

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

(21) **PI0612218-3 A2**

(22) Data de Depósito: 07/04/2006
(43) Data da Publicação: 26/10/2010
(RPI 2077)



(51) *Int.Cl.:*
G10L 19/00

(54) Título: **CODIFICAÇÃO DE ÁUDIO RESIDUAL ADAPTATIVA**

(30) Prioridade Unionista: 11/10/2005 US 11/247,555,
15/04/2005 US 60/671,581

(73) Titular(es): Coding Technologies AB, Koninklijke Philips
Electronics N. V

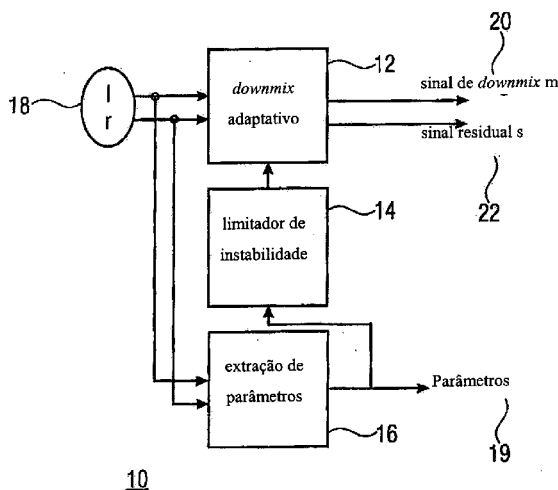
(72) Inventor(es): Francois Philippus Myburg, Lars Villemoes

(74) Procurador(es): Cruzeiro Newmarc Patentes e
Marcas Ltda

(86) Pedido Internacional: PCT EP2006003200 de 07/04/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/108573 de 19/10/2006

(57) **Resumo:** CODIFICAÇÃO DE ÁUDIO RESIDUAL ADAPTATIVA. Sinal de áudio tendo pelo menos dois canais pode ser eficientemente processado por downmix em um sinal de downmix e um sinal residual, quando a regra de downmix usada depende de um parâmetro espacial que é derivado do sinal de áudio e que é pós-processado por um limitador para aplicar certo limite ao parâmetro espacial provido, com o objetivo de evitar instabilidades durante o processo de upmix ou downmix. Tendo uma regra de downmix que dinamicamente depende de parâmetros que descrevem uma inter-relação dos canais de áudio, é possível garantir que a energia dentro do sinal residual que sofreu downmix seja a menor possível, o que é vantajoso em vista da eficiência de codificação. Por pós-processamento do parâmetro espacial com um limitador antes de seu uso no processo de downmix, é possível evitar instabilidades no downmix ou upmix, o que, por outro lado, poderia resultar em um distúrbio da percepção espacial do sinal de áudio codificado ou decodificado.



"CODIFICAÇÃO DE ÁUDIO RESIDUAL ADAPTATIVA"

Campo da Invenção

A presente invenção se refere à codificação e decodificação de sinais de áudio e, em especial, à codificação eficiente de alta qualidade de um par de canais de áudio.

Histórico da técnica anterior da invenção

Recentemente, codificação efetiva de alta qualidade de sinais de áudio tem se tornado cada vez mais importante, visto que distribuição digital de conteúdo de áudio e vídeo comprimido, por exemplo, por satélite ou por transmissão de áudio ou vídeo digital terrestre, é amplamente usada. A técnica MP3 bem conhecida, por exemplo, permite a transmissão conveniente de títulos de áudio pela internet ou por outros canais de transmissão que possuem larguras de bandas limitadas.

Em adição à MP3, vários outros esquemas de codificação de áudio objetivam maximizar a qualidade de áudio para uma taxa de compressão ou taxa de bit provida. Foi demonstrado no "Efficient and scalable Parametric Stereo Coding for Low Bit rate Audio Coding Applications", PCT/SE02/01372, que é possível recriar um sinal estéreo que se assemelhe bastante com a imagem estéreo original subjacente, a partir de um sinal mono quando é usada, adicionalmente, uma representação muito compacta do sinal estéreo, comumente referida como "sinais de som espaciais". Este princípio revelado divide o sinal de entrada estéreo em bandas de frequência e estima parâmetros, os quais são denominados diferença de intensidade entre canais (IID) e coerência entre canais (ICC), para cada uma das bandas de frequência separadamente. O primeiro parâmetro descreve uma medição da distribuição de energia entre os dois

canais na banda de frequência específica e o segundo parâmetro descreve uma estimativa da correlação entre os dois canais. Uma descrição mais completa de parâmetros espaciais pode ser encontrada no "High-quality parametric spatial audio coding at low bit rates" J. Breebaart, S. van de Par, A. Kohlrausch e E. Schuijers, Proc. 116th AES Convention, Berlin (Alemanha), 8 a 11 de Maio de 2004. Com base nestes sinais de som espaciais, o sinal de entrada estéreo é adaptativamente combinado em um sinal mono. Ambos os sinais de som espaciais e o sinal mono são codificados e a representação codificada é multiplexada em uma corrente de bits, que é transmitida para o decodificador. No lado do decodificador a imagem estéreo é recriada a partir do sinal mono pela distribuição da energia do sinal mono entre os dois canais de saída, de acordo com os dados IID, e pela adição de um sinal descorrelacionado, de modo a reter a correlação de canal dos canais estéreos originais, conforme é descrito pelos parâmetros IIC.

Quando mais larguras de banda de transmissão estão disponíveis, uma qualidade de áudio mais elevada por ser obtida pela substituição do sinal mono descorrelacionado no decodificador por um sinal residual transmitido. Isto é, é requerida a transmissão de um sinal residual adicional para um decodificador. Este é, também, o caso da codificação do lado central (MS), onde a soma e a diferença dos canais de um sinal estéreo são codificadas em vez dos canais esquerdo e direito diretamente. Uma descrição da técnica MS pode ser encontrada no "Sum-difference stereo transform coding", Proc. Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process. (ICASSP), São Francisco, EUA, 1992, págs. II 569 - 572. Codificação MS é baseada na descoberta de que o canal esquerdo e o canal direito de

um sinal de estéreo são, provavelmente, bastante similares. Portanto, uma diferença do canal esquerdo e do canal direito resultará em um sinal tendo uma intensidade comparativamente baixa a maior parte do tempo, isto é, a amplitude do sinal de diferença será bem pequena. Dessa maneira, é possível economizar uma quantidade significativa de taxa de bits ao codificar o sinal de diferença, visto que os parâmetros que descrevem o sinal de diferença podem ser grosseiramente quantizados. O sinal de soma evidentemente necessitará aproximadamente da mesma largura de banda que um canal esquerdo ou direito único, quando codificado. Portanto, é possível economizar uma quantidade significativa de largura de banda no total ao usar o esquema de codificação MS. Quando existir uma grande diferença de intensidade entre o canal esquerdo e o canal direito, a técnica MS terá suas limitações, visto que, então, também o canal de diferença conterá uma quantidade substancial de energia e, portanto, necessitará de uma largura de banda mais elevada. Pode ser observado, entretanto, que em implementações de estéreo codificado regulares, codificação MS não será aplicada neste caso, devido aos altos custos da codificação. Nestes casos, é vantajoso ter a possibilidade de mudar de codificação estéreo normal para codificação MS, dependendo da intensidade carregada pelos canais de áudio originais que devem ser codificados.

Substituindo o conceito estático de construção da soma e da diferença de dois canais estéreos que devem ser codificados por meio da invenção de uma matriz de rotação do decodificador, com elementos de matriz que descrevem a composição de dois canais intermediários que são uma combinação de dois canais estéreos, é possível superar o problema acima. Os elementos de matriz

dependem de parâmetros de estéreo paramétrico que são extraídos do canal esquerdo e direito do sinal estéreo. Codificação residual adaptativa deve ser capaz de adaptar dinamicamente a regra de combinação para a geração de canais intermediários às propriedades do sinal presente, atingindo um ganho de desempenho significativo em relação à codificação MS.

Ao escolher uma dependência adequada dos elementos de matriz da referida matriz de rotação dos parâmetros de estéreo paramétrico, é possível conseguir que a energia dentro de um canal de diferença permaneça tão pequena quanto possível, conforme demonstrado anteriormente no pedido de patente Européia não revelada, EP 04103168.3. Conforme é introduzida uma matriz de rotação para transformar (*downmix* ou *upmix*) o sinal estéreo em sinais *m* e *s* (os sinais intermediários, isto é, o sinal de *downmix* *m* e o sinal residual *s*), é crucial para a operação do método que as matrizes de rotação (a matriz de rotação do decodificador e a matriz de rotação do codificador) estejam unidas. Isto significa que os elementos de matriz dentro das matrizes não divergem infinitamente dentro da faixa inteira possível dos parâmetros de codificação de estéreo paramétrico. Em outras palavras, ambas as matrizes de rotação devem ser unidas no sentido de que o número de condição de matriz seja suficientemente pequeno para permitir inversão de matriz isenta de problema para a faixa inteira de parâmetros de codificação de estéreo paramétrico, o que não ocorre para implementação de acordo com a técnica anterior.

Sumário da Invenção

O objetivo da presente invenção é prover um conceito para codificação de áudio de alta qualidade que resulte em

uma representação grandemente comprimida de um sinal de áudio, evitando simultaneamente artefatos introduzidos pela codificação ou decodificação de forma mais eficiente.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um codificador de áudio para codificar um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, compreendendo: um extrator de parâmetro para prover um parâmetro espacial do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; um limitador para limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *downmix* para prover um sinal de *downmix* e um sinal residual do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um decodificador de áudio para decodificar um sinal de áudio decodificado representando um sinal de áudio original que tem pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, compreendendo: um limitador para limitar o parâmetro espacial de modo a prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *upmix* para prover uma reconstrução do sinal de áudio original do sinal de *downmix* e do sinal residual usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um método para codificar um sinal de áudio que tem pelo menos dois canais, o método compreendendo: prover um parâmetro espacial do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir de um sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um quarto aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um método para decodificar um sinal de áudio codificado que representa um sinal de áudio original tendo pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, o método compreendendo: limitar o parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e provendo uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um quinto aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um transmissor ou gravador de áudio que tem um codificador de áudio para codificar um sinal de áudio que tenha pelo menos dois canais, compreendendo: um extrator de parâmetro para prover um parâmetro espacial do sinal de áudio,

onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; um limitador para limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *downmix* para prover um sinal de *downmix* e um sinal residual do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um sexto aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um receptor ou reproduutor de áudio, que tem um decodificador de áudio para decodificar um sinal de áudio codificado representando um sinal de áudio original que tem pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, compreendendo: um limitador para limitar o parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *upmix* para prover uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um sétimo aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um método de transmissão ou gravação de áudio, o método tendo um método para gerar um sinal codificado, o método compreendendo um método para codificar um sinal de áudio que tem pelo menos dois canais, o método compreendendo: prover um parâmetro espacial a partir do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos

dois canais; limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; provendo um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir do
5 sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um oitavo aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um método de recepção ou reprodução de áudio, o método tendo um método para decodificar um
10 sinal de áudio codificado, o método compreendendo um método para decodificar um sinal de áudio codificado que representa um sinal de áudio original tendo pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois
15 canais, o método compreendendo: limitar o parâmetro espacial de modo a prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e provendo uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual
20 usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um nono aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um sistema de transmissão que tem um transmissor e um receptor, o transmissor tendo um codifica-
25 dor de áudio para codificar um sinal de áudio que tem pelo menos dois canais, compreendendo: um extrator de parâmetro para prover um parâmetro espacial a partir do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; um

limitador para limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *downmix* para prover um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir do sinal de áudio, usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado; e o receptor tendo um decodificador de áudio para decodificar um sinal de áudio codificado que representa um sinal de áudio original tendo pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, compreendendo: um limitador para limitar o parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *upmix* para prover uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual, usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um décimo aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um método de transmissão e recepção, o método incluindo um método de transmissão que tem um método para gerar um sinal codificado a partir de um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, o método compreendendo: prover um parâmetro espacial do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover um sinal de

downmix e um sinal residual a partir do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado; e um método de recepção que tem um método para decodificar um sinal de áudio codificado, o método compreendendo: limitar o parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

De acordo com um décimo primeiro aspecto da presente invenção, este objetivo é atingido por um sinal de áudio codificado que é uma representação de um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, um sinal de *downmix* e um sinal residual, onde o sinal de *downmix* e o sinal residual são derivados do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende de um parâmetro espacial limitado provido usando uma regra de limitação que depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais.

