferentes umas das outras. A primeira etapa 101 pode incluir ainda a colocação do detector 20 em uma geometria de colocação que difere da geometria de colocação dos demais detectores 20. A segunda etapa 102 designa a blindagem de, pelo menos, um detector 20 a fim de diferenciar a resolução espacial do detector 20 da resolução espacial dos outros detectores 20.

Em certas modalidades, os detectores de radiação gama 20 podem ser dispostos em mais de um instrumento de perfilagem 10. Nestas modalidades, as respostas dos detectores de radiação gama 20 podem ser combinadas de modo a produzir a resposta composta exibindo uma resolução espacial. O uso de vários instrumentos 10 para produzir a resposta composta é considerado inerente aos ensinamentos do presente documento e uma parte da presente invenção.

Em suporte aos presentes ensinamentos poderão ser usados vários componentes de análise, inclusive os sistemas digital e/ou analógicos. O sistema pode ter componentes tais como um processador, um meio de armazenamento, uma memória, uma entrada, uma saída, enlaces de comunicação (com fio, sem fio, modo pulsado, meios ópticos ou outros), interfaces de usuário, programas de software, processadores de sinal (analógico ou digital) e outros componentes similares (tais como resistores, capacitores, indutores e outros) a fim de prover a operação e análise dos aparelhos e métodos aqui apresentados em qualquer uma das diversas maneiras bem apreciadas na técnica. Considera-se que os presentes ensinamentos podem ser, mas não exclusivamente, implementados em conjunto com um grupo de instruções executáveis em computador, armazenadas em um meio legível em computador, incluindo as memórias (ROM, RAM), equipamentos ópticos

(CD-ROM), ou equipamentos magnéticos (disquetes, discos rígidos), ou qualquer outro tipo que, quando executado, faz com que um computador implemente o método da presente invenção. Estas instruções podem prover a operação de equipamentos, o controle, a coleta e a análise de dados, além de outras funções consideradas relevantes por um projetista, proprietário, usuário ou outro pessoal relacionado ao sistema, além das funções descritas no presente documento.

Ainda, vários outros componentes podem ser incluídos ou requeridos para a provisão dos aspectos dos ensinamentos da presente invenção.

Por exemplo, uma linha de amostra, um armazenamento de amostras, uma câmara de amostra, descarga de amostra, bomba, pistão, fonte de alimentação (por exemplo, pelo menos, um dentre um gerador, um fornecimento remoto ou uma bateria), um fornecimento de vácuo, um fornecimento de pressão, uma unidade ou fornecimento de refrigeração (ou seja, refrigerante), um componente de aquecimento, uma força motriz (como uma força de translação, uma força de propulsão ou uma força rotacional), um ímã, um eletroímã, um sensor, um eletrodo, um transmissor, um receptor, um transceptor, uma controladora, uma unidade óptica, uma unidade elétrica ou uma unidade eletromecânica podem ser incluídos em suporte aos diversos aspectos aqui apresentados ou em suporte a outras funções além das apresentadas.

Uma pessoa versada na técnica reconhecerá que os diferentes componentes ou tecnologias podem fornecer certa funcionalidade ou características necessárias ou benéficas. Assim sendo, as presentes funções e aspectos conforme possam ser necessários em suporte às reivindicações em apenso ou suas variações, são reconhecidos como sendo inerentemente incluídos como parte dos presentes ensinamentos e parte da presente invenção.

Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência a modalidades exemplares, os versados na técnica entenderão que várias mudanças podem ser feitas, e equivalentes podem ser substituídos por outros elementos relacionados, sem se afastar do âmbito de aplicação da presente invenção. Além disso, muitas modificações serão apreciadas pelos

versados na técnica no sentido de adaptar um instrumento, uma situação ou um material em particular aos ensinamentos da presente invenção, sem se afastar do seu âmbito de aplicação essencial. Sendo assim, pretende-se que a presente invenção não se limite às modalidades especificamente apresentadas como o melhor modo contemplado para a realização da presente invenção, entende-se que a mesma poderá incluir todas as modalidades abrangidas pelo âmbito de aplicação das reivindicações em apenso.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a medição de radiação, o método compreendendo as etapas de:

5 (a) seleccionar, pelo menos, dois detectores de radiação, cada detector compreendendo uma resolução espacial que se difere da resolução espacial dos demais detectores;

(b) medir a radiação com os detectores; e

10 (c) combinar uma resposta a partir de pelo menos dois dentre os detectores a fim de produzir uma resposta composta exibindo uma resolução espacial.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a resposta composta exibe uma resolução espacial que ultrapassa a resolução espacial de cada um dos detectores, individualmente.

