



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

(21) **PI 1004536-8 A2**



(22) Data de Depósito: 14/09/2010  
(43) Data da Publicação: 24/01/2012  
(RPI 2142)

(51) *Int.Cl.:*  
A61B 5/103

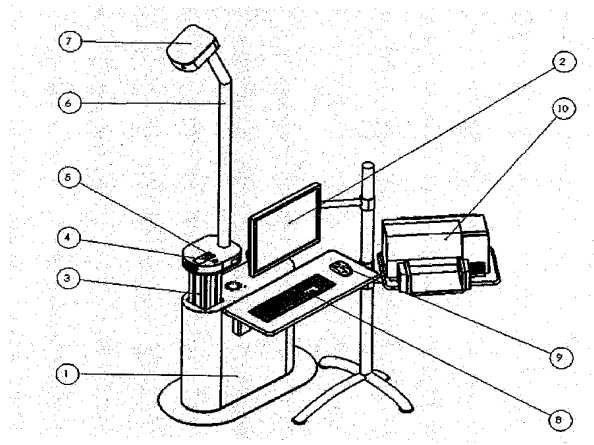
(54) **Título:** PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL

(73) **Titular(es):** Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda - ME

(72) **Inventor(es):** Fabiano Pires Ergoni, Tiago de Menezes Arrial

(74) **Procurador(es):** Custódio de Almeida & Cia.

(57) **Resumo:** PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL. A invenção refere-se a um processo e a um equipamento para diagnóstico da coluna vertebral que emprega um sistema de projeção e uma câmara para captação da imagem projetada nas costas do paciente. O equipamento compreende um gabinete (1) com uma CPU interna dedicada, um monitor de LCD (2) e uma torre de altura ajustável (3) para adequação à estatura do paciente. A torre (3) possui um botão de liga-desliga (4), um projetor de DLP (5) e uma coluna (6) com uma câmara receptora (7) em seu topo. Integram o equipamento um teclado (8), um mouse (9) e uma impressora (10). O equipamento possui um diagrama que compreende a unidade computacional (11) conectada através de porta USB (12) a um mouse (9) e um teclado (10). Duas saídas de vídeo (13) são previstas na GPU (11) para, simultaneamente, conectar o projetor multimídia (5) e o monitor de vídeo (2). A CPU (11) possui uma entrada de dados que é uma câmara digital (7) do tipo firewire (14). O processo para diagnóstico da coluna vertebral do ser humano consiste da seguinte seqüência de etapas: - projeção de marcadores através de um projetor do tipo DLP para o correto posicionamento do paciente em relação ao equipamento; - projeção do padrão de luz no dorso do paciente; - com a projeção em andamento o operador regula os parâmetros dos filtros em tempo real e parâmetros da câmara, por exemplo, intensidade; - verificação da qualidade do padrão de luz de projeção obtido pela câmara através da imagem obtida; - aquisição das imagens digitais do paciente; - tratamento e análise das imagens digitais através de algoritmo específico para formação do modelo em 3D pela técnica de contagem de franjas, a sua conseqüente formação de triângulos e a geração da nuvem de pontos em 3D - análise e tratamento do modelo em 3D para geração de uma malha regular; - detecção das características anatômicas do paciente através de algoritmo; - apresentação das características anatômicas mensuradas sob a forma de gráficos, tabelas e relatórios; - apresentação de laudo para apoio ao diagnóstico clínico; - armazenamento das informações em banco de dados cadastral.



## **“PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL”**

A presente invenção refere-se a um processo e a um equipamento aperfeiçoados e destinados ao diagnóstico da coluna vertebral que emprega um sistema de projeção e uma câmara para captação da imagem projetada nas costas do paciente.

O equipamento destina-se à avaliação e ao acompanhamento de pacientes que apresentem desvios e assimetrias posturais, em especial a escoliose, permitindo abordar de forma qualitativa e quantitativa a topografia das regiões dorsal e lombar da coluna vertebral.

O sistema (conjunto de hardware e software) permite ao profissional de saúde avaliar relevo, inclinação, curvatura e simetria, tendo as seguintes indicações clínicas e diagnósticas:

- rastreamento de desvios posturais em uma população de interesse;
- avaliação inicial da assimetria e da deformidade de pacientes com desvio postural confirmado;
- acompanhamento da evolução do tratamento, permitindo reduzir a quantidade de radiografias e fornecendo informação complementar quantitativa sobre a deformidade externa causada pelos desvios da coluna vertebral.

