



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112015014046-7 B1



(22) Data do Depósito: 18/12/2013

(45) Data de Concessão: 07/12/2021

(54) Título: DISPOSITIVO DESPERTADOR

(51) Int.Cl.: G04G 11/00; G04C 21/38; G04G 13/02.

(30) Prioridade Unionista: 18/12/2012 US 61/738,473.

(73) Titular(es): KONINKLIJKE PHILIPS N.V..

(72) Inventor(es): IGOR BEREZHNYY; PAULDY OTERMANS; JONCHE DIMOV; IBRAHIM MAHMOUD NASER.

(86) Pedido PCT: PCT IB2013061059 de 18/12/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/097156 de 26/06/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 15/06/2015

(57) Resumo: DISPOSITIVO DESPERTADOR A presente invenção refere-se a um dispositivo despertador (1) que compreende o meio de relógio (2), o meio de temporizador para despertar (3), o meio de estímulo para despertar controlável (4) e um dispositivo de controle (5) para controlar o meio de estímulo para despertar (4). O meio de estímulo para despertar é capaz de variar uma intensidade do estímulo para despertar. O estímulo para despertar é iniciado em uma intensidade relativamente baixa em um tempo de antecedência predeterminado ( $t_A$ ) antes do horário pretendido para despertar ( $t_{WU}$ ), de tal forma que a intensidade do estímulo para despertar seja aumentada gradualmente de acordo com um programa para despertar predefinido. O dispositivo despertador compreende adicionalmente o meio de monitoramento de qualidade do sono (10) para monitorar a qualidade do sono de um usuário, e para gerar um sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) indicativo da qualidade do sono do usuário. O dispositivo de controle é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) recebido a partir do meio de monitoramento de qualidade do sono para corrigir o programa para despertar.

## DISPOSITIVO DESPERTADOR

### Campo da invenção

[001] A presente invenção refere-se, de modo geral, a um dispositivo despertador para despertar lenta e delicadamente um usuário aumentando-se lentamente a intensidade de um estímulo para despertar. Particularmente, a presente invenção se refere a uma luz de despertar em que o estímulo é a luz. Aumentando-se lentamente a intensidade da luz, o nascer do sol é simulado, o que proporciona ao usuário uma experiência de despertar mais natural.

### Antecedentes da invenção

[002] O sono é um processo fisiológico que é descrito comumente em estágios de sono deduzidos a partir de medições de atividade cerebral e a transição entre esses estágios. Pode-se, por exemplo, distinguir os estágios de desperto, sono leve, sono profundo e sono REM (Movimento Rápido dos Olhos). Nesses estágios, os limites de excitação podem diferir (isto é, pode ser mais ou menos difícil acordar uma pessoa por um determinado estímulo), e quando uma pessoa é acordada durante esses estágios os efeitos sobre a experiência de bem-estar da pessoa podem diferir. Especialmente quando uma pessoa é acordada enquanto em sono profundo (sono de ondas lentas, SWS - "slow-wave sleep"), ele pode se sentir grogue e sonolento por algum tempo, e pode levar um tempo relativamente longo até que essa pessoa esteja realmente desperta e se sentindo bem. Esse fenômeno é conhecido como "inércia do sono".

[003] A inércia do sono é um problema muito bem conhecido e é a causa número um(1) de estresse durante os rituais matutinos. O efeito da inércia do sono é

especificamente grave para pessoas do assim chamado cronotipo vespertino (também indicadas como corujas) quando comparado àqueles do assim chamado cronotipo matutino (também indicado como cotovias). As corujas sofrem mais por duas razões confirmadas cientificamente:

1) sua fase circadiana não é ideal para o desempenho ideal na manhã;

2) duração do período de sono em dias de trabalho é encurtado por causa do início do sono tarde e horários de despertar cedo, resultando em privações de sono; sabe-se que a privação de sono, por sua vez, resulta em uma proporção maior do sono profundo, o que aumenta as chances de que essa pessoa precise despertar a partir de um sono mais profundo.

[004] O dispositivo despertador clássico é um Despertador. Quando vai dormir (ou em um ponto anterior no tempo), o usuário ajusta um horário de despertar. Quando o horário real do dia se torna igual ao horário de despertar pré-ajustado, o despertador gera um estímulo audível (som). Quando o usuário está no sono profundo naquele momento, há boas chances de que ele sofrerá de inércia do sono em algum grau. Os dispositivos despertadores da técnica anterior modernos como Luz Despertadora da Philips já reduzem esse problema de inércia do sono por meio da introdução de um efeito de amanhecer artificial.

[005] O documento U.S. 2003/095476 A1 revela um sistema de despertar que desperta um indivíduo gradualmente ao longo de um período de tempo a fim de promover o bem-estar do indivíduo. O usuário deve ajustar o controle de sistema com um horário de despertar final desejado, que é o horário em que o usuário precisa ser despertado. Quando o horário

real atinge um horário de introdução de estímulo, isto é, algum horário antes do horário de despertar final desejado, o controlador de sistema causa a introdução de um estímulo. O sistema comprehende adicionalmente um sistema de detecção que mede um parâmetro correlacionado ao nível de sono momentâneo do indivíduo, de preferência movimento do corpo. Esse parâmetro medido é usado em um circuito de realimentação para controlar o nível de estímulo experimentado pelo indivíduo. Dessa forma, o usuário é despertado gradualmente ao longo de um período de tempo entre a introdução de estímulo e o horário de despertar final desejado sem introduzir quaisquer choques repentinos aos sistemas fisiológicos do usuário.

[006] O documento WO 2007/012927 A1 revela um sistema de iluminação, sendo que comprehende um dispositivo de iluminação e um dispositivo de manipulação para ser manipulado pelo usuário quando o usuário pretende dormir. O sistema comprehende adicionalmente uma unidade de controle para detectar um horário de início da medição de uma latência de sono com base em um tempo de manipulação no qual o usuário manipula o dispositivo de manipulação. O sistema também comprehende uma unidade de memória para armazenar um horário de referência obtido com base no horário de início da medição da latência de sono detectada pela unidade de controle. A unidade de controle inclui uma subunidade de controle de dispositivo de iluminação que realiza um controle de iluminação para reduzir a supressão de melatonina do usuário a partir de uma temporização pré-ajustada antes do horário de referência armazenado na memória. O sistema comprehende adicionalmente uma unidade medidora de movimento do corpo para detectar se o usuário dormiu. A unidade de controle

inclui uma subunidade de avaliação para avaliar a qualidade do sono do usuário com base em um resultado de detecção da unidade medidora de movimento do corpo e do horário de início da latência de sono. A unidade de controle exibe os resultados de avaliação em uma unidade de exibição.

#### Sumário da invenção

[007] Os dispositivos despertadores da técnica anterior do tipo mencionado acima não levam em conta o estágio de sono do usuário: os mesmos simplesmente iniciam um programa de despertar predeterminado em um tempo predeterminado antes do horário de alarme ajustado. Então, embora um efeito comparável ao efeito de amanhecer natural seja alcançado, ele pode, no entanto, ainda ser aquele que o usuário está em sono profundo no horário de alarme. Entretanto, é um fato científico que, em média, uma pessoa despertada durante um estágio de sono leve sofrerá muito menos de inércia do sono e se sentirá menos grogue do que quando a mesma pessoa é despertada durante um estágio de sono profundo. Consequentemente, é desejável ser despertado durante um estágio de sono leve.

[008] Portanto, a presente invenção tem como objetivo fornecer um dispositivo despertador capaz de aumentar as chances de que o usuário seja despertado durante um estágio de sono leve.

[009] Uma possibilidade de implementar esse dispositivo despertador seria por monitoramento em tempo real dos estágios de sono, e somente gerar um estímulo de despertar quando se confirmar que o usuário realmente está em um estágio de sono leve. Entretanto, monitoramento em tempo real confiável dos estágios de sono exige pelo menos um

conjunto de três eletrodos secos para ser fixado à cabeça do usuário ao longo da noite, o que é desconfortável para o usuário.

[010] A presente invenção envolve dois aspectos importantes. De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, a qualidade do sono do usuário é monitorada por toda a noite, e o dispositivo de controle calcula um parâmetro de qualidade do sono relativa geral que indica a qualidade relativa geral do sono durante a noite. De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, os parâmetros do programa de estímulo de despertar são corrigidos dependendo da qualidade relativa geral do sono calculada.

