



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

**(21) PI 0807367-8 A2**



(22) Data de Depósito: 11/02/2008  
(43) Data da Publicação: 06/05/2014  
(RPI 2261)

(51) Int.Cl.:  
H04R 25/00

**(54) Título:** MÉTODO E APARELHO PARA  
MODIFICAR UM SINAL DE ÁUDIO.

**(57) Resumo:**

**(30) Prioridade Unionista:** 09/02/2007 US 60/888,986

**(66) Prioridade Interna:** 860446

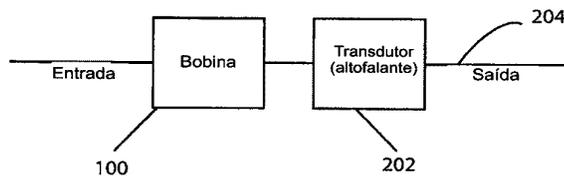
**(73) Titular(es):** Able Planet, Inc., H. Christopher Schweitzer,  
Kevin R. Semcken

**(72) Inventor(es):** H. Christopher Schweitzer, Kevin R. Semcken

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

**(86) Pedido Internacional:** PCT US2008053627 de  
11/02/2008

**(87) Publicação Internacional:** WO 2008/098258de  
14/08/2008



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO E APARELHO PARA MODIFICAR UM SINAL DE ÁUDIO**".

Pedido Relacionado

Esse pedido reivindica a prioridade para o Pedido de Patente Provisório U.S. Nº Serial: 60/888.986, depositado em 9 de fevereiro de 2007. O pedido acima mencionado é incorporado aqui por referência.

Antecedentes da Invenção

A diminuição da capacidade de audição, em uma maior ou menor extensão, afeta mais de 30 milhões de pessoas nos Estados Unidos, de acordo com a Academia Americana de Audiologia. A diminuição da capacidade de audição pode afetar a sua vítima em uma variedade de maneiras, tal como uma compreensão reduzida da conversação ou palavras faladas ou capacidade reduzida para escutar e apreciar a música.

Muitas tecnologias foram desenvolvidas para reduzir o impacto da diminuição da capacidade de audição nesses que sofrem dela. Essas tecnologias incluem uma variedade de auxiliares de audição, técnicas diagnósticas e dispositivos relacionados. Além do mais, a melhora da clareza e inteligibilidade dos sinais de áudio por meio de dispositivos elétricos tem sido o objetivo de muita investigação, especialmente para aplicações em telefonia, gravação e reprodução de sinais de áudio para a audição diminuída. Os resultados de pesquisa prévia nessas áreas são descritos em vários pedidos de patente, incluindo os seguintes pedidos geralmente possuídos: Pedido de Patente Provisório 60/837.752 depositado em 15 de agosto de 2006, Pedido de Patente Número Serial 11/188.519 depositado em 25 de julho de 2005 e Pedido de Patente Número Serial 10/864.691 depositado em 9 de junho de 2004. Os Números Seriais de Pedido 11/188.519 e 10/864.691 são incorporados aqui por referência.

Os mecanismos de propagação e aumento do som são fenômenos complexos que têm sido a matéria de estudo considerável. Embora contraintuitivo em conceito, os pesquisadores verificaram que sob certas condições, a audição humana pode ser aumentada pela adição de ruído, que pode realmente melhorar a detecção do sinal, um efeito atribuível a um fenô-

meno conhecido como ressonância estocástica. A ressonância estocástica ocorre quando o ruído aleatório é adicionado em um sinal, frequentemente em níveis muito baixos, que aumenta a razão de sinal em relação ao ruído em uma tal maneira de modo a forçar os sons normalmente inaudíveis ou mal audíveis, tal como os sons quietos ou mais sussurrantes de uma passagem musical, acima do limiar de detecção. Portanto, em um dado ajuste de volume de saída em um sistema, tal como um rádio, a qualidade geral do som é melhorada, em oposição ao som que seria ouvido por um ouvinte que simplesmente aumentou o volume para ouvir um sinal fraco. Na última situação, o ouvinte aumentaria o nível de ruído também para o detrimento da qualidade geral da saída do sistema.

Com relação aos indivíduos com audição diminuída, a perda da audição pode ocorrer sobre toda a faixa de frequências audíveis ou, alternadamente, somente sobre uma porção de ou em uma única frequência dentro da faixa audível. Dessa maneira, seria desejável ter a capacidade de selecionar uma frequência única ou uma faixa de frequências nas quais o fenômeno de ressonância descrito acima ocorre, de preferência em um sistema que poderia ser sintonizado pelo usuário para compensar a sua diminuição de capacidade de áudio específica.

## 20 Sumário da Invenção

A presente invenção refere-se a um método melhorado, usando processamento de sinal elétrico ou digital (dsp) para modificar um sinal de áudio em um circuito elétrico é descrito que avança a técnica e supera os problemas articulados acima provendo um dispositivo elétrico passivo que, quando conectado em série com um transdutor ou outro dispositivo de entrada de áudio, produz um sinal de áudio de saída com características melhoradas de clareza e sonoridade. O método melhorado inclui passar o sinal através de um elemento indutor de bobina toroidal projetado para produzir as características melhoradas. O sinal de áudio com clareza e sonoridade melhoradas é mais inteligível para ambos os ouvintes tendo audição normal e para ouvintes de audição diminuída do que um sinal de áudio que não foi modificado pelo dispositivo descrito aqui.

### Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é uma ilustração de uma amostra de ruído aleatório gerado pelas propriedades Barkhausen de uma bobina do indutor.

5 A figura 2 é uma ilustração de uma amostra de pulsos de onda de fala.

A figura 3 é uma ilustração do som quieto mostrando-o caindo abaixo do limiar de detecção de audição humana normal [de acordo com Wiesenfeld & Moss (1995)].

10 A figura 3B é uma ilustração dos efeitos da ressonância estocástica na capacidade de detecção do sinal. [Wiesenfeld & Moss, supra].

A figura 4 é uma modalidade do elemento indutor de bobina toroidal do dispositivo elétrico.

A figura 5 é um diagrama esquemático de elementos do sistema da presente invenção.

15 A figura 6 é um diagrama esquemático do circuito de teste usado para coletar os dados exibidos na figura 7.

A figura 7 é um gráfico do espectro de frequência da saída de uma modalidade do elemento de bobina quando excitado por um sinal de entrada de 1 kHz.

20 A figura 8 é um diagrama esquemático do circuito de teste usado para coletar os dados exibidos nas figuras 9, 10 e 11.

A figura 9 é um gráfico do espectro de frequência da saída do circuito de teste sem o elemento de bobina.

25 A figura 10 é um gráfico do espectro de frequência da saída do circuito de teste com o elemento de bobina.

A figura 11 é um gráfico do espectro de frequência da saída do circuito de teste com o elemento de bobina.

