



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

**(11) PI 0908702-8 B1**



**(22) Data do Depósito: 05/05/2009**

**(45) Data de Concessão: 18/06/2019**

---

**(54) Título:** SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS E MÉTODO PARA USO DE UM SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS

**(51) Int.Cl.:** G08B 21/04; A61B 5/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 12/05/2008 CN 200810097078.4.

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

**(72) Inventor(es):** NINGJIANG CHEN; SHENG KIN.

**(86) Pedido PCT:** PCT IB2009051836 de 05/05/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/138900 de 19/11/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 09/11/2010

**(57) Resumo:** SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS E MÉTODO PARA USO DE UM SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS É apresentado um sistema pessoal de detecção de quedas que compreende um módulo sensor que é apropriado para fixação a um usuário, e o módulo sensor compreende um acelerômetro para medir as acelerações que agem no módulo sensor; e um processador para analisar as acelerações medidas a fim de determinar se o módulo sensor sofreu um impacto e para estimar um deslocamento vertical do módulo sensor durante um período de tempo imediatamente antes do impacto; sendo que o processador estima o deslocamento vertical do módulo sensor ao integrar duas vezes as medições do acelerômetro.

SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS E MÉTODO  
PARA USO DE UM SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS

CAMPO TÉCNICO DA INVENÇÃO

A invenção refere-se à medição de deslocamento  
5 de um objeto, e em particular a um método e a um sistema  
para a medição do deslocamento de um objeto durante uma  
queda utilizando um acelerômetro.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Os acelerômetros tridimensionais podem ser  
10 fixados aos objetos e podem medir a aceleração do objeto  
em três dimensões. Como parte dessas medições, o  
acelerômetro mede as acelerações no objeto causadas pela  
gravidade.

Geralmente, um sistema pessoal de detecção de  
15 quedas compreende um módulo sensor utilizado pelo usuário  
que é arranjado para transmitir um sinal de alarme à parte  
restante do sistema no caso de uma situação de emergência  
ser detectada. Tal módulo sensor pode compreender um botão  
de alarme que o usuário pode pressionar para que o módulo  
20 envie o sinal de alarme ou um detector que detecta se um  
usuário caiu, com o que o módulo sensor envia  
automaticamente um sinal de alarme.

Muitas soluções de detecção de queda automáticas  
existentes são baseadas na medição da aceleração das  
25 atividades diárias e quedas do usuário que tem um detector  
de queda fixado ao corpo, geralmente na cintura. O  
princípio básico dessas soluções de detecção de queda  
consiste em detectar um impacto grande ou significativo  
causado pelo choque do corpo contra o chão durante uma  
30 queda. Algumas soluções também podem detectar a mudança na  
orientação do corpo causada por uma queda, o que melhora a  
taxa de sucesso na detecção de quedas.

No entanto, as soluções existentes ainda têm uma

taxa de alarme falso alta, inaceitável. Isso ocorre porque a medição da mudança na orientação do corpo junto com a detecção da ocorrência de um impacto grande muitas vezes não é suficiente para distinguir todas as atividades diárias de um usuário de uma queda.

O sistema de detecção de quedas pode ser provido com uma funcionalidade adicional para gerar mais informação sobre as atividades do usuário, o que pode melhorar o desempenho. Em particular, a integração de um sensor de medição de deslocamento ao módulo sensor pode melhorar o desempenho. Isto ocorre porque a passagem de uma postura ereta para uma queda no chão resulta na diminuição da altura do módulo em aproximadamente a altura da cintura ao chão, se o módulo sensor estiver fixado à cintura. Esta informação de deslocamento é útil para distinguir algumas atividades diárias das quedas e melhora o desempenho de detecção de queda.

A integração de um barômetro em um sistema de detecção de quedas com base em um acelerômetro, que permite que a altura absoluta seja medida a partir da pressão de ar, preenche o requisito acima. No entanto, a inclusão deste tipo de componente adicional ao módulo sensor leva a um aumento no consumo de energia e no tamanho do sistema. Além disso, as medições por barômetros podem ser afetadas adversamente por mudanças no ambiente, tal como uma mudança na pressão ambiente ou na temperatura.

Portanto, há a necessidade de uma metodologia alternativa para medição do deslocamento de um módulo sensor que inclua um acelerômetro.

#### DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

De acordo com um primeiro aspecto da invenção, é apresentado um sistema pessoal de detecção de quedas que compreende um módulo sensor próprio para ser posicionado em

um usuário, e o módulo sensor compreende um acelerômetro para medição de acelerações que agem no módulo sensor; e um processador para analisar as acelerações medidas a fim de determinar se o módulo sensor sofreu um impacto, e para  
5 estimar um deslocamento vertical do módulo sensor durante um período de tempo imediatamente antes do impacto; sendo que o processador estima o deslocamento vertical do módulo sensor pela integral dupla das medições do acelerômetro.

Preferivelmente, o processador é adaptado para  
10 determinar que o módulo sensor sofreu um impacto se as acelerações medidas forem características de uma colisão com um objeto sólido.

Preferivelmente, o processador é adaptado para determinar que o módulo sensor sofreu um impacto se uma  
15 magnitude da aceleração medida exceder um limite predeterminado.

Alternativamente, o processador é adaptado para determinar que o módulo sensor sofreu um impacto se a magnitude da aceleração medida em uma direção especificada  
20 exceder um limite predeterminado.