[011] Especificamente, a presente invenção fornece um dispositivo despertador que compreende:

- meio de relógio para gerar um sinal de horário real correspondente a um horário real do dia;
- meio de temporizador de despertar a fim de gerar um sinal de horário de despertar correspondente a um horário pretendido de despertar;
- meio de estímulo de despertar controlável para gerar pelo menos um estímulo de despertar a fim de fazer com que um usuário deserte, sendo que o estímulo de despertar tem pelo menos uma quantidade de estímulo variável, em que a eficácia de despertar do estímulo de despertar depende de um valor da quantidade de estímulo;
- um dispositivo de controle que tem entradas acopladas para receber o sinal de horário real e o sinal de horário de despertar e adaptado para gerar um sinal de controle para controlar o meio de estímulo de despertar;

em que o meio de estímulo de despertar é responsivo ao dito sinal de controle para variar o valor da dita quantidade de estímulo;

e em que o dispositivo de controle é adaptado para gerar o sinal de controle de modo que o estímulo de despertar seja gerado de acordo com um programa de despertar predefinido, sendo que o programa de despertar inclui:

a) um valor inicial para a quantidade de estímulo do estímulo de despertar, sendo que o valor inicial tem uma eficácia de despertar relativamente baixa;

b) um valor final para a quantidade de estímulo do estímulo de despertar, sendo que o valor final tem uma eficácia de despertar relativamente alta;

c) uma duração da ação de despertar  $t_{\Delta}$ , definindo um horário de antecedência  $t_A$  antes do horário pretendido de despertar  $t_{WU}$  de acordo com a fórmula  $t_A = t_{WU} - t_{\Delta}$ ;

d) em que, no horário de antecedência, o estímulo de despertar é iniciado com a dita quantidade de estímulo que tem o dito valor inicial;

e) em que, em um intervalo de tempo a partir do horário de antecedência até o horário pretendido de despertar, o valor da dita quantidade de estímulo é variado gradualmente a partir do dito valor inicial para o dito valor final;

f) em que, no horário pretendido de despertar, a dita quantidade de estímulo tem o dito valor final;

em que o dispositivo despertador comprehende adicionalmente o meio de monitoramento de qualidade do sono para monitorar uma qualidade do sono de um usuário e para gerar um sinal de monitoramento de qualidade do sono indicativo da qualidade do sono do usuário;

e em que o dispositivo de controle tem uma entrada para detectar um horário de dormir do usuário antes do horário de antecedência, e em que o dispositivo de controle é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono recebido a partir do meio de monitoramento de qualidade do sono para calcular um parâmetro de qualidade geral do sono do usuário com base em uma pluralidade de medições do sinal de monitoramento de qualidade do sono realizada em uma respectiva pluralidade de vezes entre o horário de dormir e o horário de antecedência, e corrigir o programa de despertar como função do parâmetro de qualidade geral do sono.

[012] Portanto, a presente invenção personaliza o processo de despertar para um usuário específico, adaptando as propriedades dos estímulos de despertar à qualidade de noite de sono atual e fornecendo, consequentemente, ao usuário uma experiência de despertar ainda melhor.

[013] As elaborações vantajosas adicionais são mencionadas nas reivindicações dependentes.

[014] É vantajoso se o dispositivo despertador compreender adicionalmente uma memória associada ao dispositivo de controle, cuja memória contém informações que definem pelo menos um parâmetro de programa do programa de despertar, e em que o dispositivo de controle é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono para corrigir o valor do dito parâmetro de programa como função do parâmetro de qualidade geral do sono.

[015] Um parâmetro de programa preferencial a ser corrigido como função do parâmetro de qualidade geral do sono do usuário é o dito valor inicial e/ou o dito valor

final e/ou a dita duração da ação de despertar.

[016] Em uma modalidade particularmente preferencial, a memória contém um valor de tempo padrão  $t_{\Delta 0}$  para a duração da ação de despertar  $t_{\Delta}$ , e o dispositivo de controle é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono para aumentar a duração da ação de despertar  $t_{\Delta}$  para um valor  $t_{\Delta 1}$  maior do que o valor de tempo padrão  $t_{\Delta 0}$  quando o parâmetro de qualidade geral do sono corresponde a uma noite de sono ruim do usuário.

[017] Em uma modalidade particularmente preferencial, a memória contém um valor de tempo padrão  $t_{\Delta 0}$  para a duração da ação de despertar  $t_{\Delta}$ , e o dispositivo de controle é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono para reduzir a duração da ação de despertar  $t_{\Delta}$  até um valor  $t_{\Delta 2}$  menor do que o valor de tempo padrão  $t_{\Delta 0}$  quando o parâmetro de qualidade geral do sono corresponde a uma noite de sono boa do usuário.

[018] Em uma modalidade particularmente preferencial, a memória contém um valor de estímulo padrão para o valor final da dita quantidade de estímulo variável do estímulo de despertar, e o dispositivo de controle é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono para reduzir o dito valor final para um valor menor do que o valor de estímulo padrão quando o parâmetro de qualidade geral do sono corresponde a uma noite de sono ruim do usuário.

[019] Em uma modalidade particularmente preferencial, a memória contém um valor de estímulo padrão para o valor final da dita quantidade de estímulo variável do estímulo de despertar, e o dispositivo de controle é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono para

aumentar o dito valor final para um valor menor do que o valor de estímulo padrão quando o parâmetro de qualidade geral do sono corresponde a uma noite de sono boa do usuário.

[020] Em uma modalidade particularmente preferencial, o estímulo de despertar é a luz. A luz provou ser um estímulo de despertar muito adequado.

[021] Em uma modalidade particularmente preferencial, a dita quantidade de estímulo variável do estímulo de despertar é uma intensidade de estímulo. O aumento lento da intensidade do estímulo de despertar contribuirá para o efeito desejado de retirar delicadamente o usuário de uma condição de sono profundo sem causar um efeito de choque. Quando o estímulo de despertar é a luz, aumentar lentamente a intensidade da luz simulará um efeito de amanhecer e irá, portanto, contribuir para uma forma natural de despertar.

[022] Em uma modalidade particularmente preferencial, o meio de monitoramento de qualidade do sono inclui um sensor de movimento para detectar o movimento do corpo do usuário, e o meio de monitoramento de qualidade do sono é configurado para gerar o sinal de monitoramento de qualidade do sono, com base na quantidade de movimento do corpo do usuário. Descobriu-se que, por um lado, o movimento do corpo é uma indicação confiável do nível de sono de uma pessoa, enquanto, por outro lado, os sensores de movimento do corpo confiáveis são comercialmente disponíveis em custo relativamente baixo.

[023] Em uma modalidade particularmente preferencial, a memória contém informações que definem uma função de ponderação como função do tempo ou como função da

fase (epoch) durante a noite, sendo que a função de ponderação tem valores de ponderação maiores em estágios anteriores da noite e valores de ponderação inferiores em estágios posteriores da noite. Quando os sinais de medição de movimento do corpo são ponderados com o uso dessa função de ponderação, o resultado experimental é que uma noite de sono bom e natural inclui períodos de sono profundo durante a primeira metade da noite.

[024] Em uma modalidade particularmente preferencial, o dispositivo de controle é configurado para calcular o parâmetro de qualidade geral do sono como a soma contínua das amostras de medição ponderadas ( $WS(t_i)$ ) de acordo com a fórmula

$$SQ = \sum_{i=1}^N WS(t_i) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N NSD(t_i) \cdot S(t_i)$$

em que  $S(t_i)$  indica o valor amostrado do sinal de monitoramento de qualidade do sono ( $S$ ) em uma  $i$ -ésima fase, e  $NSD(t_i)$  indica a função de ponderação correspondente. Nesse caso, é vantajoso se, em um horário de decisão predefinido  $t_D$ , anterior a um horário de antecedência padrão, o dispositivo de controle aumentar a duração da ação de despertar  $t_\Delta$  se naquele horário o dispositivo de controle constatar que um parâmetro de decisão de qualidade do sono  $SQ(t_D)$  calculado como:

$$SQ(t_D) = \frac{1}{N} \sum_{t=t_1}^{t_D} NSD(t_i) \cdot S(t_i)$$

é maior do que um valor de referência armazenado na memória.

[025] De preferência, esse valor de referência é uma média contínua de parâmetros de decisão de qualidade do sono ou parâmetros de decisão de qualidade geral do sono calculados durante um número predefinido de sessões de

monitoramento prévias. Isso tem a vantagem de personalizar melhor a definição de "bom sono" e "sono ruim" para o usuário específico.

[026] Em uma modalidade particularmente preferencial, o meio de estímulo de despertar compreende uma lâmpada de despertar com uma intensidade de luz variável.

Breve descrição dos desenhos

[027] Esses e outros aspectos, recursos e vantagens da presente invenção serão explicados adicionalmente por meio da seguinte descrição de uma ou mais modalidades preferenciais com referência aos desenhos, em que os mesmos números de referência indicam as mesmas partes ou partes similares, e em que:

A Figura 1 é um diagrama de blocos que ilustra esquematicamente um dispositivo despertador de acordo com a presente invenção;

A Figura 2 é um gráfico que ilustra esquematicamente a operação de um dispositivo despertador;

As Figuras 3A e 3B são gráficos que ilustram esquematicamente a correção do intervalo de despertar de acordo com a presente invenção;

As Figuras 4A e 4B são gráficos que ilustram esquematicamente a correção do intervalo de despertar de acordo com a presente invenção;

A Figura 5 é uma curva de profundidade de sono esquemática;

A Figura 6 é um fluxograma que ilustra esquematicamente a operação do dispositivo despertador de acordo com a presente invenção.

Descrição detalhada da invenção

[028] A Figura 1 mostra esquematicamente um dispositivo despertador 1 que compreende um meio de estímulo de despertar controlável 4 para gerar pelo menos um estímulo de despertar a fim de fazer com que um usuário desperte. O meio de estímulo para 4 despertar é capaz de variar uma intensidade do estímulo de despertar. Em uma modalidade específica, o dispositivo despertador 1 é uma luz de despertar e o meio de estímulo de despertar 4 compreende uma lâmpada, capaz de gerar uma emissão de luz cuja intensidade pode ser controlada dentro de uma faixa de intensidade entre um valor de intensidade mínimo igual ou próximo a zero e uma intensidade nominal, e a invenção irá mais adiante neste documento ser explicada especificamente para essa modalidade. Visto que essas luzes despertadoras são conhecidas por si só, uma discussão mais detalhada sobre o design e funcionamento do meio de estímulo de despertar 4 é omitida aqui. Entretanto, observa-se que a palavra "lâmpada" aqui é usada para indicar qualquer tipo de fonte de luz, incluindo LED, e incluindo uma pluralidade de fontes de luz do mesmo tipo ou de um tipo mutuamente diferente.