15 3. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a resposta composta exibe uma resolução espacial inferior à resolução espacial de cada um dos detectores, individualmente.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a resposta composta exibe uma resolução espacial predeterminada.

20 5. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a medição compreende a medição durante uma perfilagem de poço.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a combinação converte a resposta de pelo menos um detector em uma curva de Gauss.

25 7. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a combinação compreende a subtração de uma resposta de outra resposta.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a combinação compreende a subtração de uma resposta de uma outra resposta, e a soma das duas respostas.

30 9. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a combinação compreende a combinação das respostas por meio do uso de um algoritmo estatístico.

10. Instrumento, compreendendo:

(a) pelo menos dois detectores de radiação, em que cada detector compreende uma resolução espacial que difere da resolução espacial dos outros detectores do instrumento, acoplado a um dispositivo para pelo menos um dentre os detectores de armazenamento e combinação uma resposta de cada um dentre pelo menos dois detectores, a fim de produzir uma resposta composta, a resposta composta exibindo uma resolução espacial.

11. Instrumento, de acordo com a reivindicação 10, em que o dispositivo compreende um processador.

12. Instrumento, de acordo com a reivindicação 10, em que o dispositivo compreende um meio de armazenamento.

13. Instrumento, de acordo com a reivindicação 10, compreendendo ainda a blindagem que, pelo menos parcialmente, protege um dos detectores.

14. Instrumento, de acordo com a reivindicação 10, em que pelo menos um detector compreende uma geometria diferente da geometria dos demais detectores.

15. Instrumento, de acordo com a reivindicação 10, em que pelo menos um detector compreende uma geometria de colocação dentro do instrumento que se difere da geometria de colocação dos demais detectores.

16. Produto de programa de computador armazenado em um meio legível em máquina, o produto compreendendo instruções para a medição de radiação, as instruções compreendendo instruções para:

(a) medir a radiação com pelo menos dois detectores de radiação, cada detector compreendendo uma resolução espacial que se difere da resolução espacial dos demais detectores; e

(b) combinar uma resposta de cada detector a fim de produzir pelo menos uma resposta composta exibindo uma resolução espacial.

17. Método para produzir um instrumento de perfilagem, o método compreendendo as etapas de:

(a) selecionar, pelo menos, dois detectores de radiação, cada detector compreendendo uma resolução espacial; e

(b) blindar, pelo menos, um dos detectores a fim de diferenciar a

resolução espacial do detector da resolução espacial dos demais detectores.