O documento de patente US 2007/0171225 (WO 2005082249) descreve um sistema e um método de medição esquelético-muscular em 3D e análise funcional do corpo humano. Trata-se de um método baseado em computador para obtenção de um modelo esquelético-muscular de pelo menos uma superfície de parte do corpo humano a partir de uma série de imagens em 3D. O método compreende a detecção de informação da superfície anatômica em uma topografia da superfície na série de imagens em 3D e a reconstrução da estrutura interna baseada na informação da superfície anatômica detectada. A imagem pode ser obtida a partir de um método óptico tal como a projeção de uma luz estruturada. Esse método apresenta os seguintes inconvenientes:

- iluminação através de lâmpada incandescente branca e com retículo mecânico, que gera uma baixa qualidade da imagem projetada e captada, o que dificulta a análise e o diagnóstico;

- emprega um sistema analógico de iluminação que possui um tempo de vida pequeno, de no máximo 2.000 horas;
- utiliza técnicas de médias de aquisição para apresentar o resultado.

É um objetivo da presente invenção um equipamento aperfeiçoado que compreende um gabinete com uma CPU dedicada, um monitor de LCD e uma torre de altura ajustável à estatura do paciente. A torre possui um botão de liga-desliga, um projetor de DLP (digital light projector) e uma coluna com uma câmara receptora em seu topo.

É outro objetivo da presente invenção um novo processo para diagnóstico da coluna vertebral que emprega as seguintes etapas: aquisição, análise e resultado.

A etapa de aquisição consiste em obter informações visuais úteis para o processo. Durante esta etapa, o padrão de luz é projetado utilizando um projetor multimídia e algumas fotos são efetuadas através de uma câmara digital. As informações obtidas no processo de aquisição são processadas por algoritmos de triangulação 3D, gerando uma malha tridimensional regular. Essa malha é processada por uma seqüência de técnicas matemáticas onde o objetivo é obter informações pertinentes ao estudo da coluna.

A etapa de análise compreende o tratamento das imagens digitais através de algoritmo específico para formação do modelo em 3D pela técnica de contagem de franjas e a conseqüente formação de triângulos e geração da nuvem de pontos 3D; geração de uma malha regular e detecção das características anatômicas do paciente através de algoritmo.

A etapa de resultado consiste na apresentação das características anatômicas mensuradas sob a forma de gráficos, tabelas e relatórios.

O processo e equipamento aperfeiçoados para diagnóstico da coluna vertebral, objeto da presente invenção, resulta nas seguintes vantagens sobre as concepções do estado da técnica:

- iluminação utilizando DLP (digital light projector) que é baseado em tecnologia digital (semicondutores) aliando performance com tempo de vida longo com mais de 20.000 horas;

- excelente qualidade de imagem;
- imagens nítidas sem borrados ou desbotados;
- imagens brilhantes que permitem a visualização até mesmo em salas iluminadas.

5 O processo e o equipamento aperfeiçoados para diagnóstico da coluna vertebral do ser humano, propostos pela invenção, passam a ser descritos detalhadamente com base nos desenhos em anexo, abaixo listados:

Figura 1 - perspectiva geral do equipamento;

Figura 2 - diagrama do equipamento;

10 Figura 3 - fluxograma do software;

Figura 4 - fluxograma do processo;

Figura 5 - imagem adquirida através da iluminação digital projetada no paciente;

Figura 6 - imagem adquirida e tratada pela binarização;

Figura 7 - imagem com identificação de franjas;

15 Figura 8 - imagem ampliada para cálculo da espessura das franjas;

Figura 9 - imagem com identificação da franja de referência;

Figura 10 - imagem do resultado final da decodificação com franjas ordenadas por tons de cinza;

Figura 11 - imagem decodificada com a linha central de referência e as linhas em níveis horizontais conforme captadas;

20

Figura 12 - mapa de relevo do tronco de um paciente rodado para a direita;

Figura 13 - mapa de curvatura do tronco de paciente sem alteração postural.

A figura 1 ilustra o equipamento para diagnóstico da coluna vertebral do ser humano que compreende um gabinete (1) com uma CPU interna dedicada, um monitor de LCD (2) e uma torre de altura ajustável (3) para adequação à estatura do paciente. A torre (3) possui um botão de liga-desliga (4), um projetor de DLP (5) e uma coluna (6) com uma câmara receptora (7) em seu topo. Integram o equipamento um teclado (8), um mouse (9) e uma impressora (10).

25

30

A figura 2 é um diagrama que detalha o equipamento para diagnóstico da coluna vertebral do ser humano que compreende a unidade computacional (11) conectada através de uma porta USB (12) a um mouse (9) e um teclado (10). Duas saídas de vídeo (13) são previstas na CPU (11) para,

simultaneamente, conectar o projetor multimídia (5) e o monitor de vídeo (2). A CPU (11) possui uma entrada de dados que é uma câmara digital (7) do tipo firewire (14).