A presente invenção é baseada na descoberta de que um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais pode sofrer *downmix* eficientemente em um sinal de *downmix* e um sinal residual, quando a regra de *downmix* usada depende de um parâmetro espacial que é derivado do sinal de áudio e que é pós-processado por um limitador para aplicar certo limite ao parâmetro espacial derivado com o objetivo de evitar instabilidade durante os processos de *upmix* ou *downmix*. Tendo uma regra de *downmix* que depende dinamicamente

mente de parâmetros que descrevem uma inter-relação dos canais de áudio, é possível assegurar que a energia dentro do sinal residual de *downmix* seja tão pequena quanto possível, o que é vantajoso em relação à eficiência de codificação. Através de pós-processamento do parâmetro espacial com o limitador antes do uso deste no *downmix*, é possível evitar instabilidades no *downmix* ou *upmix*, o que, por outro lado, resultaria em um distúrbio na percepção espacial do sinal de áudio codificado ou decodificado.

Em uma configuração da presente invenção, um sinal estéreo original que tem um canal esquerdo e um canal direito, é suprido para um dispositivo de *downmix* e um extrator de parâmetro. O extrator de parâmetro deriva os parâmetros espaciais comumente conhecidos ICC (Correlação Entre Canais) e IDD (Diferença de Intensidade Entre Canais). O dispositivo de *downmix* é capaz de fazer o *downmix* dos canais esquerdo e direito em um sinal de *downmix* e um sinal residual, onde a regra de *downmix* é tal que o sinal residual resultante carrega a energia mínima atingível. Portanto, compressão subsequente do sinal residual resultante por um codificador de áudio padrão resultará em um código extremamente compacto. Isto pode ser atingido pela formulação da regra de *downmix* em dependência dos parâmetros espaciais ICC e IID, visto que ambos os parâmetros são descrições de proporções de intensidade ou amplitude dos canais estéreos originais. Um problema geral durante codificação é a preservação de energia. É necessário que ambos, o sinal original e o sinal codificado, contenham a mesma energia, visto que uma violação da conservação de energia resultaria em uma percepção de altura de som diferente dos sinais codificados, ou mesmo em saltos incontrolláveis na altura do sinal codificado. Por-

tanto, no esquema de codificação acima, o sinal de *downmix* e o sinal residual devem ser escalados por um fator de escalonamento que garanta a regra de conservação de energia.

Se o sinal de áudio original que deve ser codificado tiver propriedades especiais, este fator de escalonamento pode divergir, especialmente quando o canal original esquerdo e direito forem perfeitamente anti-correlacionados, isto é, quando eles tiverem as mesmas amplitudes e uma mudança de fase de precisamente 180° . Esta instabilidade é evitada dentro do conceito inventivo pela aplicação de uma função limitativa para o parâmetro ICC, onde a função de limitação depende de um fator de escalonamento máximo aceitável e do parâmetro IID. Para evitar uma possível divergência, a regra que descreve o *downmix* é alterada diretamente, enquanto em implementações da técnica anterior o fator de escalonamento é simplesmente limitado pela definição de um limite e o fator de escalonamento é substituído pelo valor de limite quando o fator exceder o limite.

É uma grande vantagem do conceito inventivo, que ambos os sinais dentro do canal de *downmix* e o canal residual sejam alterados através da alteração dos parâmetros que estão subjacentes ao processo de *downmix*. Apenas o sinal no canal de *downmix* seria influenciado ao aplicar um limite de acordo com a técnica anterior, assim uma preservação melhor da inter-relação entre o canal original esquerdo e direito pode ser atingida quando o conceito inventivo é aplicado.

Uma outra vantagem do conceito descrito acima é que os parâmetros espaciais usados são geralmente derivados durante um processo de codificação. Portanto, é possível implementar a

lógica de limitação necessária sem ter que introduzir novos parâmetros.

Em uma configuração adicional da presente invenção, um limitador é aplicado no lado do decodificador, tendo a
5 mesma regra de limitação que um limitador no lado do codificador. Isto significa que no lado do decodificador, o *downmix* e o sinal residual, assim como os parâmetros espaciais IID e ICC, são recebidos, e os parâmetros espaciais recebidos são limitados usando a mesma regra de limitação usada durante o processo de codificação.
10 O *upmix* é, então, dependente dos parâmetros espaciais limitados, garantindo a não ocorrência de uma divergência no processo de *upmix*. A vantagem de ter as mesmas regras de limitação na codificação e na decodificação é óbvia, visto que é necessário desenvolver circuitos de hardware ou uma implementação de um algoritmo de
15 software apenas uma única vez. Hardware ou software que têm tanto funcionalidade de codificação quando de decodificação, podem ser desenvolvidos com custos menores, visto que é possível reutilizar o mesmo hardware ou software para a funcionalidade de limitação.

Em uma configuração adicional da presente invenção, os sinais de *downmix* e os parâmetros espaciais são comprimidos após sua geração, resultando em duas correntes de bits de áudio para os sinais de *downmix* e uma corrente de bits de parâmetro que retém os parâmetros espaciais comprimidos. Isto reduz o tamanho da representação codificada a ser transmitida, economizando,
25 adicionalmente, largura de banda, onde a codificação pode ser com perda ou sem perda, visto que a própria regra de codificação é independente do conceito inventivo. Um decodificador inventivo de acordo com o conceito inventivo, então, compreende um estágio de

descompressão, onde as representações comprimidas são descomprimidas nos parâmetros espaciais, no canal de *downmix* e no canal residual antes de efetuar *upmix*.

Em uma outra configuração da presente invenção,
5 as correntes de bits de áudio já comprimidas e a corrente de bits de parâmetro são combinadas em uma corrente de bits combinada, por exemplo, por multiplexação, permitindo uma armazenagem conveniente de um arquivo gerado em um meio de armazenagem. Isto também permite aplicações de streaming, por exemplo, streaming do conteúdo codificado através da internet, visto que toda a informação relevante está compreendida em um único arquivo ou corrente de bits, permitindo um manuseio mais conveniente do que em um caso onde três correntes de bit separadas devem ser transferidas. O decodificador inventivo correspondente, então, tem um estágio de descombinação,
10 que poderia, por exemplo, ser um desmultiplexador para descombinar a corrente de bits em três correntes de bits separadas, isto é, as duas correntes de bits de áudio e a corrente de bits de parâmetro.

Deve ser observado aqui que o conceito inventivo provê uma compatibilidade retroativa perfeita à codificação residual da técnica anterior onde os parâmetros espaciais não estão limitados, e mesmo à codificação estéreo paramétrica da técnica anterior onde um decodificador não usa o sinal residual. Isto é, obviamente, uma vantagem importante, visto que dados de áudio codificados recentemente podem ser reproduzidos com a qualidade máxima possível pelos decodificadores inventivos, enquanto eles podem também ser reproduzidos por decodificadores já existentes de acordo com a técnica anterior.

Em uma configuração adicional da presente inven-

ção, três codificadores inventivos são combinados para codificar um sinal de áudio de canais múltiplos compreendendo seis canais individuais, onde cada um dos três codificadores inventivos codifica um par de canais, derivando parâmetros espaciais, um *downmix* e um sinal residual para cada um dos pares de canal. O conceito inventivo pode, portanto, ser usado também para codificar sinais de áudio de canais múltiplos onde a eficiência da codificação e a compactação da representação resultante têm uma prioridade ainda maior, visto que a quantidade total de dados a ser codificada e transmitida é muito maior que para um sinal estéreo. Em princípio, um número arbitrário de codificadores de áudio inventivos pode ser combinado para codificar simultaneamente um sinal de áudio de canais múltiplos tendo basicamente qualquer número de canais de áudios únicos. Em uma configuração adicional do codificador de áudio de canais múltiplos, os sinais de *downmix* individuais e os sinais residuais, assim como as correntes de bit de parâmetro individual são combinadas por um dispositivo de *downmix* de 3 para 2 para receber um sinal esquerdo comum, um sinal direito comum, e um sinal residual comum e uma corrente de bits de parâmetro combinada, reduzindo adicionalmente a quantidade de largura de banda requerida. Os decodificadores correspondentes compreendem então, de forma direta, um estágio de dispositivo de *upmix* de 2 para 3.

Em uma outra configuração da presente invenção, um transmissor ou gravador de áudio compreende um codificador inventivo, permitindo gravação ou transmissão de áudio compacta, de alta qualidade, onde o tamanho do conteúdo de áudio transmitido ou armazenado pode ser significativamente reduzido. Este conteúdo de áudio pode ser armazenado em um meio de armazenagem de uma capaci-

dade dada ou largura de banda menor é usada durante a transmissão do sinal de áudio.

Em uma outra configuração, um receptor ou reprodutor de áudio tem um decodificador inventivo, que permite aplicações de streaming em ambientes de largura de banda limitados tais como telefones móveis ou que permite a construção de dispositivos de reprodução portáteis pequenos, usando meios de armazenagem de capacidade limitada.

Uma combinação de um transmissor e receptor inventivos resulta em um sistema de transmissão que permite transmitir, de forma conveniente, conteúdo de áudio através de interfaces de transmissão com fio ou sem fio, tais como LAN sem fio, Bluetooth, LAN com fio, tecnologias de linha de energia, transmissão de rádio, ou qualquer outro tipo de transmissão de dados.

Breve descrição dos desenhos

Configurações preferidas da presente invenção são doravante descritas por referência aos desenhos em anexo, onde:

A Fig. 1 mostra um diagrama de bloco de um codificador inventivo;

A Fig. 2 mostra um diagrama de bloco do princípio de codificação inventivo;

A Fig. 3 mostra uma outra configuração de um codificador inventivo;

A Fig. 4 mostra a compatibilidade retroativa do esquema de codificação inventivo em relação aos decodificadores da técnica anterior;

A Fig. 5 mostra um codificador de áudio de canais múltiplos inventivo;

A Fig. 6 mostra um diagrama de bloco de um decodificador de áudio inventivo;

A Fig. 7 mostra um diagrama de bloco do conceito inventivo de decodificação;

5 A Fig. 8 mostra uma configuração adicional de um decodificador inventivo;

A Fig. 9 mostra uma configuração de um decodificador de áudio de canais múltiplos inventivo;

10 A Fig. 10 mostra uma configuração alternativa de um codificador de áudio inventivo;

A Fig. 11 mostra uma configuração alternativa de um decodificador de áudio inventivo;

A Fig. 12 mostra um transmissor/gravador de áudio inventivo;

15 A Fig. 13 mostra um receptor/reprodutor de áudio inventivo;

A Fig. 14 mostra um sistema de transmissão inventivo.

Descrição detalhada de configurações preferidas

20 A Figura 1 mostra um diagrama de bloco de um codificador de áudio inventivo 10, compreendendo um dispositivo de *downmix* 12, um limitador 14, e um extrator de parâmetro 16.

Um sinal estéreo 18, tendo um canal esquerdo e um canal direito, é inserido simultaneamente em um dispositivo de
25 *downmix* 12 e no extrator de parâmetro 16. O extrator de parâmetro 16 extrai parâmetros espaciais 19 que descrevem uma inter-relação entre o canal esquerdo e o canal direito do sinal estéreo 18. Estes parâmetros são, por um lado, disponibilizados para transmissão

e, por outro lado, inseridos no limitador 14. O limitador 14 aplica uma regra de limitação aos parâmetros. Os detalhes de uma regra de limitação apropriada devem ser providos nos parágrafos a seguir.

5 O limitador deriva parâmetros espaciais limitados e estes são inseridos no dispositivo de *downmix* 12, onde o dispositivo de *downmix* 12 aplica uma regra de *downmix* ao canal esquerdo e canal direito do sinal estéreo 18 para prover um sinal de *downmix* 20 e um sinal residual 22 a partir do canal esquerdo e canal
10 direito do sinal estéreo. A regra de *downmix* é adicionalmente dependente do parâmetro espacial limitado.

