



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

(21) **PI0900890-0 A2**



(22) Data de Depósito: 16/03/2009
(43) Data da Publicação: 06/04/2010
(RPI 2048)

(51) *Int.Cl.:*
G01V 1/28 (2010.01)
G01V 1/24 (2010.01)
G01V 1/00 (2010.01)

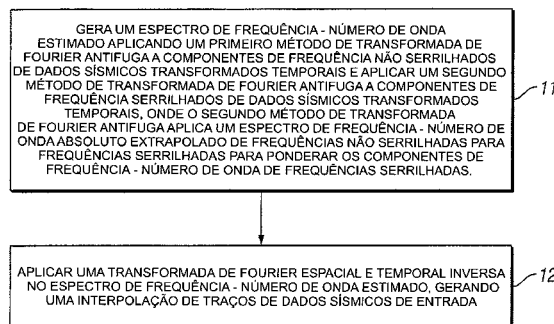
(54) Título: **MÉTODO PARA INTERPOLAR DADOS SÍSMICOS POR TRANSFORMADA DE FOURIER ANTISSERRILHA, ANTIFUGA**

(30) Prioridade Unionista: 17/03/2008 US 12/077,108

(73) Titular(es): PGS Geophysical AS

(72) Inventor(es): Michael Albert Schonewille

(57) Resumo: MÉTODO PARA INTERPOLAR DADOS SÍSMICOS POR TRANSFORMADA DE FOURIER ANTISSERRILHA, ANTIFUGA. A presente invenção refere-se a um espectro de frequência - número de onda estimado que é gerado pela aplicação de um primeiro método de transformada de Fourier Antifuga a componentes de frequência serrilhados em dados sísmicos transformados temporais e aplicar um segundo método de transformada de Fourier Antifuga a componentes de frequência não-serrilhados dos dados sísmicos transformados temporais. O segundo método de transformada de Fourier Antifuga aplica um espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado de frequências não-serrilhadas para frequências serrilhadas para ponderar os componentes de frequência - número de onda das frequências serrilhadas. Uma transformada de Fourier temporal e espacial inversa é aplicada no espectro de frequência - número de onda estimado, gerando a interpolação de traço dos dados sísmicos.





PI0900890-0

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO PARA INTERPOLAR DADOS SÍSMICOS POR TRANSFORMADA DE FOURIER ANTISERRILHA, ANTIFUGA".

Referências Cruzadas a Pedidos Relativos

5 Não Aplicável

Pesquisa ou Desenvolvimento Federalmente Patrocinada

Não Aplicável

Listagem de Sequência, Tabela, ou Listagem de Computador

Não Aplicável

10 Antecedentes da Invenção

Esta invenção refere-se de modo geral ao campo da prospecção geofísica. Mais especificamente, a invenção refere-se ao campo de interpolação ou regularização de traços em dados sísmicos.

Descrição da Técnica Relacionada

15 Na indústria de óleo e gás, a prospecção geofísica é comumente utilizada para auxiliar na pesquisa e na avaliação de formações subterrâneas. As técnicas de prospecção geofísica geram um conhecimento da estrutura de subsuperfície da terra, o que é útil para encontrar e extrair recursos minerais valiosos, especificamente os depósitos de hidrocarbonetos tais

20 como o óleo e o gás natural. Uma técnica bem conhecida de prospecção geofísica é um levantamento sísmico. Em um levantamento sísmico baseado em terra, um sinal sísmico é gerado sobre a ou próximo da superfície da terra e então desloca-se para baixo para dentro da subsuperfície da terra. Em um levantamento sísmico marinho, o sinal sísmico também desloca-se para

25 baixo através de um corpo de água sobreposto à subsuperfície da terra. Fontes de energia sísmica são utilizadas para gerar o sinal sísmico o qual, após propagar para dentro da terra, é pelo menos parcialmente refletido por refletores sísmicos de subsuperfície. Tais refletores sísmicos tipicamente são interfaces entre as formações subterrâneas que tem diferentes propriedades elásticas, especificamente a velocidade de onda sonora e a densidade de rocha, o que leva a diferenças em impedância acústica nas interfaces.

30 A energia sísmica refletida é detectada por sensores sísmicos (também de-

nominados receptores sísmicos) na ou próximo da superfície da terra, dentro de um corpo de água sobrejacente, ou a profundidades conhecidas dentro de furos de poço e gravada.

5 As fontes sísmicas apropriadas para gerar o sinal sísmico em levantamentos sísmicos terrestres podem incluir explosivos ou vibradores. Os levantamentos sísmicos marinhos tipicamente empregam uma fonte sísmica submersa rebocada por um navio e periodicamente ativada para gerar um campo de onda acústico. A fonte sísmica que gera o campo de onda pode ser de diversos tipos, incluindo uma pequena carga explosiva, uma centelha ou arco elétrico, um vibrador marinho, e, tipicamente, uma arma. A arma de fonte sísmica pode ser uma arma de água, uma arma de vapor, e, mais tipicamente, uma arma de ar. Tipicamente, uma fonte sísmica marinha consiste não de um único elemento de fonte, mas de uma rede de elementos de fonte espacialmente distribuídos. Esta disposição é especificamente verdadeira para as armas de ar, correntemente a forma mais comum de pesquisa sísmica marinha.

15 Os tipos apropriados de sensores sísmicos tipicamente incluem os sensores de velocidade de partícula, especificamente nos levantamentos terrestres, e os sensores de pressão de água, especificamente em levantamentos marinhos. Algumas vezes os sensores de deslocamento de partícula, os sensores de aceleração de partícula, ou os sensores de gradiente de pressão são utilizados no lugar ou além dos sensores de velocidade de partícula. Os sensores de velocidade de partícula e os sensores de pressão de água são comumente conhecidos na técnica como geofones e hidrofones, respectivamente. Os sensores de sísmicos podem ser estendidos por si próprios, mas são mais comumente estendidos em redes de sensores. Além disso, os sensores de pressão e os sensores de velocidade de partícula podem ser estendidos juntos em um levantamento marinho, colocados em pares ou pares de redes.

30 Em um levantamento sísmico marinho típico, um navio de levantamento sísmico desloca-se sobre a superfície da água, tipicamente a aproximadamente 5 nós, e contém um equipamento de aquisição sísmica, tais

como um controle de navegação, um controle de fonte sísmica, um controle de sensor sísmico, e um equipamento de gravação. O equipamento de controle de fonte sísmica faz com que uma fonte sísmica rebocada dentro do corpo de água pelo navio sísmico atue em tempos selecionados. Cabos sismográficos, também denominados cabos sísmicos, são estruturas como cabo alongadas rebocadas dentro do corpo de água pelo navio de levantamento sísmico que reboca a fonte sísmica ou por outro navio de levantamento sísmico. Tipicamente, uma pluralidade de cabos sismográficos são rebocados atrás de um navio sísmico. Os cabos sismográficos contêm sensores para detectar os campos de ondas refletidos iniciados pela fonte sísmica e refletidos de interfaces de reflexão. Convencionalmente, os cabos sismográficos contêm sensores de pressão tais como os hidrofones, mas cabos sismográficos têm sido propostos que contêm sensores de velocidade de partícula tais como os geofones ou os sensores de aceleração de partícula tais como os acelerômetros, além dos hidrofones. Os sensores de pressão e os sensores de movimento de partícula podem ser estendidos na proximidade, colocados em pares ou pares de redes ao longo de um cabo sísmico.

Os dados sísmicos resultantes obtidos na execução do levantamento são processados para gerar as informações relativas à estrutura geológica e propriedades das formações subterrâneas na área que está sendo levantada. Os dados sísmicos processados são processados para exibição e análise de conteúdo de hidrocarbonetos potencial destas formações subterrâneas. O objetivo do processamento de dados sísmicos é extrair dos dados sísmicos tantas informações quanto possível referentes às formações subterrâneas de modo a formar adequadamente uma imagem da subsuperfície geológica. De modo a identificar as localizações na subsuperfície da Terra onde existe uma probabilidade de encontrar acúmulos de petróleo, grandes somas de dinheiro são despendidas no coletamento, processamento, e interpretação dos dados sísmicos. O processo de construir as superfícies refletoras que definem as camadas de terra de interesse subterrâneas dos dados sísmicos gravados provê uma imagem da terra em profundidade ou tempo.

A imagem da estrutura da subsuperfície da Terra é produzida de modo a permitir a um interpretador selecionar as localizações com a maior probabilidade de ter acúmulo de petróleo. Para verificar a presença de petróleo, um poço deve ser perfurado. A perfuração de poços para determinar se depósitos de petróleo estão presentes ou não, é uma tarefa extremamente dispendiosa e demorada. Por esta razão, existe uma necessidade contínua de aperfeiçoar o processamento e a exibição dos dados sísmicos, de modo a produzir uma imagem da estrutura da subsuperfície da Terra que aperfeiçoarão a capacidade de um interpretador, sendo a interpretação feita por um computador ou um humano, para avaliar a probabilidade de que um acúmulo de petróleo existe em uma localização específica na subsuperfície da Terra.

Dois problemas podem surgir no coletamento de dados sísmicos, tanto em terra quanto na água. Os dados podem ser subamostrados (serrilhados) ou os dados podem ser não-uniformemente (irregularmente) amostrados. As limitações físicas e econômicas em um levantamento sísmico frequentemente fazem com que os dados sísmicos sejam adquiridos ou como subamostrados ou não-uniformemente amostrados.

Os dados subamostrados são comumente referidos como dados serrilhados. Da teoria de amostragem de dados, é desejado que nenhum comprimento de onda embutido nos dados seja mais curto do que o dobro do intervalo de amostragem. De outro modo, a característica que corresponde ao comprimento de onda embutido será sub-resolvida e com isto distorcida devido ao serrilhamento.

Assim, a frequência de serrilha temporal na qual o serrilhamento inicia, a frequência de Nyquist, é $f = 1/2\Delta t$ no domínio de frequência - número de onda ($f-k$). A frequência de serrilha espacial na qual o serrilhamento inicia, o número de onda Nyquist, é $k = \pi/\Delta x$ nas coordenadas espaciais. Aqui Δt é o intervalo de tempo de amostra em milissegundos e Δx é o espaçamento de estação em unidades preferidas, tais como metros. Assim, um grande intervalo de amostragem no domínio de tempo - espaço ($t-x$) corresponde a uma pequena frequência de Nyquist e um pequeno número de onda

de Nyquist no domínio de f-k correspondente.

A gravação dos dados sísmicos com intervalos de amostragem muito maiores do que idealmente desejado pode levar a efeitos prejudiciais no processamento de dados subsequente. No entanto, o coletamento de dados em um intervalo de amostragem mais fino durante o levantamento sísmico aumenta significativamente o custo de aquisição de dados sísmicos, especificamente no caso de levantamento em 3D. Assim, ao contrário, os dados faltantes podem ser aproximados dos dados adquiridos. Assim, algum benefício deve ser procurado pela interpolação ou extrapolação de dados sísmicos espacialmente serrilhados.

A interpolação de traços em dados sísmicos não-serrilhados, uniformemente amostrados é direta. A interpolação pode ser executada, por exemplo, por convolução com um filtro de sincronização no domínio espacial ou estendendo o número de onda de Nyquist de um sinal limitado em banda através de preenchimento de zeros no domínio de Fourier. No entanto, esta interpolação de traço mais fácil assume que a interpolação é feita como funções de base ortogonais. A energia do sinal nos dados vasa para todas as outras frequências quando as interpolações de traço são executadas em uma grade irregularmente amostrada. A fuga de energia é causada pelas irregularidades de amostragem e de efeitos limites.

Assim, os dados não-uniformemente amostrados precisam ser regularizados para uma grade de base ortogonal (regular). A regularização de dados sísmicos tridimensionais requer a geração de traços sísmicos em localizações onde a aquisição das posições de fonte e de receptor não acontecem durante o levantamento sísmico. Em outras palavras, os traços sísmicos dos dados adquiridos em uma grade irregular são interpolados ou extrapolados para uma grade regular.