A figura 3 ilustra o fluxograma do software de gerenciamento do equipamento. Um aplicativo (15) desenvolvido utiliza a linguagem C# (C# ou C Sharp), que é uma linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida pela Microsoft como parte da plataforma .NET; a sua sintaxe orientada a objetos foi baseada no C++ mas inclui muitas influências de outras linguagens de programação, como Delphi e Java, comanda outros aplicativos através de um servidor COM (16). As funcionalidades matemáticas (18) foram desenvolvidas utilizando a linguagem LUA (17). Component Object Model (COM) é uma plataforma da Microsoft para componentes de software lançada em 1993. Ela é usada para permitir a comunicação entre processos e a criação dinâmica de objetos em qualquer linguagem de programação que suporte a tecnologia. O termo COM é freqüentemente usado no desenvolvimento de software para se referir a um grupo de tecnologias que incluem OLE, OLE Automation, ActiveX, COM+ e DCOM. A unidade de negócio (15) interage com a interface vetorial 3D (19) e com o driver da câmara (7). A interface vetorial (19), por sua vez, se comunica com o projetor DLP (5) e a interface do usuário (2, 8, 9 e 10).

A figura 4 ilustra o fluxograma com a seqüência de etapas executadas no processo para diagnóstico da coluna vertebral do ser humano:

#### ETAPAS DE AQUISIÇÃO

- A) projeção de marcadores através de um projetor do tipo DLP para o correto posicionamento do paciente em relação ao equipamento;
- B) projeção do padrão de luz no dorso do paciente;
- C) com a projeção em andamento o operador regula os parâmetros dos filtros em tempo real e parâmetros da câmara, por exemplo, intensidade;
- D) verificação da qualidade do padrão de projeção obtido pela câmara através da imagem obtida;
- E) aquisição das imagens digitais do paciente;

#### ANÁLISE

- F) tratamento e análise das imagens digitais através de algoritmo específico

para formação do modelo em 3D pela técnica de contagem de franjas, a sua conseqüente formação de triângulos e a geração da nuvem de pontos em 3D;

- G) análise e tratamento do modelo em 3D para geração de uma malha regular;  
 5 H) detecção das características anatômicas do paciente através de algoritmo;

#### RESULTADO

- I) apresentação das características anatômicas mensuradas sob a forma de gráficos, tabelas e relatórios;  
 J) apresentação de laudo para apoio ao diagnóstico clínico;  
 10 K) armazenamento das informações em banco de dados cadastral.

#### DETALHAMENTO DA ANÁLISE DAS IMAGENS

#### DECODIFICAÇÃO - BINARIZAÇÃO DAS FRANJAS

##### Entrada

- Imagem adquirida com franjas
- 15 - Imagem adquirida sem franjas (branca)

##### Saída

- Imagem decodificada das franjas onde cada tom de cinza representa uma franja específica projetada

Na imagem com franjas é inicialmente aplicada uma binarização  
 20 (*threshold*) por diferença para separar as linhas (franjas) brancas projetadas do fundo, seja da superfície das costas sem franjas ou o próprio pano de fundo da aquisição. Em seguida é aplicado um filtro mediano para remover possíveis ruídos da imagem. A figura 5 mostra a imagem adquirida (entrada) e a figura 6 mostra o resultado da binarização (saída).

#### 25 IDENTIFICAÇÃO DAS FRANJAS

Para se identificar cada franja na imagem, primeiro deve-se encontrar um pixel dentro de cada franja. Para tanto usa-se uma guia no qual percorre a imagem a partir do centro horizontal. Uma vez identificado um pixel na imagem, usa-se uma técnica chamada *flood-fill*, que consistem em um  
 30 algoritmo usado para agrupar pixels adjacentes, usando um vizinhança de 4 direções. Cada franja assume um tom de cinza. Nesta etapa, o tom de cinza de cada franja não apresenta uma ordem aparente. O resultado da identificação das franjas pode ser visualizado na figura 7.

### CÁLCULO DA ESPESSURA DAS FRANJAS

O cálculo da espessura da cada franja é resultado de uma média ponderada da quantidade de pixels em cada corte vertical de uma franja. A espessura das franjas é a média da espessura em todo o seu comprimento,  
5 conforme pode ser verificado na figura 8.

### IDENTIFICAÇÃO DA FRANJA DE REFERÊNCIA

A identificação da franja de referência faz uso de uma série de heurísticas. Na primeira etapa, a partir da lista de todas as franjas identificadas, cria-se uma lista de franjas de referência em potencial, filtrando-se as franjas  
10 que apresentem franjas vizinhas com espessura inferior a franja em questão. A partir dessa lista se cria um novo índice para cada franja de referência em potencial, no qual considera a sua espessura e a espessura de suas franjas adjacentes. Ordenando-se essa lista usando o novo índice calculado, a primeira franja dessa lista é considerada a franja de referência. A figura 9 mostra a  
15 identificação da franja de referência.