### Descrição Detalhada

30 Nos pedidos de patente pendentes anteriores, uma bobina foi descrita para melhorar a clareza e inteligibilidade da fala reproduzida por um aparelho telefônico. Verificou-se que a bobina, inicialmente projetada para uso com um aparelho telefônico equipado com uma bobina compatível com

o auxiliar de audição (HAC), melhorou a clareza e inteligibilidade do som quando usada sem um aparelho telefônico equipado com a bobina HAC. Nas aplicações prévias, a bobina foi usada em combinação com um altofalante de áudio para produzir uma saída com clareza e inteligibilidade melho-

5 radas.

O presente dispositivo difere das aplicações prévias em que ele proporciona o uso da bobina em combinação com um microfone ou outro transdutor de áudio para produzir um sinal de áudio com clareza e inteligibi-

10 meios-padrão. As ondas de som a serem processadas são convertidas para sinais elétricos pelo transdutor. Os sinais elétricos são então modificados pela bobina e quando convertidos de volta para áudio, produzem um sinal de áudio com características melhoradas de clareza e inteligibilidade.

Com referência inicialmente à figura 4, uma vista do elemento de bobina do dispositivo é mostrada. O elemento de bobina 100 inclui um nú-

15 cleo toroidal 102 e um enrolamento 104 tendo um número pré-selecionado de voltas 105. O núcleo 102 pode ser feito em uma variedade de tamanhos e de uma variedade de materiais incluindo materiais férricos e outros magnéti-

cos e ele pode também consistir amplamente em ar.

Com referência agora à figura 5, um diagrama esquemático do dispositivo elétrico 200 para modificar um sinal de áudio é mostrado. O dis-

20 positivo 200 inclui esse elemento de bobina 100 e um transdutor 202 para converter um sinal elétrico em um sinal de áudio, que pode ser subsequen-

temente gravado e reproduzido. O transdutor 202 pode ser um microfone, um alto-falante ou outro transdutor de um tipo amplamente conhecido na

25 técnica. O dispositivo 200 tem condutor 204 que pode ser eletricamente preso em dispositivos de gravação ou qualquer outro dispositivo configurado para processar, armazenar ou transmitir sinais de áudio de entrada.

Várias características eletroacústicas e magnéticas da bobina podem produzir a melhora, sozinha ou em combinação. Essas característi-

30 cas incluem distorção harmônica e a ressonância estocástica do ruído de Barkhausen, que será descrita em mais detalhes abaixo.

A distorção harmônica é a redistribuição da energia do sinal de áudio entre harmônicos das frequências que compõem o sinal de áudio. A presença de harmônicos perfeitamente colocados pode enriquecer a experiência auditiva em uma maneira análoga à adição de notas harmonicamente relacionadas (por exemplo, uma terceira e quinta) ou tons no tom de base de um acorde. Isso pode melhorar a clareza da fala e produzir um som mais "eufônico" (som agradável) representado no sinal de áudio.

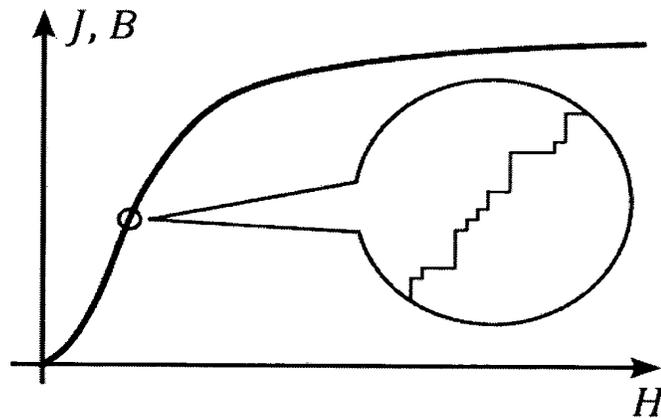
O dispositivo foi testado para distorção harmônica e outros ruídos em uma análise específica por meio da configuração de teste mostrada na figura 6 como configuração de teste 300. Um oscilador 302 foi usado para forçar um sinal de áudio de 1 kHz através do elemento de bobina 100; embora, é para ser entendido que essa frequência (1 kHz) e os resultados correspondentes são apresentados com finalidades de ilustração somente e que resultados análogos são obtidos usando sinais de áudio em outras frequências. O oscilador 302 nesse teste pode representar um transdutor que foi excitado em 1 kHz por uma onda de som da mesma frequência. A saída do oscilador foi gravada pelo analisador 306 com o elemento de bobina ou indutor 100 removido do sistema e substituído por uma conexão elétrica direta 304. A saída foi também gravada pelo analisador 306 com o elemento de bobina 100 eletricamente conectado no circuito de teste.

A saída do oscilador 302 e o elemento de bobina 100 são mostrados na figura 7. O gráfico 7A exibe o espectro de frequência da saída da configuração de teste quando o elemento de bobina 100 foi removido. O pico 400 em 1 kHz é o sinal criado pelo oscilador 302. Na figura 7B, os harmônicos 402 da frequência de entrada de 1 kHz são mais intensos. A adição do elemento de bobina 100 no circuito espalha o sinal de 1 kHz através de seus harmônicos. Como mostrado em 7B, os 3º, 5º, 7º e 9º harmônicos 402 têm níveis aumentados com o elemento de bobina no lugar. Esse tipo de enriquecimento de harmônico coerente aparenta tornar os sons originais mais claros e inteligíveis para os ouvintes com audição diminuída e, em muitos casos, mais desejáveis na qualidade do som para ouvintes sem audição diminuída sem aumentar o volume de saída. Na realidade, o volume de saída

poderia ser diminuído sem comprometer a qualidade do áudio. Em outras palavras, a qualidade do som aumentaria em qualquer nível de audição.

Um outro mecanismo possível pelo qual a bobina melhora a clareza e sonoridade de um sinal de áudio é a introdução de uma ou mais formas de ruído. Existe um pequeno aumento no ruído com a aplicação do elemento de bobina em um sinal de áudio. Ele não pode ser atribuído ao ruído térmico ou de Johnson-Nyquist. O ruído térmico devido ao elemento de bobina pode somente surgir na parte real da impedância que é a resistência de aproximadamente 5 Ohms na configuração elétrica desse método de teste e sensibilidade de bobina.

Um mecanismo possível é o ruído de Barkhausen. O ruído de Barkhausen é característico de aço magneticamente permeável tal como usado na construção da bobina aqui revelada. Quando um material magnético é forçado através da sua curva de histerese por uma força de magnetização ( $H$ ), a densidade do fluxo magnético ( $B$ ) não varia suavemente com a força de magnetização. Ao contrário, ela varia em pequenos saltos, como pode ser mais claramente observado no desenho seguinte, que mostra a densidade de fluxo ( $B$ ) como uma função da densidade do campo magnético ( $H$ ):



Desde que cada salto é um fenômeno transitório, existe um espectro de ruído associado com ele. A observação desse efeito é amplamente usada na indústria de fresagem de aço para avaliar o processamento do aço. Nesse contexto, valores razoavelmente altos de  $B$  e  $H$  são usados. Entretanto, no contexto do elemento de bobina, os valores são menores, mas o

efeito, entretanto, existe. Ele ocorre até certo grau em todos os componentes magnéticos.