Os dados sísmicos marinhos especificamente são usualmente irregularmente e esparsamente amostrados ao longo das direções espaciais por muitas razões, que incluem o espalhamento de cabos, a evitação de obstáculos, a edição de maus traços, e economia. No entanto, os dados regularmente amostrados são requeridos para diversas aplicações de proces-

samento sísmico, que incluem a eliminação múltipla relativa a superfície 3D e a migração de equação de onda 3D. O melhor modo para obter dados regularmente amostrados em 3D é adquirir mais dados, com mais redundância na direção de linha cruzada e com uma faixa de azimute mais larga, mas isto
5 é dispendioso e difícil de conseguir devido à tecnologia de aquisição marinha corrente. Portanto, a regularização de dados torna-se uma ferramenta de processamento importante.

Assim, existe uma necessidade de um método para interpolar os traços em dados sísmicos que são tanto subamostrados quanto não-
10 uniformemente amostrados. Especificamente, uma necessidade existe de um método de interpolação de traço que atenua a fuga de energia devido a uma amostragem irregular em dados sísmicos serrilhados.

Breve Sumário da Invenção

A invenção é um método para interpolar os traços em dados
15 sísmicos que podem ser tanto subamostrados quanto não-uniformemente amostrados. Um espectro de frequência - número de onda estimado é gerado aplicando um primeiro método de transformada de Fourier Antifuga a componentes de frequência serrilhados em dados sísmicos transformados temporais e aplicando um segundo método de transformada de Fourier Anti-
20 fuga a componentes de frequência não-serrilhados nos dados sísmicos transformados temporais. O segundo método de transformada de Fourier Antifuga aplica um espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado de frequências não-serrilhadas a frequências serrilhadas para ponderar os componentes de frequência - número de onda das frequências serri-
25 lhadas. Uma transformada de Fourier temporal e espacial inversa é aplicada a um espectro de frequência - número de onda, gerando a interpolação de traço dos dados sísmicos.

Breve Descrição dos Desenhos

A invenção e suas vantagens podem ser mais facilmente com-
30 preendidas por referência à descrição detalhada seguinte e aos desenhos anexos, nos quais:

figura 1 é um fluxograma que ilustra uma primeira modalidade da

invenção para interpolar os traços em dados sísmicos que são tanto subamostrados quanto não-uniformemente amostrados;

figura 2 é um fluxograma que ilustra a porção inicial de uma segunda modalidade da invenção para interpolar os traços em dados sísmicos que são tanto subamostrados quanto não-uniformemente amostrados;

figura 3 mostra um fluxograma que ilustra a porção intermediária da segunda modalidade da invenção para interpolar os traços em dados sísmicos que foi iniciado na figura 2;

figura 4 mostra um fluxograma que ilustra a porção final da segunda modalidade da invenção para interpolar os traços em dados sísmicos que foi iniciado na figura 2;

figura 5 é um fluxograma que ilustra uma modalidade da invenção para processar as frequências não-serrilhadas em dados sísmicos não-uniformemente amostrados da figura 2; e

figura 6 é um fluxograma que ilustra uma modalidade da invenção para processar as frequências serrilhadas em dados sísmicos não-uniformemente amostrados da figura 3;

figura 7 mostra um diagrama de um espectro de frequência - número de onda nas frequências não-serrilhadas, mais baixas;

figura 8 mostra um diagrama do espectro de frequência - número de onda extrapolado, utilizado como uma função de ponderação para as frequências serrilhadas, mais altas;

figuras 9A-9D mostram o método da invenção, como aplicado a um exemplo de dados sintéticos;

figuras 10A-10D mostram um método de ALFT padrão, como aplicado ao exemplo de dados sintéticos nas figuras 9A-9D;

figuras 11A-11D mostram o método da invenção, como aplicado a um exemplo de dados de campo; e

figuras 12A-12D mostram um método de ALFT padrão, como aplicado ao exemplo de dados de campo nas figuras 11A-11D.

Apesar da invenção ser descrita em conexão com as suas modalidades preferidas, será compreendido que a invenção não está limitada a

estas. Ao contrário, a invenção pretende cobrir todas as alternativas, modificações, e equivalentes que possam ser incluídos dentro do escopo da invenção, como definido pelas reivindicações anexas.

Descrição Detalhada da Invenção

5 O método de interpolação de traço mais direto é uma interpolação 1-D na direção de espaço em cada amostra de tempo por transformação de Fourier na direção de número de onda (k), um preenchimento de um grande número suficiente de amostras zero, e uma transformação de Fourier inversa. Esta interpolação de traço pode equivalentemente ser feita no domínio de frequência - número de onda ($f-k$) para cada fatia de dados de frequência. O processo é o interpolador de traço, de função de sincronização (ou cardeal de seno) independente de dados determinísticos. Este processo funciona bem desde que os dados sísmicos não sejam subamostrados (ser-

10 rilhados) ou não-uniformemente amostrados (em uma grade irregular).

15 A interpolação de traço como regularização de dados sísmicos, a qual objetiva estimar os traços sísmicos em uma grade espacialmente regular utilizando os dados irregularmente amostrados adquiridos, é um problema de interpolação / extrapolação. A transformada de Fourier desempenha um papel crucial para estimar os componentes de frequência no domínio de frequência - número de onda, e a sua transformada de Fourier inversa recria os dados sísmicos sobre a grade regular desejada de volta no domínio de tempo - espaço. O problema fundamental para a reconstrução de dados baseada em transformada de Fourier é que as funções básicas globais, tais como as funções de sincronização, não são ortogonais em uma grade irregular. A não ortogonalidade da base de Fourier global resulta na energia de um componente de frequência vazando por sobre outras, um fenômeno denominado "fuga espectral".

20

25

30 A invenção é um método para interpolar os traços em dados sísmicos que podem ser tanto subamostrados quanto não-uniformemente amostrados. A invenção é criada sobre o método de "transformada de Fourier Antifuga" (ALFT) para a interpolação de traços faltantes. A ALFT foi proposta para resolver o problema de regularização de dados sísmicos reduzindo

do o fenômeno de fuga de frequência para os dados amostrados em uma grade irregular. A ALFT "reortogonaliza" as funções básicas de Fourier globais sobre uma grade irregularmente amostrada, o que leva a uma boa estimativa do espectro de sinal sobre a grade irregular.

5 Para os métodos de somatório de Fourier padrão, a sequência de solução para cada coeficiente de Fourier não tem nenhum efeito sobre os resultados finais. No entanto, a ordem é crucial nos métodos de ALFT, porque os coeficientes de Fourier com uma maior magnitude (energia) contribuirão mais fuga de energia do que os coeficientes com menores magnitudes.

10 Assim, para reduzir a fuga os coeficientes de Fourier são estimados iterativamente, em cada ponto estimando o coeficiente com a energia máxima. Após cada estimativa, o componente de frequência calculado (coeficiente de Fourier) será reiniciado para zero atualizando os dados de entrada. Matematicamente, é equivalente a remover o componente de frequência dos dados

15 sísmicos de entrada originais.

Esta entrada recentemente subtraída é utilizada para resolver o próximo coeficiente de Fourier, novamente utilizando o mesmo critério de energia máxima. Este procedimento iterativo é repetido até que todos os coeficientes de Fourier sejam resolvidos, isto é, até que todos os valores na

20 entrada atualizada tendam para zero (praticamente, abaixo de um limite). Em geral, as funções básicas de Fourier globais são somente ortogonais sobre uma grade regular, isto é, para os dados regularmente amostrados. A subtração atua como um mecanismo de ortogonalização para a base de Fourier sobre uma grade irregular. Em outras palavras, as funções básicas

25 de Fourier são reortogonalizadas. Este método leva a uma solução prática para minimizar o efeito de fuga de uma frequência para outra.

Se o número e a faixa de componentes de Fourier utilizados for suficiente, então os dados de entrada atualizados finais sobre a grade irregular tenderão a zero após todas as operações de subtração. Neste caso, os

30 dados reconstruídos dos coeficientes de Fourier obtidos coincidirão com as medições originais, uma das especificações para um método de interpolação desejado.

O problema com o método ALFT padrão está na manipulação de dados serrilhados (na presença de ruído). Um componente serrilhado pode ser de magnitude igual ou maior do que um componente não-serrilhado e pode ser erroneamente pego fora de sequência pelo método de ALFT. O método da invenção expande sobre o método de ALFT utilizando as informações de frequências temporais não-serrilhadas, mais baixas, para ajudar a "desserrilhar" as frequências temporais mais altas. Especificamente, a invenção utiliza as frequências não-serrilhadas mais baixas para designar uma função de ponderação que determina quais componentes espectrais são calculados (e removidos) primeiro no procedimento de ALFT. A função de ponderação é construída extrapolando o espectro de frequência - número de onda nas frequências não-serrilhadas para as frequências serrilhadas.

As figuras 1-6 são fluxogramas que ilustram as modalidades da invenção para a interpolação de traço. A figura 1 e as figuras 2-4, respectivamente, mostram duas modalidades do método da invenção, enquanto que as figuras 5 e 6 mostram detalhes adicionais do método mostrado nas figuras 2-4. As figuras 7-12 ilustram algumas das técnicas descritas nos fluxogramas discutidos com referência às figuras 1-6. As figuras 6 e 7 ilustram os espectros utilizados na técnica de ponderação. As figuras 9A-9D e 10A-10D ilustram os resultados do processo de interpolação de traço para o método da invenção e para a ALFT padrão, respectivamente, para um exemplo sintético. As figuras 11A-11D e 12A-12D ilustram os resultados do processo de interpolação de traço para o método da invenção e para a ALFT padrão, respectivamente, para um exemplo de dados de campo.

A figura 1 mostra um fluxograma que ilustra uma primeira modalidade da invenção para interpolar os traços em um conjunto de dados sísmicos de entrada que são tanto subamostrados quanto não-uniformemente amostrado.

Na etapa 11, um espectro de frequência - número de onda estimado é gerado. Um primeiro método de transformada de Fourier Antifuga padrão é aplicado a componentes de frequência não-serrilhados de dados sísmicos transformados temporais e, um segundo método de transformada

de Fourier Antifuga não-padrão é aplicado a componentes de frequência serrilhados dos dados sísmicos transformados temporais. O segundo método de transformada de Fourier Antifuga padrão aplica um espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado de frequências não-serrilhadas (tipicamente mais baixas) para frequências serrilhadas (tipicamente mais altas) para ponderar as frequências serrilhadas.

Na etapa 12, uma transformada de Fourier temporal e espacial inversa é aplicada no espectro de frequência - número de onda estimado da etapa 11, gerando um conjunto de dados estimados. O espectro de frequência - número de onda estimado é transformado inverso do domínio de frequência - número de onda ($f-k$) para o domínio de tempo - espaço ($t-x$), resultando na interpolação de traço desejada dos dados sísmicos de entrada.

A figura 2 mostra um fluxograma que ilustra a porção inicial de uma segunda modalidade da invenção para interpolar os traços em dados sísmicos que são tanto subamostrados quanto não-uniformemente amostrados. A figura 2 expande sobre a discussão da primeira modalidade acima discutida com referência à figura 1.

Na etapa 21, os dados sísmicos de entrada são obtidos. Os dados sísmicos são assumidos serem expressos no domínio de tempo - espaço ($t-x$). Os dados sísmicos podem ser tanto serrilhados quanto irregularmente amostrados, já que o método da invenção está adaptado para manipular ambas as condições.

Na etapa 22, uma transformada de Fourier temporal é aplicada nos dados sísmicos de entrada obtidos na etapa 21. De preferência, a transformada de Fourier aplicada é uma Transformada de Fourier Rápida (FFT), para eficiência computacional. Os dados de entrada são transformados do domínio de tempo - espaço ($t-x$) para o domínio de frequência - espaço ($f-x$).