Ao escolher uma regra de limitação apropriada para o limitador, o dispositivo de *downmix* 12 é suprido apenas com parâmetros limitados que são limitados de uma maneira que a regra
15 de *downmix* que não cause divergência ou produza qualquer saída que esteja deteriorando uma inter-relação espacial do canal esquerdo e do canal direito devido ao *downmix*.

Como um resultado, o sinal estéreo 18 é representado pelo sinal de *downmix* 20, pelo sinal residual 22, e pelos parâmetros espaciais 19 após o processo de codificação executado pelo codificador de áudio 10.
20

Para entender como uma regra de *downmix* e uma regra de limitação têm que inter-relacionar para prover um sinal residual resultante 22 contendo energia plausível mínima, enquanto
25 limita simultaneamente um parâmetro espacial, de modo que a regra de *downmix* não cause quaisquer divergências, o conceito básico subjacente da presente invenção é elaborado em maiores detalhes nos poucos parágrafos a seguir.

Os parâmetros extraídos pelo extrator de parâmetro 16, tipicamente resulta de um tempo único e intervalo de frequência de amostras de sub-banda de uma análise de banco de filtro modulado complexo de sinais de tempo discretos. Isto significa que o sinal de áudio do canal esquerdo e do canal direito do sinal estéreo 18 é primeiramente dividido em quadros de tempo de um comprimento dado, e dentro de um quadro de tempo único, o espectro de frequência é subdividido em uma quantidade de amostras de sub-banda. Para cada sub-banda única, o extrator de parâmetro 16, então, provê um parâmetro espacial por comparação dos canais esquerdo e direito do sinal estéreo dentro da sub-banda de interesse. Portanto, o canal esquerdo e o canal direito do sinal estéreo 18 e o sinal de *downmix* m e o sinal residual s da Figura 1 têm que ser entendidos como vetores de comprimento discretos e finitos, que descrevem os sinais subjacentes dentro de um intervalo de tempo discreto. Conforme mencionado acima, durante um processo de *downmix*, preservação de energia deve ser garantida. Para vetores complexos discretos x , y , o produto interno complexo e a norma quadrada (comparável à energia) é definida por

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle x, y \rangle = \sum_n x(n) y^*(n), \\ X = \|x\|^2 = \langle x, x \rangle = \sum_n |x(n)|^2, \\ Y = \|y\|^2 = \langle y, y \rangle = \sum_n |y(n)|^2, \end{array} \right\} \quad (1).$$

Após a convenção normal, um $*$ denota conjugação complexa. A partir daqui, letras maiúsculas descrevem a soma do quadrado ou energia dos vetores complexos de comprimento finito correspondentes, denotados por letras minúsculas.

De acordo com a presente invenção, o canal de

downmix m resultante do *downmix* adaptativo é a soma pesada da energia do canal original esquerdo e direito, e, dessa maneira, definido por

$$m = g \cdot (l + r), \quad (2)$$

5 onde g é um fator de ganho real e positivo ajustado de modo que a energia do *downmix* (M) seja igual à soma de energias dos vetores de sinal do canal esquerdo (L) e direito (R) ($M = L + R$).

Visto que este fator de ganho diverge até o infinito quando l e r estão fora de fase e têm energia comparável (isto é, $l + r = 0$ na equação nº 2), é necessário limitar este fator por um fator de ganho máximo g_0 que esteja, tipicamente, dentro do intervalo $[1, 2]$. O extrator de parâmetro 16, conforme mostrado na Figura 1, extrai os parâmetros de áudio espaciais IID (Diferença de Intensidade Entre Canais) e ICC (Coerência Entre Canais) que são representados por

$$c = \sqrt{\frac{L}{R}}, \quad \rho = \frac{\text{Re}\langle l, r \rangle}{\sqrt{L \cdot R}}. \quad (3)$$

Aqui, c denota o parâmetro IID e ρ denota o parâmetro ICC. O fator de ganho g pode ser expresso dependendo dos parâmetros ICC e IID e esta limitação requerida do fator de ganho pode ser escrita como segue:

$$g = \min \left\{ g_0, \sqrt{\frac{c^2 + 1}{c^2 + 1 + 2\rho c}} \right\}. \quad (4)$$

De forma geral, visto que $|\rho| \leq 1$, nós temos

$$2\rho c \leq c^2 + 1, \text{ de modo que } 1/\sqrt{2} \leq g \leq g_0.$$

25 Para atingir eficiência máxima de codificação, é

desejado que a energia dentro do sinal residual 22 seja mínima. A derivação a seguir resolve um problema de otimização mais geral compreendendo um sinal residual adicional t , que, então, se revela sendo supérfluo devido a (9). Considerando o problema do lado do

5 decodificador, é necessário determinar ganhos a , b , de modo que os sinais residuais s , t no *upmix*

$$\begin{cases} l = a \cdot m + s \\ r = b \cdot m + t \end{cases} \quad (5)$$

tenham energia mínima. A solução é provida por

$$(a, b) = \left(\frac{1+p}{2g}, \frac{1-p}{2g} \right), \quad (6)$$

10

onde

$$p = \frac{\langle l-r, l+r \rangle}{\|l+r\|^2}. \quad (7)$$

O mesmo problema, com a restrição adicional de que os coeficientes a, b são reais, tem a solução provida por tomar a parte real de (7) e a inserir em (6). Neste caso, p pode ser ex-

15 presso em termos dos parâmetros PS c , ρ , como segue:

$$p = \frac{c^2 - 1}{c^2 + 1 + 2\rho c}. \quad (8)$$

Inserindo (6) em (5) e adicionando as duas equações em (5) ocorre que:

$$t = -s. \quad (9)$$

20

Ao descrever o processo de *upmix* na notação de matriz usual, o *upmix* pode ser representado por uma matriz de rotação H , como segue:

$$\begin{bmatrix} l \\ r \end{bmatrix} = \mathbf{H} \begin{bmatrix} m \\ s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & 1 \\ b & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m \\ s \end{bmatrix}. \quad (10)$$

No caso onde g não está limitado por g_0 em (4), uma representação diferente dos coeficientes ideais a, b é provida por:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = c_l \cos(\alpha + \beta) \\ b = c_r \cos(-\alpha + \beta) \\ \alpha = \frac{1}{2} \cos^{-1} \rho, \quad \beta = \tan^{-1} \left(\tan(\alpha) \frac{c_r - c_l}{c_r + c_l} \right) \\ c_l = \frac{c}{\sqrt{1+c^2}}, c_r = \frac{1}{\sqrt{1+c^2}} \end{array} \right\}. \quad (11)$$

5

A primeira coluna da matriz giradora $\mathbf{H}$ é idêntica ao rotador de amplitude usado no estéreo paramétrico, que é, por exemplo, provido no WO 03/090206 A1.

O *downmix* necessita ser compatível com o *upmix* no sentido em que a reconstrução perfeita seja obtida quando todas as etapas de codificação com perda forem omitidas. Como uma consequência, a matriz de *downmix* $\mathbf{D}$,

$$\begin{bmatrix} m \\ s \end{bmatrix} = \mathbf{D} \begin{bmatrix} l \\ r \end{bmatrix}, \quad (12)$$

deve ser o inverso do rotador de *upmix* $\mathbf{H}$. Uma computação elementar resulta

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} g & g \\ \frac{1-p}{2} & \frac{-1-p}{2} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

onde a primeira fila é consistente com (2).

Existe um problema de estabilidade com os dois rotadores ideais providos por (10) e (13). Conforme (c, ρ) se aproxima de $(1, -1)$, o valor de ρ dado por (8) diverge. Portanto é ne-

20

cessário desviar dos rotadores ideais em uma vizinhança deste ponto do domínio do parâmetro PS. A solução ensinada pela presente invenção é modificar os parâmetros PS por um limitador de instabilidade tanto no codificador quanto no decodificador.

5 Em sua forma geral, este limitador alterará os valores do par (c, ρ) em uma vizinhança de $(1, -1)$ de modo a atingir uma faixa limitada por ρ . Uma solução especialmente atraente é baseada na observação de que o denominador de (8) é igual àquele de (4). A solução inventiva mantém c inalterado e modifica ρ exatamente quando o ganho de *downmix* adaptativo g é limitado por g_0 em (4). Isto ocorre quando

$$\rho < \rho_0(c) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{g_0^2} - 1 \right) \left(c + \frac{1}{c} \right). \quad (14)$$

A modificação preferida de ρ executada por um limitador de instabilidade 14 é, então:

$$15 \quad \rho \mapsto \tilde{\rho} = \max \{ \rho, \rho_0(c) \}. \quad (15)$$

O valor correspondente de ρ dado pela inserção de p não lugar de p em (8) tem a propriedade de

$$|\tilde{\rho}| \leq g_0^2 \frac{|c^2 - 1|}{c^2 + 1} \leq g_0^2. \quad (16)$$

Nos parágrafos anteriores, a análise do problema
20 que conduz à definição do limitador 14 foi detalhada. Embora a notação seja baseada em sinais estéreo, é claro que o mesmo método pode ser aplicado em qualquer par de sinais de áudio, tais como pares de canais selecionados ou gerados por um *downmix* parcial de um sinal de áudio de canais múltiplos. Particularmente vantajoso é
25 que a mesma regra de limitação pode ser usada para limitar os pa-

râmetros dentro da matriz de *upmix* e *downmix*.

A Figura 2 descreve o procedimento de codificação de áudio inventivo usando um diagrama de bloco, mostrando como a codificação de áudio é executada quando seguindo o conceito inventivo. Em uma primeira etapa de extração de parâmetro 30, os parâmetros ICC e IID são derivados.

Estes parâmetros são, então, enviados como saída 23 e transferidos para servir como entrada para a etapa de limitação 32, onde uma comparação do parâmetro ICC com um parâmetro ICC mínimo computado ICC_{min} é efetuada, onde ICC_{min} é dependente de IID. Em um primeiro caso, onde o parâmetro ICC excede o parâmetro ICC mínimo ICC_{min} (IID), o parâmetro ICC é diretamente enviado para a etapa de *downmix* 34.

Se o parâmetro ICC não exceder ICC_{min} (IID), uma etapa de mudança adicional 36 é executada, onde o valor do parâmetro ICC é substituído pelo valor do parâmetro ICC mínimo ICC_{min} (IID). Após a etapa de mudança 36, o parâmetro ICC que tem o novo valor é, então, transferido para a etapa de *downmix* 34.

Na etapa de *downmix* 34, o sinal de *downmix* 20 e o sinal residual 22 são derivados dos canais l e r, dependendo dos parâmetros ICC e IID.

Finalmente, os parâmetros 23 (ICC e IID), o sinal de *downmix* 20 e o sinal residual 22 são disponibilizados como saída do procedimento de codificação.

A Figura 3 mostra uma outra configuração do dispositivo de codificação de áudio inventivo 50 que compreende um codificador de áudio 10, uma unidade de processamento de sinal 51 tendo um primeiro compressor de áudio 52, um segundo compressor de

áudio 54, e um compressor de parâmetro 56, e uma interface de saída 58.

Os componentes do codificador de áudio 10 já foram discutidos nos parágrafos anteriores. Portanto, apenas aquelas partes do dispositivo codificador de áudio 50 que estão estendendo o codificador de áudio 10 serão discutidas nos parágrafos a seguir.

O propósito geral da unidade de processamento de sinal 51 é comprimir o sinal de *downmix* 20, o sinal residual 22 e os parâmetros 23. Portanto, o sinal de *downmix* 20 é inserido no primeiro compressor de áudio 52, o sinal residual 22 é inserido no segundo compressor de áudio 54 e os parâmetros espaciais 23 são inseridos no compressor de parâmetro 56. O primeiro compressor de áudio 52 provê uma primeira corrente de bits de áudio 60, o segundo compressor de áudio 54 provê uma segunda corrente de bits de áudio 62 e o compressor de parâmetro 56 provê uma corrente de bit de parâmetro 64. A primeira e a segunda corrente de bits de áudio (60, 62) e a corrente de bits de áudio de parâmetro 64 são, então, usadas como entradas da interface de saída, que combinam as três correntes de bit (60, 62, 64) para prover uma corrente de bits combinada 66, que é a saída do dispositivo de codificação 50.

A combinação executada pela interface de saída 58 poderia, por exemplo, ser uma multiplexação simples das três correntes de bit que estão entrando. Adicionalmente, qualquer tipo de combinação que conduza a uma corrente de bits de saída única 66 é possível. O manuseio de uma corrente de bits única é muito mais conveniente, tal como streaming através da internet ou outros links de dados.

