



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

(21) **PI0613627-3 A2**



* B R P I O 6 1 3 6 2 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 18/07/2006
(43) Data da Publicação: 18/01/2011
(RPI 2089)

(51) *Int.Cl.:*
G06T 17/00
A61C 13/00

(54) Título: **REGISTRO DE FORMAÇÃO DE IMAGEM TRIDIMENSIONAL DE OBJETOS TRIDIMENSIONAIS**

(30) Prioridade Unionista: 18/07/2005 US 11/184,396

(73) Titular(es): ATLANTIS COMPONENTS, INC.

(72) Inventor(es): Alexander Yarmarkovich, Bethany Grant, Ronald S. Scharlack

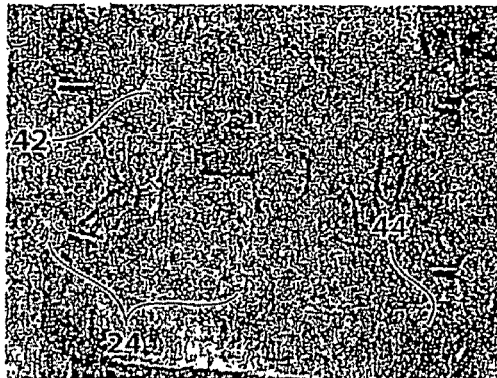
(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2006027774 de 18/07/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/011909 de 25/01/2007

(57) Resumo: REGISTRO DE FORMAÇÃO DE IMAGEM TRIDIMENSIONAL DE OBJETOS TRIDIMENSIONAIS. A presente invenção refere-se a um método e a um sistema de modelagem de base tridimensional, elaborados para aplicações de odontologia e médicas relacionadas (e não médicas adequadas). O meio de captura de dados produz uma nuvem de pontos, representando a superfície tridimensional de um objeto (por exemplo, um arco dentário). Objetos de reconhecimento tridimensionais são proporcionados, particularmente dentro daquelas áreas no campo de imagem que têm baixa definição de imagem, e particularmente naquelas áreas que aparecem nas partes sobrepostas de pelo menos duas imagens, para proporcionar ao software de processamento de imagens tridimensionais as informações de posição, angulação e orientação, suficientes para propiciar a combinação (ou costura) altamente precisa das imagens adjacentes e sobrepostas. O alinhamento e a criação dos seus objetos ou modelos relacionados alinhados, tais como os arcos maxilar e mandibular, são facilitados.

IMAGEM DE OBJETOS ESFÉRICOS EXTERNOS DE MAXILAR E MANDÍBULA





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**REGISTRO DE FORMAÇÃO DE IMAGEM TRIDIMENSIONAL DE OBJETOS TRIDIMENSIONAIS**".

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 1. CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um método e a um sistema para determinar a localização relativa de objetos e características em uma pluralidade de imagens escaneadas, particularmente, aplicações médicas e dentárias, incluindo aquelas que requerem dispositivos cirúrgicos e protéticos que
10 vão ser projetados e fabricados para as dimensões precisas ditadas pela anatomia de pacientes individuais. Ainda mais particularmente, é dirigida ao problema de registro, o mais preciso possível, de varreduras tridimensionais digitalizadas da mandíbula e da maxila de um paciente ou, equivalentemente, moldes ou impressões dos mesmos.

15 Muitos procedimentos cirúrgicos buscam a inserção temporária ou permanente em tecido macio ou ósseo de um paciente de dispositivos protéticos e outros artificiais, que são necessários para ajuste à anatomia do paciente em um grau muito alto de precisão e exatidão. Uma dessas aplicações refere-se à odontologia de implante, durante a qual uma ou mais âncoras de implante (usualmente metálicas) são colocadas cirurgicamente dentro
20 da maxila de um paciente, para receber e suportar os componentes protéticos projetados para simular e substituir um ou mais dentes naturais perdidos pelo paciente. É bem-conhecido que, para ser inteiramente bem-sucedido, os procedimentos de implante devem aderir aos requisitos muito estritos de colocação, orientação e tamanho, determinados pela estrutura óssea e den-
25 tição existentes, com o que os componentes protéticos a serem ajustados em âncoras de implante colocadas cirurgicamente devem ser preferivelmente projetadas, moldadas e dimensionadas especificamente para conformarem-se à geometria anatômica precisa do paciente, incluindo a localização, a
30 forma e o tamanho dos dentes adjacentes, e devem passar para a orientação precisa do eixo principal da âncora de implante de suporte com alto grau de exatidão.