Na etapa 23, é determinado quais componentes de frequência dos dados sísmicos de entrada transformados da etapa 22 não são serrilhados e quais componentes de frequência são serrilhados. Tipicamente, as frequências mais baixas não serão serrilhadas e as frequências mais altas serão serrilhadas.

Na etapa 24, um primeiro número de iterações, designado N_1 , é selecionado para o primeiro método de ALFT, o qual deve ser aplicado nas frequências não-serrilhadas determinadas na etapa 23. O número N_1 é empiricamente derivado para o primeiro método de ALFT.

5 Em uma modalidade alternativa, um primeiro limite ε_1 é selecionado do primeiro método de ALFT ao invés do primeiro número de iterações, N_1 . Então, o primeiro método de ALFT é aplicado iterativamente a cada coeficiente de Fourier até que o coeficiente seja diminuído abaixo do primeiro limite ε_1 , ao invés de um número determinado de iterações. O método da
10 invenção é ilustrado para a modalidade utilizando o número de iterações para propósitos ilustrativos somente, e esta escolha não deve ser considerada uma limitação da invenção.

Na etapa 25, um componente de frequência não-serrilhado é selecionado dos componentes de frequência determinados serem não-serrilhados na etapa 23.
15

Na etapa 26, o processo prossegue para a etapa 51 da figura 5 com o componente de frequência não-serrilhado selecionado na etapa 25. Ali, na figura 5, um primeiro método de ALFT (padrão) será aplicado nas frequências não-serrilhadas.

20 Na etapa 27, um espectro de frequência - número de onda estimado para o componente de frequência não-serrilhado é obtido da etapa 59 da figura 5.

Na etapa 28, é determinado se mais componentes de frequência não-serrilhados restam serem selecionados. Se mais componentes de frequência não-serrilhados restarem, então o processo retorna para a etapa 25. Se mais nenhum componente de frequência não-serrilhado restar, então o processo continua para a próxima etapa, 29.
25

Na etapa 29, todos os espectros de frequência - número de onda estimados para os componentes de frequência não-serrilhados da etapa 27 são combinados em um espectro de frequência - número de onda estimado não-serrilhado.
30

Na etapa 30, o processo termina para a figura 2 e prossegue

para a etapa 31 da figura 3 com o espectro de frequência - número de onda estimado não-serrilhado da etapa 29.

5 A figura 3 mostra um fluxograma que ilustra a porção intermediária da segunda modalidade da invenção para interpolar os traços em dados sísmicos que foi iniciado na figura 2.

Na etapa 31, o processo continua da etapa 29 da figura 2 com o espectro de frequência - número de onda estimado não-serrilhado.

10 Na etapa 32, um valor absoluto é tomado do espectro de frequência - número de onda estimado não-serrilhado da etapa 31, gerando um espectro de frequência absoluta no domínio de frequência - número de onda (f-k) para as frequência não-serrilhadas.

15 Na etapa 33, o espectro de frequência - número de onda absoluto da etapa 32 é extrapolado para as frequências não-serrilhadas, gerando um espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado no domínio de frequência - número de onda (f-k) para as frequências serrilhadas. Tipicamente, as frequências serrilhadas compreendem as frequências e os números de onda mais altos. O espectro extrapolado contém efetivamente as informações das frequências mais baixas não-serrilhadas, e estas informações fornecerão uma seleção aperfeiçoada dos componentes de Fourier não-serrilhados nas frequências mais altas serrilhadas.

20 As figura 7-8 ilustram espectros exemplares como seriam computados nas etapas 32 e 33.

25 A figura 7 mostra um diagrama de um espectro de frequência - número de onda, como seria computado na etapa 32, nas frequências mais baixas, as quais não são serrilhadas. A figura 8 mostra um diagrama do espectro de frequência - número de onda extrapolado, como seria computado na etapa 33. Este espectro extrapolado é utilizado como uma função de ponderação para as frequências mais altas, algumas das quais são serrilhadas.

30 Em princípio, as frequências mas baixas são extrapoladas para as frequências mais altas e conseqüentemente, para uma maior largura de banda, ou números de onda. Na prática, o espectro de frequência mais baixa

é extrapolado tanto nos valores de frequência quanto de número de onda. A interpolação pode incluir a média ou a uniformização. A figura 8 mostra os resultados de uma interpolação de 2:1.

Na etapa 34, um segundo número de iterações, designado N_2 , é selecionado para o segundo método de ALFT, o qual deve ser aplicado nas frequências serrilhadas determinadas na etapa 23 na figura 2. O número N_2 é tipicamente derivado para o segundo método de ALFT. Em uma modalidade, $N_1 = N_2$, apesar de que tipicamente, $N_1 > N_2$. No entanto, está dentro do escopo da invenção que um número diferente de iterações, N , seja determinado para cada componente de frequência, isto é, que o número de iterações seja dependente de frequência.

Em uma modalidade alternativa, um segundo limite ϵ_2 é selecionado para o segundo método de ALFT ao invés do segundo número de iterações, N_2 . Então, o segundo método de ALFT é aplicado iterativamente a cada coeficiente de Fourier até que o coeficiente seja diminuído abaixo do segundo limite ϵ_2 , ao invés de para um número determinado de iterações. O método da invenção está ilustrado para a modalidade que utiliza o número de iterações para propósitos ilustrativos somente, e esta escolha não deve ser considerada uma limitação da invenção.

Na etapa 35, um componente de frequência serrilhado é selecionado das frequências determinadas serem serrilhadas na etapa 23 da figura 2.

Na etapa 36, o processo prossegue para a etapa 61 da figura 6 com o componente de frequência serrilhado selecionado na etapa 35. Ali, na figura 6, um segundo método de ALFT da invenção (não-padrão) será aplicado nas frequências não-serrilhadas.

Na etapa 37, um espectro de frequência - número de onda estimado para o componente de frequência serrilhado selecionado é obtido da etapa 71 da figura 6.

Na etapa 38, é determinado se mais componentes de frequência serrilhados restam serem selecionados. Se mais frequências serrilhadas restarem, então o processo retorna para a etapa 35. Se não mais frequências

serrilhadas restarem, o processo continua para a próxima etapa, 39.

Na Etapa 39, o processo na figura 3 termina e prossegue para a etapa 41 da figura 4 com o espectro de frequência - número de onda estimado não-serrilhado da etapa 31 e todos os espectros de frequência - número de onda estimados para os componentes de frequência serrilhados selecionados obtidos da etapa 37.

A figura 4 mostra um fluxograma que ilustra a porção final da segunda modalidade da invenção para interpolar os traços em dados sísmicos que foi iniciado na figura 2 e continuou na figura 3.

Na etapa 41, o processo continua da etapa 39 da figura 3 com o espectro de frequência - número de onda estimado não-serrilhado e todos os espectros de frequência - número de onda estimados para os componentes de frequência serrilhados selecionados.

Na etapa 42, todos os espectros de frequência - número de onda estimados para os componentes de frequência serrilhados selecionados da etapa 41 são combinados em um espectro de frequência - número de onda estimado serrilhado.

Na etapa 43, os espectros de frequência - número de onda estimados não-serrilhados e serrilhados das etapas 41 e 42, respectivamente, são combinados em um espectro de frequência - número de onda estimado total.

Na etapa 44, uma transformada de Fourier espacial inversa é aplicada no espectro de frequência - número de onda estimado total da etapa 43, gerando um espectro de frequência - espaço estimado total. A transformada de Fourier espacial inversa é designada para transformar os traços para as posições de traço desejadas, que incluem as posições de traços faltantes ou para as posições sobre uma grade regular (ortogonal). De preferência, a transformada de Fourier inversa aplicada é uma Transformada de Fourier Discreta (DFT) espacial ou uma Transformada de Fourier Rápida Não-uniforme (NFFT), para eficiência computacional. O espectro de frequência - número de onda estimado total é transformado inverso do domínio de frequência - número de onda ($f-k$) para o espectro de frequência - espaço

estimado total no domínio de frequência - espaço (f-x).

Na etapa 45, uma transformada de Fourier temporal inversa é aplicada no espectro de frequência - espaço estimado total da etapa 44, gerando um conjunto de dados estimados total. De preferência, a transformada de Fourier inversa aplicada é uma Transformada de Fourier Rápida (FFT) temporal inversa. O espectro de frequência - espaço estimado total é adicionalmente transformado inverso do domínio de frequência - espaço (f-x) para o conjunto de dados estimados total no domínio de tempo - espaço (T-x).

Alternativamente, a transformada de Fourier inversa aplicada nas etapas 44 e 45 é uma Transformada de Fourier Rápida (FFT) 2-D (temporal e espacial). Em qualquer caso, o resultado final é que o espectro de frequência - número de onda estimado é transformado inverso do domínio de frequência - número de onda (f-k) de volta para o domínio de tempo - espaço (t-x), gerando a interpolação de traço desejada dos dados sísmicos de entrada. esta interpolação de traço dos dados sísmicos de entrada pode atingir muitos objetivos, incluindo preencher os traços faltantes e regularizar os traços amostrados.

Para as frequências não-serrilhadas determinadas na etapa 23 na figura 2, uma ALFT padrão é aplicada. A figura 5 mostra um fluxograma que ilustra uma modalidade da invenção para processar as frequências não-serrilhadas em dados sísmicos não-uniformemente amostrados da figura 2.

Na etapa 51, um componente de frequência não-serrilhado selecionado é obtido da etapa 26 da figura 2.

Na etapa 52, um espectro de frequência - número de onda estimado no domínio de frequência - número de onda (f-k) é estabelecido para o componente de frequência não-serrilhado selecionado obtido na etapa 51. O espectro de frequência - número de onda estimado é inicialmente ajustado para zero. Este espectro será adicionalmente construído adicionando os componentes de número de onda selecionados na etapa 55 abaixo.

Na etapa 53, uma transformada de Fourier espacial é aplicada no componente de frequência não-serrilhado selecionado na etapa 51. De preferência, a transformada de Fourier aplicada é uma Transformada de

Fourier Discreta (DFT) ou uma Transformada de Fourier Rápida Não-uniforme (NFFT), para eficiência computacional. O componente de frequência é transformado do domínio de frequência - espaço (f-x) para o domínio de frequência - número de onda (f-k).

5 Na etapa 54, o componente de número de onda mais forte no componente de frequência transformado da etapa 53 é selecionado. O componente de número de onda mais forte é o componente de Fourier que resulta da transformada de Fourier espacial computada na etapa 53 o qual tem a maior magnitude (energia).

10 Na etapa 55, o componente de número de onda mais forte selecionado na etapa 54 é adicionado ao espectro de frequência - número de onda estimado, estabelecido e inicializado na etapa 52, para o componente de frequência não-serrilhado selecionado.

15 Na etapa 56, uma transformada de Fourier espacial inversa é aplicada no componente de Fourier mais forte selecionado na etapa 54. De preferência, a transformada de Fourier inversa aplicada é uma Transformada de Fourier Discreta (DFT) ou uma Transformada de Fourier Rápida Não-uniforme (NFFT), para eficiência computacional. O componente de Fourier mais forte é transformado inverso do domínio de frequência - número de onda (f-k) de volta para o domínio de frequência - espaço (f-x).

20 Na etapa 57, o componente mais forte transformado inverso computado na etapa 56 é subtraído do componente de frequência não-serrilhado obtido na etapa 51. Estas subtrações iterativamente geram um componente de frequência não-serrilhado corrigido.

25 Na etapa 58, é determinado de N_1 iterações de etapas 53 até 57 ocorrerem para o componente de frequência não-serrilhado obtido na etapa 51. Se N_1 iterações não ocorrerem, então o processo retorna para a etapa 53 para outra iteração. Se N_1 iterações ocorrerem, então o processo na figura 5 continua para a etapa 59.

30 Na modalidade alternativa descrita na etapa 24 da figura 2, é determinado se o componente de frequência não-serrilhado corrigido da etapa 57 já está abaixo do primeiro limite ε_1 . Se não estiver abaixo do limite ε_1 ,

então o processo retorna para a etapa 53 para outra iteração. Se abaixo do limite ε_1 , então o processo na figura 5 continua para a etapa 59.

