



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

(11) BR 112017005243-1 B1



(22) Data do Depósito: 15/09/2015

(45) Data de Concessão: 10/01/2023

(54) Título: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA MONITORAR INDICADORES DE DISFUNÇÃO

(51) Int.Cl.: A61B 5/11; G08B 21/02.

(30) Prioridade Unionista: 15/09/2014 US 62/050.373.

(73) Titular(es): 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY.

(72) Inventor(es): JENNIFER F. SCHUMACHER; JAMES W. HOWARD; ERIC C. LOBNER.

(86) Pedido PCT: PCT US2015050073 de 15/09/2015

(87) Publicação PCT: WO 2016/044199 de 24/03/2016

(85) Data do Início da Fase Nacional: 15/03/2017

(57) Resumo: DETECÇÃO DE DISFUNÇÃO COM CONSIDERAÇÕES BIOLÓGICAS. A presente invenção se refere a um método e a um sistema para o monitoramento de indicadores de disfunção. O método inclui, durante uma primeira janela de tempo, medir um primeiro sinal de movimento relacionado ao movimento da pessoa com um sensor de movimento associado à pessoa e medir um primeiro sinal biológico da pessoa com um sensor biológico fixado à pessoa. O método inclui, ainda, armazenar eletronicamente pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal de movimento e pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal biológico como dados de referência da pessoa. O método inclui, durante uma segunda janela de tempo, medir um segundo sinal relacionado ao movimento da pessoa com o sensor de movimento e medir um segundo sinal biológico da pessoa com o sensor biológico. O método inclui, ainda, comparar pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal e pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal biológico com os dados de referência para identificar um indicador de disfunção.

“MÉTODO E DISPOSITIVO PARA MONITORAR INDICADORES DE DISFUNÇÃO”

Campo técnico

[0001] A presente invenção se refere ao campo de reconhecimento ou classificação de movimento e, mais especificamente, à identificação de disfunção usando tanto os dados de um sensor de movimento quanto os dados de um sensor biológico fixado a uma pessoa.

Antecedentes da invenção

[0002] A detecção de disfunção cognitiva, física, mental, sensorial, emocional ou de desenvolvimento é de importância fundamental para os procedimentos de assistência médica, cumprimento das leis ou outras aplicações. As técnicas de detecção podem ser específicas a uma disfunção específica (como física) ou a qualquer combinação de disfunções (como cognitiva e sensorial). Por exemplo, a detecção de uso ou de abuso de álcool ou de alguma substância controlada por trabalhadores, indivíduos em liberdade condicional ou em outros contextos é importante para a segurança e o cumprimento de várias restrições. A detecção de uma disfunção física, como um ferimento, é importante para os trabalhadores que precisam de todas as suas capacidades físicas para executar suas funções. A detecção de disfunção mental é importante para o diagnóstico potencial de pacientes com o desenvolvimento precoce de afecções mentais debilitantes como demência e/ou mal de Alzheimer. A detecção de outras disfunções como cansaço, desorientação e confusão vestibular desempenha um papel importante para fins de segurança e conformidade. Um método não invasivo aprimorado para monitorar eficazmente a presença de disfunção seria bem-vindo.

Sumário

[0003] A presente invenção fornece um novo método de detecção de indicadores de disfunção com o uso de dados de um sensor de movimento e de um sensor biológico. A presente invenção fornece detecção contínua não invasiva dos indicadores de disfunção com o uso de múltiplas entradas. Após a detecção de um

indicador de disfunção, pode ser necessário que uma pessoa execute atividades adicionais de testes, dessa forma reduzindo a necessidade geral e o custo de tipos de teste de disfunção como testes para detecção de drogas ou de álcool. A detecção de disfunção é útil também para identificar de forma proativa e mitigar situações potencialmente perigosas. A identificação e a notificação de uma disfunção podem reduzir a quantidade de ferimentos ou de acidentes que de outra forma ocorreriam. Adicionalmente, o uso da detecção de disfunção para identificar doenças pode levar a um tratamento mais eficaz. O uso de um sensor biológico em combinação com um sensor de movimento aprimora a detecção de disfunção por meio da calibração do dispositivo com base em parâmetros de movimento com faixas de fatores biológicos, o que elimina falsos positivos na detecção de disfunção.

[0004] Em um aspecto, a presente revelação inclui um método para monitorar indicadores de disfunção. O método inclui, durante uma primeira janela de tempo, medir um primeiro sinal de movimento relacionado ao movimento da pessoa com um sensor de movimento associado à pessoa e medir um primeiro sinal biológico da pessoa com um sensor biológico fixado à pessoa. O método inclui, ainda, armazenar eletronicamente pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal de movimento e pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal biológico como dados de referência da pessoa. O método inclui, durante uma segunda janela de tempo, medir um segundo sinal relacionado ao movimento da pessoa com o sensor de movimento e medir um segundo sinal biológico da pessoa com o sensor biológico. O método inclui, ainda, comparar pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal e pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal biológico com os dados de referência para identificar um indicador de disfunção.

[0005] Em algumas modalidades, a primeira janela de tempo ocorre durante uma atividade de treinamento executada pela pessoa.

[0006] Em algumas modalidades, o método inclui, ainda, coletar informações de local e usar as informações de local como um segundo fator para identificar um indicador de disfunção.

[0007] Em algumas modalidades, o indicador de disfunção indica ao menos uma dentre disfunção mental, disfunção visual e disfunção física.

[0008] Em algumas modalidades, o sensor biológico é ao menos um dentre: eletrocardiografia, eletroencefalografia, eletromiografia, resposta galvânica da pele, oxímetro de pulso, transdutor de pressão, fotorresistor e sensores do tipo termistor.

[0009] Em algumas modalidades, o sinal biológico é ao menos um dentre frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura corporal, condutância da pele, taxa de suor, atividade neural e atividade muscular. Em algumas situações, a disfunção inclui pelo menos um dentre lesão física, confusão vestibular, desorientação e abuso de substância proibida.

[0010] Em algumas modalidades, o sensor de movimento é ao menos um dentre: um acelerômetro, um giroscópio, um sensor de vibração piezoelétrico, um sensor de posicionamento geográfico e uma chave magnética.

[0011] Em algumas modalidades, o movimento da pessoa durante a primeira janela de tempo é caminhar.

[0012] Em algumas modalidades, quando um indicador de disfunção é detectado, ao menos um dentre um alarme local e um alarme remoto é acionado.