Com referência à figura 8, a configuração do teste mostra um gerador de baixa frequência sendo usado para forçar uma corrente de baixa frequência através do enrolamento, assim excitando o núcleo. Quando os saltos de fluxo ocorrem, uma voltagem será induzida no enrolamento que fará com que uma corrente de ruído flua. Pela medição da voltagem através de uma resistência fixa em série com o enrolamento, enquanto simultaneamente rejeitando a corrente de excitação (baixa frequência), é possível observar o efeito.

O filtro de baixa passagem depois do gerador remove quaisquer produtos de distorção harmônica do gerador. O filtro de alta frequência à frente do analisador garante que o sinal de baixa frequência não sobrecarregará o analisador. O espectro é então medido com e sem a excitação de baixa frequência.

Na figura 9, o elemento de bobina é substituído por um fio. Os espectros com e sem o sinal de baixa frequência são idênticos. Isso verifica que não existem artefatos de ruído devido à excitação na configuração de teste.

Na figura 10, o elemento de bobina está presente. A excitação de baixa frequência é ajustada para 20 Hz. O aumento no ruído de 3KHz para 10 KHz pode ser claramente observado.

Na figura 11, o elemento de bobina está presente. A excitação de baixa frequência é ajustada para 40 Hz. Novamente, o aumento de ruído é claro, mas ele é maior, porque duas vezes mais saltos de fluxo por unidade de tempo estão presentes como um resultado da duplicação da frequência de excitação. O aumento no piso do ruído é aproximadamente 10 dB, um aumento não-trivial na magnitude.

Quando o próprio sinal desejado é a fonte da excitação, torna-se muito difícil separar analiticamente o ruído da causa do ruído. O ruído ainda ocorre, mas é difícil fazer uma apresentação clara. Um aspecto importante do ruído é que ele é causado por, e é, portanto, temporalmente coerente

com o sinal.

O ruído que é adicionado no sinal por esse mecanismo pode exercer uma função na melhora do limiar de audição através de um efeito conhecido como ressonância estocástica.

5 A ressonância estocástica é um fenômeno geral físico e biofísico que pode ser observado e demonstrado em uma variedade de sistemas. Ele é demonstrável em uma maneira contraintuitiva, a saber, que a adição de ruído a um sistema pode, na realidade, melhorar a razão de sinal em relação ao ruído. Isso provou operar para melhorar a detecção do sinal em opera-  
10 ções neurológicas. Isso ocorre quando um sistema, nesse caso a audição, recebe um sinal que está um pouco abaixo do que é necessário para excitá-lo. Pela adição de uma pequena quantidade de ruído (muitas vezes extraordinariamente pequena) o sistema responde ao sinal que era previamente incapaz de induzir uma resposta.

15 O fenômeno pode ser ilustrado melhor por referência às figuras 1 a 3. A figura 1 representa um padrão de áudio típico para o ruído aleatório gerado pelas propriedades Barkhausen de uma bobina do indutor. Essas propriedades são características para o indutor 100 e, pelo menos até alguma extensão, são dependentes da configuração do núcleo, incluindo sua  
20 forma, tamanho e composição de material. Como o sinal elétrico, que corresponde com o sinal de áudio, passa através do indutor e força-o até a saturação, por meio de exemplo, uma série de impulsos de onda de fala como mostrado na figura 2, o sinal do ruído é coerentemente relacionado com o sinal de áudio porque, na realidade, o ruído resulta da forma do sinal de áudio forçando a bobina. Como mostrado em mais detalhes nas figuras 3A e  
25 3B, através do fenômeno de ressonância estocástica, a presença do ruído aleatório coerentemente modulado força o que de outra forma seria um sinal de áudio inaudível através de um limiar de detecção, de modo que ele pode se tornar detectável. No caso de um indivíduo com audição diminuída, por  
30 meio de exemplo, testes podem determinar frequências específicas nas quais a perda de audição é observável e as características do indutor podem ser selecionadas tal que os sinais gerados nessas frequências podem ser

modulados de modo a se tornarem detectáveis para esse indivíduo.

Mudanças podem ser feitas nos métodos acima, dispositivos e estruturas sem se afastar do seu escopo. Dessa maneira deve ser observado que a matéria contida na descrição acima e/ou mostrada nos desenhos  
5 acompanhantes deve ser interpretada como ilustrativa e não em um sentido limitado. As reivindicações seguintes são planejadas para abranger todos os aspectos genéricos e específicos descritos aqui, bem como todas as declarações do escopo do presente método, dispositivo e estrutura que, como uma questão de linguagem, poderia recair entre elas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para aumentar um sinal de áudio tendo uma faixa de frequência de áudio conhecida compreendendo:

5 transladar um sinal elétrico através de um dispositivo de saída de áudio para gerar o sinal de áudio,

10 prover um indutor dentro do dispositivo de saída de áudio, o indutor tendo uma configuração pré-selecionada incluindo um núcleo de uma forma, tamanho e composição de material pré-selecionados, o núcleo sendo enrolado com pelo menos um fio e tendo propriedades de Barkhausen características,

determinar frequências específicas a serem aumentadas dentro da faixa da frequência de áudio,

15 gerar ruído de Barkhausen aleatório coerentemente relacionado com o sinal de áudio passando o sinal elétrico através do indutor e forçando-o até a saturação e

aumentar a saída do sinal de áudio nas frequências selecionadas modulando coerentemente o ruído aleatório com o sinal de áudio para forçar o sinal acima de um limiar de capacidade de detecção.

20 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, também incluindo configurar o indutor para otimizar as suas propriedades de impedância em resposta às frequências a serem aumentadas.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, no qual o indutor é configurado selecionando a forma do núcleo.

25 4. Método, de acordo com a reivindicação 2, no qual o indutor é configurado pela escolha do material de núcleo.

5. Método, de acordo com a reivindicação 2, no qual o indutor é configurado selecionando o tamanho do núcleo.

6. Método, de acordo com a reivindicação 2, no qual o indutor é configurado variando o número de enrolamentos do pelo menos um fio.

30 7. Método, de acordo com a reivindicação 2, no qual o indutor é configurado enrolando o núcleo com dois ou mais fios.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, no qual o indutor é

configurado variando o número de enrolamentos dos dois ou mais fios.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, também incluindo a aplicação de técnicas de processamento de sinal digital para aumentar o sinal de áudio.

5                   10. Sistema de sinal de áudio, compreendendo:  
um dispositivo de saída de sinal de áudio e  
um dispositivo de modificação de sinal de áudio, o dispositivo  
incluindo meio para gerar ruído de Barkhausen aleatório e meio para modular o ruído aleatório com o sinal de áudio para forçar o sinal acima de um  
10 nível limiar de capacidade de detecção.

11. Sistema de sinal de áudio, de acordo com a reivindicação 10, no qual o meio para gerar e modular inclui um indutor tendo uma configuração pré-selecionada, incluindo um núcleo de uma forma, tamanho e composição de material pré-selecionados, o núcleo sendo enrolado com pelo me-  
15 nos um fio e tendo propriedades de Barkhausen características.