Na etapa 59, o processo termina para a figura 5 e retorna para a etapa 27 na figura 2 com o espectro de frequência - número de onda estimado para o componente de frequência não-serrilhado iterativamente construído na etapa 55.

Para as frequências serrilhadas determinadas na etapa 27 na figura 2, uma ALFT não-padrão da presente invenção é aplicada. A figura 6 mostra um fluxograma que ilustra uma modalidade da invenção para processar as frequências serrilhadas em dados sísmicos não-uniformemente amostrados da figura 3.

Na etapa 61, o componente de frequência serrilhado selecionado é obtido da etapa 36 da figura 3.

Na etapa 62, um espectro de frequência - número de onda estimado no domínio de frequência - número de onda ($f-k$) é estabelecido para o componente de frequência serrilhado selecionado obtido na etapa 51. O espectro de frequência - número de onda estimado é inicialmente ajustado para zero. Este espectro será adicionalmente construído adicionando os componentes de número de onda selecionados na etapa 67 abaixo.

Na etapa 63, uma transformada de Fourier espacial é aplicada no componente de frequência serrilhado selecionado na etapa 61. De preferência, a transformada de Fourier aplicada é uma Transformada de Fourier Discreta (DFT) ou uma Transformada de Fourier Rápida Não-uniforme (NFFT), para eficiência computacional. O componente de frequência é transformado do domínio de frequência - espaço ($f-x$) para o domínio de frequência - número de onda ($f-k$).

Na etapa 64, o espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado da etapa 33 da figura 3 é aplicado no componente de frequência transformado computado na etapa 63, para ponderar os componentes de número de onda no componente de frequência transformado. Um exemplo deste espectro de frequência - número de onda extrapolado está mostrado na figura 8.

Na etapa 65, o componente de número de onda mais forte no componente de frequência transformado e ponderado da etapa 64 é selecionado. O componente de número de onda mais forte é o componente de Fourier que resulta da transformada de Fourier espacial computada na etapa 53 que tem a maior magnitude (energia).

Na etapa 66, o componente de número de onda não-ponderado no componente de frequência transformado da etapa 63 é obtido que corresponde ao componente de número de onda ponderado mais forte determinado na etapa 65.

Na etapa 67, o componente de número de onda não-ponderado obtido na etapa 66, que corresponde ao componente de número de onda mais forte, é adicionado ao espectro de frequência - número de onda estimado, estabelecido e inicializado na etapa 62, para o componente de frequência serrilhado selecionado.

Na etapa 68, Uma transformada de Fourier espacial inversa é aplicada no componente não-ponderado mais forte determinado na etapa 66. De preferência, a transformada de Fourier inversa aplicada é uma Transformada de Fourier Discreta (DFT) ou uma Transformada de Fourier Rápida Não-uniforme (NFFT), para eficiência computacional. O componente não-ponderado mais forte é transformado inverso do domínio de frequência - número de onda ($f-k$) de volta para o domínio de frequência - espaço ($f-x$).

Na etapa 69, o componente não-ponderado mais forte transformado inverso computado na etapa 68 é subtraído do componente de frequência serrilhado obtido na etapa 61. estas subtrações iterativamente geram um componente de frequência serrilhado corrigido.

Na etapa 70, é determinado se N_2 iterações das etapas 63 até 69 ocorreram para o componente de frequência serrilhado obtido na etapa 51. Se N_2 iterações não ocorreram, então o processo retorna para a etapa 63 para outra iteração. Se N_2 iterações ocorreram, então o processo continua para a etapa 71.

Na modalidade alternativa descrita na etapa 34 da figura 3, é determinado se o componente de frequência não-serrilhado corrigido da eta-

pa 69 já está abaixo do segundo limite ε_2 . Se não estiver abaixo do limite ε_2 , então o processo retorna para a etapa 63 para outra iteração. Se abaixo do limite ε_2 , então o processo na figura 6 continua para a etapa 71.

Na etapa 71, o processo termina para a figura 6 e retorna para a etapa 37 na figura 3 com o espectro de frequência - número de onda estimado para o componente de frequência serrilhado selecionado iterativamente construído na etapa 57.

As figuras 9A-12D mostram os resultados do processo de interpolação de traço para o método da invenção e para uma ALFT padrão, para comparação. As figuras 9A-9D e 10A-10D ilustram os resultados do processo de interpolação de traço para um exemplo sintético, enquanto que as figuras 11A-11D e 12A-12D ilustram os resultados do processo de interpolação de traço para um exemplo de dados de campo.

As figuras 9A-9D mostram o método da invenção, como aplicado a um exemplo de dados sintéticos. A figura 9A mostra os dados sísmicos sintéticos originais. A figura 9B mostra os dados de entrada com os traços removidos para modelar os dados serrilhados. A figura 9C mostra os dados interpolados, utilizando o método da invenção. A figura 9D mostra a diferença entre os dados originais na figura 9A e os dados interpolados na figura 9C, onde a pequena diferença indica uma concordância próxima.

As figuras 10A-10D mostram um método de ALFT padrão, como aplicado ao exemplo de dados sintéticos nas figuras 9A-9D, para comparação. A figura 10A mostra os dados sísmicos sintéticos originais, como na figura 9A. A figura 10B mostra os dados de entrada com os traços removidos para modelar os dados serrilhados, como na figura 9B. A figura 10C mostra os dados interpolados, utilizando um método de ALFT padrão. A figura 10D mostra a diferença entre os dados originais na figura 10A e os dados interpolados na figura 10C, onde a maior diferença indica uma concordância não tão próxima como na figura 9D, acima, para o método da invenção.

As figuras 11A-11D mostram o método da invenção, como aplicado a um exemplo de dados de campo. A figura 11A mostra os dados sísmicos de campo originais. A figura 11B mostra os dados de entrada com os

traços removidos para modelar os dados serrilhados. A figura 11C mostra os dados interpolados, utilizando o método da invenção. A figura 11D mostra a diferença entre os dados originais na figura 11A e os dados interpolados na figura 11C.

5 As figuras 12A-12D mostram um método de ALFT padrão, como aplicado ao exemplo de dados de campo nas figuras 11A-11D, para comparação. A figura 12A mostra os dados sísmicos de campo originais, como na figura 11A. A figura 12B mostra os dados de entrada com os traços removidos para modelar os dados serrilhados, como na figura 11B. A figura 12C
10 mostra os dados interpolados, utilizando um método de ALFT padrão. A figura 12D mostra a diferença entre os dados originais na figura 12A e os dados interpolados na figura 12C.

A diferença de valor médio quadrático normalizado (NRMS) entre os dados originais na figura 11A e os dados interpolados na figura 11C (a invenção) é de 70%, enquanto que a diferença de NRMS entre os dados
15 originais na figura 12A e os dados interpolados na figura 12C (ALFT padrão) é de 84%. Assim, o método da invenção mostra melhores resultados do que o ALFT padrão para o exemplo de dados de campo também.

O método de transformada de Fourier antisserrilha, antifuga da
20 invenção provê uma melhor interpolação de traço para os dados sísmicos serrilhados do que a ALFT padrão sozinha. O custo de computação extra é estimado ser muito limitado. O método da invenção, como aqui descrito, pode facilmente ser estendido para as modalidades multidimensionais, incluindo 3D com duas dimensões espaciais mais o tempo, 4D com três dimensões
25 espaciais mais o tempo, e 5D com quatro dimensões espaciais mais o tempo. As dimensões espaciais podem incluir um subconjunto de coordenadas x, y de fonte e x, y de receptor ou, equivalentemente um subconjunto de coordenadas de ponto médio em linha, de ponto médio de linha cruzada, de deslocamento, e de azimute. Em modalidades alternativas, a coordenada de
30 tempo pode ser uma coordenada de frequência ou de profundidade.

O método da invenção pode também ser estendido para um algoritmo e algoritmos de restauração de imagem de projeção multidimensio-

nal sobre conjuntos convexos (POCS). Outras variações são também possíveis, incluindo uniformizar o espectro de frequência - número de onda para produzir melhores ponderações e aplicar outros esquemas de ponderação. Outras variações incluem, mas não estão limitada a, utilizar frequências mais altas, ou informações de outros grupos, ou utilizar um método diferente para estimar o espectro de frequência - número de onda a frequências mais baixas, tal como uma transformada de Fourier de menores quadrados.

Deve ser compreendido que o precedente é meramente uma descrição detalhada de modalidades específicas desta invenção e que numerosas mudanças, modificações, e alternativas às modalidades descritas podem ser feitas de acordo com a descrição aqui sem afastar-se do escopo da invenção. A descrição precedente, portanto, não pretende limitar o escopo da invenção. Ao contrário, o escopo da invenção deve ser determinado somente pelas reivindicações anexas e seus equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para interpolar traços em dados sísmicos, que compreende:

5 gerar um espectro de frequência - número de onda estimado aplicando um primeiro método de transformada de Fourier Antifuga a componentes de frequência não-serrilhados de dados sísmicos transformados temporais e aplicando um segundo método de transformada de Fourier Antifuga a componentes de frequência serrilhados dos dados sísmicos transformados temporais, em que o segundo método de transformada de Fourier Antifuga aplica um espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado de frequências não-serrilhadas a frequências serrilhadas para ponderar os componentes de frequência - número de onda das frequências serrilhadas; e

15 aplicar uma transformada de Fourier temporal e espacial inversa no espectro de frequência - número de onda estimado, gerando a interpolação de traço dos dados sísmicos.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que o método de transformada de Fourier Antifuga é um método de transformada de Fourier Antifuga padrão.

20 3. Método de acordo com a reivindicação 1, em que as frequências não-serrilhadas são substancialmente as frequências mais baixas nos dados sísmicos e as frequências serrilhadas são substancialmente as frequências mais altas nos dados sísmicos.

25 4. Método de acordo com a reivindicação 2, inicialmente compreendendo:

obter os dados sísmicos de entrada no domínio de tempo - espaço;

aplicar uma transformada de Fourier temporal nos dados sísmicos de entrada, gerando os dados sísmicos transformados;

30 determinar quais componentes de frequência nos dados sísmicos transformados correspondem a frequências não-serrilhadas e quais componentes de frequência nos dados sísmicos transformados correspon-

dem a frequências serrilhadas; e

aplicar o primeiro método de transformada de Fourier Antifuga a cada um dos componentes de frequência não-serrilhados dos dados sísmicos transformados.

5 5. Método de acordo com a reivindicação 4, em que a transformada de Fourier temporal é uma Transformada de Fourier Rápida.

6. Método de acordo com a reivindicação 4, ainda compreendendo:

10 determinar um número de iterações N_1 para o primeiro método de transformada de Fourier Antifuga.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, em que determinar um número de iterações N_1 compreende:

determinar um limite ε_1 para o primeiro método de transformada de Fourier Antifuga.

15 8. Método de acordo com a reivindicação 7, ainda compreendendo:

inicializar um espectro de frequência - número de onda estimado para zero para o componente de frequência não-serrilhado;

20 aplicar uma transformada de Fourier espacial no componente de frequência não-serrilhado; e

executar o seguinte para N_1 iterações:

selecionar um maior componente de número de onda no componente de frequência não-serrilhado transformado;

25 adicionar o maior componente de número de onda ao espectro de frequência - número de onda estimado para o componente de frequência não-serrilhado;

aplicar uma transformada de Fourier espacial inversa no maior componente de número de onda selecionado; e

30 subtrair o maior componente transformado inverso do componente de frequência não-serrilhado, gerando um componente de frequência corrigido.

9. Método de acordo com a reivindicação 8, em que a transfor-

mada de Fourier espacial é uma Transformada de Fourier Discreta.

10. Método de acordo com a reivindicação 8, em que a transformada de Fourier espacial inversa é uma Transformada de Fourier Discreta inversa.

