



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

(11) BR 102014028514-8 B1



(22) Data do Depósito: 17/11/2014

(45) Data de Concessão: 18/05/2021

(54) **Título:** APARELHO E MÉTODO BIOMECÂNICOS PARA AVALIAÇÃO DE ESPASTICIDADE DE MEMBROS SUPERIORES EM LESADOS MEDULARES

(51) **Int.Cl.:** A61B 5/11; A61B 5/107; A61B 5/22.

(52) **CPC:** A61B 5/1101; A61B 5/1121; A61B 5/1124; A61B 5/1126; A61B 5/1071; (...).

(73) **Titular(es):** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP.

(72) **Inventor(es):** ALBERTO CLIQUET JUNIOR; RENATO VAROTO; ANA PAULA DA SILVA BARBOSA; ANDREA ALEXANDRA PINEDA CABEZAS.

(57) **Resumo:** APARELHO E MÉTODO BIOMECÂNICOS PARA AVALIAÇÃO DE ESPASTICIDADE DE MEMBROS SUPERIORES EM LESADOS MEDULARES . A presente invenção se refere a um aparelho e método biomecânicos para avaliação de espasticidade de membros superiores em relação à articulação do punho em lesados medulares. O referido aparelho compreende uma base ( 14), três pés (15), quatro parafusos (16), plataforma (17), faixa elástica (18), barra em L (19), barra horizontal (20), atuador (21), peça A (22), peça B (23), peça C (24), peça D (25), chave de fim de curso (26), sensor de filme (27), caixa (28), suporte de sustentação (29), eletrogoniômetro de fibra óptica (30), esticador (31), grampo (32) e acelerômetro (33) O método promove a extensão do punho realizando simultaneamente a aquisição de dados provenientes de transdutores que coletam as variáveis cinéticas envolvidas, proporcionando um resultado objetivo. O movimento de extensão do punho é realizado de modo passivo possibilitando a aplicação da avaliação em pessoas com qualquer nível de lesão medular.

APARELHO E MÉTODO BIOMECÂNICOS PARA AVALIAÇÃO DE  
ESPASTICIDADE DE MEMBROS SUPERIORES EM LESADOS MEDULARES

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção se insere no campo da engenharia, mais precisamente na área da Engenharia Biomédica e Engenharia Mecatrônica, e descreve um aparelho e método biomecânicos com finalidade de mensurar a intensidade da espasticidade dos membros superiores em relação à articulação do punho. O método promove a extensão do punho realizando simultaneamente a aquisição de dados provenientes de transdutores que coletam as variáveis cinéticas envolvidas, proporcionando um resultado objetivo. O movimento de extensão do punho é realizado de modo passivo possibilitando a aplicação da avaliação em pessoas com qualquer nível de lesão medular.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] Por definição, a espasticidade é uma condição clínica definida por uma resistência ao estiramento passivo de um músculo ou de um grupo muscular. É quando ocorre um aumento do tônus muscular, envolvendo hipertonia e hiperreflexia, no momento da contração muscular, causado por uma condição neurológica anormal. Por ser um fenômeno de difícil mensuração, a técnica de avaliação selecionada deve ser adequada ao aspecto que se deseja analisar, seja ele técnico, funcional ou pessoal. Existem basicamente três categorias de métodos utilizados para quantificar a intensidade da espasticidade: os métodos clínicos, que se fundamentam na análise clínica dos sintomas da espasticidade por parte de um profissional qualificado da área da saúde, que classifica a intensidade da

espasticidade com o uso de escalas selecionadas de acordo com o aspecto que se deseja analisar; os métodos neurofisiológicos, baseados no registro da atividade elétrica do músculo por meio da eletromiografia, na qual o registro é usado para aplicar diversas análises da resposta reflexa do sistema neuromuscular pela evocação de um estímulo; e os métodos biomecânicos, que utilizam aparelhos que comportam transdutores capazes de fornecer informações objetivas e quantitativas de alta reprodutibilidade acerca dos sintomas da espasticidade. Essa categoria é utilizada majoritariamente na área de pesquisa, pois é capaz de fornecer um resultado mais exato do que as escalas clínicas tradicionais.

[003] Os aparelhos biomecânicos para avaliação da espasticidade dos membros superiores existentes abrangem os seguintes parâmetros para quantificar a intensidade da espasticidade: quantificação do limiar do reflexo de estiramento tônico através de sinais de eletromiografia de superfície, trajetória e velocidade angular do movimento, a força aplicada na extensão do cotovelo responsável pelo movimento passivo, e uma abordagem alternativa para a medição da espasticidade que envolve a utilização de um motor elétrico que executa movimentos de oscilação nas articulações. Nessa, o motor produz o movimento de flexão/extensão da articulação e registra EMG (eletromiografia) ou com capacidade de mensurar amplitude e frequência de oscilação, visto que apenas essa última abordagem é aplicada para medir a espasticidade em relação à articulação do punho, sendo todas as demais direcionadas à espasticidade dos músculos flexores do cotovelo, músculos

bíceps braquial, e articulação do cotovelo. No entanto, nenhum desses aparelhos é capaz de realizar uma avaliação da intensidade da espasticidade em relação à articulação do punho considerando as limitações de indivíduos com lesão medular.