Alternativamente, o processador é adaptado para determinar que o módulo sensor sofreu um impacto se a variação das medições do acelerômetro exceder um limite predeterminado.

Preferivelmente, o processador é adaptado  
25 adicionalmente para identificar um instante de impacto, o tempo em que o módulo sensor sofreu o impacto.

Preferivelmente, o processador é adaptado para identificar o instante do impacto ao examinar um sinal de  
30 tempo das acelerações medidas.

Preferivelmente, o processador é adaptado adicionalmente para identificar um instante inicial, instante no qual o módulo sensor começou a se mover antes do impacto.

Preferivelmente, o processador é adaptado para identificar o instante inicial pela análise das acelerações medidas antes do impacto, a fim de identificar um período estável em que as acelerações medidas variam menos do que um limite predeterminado, e para identificar o instante inicial como o instante em que o período estável termina.

Alternativa ou adicionalmente, o processador é adaptado para identificar o instante inicial pela análise das acelerações medidas antes do impacto a fim de identificar uma variação na direção da aceleração medida que está acima de um limite predeterminado e para identificar o instante inicial como o instante em que a variação na direção primeiramente excedeu o limite.

Preferivelmente, o processador é adaptado para estimar o deslocamento vertical do módulo sensor pela integral dupla das medições do acelerômetro entre o instante inicial e o instante de impacto.

Preferivelmente, o processador é adaptado para estimar a aceleração gravitacional no instante inicial ao identificar a componente da aceleração medida no instante inicial que age em uma direção vertical.

Preferivelmente, o processador é adaptado para subtrair a aceleração gravitacional estimada das medições que são utilizadas pelo processador a fim de estimar o deslocamento vertical do módulo sensor.

Preferivelmente, o sistema pessoal de detecção de quedas compreende um dispositivo para determinar se uma queda ocorreu pela utilização do deslocamento vertical estimado do módulo sensor.

Preferivelmente, o dispositivo é adaptado adicionalmente para disparar um alarme se for determinado que uma queda ocorreu.

Em algumas realizações, o processador é parte do

módulo sensor. No entanto, em outras realizações, o processador é parte de uma unidade-base que é separada do módulo sensor.

De acordo com um segundo aspecto da invenção, é apresentado um método que compreende a medição das acelerações que agem em um objeto; a análise das acelerações medidas para determinar se o objeto sofreu um impacto; a estimativa de um deslocamento vertical do objeto durante um período de tempo imediatamente antes do impacto pela integral dupla das medições do acelerômetro.

De acordo com um terceiro aspecto da invenção, é apresentado um programa de computador para executar o método descrito acima quando executado em um computador.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A invenção será descrita agora, somente a título de exemplo, com referência aos desenhos a seguir, nos quais:

A Figura 1 mostra um sistema de detecção de quedas de acordo com a invenção.

A Figura 2 é um diagrama de blocos que mostra o módulo sensor do sistema de detecção de quedas com mais detalhes.

A Figura 3 é um diagrama que ilustra um método de acordo com a invenção.

A Figura 4 é uma ilustração de um módulo sensor e de um usuário caindo.

A Figura 5 é um gráfico que mostra algumas medições exemplificadoras de um acelerômetro.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DAS REALIZAÇÕES PREFERIDAS

A Figura 1 mostra um sistema de detecção de quedas utilizado por um usuário 2. O sistema de detecção de quedas compreende um módulo sensor 4 que é utilizado pelo usuário 2 e uma unidade-base 6. O módulo sensor 4 pode ser utilizado em qualquer parte do corpo do usuário, mas é preferível que seja

utilizado em torno da cintura, ou no peito do usuário, a fim de melhorar a detecção de quaisquer quedas.

O módulo sensor 4 compreende pelo menos um acelerômetro para medição da aceleração experimentada pelo módulo sensor 4 e por algum dispositivo para comunicação com a unidade-base 6. Se o módulo sensor 4 detectar uma queda ou outra condição de alarme, o módulo sensor 4 se comunica com a unidade-base 6, e a unidade-base 6 pode emitir ou disparar um alarme.

Em realizações alternativas, a funcionalidade do módulo sensor 4 e da unidade-base 6 pode ser combinada em um único dispositivo.

A Figura 2 mostra o módulo sensor 4 com mais detalhes. Nesta realização, o módulo sensor 4 compreende um acelerômetro 8 que mede a aceleração experimentada pelo módulo sensor 4 em três dimensões, e um processador 10 para determinar se uma queda ocorreu a partir das medições do acelerômetro 8. O acelerômetro 8 pode medir a aceleração continuamente ou em intervalos discretos e pode registrar o tempo de cada medição (embora seja possível que o processador 10 registre o tempo das medições à medida que elas são gravadas na memória 18). O módulo sensor 4 também compreende uma antena 12 e circuitos transceptores associados 14 para comunicação com a unidade-base 6, uma unidade de alarme 16 para emitir um sinal de alarme ou tom no caso de uma condição de alarme ser detectada e uma memória 18 para armazenar um conjunto de medições do acelerômetro 8.