Em outras palavras, a Figura 3 ilustra um codificador que toma um sinal de áudio de dois canais, compreendendo os canais *l*, *r* como entrada e gera uma corrente de bits que permite decodificação por um decodificador estéreo paramétrico. O *downmix* adaptativo toma o sinal de dois canais *l*, *r* e gera um *downmix* mono *m* e um sinal residual *s*. Estes sinais podem, então, ser codificados pelos codificadores de áudio perceptuais para produzir correntes de bits de áudio compactas. A estimativa de parâmetro estéreo paramétrico (PS) toma o sinal de dois canais *l*, *r* como entrada e gera um conjunto de parâmetros PS. O limitador de instabilidade modifica os parâmetros PS que controlam o *downmix* adaptativo. O bloco de codificação produz a informação de lado estéreo paramétrico (informação de lado PS) a partir da saída não modificada da estimativa de parâmetro PS. O multiplexador combina todos os dados codificados para formar uma corrente de dados combinada.

Uma das principais vantagens do conceito de codificação inventivo é que ele é totalmente compatível retroativamente com decodificadores estéreo paramétricos da técnica anterior. Para ilustrar isto, a Figura 4 mostra um decodificador estéreo paramétrico da técnica anterior.

O decodificador estéreo paramétrico 70 compreende uma interface de entrada 72, um decodificador de áudio 74, um decodificador de parâmetro 76, e um dispositivo de *upmix* 78.

A interface de entrada 72 recebe uma corrente de bits combinada 80 conforme produzida a partir do codificador de áudio inventivo 50. A interface de entrada 72 do decodificador estéreo paramétrico da técnica anterior 70 não reconhece o sinal residual 22 e, portanto, extrai apenas o sinal de *downmix* 60 (pri-

meira corrente de bits de áudio 60 da Figura 3) e a corrente de bits de parâmetro 64 da corrente de bits de entrada 80. O decodificador de áudio 74 é o dispositivo complementar ao primeiro compressor de áudio 52 e o decodificador de parâmetro 76 é o dispositivo complementar ao compressor de parâmetro 56. Portanto, a corrente de bits de áudio 60 é decodificada no sinal de *downmix* 20 e a corrente de bits de parâmetro 64 é decodificada nos parâmetros espaciais 23. Visto que os parâmetros espaciais 23 foram transferidos diretamente e não foram processados adicionalmente pelo codificador inventivo 10 ou 50, um dispositivo de *upmix* da técnica anterior 78 pode reconstruir um canal esquerdo e um canal direito, construindo um sinal de saída 80 do sinal de *downmix* 20 usando os parâmetros espaciais 23.

Em outras palavras, a Figura 4 ilustra um decodificador estéreo paramétrico que toma uma corrente de bits compatível, conforme gerada pelo dispositivo de codificação inventivo 50 como a entrada e gera o sinal de áudio estéreo compreendendo os canais l e r, sem usar ou sem acessar a parte da corrente de bits que descreve o sinal residual. Primeiramente, um desmultiplexador toma a corrente de bits compatível como entrada e a decompõe em uma corrente de bits de áudio e na informação de lado PS. O decodificador de áudio perceptual produz um sinal mono m, e a informação de lado PS é decodificada em parâmetros PS. A síntese PS converte o sinal mono nos sinais esquerdo e direito l e r de acordo com os parâmetros PS, em especial pela adição de um sinal descorrelacionado de modo a reter a correlação de canal dos canais estéreo originais.

A Figura 5 mostra um codificador de áudio de ca-

nais múltiplos 100 que codifica um sinal de áudio de 6 canais em um *downmix* estéreo e uma série de conjuntos de parâmetros.

O codificador de áudio de canais múltiplos 100 compreende um primeiro codificador adaptativo 102, um segundo codificador adaptativo 104, módulo de estimativa 106, um extrator de parâmetro 108, e um dispositivo de *downmix* de 3 para 2 110.

O primeiro codificador adaptativo 102 e o segundo codificador adaptativo 104 são configurações de um codificador inventivo 10. O sinal de entrada de 6 canais possui um canal frontal esquerdo 112a, um canal traseiro esquerdo 112b, um canal frontal direito 114a, um canal traseiro direito 114b, um canal central 116a, um canal de aumento de baixa frequência 116b. O canal frontal esquerdo 112a e o canal traseiro esquerdo 112b são inseridos no primeiro codificador adaptativo 102 que provê um primeiro sinal de *downmix* 118a, o sinal residual correspondente 118b e parâmetros espaciais 118c. O canal frontal direito 114a e o canal traseiro direito 114b são inseridos no segundo codificador adaptativo 104, que provê um segundo sinal de *downmix* 120a, o sinal residual correspondente 120b, e os parâmetros espaciais subjacentes 120c. O canal central 116a e o canal de aumento de baixa frequência 116b são inseridos no módulo de soma 106, que adiciona os sinais para criar um sinal mono 122a e parâmetros espaciais correspondentes 122b.

O dispositivo de *downmix* de 3 para 2 110 recebe os sinais de *downmix* 118a, 120a, e 122a para fazer o *downmix* destes em um sinal de saída estéreo 124 que tem um canal esquerdo e um canal direito. O dispositivo de *downmix* de 3 para 2 provê adicionalmente um sinal residual 126 dos canais de entrada 118a,

120a, e 122a. Além disso, o dispositivo de *downmix* de 3 para 2 110 provê um conjunto de parâmetros 128 dos conjuntos de parâmetro 118b, 120b, e 122b.

Resumindo, a Figura 5 ilustra uma parte de um co-
 5 dificador de áudio espacial que toma como entrada um sinal de áudio de canais múltiplos no formato 5.1, compreendendo os canais Lf (frontal esquerdo), Lr (surround esquerdo), Rf (frontal direito), Rr (surround direito), C (central) e LFE (eficiente de baixa frequência), e que cria um *downmix* estéreo, compreendendo L0 e R0, e
 10 uma série de conjuntos de parâmetros. Não são mostradas nesta figura as transformações de tempo para frequência, a codificação dos sinais de *downmix* e parâmetros, e a multiplexação da informação codificada em uma corrente de bits que pode ser decodificada por um decodificador de áudio espacial correspondente. O *downmix* adaptativo
 15 toma como entrada os sinais Lf e Lr e produz um sinal mono L e um sinal residual L. A estimativa de parâmetro estéreo (PS) paramétrico toma o sinal de dois canais Lf e Lr como a entrada e gera um conjunto de parâmetros PS. O limitador de instabilidade modifica os parâmetros PS que controlam o *downmix* adaptativo. De
 20 uma maneira similar, o *downmix* adaptativo toma como entrada os sinais Rf e Rr e produz um sinal mono R e um sinal residual R. A estimativa de parâmetro estéreo (PS) paramétrico toma o sinal de dois canais Rf e Rr como entrada e gera um conjunto de parâmetros PS. O limitador de instabilidade modifica os parâmetros PS que
 25 controlam o *downmix* adaptativo. O módulo de soma adiciona os sinais C e LFE para criar um sinal mono C. A estimativa de parâmetro estéreo (PS) paramétrico toma o sinal de dois canais C e LFE como entrada e gera um conjunto de parâmetros IID, um subconjunto de

parâmetros PS. Os sinais mono L, R e C são misturados a um sinal estéreo (Lo e Ro) e a um sinal residual Eo por um módulo de 3 para 2. O módulo de 3 para 2 também envia um conjunto de parâmetros (Lo, Ro).

5 A Figura 6 descreve um decodificador de áudio inventivo 140, compreendendo um dispositivo de *upmix* 142, e um limitador 144.

O decodificador inventivo 140 recebe um sinal de *downmix* 146, um sinal residual 148 e parâmetros espaciais 150. O
10 sinal de *downmix* 146 e o sinal residual 148 são inseridos no dispositivo de *upmix* 142, enquanto os parâmetros espaciais 150 são inseridos no limitador 144. O limitador 144 limita os parâmetros espaciais 150 para prover parâmetros espaciais limitados 152.

É importante notar que o limitador está usando a
15 mesma regra de limitação para prover os parâmetros limitados como o codificador correspondente durante o processo de codificação. Os parâmetros limitados são usados para controlar o processo de *upmix* no dispositivo de *upmix* 142 que provê um sinal estéreo 154 tendo um canal esquerdo e um canal direito a partir do sinal de *downmix*
20 146 e do sinal residual 148.

A Figura 7 mostra um diagrama de bloco que ilustra o princípio do decodificador inventivo. Em uma primeira etapa de limitação 160, os parâmetros espaciais recebidos ICC e IID são limitados. Isto é, é verificado se o parâmetro ICC recebido excede
25 um parâmetro ICC mínimo ICC_{min} (IID). Se este for o caso, os parâmetros espaciais 150 (ICC e IID), um sinal de *downmix* recebido 146, e um sinal residual recebido 148 são transmitidos para a etapa de *upmix* 162. Se o parâmetro ICC não exceder o parâmetro ICC

mínimo ICC_{min} (IID), uma etapa de limitação 164 é adicionalmente executada, onde o valor do parâmetro ICC é trocado pelo valor do parâmetro ICC_{min} (IID), tendo o efeito de que o valor de ICC_{min} (IID) é transmitido para a etapa de *upmix* 162.

5 Na etapa de *upmix* 162, um sinal estéreo 154 tendo um canal esquerdo e um canal direito é derivado do sinal de *downmix* 146 e do sinal residual 148, usando os parâmetros espaciais ICC e IID.

A Figura 8 mostra uma configuração adicional de
10 um dispositivo de decodificação inventivo 180 que compreende um decodificador 140, uma unidade de processamento de sinal 182 tendo um primeiro decodificador de áudio 184, um segundo decodificador de áudio 186 e um decodificador de parâmetro 188. O dispositivo de decodificação 180 compreende ainda uma interface de entrada 190
15 para receber uma corrente de bits combinada 192, que é gerada por um dispositivo de codificação inventivo 50.

A corrente de bits combinada 192 é decomposta pela interface de entrada 190 em uma primeira corrente de bits de áudio 194a, uma segunda corrente de bits de áudio 194b e uma cor-
20 rente de bits de parâmetro 196.

A primeira corrente de bits de áudio 194a é inserida no primeiro decodificador de áudio 185, a segunda corrente de bits de áudio 194b é inserida no segundo decodificador de áudio 186, e a corrente de bits de parâmetro 196 é inserida no decodifi-
25 cador de parâmetro 188. O sinal de *downmix* descomprimido 198 (m) e o sinal residual 200 (s) são inseridos no dispositivo de *upmix* 142 do decodificador 140. Parâmetros espaciais 202 derivados pelo decodificador de parâmetro 188 são inseridos no limitador 144 do de-

codificador de áudio 140. A limitação dos parâmetros espaciais e o processo de *upmix* já foram descritos dentro da descrição do decodificador de áudio 140. Uma descrição detalhada pode ser obtida nos parágrafos correspondentes da descrição da Figura 6.

5 O dispositivo de decodificação inventivo 180 finalmente envia um sinal estéreo 204, tendo um canal esquerdo e um canal direito.

Em outras palavras, a figura 8 ilustra um decodificador estéreo paramétrico que toma uma corrente de bits compatível como entrada e gera o sinal de áudio estéreo compreendendo os
10 canais l e r. Primeiramente, um desmultiplexador toma a corrente de bits compatível como a entrada e a decompõe em duas correntes de bit de áudio e na informação de lado PS. Decodificadores de áudio perceptuais produzem um sinal mono m e um sinal residual s,
15 respectivamente, e a informação de lado PS é decodificada nos parâmetros PS pelo decodificador de parâmetro. O limitador de instabilidade modifica os parâmetros PS. O dispositivo de *upmix* converte os sinais mono e residual nos sinais esquerdo e direito l e r por meio de uma matriz de rotação definida a partir dos parâmetros
20 PS modificados pelo limitador de instabilidade.

A Figura 9 mostra um decodificador de áudio de canais múltiplos inventivo 210 compreendendo um primeiro decodificador de dois canais 212, um segundo decodificador de dois canais 214, um módulo de síntese 216, e um módulo de 2 para 3 218.