[0013] A presente revelação inclui adicionalmente um dispositivo para monitorar indicadores de disfunção. O dispositivo inclui um alojamento configurado para ser fixado a uma pessoa e uma unidade de processamento disposta no alojamento que compreende um processador, um sensor de movimento e um sensor biológico. Durante uma primeira janela de tempo, o sensor de movimento mede um primeiro sinal relacionado ao movimento da pessoa e o sensor biológico mede um primeiro sinal biológico da pessoa. O processador armazena pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal de movimento e pelo menos um

descritor numérico derivado do primeiro sinal biológico com a identificação da atividade como dados de referência da pessoa. Durante uma segunda janela de tempo, o sensor de movimento mede um segundo sinal relacionado ao movimento da pessoa durante uma segunda janela de tempo e o sensor biológico mede um segundo sinal biológico da pessoa. O processador compara ao menos um descritor numérico derivado do segundo sinal de movimento e ao menos um descritor numérico derivado do segundo sinal biológico com os dados de referência como um fator para identificar um indicador de disfunção.

[0014] Em algumas modalidades, o alojamento é um dentre: uma peça de vestuário de segurança, um arnês, uma peça usada na cabeça, um dispositivo para ser fixado a um membro da pessoa ou um dispositivo usado pela pessoa.

[0015] Em algumas modalidades, o dispositivo inclui um módulo de localização e o processador é configurado para estimar a localização da pessoa com o uso de pelo menos um sinal do sensor de movimento e dos dados do módulo de localização.

[0016] Em algumas modalidades, o dispositivo usa a localização da pessoa como um segundo fator para identificar um indicador de disfunção.

[0017] Em algumas modalidades, o indicador de disfunção indica ao menos uma dentre disfunção mental, disfunção visual e disfunção física.

[0018] Em algumas modalidades, o sensor de movimento é ao menos um dentre: um acelerômetro, um giroscópio, um sensor de vibração piezoelétrico, um sensor de posicionamento geográfico e uma chave magnética.

[0019] Em algumas modalidades, o dispositivo de acordo com a reivindicação 11 compreende mais de um sensor de movimento.

[0020] Em algumas modalidades, o movimento da pessoa durante a primeira janela de tempo é caminhar.

[0021] Em algumas modalidades, quando um indicador de disfunção é detectado, ao menos um dentre um alarme local e um alarme remoto é acionado.

[0022] Em algumas modalidades, o sensor biológico é ao menos um dentre: eletrocardiografia, eletroencefalografia, eletromiografia, resposta galvânica da pele, oxímetro de pulso, transdutor de pressão, fotorresistor e sensores do tipo termistor.

[0023] Em algumas modalidades, o sinal biológico é ao menos um dentre frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura corporal, condutância da pele, taxa de suor, atividade neural e atividade muscular.

Breve descrição dos desenhos

[0024] As figuras a seguir fornecem ilustrações da presente invenção. Elas se destinam a adicionalmente descrever e esclarecer a invenção, mas não a limitar o escopo da invenção.

[0025] A Figura 1 é um exemplo de um dispositivo para monitoramento de indicadores de disfunção fixado a uma pessoa.

[0026] As Figuras 2a e 2b são exemplos de alojamentos para um dispositivo de monitoramento de indicadores de disfunção.

[0027] A Figura 3 é um fluxograma representando um método para monitorar indicadores de disfunção.

[0028] A Figura 4 é um diagrama de blocos de um dispositivo para monitorar indicadores de disfunção.

[0029] Números similares são geralmente usados para se referirem a componentes similares. Os desenhos não estão em escala e são usados apenas para propósitos ilustrativos.

Descrição detalhada

[0030] A Figura 1 é um exemplo de um dispositivo 10 para monitoramento de indicadores de disfunção fixado ao tornozelo 12 de uma pessoa. O dispositivo 10 é fixado ao tornozelo de uma pessoa 12 ou a outro membro com uma correia 14. O alojamento 16 do dispositivo 10 inclui ou contém uma variedade de componentes, como uma unidade de processamento 17, incluindo um processador, um sensor de movimento e um sensor biológico, e uma unidade de comunicação 18

para comunicação sem fio com um dispositivo externo. A unidade de processamento pode também incluir uma unidade de localização para determinação da localização do usuário do dispositivo 10. Um processador na unidade de processamento 17 pode também incluir uma memória para armazenar os dados recebidos do sensor de movimento, descritores numéricos, dados de referência e outras informações necessárias para identificar indicadores de disfunção. O sensor de movimento pode incluir pelo menos um dentre uma variedade de sensores, incluindo um acelerômetro, um giroscópio, um sensor de vibração piezoelétrico, um sensor de posicionamento geográfico e uma chave magnética. O sensor biológico pode incluir pelo menos um dentre uma variedade de sensores, incluindo sensores de eletrocardiografia, de eletroencefalografia, de eletromiografia, de resposta galvânica da pele, oxímetros de pulso, transdutores de pressão, fotorresistores e termistores.

[0031] Um sensor de movimento pode ser configurado para medir um sinal relacionado à movimentação da pessoa durante a primeira janela de tempo. O sensor de movimento pode coletar dados em várias taxas, por exemplo a taxa pode estar na faixa de um (1) Hz a sessenta (60) Hz. A taxa pode ser, por exemplo, 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz ou 60 Hz ou mais. O tamanho da janela de tempo pode ser qualquer faixa desejada. Por exemplo, uma janela de tempo pode estar na faixa de dois (2) segundos a dez (10) segundos. Uma janela de tempo pode ser, por exemplo, 2 segundos, 5 segundos, 6 segundos, 10 segundos, ou mais ou menos. O número de amostras tomadas por um sensor de movimento no dispositivo varia com base no tamanho da janela de tempo e na taxa de amostragem. O número de amostras pode variar, por exemplo, de 8 a 1.024 amostras. Um processador pode, então, armazenar eletronicamente pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal de movimento como dados de referência da pessoa. O descritor numérico pode ser representado como uma escalar, por exemplo uma medição de tensão, corrente, potência ou energia.

[0032] O sensor biológico pode ser configurado para medir um sinal biológico da pessoa durante a primeira janela de tempo. O sinal biológico pode ser,

por exemplo, frequência respiratória, temperatura corporal, condutância da pele, taxa de suor, atividade neural e atividade muscular. O sensor biológico pode coletar dados em uma variedade de taxas, por exemplo, 0,5 a 150 Hz, mas pode ser coletado a até 2000 Hz ou apenas como um sinal CC. O sensor biológico pode coletar esses dados durante a mesma janela de tempo na qual o sensor de movimento coleta dados ou durante uma janela de tempo com horário ou tamanho diferentes da janela de coleta de dados do sensor de movimento. Um processador pode, então, armazenar eletronicamente pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal biológico juntamente com o descritor numérico derivado do primeiro sinal de movimento como dado de referência.