Em uma realização preferida, a memória 18 é um buffer circular ou tipo similar de dispositivo que armazena contínua, ou periodicamente, as medições que abrangem um período de tempo em particular do acelerômetro 8 para recuperação subsequente pelo processador 10. Desse modo, quando a memória 18 está cheia, medições adicionais irão

sobrepor as medições mais antigas armazenadas na memória 18, de modo que a memória 18 contenha as medições  $n$  de acelerômetro mais recentes que abrangem um intervalo de tempo específico  $T$  que precede o presente. É claro que a memória 18 deve ter capacidade suficiente para armazenar as medições do acelerômetro que abrangem pelo menos o tempo que leva para a queda. Por exemplo, a memória 18 que pode armazenar as medições do acelerômetro que abrangem um período de cinco segundos deve ser suficiente para implementar a invenção.

De acordo com a invenção, o deslocamento do módulo sensor 4 é estimado ao se obter a integral dupla das medições do acelerômetro 8. Ao tornar essa estimativa de deslocamento disponível a um algoritmo de detecção de queda, que é executado no processador 10, o desempenho da taxa de alarme falso do sistema de detecção de quedas pode ser melhorado.

A Figura 3 ilustra um método de estimar o deslocamento do módulo sensor 4 de acordo com uma realização da invenção. O método tem início na etapa 101, quando um impacto ocorre. Um "impacto" é definido como uma medição ou conjunto de medições do acelerômetro 8 características de uma colisão com um objeto sólido, tal como o chão. Em particular, um impacto pode ser uma medição cuja magnitude excede um limite predeterminado ou uma medição ao longo de um eixo particular ou em uma direção particular cuja magnitude excede um limite predeterminado. Alternativamente, como um impacto irá resultar em uma grande variação na saída do acelerômetro 8, o impacto pode ser identificado por comparação entre a variação nas medições e um limite predeterminado. O processador 10 pode identificar o impacto pela análise das medições do acelerômetro 8 à medida que são armazenadas na memória 18.

Tal como descrito acima, o acelerômetro 8 fornece, contínua ou periodicamente, medições de aceleração para a

memória 18 para armazenagem. Portanto, no ponto em que o processador 10 determina que um impacto ocorreu (o que pode se dar logo após a ocorrência do impacto, devido a atrasos no processamento ou através da confirmação da queda pela análise subsequente das medições do acelerômetro), a memória 18 irá conter as medições da aceleração que abrangem um intervalo de tempo  $T$ .

Na etapa 103, o processador 10 determina o tempo em que o impacto ocorreu. Para fazer isso, o processador 10 examina as medições do acelerômetro armazenadas na memória 18 para identificar as medições de aceleração mais altas ou associadas ao impacto. Se o acelerômetro 8 fornecer medições separadas de aceleração ao longo de cada um dos eixos tridimensionais, o processador 10 pode examinar a magnitude do vetor de aceleração para determinar a aceleração mais alta ou de pico.

Uma vez que a medição de pico é encontrada, o instante da medição é determinado a partir do registro de tempo associado, e esse tempo é registrado como  $t_{\text{impacto}}$ .

Uma vez que o instante de impacto tenha sido determinado, o método identifica o tempo  $t_{\text{início}}$  em que a queda teve início (etapa 105).

Preferivelmente, o método determina o  $t_{\text{início}}$  das medições do acelerômetro armazenadas na memória 18. Para tanto, o processador analisa as medições do acelerômetro na memória 18 que precedem a medição no tempo  $t_{\text{impacto}}$  para identificar se as medições apresentam um período estável onde a magnitude e/ou a direção da aceleração medida pelo acelerômetro 8 não varia significativamente.

Em particular, foi notado que as medições por um acelerômetro 8, antes que uma queda tenha início, são geralmente estáveis, e que a variação das medições está abaixo de um limite predeterminado. Portanto, o processador

10 pode examinar as medições armazenadas na memória 18 por um período estável que precede o impacto em  $t_{\text{impacto}}$ , e o tempo em que a queda tem início pode ser determinado como o tempo associado à medição do acelerômetro no fim desse período estável.

Adicional ou alternativamente ao afirmado acima, a direção da aceleração medida pelo acelerômetro 8 pode começar a mudar no início de uma queda, de modo que o processador 10 pode examinar as medições armazenadas para identificar um período antes do instante de impacto  $t_{\text{impacto}}$ , em que a direção começa a mudar a uma taxa maior do que um limite predeterminado. O instante inicial da queda  $t_{\text{início}}$  pode ser determinado como o tempo associado à medição do acelerômetro ao início desse período de mudança de direção.

Se o processador 10 identificar um instante inicial utilizando ambos os métodos, o processador 10 pode tirar uma média dos tempos para utilizar como  $t_{\text{início}}$ .

Se o processador 10 for incapaz de identificar um período estável nas medições armazenadas ou um período em que a direção da aceleração começa a mudar (ou se o processador 10 quiser verificar a confiabilidade de qualquer uma ou de ambas as medições), o processador 10 pode estimar o instante inicial utilizando o seguinte:

$$H = \frac{1}{2} g t_{\text{duração\_da\_queda}}^2 \quad (1)$$

onde H é o deslocamento da altura, g é aceleração devida à gravidade e o  $t_{\text{duração\_da\_queda}}$  é a duração da queda, obtém-se:

$$t_{\text{duração\_da\_queda}} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2)$$

Portanto, se o deslocamento da altura for suposto como sendo em torno de 0,8 a 1 metro (com base no módulo sensor que está sendo utilizado em torno da cintura de um

usuário), o instante em que a queda teve início pode ser determinada com:

$$t_{\text{início}} = t_{\text{impacto}} - t_{\text{duração\_da\_queda}} \quad (3)$$

Deve ser apreciado que esse valor para  $t_{\text{início}}$  só é estritamente apropriado para um objeto ou pessoa em queda livre, mas é utilizado aqui como um valor aproximado para quedas normais (não livres).