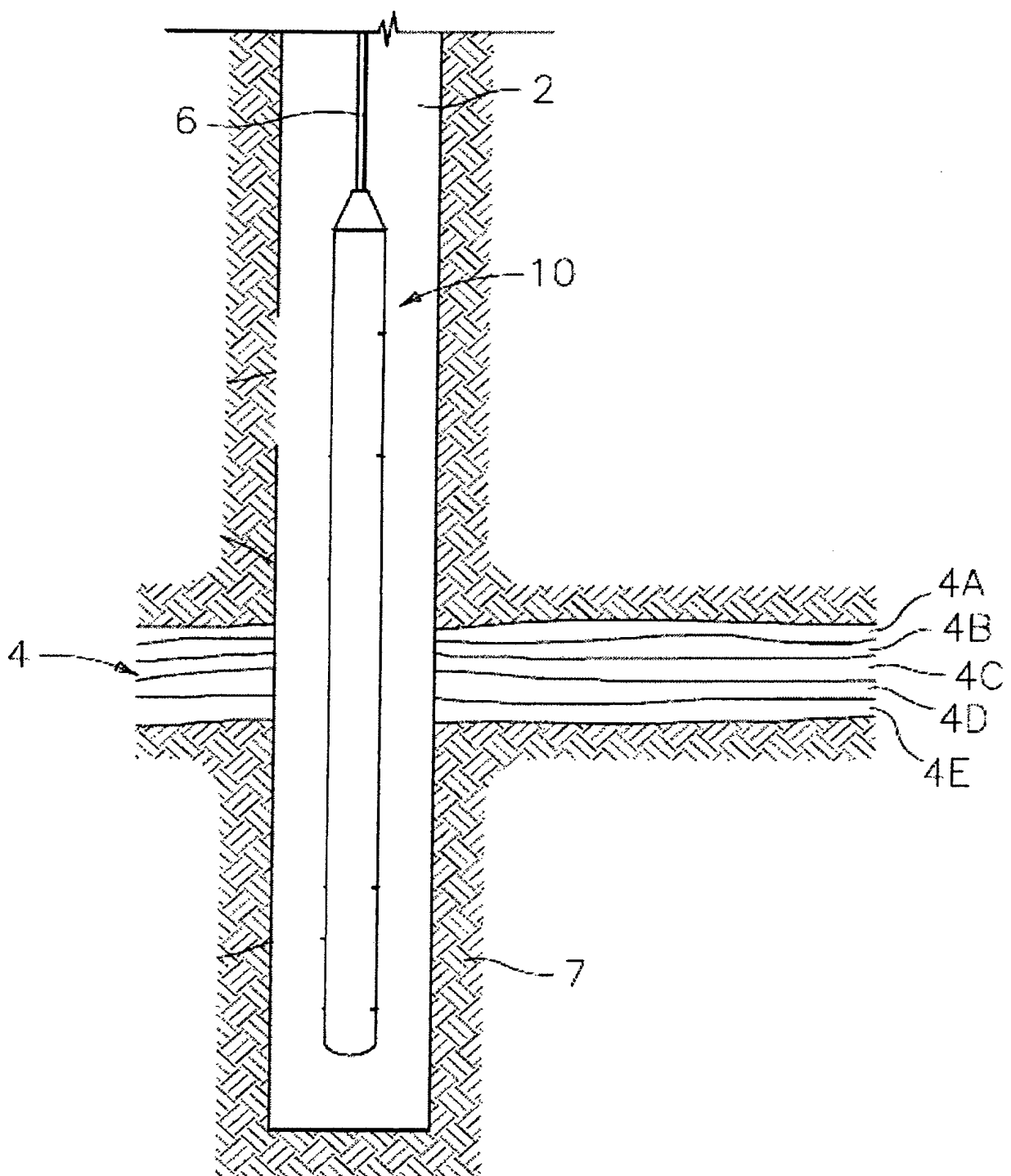
18. Método, de acordo com a reivindicação 17, em que a etapa de selecionar pelo menos um detector compreende uma geometria que se difere da geometria dos demais detectores.

5 19. Método, de acordo com a reivindicação 17, em que a etapa de selecionar compreende um detector em uma geometria de colocação que se difere da geometria de colocação dos demais detectores.

20. Método, de acordo com a reivindicação 17, em que a etapa de blindar compreende a colocação da blindagem em torno de pelo menos
10 uma porção central do detector.

21. Método, de acordo com a reivindicação 17, em que a etapa de blindar compreende a colocação da blindagem em torno de uma extremidade longitudinal do detector.

22. Método, de acordo com a reivindicação 17, em que a etapa
15 de blindar compreende a colocação da blindagem compreendendo uma espessura variável em torno de pelo menos uma porção do detector.