[0033] O sensor de movimento pode, então, medir um segundo sinal relacionado ao movimento da pessoa durante uma segunda janela de tempo. O sensor biológico pode, então, medir um segundo sinal relacionado à pessoa. O processador pode, então, comparar pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal de movimento e pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal biológico aos dados de referência para identificar um indicador de disfunção.

[0034] Em uma configuração, a primeira janela de tempo ocorre durante uma atividade de treinamento executada pela pessoa. Em algumas modalidades, a atividade de treinamento pode incluir, mas não se limita a, uma série de movimentos prescritos ou predeterminados para estabelecer dados sobre desempenho da linha de base. Em uma outra configuração, a primeira janela de tempo ocorre durante o uso normal do dispositivo 10 pela pessoa.

[0035] O dispositivo 10 pode incluir também outros componentes como uma unidade de localização que possibilita ao dispositivo receber sinais de satélite e determinar a localização com o uso, por exemplo, de GPS ou do Sistema de Satélite de Navegação Global (GLONASS, Global Navigation Satellite System), como discutido na patente US nº 6.853.304 concedida a Reisman et al., aqui incorporada a título de referência. A unidade de localização pode usar outras tecnologias de localização como

triangulação usando sinais WiFi locais ou outras tecnologias de localização conhecidas para estimar a localização do dispositivo de reconhecimento de atividade 10 e, desse modo, a localização da pessoa que usa o dispositivo.

[0036] Embora o dispositivo 10 seja mostrado como tendo um alojamento a ser fixado a um membro da pessoa, o alojamento pode ter uma variedade de modalidades. Por exemplo, o alojamento pode, também, ser uma peça de vestuário de segurança, um equipamento de segurança, um arnês, uma peça usada na cabeça ou um artigo de vestuário, ou pode ser incorporada a um dispositivo de mão ou portátil a ser usado pela pessoa, como um telefone celular.

[0037] Embora o alojamento para o dispositivo 10 mostre o sensor de movimento, o sensor biológico, o processador e outros componentes do dispositivo como estando próximos uns dos outros, em outras configurações de alojamento, o sensor biológico, o sensor de movimento ou múltiplos sensores biológicos ou de movimento podem estar localizados em múltiplos locais no alojamento e localizados à distância de outros componentes, inclusive podem estar localizados à distância do processador e da unidade de comunicação. Nesta configuração, o sensor de movimento e o sensor biológico ainda são capazes de se comunicar com os outros componentes através de uma conexão de comunicação com fio ou sem fio.

[0038] As Figuras 2a e 2b são exemplos de alojamentos para um dispositivo de monitoramento de indicadores de disfunção. A Figura 2a mostra um colete de segurança de alta visibilidade 22. O colete 22 é um componente típico de equipamento de proteção individual (EPI) para muitas ocupações e tarefas, incluindo construção civil, mineração, trabalho em estradas e em outros campos e contextos. O colete 22 assegura que o usuário possa ser facilmente visto, por exemplo, por outros trabalhadores, por veículos em circulação e operadores de equipamentos. O colete 22 pode também ser um alojamento para um dispositivo de detecção de indicadores de disfunção. Sensores de movimento podem ser embutidos em vários locais no colete, por exemplo nos locais 24a, 24b, 24c e 24d. A variedade de locais possibilita maior confiabilidade dos dados de movimento. Os sensores biológicos

21a, 21b e 21c podem também estar embutidos no colete 22 ou de outro modo usados pelo usuário. Em algumas configurações, os sensores biológicos podem ser usados no pulso, no peito ou em outro local no usuário onde o sensor pode entrar em contato direto com a pele do usuário para a detecção precisa do parâmetro biológico específico. O colete 22 pode ser projetado para incluir um bolso ou outro mecanismo de retenção para transportar outros componentes de um dispositivo de monitoramento de disfunção. O bolso 23 fornece um exemplo de um invólucro acessível para componentes como o processador, a unidade de comunicação, a bateria e outros componentes que podem ser colocados em uma única unidade 25. A unidade 25 pode se comunicar com sensores de movimento nas localizações 22a a 22d e com sensores biológicos nas localizações 21a a 21c através de uma conexão com fio embutida ou contida no colete 22 ou através de uma conexão sem fio.

[0039] A Figura 2b mostra um capacete de segurança 26 que também inclui uma proteção auricular. O capacete de segurança 26 é um importante EPI que pode ser usado em muitas ocupações e tarefas, incluindo construção civil, mineração, trabalho em estradas e em outros campos e contextos. O capacete de segurança 26 inclui protetores auriculares 27a e 27b. Em alguns casos, os protetores 27a e 27b podem incluir capacidades de cancelamento de ruído e/ou um alto-falante ou outros componentes relacionados a comunicação. O capacete de segurança 26 pode ter um alojamento para um dispositivo de monitoramento de disfunção. Por exemplo, sensores de movimento podem estar localizados em vários locais 28a, 28b e 28c no capacete 26 para permitir maior confiabilidade dos dados de movimento. Sensores biológicos podem estar localizados em vários locais do capacete 26 como nos locais 21d, 21e e 21f.

[0040] O capacete de segurança 26 pode ter uma unidade 29 que tem componentes como um processador, uma unidade de comunicação, uma bateria e outros componentes que podem estar contidos em uma única unidade 29. A unidade 29 pode estar em comunicação com os sensores de movimento através de uma conexão com fio ou sem fio. Em alguns casos, a unidade 29 é integrada à estrutura

do capacete de segurança 26 e, em outros casos (conforme ilustrado na Figura 2b), ela pode estar em uma estrutura fisicamente separada do capacete de segurança 26 e conectada aos sensores de movimento integrados ao capacete de segurança 26 por meio de uma conexão com fio ou sem fio.

[0041] A Figura 3 é um fluxograma representando um método para monitorar indicadores de disfunção. O método inclui, na etapa 31, a medição, com um sensor de movimento fixado a uma pessoa, de um primeiro sinal relacionado ao movimento da pessoa durante uma primeira janela de tempo e a medição de um sinal biológico da pessoa com um sensor biológico fixado à pessoa, durante a primeira janela de tempo. O primeiro sinal de movimento e o primeiro sinal biológico podem incluir uma variedade de informações. Por exemplo, os sinais podem ser a saída de um acelerômetro capacitivo medida como uma tensão escalar. Os sinais podem, também, ser a saída de um acelerômetro piezoelétrico medida como uma corrente ou uma tensão escalar. A janela de tempo pode ser qualquer janela de tempo durante a qual o primeiro sinal deve ser medido. Conforme descrito acima, a janela de tempo pode estar na faixa de dois segundos a dez segundos e pode estar entre esses números, ser mais curta ou ser mais longa. Em alguns casos, o acelerômetro pode medir o primeiro sinal em múltiplas janelas de tempo para aumentar o tamanho da amostra, o que aumenta a precisão da medição. Em outros casos, múltiplos sensores podem medir um sinal relacionado ao movimento da pessoa ou múltiplos sensores podem, cada um, medir um sinal relacionado a um sinal biológico da pessoa, durante a mesma janela de tempo. A pluralidade de conjuntos de dados pode aumentar a confiabilidade da medição.