#### ESTADO DA TÉCNICA

[004] O documento WO2006102764A1 analisa a espasticidade nos membros superiores, em relação à articulação do cotovelo, realizando o movimento de flexão/extensão. A avaliação é feita em função de sinais mioelétricos, medidas de ângulo e velocidade angular, obtidas durante a repetição do movimento em faixas de velocidade diferentes. O método proposto na presente invenção, embora avalie os membros superiores, avalia grupos musculares diferentes, isto é, analisa a espasticidade em relação à articulação do punho durante o movimento passivo realizado de modo autônomo e apenas uma vez, com velocidade constante, e com a utilização de transdutores que avaliam variáveis diferentes: o tremor da mão através da aceleração nos três eixos, pressão e variação da amplitude do movimento.

[005] O documento US6589190B2 propõe um método e um dispositivo para a avaliação do tônus muscular em pacientes espásticos. A região avaliada é a articulação do punho, através da caracterização da rigidez da articulação e parâmetros de inércia durante o movimento de oscilação da extensão à flexão do punho no plano transversal. Em contrapartida, o método proposto na presente invenção faz uso das variáveis cinéticas envolvidas quantificando o tremor da mão nos três eixos com o uso de um acelerômetro,



e a variação angular da articulação do punho através do eletrogoniômetro, além de registrar a pressão. O movimento passivo de flexão/extensão do punho é gerado por um motor, porém neste caso no plano sagital.

[006] O documento US8002717B2 propõe um método de avaliação da espasticidade caracterizando a rigidez da articulação e a resposta reflexa. Um sensor de força é conectado a uma plataforma composta por uma parte fixa e uma parte móvel, e o movimento de flexão/extensão é realizado duas vezes, a primeira lentamente, sem contribuição do reflexo e a segunda rapidamente. Um processador ligado ao sensor de força coleta os dados em três pontos específicos durante o procedimento que são utilizados para caracterizar a espasticidade. Tal documento não apresenta conflito, visto que o método proposto na presente invenção coleta e armazena as grandezas envolvidas durante todo o procedimento e faz uso das variáveis cinéticas que quantificam o tremor da mão nos três eixos com o uso de um acelerômetro, e a variação angular da articulação do punho através do eletrogoniômetro, além de registrar a pressão. O movimento passivo de flexão/extensão do punho é gerado por um motor o que garante precisão de velocidade.

[007] O trabalho de MARIA, Renata Manzano, intitulado "*Desenvolvimento de um sistema para avaliação de espasticidade em lesados modulares*" apresenta um equipamento que utiliza acelerômetro e eletrogoniômetro, que associados ao software de visualização e aquisição de dados, busca caracterizar a espasticidade em lesados medulares. Para isso, os sensores são fixados no membro

inferior do paciente avaliado. Tal trabalho não apresenta conflito com a presente invenção, pois os sensores utilizados são fixados no membro inferior do paciente avaliado e não nos membros superiores como na presente invenção. Além disso, no referido trabalho, o movimento passivo de extensão do joelho é gerado pela ação do avaliador. Na presente invenção, o movimento de extensão do punho é gerado pela ação do próprio equipamento, o que permite a padronização das avaliações. Assim, o equipamento proposto na presente invenção possibilita a avaliação da espasticidade em membros superiores, enquanto o referido trabalho apresenta uma estratégia para espasticidade em membros inferiores.

[008] O artigo de Johnson, G. R. intitulado "*Outcome measures of spasticity*" faz uma revisão de métodos para avaliação da espasticidade e mostra uma abordagem para membros superiores baseada na ação de um motor elétrico, que faz a articulação do punho oscilar. Tal oscilação envolve a extensão e a flexão do punho no plano transversal, enquanto o paciente segura a manopla do equipamento. Durante a avaliação é medida a amplitude dos sinais mioelétricos em pontos do antebraço. Podem ser medidas também a rigidez articular mediante a aplicação de um movimento e a frequência natural a partir de uma força aplicada. Em contrapartida, a presente invenção utiliza eletrogoniômetro e acelerômetro para caracterizar a espasticidade do membro superior, quantificando a variação angular da articulação do punho e o tremor da mão, respectivamente. O movimento passivo de extensão do punho é gerado por um motor elétrico, contudo no plano sagital.

Como o equipamento é voltado para tetraplégicos que não realizam preensão, tal movimento é realizado sem a necessidade da ação do paciente.

[009] O artigo de Pisano, Fabrizio et al. intitulado "*Quantitative measures of spasticity in post-stroke patients*" apresenta um equipamento que utiliza um motor para gerar a extensão do punho no plano transversal e transdutores para a determinação da posição, do torque e da velocidade. A espasticidade é caracterizada pela medida da rigidez do punho, obtida pela inclinação da linha de regressão a partir da análise de regressão linear das curvas de torque e posição. Tal artigo não apresenta conflito, pois na presente invenção a espasticidade é caracterizada pela variação angular da articulação do punho e pelo tremor da mão. Para isso são utilizados eletrogoniômetro e acelerômetro, respectivamente. A espasticidade é ocasionada pelo movimento passivo de extensão do punho no plano sagital, gerado por um motor elétrico.

[010] Assim, com o objetivo de solucionar os problemas existentes no estado da técnica, a presente invenção propõe um aparelho e um método capaz de quantificar a espasticidade de membros superiores em relação à articulação do punho direcionado a indivíduos com lesão medular, ou seja, independente de qualquer espécie de movimento ativo e com condições específicas que eliminam a possibilidade de lesionar o paciente ainda que este seja desprovido de sensibilidade na região avaliada.