Na etapa 107, o processador 10 estima a aceleração gravitacional no acelerômetro 8 quando a queda começar (isto é, no tempo  $t_{\text{início}}$ ). Isto é feito ao identificar a componente de medição do acelerômetro 8 em  $t_{\text{início}}$  (ou logo antes de  $t_{\text{início}}$ ) que corresponde à gravidade. Se for suposto que o eixo y do acelerômetro 8 é perpendicular ao chão (ver Figura 4), o processador 10 pode estimar a aceleração gravitacional no acelerômetro 8 em  $t_{\text{início}}$  tomando a componente y da medição  $t_{\text{início}}$ .

Na etapa 109, o processador 10 calcula o deslocamento que ocorre durante a queda.

Conforme mostrado na Figura 4, supõe-se que o módulo sensor 4 esteja posicionado junto à cintura do usuário e que o eixo y do acelerômetro 8 no módulo sensor 4 esteja apontando para baixo, na direção em que a gravidade irá agir quando o módulo sensor 4 estiver em sua orientação normal.

A aceleração representada pelas medições do acelerômetro 8 é uma superposição da gravidade e das acelerações causadas por forças externas. Uma vez que as forças externas no módulo sensor 4 ao instante inicial da queda  $t_{\text{início}}$  são desconhecidas, o deslocamento calculado nesta etapa é um valor aproximado.

Deve ser apreciado que só é necessário calcular o deslocamento na direção da gravidade. Portanto, a aceleração nos eixos x, y e z deve ser traçada na direção da gravidade de acordo com a orientação do módulo sensor 4. No entanto,

pode ser visto na Figura 4 que a orientação do módulo sensor 4 muda durante uma queda, porque o módulo sensor 4 descreve uma trajetória curvilínea em direção ao chão em vez de uma linha reta para baixo.

5 Na estimativa, supõe-se que a força inicial que age na direção da gravidade (eixo y) seja igual a zero. Portanto, a equação (3) pode ser utilizada para estimar o instante inicial da queda  $t_{início}$ .

10 Na maioria dos casos de uma queda progressivo/retrógrado ou para o lado esquerdo/direito (isto é, ao longo do eixo x), um eixo sempre será perpendicular à direção em que a gravidade age e pode ser omitido do cálculo, uma vez que a gravidade não terá uma componente ao longo desse eixo durante a queda. Por exemplo, na queda progressiva  
15 ilustrada na Figura 1, o eixo x não precisa ser considerado.

Em quedas progressivas/retrógradas, as acelerações ao longo do eixo y e do eixo z contribuem para o deslocamento vertical através do ângulo  $\Phi$  (supõe-se que o eixo x seja perpendicular à direção em que a gravidade age a todo  
20 instante durante a queda). O ângulo  $\Phi$  pode ser estimado por

$$\Phi = \arccos(y/r) \quad (4)$$

onde

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (5)$$

Uma vez que as medições do acelerômetro 8 irão consistir de duas partes, gravidade e as outras acelerações no módulo sensor 4, a gravidade é compensada pela subtração  
25 da medição do eixo y inicial  $y_{inicial}$  obtida na etapa 107.

O deslocamento do módulo sensor 4 durante a queda pode então ser obtido das componentes axiais y e z das medições sobre o período  $t_{duração\_da\_queda}$  ao avaliar a equação (6) abaixo.

$$H = \iint_{\text{duração\_da\_queda}} (y \cos \Phi + z \sin \Phi - y_{\text{inic}}) dt dt$$

$$H = \iint_{\text{duração\_da\_queda}} \left( \frac{-y^2}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} + z \sqrt{\frac{x^2 + z^2}{x^2 + y^2 + z^2}} - y_{\text{inic.}} \right) dt dt$$

$$H = \iint_{\text{duração\_da\_queda}} \left( \frac{y^2 + z \sqrt{x^2 + z^2}}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} - y_{\text{inic.}} \right) dt dt \quad (6)$$

A Figura 5 mostra um gráfico exemplificador que ilustra um cálculo de deslocamento de acordo com a invenção. As três linhas representam as medições dos eixos x, y e z do acelerômetro 8 para o intervalo de tempo T durante uma queda progressiva. O cálculo do deslocamento resolve uma integral dupla das medições de aceleração entre o ponto de início da queda e o ponto de "bater no chão", e resulta em um deslocamento vertical de 105,54 centímetros.

Deve ser apreciado que o algoritmo acima calcula o deslocamento quando a queda é uma queda progressiva ou uma queda retrógrada. Com base no mesmo princípio, se a queda for uma queda para o lado esquerdo ou direito, as leituras do eixo x e do eixo y serão utilizadas no cálculo.

Em um caso mais geral, todas as componentes da aceleração serão utilizadas no cálculo do deslocamento. Neste caso, o deslocamento é calculado pela avaliação de

$$H = \iint_{\text{duração\_da\_queda}} (y \cos \Phi + x \sin \Phi_x + z \sin \Phi_z - \Omega \cos \Phi) dt dt$$

$$H = \iint_{\text{duração\_da\_queda}} \left( \frac{-y(y - \Omega)}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} - \frac{x^2}{\sqrt{x^2 + y^2}} + \frac{z^2}{\sqrt{y^2 + z^2}} \right) dt dt \quad (7)$$

onde  $\Phi_x$  e  $\Phi_z$  são os componentes de  $\Phi$  nos planos X-Y e Y-Z, respectivamente, e  $\Omega$  é a aceleração devida à gravidade ( $9,8 \text{ ms}^{-2}$ ).