[0042] Em alguns casos, a primeira janela de tempo ocorre durante uma atividade executada pela pessoa. Uma atividade de treinamento pode ser executada através de uma série de movimentos prescritos enquanto o dispositivo está em um modo de treinamento especial. O treinamento pode ser feito por um treinador autorizado (por exemplo, um agente de liberdade condicional ou um gerente de segurança) e o treinador pode mostrar à pessoa que está usando o

dispositivo um vídeo instruindo-a sobre quais tipos de movimentos ela deve fazer durante o período de treinamento. Após o período de treinamento ser concluído, o treinador coloca o dispositivo novamente no modo de monitoramento normal.

[0043] Em outros casos, o movimento da pessoa durante a primeira janela de tempo ocorre durante seu uso inicial do dispositivo indicador de disfunção. Nesse caso, o dispositivo começa a detectar os movimentos da pessoa para capturar os sinais associados ao movimento definido pelo usuário. O dispositivo pode, então, detectar anomalias quando elas são comparadas aos sinais detectados anteriormente. Em alguns casos, o movimento da pessoa durante a primeira janela de tempo é caminhar e, em outros casos, o movimento pode ser outro movimento designado.

[0044] Na etapa 32, o processador armazena pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal de movimento e do primeiro sinal biológico como dados de referência da pessoa. Em algumas configurações, o processador pode combinar o primeiro sinal de movimento e o primeiro sinal biológico para criar um descritor numérico único para o sinal combinado. O descritor numérico é um número calculado com base nos dados amostrados de um sinal medido por meio do sensor de movimento ou por meio do sensor biológico. O descritor numérico de cada sinal de movimento e de cada sinal biológico pode ser baseado em um único sinal medido ou em múltiplos sinais medidos. Por exemplo, quando o sensor de movimento detecta um movimento inercial ao longo de três eixos, o descritor numérico pode ser calculado com base nos dados associados a cada um dos três eixos, qualquer combinação de dois eixos, um cálculo envolvendo cada um dos três eixos ou qualquer combinação dos mesmos. O descritor numérico pode ser determinado para cada ponto de dados relacionado ao(s) sinal(is) medido(s) ou pode ser baseado em uma taxa de amostragem menor que os dados dos sinais medidos. Em alguns casos, dois ou mais descritores numéricos podem estar associados com cada janela de tempo.

[0045] O descritor numérico pode ser armazenado como dado de referência, formando uma linha de base para o tipo particular de movimento do

indivíduo. Por exemplo, quando a atividade executada pela pessoa durante a primeira janela de tempo for caminhar, o descritor numérico para sua atividade durante pelo menos a primeira janela de tempo é comparado a dados futuros coletados para identificar a indicação de disfunção da pessoa naquele momento futuro.

[0046] Na etapa 33, o sensor de movimento mede um segundo sinal relacionado ao movimento da pessoa durante uma segunda janela de tempo e o sensor biológico mede um segundo sinal relacionado a um sinal biológico da pessoa. A segunda janela de tempo pode ser cronologicamente adjacente à primeira janela de tempo ou pode ser posterior. Em alguns casos, o sensor de movimento e o sensor biológico podem medir o segundo sinal em múltiplas janelas de tempo para aumentar o tamanho da amostra e fornecer um conjunto de amostras mais amplo para comparação com os dados de referência. Em outros casos, múltiplos sensores podem medir um sinal relacionado ao movimento da pessoa durante a mesma janela de tempo. A pluralidade de conjuntos de dados pode aumentar a confiabilidade da medição.

[0047] Na etapa 34, o processador compara pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal de movimento e pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal biológico com os dados de referência como um fator para identificar um indicador de disfunção. Em outra modalidade, o sinal de movimento e o sinal biológico podem ser combinados de modo que um único descritor numérico seja derivado do sinal combinado e, em seguida, comparado com os dados de referência. Se houver um alinhamento (dentro de uma tolerância) entre o descritor numérico e os dados de referência, o processador identificará um comportamento normal. O alinhamento pode ser determinado por meio de um processo simples de limitação e também pode ser determinado pelo uso de um algoritmo de classificação multidimensional, caso em que múltiplos descritores numéricos seriam necessários. Na etapa 35, o processador determina se existe uma correspondência entre os dois sinais dentro de uma tolerância. Se houver diferenças suficientes entre os dados de referência e o segundo sinal e não ocorrer correspondência conforme definida na trajetória “não” da etapa 35, então o processador identifica um indicador de disfunção, conforme

mostrado na etapa 36. Os parâmetros de detecção de um indicador de disfunção podem ser ajustados de acordo com a aplicação. Além disso, a tolerância pode ser menor quando a identificação precisa da disfunção for essencial ou quando houver um custo maior se uma disfunção for identificada erroneamente. Um indicador de disfunção é indicativo de ao menos um dentre disfunção mental, disfunção visual e disfunção física. Esses tipos de disfunções podem incluir disfunções específicas. Por exemplo, disfunção mental inclui pelo menos desorientação. A disfunção visual inclui pelo menos abuso de substância proibida. E a disfunção física inclui pelo menos lesão física e confusão vestibular.

[0048] Se existir uma correspondência entre os dois sinais, conforme identificado na trajetória “sim” da etapa 35, ou nenhum indicador de disfunção for identificado, conforme definido na etapa 36, o dispositivo volta à etapa 33 para continuar medindo o movimento. Se um indicador de disfunção for detectado, o dispositivo armazena aquele resultado e, em algumas circunstâncias, pelo menos um dentre um alarme local e um alarme remoto é disparado. O dispositivo, então, continua a medir o movimento, conforme mostrado na etapa 33.