**Fig. 1**

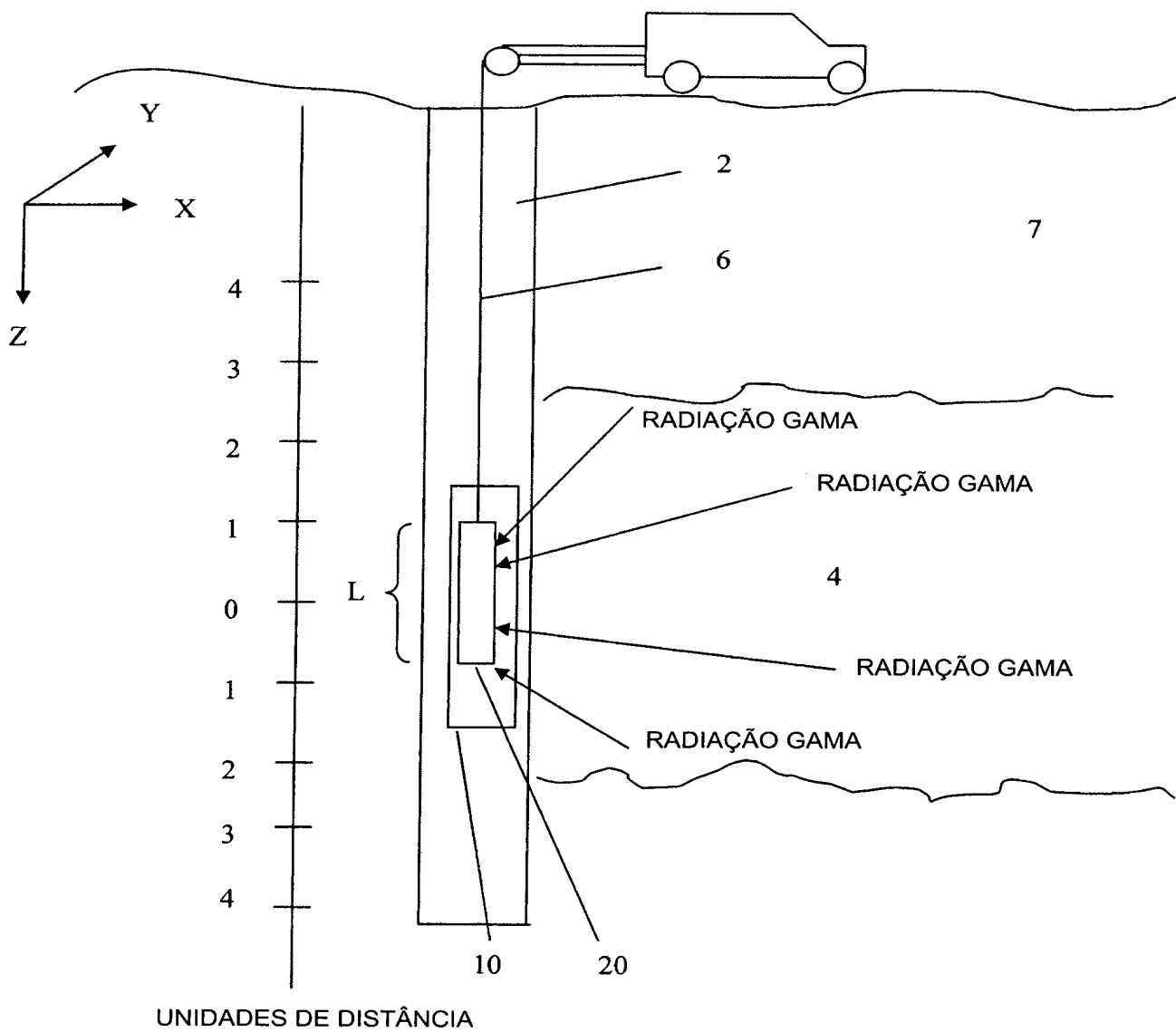