### ORDENAÇÃO DAS FRANJAS

Uma vez encontrada a franja de referência, enumera-se as franjas vizinhas conforme o grau de adjacência da franja de referência. A figura  
20 10 mostra o resultado final da decodificação: franjas ordenadas por tons de cinza, sendo a franja de referência a com tom de cinza 128.

### TRIANGULAÇÃO

Entradas:

- Imagem decodificada
- Coordenadas dos marcadores

25 Saídas:

- Nuvem de pontos com origem no plano de calibração

Calcula as coordenadas das franjas na imagem decodificada por triangulação.

### KRIGING

30 A partir da nuvem de pontos de entrada se calcula uma rede de pontos regular espaçados linearmente através de um processo matemático conhecido, chamado de *kriging*.

Entradas:

- Nuvem de pontos.

Saídas:

- Nuvem de pontos espaçados linearmente nas coordenadas X e Y.

#### LINHAS DE SIMETRIA

5 Apesar de não ser possível a estimativa precisa da posição da coluna vertebral a partir dos contornos da região dorsal, a maioria dos desvios provocados pela escoliose apresenta uma correlação razoável com a linha de simetria.

10 A linha de simetria é formada pela combinação do ponto de simetria de cada nível horizontal. Esse ponto é calculado matematicamente, sendo definido como aquele em que há a menor diferença de contorno e de curvatura em ambos os lados de cada nível horizontal, e é uma boa aproximação da localização dos processos espinhosos conforme seriam localizados por palpação. Um exemplo de linha de simetria pode ser visualizado  
15 na figura 11. A linha de simetria percorre todo o comprimento do dorso. As linhas de níveis horizontais são ilustradas conforme captados pela estereografia.

No equipamento as vistas posterior e lateral da linha de simetria são exibidas nos dois primeiros gráficos do Painel de Gráficos. Nesse painel,  
20 podem ser localizados visualmente os pontos de inflexão para o cálculo dos ângulos de cifose e lordose, na vista lateral, bem como os pontos de inflexão para o cálculo dos ângulos da escoliose, caso seja necessário, na vista frontal.

Os resultados oriundos das análises realizadas são apresentados através de mapas de cor, que permitem visualizar de forma  
25 natural a distribuição desses valores na superfície dorsal.

- Relevo: o relevo da região dorsal pode ser representado através de curvas de nível e de gradações de cor, assim como a superfície da Terra tem seus contornos representados em um mapa, no equipamento convencionou-se que o nível zero seja um plano frontal que passa pela primeira vértebra sacral (S1) ao nível da pele. Os pontos mais posteriores a esse plano são apresentados em cores quentes (amarelo e vermelho), enquanto os pontos  
30 mais anteriores são apresentados em cores frias (ciano e azul).
- Curvatura: representa o grau de concavidade ou de convexidade de cada

ponto da superfície. As regiões mais convexas ("saliências") são apresentadas em cores quentes (amarelo e vermelho), enquanto as regiões mais côncavas ("reentrâncias") são apresentadas em cores frias (ciano e azul).

5 A figura 12 ilustra um mapa de relevo típico de uma pessoa normal, mostrando que o tronco está rodado para a direita (a escápula direita está bem mais proeminente).

10 A figura 13 ilustra um mapa de curvatura de um paciente sem alteração postural, onde: proeminência escapular, em vermelho (23); sulco medial à escápula, em azul (24) e sulco mediano da região dorso-lombar, em azul, sendo visualizadas algumas impressões dos processos espinhosos em azul claro (25).

**REIVINDICAÇÕES**

1 - "EQUIPAMENTO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL" caracterizado por compreender um gabinete (1) com uma CPU interna dedicada, um monitor de LCD (2) e uma torre de altura ajustável (3) para adequação à estatura do paciente, um teclado (8), um mouse (9) e uma impressora (10), sendo que a torre (3) possui um botão de liga-desliga (4), um projetor de DLP (5) e uma coluna (6) com uma câmara receptora (7) em seu topo.

2 - "EQUIPAMENTO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL", de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender o diagrama uma unidade computacional (11) conectada através de porta USB (12) ao monitor (2), a um mouse (9) e um teclado (10), tendo a CPU (11) duas saídas de vídeo (13) para conectar o projetor multimídia (5) e o monitor de vídeo (2) e uma entrada de dados que é uma câmara digital (7) do tipo firewire (14).

3 - "EQUIPAMENTO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL", de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por compreender um software de gerenciamento do equipamento com um aplicativo (15) que utiliza a linguagem C# que comanda outros aplicativos através de um servidor COM (16), sendo as funcionalidades matemáticas (18) em linguagem LUA (17), empregando uma plataforma Component Object Model (COM), tendo uma unidade de negócio (15) que interage com a interface vetorial 3D (19) e com o driver da câmara (7) e sendo que a interface vetorial (19) se comunica com o projetor DLP (5) e a interface do usuário (2, 8, 9 e 10).