[029] O dispositivo despertador 1 compreende adicionalmente um dispositivo de controle 5 adaptado para gerar um sinal de controle para controlar o meio de estímulo de despertar 4. Especificamente, o dispositivo de controle 5 controla a intensidade da luz da lâmpada 4 como função do tempo, conforme ilustrado no gráfico da Figura 2, em que o eixo horizontal representa horário real e eixo vertical representa a intensidade da luz emitida I da lâmpada 4. O dispositivo de controle 5 pode, por exemplo, ser implementado como um microprocessador, microcontrolador,

processador de sinal digital, ou similares programados de forma adequada, e também será, mais adiante neste documento, indicado simplesmente como "controlador".

[030] O dispositivo despertador 1 compreende um meio de temporizador de despertar 3 para gerar um sinal de horário de despertar que indica o horário pretendido de despertar. Esse horário pretendido de despertar, também indicado como "horário de alarme", é indicado como  $t_{WU}$  na Figura 2. O meio de temporizador de despertar 3 é associado a uma interface de usuário para permitir que o usuário defina o horário de alarme, mas isso não é ilustrado a título de conveniência.

[031] O dispositivo despertador 1 compreende um meio de relógio 2 para gerar um sinal de horário real que indica o horário real do dia, indicado como  $t$  na Figura 2. O meio de relógio 2 também é associado a uma interface de usuário para permitir que o usuário ajuste o relógio, mas isso não é, da mesma forma, ilustrado a título de conveniência.

[032] O controlador 5 tem uma entrada acoplada a uma saída do meio de relógio 2 para receber o sinal de horário real, e tem uma entrada acoplada a uma saída do meio de temporizador de despertar 3 a fim de receber o sinal de horário de despertar. Observa-se que o controlador 5, o meio de temporizador de despertar 3 e o meio de relógio 2 podem ser integrados em um único componente.

[033] O dispositivo despertador 1 compreende adicionalmente uma memória 6 associada ao controlador 5, cuja memória também pode ser integrada ao controlador 5, e que contém informações que definem pelo menos um programa de despertar. Essas informações podem, por exemplo, estar

presentes na memória sob a forma de uma fórmula, e/ou uma tabela, e/ou coeficientes de um polinômio. Em uma modalidade, a memória é associada a uma interface de usuário para permitir que o usuário adapte o(s) programa(s) de despertar, mas isso não é ilustrado a título de conveniência.

[034] O dispositivo despertador 1 comprehende adicionalmente um dispositivo de alarme 7, controlado pelo controlador 5. O dispositivo de alarme 7 é projetado para gerar um sinal de alarme destinado a despertar imediatamente o usuário. Nesse aspecto, o dispositivo de alarme 7 corresponde ao Despertador clássico, e de fato o sinal de alarme envolve, tipicamente, um sinal de som. Embora seja possível que a intensidade e o tipo (bipe, música) do sinal de alarme possam ser selecionados e ajustados pelo usuário, e embora possa ser dito que o próprio sinal de alarme é o estímulo de despertar definitivo, a terminologia "estímulo de despertar" no contexto da presente invenção será reservado para indicar o estímulo gerado antes do horário de alarme ou horário de despertar pretendido. Após o horário de alarme ou horário de despertar pretendido, um sinal será indicado como o sinal de alarme.

[035] A operação é da seguinte forma. Durante a noite, a lâmpada 4 está normalmente desligada, indicado como intensidade zero na parte esquerda do gráfico. Quando o horário real  $t$  se torna igual a um determinado horário de antecedência  $t_A$ , o controlador 5 comuta na lâmpada 4 em uma intensidade inicial. Embora o valor exato dessa intensidade inicial não seja essencial para executar a presente invenção, essa intensidade inicial será, normalmente, baixa na prática, tipicamente quase igual a zero, e pode, na verdade, ser igual a zero. A temporização precisa do horário de antecedência  $t_A$  é

determinada pelo controlador 5 com base nas informações na memória 6: tipicamente, para cada programa de despertar, essa memória irá conter informações que definem um valor padrão  $t_{\Delta 0}$  para a duração  $t_{\Delta}$  do intervalo de tempo a partir do horário de antecedência  $t_A$  para o horário de despertar  $t_{WU}$ , e o controlador 5 calculará um valor padrão  $t_{A0}$  para o horário de antecedência  $t_A$  de acordo com a fórmula  $t_{A0} = t_{WU} - t_{\Delta 0}$ . A seguir, essa duração  $t_{\Delta}$  também será indicada como "duração da ação de despertar". Um valor padrão prático para essa duração da ação de despertar pode ser cerca de 30 minutos.

[036] No intervalo de tempo entre o horário de antecedência  $t_A$  e o horário de despertar  $t_{WU}$ , o controlador 5 aumenta gradualmente a intensidade da luz emitida I da lâmpada 4, até que um valor final predefinido  $I_{M0}$  seja atingido no horário de despertar  $t_{WU}$ . Esse valor final é um máximo no intervalo de despertar. Embora o valor exato desse máximo  $I_{M0}$  não seja essencial para executar a presente invenção, esse máximo  $I_{M0}$  pode ser menor do que a emissão de luz nominal da lâmpada 4, ou pode ser igual à emissão de luz nominal da lâmpada 4. O termo emissão de luz "nominal" significa a emissão de luz no caso da lâmpada ser abastecida com a corrente nominal ou tensão correspondente à classificação da lâmpada. Também é possível que esse valor final  $I_{M0}$  possa ser ajustado pelo usuário. É alternativa ou adicionalmente possível que a memória 6 contenha informações que definem esse valor final  $I_{M0}$  para cada programa de despertar.

[037] A taxa do aumento de intensidade pode ser constante, conforme ilustrado pela linha reta entre  $t_A$  e  $t_{WU}$  no gráfico da Figura 2. Entretanto, também é possível que o aumento de intensidade seja controlado de acordo com

uma fórmula predeterminada, também armazenada na memória 6, que pode, por exemplo, ser uma fórmula logarítmica, levando-se em conta as características de sensibilidade do olho humano.

[038] Esse aumento contínuo da intensidade da luz tem o propósito de mude delicadamente do sono profundo para o sono leve, ou para um estágio "próximo a despertar". Pode ser até que o usuário realmente desperte antes do horário de despertar ajustado  $t_{WU}$ . Nesse caso, o usuário pode atuar um botão (não mostrado) que desativa o sinal de alarme.

[039] Quando o horário real  $t$  se torna igual ao horário de despertar  $t_{WU}$ , e o usuário não indicou que ele já está desperto, o controlador 5 atuará o dispositivo de alarme 7 para gerar o sinal de alarme, mas isso não é ilustrado na Figura 2. O controlador 5 pode manter a intensidade da luz emitida I da lâmpada 4 constante, conforme ilustrado. O controlador 5 pode eventualmente desligar a lâmpada automaticamente, ou isso pode ser deixado para o usuário.

[040] A operação conforme descrita acima é a mesma que a operação dos dispositivos da técnica anterior, que não levam em conta se o usuário teve uma noite de sono boa ou uma noite de sono ruim. O dispositivo da invenção 1 compreende adicionalmente o meio de monitoramento de qualidade do sono 10, que gera um sinal de monitoramento de qualidade do sono S que é recebido pelo controlador 5. Com base no sinal de monitoramento de qualidade do sono recebido, o controlador 5 calcula um parâmetro de qualidade geral do sono que indica a qualidade geral do sono durante a noite.

[041] Experimentos mostraram que, para um

indivíduo saudável normal, um padrão de sono normal envolve mais episódios de sono mais profundo na primeira metade do período de sono em comparação à segunda metade, enquanto no fim do período de sono, isto é, durante o período de despertar normal, existem poucos, se houver, desses episódios de sono mais profundo. Experimentos mostraram que, no caso de uma noite de sono ruim, existe uma probabilidade maior de que o usuário tenha episódios de sono mais profundo na segundo metade do período de sono, e até mesmo durante o período de despertar normal, de modo que haja uma probabilidade maior de que, no horário de despertar pretendido  $t_{WU}$ , o usuário esteja em um sono profundo e sofra de inércia do sono quando ele finalmente despertar.

[042] Com base nessas constatações, a presente invenção permite que, se for determinado que o usuário teve uma noite de sono normal ou noite de sono boa, o programa de despertar original possa ser usado, mas se for determinado que o usuário teve uma noite de sono ruim, o usuário é despertado de forma mais delicada, ao longo de um intervalo de despertar mais longo. Por outro lado, se for determinado que o usuário teve uma noite de sono boa, é possível que a duração do intervalo de despertar seja reduzida e a estimulação de despertar seja intensificada.

[043] Portanto, de acordo com a invenção, o controlador 5 é adaptado para mudar a duração da ação de despertar  $t_\Delta$  em resposta ao parâmetro de qualidade geral do sono calculado: quanto mais o parâmetro de qualidade geral do sono indica uma noite de sono ruim, mais a duração da ação de despertar  $t_\Delta$  é aumentada pelo controlador 5.

[044] A Figura 3A é um gráfico comparável à

Figura 2, ilustrando o efeito da presente invenção para um caso em que o controlador 5 constata que o usuário teve uma noite de sono ruim. O controlador 5 muda a duração do intervalo de despertar para um valor  $t_{\Delta 1}$ , que é maior do que o valor padrão  $t_{\Delta 0}$ , de modo que o horário de antecedência  $t_{A1}$  seja anterior ao horário de antecedência padrão  $t_{A0}$ . A lâmpada 4 é iniciada anteriormente. A intensidade final do horário de despertar  $t_{WU}$  é mantida igual ao máximo original  $I_{M0}$ . Portanto, a taxa de aumento de intensidade é menor.