5 11. Método de acordo com a reivindicação 8, em que a transformada de Fourier espacial é uma Transformada de Fourier Rápida Não-Uniforme.

10 12. Método de acordo com a reivindicação 8, em que a transformada de Fourier espacial inversa é uma Transformada de Fourier Rápida Não-Uniforme.

13. Método de acordo com a reivindicação 8, ainda compreendendo:

15 combinar os espectros de frequência - número de onda estimados para os componentes de frequência não-serrilhados, gerando o espectro de frequência - número de onda estimado não-serrilhado;

tomar um valor absoluto do o espectro de frequência - número de onda estimado não-serrilhado, gerando um o espectro de frequência - número de onda estimado absoluto;

20 extrapolar o espectro de frequência - número de onda absoluto para frequências não-serrilhadas gerando um o espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado; e

aplicar o segundo método de Transformada de Fourier Antifuga a cada um dos componentes de frequências serrilhados dos dados sísmicos transformados.

25 14. Método de acordo com a reivindicação 13, ainda compreendendo:

uniformizar o espectro de frequência - número de onda absoluto antes de extrapolar o espectro de frequência - número de onda absoluto para as frequências não-serrilhadas.

30 15. Método de acordo com a reivindicação 13, ainda compreendendo:

determinar um número de iterações N_2 para o segundo método

de transformada de Fourier Antifuga.

16. Método de acordo com a reivindicação 15, em que determinar um número de iterações N_2 compreende:

5 determinar um limite ε_2 para o segundo método de transformada de Fourier Antifuga.

17. Método de acordo com a reivindicação 8, ainda compreendendo:

inicializar um espectro de frequência - número de onda estimado para zero para o componente de frequência serrilhado;

10 aplicar uma transformada de Fourier espacial no componente de frequência serrilhado selecionado; e

executar o seguinte para N_2 iterações:

15 aplicar o espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado no componente de frequência serrilhado transformado, gerando um espectro de frequência - número de onda serrilhado ponderado;

selecionar o maior componente de número de onda no espectro de frequência - número de onda ponderado serrilhado;

obter o componente de número de onda não-ponderado que corresponde ao maior componente de número de onda ponderado;

20 adicionar o componente de número de onda não-ponderado correspondente ao espectro de frequência - número de onda estimado para o componente de frequência serrilhado;

computar uma transformada de Fourier espacial inversa do maior componente de número de onda não-ponderado; e

25 subtrair o maior componente de número de onda transformado inverso computado do componente de frequência serrilhado, gerando um componente de frequência serrilhado corrigido.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, ainda compreendendo:

30 aplicar uma transformada de Fourier espacial inversa no componente de frequência serrilhado selecionado, gerando os dados sísmicos interpolados de volta no domínio de frequência - espaço.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, em que a transformada de Fourier espacial inversa é uma Transformada de Fourier Discreta inversa.

5 20. Método de acordo com a reivindicação 19, em que a transformada de Fourier espacial inversa é uma Transformada de Fourier Rápida Não-uniforme inversa.

21. Método de acordo com a reivindicação 18, ainda compreendendo:

10 aplicar uma transformada de Fourier temporal inversa no componente de frequência serrilhado selecionado, gerando os dados sísmicos interpolados de volta no domínio de tempo - espaço.

22. Método de acordo com a reivindicação 21, em que a transformada de Fourier inversa é uma Transformada de Fourier Rápida inversa.