Além disso, o desenvolvimento de muitos produtos e serviços proporcionados nos campos da odontologia ortodôntica e restauradora busca fazer uso de projeto auxiliador por computador (CAD) e produção auxiliada por computador (CAM). Por exemplo, moldes de pedra ou de gesso odontológicos feitos de impressões da boca do paciente são comumente usados para prover os produtos ou serviços necessários, e uma varredura tridimensional (3-D) da dentição do paciente ou de moldes representativos da dentição do paciente é usada para proporcionar o sistema CAD dentário, com dados representativos da geometria pertinente. Para essas aplicações, no entanto, o alinhamento muito preciso das imagens da maxila (ou da réplica do molde superior) e da mandíbula (ou da réplica do molde inferior) é necessário para modelagem CAD dentário.

Os métodos convencionais para satisfazer esses requisitos rigorosos proporcionam a criação de um modelo do maxilar e da dentição do paciente, a produção do dito modelo compreendendo tirar a denominada "impressão" da dentição do paciente, usando uma substância maleável colocada sobre e em torno do dente na boca do paciente, compreendendo todo o arco dentário. Quando a colocação de implantes e de componentes restauradores é um fator, tipicamente essa impressão é tirada seguinte à inserção cirúrgica das âncoras de implante. Tipicamente, as cópias de impressão baseadas em componentes de referência são fixadas na extremidade externa das âncoras de implante inseridas e servem para referência da localização e da orientação angular das âncoras. Subseqüentemente, um modelo feito de molde baseado na dita impressão vai incorporar as denominadas âncoras "análogas", para modelar as âncoras no maxilar do paciente, e os dispositivos protéticos para as ditas âncoras vão ser projetados e fabricados com base na geometria do modelo criado como descrito.

Na prática efetiva, o procedimento convencional descrito acima está envolvido com várias dificuldades e deficiências. Foi provado ser impossível que os profissionais de odontologia façam impressões dentárias, e, desse modo, nos modelos, que são consistentemente livres de erros dimensionais e posicionais, de modo que são rigorosos nos requisitos geométricos

envolvidos nessas aplicações, mesmo um erro de dimensionamento submilimétrico, ou um erro de orientação de 1 ou 2 graus, vai resultar em colocações protéticas que vão originar tensões e condições inaceitáveis.

Recentemente, esforços foram feitos para empregar técnicas de modelagem baseadas em imagens para abordar esses problemas bem conhecidos de procedimentos odontológicos de implantes convencionais. Nesses esforços, as imagens são tiradas da boca do paciente e um modelo tridimensional das regiões pertinentes é recriado usando as pretensas técnicas e o software de processamento de imagens tridimensionais. O campo de fotogrametria, que remonta as suas origens à década seguinte à invenção da fotografia na década de 1830, é "a ciência da técnica e a tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre objetos físicos e do meio físico pelos processos de registrar, medir e interpretar as imagens fotográficas e modelos de energia radiante eletromagnética e de outros fenômenos". (Manual of Photogrammetry, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 4^a ed., 1980). Particularmente com o advento de computadores tendo velocidades de processamento elevadas e grandes memórias, e com o advento de câmeras digitais de baixo custo e outros dispositivos de captura de imagem, software de processamento de imagens tridimensionais especiais tem ficado cada vez mais facilmente disponível a uma ampla gama de aplicações de modelagem virtual. Usando-se esse software, ficou possível reconstruir modelos tridimensionais precisos de um campo objeto formado em imagem, usando produtos comerciais disponíveis. No entanto, as demandas particulares para maior exatidão e as estruturas físicas de formação de imagem do corpo humano resultaram, desse modo, até aqui na ausência, no campo da odontologia, de técnicas de formação de imagem tridimensionais aceitáveis. Um problema particular é a necessidade, para a reconstrução precisa, na forma de um modelo virtual, de uma cena transformada em imagem. Tipicamente, um objeto é transformado em imagem de mais de uma posição, proporcionando, desse modo, um modelo tridimensional mais completo.