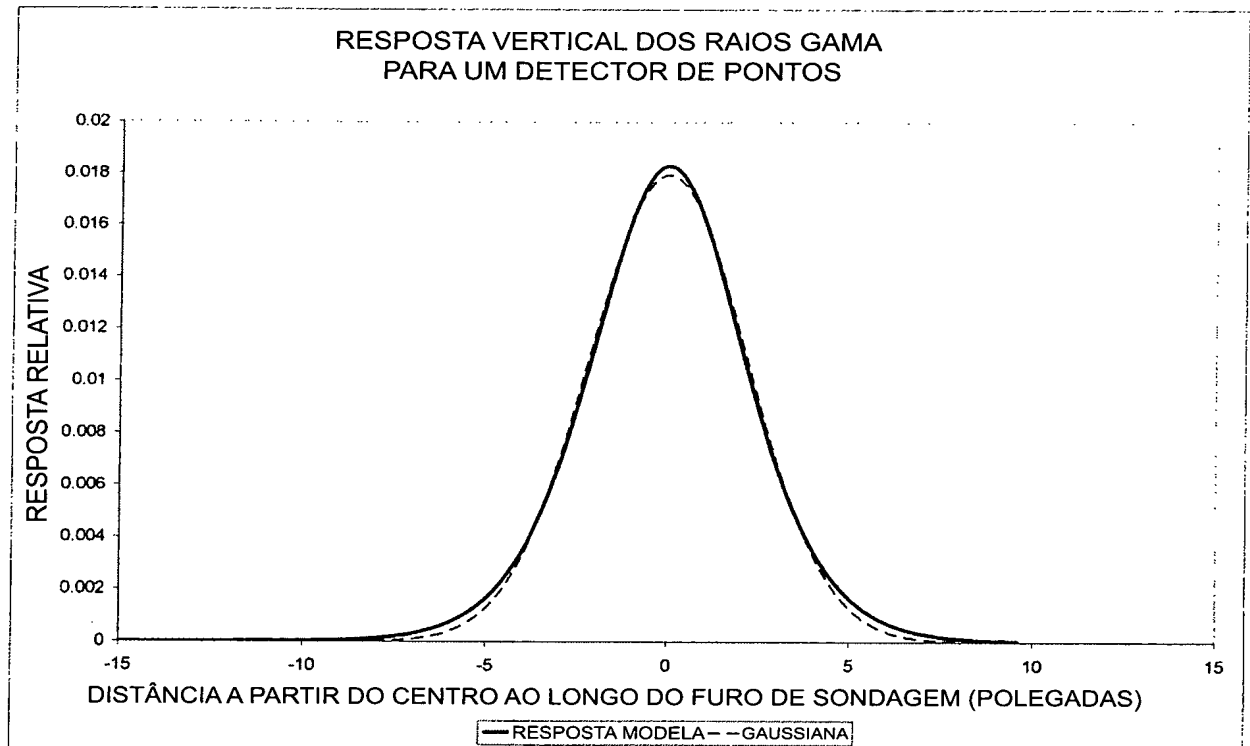
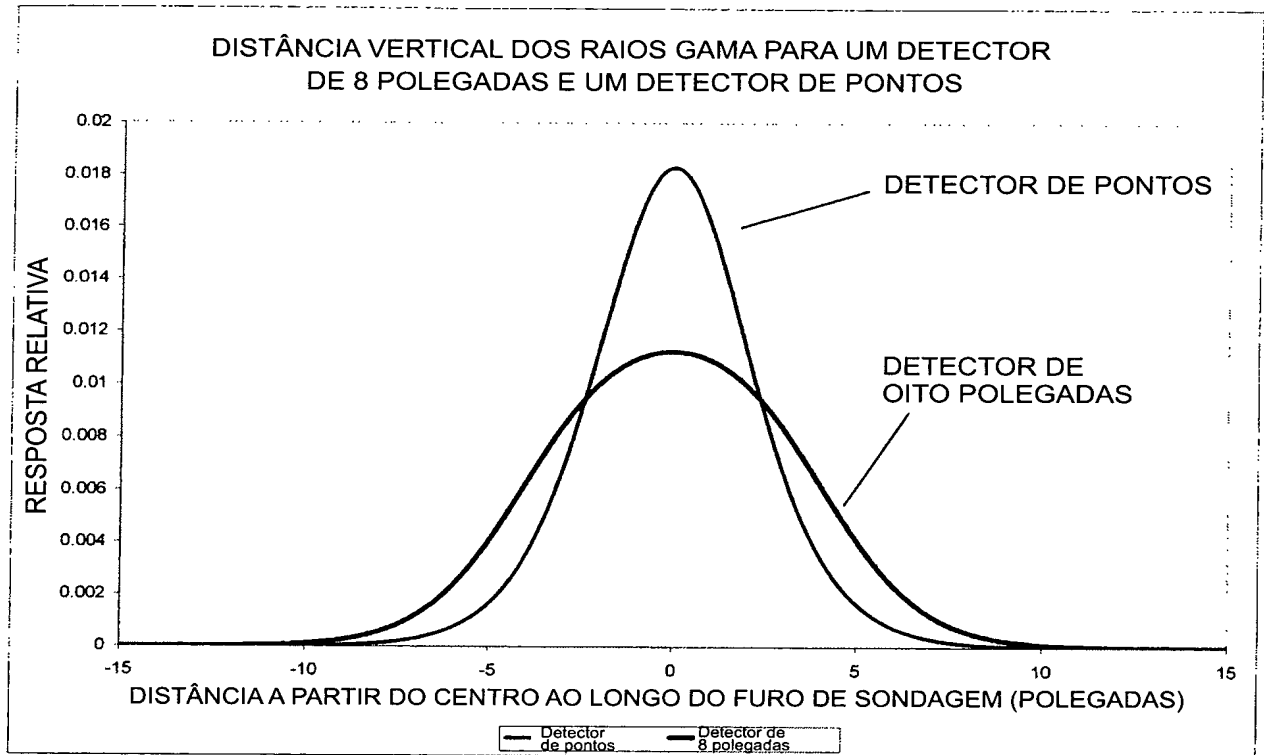