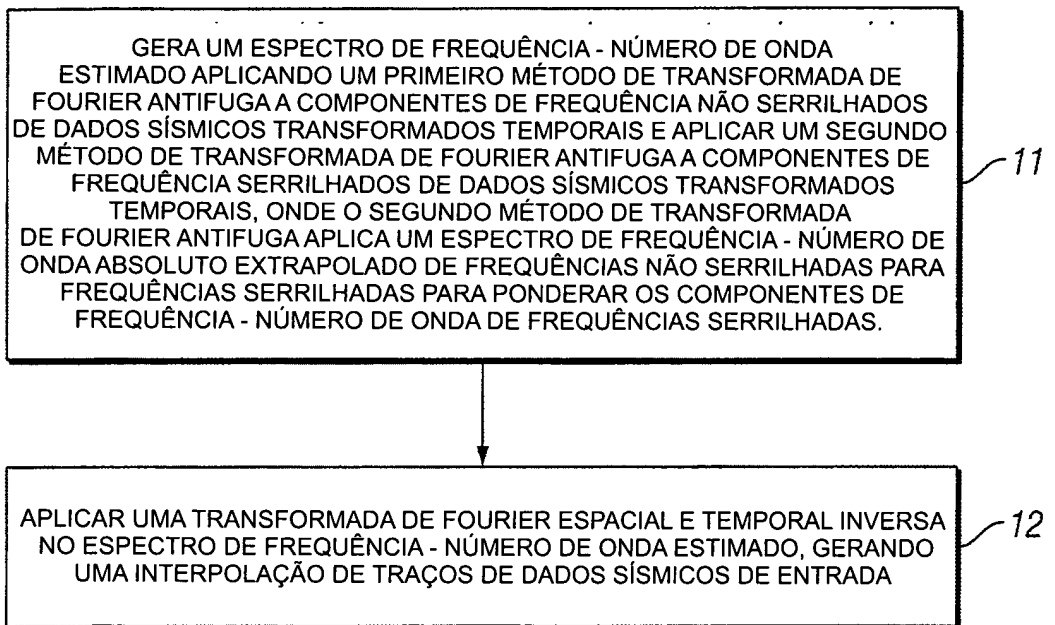


FIG. 1

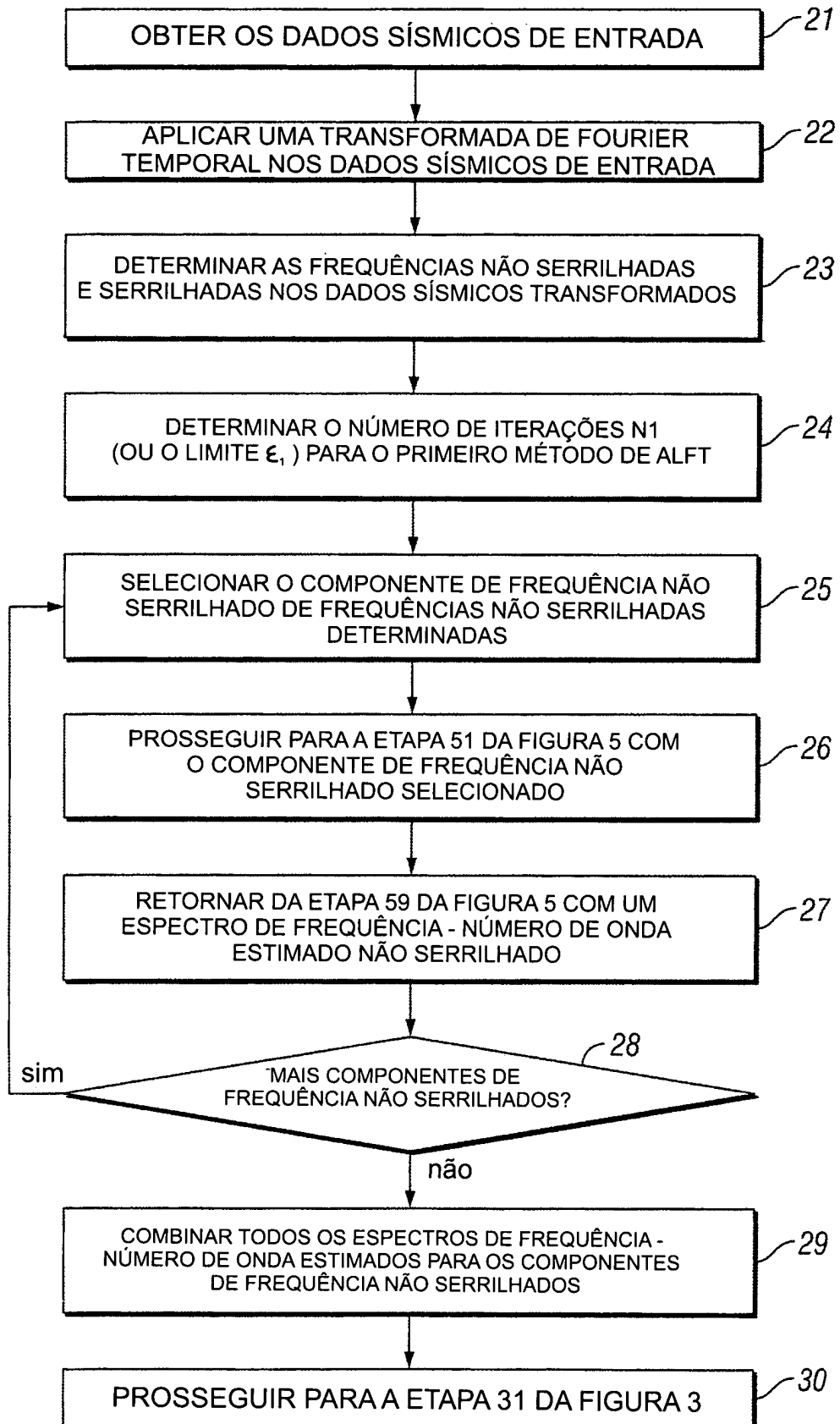


FIG. 2

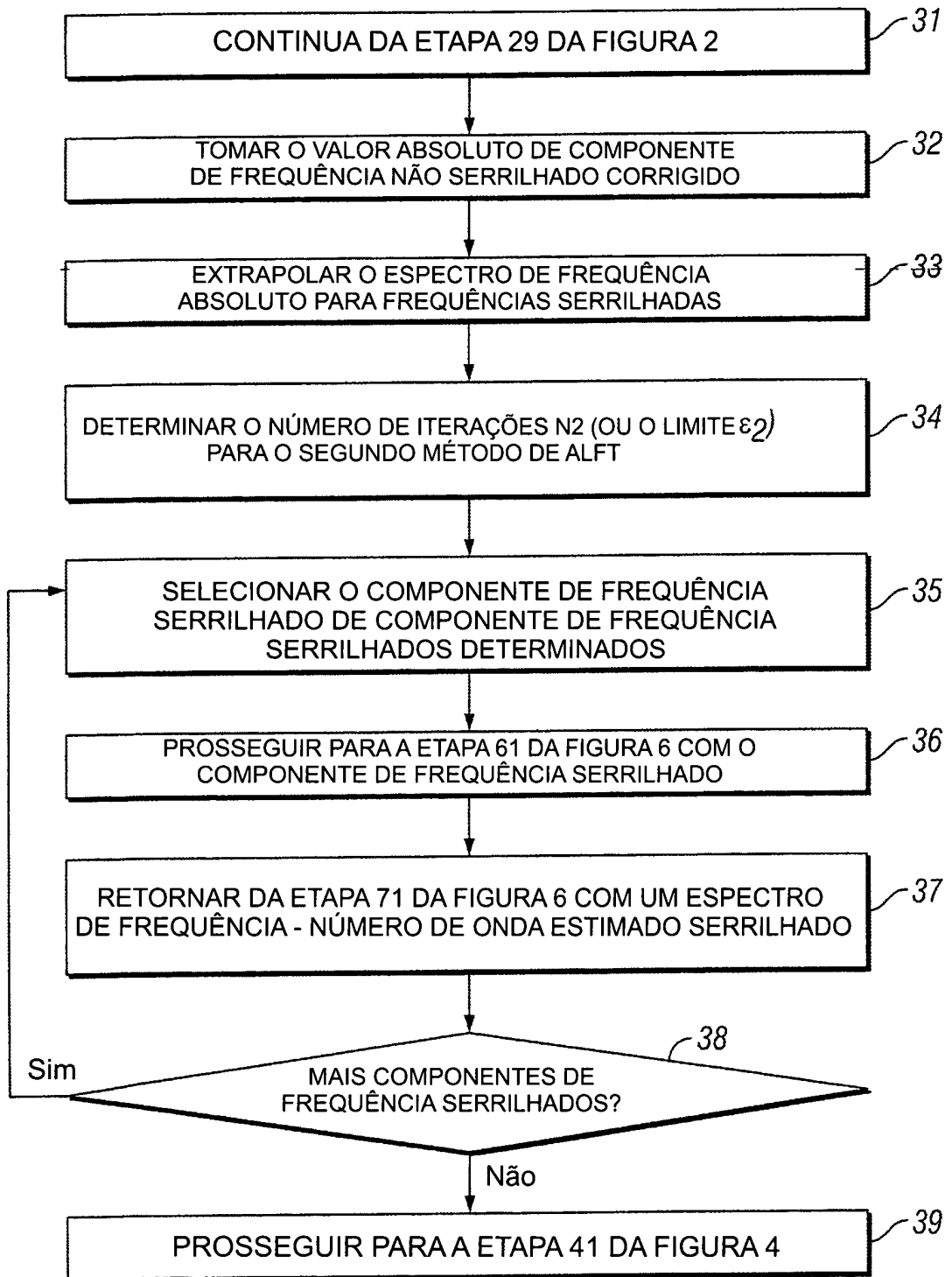


FIG. 3

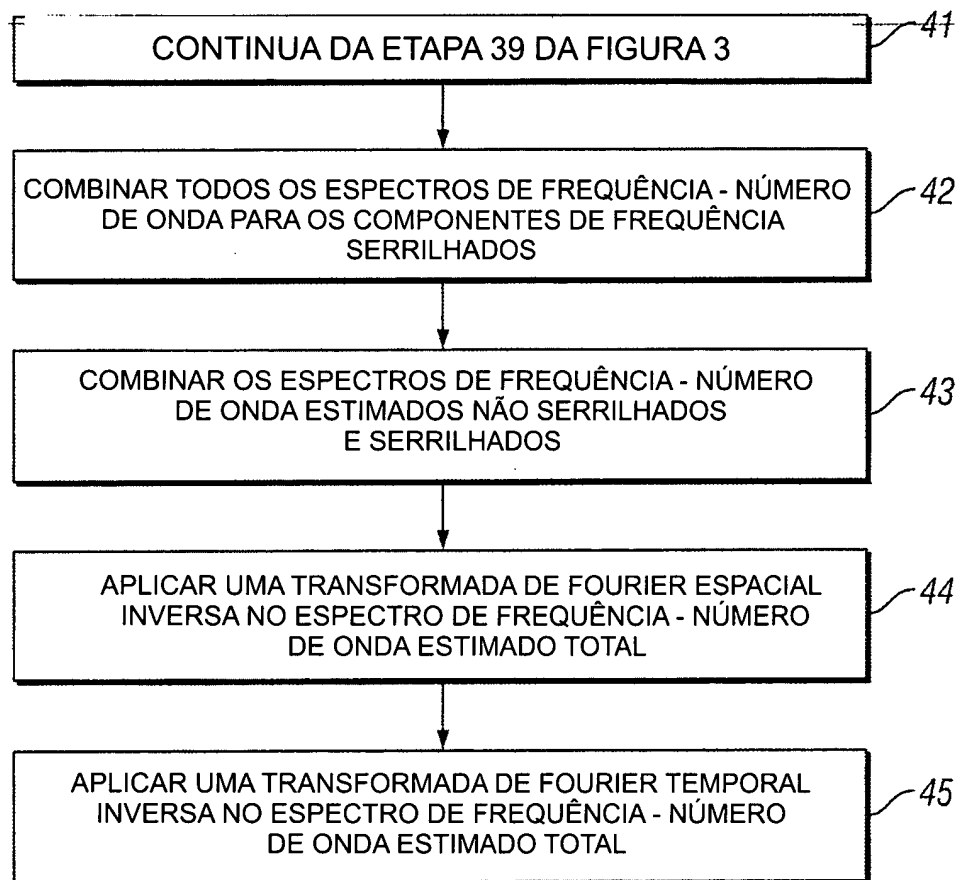