[0049] A Figura 4 é um diagrama de blocos de um dispositivo 40 para monitorar os indicadores de disfunção. O dispositivo inclui um processador 43, um sensor de movimento 44 e um sensor biológico 49. O processador 43 pode ser qualquer tipo de processador ou microprocessador comumente usado para processar informações ou controlar uma variedade de outros componentes eletrônicos. O processador 43 interage com o sensor de movimento 44 para receber dados do sensor de movimento 44, como um sinal relacionado ao movimento da pessoa que está usando o dispositivo de monitoramento de disfunção 40. O sensor de movimento 44 pode ser configurado para medir esse sinal durante uma janela de tempo, conforme definido pelo processador 43. O processador 43 interage com o sensor biológico 49 para receber dados de sensor biológico 49. Esse sinal se relaciona a um sinal biológico da pessoa que está usando o dispositivo de monitoramento de disfunção 40. O sensor biológico 49 pode ser configurado para

medir esse sinal durante uma janela de tempo, conforme definido pelo processador 43.

[0050] O sensor de movimento 44 pode ser pelo menos um dentre: um acelerômetro, um giroscópio, um sensor de vibração piezoelétrico, um sensor de posicionamento geográfico e uma chave magnética. O sensor de movimento 44 pode incluir mais de um sensor de movimento. Um primeiro sensor de movimento 44 mede um primeiro sinal relacionado ao movimento da pessoa usando o dispositivo de monitoramento de disfunção 40 durante uma primeira janela de tempo. O processador 43 armazena pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal como dado de referência da pessoa. Em algumas modalidades, o processador 43 pode armazenar os dados de referência com uma etiqueta de atividade, como caminhar, correr ou andar de bicicleta.

[0051] O sensor biológico 49 pode ser pelo menos um dentre: eletrocardiografia, eletroencefalografia, eletromiografia, resposta galvânica da pele, oxímetro de pulso, transdutor de pressão, fotorresistor e sensores do tipo termistor. O sensor biológico 49 pode incluir mais de um sensor biológico. O sensor biológico 49 mede um primeiro sinal relacionado a um sinal biológico da pessoa que está usando o dispositivo de monitoramento de disfunção 40 durante uma primeira janela de tempo. O processador 43 armazena pelo menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal biológico como dados de referência da pessoa.

[0052] Uma janela de tempo exemplificadora pode estar na faixa de 2 (dois) segundos a 10 (dez) segundos e pode incluir um número de amostras na faixa de 8 (oito) a 1024 amostras, como exemplo e não como limitação. Cada um dos sensores biológicos 49 e dos sensores de movimento 44 pode também ser configurado para operar em um modo de energia muito baixa em que a amostragem ocorre ocasionalmente em um período mais longo, por exemplo uma vez a cada cinco minutos, quando o indivíduo dorme ou executa alguma outra atividade sedentária e de longa duração. Em geral, a coleta de dados pelo sensor de movimento 44 ou pelo sensor biológico 49 pode estar na faixa de frequência de 0,2 Hz a 50 Hz, mas não se

limita a esta faixa. A frequência de coleta de dados pode ser dependente do tipo de atividade a ser detectada. Por exemplo, atividades de movimento mais rápido, como corrida, podem exigir uma maior taxa de amostragem (mais próxima de 50 Hz) do que atividades de movimento mais lento como dormir. O tamanho de uma janela de tempo pode também estar relacionado à taxa de coleta de dados. Uma janela de tempo deve ter amostras suficientes de dados coletados a serem armazenados como dados de referência confiáveis.

[0053] O sensor de movimento 44, então, mede um segundo sinal relacionado ao movimento da pessoa durante a segunda janela de tempo e o processador 43 compara pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal de movimento com os dados de referência para identificar um indicador de disfunção. A comparação pode incluir uma soma ou uma diferença algébrica ou uma variação estatística como média, desvio padrão ou variância. Em uma modalidade, o primeiro sinal (ou os dados de referência) pode ser uma tensão representada numericamente como 3,3 volts e o segundo sinal pode ser registrado (também numericamente) como uma tensão de 1,3 volts. O processador 43 pode computar a diferença absoluta entre o primeiro e o segundo sinais como 2,0 volts e determinar se a variação está acima ou abaixo de um limiar que indica uma disfunção e acionar um alarme.

[0054] O sensor biológico 49, então, mede um segundo sinal relacionado ao movimento da pessoa durante a segunda janela de tempo e o processador 43 compara pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal biológico com os dados de referência para identificar um indicador de disfunção.

[0055] O sensor de movimento 44 e o sensor biológico 49 podem estar contidos na mesma unidade física do processador 43 ou podem estar conectados ao processador 43 em uma configuração com fio ou sem fio.

[0056] O dispositivo 40 pode incluir, ainda, uma unidade de localização 47. A unidade de localização 47 pode ser qualquer dispositivo que forneça uma

posição geográfica estimada para o dispositivo de monitoramento de disfunção 40. Exemplos de uma unidade de localização 47 incluem as seguintes tecnologias: GPS, triangulação de celulares, triangulação de WIFI e GNSS. Em algumas configurações, o processador 43 pode ser configurado para estimar a localização da pessoa com o uso de ao menos o sinal do sensor de movimento e os dados da unidade de localização. Em algumas configurações, o dispositivo 40 pode usar a localização da pessoa que foi estimada pela unidade de localização 47 como um segundo fator para identificar um indicador de disfunção.

[0057] O dispositivo 40 pode incluir também uma unidade de comunicação 46 para permitir que o dispositivo 40 se comunique com dispositivos externos 48. Por exemplo, quando um indicador de disfunção é detectado, um alarme local ou um alarme remoto no dispositivo externo 48 pode ser acionado.

[0058] Embora não mostrado na Figura 4, o dispositivo de monitoramento de disfunção 40 pode incluir adicionalmente um componente de notificação de emergência. O componente de notificação de emergência pode ser acionado manualmente, por exemplo por meio de um botão ou uma chave. Quando o componente de notificação de emergência é ativado, a unidade de comunicação 46 pode transmitir informações para o dispositivo externo 48. O dispositivo externo 48 pode ser um sistema de monitoramento central, um sistema de alerta de emergência ou outro dispositivo. As informações transmitidas podem incluir a localização do dispositivo 40, o horário em que a notificação de emergência é transmitida e a razão pela qual a notificação de emergência é transmitida.

[0059] O sinal do sensor de movimento 44 é uma representação digital (por exemplo, um número entre 0 e 1.023) de uma saída de tensão analógica do sensor descrevendo a movimentação.