25 A Figura 9 ilustra parte de um decodificador de áudio espacial que toma como entrada um sinal de áudio estéreo (compreendendo o Lo e Ro), um sinal residual Eo e um conjunto de parâmetros (Lo, Ro). O módulo de 2 para 3 218 produz três canais

de áudio L, R, e C a partir da entrada mencionada acima. O canal mono L e o canal residual L são convertidos por um primeiro decodificador de dois canais 211 nos sinais de saída Lf e Lr. O limitador de instabilidade modifica o conjunto de parâmetros PS L. Si-

5 milarmente, o canal mono R e o canal residual R são convertidos por um segundo decodificador de dois canais 214 nos sinais de saída Rf e Rr. O limitador de instabilidade é igual àquele usado durante a geração do canal mono R e modifica o conjunto de parâmetros PS R. O módulo de síntese PS 216 toma o canal mono C e o con-

10 junto de parâmetros C e gera os canais de saída C e LFE.

As Figuras 10 e 11 mostram uma solução alternativa para um codificador e um decodificador que evita o problema de instabilidade. A alternativa é baseada no uso dos parâmetros espaciais limitados como os parâmetros a serem codificados e transmi-

15 tidos. Isto pode ser visto no codificador inventivo na Figura 10 que é baseado no dispositivo de codificação inventivo da Figura 3.

A Figura 10 mostra uma modificação de um codificador inventivo já mostrado na Figura 3, com a diferença de que os parâmetros alimentados no codificador de parâmetro 56 são tomados

20 em um ponto 300, isto é, após o processo de limitação. Isto é, os parâmetros limitados são codificados e transmitidos em vez dos parâmetros originais.

No lado do decodificador mostrado na Figura 11, é mostrada a modificação de que o limitador pode ser omitido se com-

25 parado com o dispositivo de decodificação 180. Portanto, o parâmetro espacial decodificado 310 é inserido diretamente no dispositivo de upmix 142 para prover o sinal estéreo 204.

As desvantagens desta solução se comparado com a

colocação de limitadores de instabilidade conforme ensinado anteriormente e mostrado nas figuras anteriores, são duas. Primeiramente, a quantização dos parâmetros limitados moveria os rotadores mais para longe do que seria idealmente necessário. O tamanho do residual, portanto, seria, no geral, maior, conduzindo a uma perda no ganho de codificação para o método de codificação residual. Em segundo lugar, a compatibilidade retroativa a decodificadores estéreos paramétricos seria perdida. Em casos críticos, quando a correlação de canal do canal original é negativa, o decodificador não seria capaz de reproduzir esta correlação sem acesso ao sinal residual.

A Figura 12 está mostrando um transmissor ou gravador de áudio inventivo 330 que tem um codificador de áudio 50, uma interface de entrada 332 e uma interface de saída 334.

Um sinal de áudio pode ser suprido na interface de entrada 332 do transmissor/gravador 330. O sinal de áudio é codificado por um codificador inventivo 50 dentro do transmissor/gravador e a representação codificada é enviada na interface de saída 334 do transmissor/gravador 330. A representação codificada pode, então, ser transmitida ou armazenada em um meio de armazenagem.

A Figura 13 mostra um receptor inventivo ou reprodutor de áudio 340 tendo um decodificador de áudio inventivo 180, uma entrada de corrente de bits 342, e uma saída de áudio 344.

Uma corrente de bits pode ser inserida na entrada 342 do receptor/reprodutor de áudio inventivo 340. A corrente de bits, então, é decodificada pelo decodificador 180 e o sinal deco-

dificado é enviado ou reproduzido na saída 344 do receptor/reprodutor de áudio 340.

A Figura 14 mostra um sistema de transmissão compreendendo um transmissor inventivo 330, e um receptor inventivo 5 340.

A entrada de sinal de áudio na interface de entrada 332 do transmissor 330 é codificada e transferida da saída 334 do transmissor 330 para a entrada 342 do receptor 340. O receptor decodifica o sinal de áudio e reproduz ou envia o sinal de 10 áudio em sua saída 344.

As configurações da presente invenção mencionadas e descritas acima são meramente ilustrativas dos princípios da presente invenção para a melhoria de codificação residual adaptativa. É entendido que modificações e variações dos arranjos e detalhes descritos aqui serão operandos para aqueles especializados 15 na técnica. É objetivo, portanto, estar limitado apenas pelo escopo das reivindicações de patente iminente e não pelos detalhes específicos apresentados como descrição e explanação das configurações aqui mencionadas.

Embora as configurações da presente invenção descritas nas figuras acima sejam descritas usando principalmente uma nomenclatura usada para sinais estéreos, fica aparente que a presente invenção não está limitada a sinais estéreos, mas poderia ser aplicada a qualquer outro tipo de combinação de dois sinais de 20 áudio como, por exemplo, é feito dentro dos codificadores e decodificadores de áudio de canais múltiplos mostrados na Figura 5 e Figura 9.

Usando um sistema de transmissão inventivo tendo

um transmissor e um receptor, a transmissão entre o transmissor e o receptor pode ser obtida por vários meios. Isto pode ser, por exemplo, streaming pela internet ou por outros meios de rede, armazenagem de um arquivo em um meio legível por computador e transferência de mídia, diretamente conectando o transmissor e o receptor por um cabo ou conexão sem fio tal como LAN sem fio ou Bluetooth e qualquer outra conexão de dados imaginável.

Embora tenha sido descrito em detalhes que o parâmetro ICC apenas deve ser mudado para garantir uma matriz de *upmix* e *downmix* não divergente, é também possível limitar ambos os parâmetros ICC e IID, de modo que nenhuma divergência ocorra. De forma mais geral, a aplicação do conceito inventivo pode também significar prover outros parâmetros espaciais e aplicar uma regra de limitação a estes parâmetros, garantindo um *downmix* e um *upmix* não divergentes.

As interfaces de saída e entrada nos codificadores e decodificadores inventivos não estão limitadas apenas a multiplexadores ou desmultiplexadores simples. Em uma variação mais sofisticada a interface de saída pode combinar as correntes de bits não apenas pela multiplexação destas, mas por qualquer outro meio, sendo possível mesmo tentar alguma codificação de entropia adicional para reduzir o tamanho da corrente de dados.

Dependendo de certos requisitos de implementação dos métodos inventivos, os métodos inventivos podem ser implementados no hardware ou no software. A implementação pode ser executada usando um meio de armazenagem digital, em especial um disco, DVD ou um CD tendo sinais de controle eletronicamente legíveis neles armazenados, que cooperem com um sistema de computador progra-

mável de modo que os métodos inventivos sejam executados. De forma geral, a presente invenção é, portanto, um produto de um programa de computador com um código de programa armazenado em um transportador legível por máquina, o código do programa sendo operacional para executar os métodos inventivos quando o produto de programa de computador operar em um computador. Em outras palavras, os métodos inventivos são, portanto, um programa de computador tendo um código de programa para executar pelo menos um dos métodos inventivos quando o programa de computador estiver operando em um computador.

Embora a descrição anterior tenha sido mostrada e descrita especificamente com referência a configurações específicas desta, será entendido por aqueles com especialização na técnica que várias outras modificações na forma e detalhes podem ser efetuadas sem se afastar de seu espírito e escopo. Deve ser entendido que várias modificações podem ser efetuadas na adaptação de configurações diferentes sem se afastar dos conceitos amplos revelados aqui e abrangidos pelas reivindicações a seguir.

R E I V I N D I C A Ç Õ E S

1. Codificador de áudio para codificação de um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, caracterizado pelo fato de que compreende: um extrator de parâmetro para prover um parâmetro espacial a partir do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; um limitador para limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *downmix* para prover um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

2. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o extrator de parâmetro é operacional para prover múltiplos parâmetros espaciais para uma porção de tempo dada do sinal de áudio, onde cada parâmetro espacial descreve a inter-relação dos pelo menos dois canais para um intervalo de frequência predefinido.

3. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o extrator de parâmetro é operacional para prover um parâmetro ICC que descreve uma coerência entre um primeiro e um segundo canal dos pelos menos dois canais e um parâmetro IID que descreve uma diferença de nível entre o primeiro e o segundo canal.

4. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o limitador é operacional para limitar o parâmetro espacial, de modo que um fator de ganho, que descreve uma proporção de intensidades entre o sinal de

downmix e os pelo menos dois canais, não exceda um limite predefinido.

5 5. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o limitador é operacional para limitar o parâmetro ICC de modo que um fator de ganho que descreve uma proporção de intensidades entre o sinal de *downmix* e os pelo menos dois canais não exceda um limite predefinido, onde o limite do parâmetro ICC depende do parâmetro IID.

10 6. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a regra de limitação é tal que um limite inferior para o parâmetro ICC, dependendo de um fator de ganho predefinido g_0 e do parâmetro IID, possa ser descrito pela expressão a seguir:

$$ICC \geq \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{g_0^2} - 1 \right) \cdot \left(IID + \frac{1}{IID} \right).$$

15 7. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o fator de ganho predefinido g_0 é escolhido do intervalo $[1, 2]$.

20 8. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de *downmix* é operacional para usar uma regra de *downmix*, de modo que o sinal de *downmix* e o sinal residual sejam derivados pela formação de uma combinação linear dos canais a partir dos pelo menos dois canais, onde os coeficientes da combinação linear dependem dos parâmetros espaciais limitados.

25 9. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o extrator de parâmetro é operacional para prover um parâmetro ICC que descreve a coerên-

cia entre o primeiro e o segundo canal dos pelo menos dois canais, e um parâmetro IID que descreve uma diferença de nível entre o primeiro e o segundo canal; e no qual a regra de *downmix* é tal que a derivação do sinal de *downmix* m e do sinal residual s pode ser descrita pela equação a seguir, dependendo dos parâmetros ICC e IID:

$$m = \sqrt{\frac{IID^2 + 1}{IID^2 + 1 + 2 \cdot IID \cdot ICC}} \cdot (l + r)$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot (l - r) - \frac{1}{2} \cdot \frac{IID^2 - 1}{IID^2 + 1 + 2 \cdot IID \cdot ICC} \cdot (l + r)$$

10. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma unidade de processamento de sinal para processar ou transmitir o sinal de *downmix*, o sinal residual, e o parâmetro espacial para prover um sinal de *downmix* processado, um sinal residual processado, e um parâmetro processado.

11. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a unidade de processamento de sinal é operacional para prover o sinal de *downmix* processado, o sinal residual processado, e o parâmetro processado, de modo que a derivação inclui uma compressão do sinal de *downmix*, do sinal residual, e do parâmetro espacial.

12. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma interface de saída para prover a informação do sinal de *downmix* processado, do sinal residual processado, e do parâmetro espacial processado.

13. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma interface de saída para prover a informação do sinal de *downmix* processado, do sinal residual processado, e do parâmetro espacial processado.

dicação 12, caracterizado pelo fato de que a interface de saída é operacional para combinar o sinal de *downmix* processado, o sinal residual processado, e o parâmetro espacial processado para prover uma corrente de bits de saída que tem a informação do sinal de *downmix* processado, do sinal residual processado, e do parâmetro processado.

14. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a interface de saída é operacional para multiplexar o sinal de *downmix* processado, o sinal residual processado, e o parâmetro espacial processado para prover a corrente de bits de saída.

15. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pares múltiplos de canais são codificados, onde para cada par de canais um parâmetro espacial, um sinal de *downmix* e um sinal residual é provido.

16. Codificador de áudio, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que os pares múltiplos de canais compreendem um canal frontal esquerdo, um canal traseiro esquerdo, um canal frontal direito, um canal traseiro direito, um canal de aumento de baixa frequência e um canal central.

17. Decodificador de áudio para decodificar um sinal de áudio codificado representando um sinal de áudio original que tem pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado caracterizado pelo fato de ter um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, compreendendo: um limitador para limitar o parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma

inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *upmix* para prover uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

5 18. Decodificador de áudio de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o limitador é operacional para limitar múltiplos parâmetros espaciais para uma porção de tempo dada do sinal de áudio codificado correspondendo a um quadro no tempo do sinal de áudio original, onde cada parâmetro
10 espacial descreve a inter-relação dos pelo menos dois canais para um intervalo de frequência predefinido dentro do quadro de tempo.