12. Sistema de sinal de áudio, de acordo com a reivindicação 11, no qual o núcleo é enrolado com dois ou mais fios.

13. Sistema de sinal de áudio, de acordo com a reivindicação 10, também incluindo meio de processamento de sinal digital para aumentar o  
20 sinal de áudio.

FIG. 1

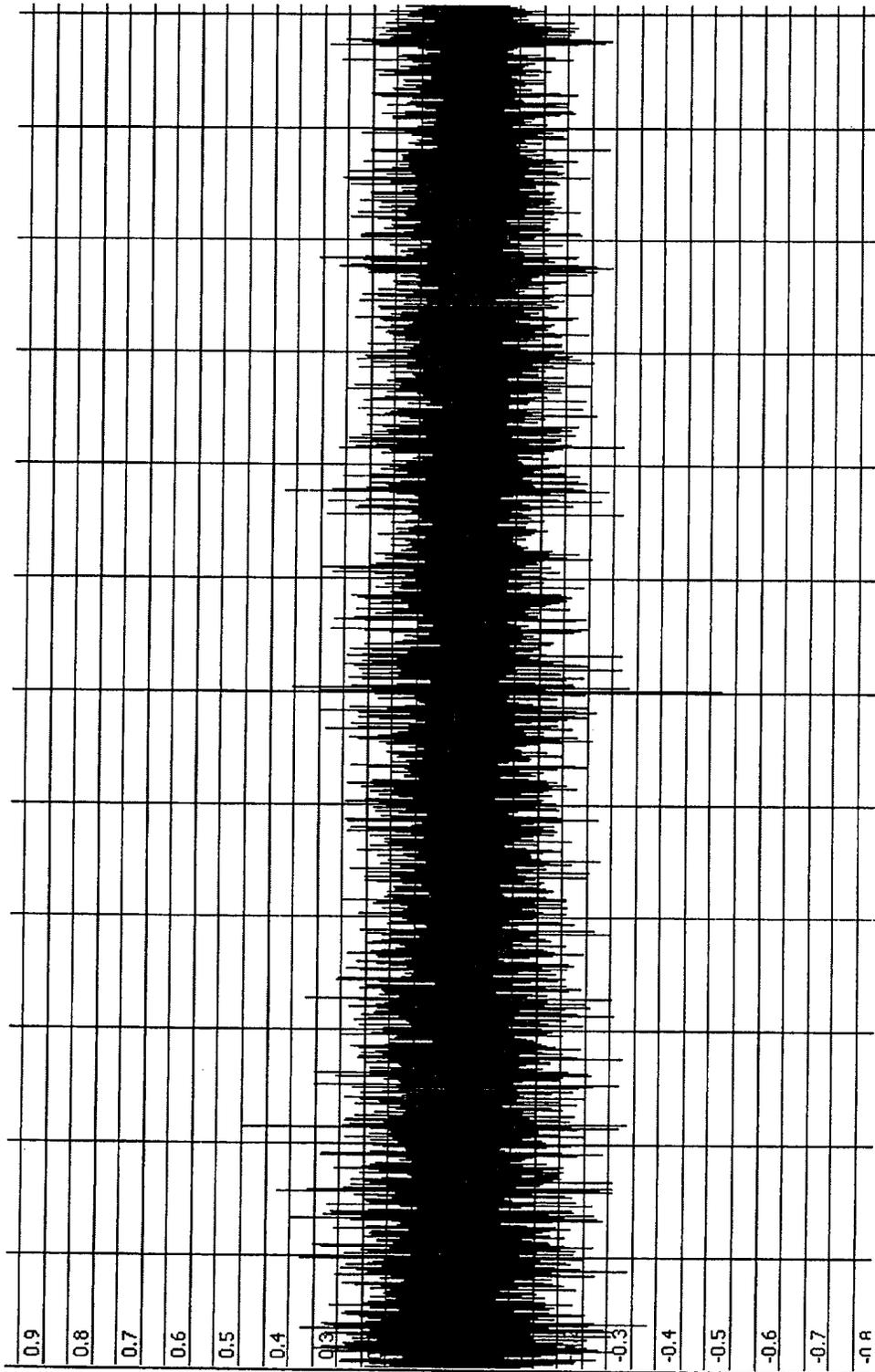


FIG. 2

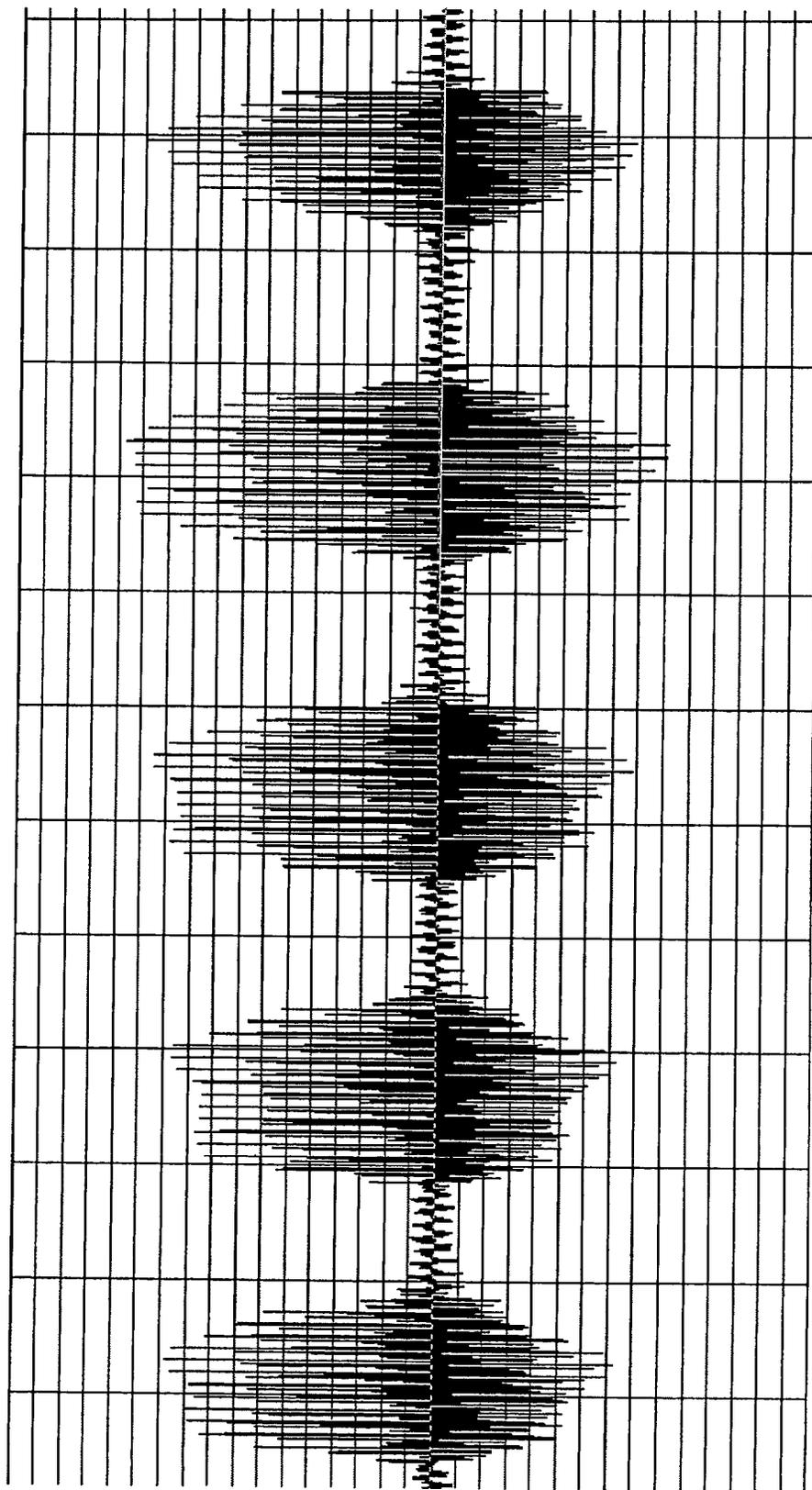


FIG. 3A

Limiar de detecção

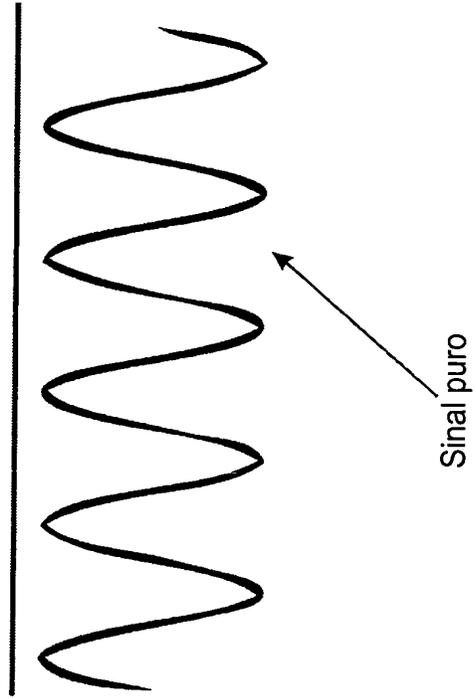
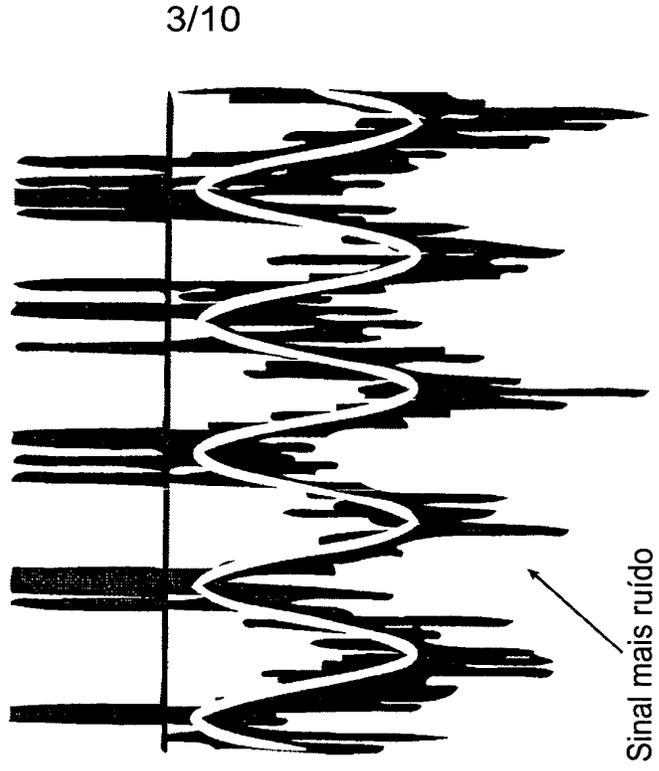