[0060] As técnicas desta revelação podem ser implementadas em uma ampla variedade de dispositivos de computação, como servidores, computadores laptop, computadores desktop, computadores notebook, computadores tablet, computadores portáteis, smartphones e similares. Quaisquer

componentes, módulos ou unidades foram descritos para enfatizar aspectos funcionais e não necessariamente precisam ser implementados por diferentes unidades de hardware. As técnicas aqui descritas podem também ser implementadas em hardware, software, firmware, ou qualquer combinação dos mesmos. Algumas características descritas como módulos, unidades ou componentes podem ser implementadas juntas em um dispositivo lógico integrado, ou separadamente como dispositivos lógicos discretos, porém interoperáveis. Em alguns casos, várias características podem ser implementadas como um dispositivo de circuito integrado, como um circuito integrado ou um chipset. Adicionalmente, embora vários módulos distintos tenham sido descritos ao longo deste relatório descritivo, muitos dos quais desempenham funções exclusivas, todas as funções de todos os módulos podem ser combinadas em um único módulo, ou mesmo divididas em módulos adicionais. Os módulos aqui descritos são apenas exemplificadores e foram descritos como tais para facilitar a compreensão.

[0061] Se implementadas em software, as técnicas podem ser realizadas ao menos em parte por uma mídia legível por computador que compreende instruções que, quando executadas por um processador, realizam um ou mais dos métodos descritos acima. A mídia legível por computador pode compreender uma mídia tangível de armazenamento legível por computador e pode fazer parte de um produto de programa de computador, que pode incluir materiais de embalagem. A mídia legível por computador pode compreender memória de acesso aleatório (RAM) como memória de acesso aleatório dinâmica síncrona (SDRAM), memória de somente leitura (ROM), memória não volátil de acesso aleatório (NVRAM), memória de somente leitura programável apagável eletricamente (EEPROM), memória FLASH, mídias magnéticas ou ópticas de armazenamento de dados, e similares. A mídia de armazenamento legível por computador pode compreender também um dispositivo de armazenamento não volátil, como um disco rígido, uma fita magnética, um disco compacto (CD), um disco versátil digital (DVD),

um disco Blu-ray, um meio holográfico de armazenamento de dados, ou outro dispositivo de armazenamento não volátil.

[0062] Consequentemente, o termo “processador”, como usado aqui, pode se referir a qualquer estrutura anteriormente mencionada ou outra estrutura adequada para a implementação das técnicas aqui descritas. Além disso, em alguns aspectos, a funcionalidade aqui descrita pode ser fornecida por módulos de software ou de hardware dedicados e configurados para a execução das técnicas desta revelação. Mesmo se implementadas em software, as técnicas podem utilizar hardware, por exemplo um processador, para executar o software e uma memória para armazenar o software. Em qualquer desses casos, os computadores aqui descritos podem definir uma máquina específica que é capaz de executar as funções aqui descritas. Além disso, as técnicas poderiam ser totalmente implementadas em um ou mais circuitos ou elementos lógicos, que poderiam também ser considerados um processador.

[0063] Variações na revelação descrita acima serão evidentes para o versado na técnica após a leitura da presente revelação, e devem ser consideradas como dentro do escopo da presente revelação. Uma ampla gama de atividades pode ser detectada além daquelas explicitamente discutidas na presente invenção, e estão dentro do escopo da presente revelação. Adicionalmente, pode ser usada uma variedade de métodos de análise consistente com as etapas e os processos de análise revelados.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para monitorar indicadores de disfunção, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o método compreende:

durante uma primeira janela de tempo, medir um primeiro sinal de movimento relacionado ao movimento de um operário com um sensor de movimento associado ao operário, e medir um primeiro sinal biológico do operário com um sensor biológico fixado ao operário;

armazenar eletronicamente ao menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal de movimento e ao menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal biológico como dados de referência do operário;

durante uma segunda janela de tempo, medir um segundo sinal relacionado ao movimento do operário com o sensor de movimento, e medir um segundo sinal biológico do operário com o sensor biológico, em que o sensor de movimento está alojado em um alojamento compreendendo um componente de equipamento de proteção pessoal (PPE) usado pelo operário para uma ocupação;

comparar pelo menos um descritor numérico derivado do segundo sinal e ao menos um descritor numérico derivado do segundo sinal biológico com os dados de referência para identificar um indicador de disfunção, indicando não conformidade com uma restrição de segurança.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a primeira janela de tempo ocorre durante uma atividade de treinamento executada pelo operário.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda coletar informações de localização e usar as informações de localização como um segundo fator para identificar um indicador de disfunção.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o indicador de disfunção é indicativo de ao menos uma dentre disfunção mental, disfunção visual e disfunção física.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de

que o sensor biológico é ao menos um dentre: sensores de eletrocardiografia, de eletroencefalografia, de eletromiografia, de resposta galvânica da pele, de oxímetro de pulso, de transdutor de pressão, de fotorresistor e do tipo termistor.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o sinal biológico é ao menos um dentre frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura corporal, condutância da pele, taxa de suor, atividade neural e atividade muscular.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o indicador de disfunção é indicativo de abuso de substâncias proibidas.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o sensor de movimento é ao menos um dentre: um acelerômetro, um giroscópio, um sensor de vibração piezoelétrico, um sensor de posicionamento geográfico e uma chave magnética.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o movimento do operário durante a primeira janela de tempo é caminhar.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que, quando um indicador de disfunção é detectado, ao menos um dentre um alarme local e um alarme remoto é ativado.

11. Dispositivo para monitorar indicadores de disfunção, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo compreende:

um alojamento compreendendo equipamento de proteção pessoal (PPE) configurado para ser fixado a um operário;

uma unidade de processamento disposta no alojamento compreendendo um processador, um sensor de movimento e um sensor biológico;

em que, durante uma primeira janela de tempo, o sensor de movimento mede um primeiro sinal relacionado ao movimento do operário e o sensor biológico mede um primeiro sinal biológico do operário;

em que o processador armazena ao menos um descritor numérico derivado do primeiro sinal de movimento e pelo menos um descritor numérico derivado do

primeiro sinal biológico como dados de referência do operário;

em que, durante uma segunda janela de tempo, o sensor de movimento mede um segundo sinal relacionado ao movimento do operário durante a segunda janela de tempo e o sensor biológico mede um segundo sinal biológico do operário;
e