#### VANTAGENS DA INVENÇÃO

[011] A invenção aqui descrita é muito eficaz na



avaliação da espasticidade de membros superiores em relação à articulação do punho e apresenta inúmeras vantagens em relação ao estado da técnica. Dentre tais vantagens, cabe mencionar:

- ser direcionada a pacientes com lesão medular;
- registrar o valor RMS (*Root Mean Square*) das grandezas aferidas;
- apresentar um sistema de proteção para impedir que pacientes desprovidos de sensibilidade sejam lesionados;
- mensurar a aceleração em três eixos;
- controlar a velocidade do movimento passivo;
- apresentar gráficos em tempo real;
- apresentar base para apoio da mão ser anatômica e regulável para atender pacientes com diferentes características anatômicas;
- capacidade de comparar testes obtidos através da sobreposição de gráficos.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

[012] A presente invenção se refere a um aparelho e método biomecânicos para avaliação de espasticidade de membros superiores em relação à articulação do punho em lesados medulares. O método promove a extensão do punho realizando simultaneamente aquisição de dados provenientes de três transdutores: acelerômetro, eletrogoniômetro e sensor de pressão à base de filme para coletar as variáveis cinéticas envolvidas, proporcionando um resultado objetivo. O movimento de extensão do punho é realizado de modo passivo, possibilitando a avaliação em pessoas com qualquer nível de lesão medular.



### BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[013] A FIG. 1 mostra um fluxograma da interface gráfica do software.

[014] A FIG. 2 mostra o fluxo de dados no aparelho.

[015] A FIG. 3 mostra uma vista em perspectiva isométrica da porção inferior do aparelho da presente invenção.

[016] A FIG. 4 mostra a perspectiva isométrica da porção anterior do aparelho da presente invenção.

[017] A FIG. 5 mostra a perspectiva isométrica da porção posterior do aparelho da presente invenção.

[018] A FIG. 6 mostra o aparelho com um antebraço e mão.

[019] A FIG. 7 mostra o fluxograma do funcionamento do aparelho.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[020] A presente invenção se refere a um aparelho e método biomecânicos para avaliação de espasticidade de membros superiores em lesados medulares. Conforme pode ser observado nas FIGS. 3, 4 e 5, o aparelho é construído sobre uma base (14) que apresenta três pés (15) em sua parte inferior para apoio estável sobre uma superfície plana. Na sua parte superior, a base possui quatro parafusos (16) que sustentam a plataforma (17), na qual o antebraço do usuário é posicionado e fixado por meio da faixa elástica (18). Os parafusos possibilitam o ajuste da distância em até 25mm e a inclinação entre a plataforma e a base.

[021] A barra em L (19) e a barra horizontal (20) formam o suporte do atuador, que é fixado na parte superior da base. O atuador (21) é posicionado na extremidade da

barra horizontal, e em seu eixo recebe a peça A (22), que em conjunto com as peças B (23), C (24) e D (25) compõe o suporte de sustentação da mão. As peças A e C apresentam rasgos (28,25mm e 32,6mm, respectivamente) que permitem o ajuste das dimensões do suporte de sustentação da mão; esse ajuste em conjunto com o ajuste da distância e da inclinação entre a plataforma e a base buscam proporcionar o posicionamento correto da mão sobre a peça D e o alinhamento entre o eixo da articulação do punho e o eixo do atuador. Um ajuste de até 70mm também é possível por meio da peça B. A chave de fim de curso (26) está fixada na barra horizontal (20), sendo responsável pela interrupção do funcionamento do atuador quando acionada pela peça A. Sobre a peça D é posicionado o sensor de filme (27) que monitora a pressão entre a palma da mão e o suporte de sustentação da mão.

[022] Ainda na parte superior da base fica localizada a caixa (28) que armazena a fiação do aparelho. Sobre a caixa estão o suporte de sustentação (29) do eletrogoniômetro de fibra óptica (30) e o esticador (31), que mantém a região inativa da fibra imóvel. O suporte de sustentação e o esticador estabelecem o alinhamento entre o centro da região ativa da fibra e o eixo do atuador. Já na extremidade da região ativa da fibra é fixado o grampo (32), que estabelece a conexão dessa região com a mão do usuário. Na porção posterior da mão é fixado o acelerômetro (33).

[023] Em adição ao aparelho descrito, a presente invenção contempla um software com sistema de janelas e interface gráfica intuitiva, apresentando a função para

incluir um novo paciente no sistema contendo campos com informações relevantes para análise da espasticidade em indivíduos com lesão medular. Essas informações são: nome, número de identificação, data de nascimento, altura, peso, nível da lesão, ano de ocorrência e anotações gerais que possibilitam a inclusão de outros dados que o avaliador julgue necessário. Há a possibilidade de visualizar os históricos de testes de um indivíduo e comparar dois registros do procedimento através da sobreposição dos gráficos. A interface para a realização de novos testes exibe instantaneamente os dados recebidos na forma de gráfico e com valor RMS dos sinais das formas de onda atualizado.

[024] A tela inicial (1) é composta por quatro botões. O primeiro habilita uma nova janela (2) com a função de incluir um novo paciente no sistema; o segundo botão, ver histórico, direciona o usuário para uma janela onde ele pode selecionar um paciente já cadastrado e visualizar os históricos de testes deste indivíduo. Já o terceiro abre uma janela para a realização de novos testes de um paciente já cadastrado, e o último finaliza o programa.

[025] A janela (2) tem a função de incluir um novo paciente no sistema. Foram incluídos nessa janela campos a serem preenchidos; estes foram selecionados levando em consideração a relevância das informações requeridas na análise da espasticidade em indivíduos com lesão medular.

[026] A janela (3) tem a função de selecionar um paciente previamente cadastrado. As informações preenchidas na janela (2) serão visualizadas no retângulo abaixo da caixa de seleção, dificultando a seleção equivocada de



pacientes. Pressionando-se o botão confirmar será aberta a janela (5) onde será possível visualizar um teste ou comparar dois testes diferentes.