[045] A Figura 3B é um gráfico comparável à Figura 2, ilustrando o efeito da presente invenção para um caso em que o controlador 5 constata que o usuário teve uma noite de sono boa. O controlador 5 muda a duração do intervalo de despertar para um valor  $t_{\Delta 2}$ , que é menor do que o valor padrão  $t_{\Delta 0}$ , de modo que o horário de antecedência  $t_{A2}$  seja posterior ao horário de antecedência padrão  $t_{A0}$ . A lâmpada 4 é iniciada posteriormente no tempo. A intensidade final do horário de despertar  $t_{WU}$  é mantida igual ao máximo original  $I_{M0}$ . Portanto, a taxa de aumento de intensidade é maior.

[046] A Figura 4A é um gráfico comparável à Figura 3A, ilustrando uma modalidade em que o controlador 5, além de aumentar a duração do intervalo de despertar, também diminui o valor final da intensidade no horário de despertar  $t_{WU}$  até um valor  $I_{M1}$ , que é menor do que o máximo original  $I_{M0}$ . Isso reduz a taxa de aumento de intensidade ainda mais.

[047] A Figura 4B é um gráfico comparável à Figura 3B, ilustrando uma modalidade em que o controlador 5, além de reduzir a duração do intervalo de despertar, também aumenta o valor final da intensidade no horário de despertar

$t_{WU}$  para um valor  $I_{M2}$ , que é maior do que o máximo original  $I_{M0}$ . Isso aumenta a taxa de aumento de intensidade ainda mais.

[048] É ainda possível que, para um caso em que o controlador 5 constata que o usuário teve uma noite de sono boa, o controlador 5 mantém a duração do intervalo de despertar igual ao valor padrão  $t_{\Delta 0}$  e somente diminui o valor final da intensidade no horário de despertar  $t_{WU}$  até um valor  $I_{M1}$ , que é menor do que o máximo original  $I_{M0}$ . Em contrapartida, é ainda possível que, para um caso em que o controlador 5 constata que o usuário teve uma noite de sono ruim, o controlador 5 mantém a duração do intervalo de despertar igual ao valor padrão  $t_{\Delta 0}$  e somente aumenta o valor final da intensidade no horário de despertar  $t_{WU}$  para um valor  $I_{M2}$ , que é maior do que o máximo original  $I_{M0}$ .

[049] O meio de monitoramento de qualidade do sono 10 pode incluir qualquer dispositivo capaz de gerar um sinal de monitoramento de qualidade do sono  $S$  indicativo da qualidade do sono do usuário durante a noite. De acordo com a invenção, uma noite de sono normal ou até mesmo uma noite de sono boa envolverá uma quantidade de sono profundo suficiente, especificamente durante a primeira metade da noite. Portanto, o meio de monitoramento de qualidade do sono 10 compreende pelo menos um sensor capaz de detectar pelo menos uma quantidade que indica o nível real do sono do usuário. Esse nível variará durante a noite, e o controlador 5 calcula o parâmetro de qualidade geral do sono, ou simplesmente "qualidade do sono", mais adiante neste documento indicada como  $SQ$ , como um único valor com base em uma pluralidade de medições  $S(t_i)$  realizadas em uma

respectiva pluralidade de vezes t<sub>i</sub> durante a noite.

[050] Para monitorar a qualidade do sono, diversas quantidades podem ser adequadas. A qualidade do sono pode ser determinada de forma muito precisa medindo-se a atividade cerebral e/ou atividade respiratória e/ou atividade cardíaca, mas isso envolveria sensores relativamente complicados e/ou inconvenientes, e ademais essa exatidão não é necessária.

[051] Em uma modalidade exemplificadora adequada, os movimentos do usuário são considerados como a quantidade a ser monitorada. Em média, as pessoas quase não se moverão ou não se moverão quando as mesmas estão em sono profundo, enquanto as pessoas tendem a se mover com mais frequências e de forma mais intensa quando as mesmas estão em sono leve. Para medir os movimentos do usuário em tempo real, diversos tipos de sensor são adequados, envolvendo aspectos mutuamente diferentes no que diz respeito aos custos e exatidão. É possível projetar o sistema de modo que ele monitore os movimentos do corpo do usuário como um todo, ou de modo que ele monitore os movimentos individuais dos braços e/ou pernas. É possível empregar um sensor remoto, por exemplo um sensor ultrassônico ou um sensor infravermelho, e é até mesmo possível processar as imagens a partir de uma câmera infravermelha. Também é possível empregar um ou mais sensores de peso dispostos na cama do usuário. Também é possível empregar um ou mais acelerômetros a serem fixados pelo usuário ao seu corpo, por exemplo sob a forma de uma faixa de pulso. Visto que esses sensores são conhecidos por si só, e a presente invenção pode ser implementada com o uso de sensores de movimento existentes,

e visto que a invenção não se preocupa em fornecer um sensor de movimento aprimorado, o design e a operação de um sensor de movimento não serão descritos em maiores detalhes aqui.

[052] Uma forma possível de calcular o parâmetro de qualidade geral do sono SQ é calcular a integral das amostras no tempo  $S(t_i)$  do sinal de sensor S. Entretanto, uma abordagem melhor é possível, a qual é baseada nas seguintes considerações.

[053] Em média, para pessoas normalmente saudáveis, descobriu-se que o sono profundo ocorre normalmente na primeira metade da noite. Com grande simplificação, pode ser considerado que, para uma pessoa saudável normal que tem uma noite de repouso normal, a profundidade do sono tem um máximo dentro de curto período após o usuário dormir e diminui gradualmente durante a noite. A Figure 5 é uma curva de profundidade de sono esquemática, ilustrando esquematicamente a profundidade de sono normal NSD como função do tempo t. O eixo horizontal representa o horário t, o eixo vertical representa a profundidade de sono NSD em unidades arbitrárias. O horário  $t_1$  indica o horário quando o usuário pretende ir dormir. O dispositivo despertador 1 é dotado de uma entrada ou um sensor (não mostrado a título de simplicidade) para determinar esse horário, indicado mais adiante neste documento como "horário de dormir". Essa entrada pode ser um botão para ser pressionado pelo usuário, ou um sensor de luz que detecta que o usuário desliga a luz no quarto. Em uma modalidade em que o dispositivo despertador 1 é usado como uma lâmpada antes do usuário ir dormir, a entrada pode ser um botão para desligar essa lâmpada.

[054] Na Figura 5,  $NSD(t)$  é mostrada como uma linha curva que tem um primeiro derivativo negativo do qual o valor absoluto diminui com o tempo. Alternativamente, pode-se considerar  $NSD(t)$  como uma linha reta, ou outra função que tem um primeiro derivativo não positivo. Adicionalmente, em vez de uma função contínua, pode-se considerar  $NSD(t)$  como função degrau.

[055] Adicionalmente, em média, para pessoas normalmente saudáveis, descobriu-se que existe virtualmente zero movimento durante os episódios de sono profundo. Com grande simplificação, pode ser considerado que, para uma pessoa normalmente saudável que tem uma noite de repouso normal, a ausência de movimentos indica o sono profundo, embora, na prática, obviamente haverão intervalos de tempo em que uma pessoa que está em um sono leve, ou até mesmo desperta, está, no entanto, imóvel.

[056] Isso significa que, em média, para as pessoas normalmente saudáveis, uma noite de repouso normal será associada a pouco ou nenhum movimento durante o estágio inicial e então uma quantidade de movimento crescente até o fim da noite. Então, enquanto se espera que uma pessoa se move mais e mais até o horário de despertar pretendido, também é esperado que essa pessoa mostre menos movimentos durante o estágio inicial de seu sono. É constatado que uma pessoa mostra uma quantidade relativamente grande de movimentos durante o estágio inicial de seu sono, isso pode indicar um sono perturbado no início da noite com sono profundo insuficiente, o que afetaria negativamente a qualidade do sono como um todo. De fato, uma quantidade relativamente grande de movimentos durante o estágio inicial

de seu sono pode ser considerada como um indicador que prevê um risco maior de inércia do sono.

[057] Em outras palavras, e novamente com grande simplificação, pode-se dizer que uma noite de sono ideal é caracterizada por períodos longos e/ou muitos períodos de sono profundo durante a noite inteira, virtualmente sem movimentos. Então, a integral no tempo das amostras de sinais de movimento deveria ser baixa. Essa integral no tempo pode, obviamente não ser tão baixa quanto zero na prática, porque isso indicaria que essa pessoa ainda está em sono profundo no horário de despertar pretendido. Pode ser considerado que um valor crescente dessa integral no tempo representa uma qualidade do sono em deterioração, o que é mais grave já que os movimentos em questão ocorrem no início da noite.

[058] Com base nas considerações acima, com referência à Figura 6, o parâmetro de qualidade geral do sono SQ é calculado conforme a seguir.

[059] Em uma primeira etapa 101, o controlador 5 detecta o horário de dormir  $t_1$ .