FIG. 3B

Resposta neural



Sinal mais ruído

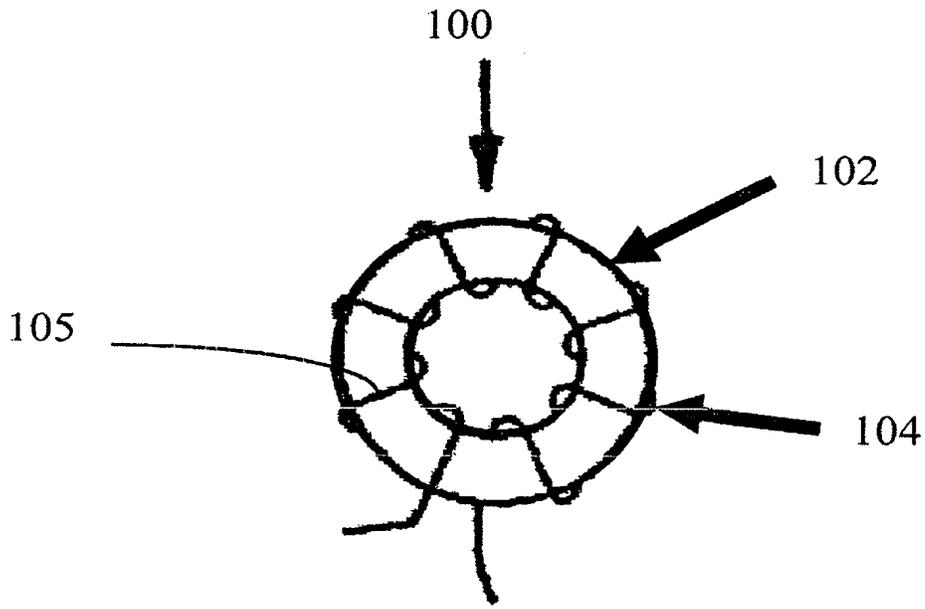


FIG. 4

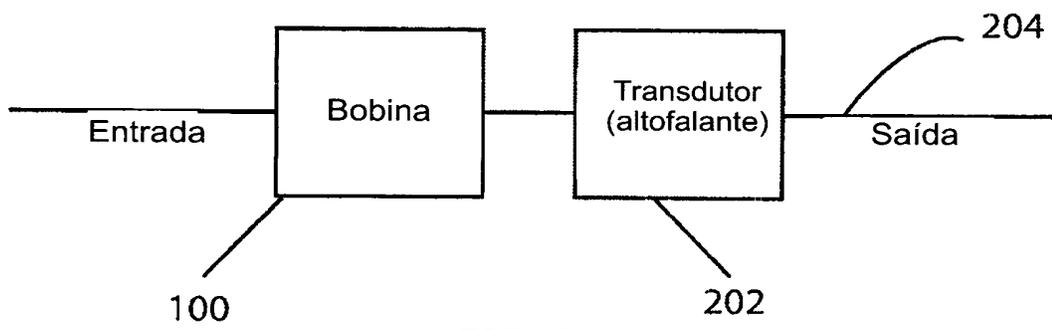
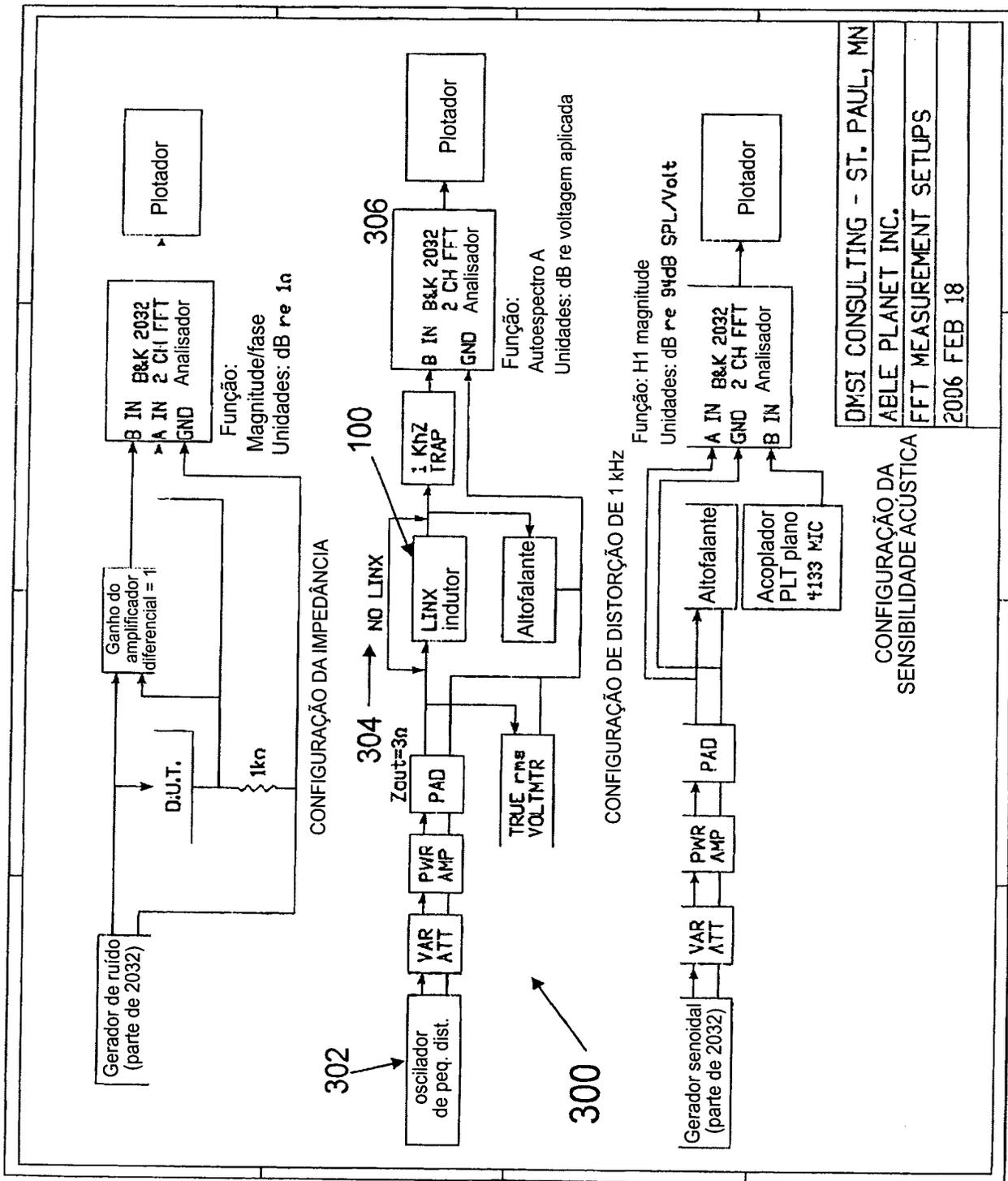