FIG. 4

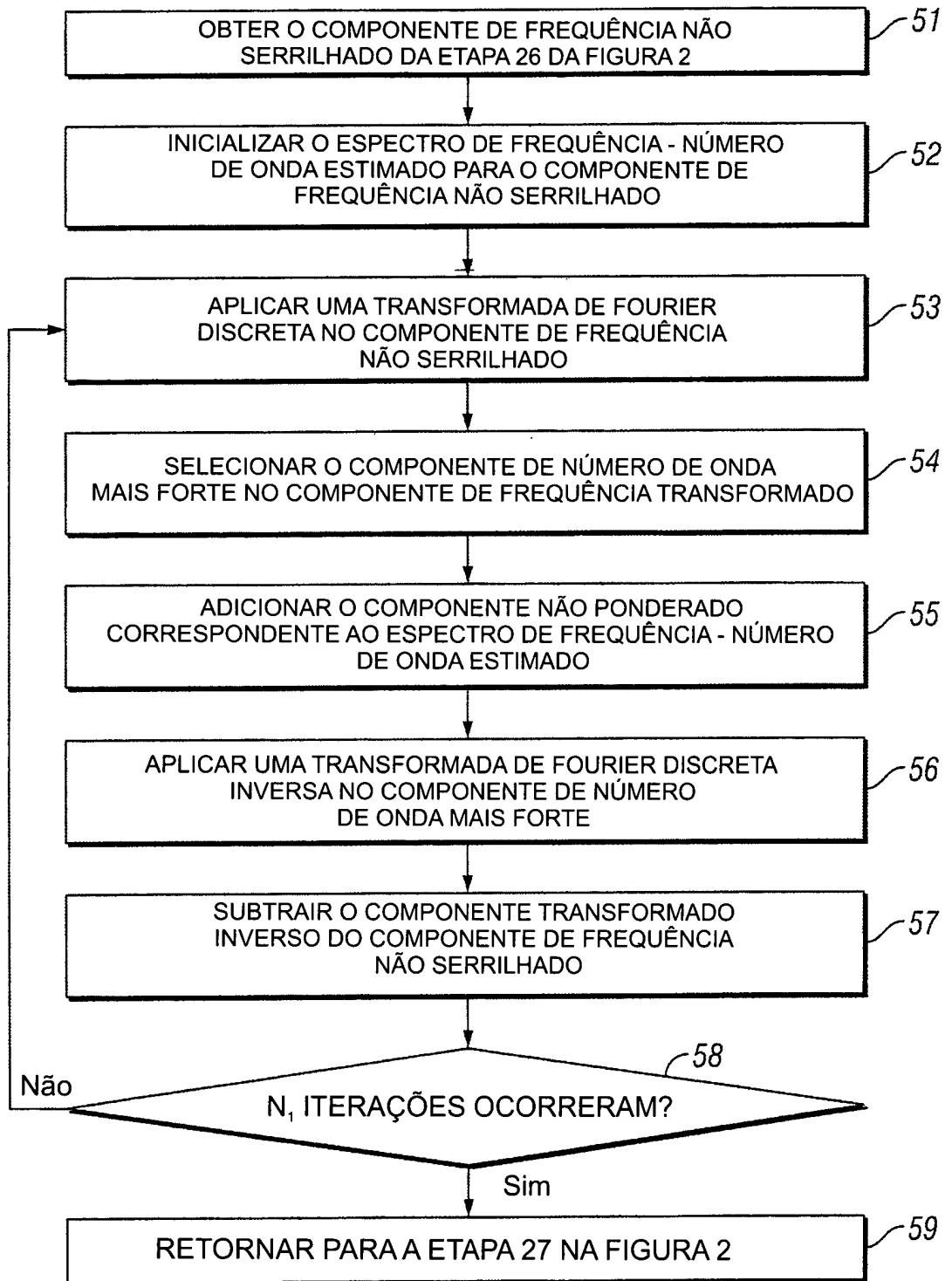


FIG. 5

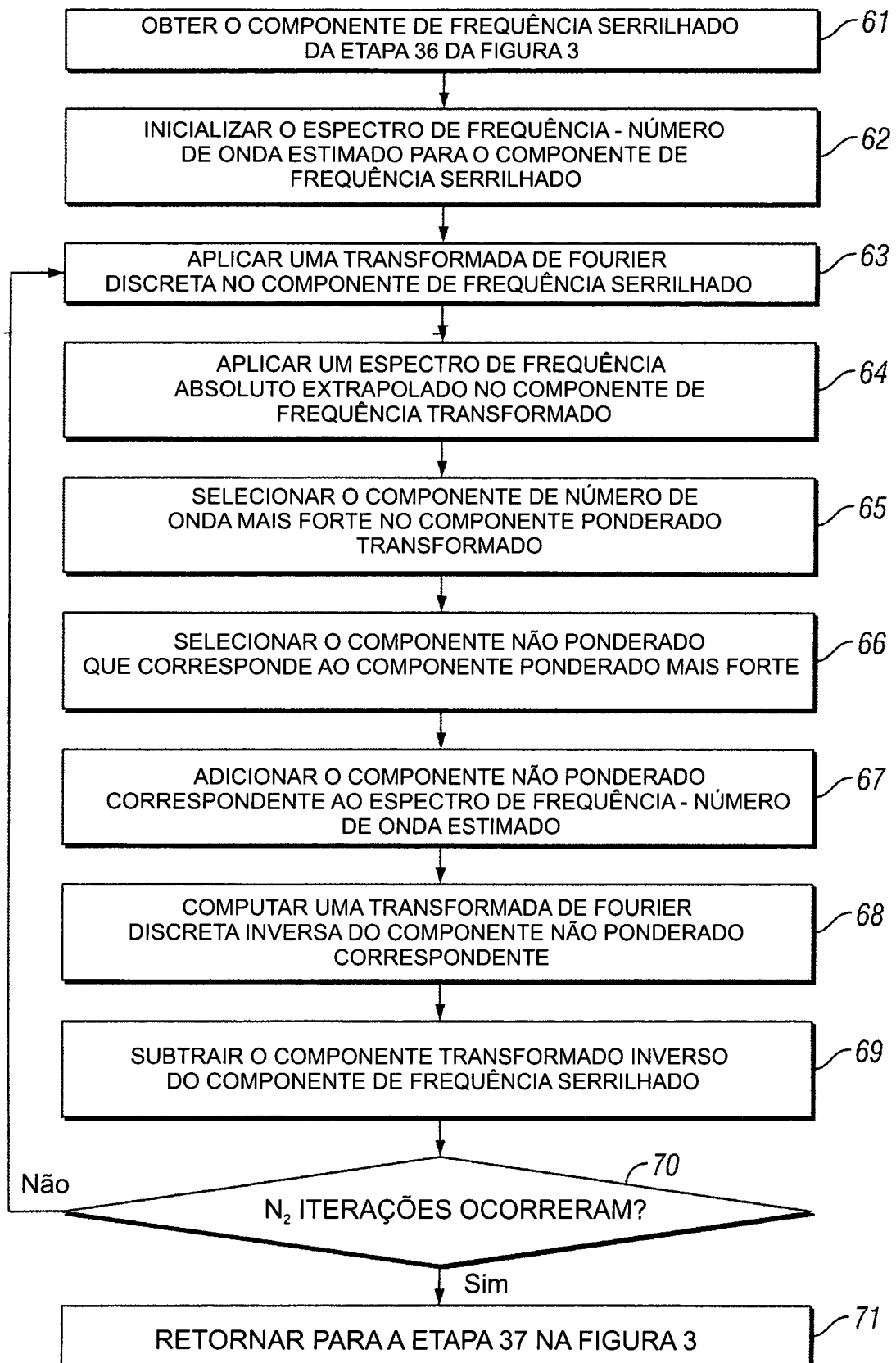
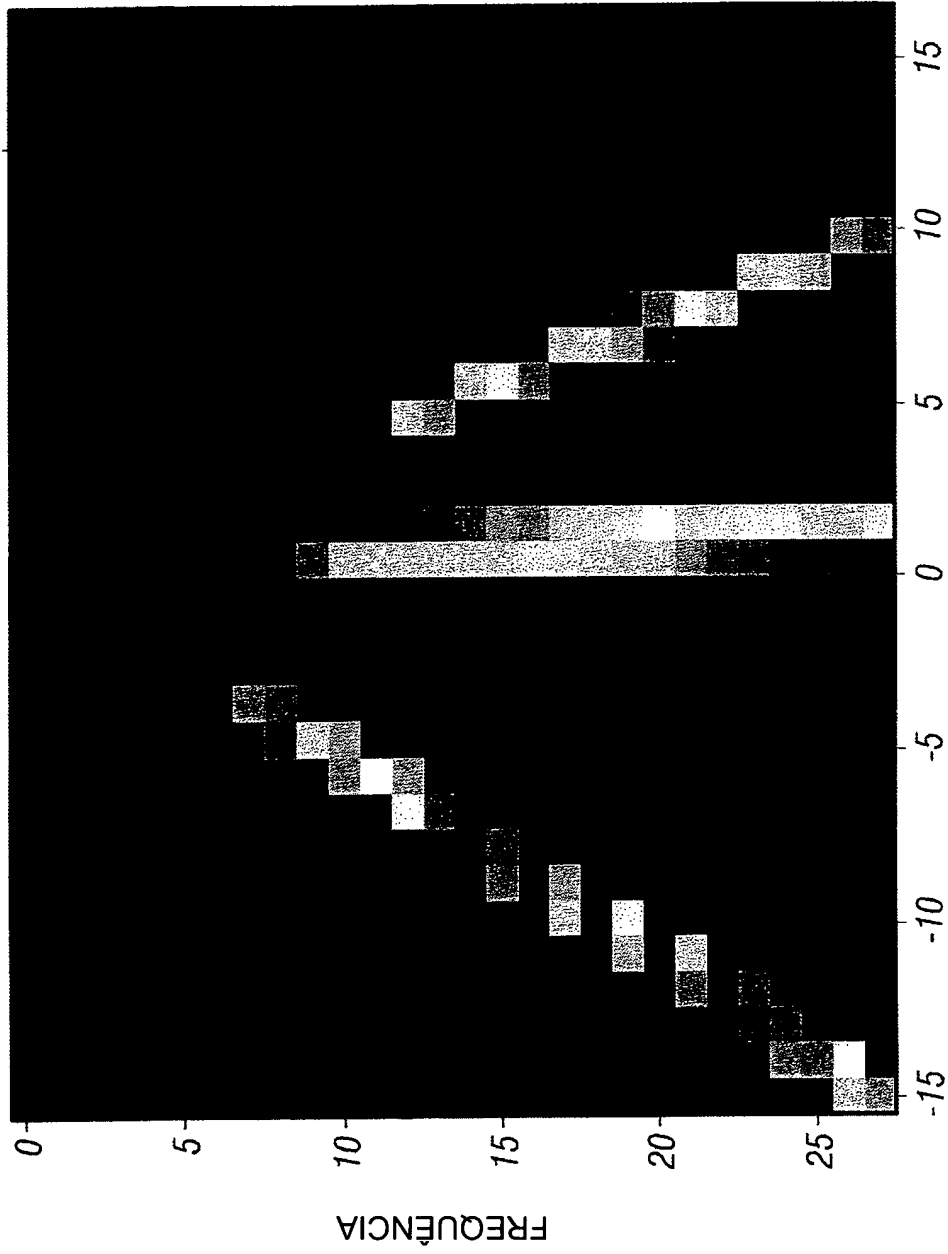
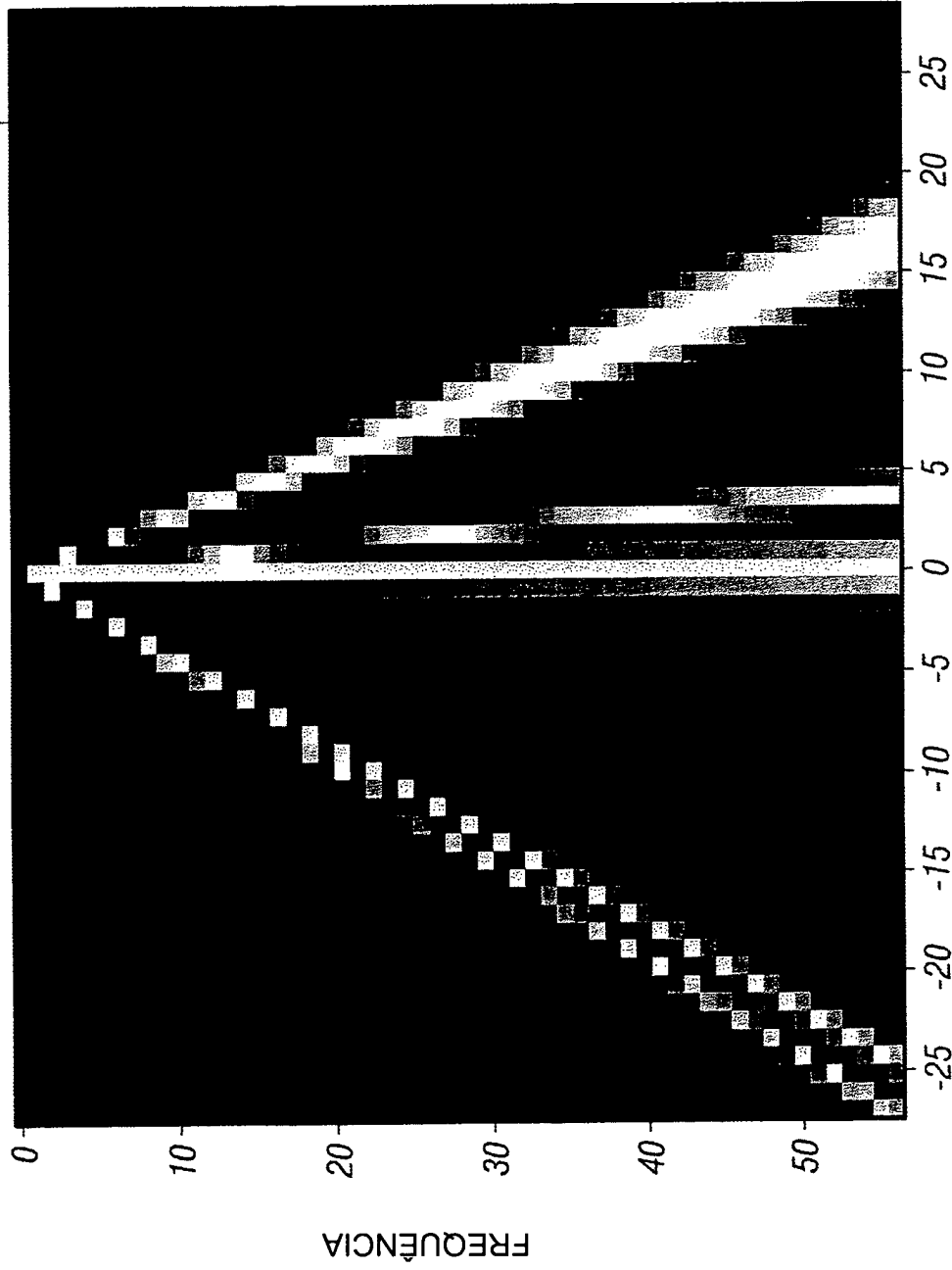