[060] O controlador 5 está, obviamente, ciente do horário de despertar pretendido  $t_{WU}$ . Em uma segunda etapa 102, o controlador divide o intervalo de tempo (noite) entre o horário de dormir  $t_1$  e o horário de despertar pretendido  $t_{WU}$  em um número grande N de intervalos de tempo indicados como "fases" E. As fases individuais serão indicadas a partir de um índice i que decorre de 1 a N. Cada fase  $E_i$  tem uma duração  $L_i$ . Adequadamente, o número N de fases pode ser maior do que 100, e pode até mesmo estar na ordem de 1.000. O número N de fases pode sempre ser o mesmo, caso no qual as

durações  $L_i$  dependem do horário de dormir  $t_1$  e horário de despertar pretendido  $t_{wU}$ . Alternativamente, as durações  $L_i$  podem sempre ser as mesmas, caso no qual o número  $N$  depende do horário de dormir  $t_1$  e horário de despertar pretendido  $t_{wU}$ . As respectivas fases  $E_i$  podem todas ter a mesma duração  $L_i$ , mas também é possível que essas durações sejam mutuamente diferentes, por exemplo, que as mesmas diminuam com o tempo. Em uma modalidade preferencial, todas as fases  $E_i$  têm a mesma duração  $L_i = 30$  segundos.

[061] O controlador 5 tem um local de memória para o valor do sono qualidade SQ. Em uma etapa inicial 111, o controlador 5 apaga esse valor.

[062] Durante uma fase  $E_i$ , o controlador 5 mostra o sinal de movimento  $S(t)$ , em uma modalidade simples envolve contar o número de movimentos durante a fase  $E_i$  (etapa 121). Adicionalmente, o controlador 5 determinar a  $NSD(t_i)$  para essa fase  $E_i$  (etapa 122). Para essa finalidade, a memória 6 pode armazenar uma função ou uma tabela, ou outras informações adequadas, definindo  $NSD(t_i)$  como função do tempo ou como função de  $i$ . O valor  $NSD(t_i)$  é usado como um fator de ponderação para a amostra de medição  $S(t_i)$  para calcular uma amostra de medição ponderada  $WS(t_i)$  como  $WS(t_i) = (S(t_i) \cdot NSD(t_i))/N$  (etapa 123). Obviamente, pode-se omitir a divisão por  $N$  aqui, e/ou pode-se usar um fator de alteração de escala diferente. A amostra de medição ponderada  $WS(t_i)$  é adicionada à qualidade do sono SQ (etapa 124).

[063] Essas etapas são repetidas para todas as fases  $E_i$  (etapa 140).

[064] Portanto, no fim da noite, isto é, no horário de despertar pretendido  $t_{wU}$ , a qualidade do sono SQ

conforme calculada satisfaz a fórmula a seguir:

$$SQ = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N NSD(t_i) \cdot S(t_i)$$

[065] Em um determinado horário de decisão predefinido  $t_D$ , anterior ao horário de antecedência normal  $t_A$ , o controlador 5 precisa fazer uma decisão quanto a se o programa de despertar deve ser adaptado ou não. Se a adaptação somente envolver um ou mais parâmetros das quantidades variáveis, o horário de decisão  $t_D$  pode ser igual ao horário de antecedência normal  $t_A$ . Entretanto, na modalidade preferencial, a adaptação também envolve avançar ou atrasar o horário de antecedência  $t_A$ , de modo que nesse caso o horário de decisão  $t_D$  deveria ser anterior ao horário de antecedência padrão  $t_{A0}$ , conforme ilustrado na Figura 5. O horário de decisão  $t_D$  deveria no último coincidir com o valor mais anterior possível para o horário de antecedência deslocado  $t_{A1}$ . Um horário de decisão adequado  $t_D$  é, por exemplo, 1 hora antes do horário de despertar pretendido  $t_{WU}$ .

[066] No fim de cada fase  $E_i$ , após adicionar a amostra de medição ponderada  $WS(t_i)$  à qualidade do sono  $SQ$  (etapa 124), o controlador 5 determina (etapa 130) se o horário de decisão  $t_D$  foi atingido. Se esse for o caso, o controlador 5 examina a qualidade do sono  $SQ$  calculada até o momento. Observa-se que naquele momento o valor de um parâmetro de decisão de qualidade do sono  $SQ(t_D)$  pode ser expresso de acordo com a seguinte fórmula:

$$SQ(t_D) = \frac{1}{N} \sum_{t=t_1}^{t_D} NSD(t_i) \cdot S(t_i)$$

[067] Para fazer uma decisão, o controlador 5 tem um valor de referência  $SQref$  armazenado em um local de memória, por exemplo, parte da memória 6. Em uma etapa 131,

o controlador 5 compara o valor do parâmetro de decisão de qualidade do sono  $SQ(t_D)$  calculado no horário de decisão  $t_D$  com o valor de referência  $SQref$ . Observa-se que um valor alto indica a qualidade baixa. Se o parâmetro de decisão de qualidade do sono  $SQ(t_D)$  for considerado como muito alto, o começo da sequência de despertar é avançada, conforme descrito anteriormente. A quantidade de deslocamento do horário de antecedência pode depender da diferença absoluta ou relativa entre  $SQ(t_D)$  e  $SQref$ .

[068] Na etapa 132, o controlador corrige a duração do intervalo de despertar  $t_\Delta$  e possivelmente a intensidade de estímulo  $I_M$ . Diversas variações são possíveis.

[069] Por exemplo, é possível calcular um valor corrigido  $t_{\Delta 1}$  para a duração da ação de despertar multiplicando-se o valor padrão  $t_{\Delta 0}$  pelo fator  $SQ(t_D)/SQref$ . Como resultado, quanto maior é o valor de  $SQ(t_D)$ , maior será a duração  $t_\Delta$  do intervalo de despertar.

[070] Ou, é possível, por exemplo, iniciar com a sequência de despertar imediatamente.

[071] É possível que o controlador 5 faça de decisão somente uma vez. Entretanto, se o controlador 5 decidir não avançar o início da sequência de despertar, ou avançar o início da sequência de despertar por uma somente uma pequena quantidade de tempo, de modo que, no momento de fazer a decisão, o horário de antecedência deslocado  $t_{\Delta 1}$  ainda esteja no futuro, também é possível que o processamento continua na etapa 121. O controlador pode definir um novo valor para o horário de decisão  $t_D$ , e quando o novo horário de decisão  $t_D$  é atingido, as etapas 130 a 132 são realizadas novamente, e é possível que o controlador

calcula agora um valor diferente para o horário de antecedência deslocado  $t_{A1}$ . Entretanto, isso não é normalmente necessário, visto que o valor calculado  $SQ(t_D)$  na prática não mudará muito após o horário de decisão  $t_D$ .

[072] Se, até o momento em que o novo horário de decisão  $t_D$  coincide com ou está próximo ao horário de despertar pretendido  $t_{WU}$ , o parâmetro de decisão de qualidade do sono  $SQ(t_D)$  é considerado como relativamente baixo, o começo da sequência de despertar é atrasado, conforme descrito anteriormente.

[073] O valor de referência  $SQref$  para o parâmetro de decisão de qualidade do sono pode ser um valor predeterminado fixo, e de fato, esse pode ser o caso na situação de pronto uso. Entretanto, pessoas diferentes podem ter valores diferentes para "normal". Portanto, o controlador 5 tem, de preferência, uma capacidade de aprendizado em que o valor de referência  $SQref$  é adaptado para as circunstâncias pessoais do usuário. Para fazer isso, o controlador pode armazenar os valores mais recentes obtidos para  $SQ(t_D)$  ou  $SQ$ , por exemplo, os últimos 10 ou 20 valores. Cada vez que o usuário inicia o aparelho para uma nova noite de sono,  $SQref$  é calculada como uma média dos parâmetros de decisão de qualidade geral do sono  $SQ$  ou parâmetros de decisão de qualidade do sono  $SQ(t_D)$  calculados durante um número predefinido de sessões de monitoramento anteriores armazenadas. No fim da noite, o valor calculado recentemente para a  $SQ(t_D)$  ou  $SQ$ , respectivamente, é adicionado à memória, enquanto o valor mais antigo é descartado. Portanto, o valor de referência  $SQref$  é uma média contínua dos resultados obtidos historicamente.

[074] O dispositivo pode ser dotado de um botão de entrada de usuário, permitindo ao usuário indicar se ele considera a noite recente como uma noite anormalmente má: nesse caso, o valor calculado recentemente para  $SQ(t_D)$  ou  $SQ$  é descartada. Além disso, o controlador pode examinar automaticamente se o valor calculado recentemente para  $SQ(t_D)$  ou  $SQ$  desvia para um grau anormalmente grande a partir da média atual, e pode nesse caso decidir descartar automaticamente o valor calculado recentemente para  $SQ(t_D)$  ou  $SQ$ .

[075] Em suma, a presente invenção fornece um dispositivo despertador 1 que compreende o meio de relógio 2, o meio de temporizador de despertar 3, o meio de estímulo de despertar controlável 4, e um dispositivo de controle 5 para controlar o meio de estímulo de despertar 4.

[076] O meio de estímulo de despertar é capaz de variar uma intensidade do estímulo de despertar.

[077] O estímulo de despertar é iniciado em uma intensidade relativamente baixa em um horário de antecedência  $t_A$  predeterminado antes do horário pretendido de despertar  $t_{WU}$ , de tal forma que a intensidade do estímulo de despertar seja aumentada gradualmente de acordo com um programa de despertar predefinido.

[078] O dispositivo despertador compreende adicionalmente o meio de monitoramento de qualidade do sono 10 para monitorar a qualidade do sono de um usuário, e para gerar um sinal de monitoramento de qualidade do sono  $S$  indicativo da qualidade do sono do usuário.

[079] O dispositivo de controle é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono  $S$  recebido a

partir do meio de monitoramento de qualidade do sono para corrigir o programa de despertar.