FIG. 5

FIG. 6



DMSI CONSULTING - ST. PAUL, MN  
 ABLE PLANET INC.  
 FFT MEASUREMENT SETUPS  
 2006 FEB 18

CONFIGURAÇÃO DA  
 SENSIBILIDADE ACUSTICA

FIG. 7

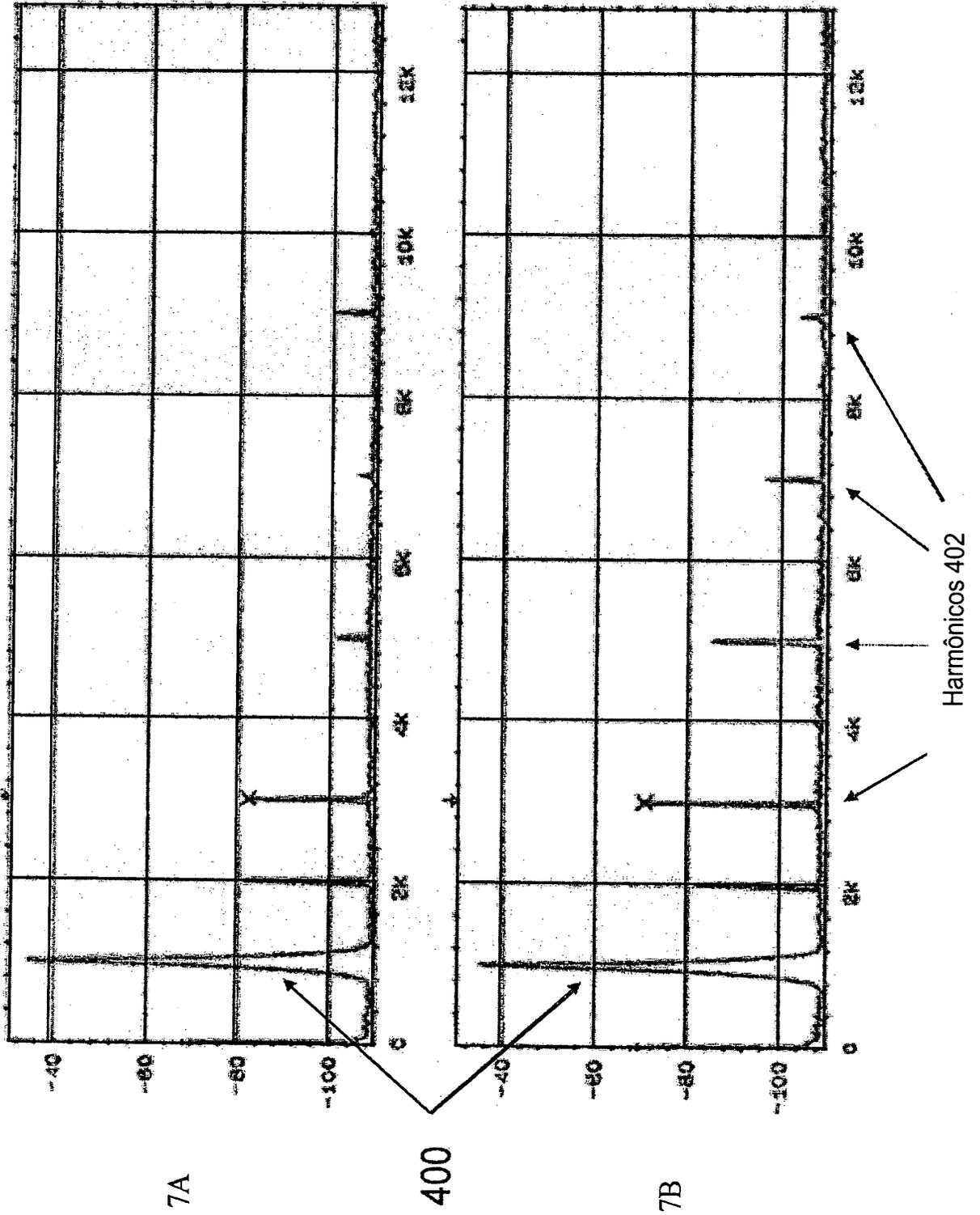


FIG. 8

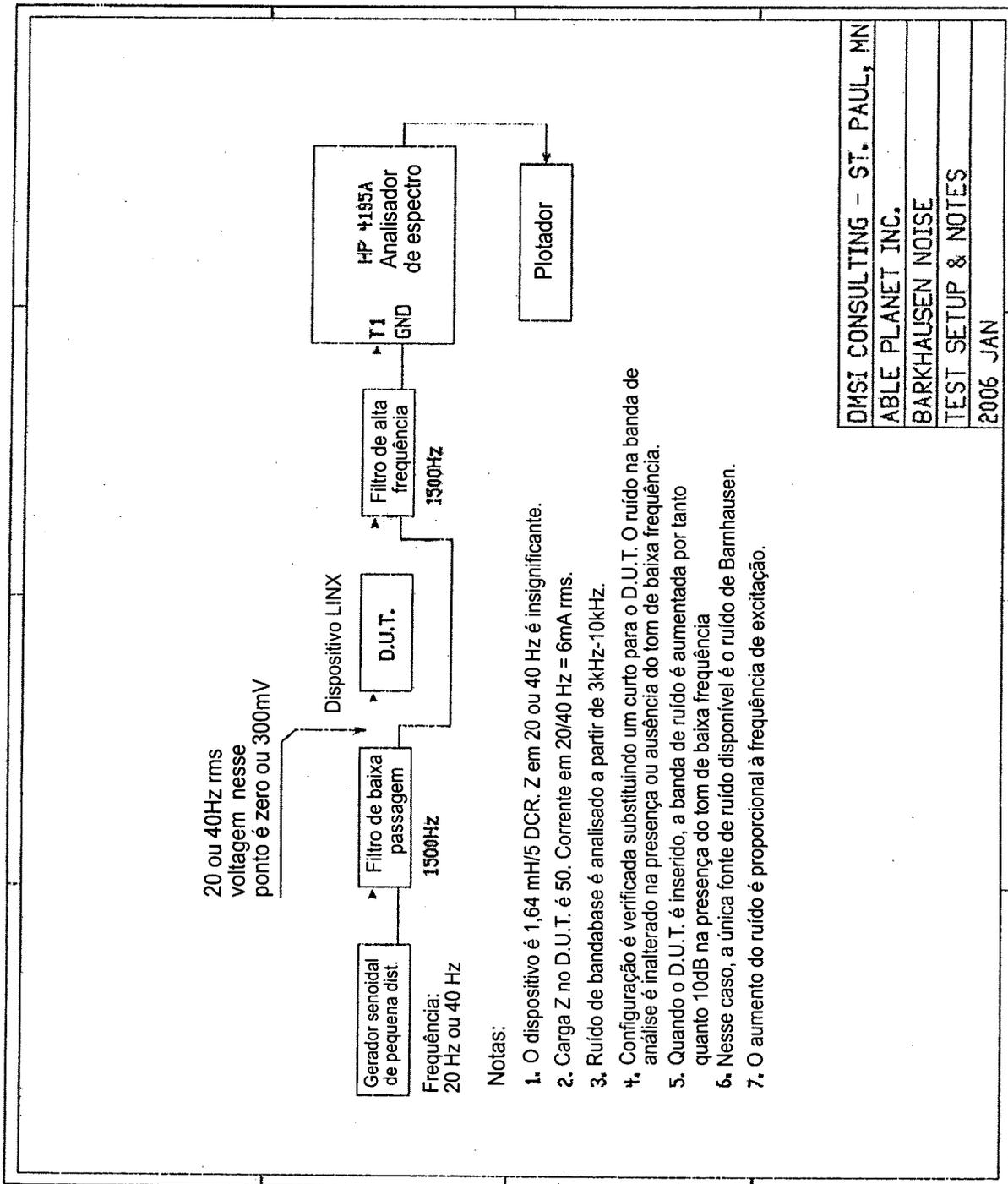
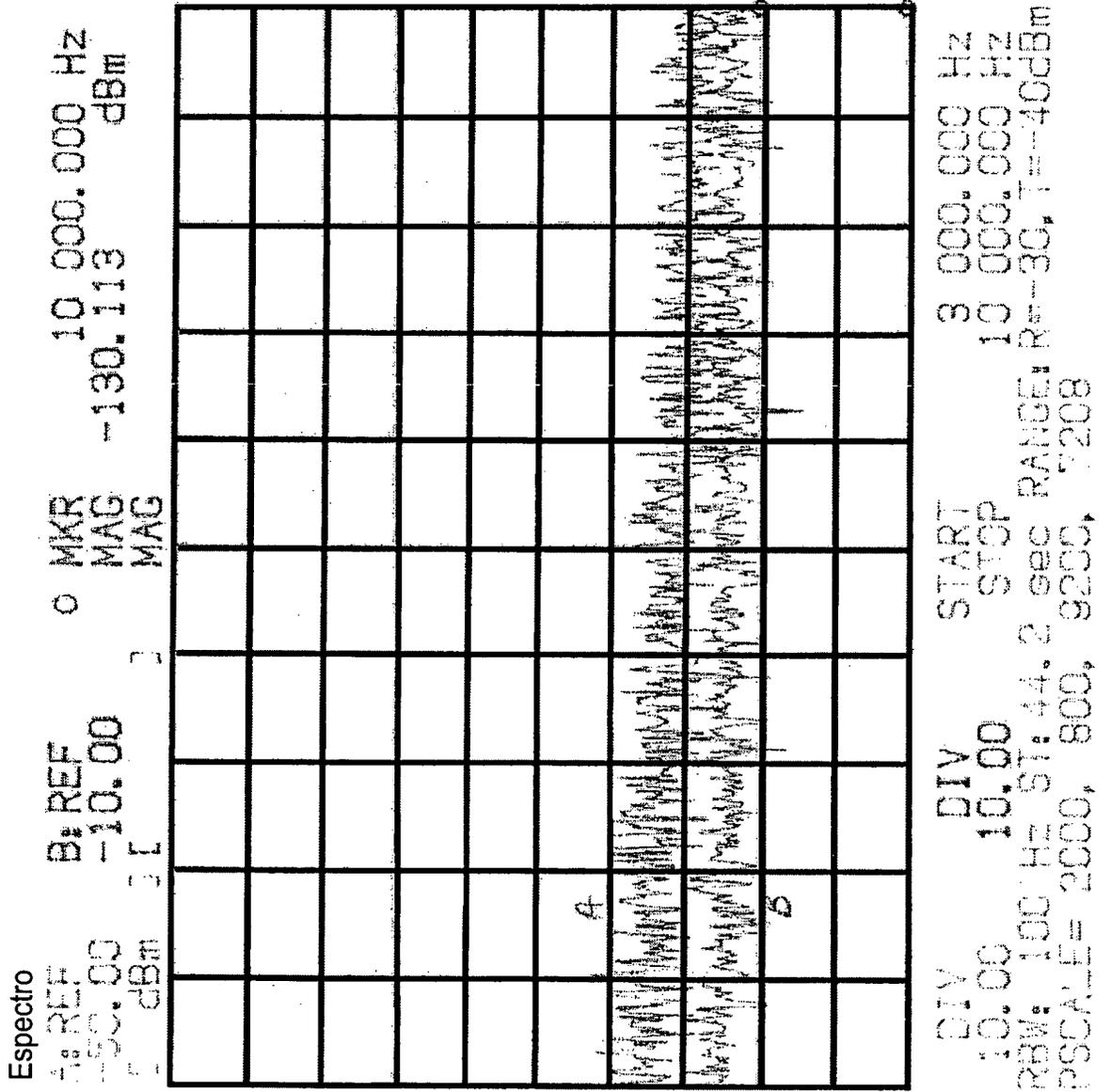