O algoritmo de estimativa de deslocamento apresentado acima pode ser integrado em um sistema de detecção de quedas que também inclui a orientação e a detecção de impacto. Quando o módulo sensor detecta uma

mudança de orientação e um grande impacto, ele verifica o instante de impacto  $t_{\text{impacto}}$  e calcula o deslocamento. Se o valor do deslocamento for razoável (digamos 0,5 a 1,5 metro), então o processador 10 pode classificar o impacto como uma queda; caso contrário, o processador 10 pode ignorar o impacto.

Por exemplo, o usuário pode subitamente girar o módulo sensor 90 graus em suas mãos e gerar um grande impacto, mas o deslocamento calculado estará próximo de zero; assim, o processador 10 irá avaliar que uma queda não ocorreu.

O cálculo do deslocamento de acordo com a invenção oferece as vantagens de que a ocorrência de alarme falso da detecção de quedas pode ser melhorada, nenhum sensor de altura se faz necessário, o que acarreta um maior consumo de energia e o volume do módulo sensor 4 e, uma vez que a complexidade do cálculo de integração quadrática é baixa, ele pode facilmente ser explorado em um módulo sensor para um sistema de detecção de quedas.

Embora a invenção tenha sido descrita como completamente implementada no módulo sensor, deve ser apreciado que parte do método pode ser implementada por um processador na unidade-base 6 do sistema pessoal de detecção de quedas. Por exemplo, o módulo sensor 4 pode transmitir todas as medições do acelerômetro à unidade-base 6 para análise por um processador nessa unidade 6.

Além disso, embora a invenção apresente um método e um aparelho para determinar aproximadamente uma mudança na altura de um módulo sensor resultante de uma queda com base somente em medições feitas por um acelerômetro, deve ser apreciado que a invenção pode ser utilizada para determinar o deslocamento durante outros eventos que têm pontos de início e de fim característicos representados nas medições do

acelerômetro, e nos quais a orientação do acelerômetro pode mudar.

Embora a invenção tenha sido ilustrada e descrita em detalhes nos desenhos e na descrição anterior, tal  
5 ilustração e descrição devem ser consideradas como ilustrativas ou exemplificadoras, e não restritivas; a invenção não fica limitada às realizações apresentadas.

As variações às realizações apresentadas podem ser compreendidas e efetuadas pelos elementos versados na técnica  
10 de praticar a invenção reivindicada a partir de um estudo dos desenhos, da descrição e das reivindicações anexas. Nas reivindicações, a palavra "compreende" não exclui outros elementos ou etapas, e o artigo indefinido "um" ou "uma" não exclui uma pluralidade. Um único processador ou outra unidade  
15 podem cumprir as funções de vários itens citados nas reivindicações. O mero fato de que certas medições são citadas em reivindicações dependentes mutuamente diferentes não indica que uma combinação dessas medições não pode ser utilizada com vantagem. Os sinais de referência nas  
20 reivindicações não devem ser interpretados como limitadores do âmbito. Um programa de computador pode ser armazenado/distribuído em um meio apropriado, tal como um meio de armazenamento óptico ou um meio em estado sólido fornecido juntamente com um hardware ou como parte do mesmo,  
25 mas também pode ser distribuído de outras formas, como através da Internet ou de outros sistemas de telecomunicação com ou sem fio.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, caracterizado por compreender:

um módulo sensor (4) próprio para fixação a um usuário (2), e o módulo sensor (4) compreende um acelerômetro (8) para medição das acelerações que agem no módulo sensor (4); e

um processador (10) para analisar as acelerações medidas a fim de determinar se o módulo sensor (4) sofreu um impacto, e para estimar um deslocamento vertical do módulo sensor (4) durante um período de tempo imediatamente antes do impacto; em que o processador (10) estima o deslocamento vertical do módulo sensor (4) pela integração dupla de medições do acelerômetro (8); e

um dispositivo para determinar se uma queda ocorreu utilizando o deslocamento vertical estimado do módulo sensor (4).

2. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o processador (10) é adaptado para determinar que o módulo sensor (4) sofreu um impacto se:

as acelerações medidas forem características de uma colisão com um objeto sólido;

a aceleração medida exceder um limite predeterminado;

a aceleração medida em uma direção especificada exceder um limite predeterminado; ou

a discrepância entre medições do acelerômetro (8) exceder um limite predeterminado.

3. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o processador (10) também é adaptado para identificar um instante de impacto, instante em

que o módulo sensor (4) sofreu o impacto.

4. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o processador (10) é adaptado para identificar o instante de impacto pela análise de um registro temporal das acelerações medidas.

5. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o processador (10) também é adaptado para identificar um instante inicial, instante em que o módulo sensor (4) começa a se mover antes do impacto.

6. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o processador (10) é adaptado para identificar o instante inicial ao examinar as acelerações medidas antes do impacto a fim de identificar um período estável em que as acelerações medidas variam menos do que um limite predeterminado, e para identificar o instante inicial como o instante em que o período estável termina.

7. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que o processador (10) é adaptado para identificar o instante inicial ao examinar as acelerações medidas antes do impacto a fim de identificar uma variação na direção da aceleração medida que está acima de um limite predeterminado, e para identificar o instante inicial como o tempo em que a variação na direção primeiro excedeu o limite.

8. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, quando dependentes das reivindicações 3 ou 4, caracterizado pelo fato de que o processador (10) é adaptado para estimar o deslocamento vertical do módulo sensor (4) pela integração

dupla de medições do acelerômetro (8) entre o instante inicial e instante de impacto.

5 9. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, caracterizado pelo fato de que o processador (10) é adaptado para estimar a aceleração gravitacional no instante inicial pela identificação da componente de aceleração medida no instante inicial que atua em uma direção vertical.

10 10. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o processador (10) é adaptado para subtrair a aceleração gravitacional estimada a partir das medições que são utilizadas pelo processador (10) para estimar o deslocamento vertical do módulo sensor (4).

15 11. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é adaptado adicionalmente para disparar um alarme se for determinado que uma queda ocorreu.

20 12. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o processador (10) é uma parte do módulo sensor (4).

25 13. SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente uma unidade-base separada do módulo sensor (4), e o processador (10) faz parte da unidade-base.

30 14. MÉTODO PARA USO DE UM SISTEMA PESSOAL DE DETECÇÃO DE QUEDAS, que compreende um módulo sensor (4) próprio para fixação a um usuário (2), em que o método é caracterizado pelo fato de compreender:

a medição das acelerações que agem em um módulo sensor (4);

a análise das acelerações medidas para determinar se o módulo sensor (4) sofreu um impacto;

estimativa de um deslocamento vertical do módulo sensor (4) durante um período de tempo imediatamente antes do  
5 impacto por integração dupla de medições do acelerômetro (8);  
e

a determinação da ocorrência de uma queda utilizando o deslocamento vertical estimado do módulo sensor (4).