[027] A janela (4) possui duas caixas de seleção, sendo a primeira para informar em qual paciente será realizado o teste, e a segunda para informar em qual porta USB do computador foi conectado o dispositivo para quantificação da espasticidade. Após a inclusão das informações requeridas pressiona-se o botão conectar; o programa redirecionará o usuário para a janela (6), que tem a função de realizar novos testes.

[028] A janela (5) permite a visualização de testes anteriores e comparação entre dois testes diferentes, mostrando-os simultaneamente no mesmo gráfico. O retângulo na parte superior da tela mostra o nome do paciente.

[029] A janela (6) é composta pelos gráficos referentes aos sinais recebidos pelos três sensores (acelerômetro, eletrogoniômetro e sensor de pressão), indicadores numéricos que apresentam o valor RMS de cada sinal e os botões responsáveis por controlar os testes: o botão iniciar, que inicia um novo teste, o botão parar, com a função de interromper o teste antes das condições de parada do teste. Após a realização do teste é possível arquivar o mesmo ou descartar, através dos botões salvar e excluir. O botão concluir teste finaliza o teste e fecha esta janela.

[030] Os sinais de entradas do sistema (7, 8, 9 e 10) correspondem respectivamente ao acelerômetro, sensor de pressão a base de filme, eletrogoniômetro e controle de velocidade do motor. Esses sinais são recebidos pelo

microcontrolador(13), que envia os sinais dos transdutores (7,8 e 9) para o computador (11) que os apresenta em forma de gráfico.

[031] O computador (11) também envia diretrizes ao microcontrolador (13) para informar o momento de início e fim do teste, que por sua vez coordena o sentido e tempo de operação do motor (13), juntamente com o controle de velocidade (10).

[032] O método para avaliação de espasticidade de membros superiores em lesados medulares compreende as seguintes etapas:

- posicionar o indivíduo no aparelho com o ombro abduzido a  $90^\circ$ , cotovelo fletido a  $90^\circ$ , o antebraço deve estar em pronação, com a palma da mão voltada para o solo. O antebraço deve ser apoiado na plataforma do aparelho, deixando a mão livre, evitando o desvio ulnar do punho e a flexão dos dedos.

- realizar o teste de amplitude do movimento articular por meio do movimento passivo de flexão do punho à extensão total. O movimento passivo é realizado por um motor, com velocidade constante (de  $6^\circ$  a  $150^\circ$  por segundo), ressaltando-se que a velocidade do motor é ajustada antes do início do procedimento e se mantém fixa durante o procedimento. A opção de controle de velocidade tem como objetivo mostrar a relação entre a resistência da articulação e a velocidade do movimento.

- simultaneamente à realização do movimento articular é feita a aquisição de dados dos três transdutores: eletrogoniômetro, acelerômetro e sensor de pressão a base de filme. Caso ocorra ao menos uma das

condições de parada: ângulo de extensão do punho superior ao estipulado, força exercida no sensor de pressão localizado na palma da mão do paciente superior a um valor previamente estabelecido entre 0,5 N a 8,5 N (recomenda-se valores próximos a 1 N) e identificação de tremor pelo acelerômetro, observa-se o início do fenômeno espástico, o motor inverte o sentido de rotação, fazendo a plataforma onde a mão está posicionada descer até sensibilizar uma chave de fim de curso e finalmente parar, deixando o punho neutro. A aquisição de dados é realizada por mais um minuto após a condição de parada, finalizando o procedimento.

- Caso o avaliador considere o teste bem sucedido, esse é armazenado no sistema; se ocorrer alguma irregularidade, o teste poderá ser excluído e inicia-se um novo teste pressionando o botão iniciar.

[033] Se necessário, o teste pode ser interrompido antecipadamente pressionando-se o botão parar, ou através do botão parada de emergência; ambos suspendem o teste em execução e aplicam as condições para realizar um novo teste.

[034] Embora a invenção tenha sido amplamente descrita, é óbvio para aqueles versados na técnica que várias alterações e modificações podem ser feitas visando aprimoramento do projeto sem que as referidas alterações não estejam cobertas pelo escopo da invenção.

#### **Referências**

[035] DE CARVALHO, Margarida Maria Xavier Vieira. Desenvolvimento de dispositivo para medir espasticidade de membros superiores. Universidade de Mogi das Cruzes. 2006.

[036] DANTAS, André Rodrigues. Sistema de



quantificação mecânica aplicado à avaliação de espasticidade. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

[037] FERREIRA, João Fernandes. Dispositivo mecatrónico para a quantificação da Espasticidade. 2011.

[038] JOHNSON, G. R. Outcome measures of spasticity. *European Journal of Neurology*, v. 9, n. s1, p. 10-16, 2002.

[039] MARIA, RenataManzanoetal. Custom Built Device for Spasticity Evaluation Associated to Spinal Cord Injury- A Redundant Signal to Electrogoniometer in Pendulum Test. In: *BIODEVICES*. 2013. p. 120-126. MARIA, RenataManzano et al. Custom Built Device for Spasticity Evaluation Associated to Spinal Cord Injury-A Redundant Signal to Electrogoniometer in Pendulum Test. In: *BIODEVICES*. 2013. p. 120-126.

### REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho biomecânico para avaliação de espasticidade de membros superiores em lesados medulares, **caracterizado** pelo fato de compreender uma base (14) que apresenta três pés (15), quatro parafusos (16) de sustentação sobre a qual está a plataforma (17) contendo a faixa elástica (18), a barra em L (19) e barra horizontal (20) que suportam o atuador (21) que em seu eixo recebe a peça A (22), em conjunto com as peças B (23), C (24) e D (25) que compõem o suporte de sustentação da mão (29) do usuário, chave de fim de curso (26) fixada à barra horizontal (20), sensor de filme (27), caixa (28) sobre a qual estão o suporte de sustentação (29), eletrogoniômetro de fibra óptica (30), esticador (31), grampo (32) e acelerômetro (33), sendo avaliada a intensidade da espasticidade dos membros superiores em relação à articulação do punho por meio de um microcontrolador (13) que coordena o sentido e tempo de operação de um motor, o qual promove um movimento passivo de flexão/extensão do punho em velocidade constante, no plano sagital e simultaneamente, a coleta das variáveis cinéticas envolvidas, quantificando o tremor das mãos nos eixos por meio dos sinais recebidos do acelerômetro (33), eletrogoniômetro (30) e sensor de pressão (27).

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de a base (14) apresentar três pés (15) em sua parte inferior.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de a base (14) possuir quatro parafusos (16) em sua parte superior.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3,

**caracterizado** pelo fato de os quatro parafusos (16) sustentarem a plataforma (17).

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de o antebraço do usuário ser posicionado e fixado na plataforma (17) por meio da faixa elástica (18).

6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de a barra em L (19) e a barra horizontal (20) formarem o suporte do atuador (21), que é fixado na parte superior da base (14).

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de o atuador (21) ser posicionado na extremidade da barra horizontal (20).

8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de o atuador (21) receber em seu eixo a peça A (22), que em conjunto com as peças B (23), C (24) e D (25) compõem o suporte de sustentação da mão.

9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de as peças A (22) e C (24) apresentarem rasgos de 28,25 mm e 32,6 mm, respectivamente.

10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de a peça B permitir um ajuste de até 70 mm.

11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de o sensor de filme (27) ser posicionado sobre a peça D (25).

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de a chave de fim de curso (26) estar fixada na barra horizontal (20).

13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1,



**caracterizado** pelo fato de a caixa (28) estar localizada na parte superior da base (14).

14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de o suporte de sustentação (29) do eletrogoniômetro de fibra óptica (30) e o esticador (31) estarem sobre a caixa (28).

15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de o suporte de sustentação (29) e o esticador (31) estabelecerem o alinhamento entre o centro da região ativa da fibra e o eixo do atuador (21).

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de na extremidade da região ativa da fibra ser fixado o grampo (32).

17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de na porção posterior da mão ser fixado o acelerômetro (33).