FIG. 6



COMPONENTE DE FOURIER

FIG. 7



COMPONENTE DE FOURIER

FIG. 8

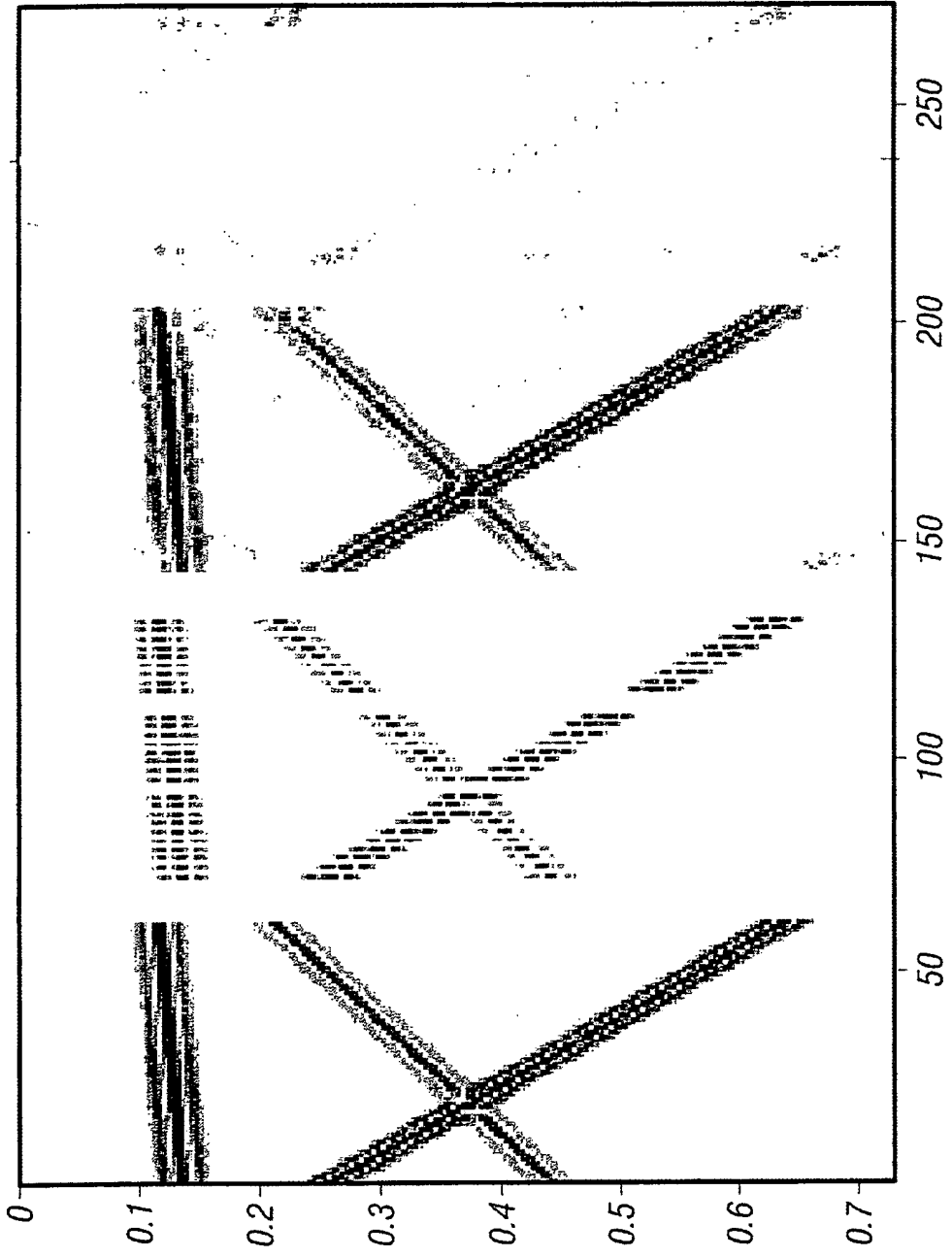


FIG. 9A FIG. 9B FIG. 9C FIG. 9D

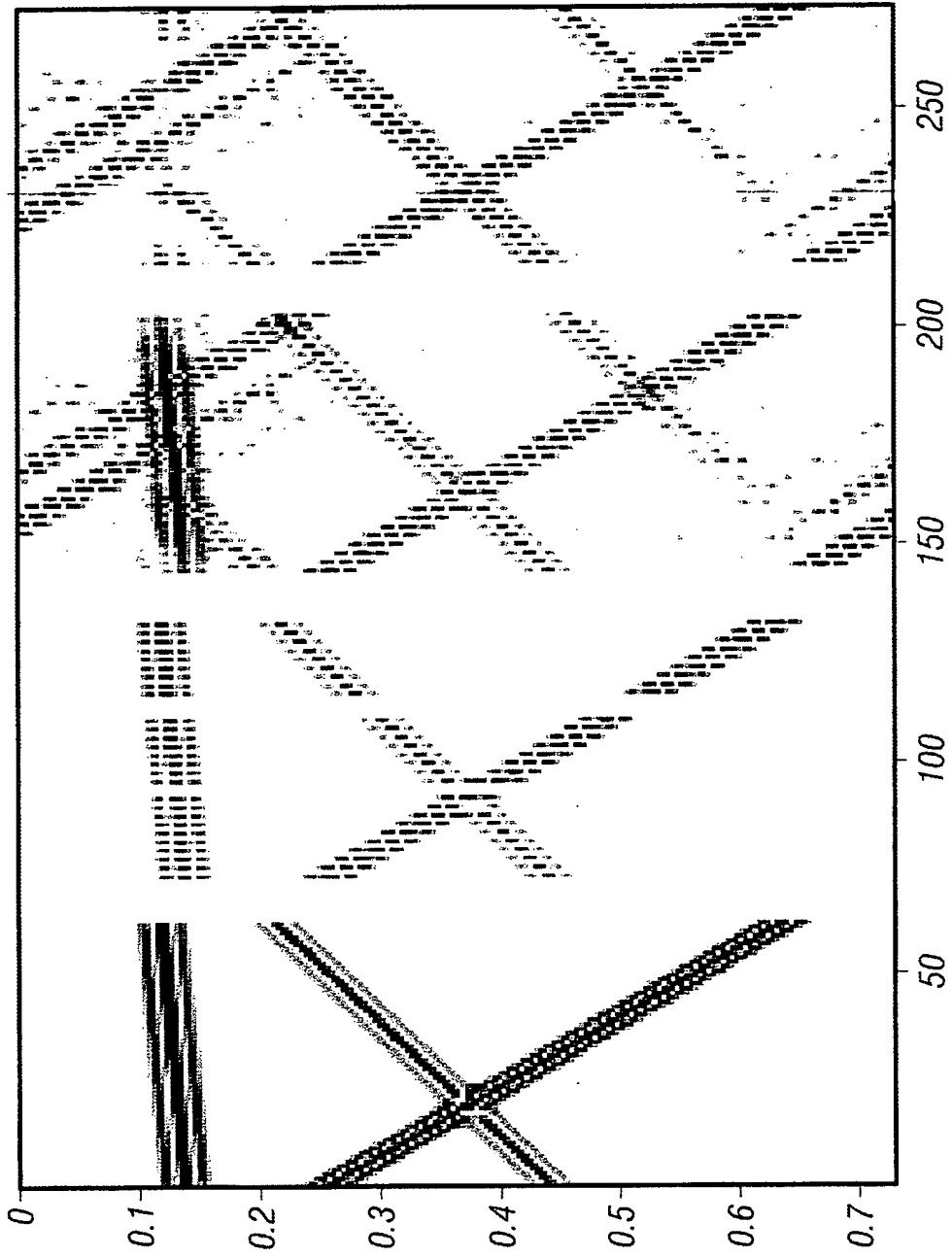


FIG. 10A

FIG. 10B

FIG. 10C

FIG. 10D

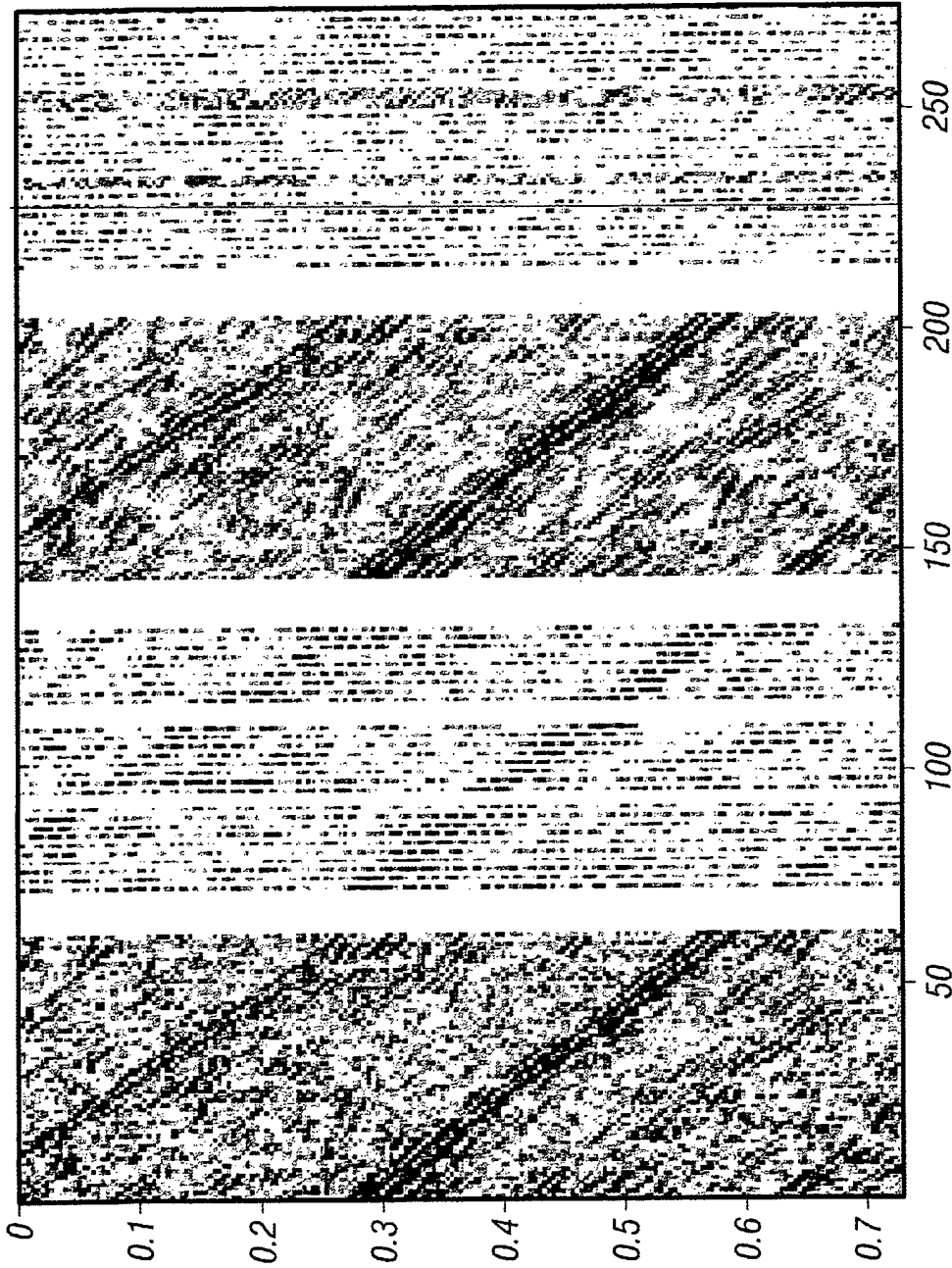


FIG. 11D

FIG. 11C

FIG. 11B

FIG. 11A

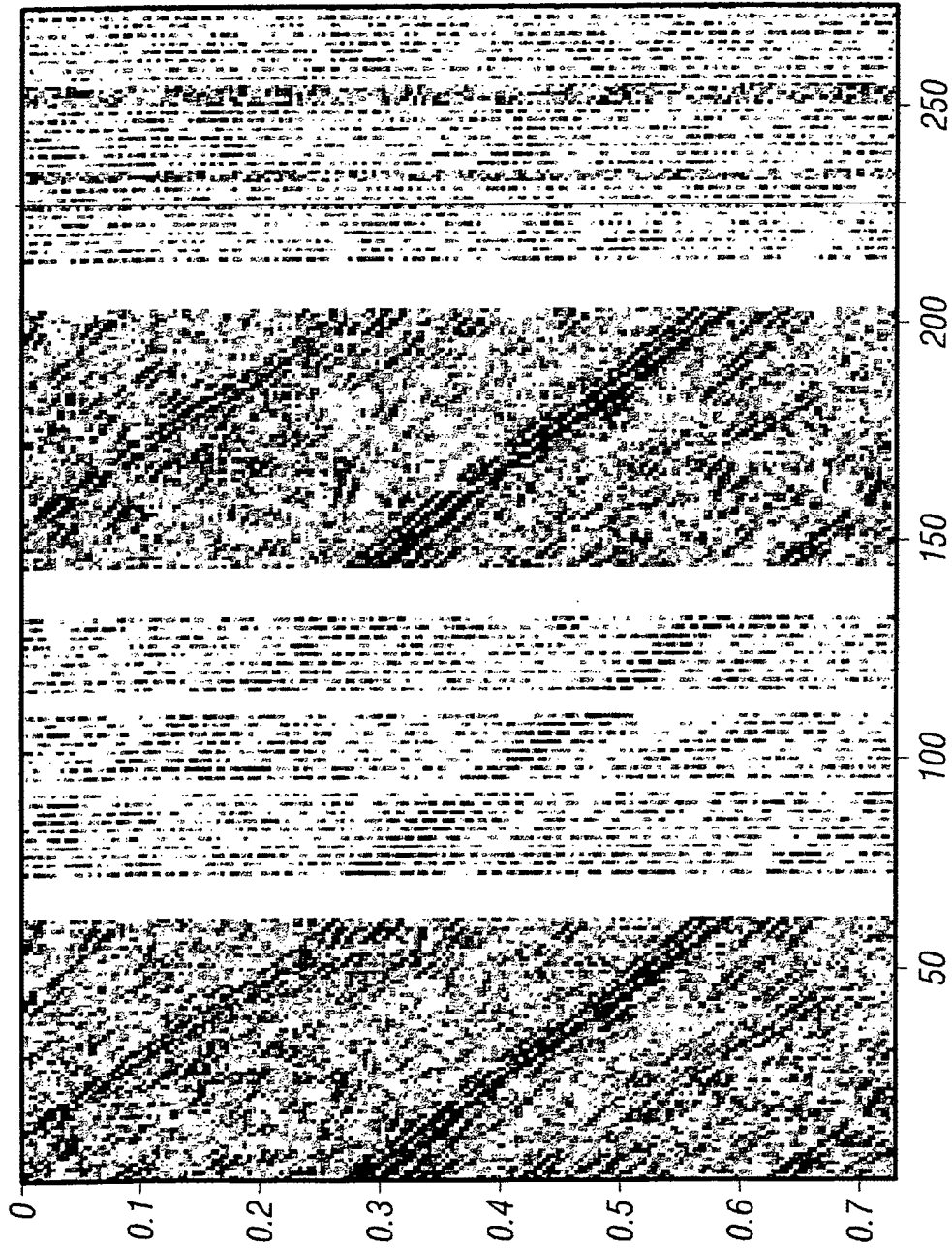


FIG. 12A

FIG. 12B

FIG. 12C

FIG. 12D

RESUMO

Patente de Invenção: "**MÉTODO PARA INTERPOLAR DADOS SÍSMICOS POR TRANSFORMADA DE FOURIER ANTISERRILHA, ANTIFUGA**".

A presente invenção refere-se a um espectro de frequência -
5 número de onda estimado que é gerado pela aplicação de um primeiro método de transformada de Fourier Antifuga a componentes de frequência serrilhados em dados sísmicos transformados temporais e aplicar um segundo método de transformada de Fourier Antifuga a componentes de frequência não-serrilhados dos dados sísmicos transformados temporais. O segundo
10 método de transformada de Fourier Antifuga aplica um espectro de frequência - número de onda absoluto extrapolado de frequências não-serrilhadas para frequências serrilhadas para ponderar os componentes de frequência - número de onda das frequências serrilhadas. Uma transformada de Fourier temporal e espacial inversa é aplicada no espectro de frequência - número
15 de onda estimado, gerando a interpolação de traço dos dados sísmicos.