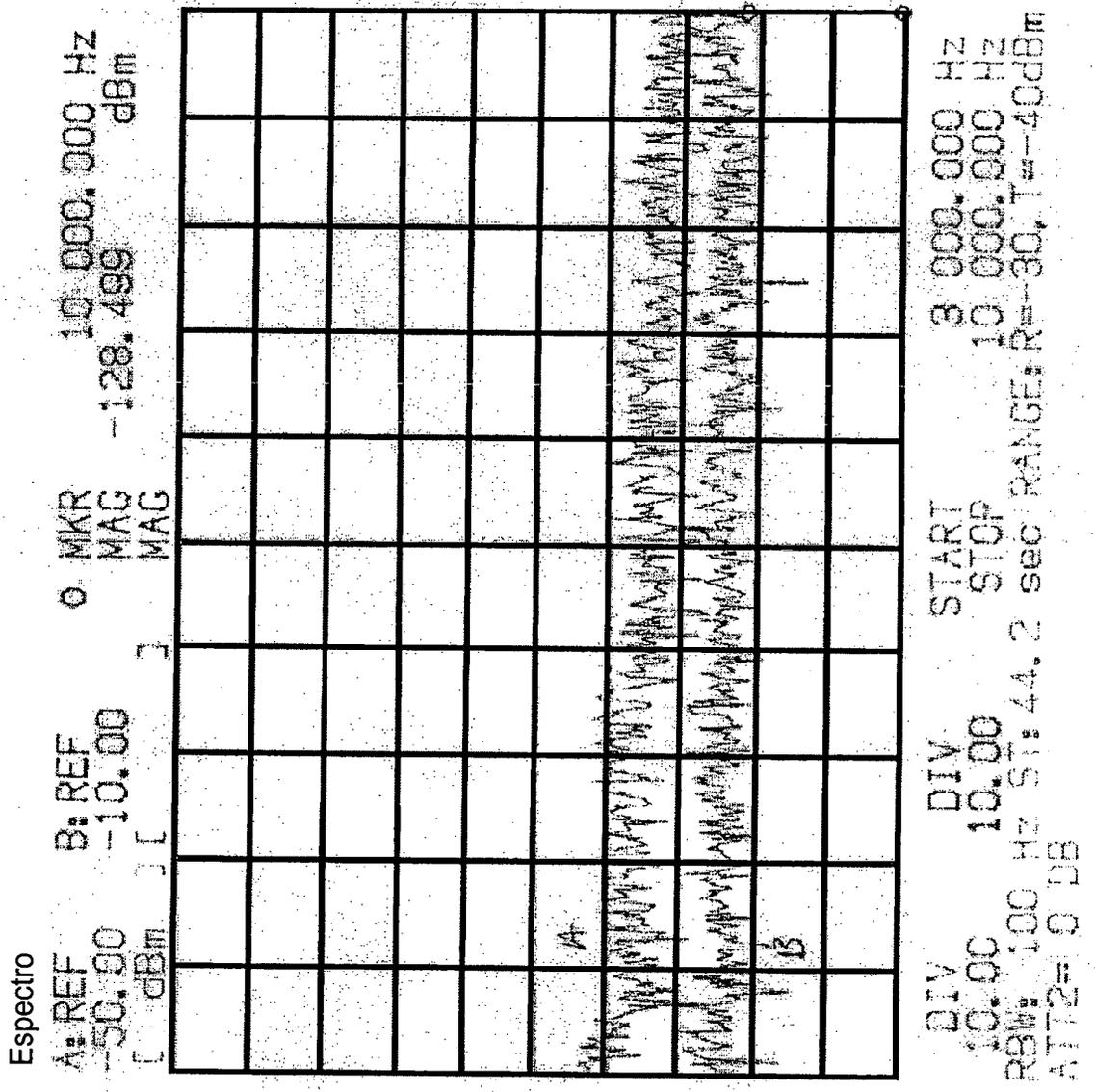
FIG. 10



1.64 : A/52  
 INDC R  
 IN CH .DIT

A: 3m MV/20 Hz  
 B: 1 MV/20 Hz

FIG. 11



1.64 mA / 5.2  
 INDUCTOR  
 IN CIRCUIT  
 A: 300 MHz / 40 Hz  
 B: 0 MHz / 40 Hz

## RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO E APARELHO PARA MODIFICAR UM SINAL DE ÁUDIO"**.

5 A presente invenção refere-se a um aparelho eletroacústico e método que alteram as propriedades de saída de um dispositivo de áudio para melhorar as propriedades de som para ambos os ouvintes de audição diminuída e de audição normal. O dispositivo inclui um elemento de bobina de projeto específico e pode incorporar técnicas de processamento de sinal digital para modificar a saída do sinal de áudio. O dispositivo elétrico e o método de processamento proporcionam a alteração benéfica das ondas de som para um sinal de áudio e também modificação do sinal de áudio para proporcionar características melhoradas de clareza e sonoridade. As características melhoradas proporcionam maior inteligibilidade do sinal de áudio para pessoas com diminuições da capacidade de audição e para pessoas com audição normal.

10

15