4 - "PROCESSO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL" caracterizado por compreender a seguinte seqüência de etapas:

- projeção de marcadores através de um projetor do tipo DLP para o correto posicionamento do paciente em relação ao equipamento;
- projeção do padrão de luz no dorso do paciente;
- regulagem dos parâmetros dos filtros em tempo real e parâmetros da câmara;
- verificação da qualidade do padrão de projeção obtido pela câmara através da imagem obtida;

- aquisição das imagens digitais do paciente;
- tratamento e análise das imagens digitais através de algoritmo para formação do modelo em 3D pela técnica de contagem de franjas, a sua conseqüente formação de triângulos e a geração da nuvem de pontos em 3D;
- análise e tratamento do modelo em 3D para geração de uma malha regular;
- detecção das características anatômicas do paciente através de algoritmo;
- apresentação das características anatômicas mensuradas sob a forma de gráficos, tabelas e relatórios;
- apresentação de laudo para apoio ao diagnóstico clínico;
- armazenamento das informações em banco de dados cadastral.

**5 - "PROCESSO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL"**, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por consistir o tratamento e análise das imagens digitais nas seguintes operações:

- binarização das franjas - binarização (*threshold*) por diferença para separar as linhas (franjas) brancas projetadas do fundo, seja da superfície das costas sem franjas ou o próprio pano de fundo da aquisição, sendo em seguida aplicado um filtro mediano para remover possíveis ruídos da imagem;
- identificação das franjas - encontrar um pixel dentro de cada franja usando-se uma guia na qual percorre a imagem a partir do centro horizontal, a seguir usa-se a técnica de *flood-fill* que consiste em um algoritmo usado para agrupar pixels adjacentes, usando um vizinhança de 4 direções;
- cálculo da espessura das franjas - por média ponderada da quantidade de pixels em cada corte vertical de uma franja, sendo a espessura das franjas a média da espessura em todo o seu comprimento;
- identificação da franja de referência - através de uma série de heurísticas, sendo que na primeira etapa, a partir da lista de todas as franjas identificadas, cria-se uma lista de franjas de referência em potencial, filtrando-se as franjas que apresentem franjas vizinhas com espessura inferior a franja em questão; a partir dessa lista se cria um novo índice para cada franja de referência em potencial, no qual considera a sua espessura e a espessura de suas franjas adjacentes e ordena-se essa lista usando o

novo índice calculado, a primeira franja dessa lista é considerada a franja de referência;

- ordenação das franjas - enumeração das franjas vizinhas conforme o grau de adjacência da franja de referência, sendo que o resultado final da decodificação são franjas ordenadas por tons de cinza;
- 5 - triangulação - cálculo das coordenadas das franjas na imagem decodificada por triangulação obtendo-se uma nuvem de pontos;
- cálculo da rede de pontos regular espaçados linearmente - através do processo matemático denominado de *kriging*;
- 10 - definição da linha de simetria - pela combinação do ponto de simetria de cada nível horizontal que é calculado matematicamente, sendo definido como aquele em que há a menor diferença de contorno e de curvatura em ambos os lados de cada nível horizontal.