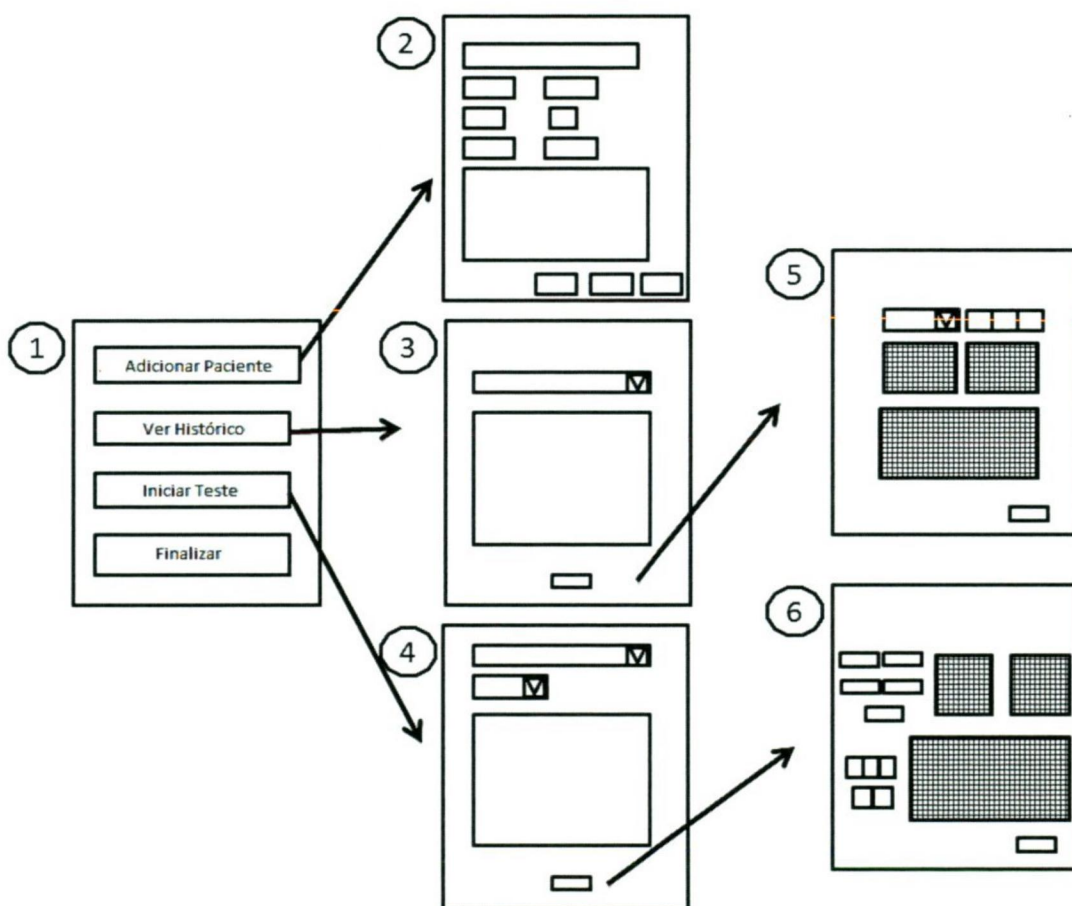


FIG. 1

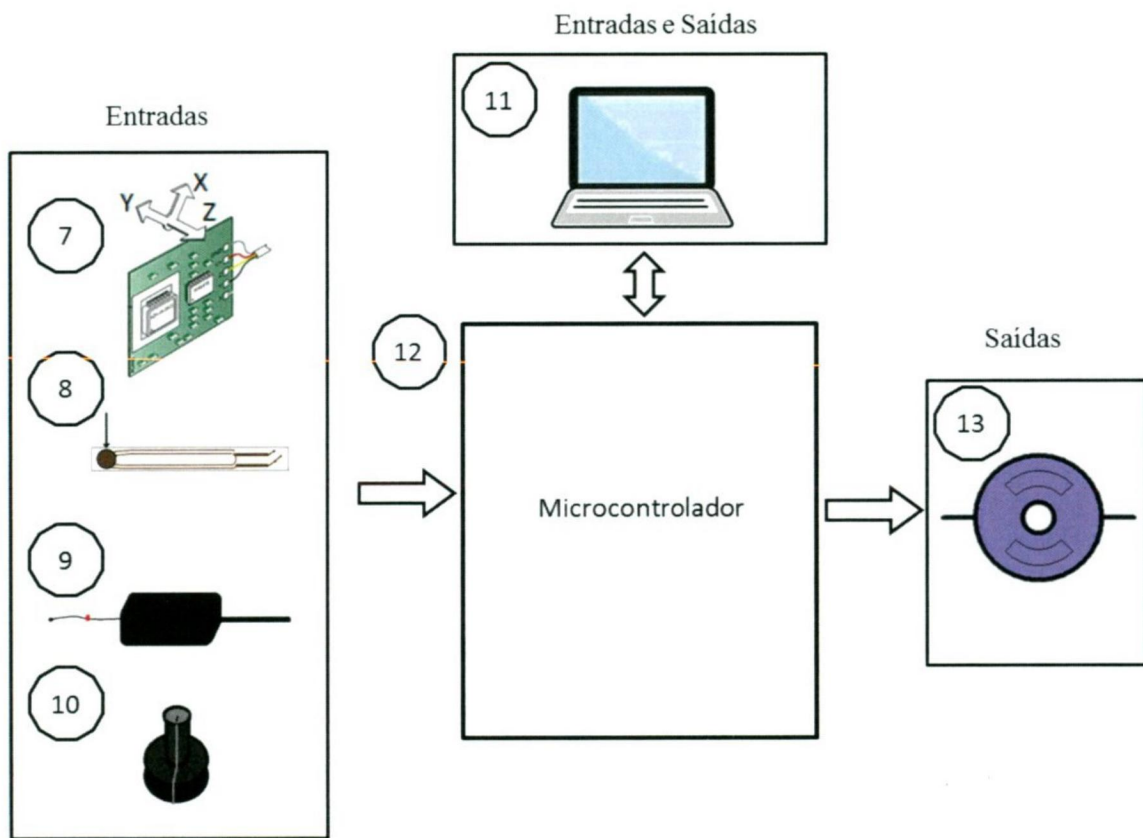


FIG.2