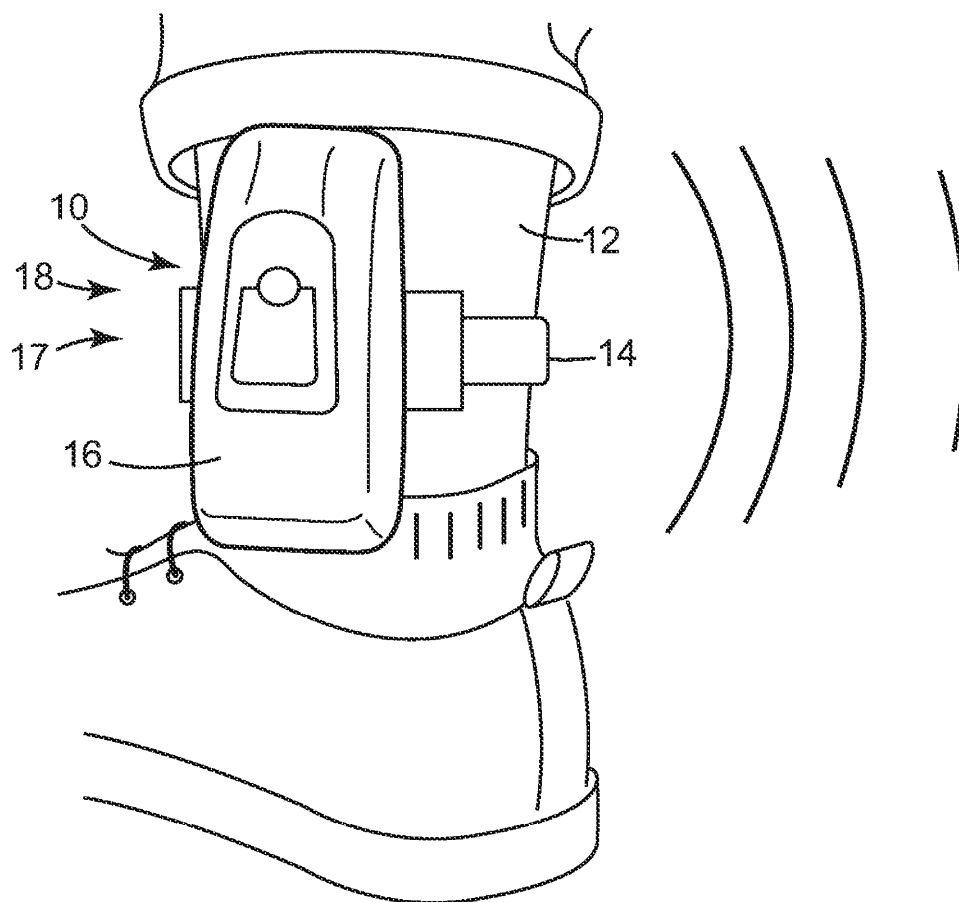
em que o processador compara ao menos um descritor numérico derivado do segundo sinal de movimento e ao menos um descritor numérico derivado do segundo sinal biológico com os dados de referência como um fator para identificar um indicador de disfunção indicando não conformidade com uma restrição de segurança.

12. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o alojamento é um dentre: uma peça de vestuário de segurança, um arnês ou um capacete.

13. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que inclui ainda um módulo de localização e em que o processador é configurado para estimar uma localização do operário usando pelo menos ambos dentre um sinal do sensor de movimento e dados do módulo de localização.

14. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda o uso da localização do operário como um segundo fator para identificar um indicador de disfunção.

15. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o indicador de disfunção é indicativo de ao menos uma dentre disfunção mental, disfunção visual e disfunção física.