Fig. 2

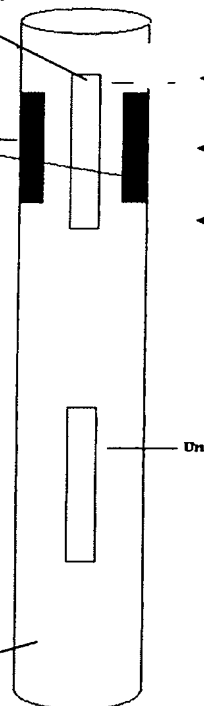
**Fig. 3**



DETECTOR DE RADIAÇÃO GAMA
DE OITO POLEGADAS BLINDADO 42

BLINDAGEM 43

INSTRUMENTO DE
PERFILAGEM 10

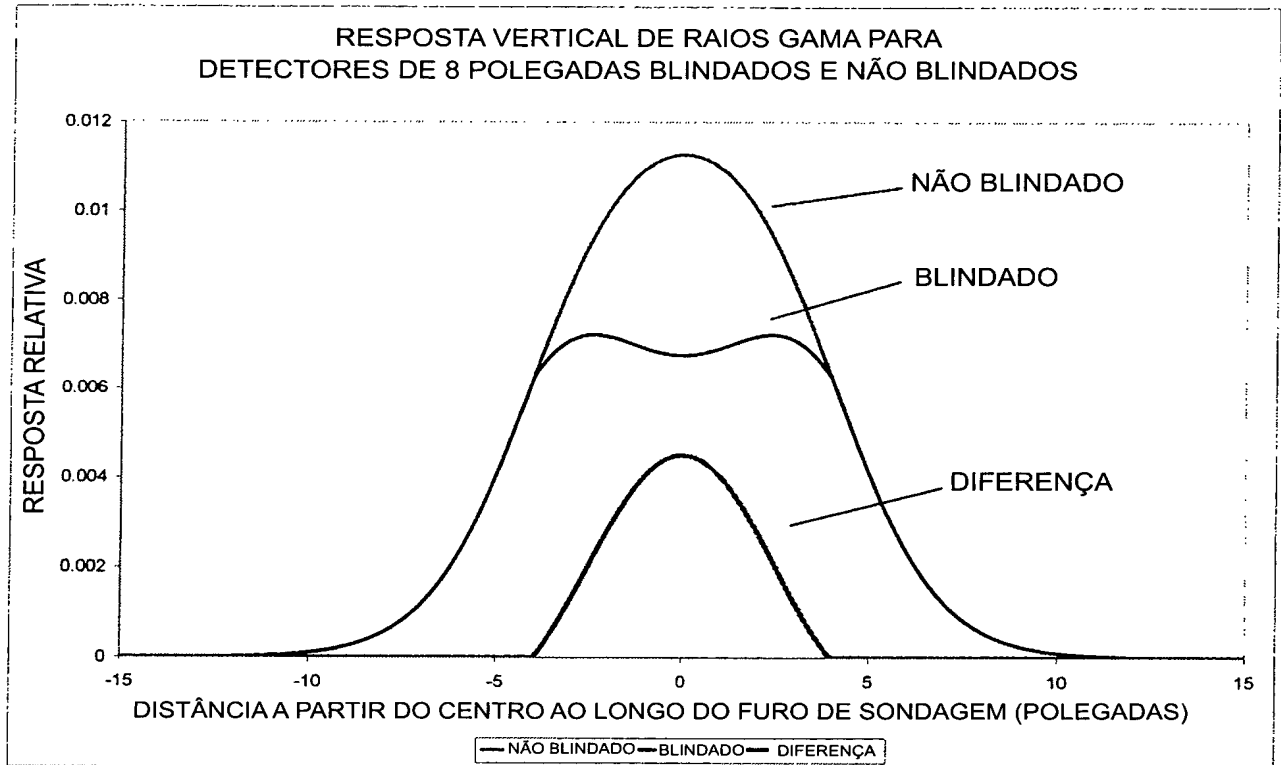


RADIAÇÃO NÃO ATENUADA
PELA BLINDAGEM

RADIAÇÃO ATENUADA
PELA BLINDAGEM

DETECTOR DE RADIAÇÃO
GAMA DE OITO POLEGADAS
NÃO BLINDADO

Fig. 5