[080] Embora a invenção tenha sido ilustrada e descrita em detalhes nos desenhos e na descrição anterior, deveria ser claro para uma pessoa versada ná técnica que essa ilustração e descrição devem ser consideradas ilustrativas e exemplificativas e não restritivas. A invenção não se limita às modalidades reveladas; em vez disso, diversas variações e modificações são possíveis dentro do escopo de proteção da invenção conforme definido nas reivindicações em anexo.

[081] Por exemplo, na modalidade discutida, o estímulo de despertar é a luz. De fato, esse é um estímulo preferencial, mas outros tipos de estímulo também são possíveis. De fato, qualquer tipo de estímulo que o usuário pode detectar pode ser usado na presente invenção. Esse estímulo pode envolver, por exemplo, som (para ser escutado), odor (para ser cheirado), vibrações (para serem sentidas). As combinações de tipos diferentes de estímulo também são possíveis.

[082] Em uma modalidade típica, o sinal de alarme será um sinal de som. É possível que o estímulo de despertar também seja um sinal de som, aumentando lentamente em amplitude. Nessa modalidade, pode ser que o dispositivo de estímulo 4 e o dispositivo de alarme 7 sejam implementados pelo próprio dispositivo gerador de som.

[083] Adicionalmente, na modalidade discutida, além da "duração do intervalo de despertar" (e portanto "horário de início"), somente a quantidade variável "intensidade" foi discutida como uma quantidade cujo valor é

variado durante o intervalo de despertar. O estímulo aplicado pode ter mais dessas quantidades. Por exemplo, no caso de luz, a cor pode ser uma quantidade a ser variada a partir de um valor inicial para um valor final, isto é, o valor no horário de despertar  $t_{WU}$ . Nesse caso, a cor inicial e/ou a cor final podem ser adaptadas em resposta à qualidade do sono. No caso de um estímulo de som, a frequência pode ser uma quantidade de a ser variada a partir de um valor inicial para um valor final. Em qualquer caso, qualquer que seja a quantidade, o valor inicial será um valor que tem um efeito estimulante relativamente baixo e o valor final será um valor que tem um efeito estimulante relativamente alto. De acordo com a invenção, o horário de início do período de despertar pode ser adaptado, e/ou o valor inicial de um parâmetro de estímulo pode ser adaptado, e/ou o valor final de um parâmetro de estímulo pode ser adaptado.

[084] Outras variações nas modalidades reveladas podem ser entendidas e efetuadas por versados na técnica ao pôr em prática a invenção reivindicada, a partir de um estudo dos desenhos, descrição e as reivindicações apensas. Nas reivindicações, a palavra "compreendendo" não exclui outros elementos ou etapas, e o artigo indefinido "um" ou "uma" não excluir uma pluralidade. Um único processador ou outra unidade pode atender as funções de vários itens mencionados nas reivindicações. Mesmo se certos recursos forem recitados em reivindicações dependentes diferentes, a presente invenção também se refere a uma modalidade em que todos os recursos estão presentes simultaneamente. Quaisquer sinais de referência nas reivindicações não devem ser interpretados como limitadores

do escopo.

[085] No supracitado, a presente invenção foi explicada com referência aos diagramas de blocos, que ilustram blocos funcionais do dispositivo de acordo com a presente invenção. Deve ser compreendido que um ou mais desses blocos funcionais podem ser implementados em hardware, em que a função desse bloco funcional é realizada por componentes de hardware individuais, mas também é possível que um ou mais desses blocos funcionais sejam implementados em software, de modo que a função desse bloco funcional seja realizada por uma ou mais linhas de programas de um programa de computador ou um dispositivo programável como um microprocessador, microcontrolador, processador de sinal digital, etc.

## REIVINDICAÇÕES

1. DISPOSITIVO DESPERTADOR (1) compreendendo:

- meio de relógio (2) para gerar um sinal de horário real correspondente a um horário real do dia ( $t$ );

- meio de temporizador de despertar (3) para gerar um sinal de horário de despertar correspondente a um horário pretendido de despertar ( $t_{WU}$ );

- meio de estímulo de despertar controlável (4) para gerar pelo menos um estímulo de despertar para fazer com que um usuário deserte, sendo que o estímulo de despertar tem pelo menos uma quantidade de estímulo variável, em que uma eficácia de despertar do estímulo de despertar depende de um valor da quantidade de estímulo;

- um dispositivo de controle (5) que tem entradas acopladas para receber o sinal de horário real e o sinal de horário de despertar e adaptadas para gerar um sinal de controle para controlar o meio de estímulo de despertar (4);

em que o meio de estímulo de despertar (4) é responsivo ao dito sinal de controle para variar o valor da dita quantidade de estímulo;

e em que o dispositivo de controle (5) é adaptado para gerar o sinal de controle de modo que o estímulo de despertar seja gerado de acordo com um programa de despertar predefinido, sendo que o programa de despertar inclui:

a) um valor inicial para a quantidade de estímulo do estímulo de despertar, sendo que o valor inicial tem uma eficácia de despertar relativamente baixa;

b) um valor final ( $I_M$ ) para a quantidade de estímulo do estímulo de despertar, sendo que o valor final tem uma eficácia de despertar relativamente alta;

c) uma duração da ação de despertar ( $t_{\Delta}$ ), definindo um horário de antecedência ( $t_A$ ) antes do horário pretendido de despertar ( $t_{WU}$ ) de acordo com a fórmula  $t_A = t_{WU} - t_{\Delta}$ ;

d) em que, no horário de antecedência ( $t_A$ ), o estímulo de despertar é iniciado com a dita quantidade de estímulo que tem o dito valor inicial;

e) em que, em um intervalo de tempo a partir do horário de antecedência ( $t_A$ ) até o horário pretendido de despertar ( $t_{WU}$ ), o valor da dita quantidade de estímulo é variado gradualmente do dito valor inicial até o dito valor final;

f) em que, no horário pretendido de despertar ( $t_{WU}$ ), a dita quantidade de estímulo tem o dito valor final;

em que o dispositivo despertador (1) compreende adicionalmente o meio de monitoramento de qualidade do sono (10) para monitorar uma qualidade do sono de um usuário e para gerar um sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) indicativo da qualidade momentânea do sono do usuário;

caracterizado pelo dispositivo de controle (5) ter uma entrada para detectar um horário de dormir ( $t_1$ ) do usuário antes do horário de antecedência ( $t_A$ ), e em que o dispositivo de controle (5) é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) recebido a partir do meio de monitoramento de qualidade do sono (10) para calcular um parâmetro de qualidade geral do sono (SQ) do usuário com base em uma pluralidade de medições ( $S(t_i)$ ) do sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) realizada em uma respectiva pluralidade de vezes ( $t_i$ ) entre o horário de dormir ( $t_1$ ) e o horário de antecedência ( $t_A$ ), e corrigir o programa de despertar como função do parâmetro de qualidade

geral do sono (SQ).

2. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente uma memória (6) associada ao dispositivo de controle (5), cuja memória contém informações que definem pelo menos um parâmetro de programa do programa de despertar, e em que o dispositivo de controle (5) é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) para corrigir o valor do parâmetro de programa como função do parâmetro de qualidade geral do sono (SQ).

3. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo parâmetro de programa a ser corrigido como função do parâmetro de qualidade geral do sono (SQ) ser o dito valor inicial e/ou o dito valor final e/ou a dita duração da ação de despertar.

4. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela memória (6) conter um valor de tempo padrão ( $t_{\Delta 0}$ ) para a duração da ação de despertar ( $t_{\Delta}$ ), e em que o dispositivo de controle (5) é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) para aumentar a duração da ação de despertar ( $t_{\Delta}$ ) para um valor ( $t_{\Delta 1}$ ) maior do que o valor de tempo padrão ( $t_{\Delta 0}$ ) quando o parâmetro de qualidade geral do sono (SQ) corresponde a uma noite de sono ruim do usuário.

5. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela memória (6) conter um valor de tempo padrão ( $t_{\Delta 0}$ ) para a duração da ação de despertar ( $t_{\Delta}$ ), e em que o dispositivo de controle (5) é responsivo ao sinal monitoramento de qualidade do sono (S) para reduzir a duração da ação de despertar ( $t_{\Delta}$ ) até um

valor ( $t_{\Delta 2}$ ) menor do que o valor de tempo padrão ( $t_{\Delta 0}$ ) quando o parâmetro de qualidade geral do sono (SQ) corresponde a uma noite de sono boa do usuário.

6. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela memória (6) conter um valor de estímulo padrão ( $I_{M0}$ ) para o valor final da dita quantidade de estímulo variável do estímulo de despertar, e em que o dispositivo de controle (5) é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) para reduzir o dito valor final para um valor ( $I_{M1}$ ) menor do que o valor de estímulo padrão ( $I_{M0}$ ) quando o parâmetro de qualidade geral do sono (SQ) corresponde a uma noite de sono ruim do usuário.

7. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela memória (6) conter um valor de estímulo padrão ( $I_{M0}$ ) para o valor final da dita quantidade de estímulo variável do estímulo de despertar, e em que o dispositivo de controle (5) é responsivo ao sinal de monitoramento de qualidade do sono (S) para aumentar o dito valor final para um valor ( $I_{M2}$ ) maior do que o valor de estímulo padrão ( $I_{M0}$ ) quando o parâmetro de qualidade geral do sono (SQ) corresponde a uma noite de sono boa do usuário.

8. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo estímulo de despertar ser leve.

9. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela dita quantidade de estímulo variável do estímulo de despertar ser uma intensidade de estímulo.

10. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo meio de monitoramento de

qualidade do sono (10) incluir um sensor de movimento para detectar o movimento do corpo do usuário, e em que o meio de monitoramento de qualidade do sono (10) é configurado para gerar o sinal de monitoramento de qualidade do sono (S), com base na quantidade de movimento do corpo do usuário.

11. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pela memória (6) conter informações que definem uma função de ponderação ( $NSD(t)$ ) como função do tempo ou como função de fase ( $E_i$ ) durante a noite, sendo que a função de ponderação ( $NSD(t)$ ) tem valores de ponderação maiores em estágios anteriores da noite e valores de ponderação inferiores em estágios posteriores da noite.

12. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo meio de monitoramento de qualidade do sono (10) incluir um sensor de movimento para detectar o movimento do corpo do usuário, e em que o meio de monitoramento de qualidade do sono (10) é configurado para gerar o sinal de monitoramento de qualidade do sono (S), com base na quantidade de movimento do corpo do usuário

em que o dispositivo de controle (5) é configurado para dividir um intervalo de tempo de sono entre um horário pretendido de dormir e um horário pretendido de despertar em uma pluralidade (N) de fases ( $E_i$ );

em que a memória (6) contém informações que definem uma função de ponderação ( $NSD(t_i)$ ) como função das ditas fases ( $E_i$ ), sendo que a função de ponderação ( $NSD(t_i)$ ) tem valores de ponderação maiores em estágios anteriores do intervalo de tempo de sono e valores de ponderação inferiores em estágios posteriores do intervalo de tempo de sono;

em que o dispositivo de controle (5) é configurado

para cada fase ( $E_i$ ) para calcular uma amostra de medição ponderada ( $WS(t_i)$ ) de acordo com a fórmula  $WS(t_i) = (S(t_i) \cdot NSD(t_i))/N$ , em que  $S(t_i)$  indica o valor amostrado do sinal de monitoramento de qualidade do sono ( $S$ ) na fase ( $E_i$ );

e em que o dispositivo de controle (5) é configurado para calcular o parâmetro de qualidade geral do sono ( $SQ$ ) como soma em execução das amostras de medição ponderadas ( $WS(t_i)$ ) de acordo com a fórmula

$$SQ = \sum_{i=1}^N WS(t_i) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N NSD(t_i) \cdot S(t_i)$$

13. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por, em um horário de decisão predefinido ( $t_D$ ), anterior a um horário de antecedência padrão ( $t_{A0}$ ), o dispositivo de controle (5) aumentar a duração da ação de despertar ( $t_\Delta$ ) se naquele tempo o dispositivo de controle (5) determinar que um parâmetro de decisão de qualidade do sono ( $SQ(t_D)$ ) calculado como:

$$SQ(t_D) = \frac{1}{N} \sum_{t=t_1}^{t_D} NSD(t_i) \cdot S(t_i)$$

é maior do que um valor de referência ( $SQ_{ref}$ ) armazenado na memória (6).

14. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo valor de referência ( $SQ_{ref}$ ) ser uma média contínua dos parâmetros de decisão de qualidade do sono ou parâmetros de decisão de qualidade geral do sono calculados durante um número predefinido de sessões de monitoramento anteriores.

15. DISPOSITIVO DESPERTADOR, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo meio de estímulo de despertar (4) compreender uma lâmpada de despertar com uma

intensidade de luz variável.