A patente U.S. 5.851.115, emitida em 22 de dezembro de 1998

para Carlsson et al., descreve um método e um sistema fotogramétrico para formação de imagem da boca, com a finalidade de criar um modelo virtual da boca do paciente, do qual as partes dentárias podem ser projetadas e produzidas. No sistema de acordo com Carlsson et al., uma câmera especializada é empregada, compreendendo um conjunto de espelhos que permitem que uma única exposição represente as imagens estereográficas de dois ângulos diferentes. O sistema de Carlsson requer ainda que a geometria relativa das "lentes" virtuais, criada pelo sistema de espelho, seja conhecido precisamente. Para auxiliar o software em localizar e orientar características transformadas em imagem, Carlsson descreve o uso de marcações de referência, tais como círculos, aplicadas nas superfícies planas dentro do campo transformado em imagem.

A patente U.S. 5.857.853, emitida em 12 de janeiro de 1999 para van Nifteric et al., também descreve um método baseado em fotogrametria para captura dos dados dimensionais e de orientação requeridos para a fabricação de partes protéticas dentárias usadas em odontologia de implante. Para obter as, pelo menos duas, vistas requeridas pelo mecanismo de triangulação do software de fotogrametria, o método de van Nifteric et al. emprega uma pluralidade de câmeras tendo posições relativas conhecidas com exatidão, ou uma única câmera montada em um carrinho giratório, que é móvel entre posições separadas, mas definidas com exatidão. van Nifteric et al. descrevem ainda o uso de objetos e pontos de reconhecimento, para servir como pontos de referência usados pelo software de fotogrametria no posicionamento das características da cena formada em imagem dentro de um quadro de coordenadas. van Nifteric et al descrevem assim o uso de uma barra compreendendo marcações de escala de medida, e duas esferas montadas em um pino, como objetos de reconhecimento.

Ainda que os métodos descritos nas patentes de Carlsson et al. e van Nifteric et al. constituam vantagens significativas, esses métodos ainda apresentam várias desvantagens e deficiências importantes, que os tornam impraticáveis para a maior parte dos profissionais de odontologia de implante. Ambos requerem o uso de equipamento de câmera altamente especiali-

zado e conseqüentemente oneroso, e ambos requerem que esse equipamento de câmara seja alinhado precisamente, para capturar uma pluralidade de imagens de posições de lente relativas conhecidas com exatidão. Funcionalmente, os métodos são inadequados para formar precisamente imagem de um campo de visão amplo, particularmente, um campo de visão amplo compreendendo áreas caracterizadas por definição de características muito baixa, uma condição típica de maxilar desdentado (sem dentes) e, desse modo, muito comum na indústria de odontologia de implante. A presente invenção aborda essas deficiências da técnica anterior e proporciona um método de modelagem virtual de base tridimensional, dirigido especificamente a aplicações médicas e dentárias, que é significativamente de baixo custo e que proporciona uma exatidão de reconstrução de características, particularmente, em aplicações que requerem o uso de imagens tridimensionais combinadas.

15 Especificamente com relação ao problema de proporcionar sistemas CAD dentários com a posição relativa da maxila e da mandíbula, os métodos da técnica anterior dependiam de dois métodos que partilhassem uma característica comum: o primeiro método se baseia na captura da imagem 3-D da superfície facial de ambos em uma única imagem. Varreduras individuais, separadas da maxila e da mandíbula são depois comparadas com o modelo comum proporcionado pela imagem da superfície facial da maxila e a mandíbula. O segundo método da técnica anterior se baseia na captura do "registro de mordida", ou impressão, de superfícies oclusais ou de mordida dos dentes superiores e inferiores. Após a geometria da mandíbula ter sido capturada, o registro de mordida é colocado na superfície da mandíbula e é também varrido. A varredura do maxilar é então comparada com a imagem da superfície comparativa do registro de mordida.

Os métodos da técnica anterior descritos no parágrafo precedente sofrem de dois problemas fundamentais. Um problema é a complexidade computacional, e a necessidade de minimizar uma complexidade computacional ainda maior por meio de uma boa suposição inicial por um operador humano com relação à posição relativa das imagens sendo comparadas.

Uma segunda e ainda maior dificuldade surge quando o paciente é parcial ou completamente desdentado, e há falta das informações 3-D necessárias para comparar as varreduras da maxila e da mandíbula. Também, é difícil obter a geometria dos dentes anteriores de um registro de mordida.