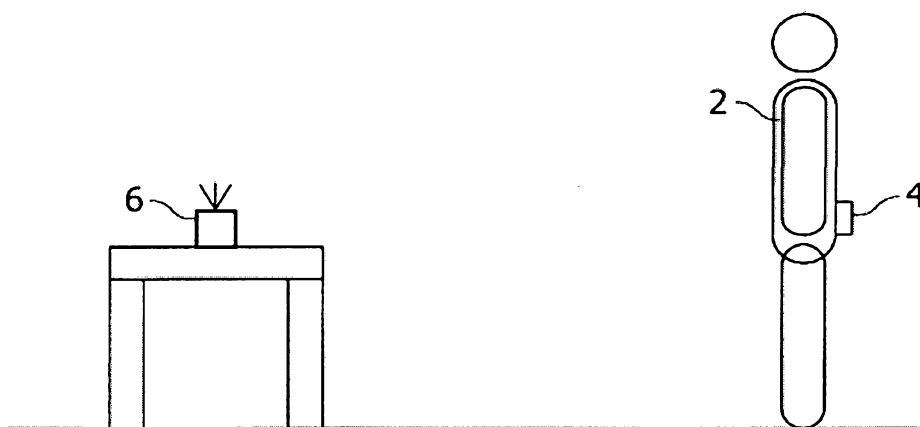


FIG. 1

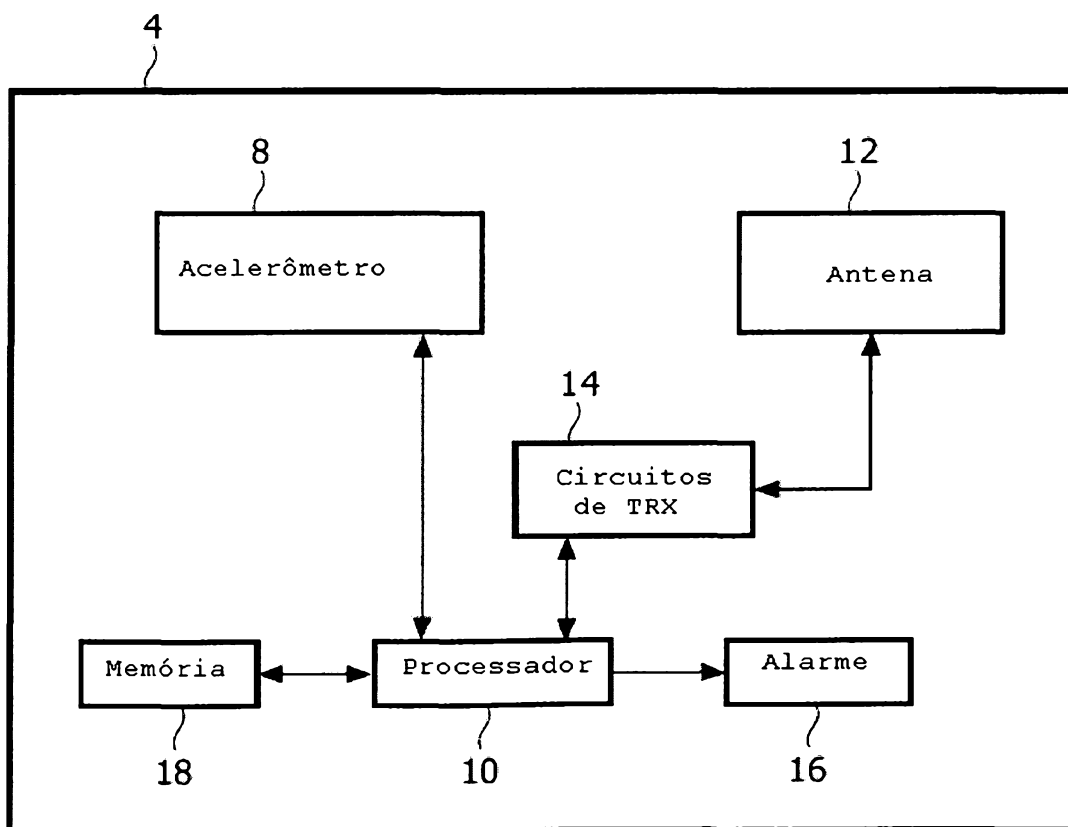


FIG. 2

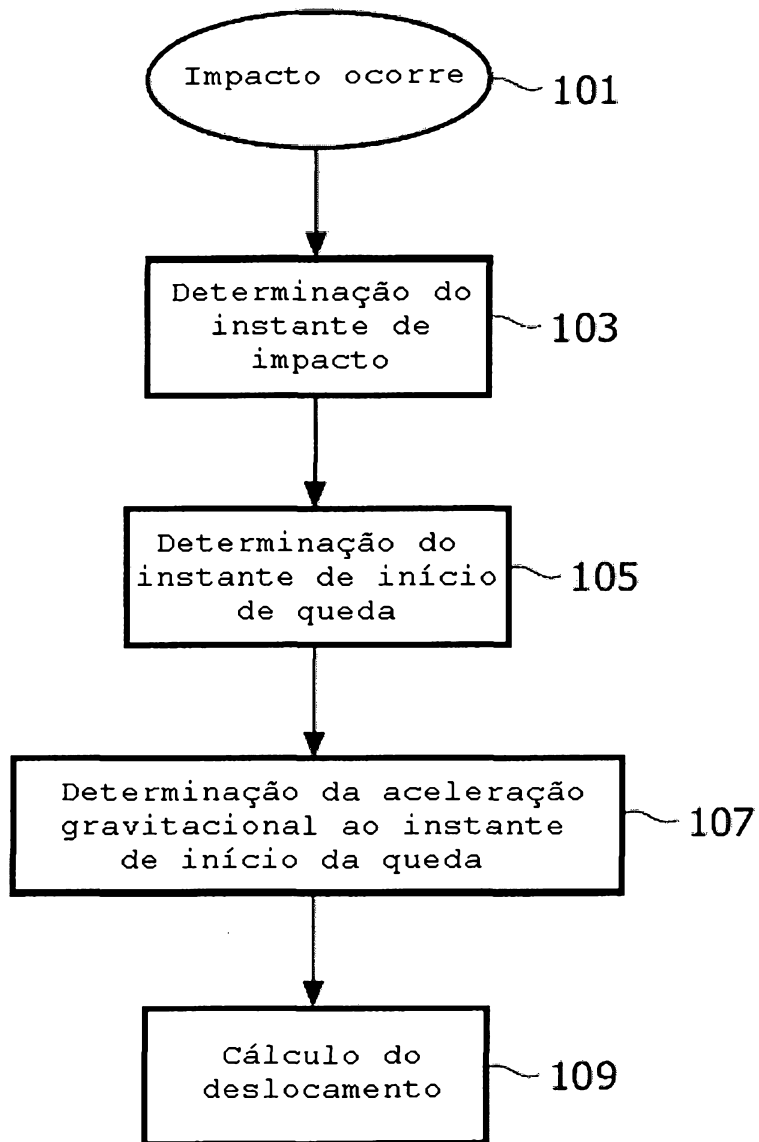