**FIG. 1**

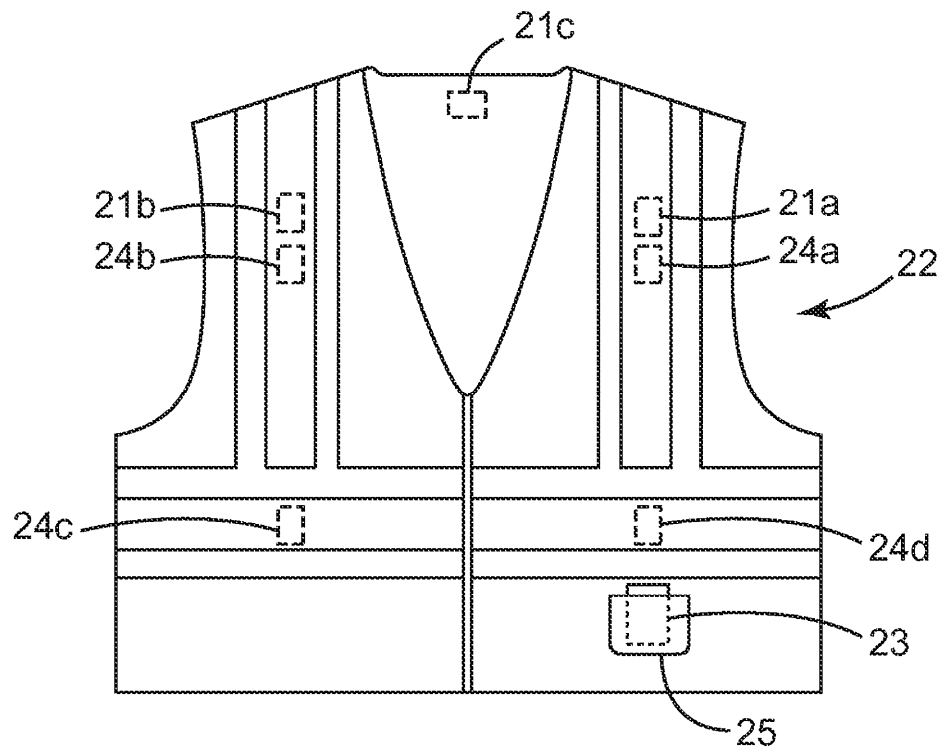


FIG. 2a

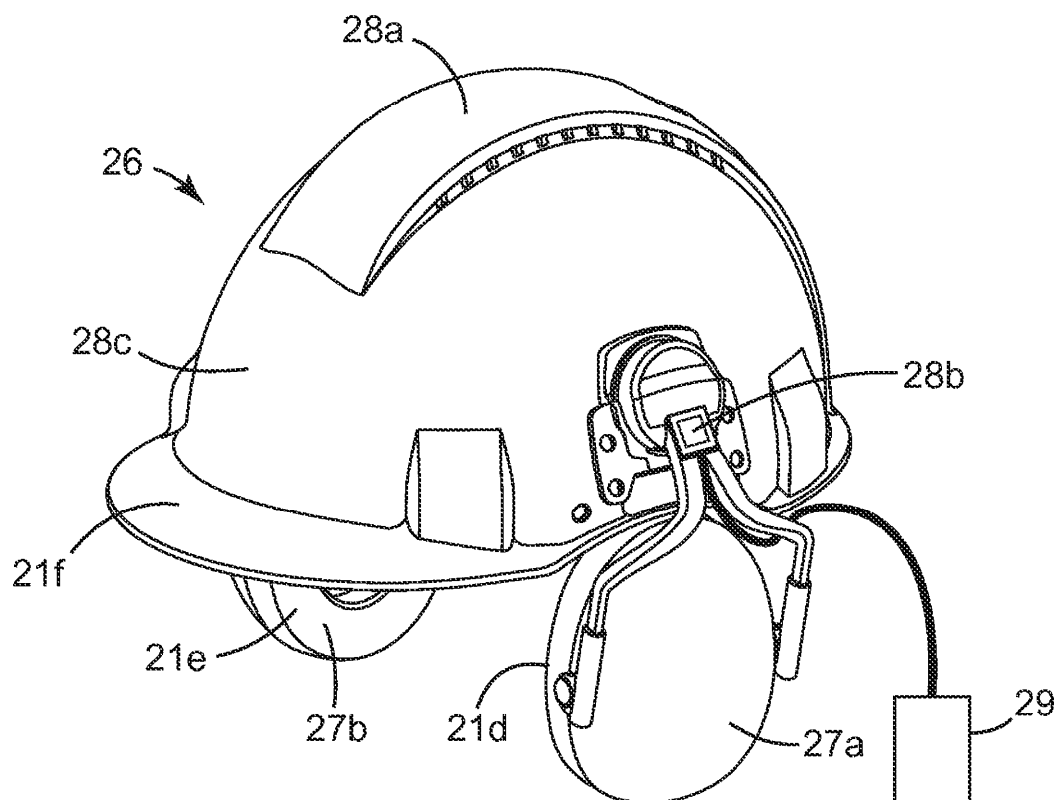


FIG. 2b

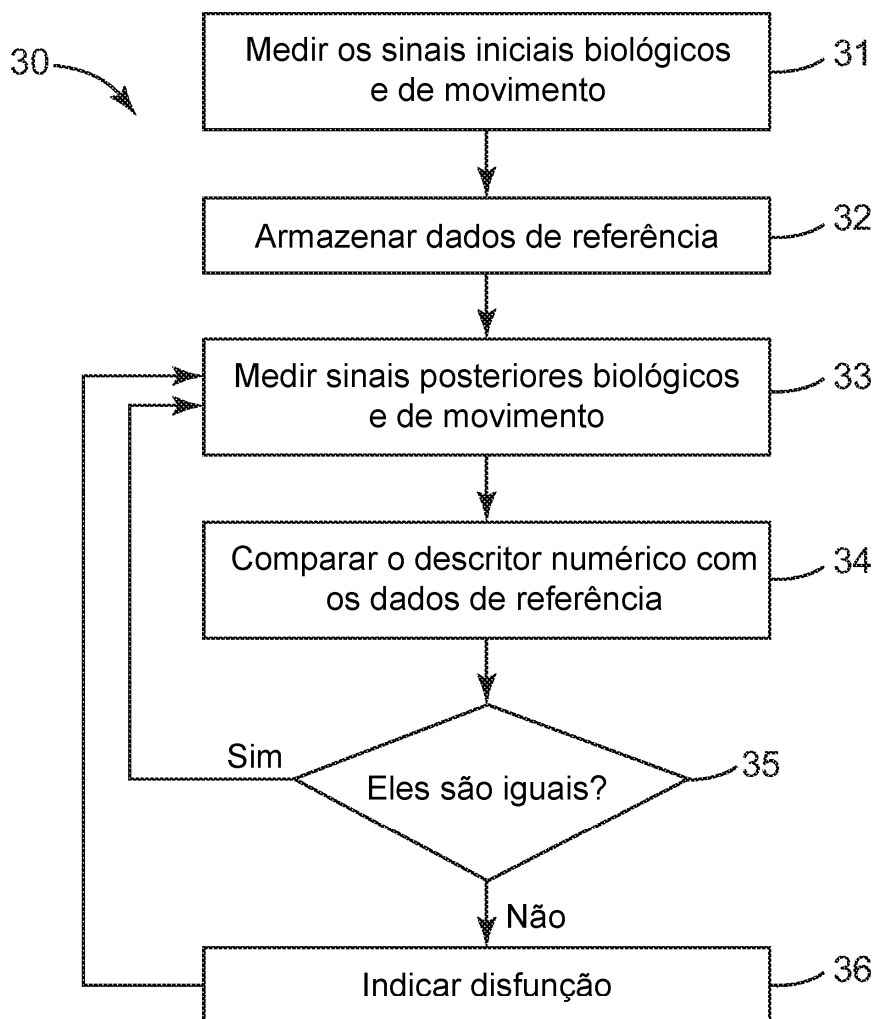


FIG. 3

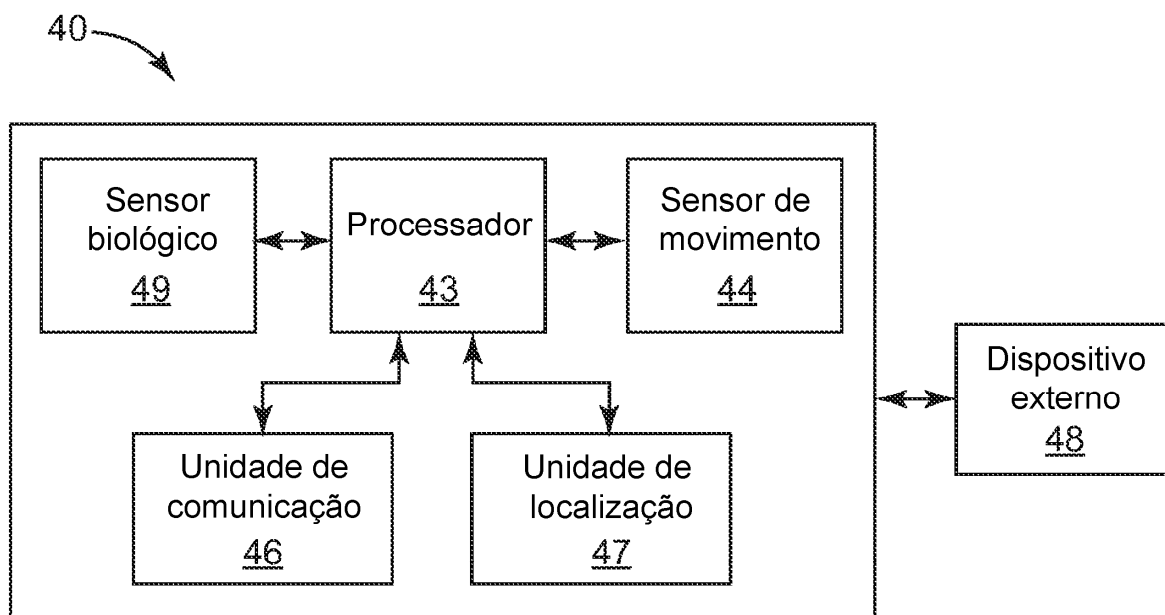


FIG. 4