 19. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o limitador é operacional para limitar um parâmetro ICC que descreve a coerência en-
15 tre um primeiro e um segundo canal dos pelo menos dois canais e um parâmetro IID que descreve uma diferença de nível entre o primeiro e o segundo canal.

 20. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o limitador é operacional para limitar o parâmetro espacial, de modo que um fator de
20 ganho que descreve uma proporção de intensidades entre o sinal de *downmix* e os pelo menos dois canais do sinal de áudio original não exceda o limite predefinido.

 21. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o limitador é operacional para limitar o parâmetro ICC, de modo que um fator de ganho
25 que descreve uma proporção de intensidades entre o sinal de *downmix* e os pelo menos dois canais do sinal de áudio original não ex-

ceda um limite predefinido.

22. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que a regra de limitação é tal que um limite inferior para o parâmetro ICC dependendo de um
5 fator de ganho g_0 predefinido e o parâmetro IID, podem ser descritos pela expressão a seguir:

$$ICC \geq \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{g_0^2} - 1 \right) \cdot \left(IID + \frac{1}{IID} \right)$$

23. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que o fator de ganho
10 predefinido g_0 é escolhido do intervalo $[1,2]$.

24. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de up-
mix é operacional para usar uma regra de upmix, de modo que um
primeiro canal reconstruído e um segundo canal reconstruído dos
15 pelo menos dois canais são providos pela formação de uma combinação linear do sinal de downmix e do sinal residual, onde os coeficientes da combinação linear dependem do parâmetro espacial limitado.

25. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que o limitador é operacional para limitar um parâmetro ICC que descreve a coerência entre um primeiro e um segundo canal dos pelo menos dois canais e um
20 parâmetro IID que descreve uma diferença de nível entre o primeiro e o segundo canal; e no qual a regra de upmix é tal que a derivação do primeiro canal reconstruído l e do segundo canal reconstruído r a partir do sinal de downmix m e do sinal residual s, pode
25 ser descrita pelas equações a seguir:

$$l = c_L \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot m + s$$

$$r = c_R \cdot \cos(-\alpha + \beta) \cdot m - s, \text{ onde}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \cos^{-1}(ICC) \quad ; \quad \beta = \tan^{-1} \left(\frac{c_R - c_L}{c_R + c_L} \cdot \tan(\alpha) \right)$$

$$c_L = \frac{IID}{\sqrt{1 + IID^2}} \quad ; \quad c_R = \frac{1}{\sqrt{1 + IID^2}}.$$

5 26. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma unidade de processamento de sinal para transmitir ou processar um sinal residual processado, um sinal de *downmix* processado, e um parâmetro espacial processado, para prover o sinal residual, o sinal de *downmix*, e o parâmetro espacial.

10 27. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que a unidade de processamento de sinal é operacional para prover o sinal residual, o sinal de *downmix*, e o parâmetro espacial, de modo que a derivação do sinal residual, do sinal de *downmix* e do parâmetro espacial inclui descompressão do sinal residual processado, do sinal de *downmix* processado, e do parâmetro espacial processado.

20 28. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma interface de entrada para prover o sinal residual processado, o sinal de *downmix* processado e o parâmetro espacial processado.

25 29. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a interface de entrada é operacional para decompor uma corrente de bits de entrada única para prover o sinal residual processado, o sinal de *downmix*

processado e o parâmetro espacial processado.

30. Decodificador de áudio, de acordo com a reivindicação 29, caracterizado pelo fato de que a interface de entrada é operacional para decompor a corrente de bits de entrada
5 única, de modo que a derivação do sinal residual processado, do sinal de *downmix* processado e do parâmetro processado inclui uma desmultiplexação da corrente de bits de entrada.

31. Método para codificar um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, o método caracterizado pelo fato de que
10 compreende: prover um parâmetro espacial a partir do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a
15 regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

32. Método para decodificar um sinal de áudio codificado que representa um sinal de áudio original caracterizado
20 pelo fato de ter pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, o método compreendendo: limitar o parâmetro espacial para
prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limita-
25 ção, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual, usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limita-

do.

33. Sinal de áudio codificado que é uma representação de um sinal de áudio caracterizado pelo fato de que tem pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, um sinal de *downmix* e um sinal residual, onde o sinal de *downmix* e o sinal residual são providos a partir do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende de um parâmetro espacial limitado derivado usando uma regra de limitação que depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais.

34. Meio de armazenagem legível por máquina tendo armazenado nele um sinal de áudio codificado que é uma representação de um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado caracterizado pelo fato de que tem um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, um sinal de *downmix* e um sinal residual, onde o sinal de *downmix* e o sinal residual são derivados do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* dependente de um parâmetro espacial limitado, usando uma regra de limitação dependente de uma inter-relação dos pelo menos dois canais.

35. Transmissor ou gravador de áudio tendo um codificador de áudio para codificar um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, caracterizado pelo fato de que compreende: um extrator de parâmetro para prover um parâmetro espacial a partir de um sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; um limitador para limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de

uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *downmix* para prover um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

5 36. Receptor ou reproduutor de áudio, caracterizado pelo fato de que tem um decodificador de áudio para decodificar um sinal de áudio codificado representando um sinal de áudio original que tem pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial
10 cial descrevendo uma inter-relação dos pelo menos dois canais, compreendendo: um limitador para limitação do parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *upmix* para prover
15 uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual usando uma regra de *upmix* dependente do parâmetro espacial limitado.

 37. Método de transmissão ou gravação de áudio, o método caracterizado pelo fato de que tem um método para gerar um
20 sinal codificado, o método compreendendo um método para codificar um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, o método compreendendo: prover um parâmetro espacial a partir do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; limitar o parâmetro espacial usando uma regra de
25 limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâme-

tro espacial limitado.

38. Método de recepção ou reprodução de áudio, o método caracterizado pelo fato de que ter um método para decodificar um sinal de áudio codificado, o método compreendendo um método para decodificar um sinal de áudio codificado representando um sinal de áudio original tendo pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, o método compreendendo: limitar o parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

39. Sistema de transmissão tendo um transmissor e um receptor, o transmissor tendo um codificador de áudio para codificar um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, caracterizado pelo fato de que compreende: um extrator de parâmetro para prover um parâmetro espacial a partir do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; um limitador para limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *downmix* para prover um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado; e o receptor tendo um decodificador de áudio para decodificar um si-

nal de áudio codificado que representa um sinal de áudio original tendo pelo menos dois canais, o sinal de áudio codificado tendo um sinal de *downmix*, um sinal residual e um parâmetro espacial que descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais, compreendendo: um limitador para limitação do parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e um dispositivo de *upmix* para prover uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *downmix* e do sinal residual usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

40. Método de transmissão e recepção, o método caracterizado pelo fato de que inclui um método de transmissão tendo um método para gerar um sinal codificado de um sinal de áudio tendo pelo menos dois canais, o método compreendendo: prover um parâmetro espacial a partir do sinal de áudio, onde o parâmetro espacial descreve uma inter-relação dos pelo menos dois canais; limitar o parâmetro espacial usando uma regra de limitação para prover um parâmetro espacial limitado, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover um sinal de *downmix* e um sinal residual a partir do sinal de áudio usando uma regra de *downmix* que depende do parâmetro espacial limitado; e um método de recepção, tendo um método para decodificação de um sinal de áudio codificado, o método compreendendo: limitar o parâmetro espacial para prover um parâmetro espacial limitado usando uma regra de limitação, onde a regra de limitação depende de uma inter-relação dos pelo menos dois canais; e prover uma reconstrução do sinal de áudio original a partir do sinal de *down-*

mix e do sinal residual usando uma regra de *upmix* que depende do parâmetro espacial limitado.

41. Programa de computador para executar, caracterizado pelo fato de que quando operando em um computador, um método de acordo com qualquer uma das reivindicações de método 32, 33, 37, 38, ou 40.