FIGURA 1

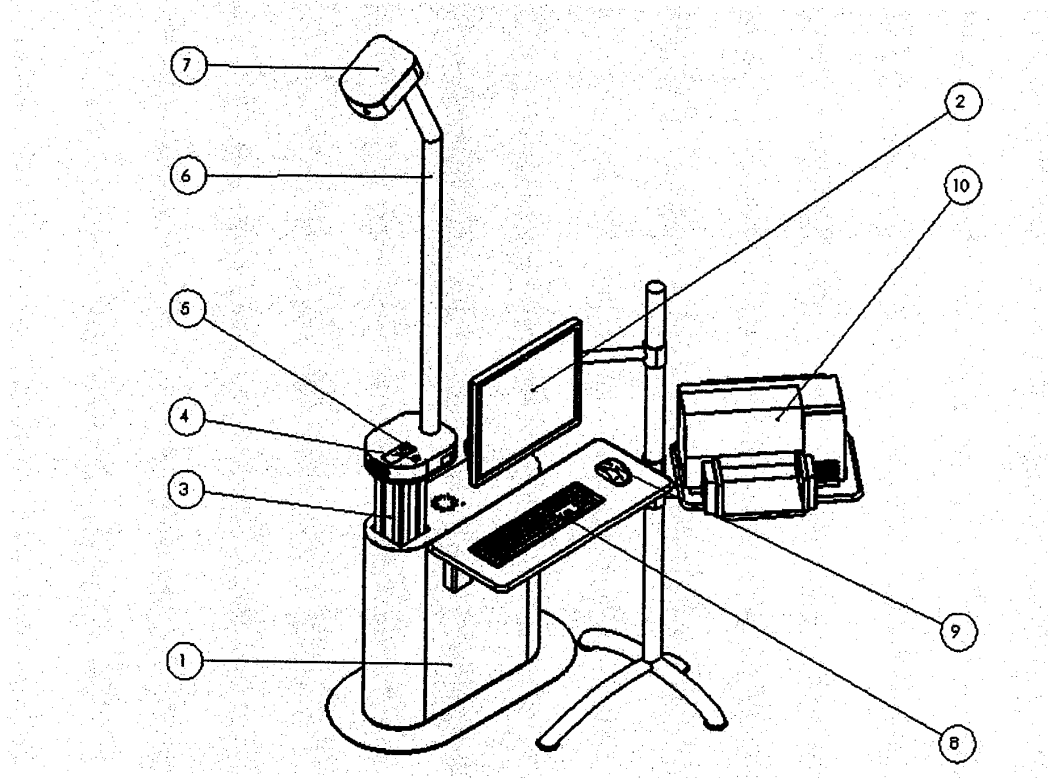


FIGURA 2

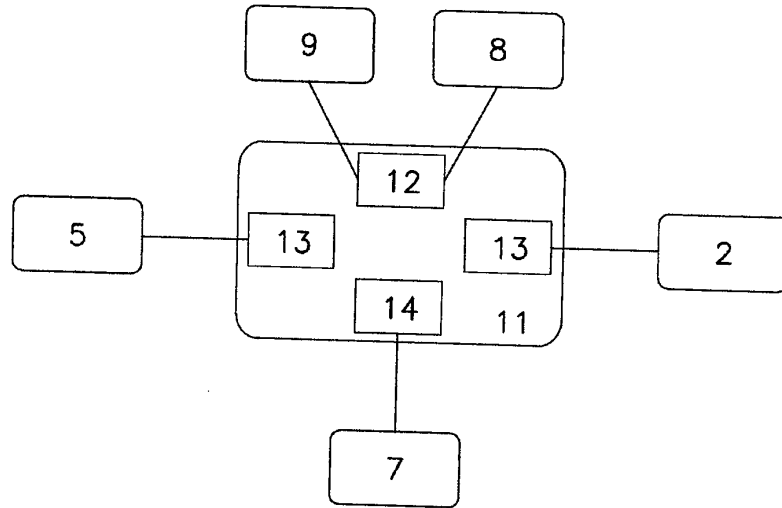


FIGURA 3

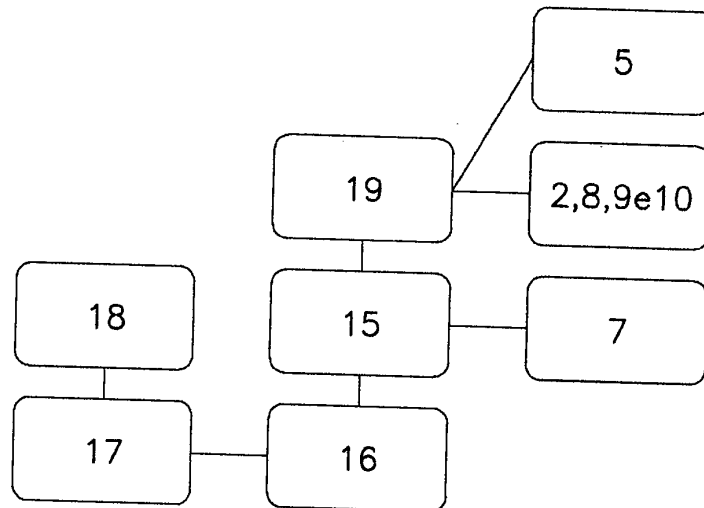


FIGURA 4

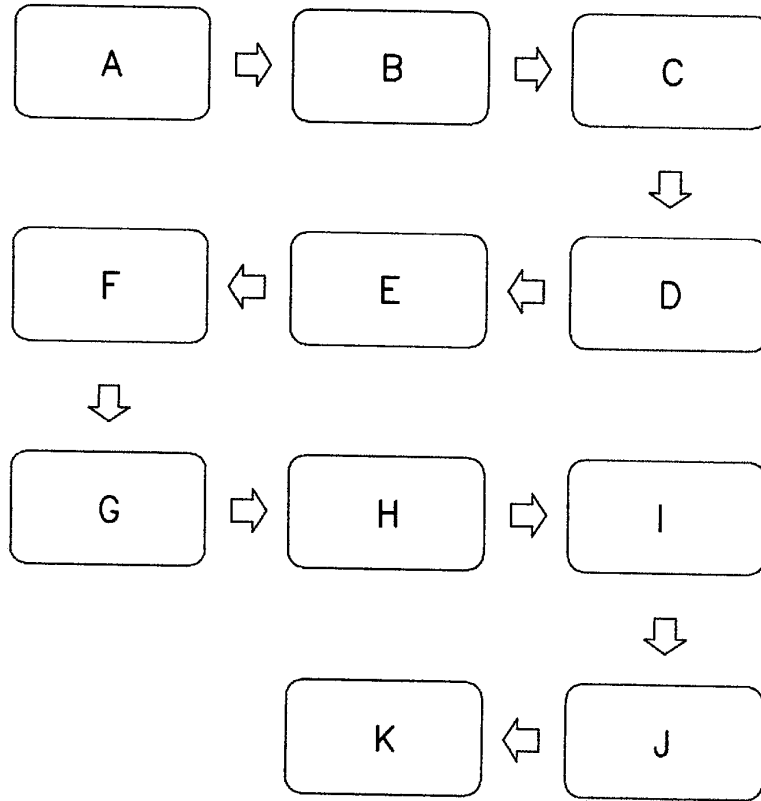