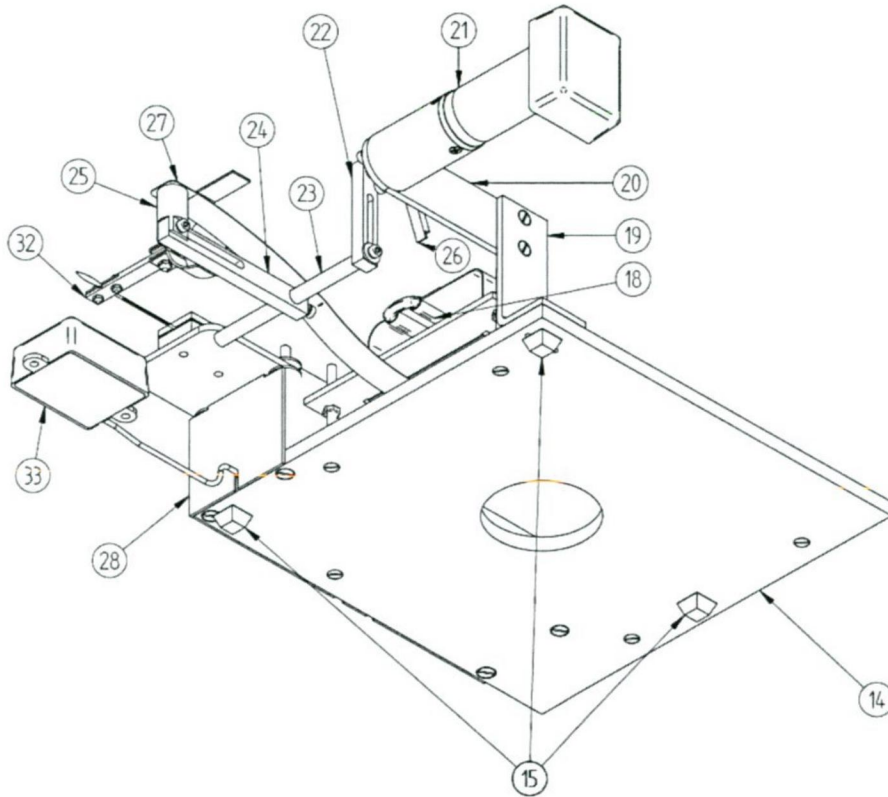


FIG. 3

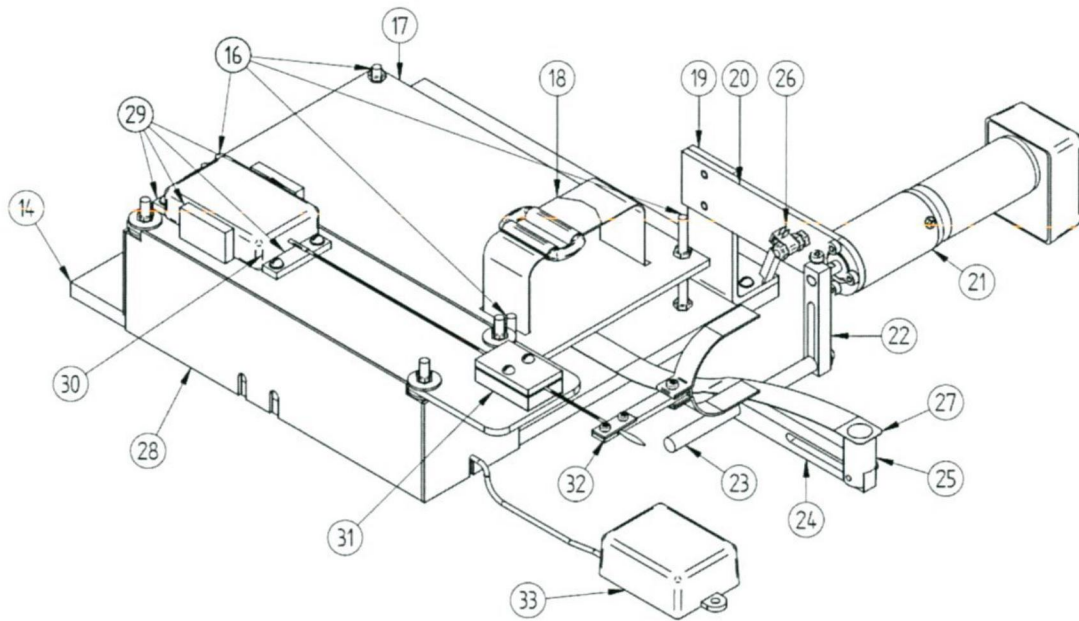


FIG. 4

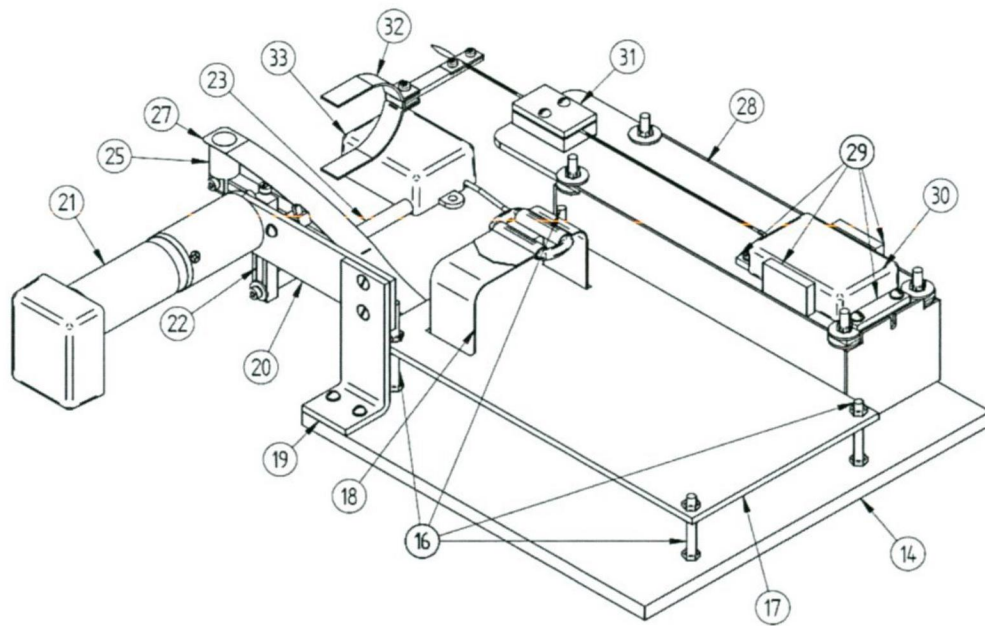