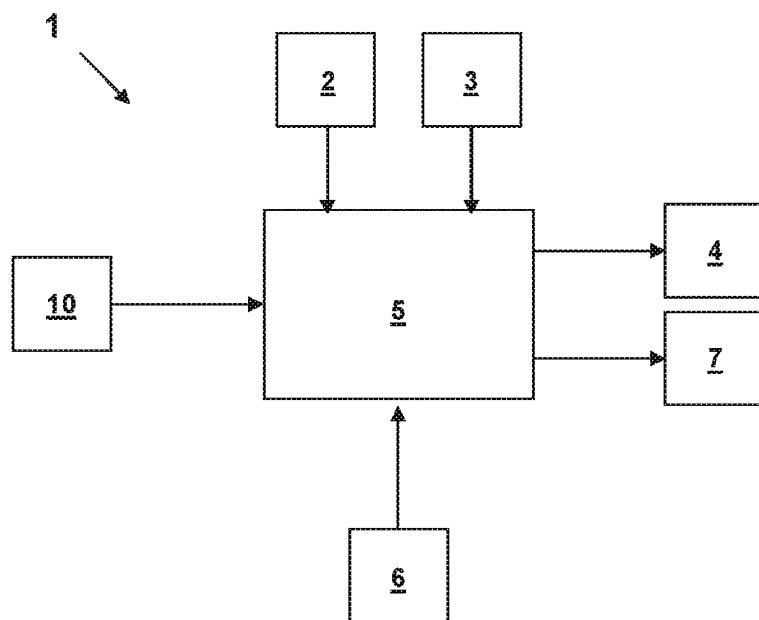


FIG. 1

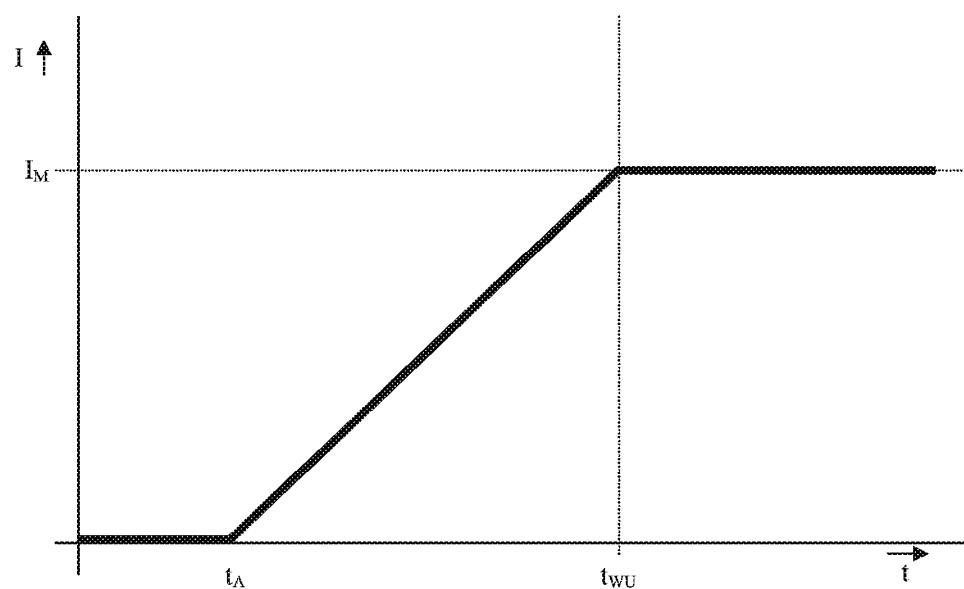


FIG. 2

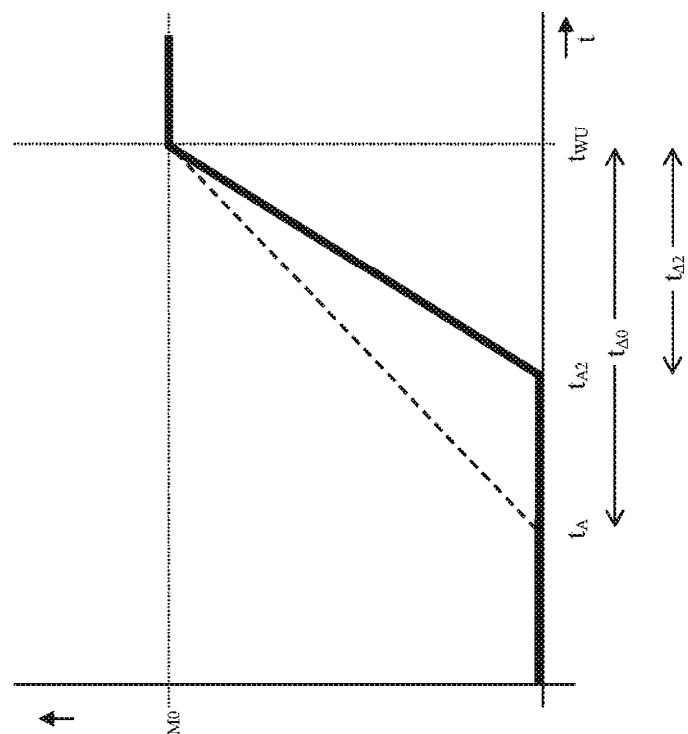


FIG. 3B

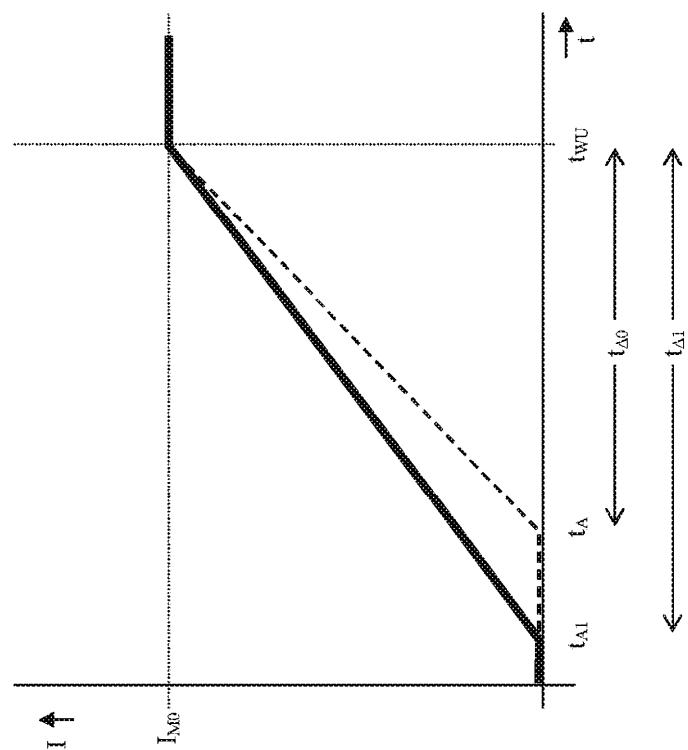


FIG. 3A

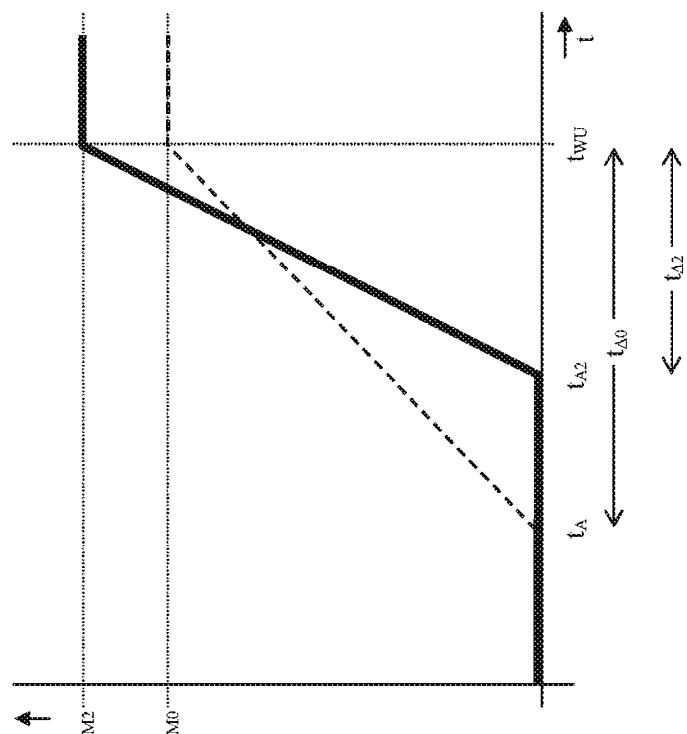


FIG. 4B

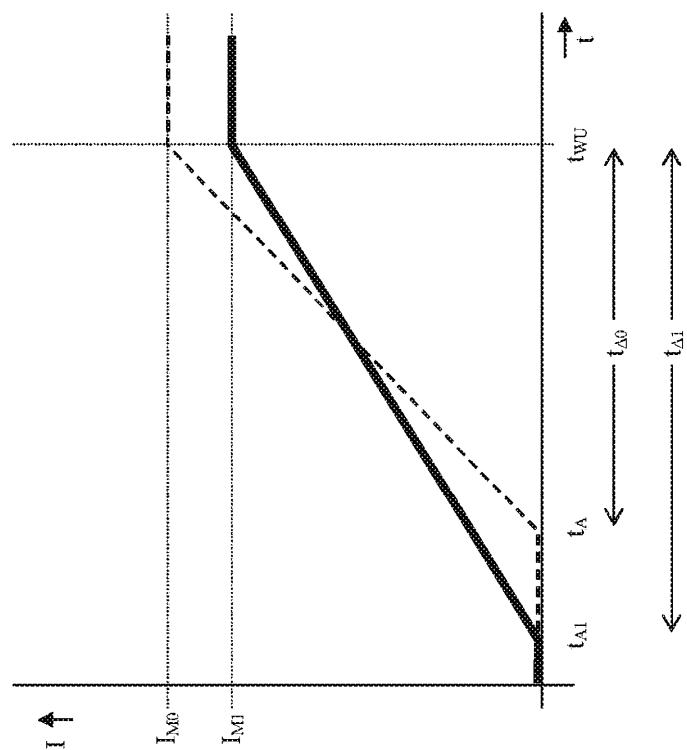


FIG. 4A

4 / 5

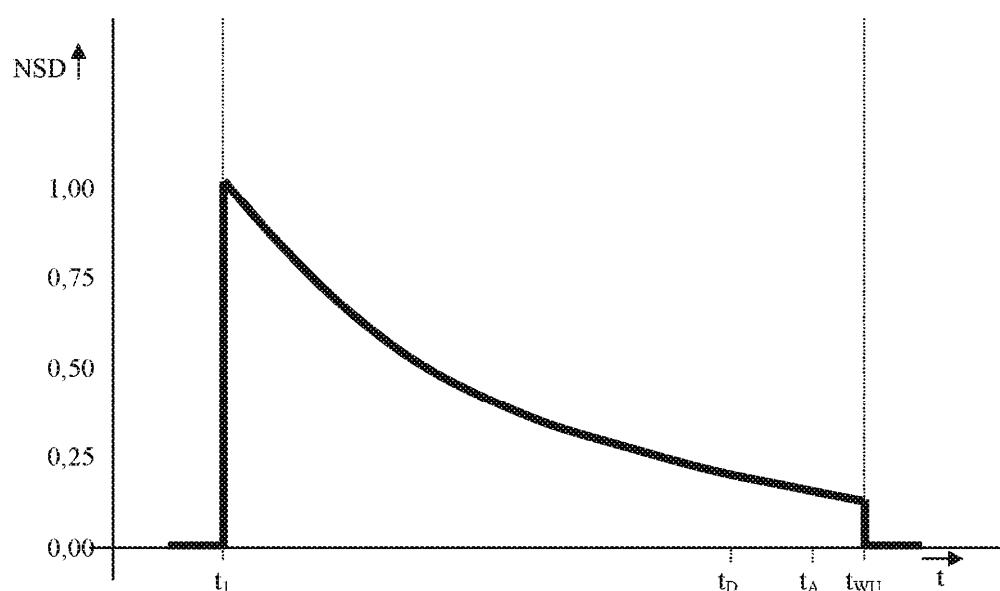


FIG. 5

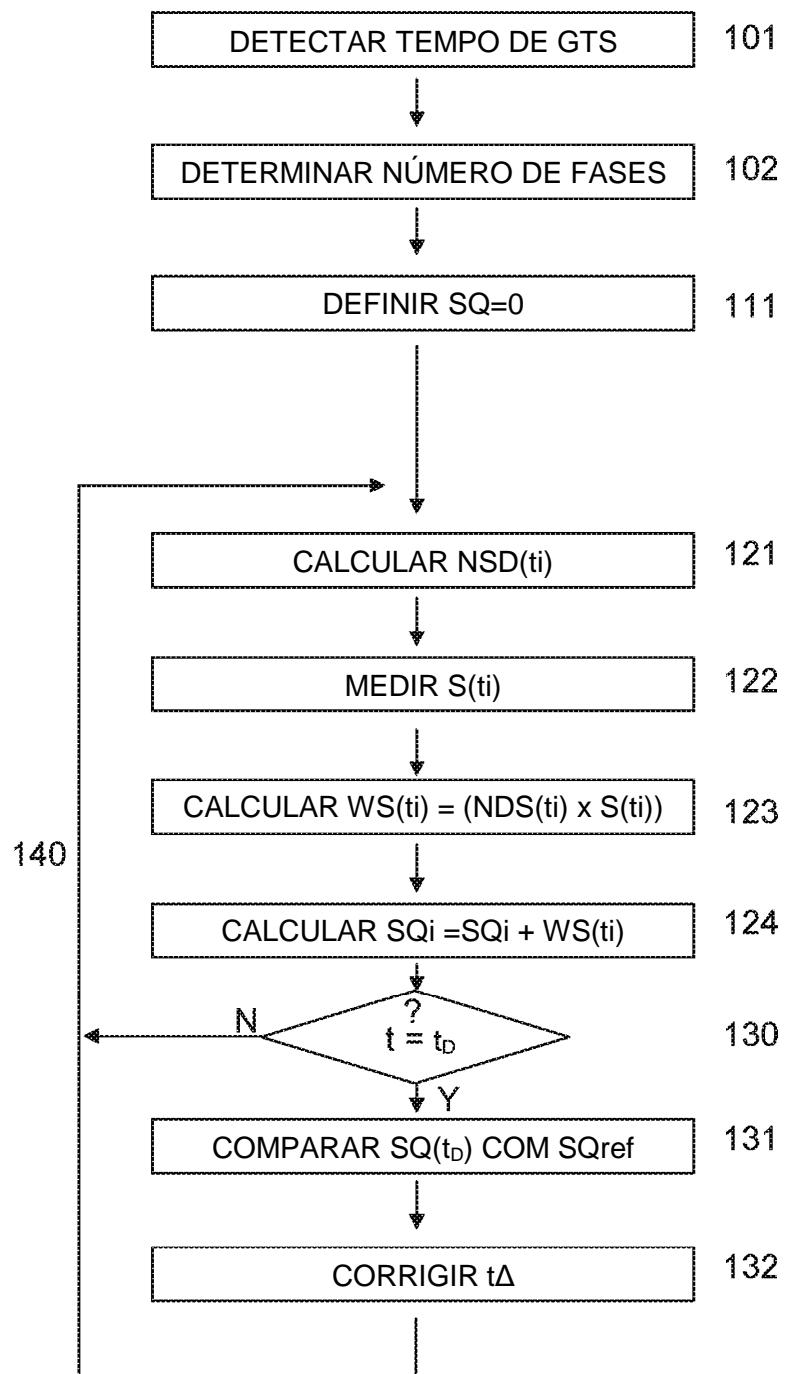


FIG. 6