FIGURA 5



FIGURA 6

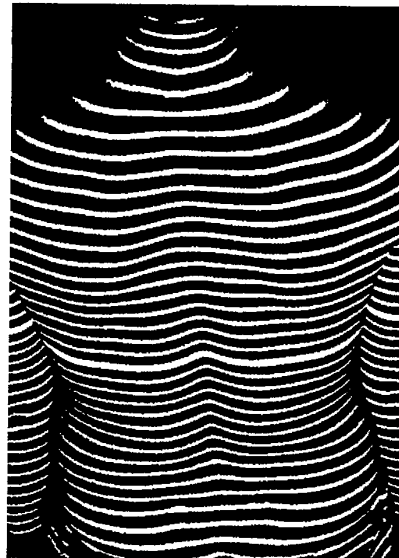


FIGURA 7

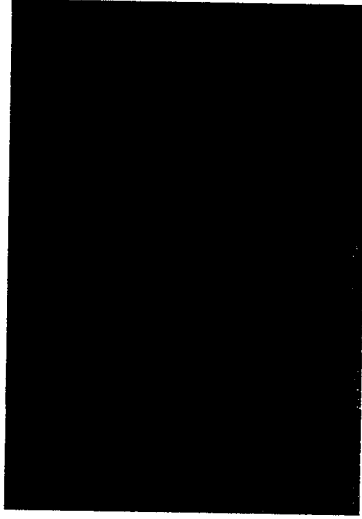
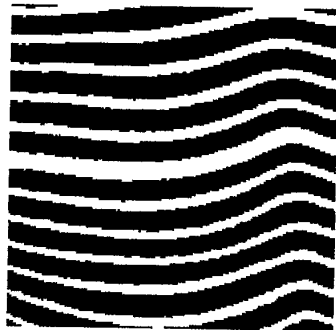
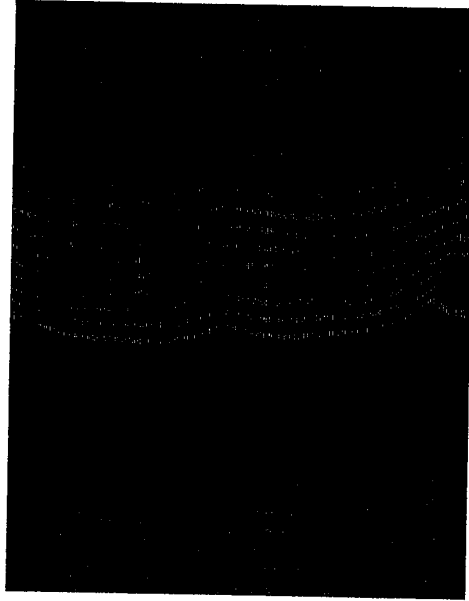