FIG. 5

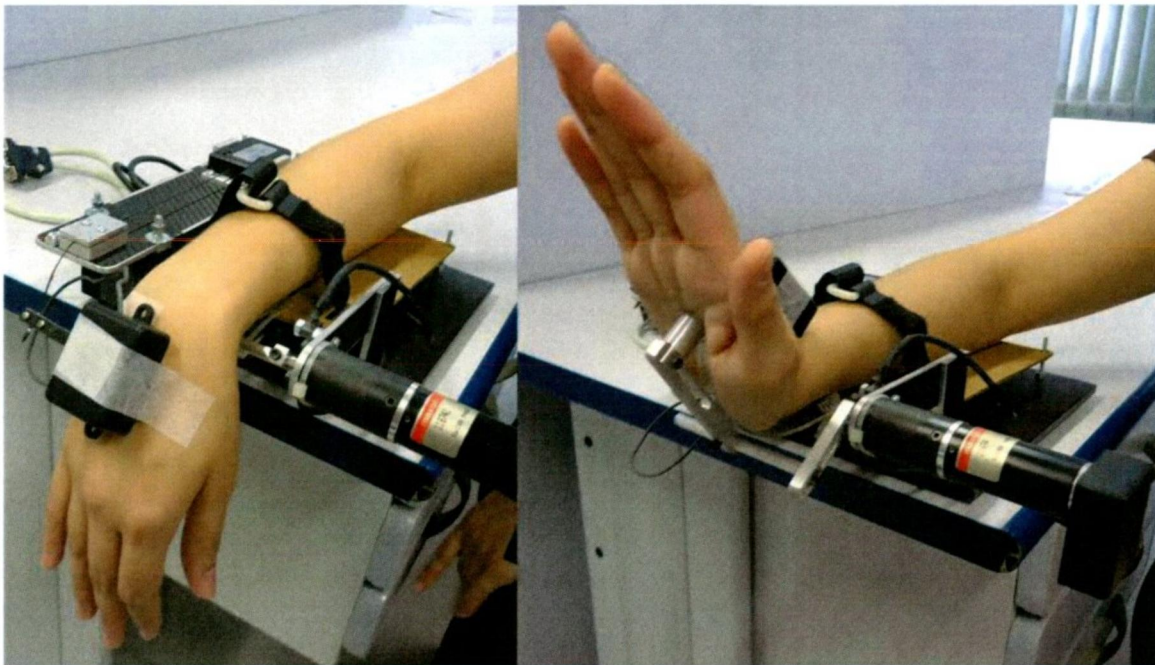


FIG. 6



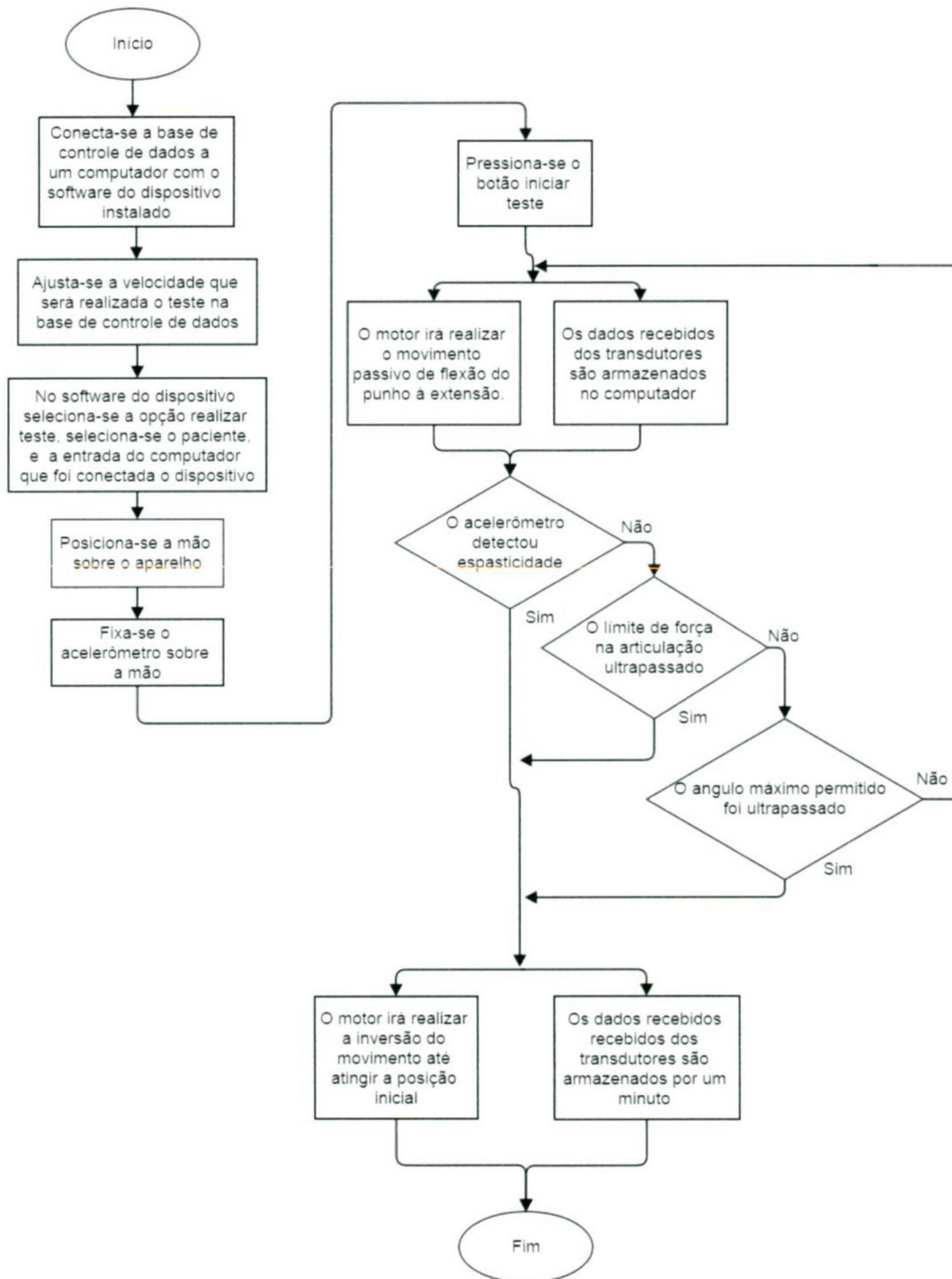


FIG. 7