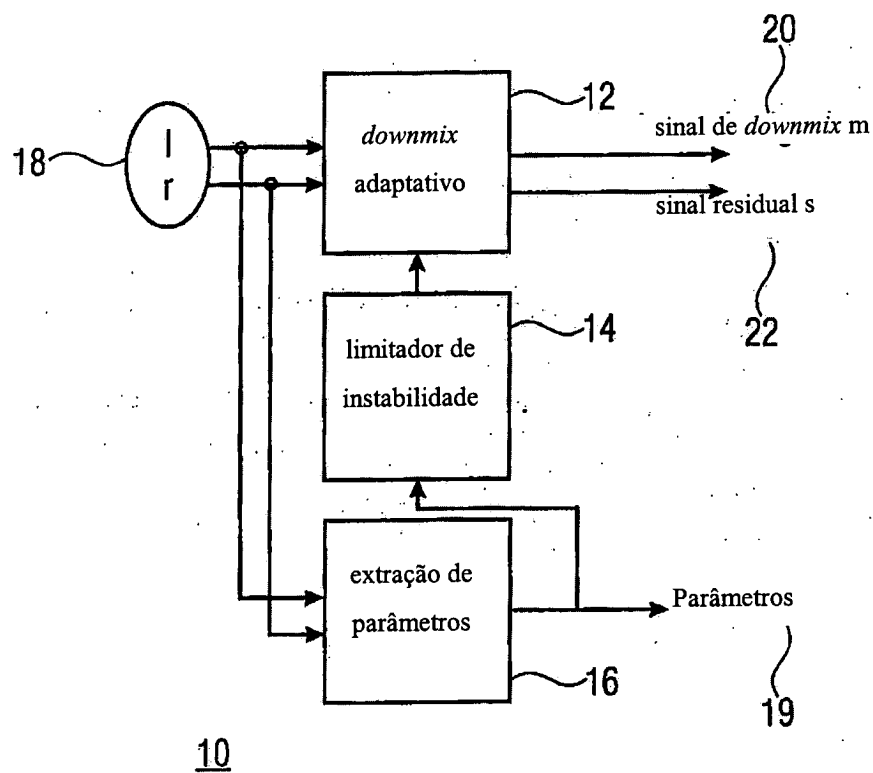


FIGURA 1

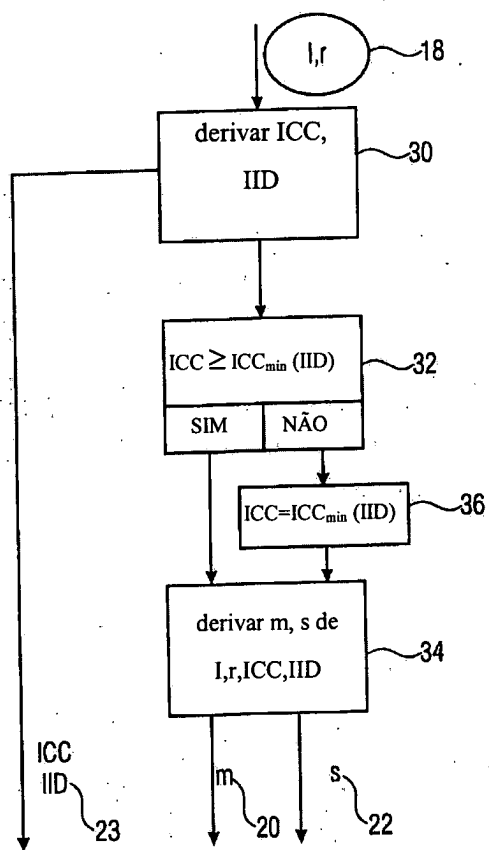


FIGURA 2

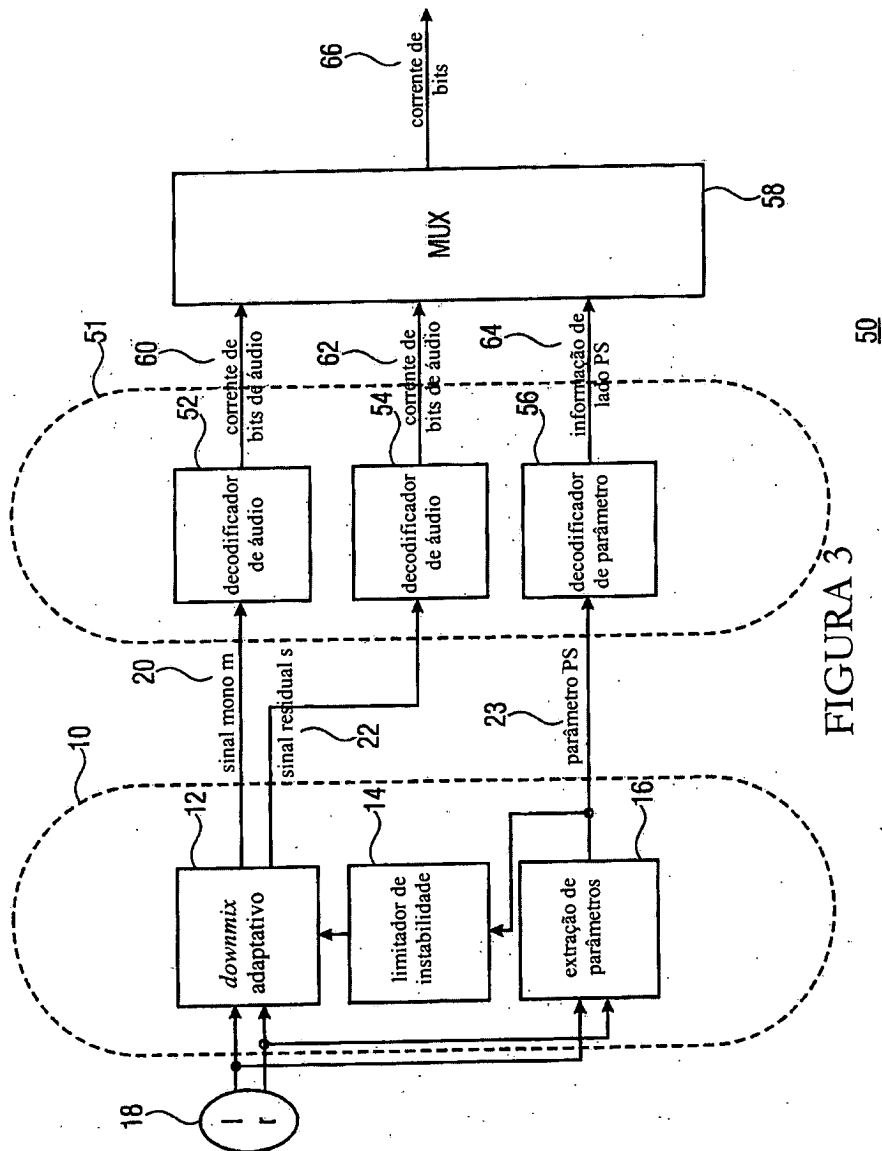


FIGURA 3

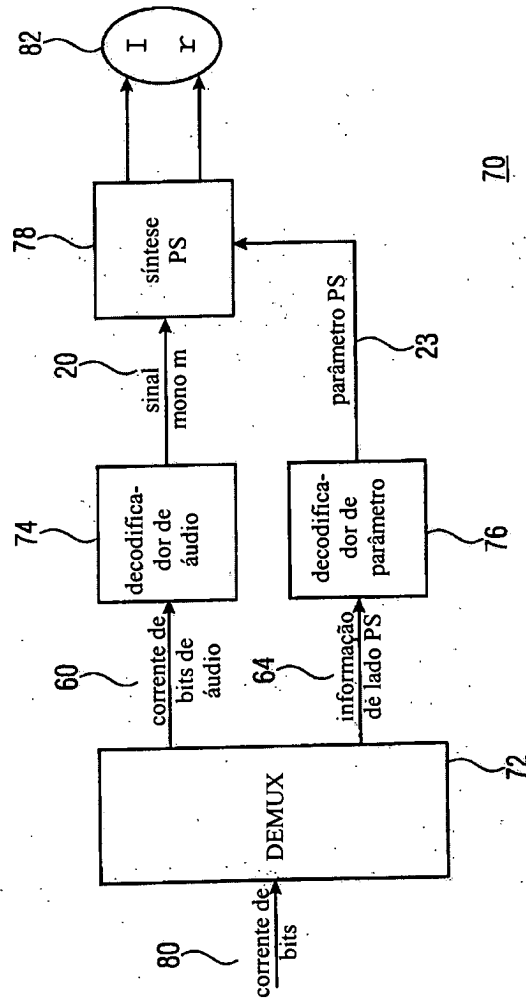


FIGURA 4

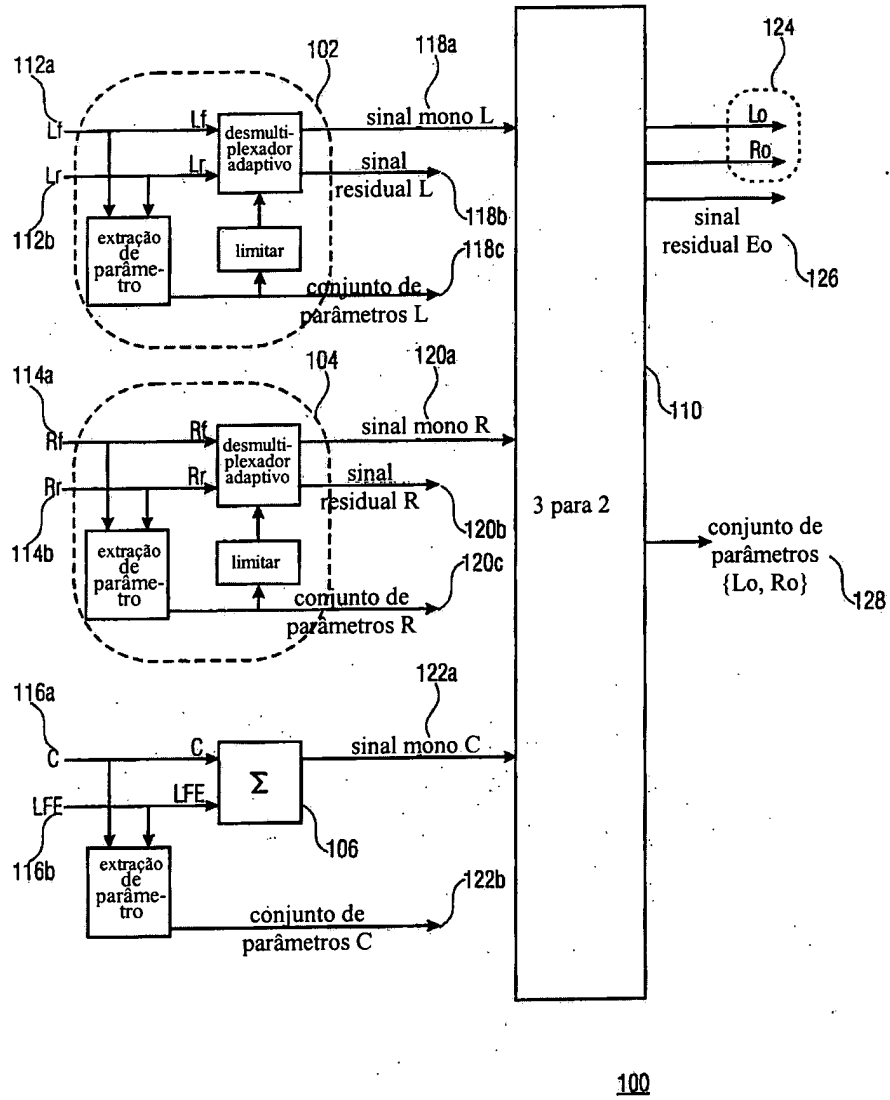


FIGURA 5

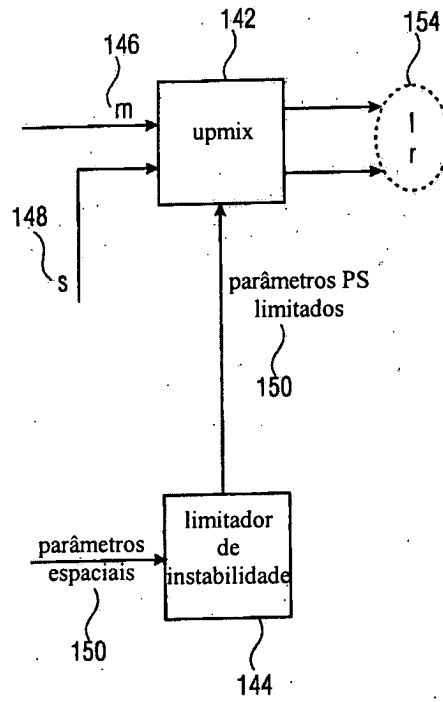
140

FIGURA 6

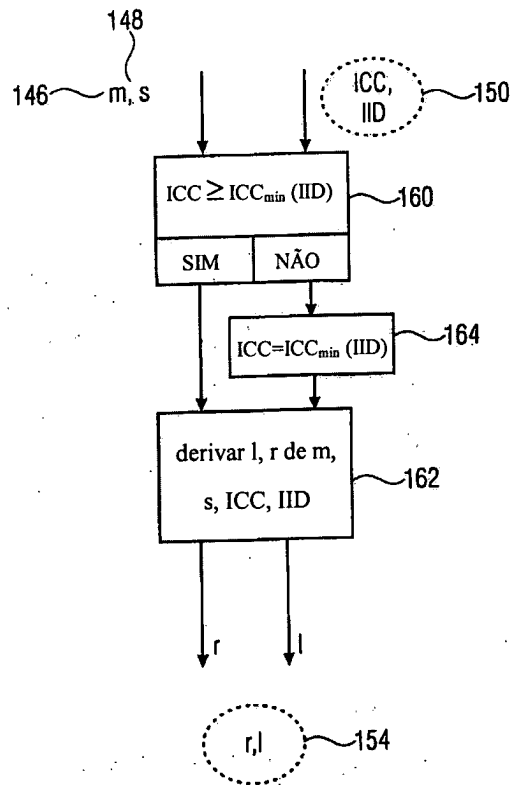


FIGURA 7

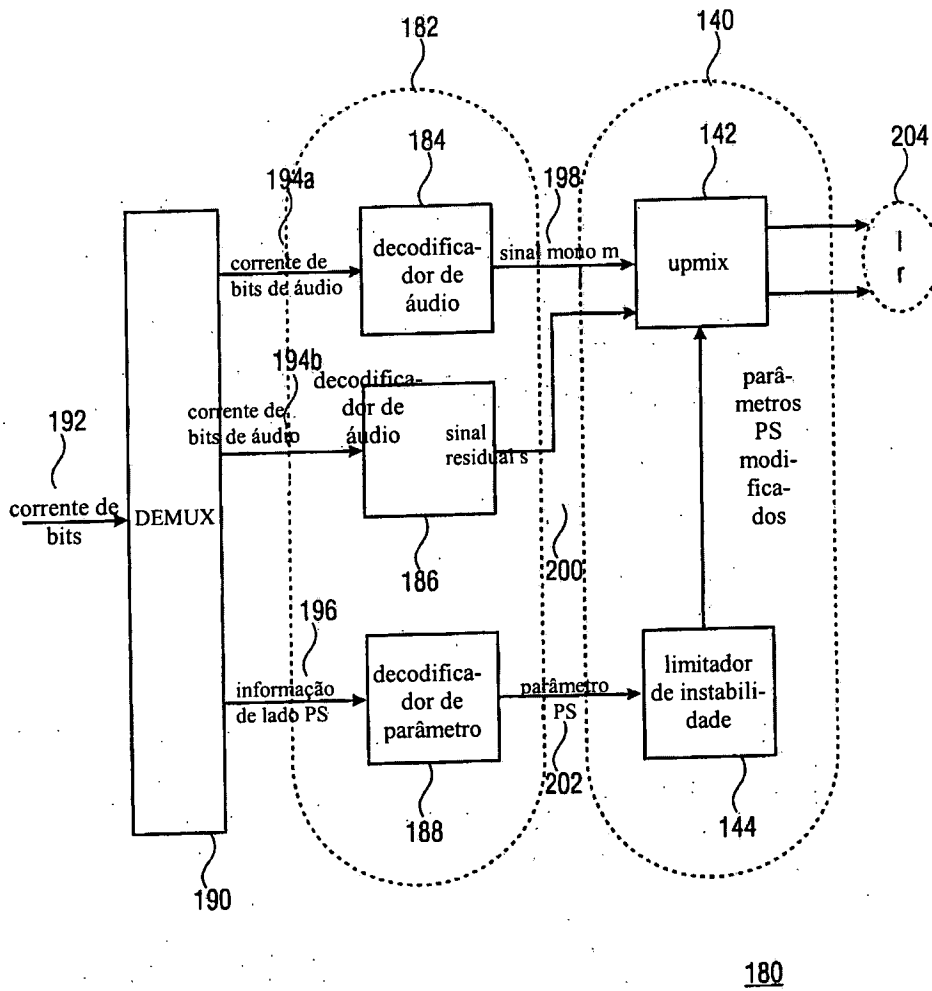


FIGURA 8

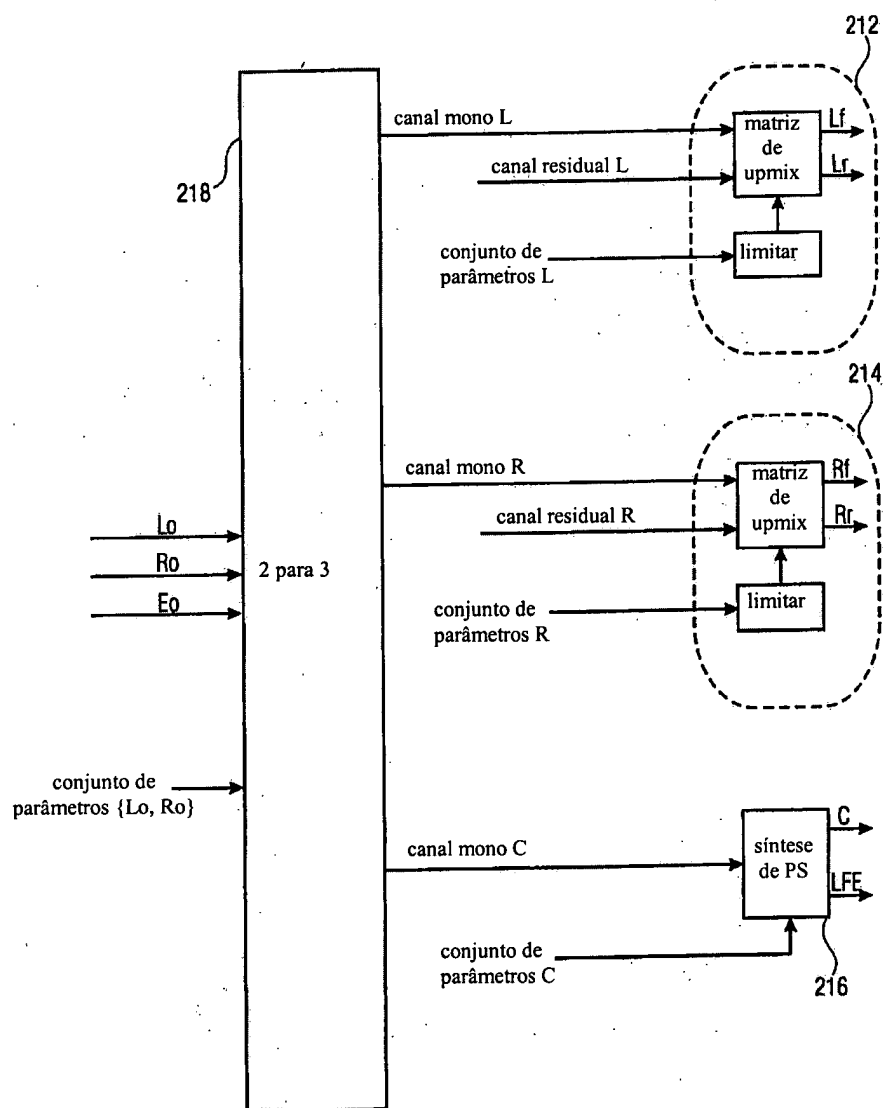
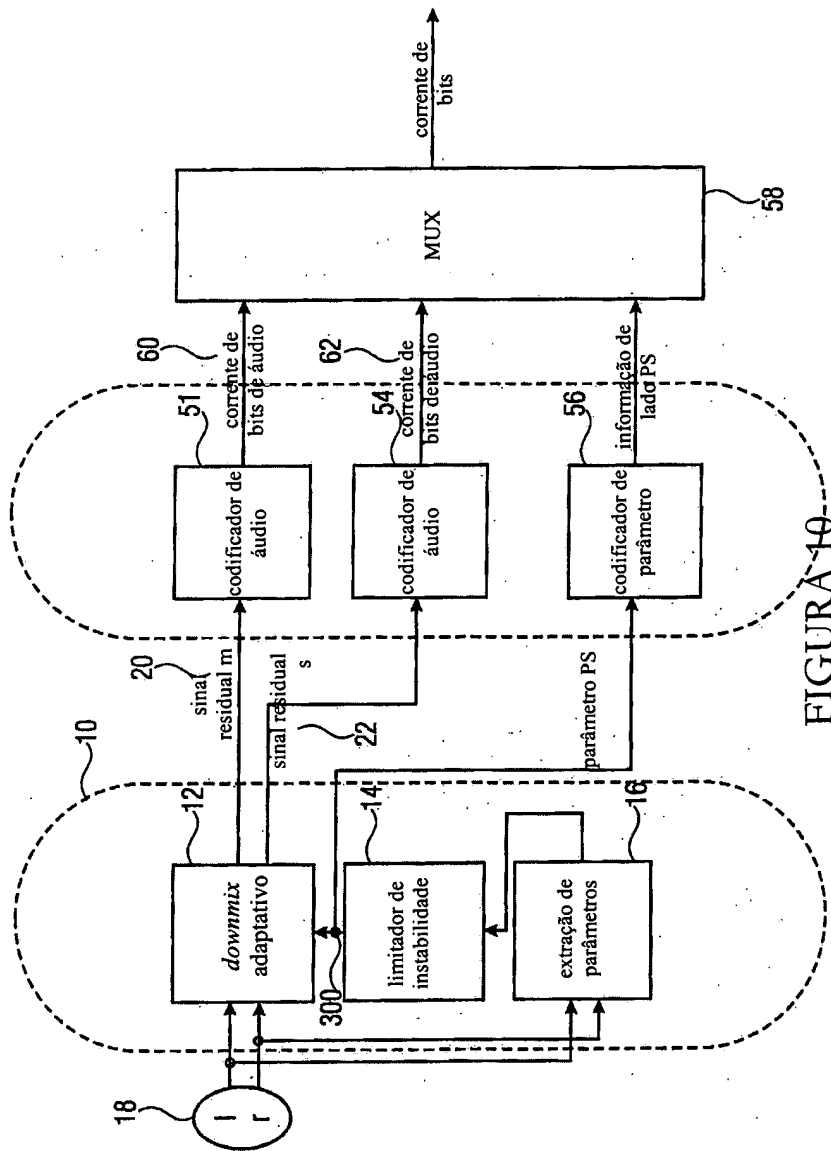


FIGURA 9



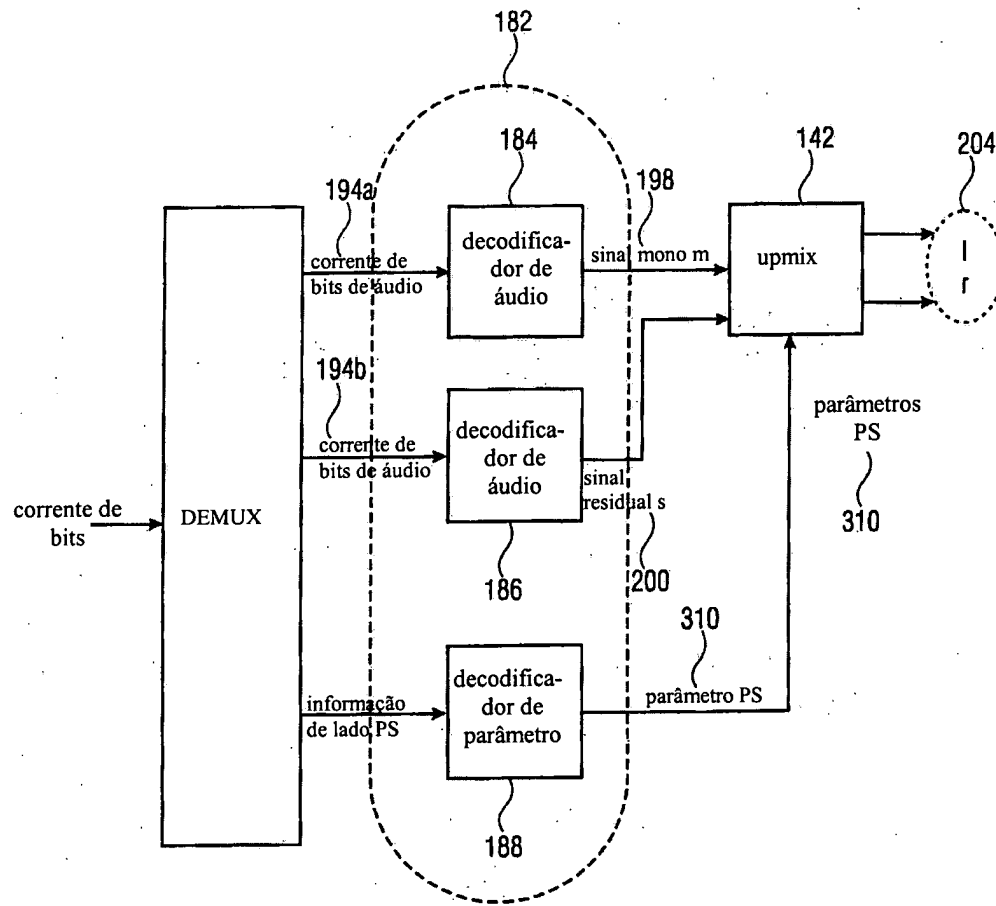


FIGURA 11

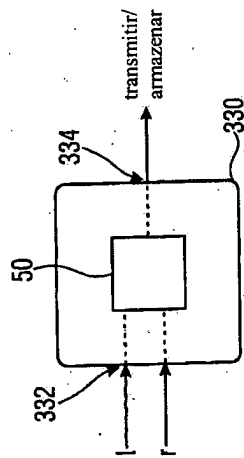


FIGURA 12

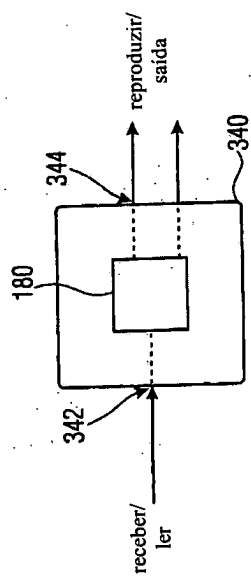


FIGURA 13

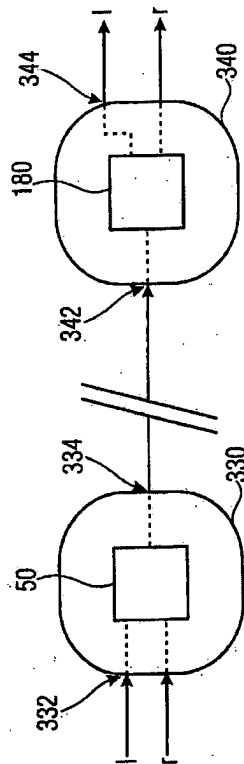


FIGURA 14

R E S U M O

CODIFICAÇÃO DE ÁUDIO RESIDUAL ADAPTATIVA

Sinal de áudio tendo pelo menos dois canais pode ser eficientemente processado por *downmix* em um sinal de *downmix* e um sinal residual, quando a regra de *downmix* usada depende de um parâmetro espacial que é derivado do sinal de áudio e que é pós-processado por um limitador para aplicar certo limite ao parâmetro espacial provido, com o objetivo de evitar instabilidades durante o processo de *upmix* ou *downmix*. Tendo uma regra de *downmix* que dinamicamente depende de parâmetros que descrevem uma inter-relação dos canais de áudio, é possível garantir que a energia dentro do sinal residual que sofreu *downmix* seja a menor possível, o que é vantajoso em vista da eficiência de codificação. Por pós-processamento do parâmetro espacial com um limitador antes de seu uso no processo de *downmix*, é possível evitar instabilidades no *downmix* ou *upmix*, o que, por outro lado, poderia resultar em um distúrbio da percepção espacial do sinal de áudio codificado ou decodificado.