FIG. 3

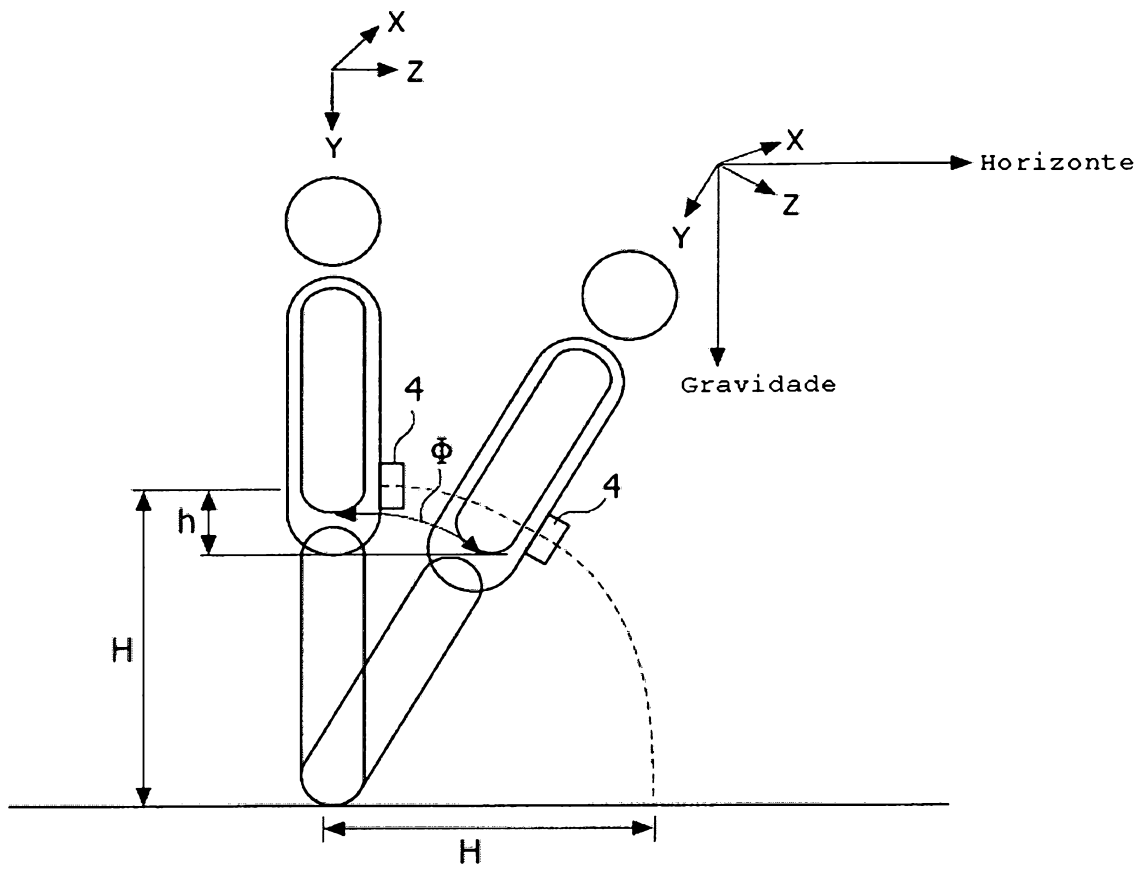


FIG. 4

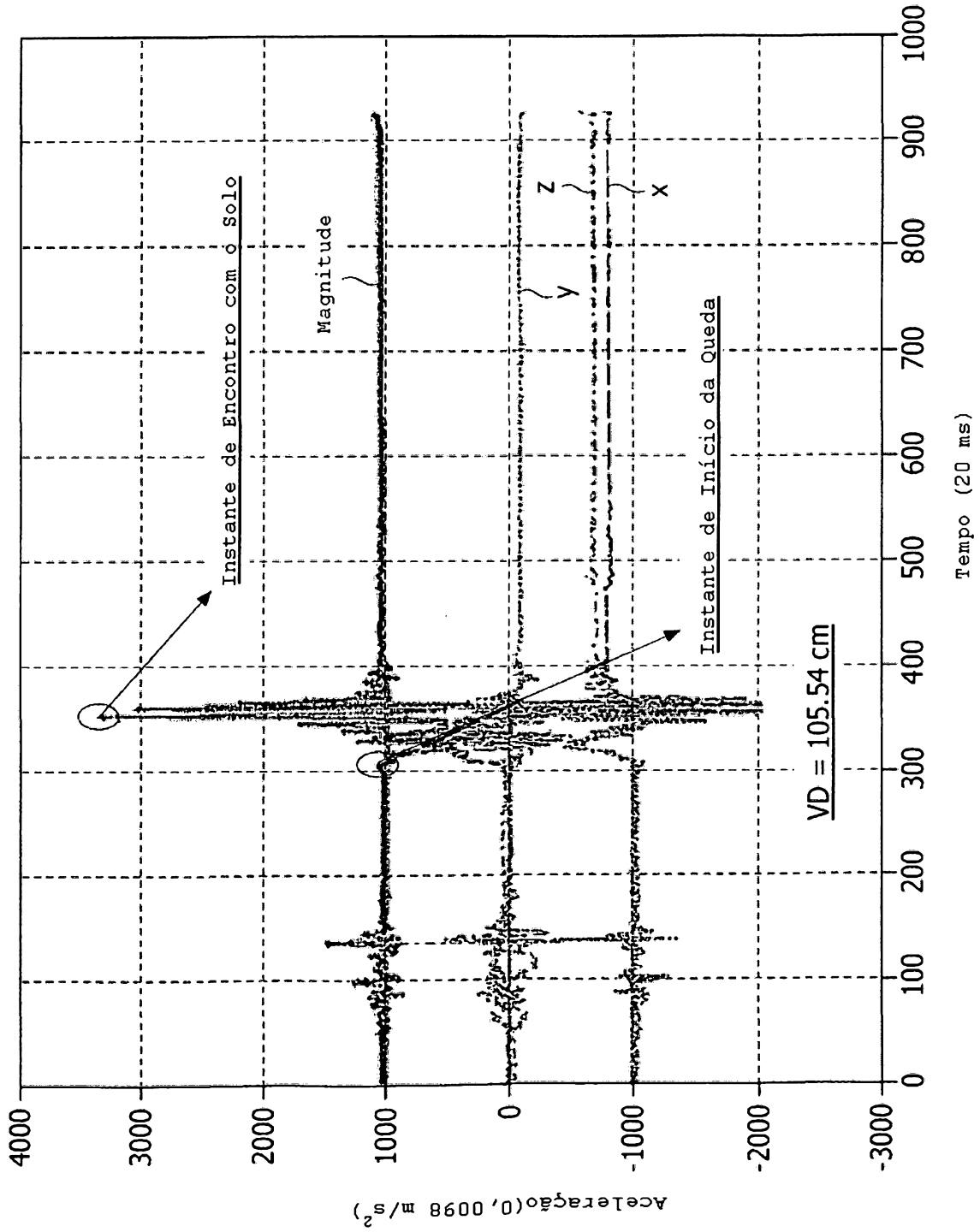


FIG. 5