**Fig. 6**

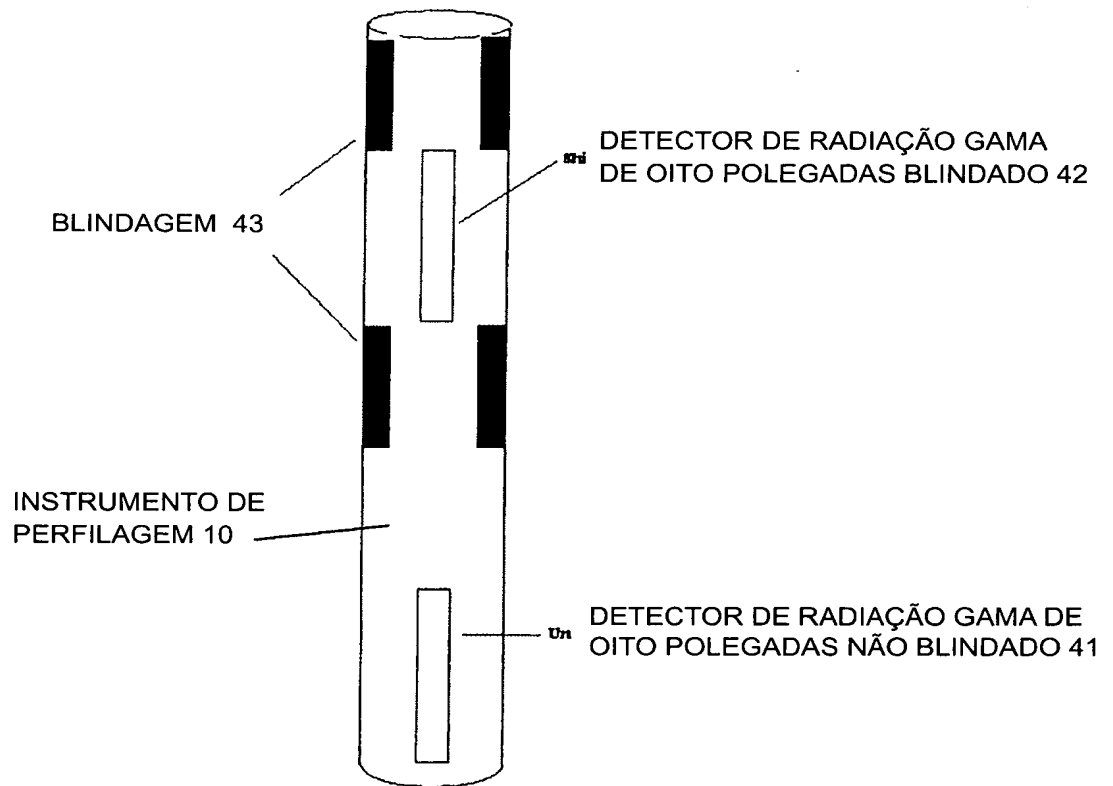
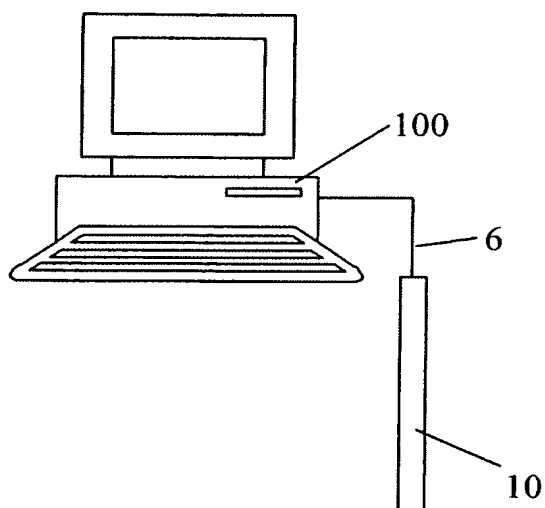
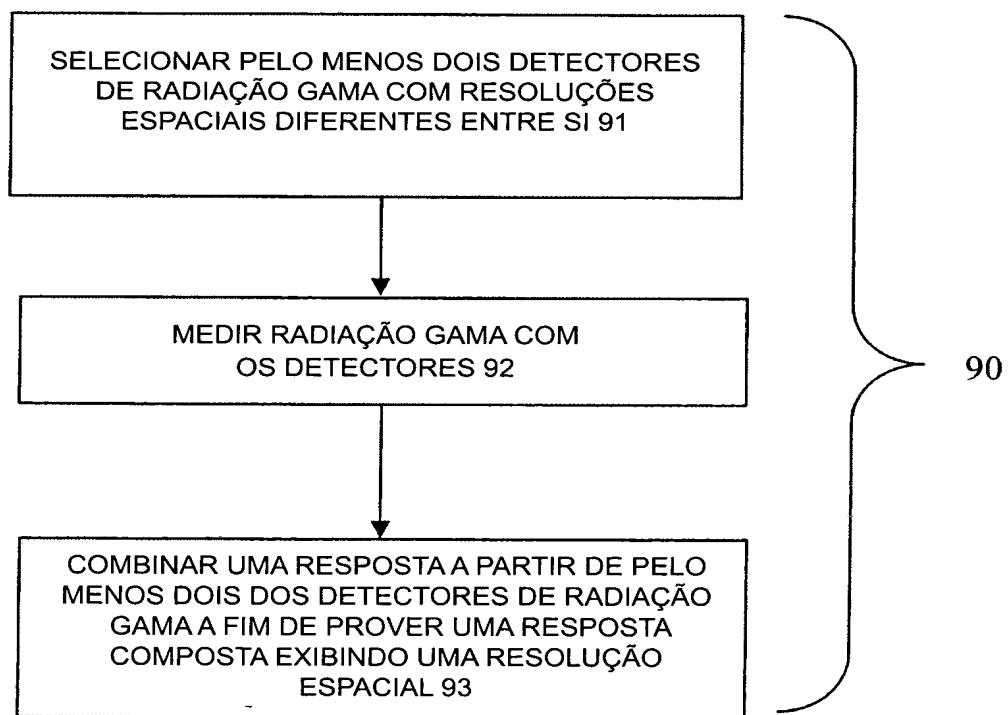
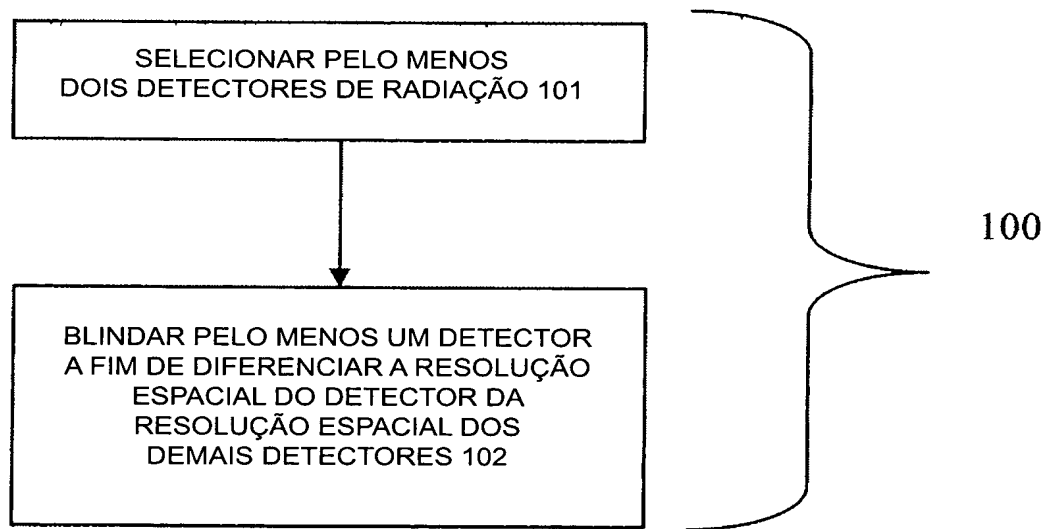


Fig 7

**Fig. 8****Fig. 9**

**Fig. 10**

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO E APARELHO PARA MEDIÇÕES DE RAIOS GAMA DE ALTA RESOLUÇÃO"**.

5 A presente invenção refere-se a um método para medir radiação, o método inclui a seleção de, pelo menos, dois detectores de radiação, cada detector tendo uma resolução espacial que se difere da resolução espacial de outros detectores; a medição da radiação com os detectores; e a combinação de uma resposta de pelo menos dois dos detectores, a fim de produzir uma resposta composta que exiba uma resolução espacial.