FIGURA 8



**FIGURA 9**



**FIGURA 10**

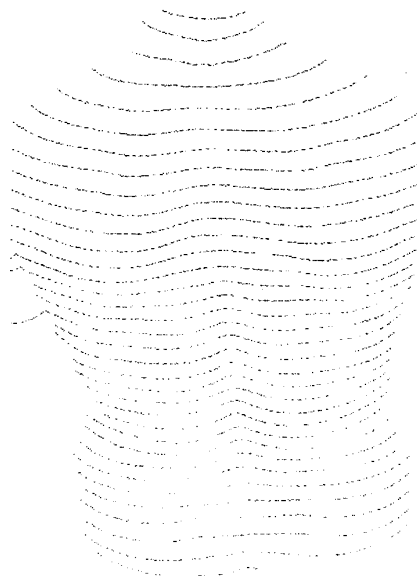


FIGURA 11

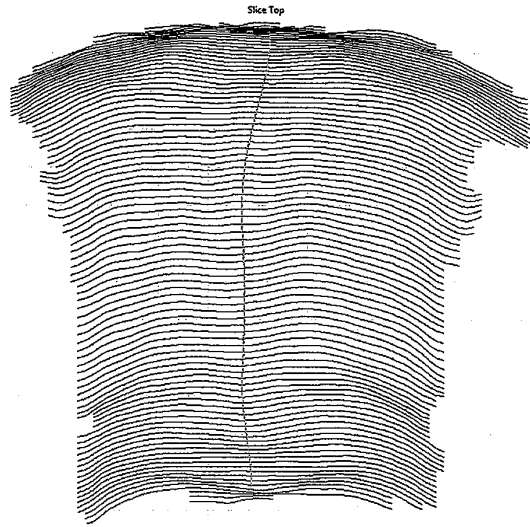


FIGURA 12

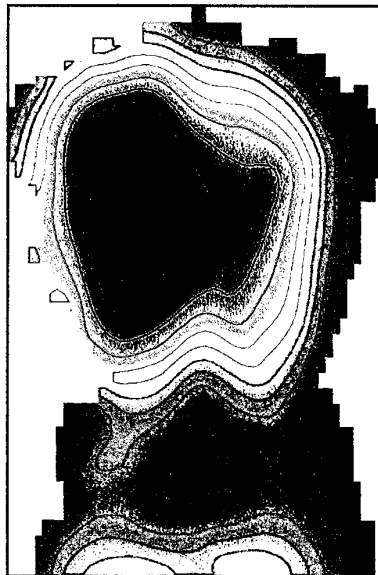
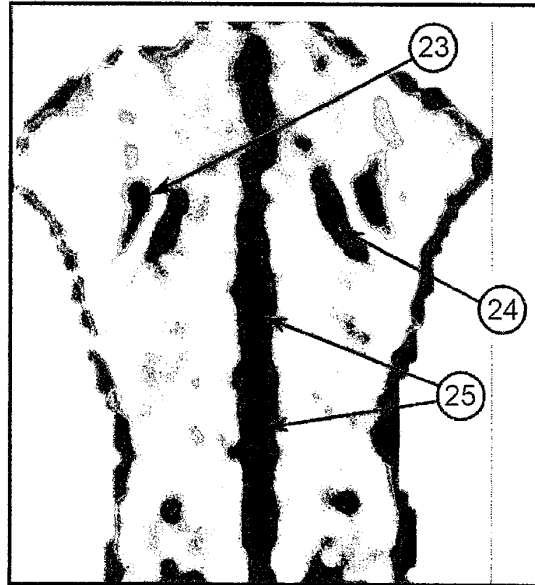


FIGURA 13



**RESUMO****“PROCESSO E EQUIPAMENTO PARA DIAGNÓSTICO DA COLUNA VERTEBRAL”**

A invenção refere-se a um processo e a um equipamento para diagnóstico da coluna vertebral que emprega um sistema de projeção e uma câmara para captação da imagem projetada nas costas do paciente.

O equipamento compreende um gabinete (1) com uma CPU interna dedicada, um monitor de LCD (2) e uma torre de altura ajustável (3) para adequação à estatura do paciente. A torre (3) possui um botão de liga-desliga (4), um projetor de DLP (5) e uma coluna (6) com uma câmara receptora (7) em seu topo. Integram o equipamento um teclado (8), um mouse (9) e uma impressora (10).

O equipamento possui um diagrama que compreende a unidade computacional (11) conectada através de porta USB (12) a um mouse (9) e um teclado (10). Duas saídas de vídeo (13) são previstas na CPU (11) para, simultaneamente, conectar o projetor multimídia (5) e o monitor de vídeo (2). A CPU (11) possui uma entrada de dados que é uma câmara digital (7) do tipo firewire (14).

O processo para diagnóstico da coluna vertebral do ser humano consiste da seguinte seqüência de etapas:

- projeção de marcadores através de um projetor do tipo DLP para o correto posicionamento do paciente em relação ao equipamento;
- projeção do padrão de luz no dorso do paciente;
- com a projeção em andamento o operador regula os parâmetros dos filtros em tempo real e parâmetros da câmara, por exemplo, intensidade;
- verificação da qualidade do padrão de projeção obtido pela câmara através da imagem obtida;
- aquisição das imagens digitais do paciente;
- tratamento e análise das imagens digitais através de algoritmo específico para formação do modelo em 3D pela técnica de contagem de franjas, a sua conseqüente formação de triângulos e a geração da nuvem de pontos em 3D;
- análise e tratamento do modelo em 3D para geração de uma malha regular;

- detecção das características anatômicas do paciente através de algoritmo;
  - apresentação das características anatômicas mensuradas sob a forma de gráficos, tabelas e relatórios;
  - apresentação de laudo para apoio ao diagnóstico clínico;
- 5 - armazenamento das informações em banco de dados cadastral.