5 Em alguma técnica anterior, o objeto é varrido, usando-se qualquer meio de varredura adequado capaz de capturar uma nuvem de pontos de dados, representando as características tridimensionais do campo varrido. Essa varredura requer tipicamente a tomada de uma pluralidade de imagens sobrepostas que varrem coletivamente o campo da imagem, para co-
10 brir o necessário. Vários métodos são tipicamente empregados para recriar todo o modelo tridimensional dessas varreduras separadas. Um desses métodos da técnica anterior usa informações precisas sobre a localização do modelo com relação à câmera, para posicionar e orientar as imagens múltiplas. Além disso, os produtos de software de processamento de imagens
15 tridimensionais disponíveis comercialmente também proporcionam ferramentas para combinar as varreduras distintas em um único modelo por comparação das regiões sobrepostas das imagens. Os exemplos bem-conhecidos de software de processamento de imagens adequado incluem o software Studio, comercializado pela Raindrop Geomagic, Inc.

20 SUMÁRIO DA INVENÇÃO

 Descreve-se aqui um método e um sistema projetados para aplicações odontológicas e médicas relacionadas (e não médicas adequadas). Um aspecto do método e do sistema elimina a necessidade para uma câmera específica e em vez disso possibilita o uso de qualquer meio de captura
25 de dados que produza uma nuvem de pontos, representando a superfície tridimensional. Esse meio de captura de dados pode ser, por exemplo, um escâner a laser tridimensional de quadro fixo ou portátil, uma câmera digital comum ou qualquer outro meio de formação de imagem que é adequado na prática para a aplicação médica particular.

30 Outro aspecto da descrição é o uso de objetos de reconhecimento tridimensionais, para permitir que o software de processamento de imagens tridimensionais localize automaticamente e determine com exatidão

a posição e a orientação de objetos dentro do campo de imagem.

5 Mais um outro aspecto da descrição é o posicionamento de objetos de reconhecimento tendo uma topografia bem-definida dentro daquelas áreas no campo de imagem que tenham baixa definição de imagem, e particularmente nessas tais áreas que aparecem nas partes sobrepostas de pelo menos duas imagens, para proporcionar ao software de processamento de imagens tridimensionais informações de posição, angulação e orientação, para propiciar uma combinação (ou "costura") altamente precisa das imagens adjacentes e sobrepostas.

10 Mais outros aspectos da descrição incluem os métodos para a captura precisa da relação espacial da maxila e da mandíbula, os ditos métodos não sendo dependentes na presença de dentição e, portanto, inteiramente úteis para obtenção de dados de modelagem CAD precisos, mesmo de pacientes que são parcial ou inteiramente desdentados. Nos métodos
15 descritos, objetos ou geometria de reconhecimento não fisiológicos são adicionados à maxila e à mandíbula, ou a moldes representativos da maxila e da mandíbula do paciente, para proporcionar referências geométricas bem exatas.

20 Em outro aspecto da invenção, um método alternativo para capturar a posição relativa dos componentes superiores e inferiores de um modelo dentário faz uso da geometria 3D plana não dentária desses componentes do modelo. Nesse método alternativo, o software registra a posição determinando as características geométricas do modelo, dos dados de varredura 3D, e emprega as características conhecidas dos ditos aspectos geométricos, para localizar com precisão e exatidão todos os aspectos topográficos associados com os modelos, incluindo todos os aspectos dentários e
25 anatômicos. Esses aspectos geométricos determinantes da posição podem ser um mínimo de três planos interceptantes em cada componente do modelo; esses aspectos podem compreender, em vez disso, combinações de planos, e/ou aspectos, tais como discos colocados ou pintados nos planos dos
30 componentes do modelo, esferas ou quaisquer outros objetos não dentários, tais como os que vão proporcionar dados de posição não ambíguos (6 graus

de liberdade para cada objeto).

Nesses métodos, os objetos de reconhecimento tendo uma geometria conhecida, que compreende aspectos bem-definidos dispostos em posições relativas conhecidas ou determináveis com exatidão, são posicionados firmemente dentro do campo de imagem, e particularmente em áreas dentro do campo de imagem que tenham baixa definição de aspecto. Os exemplos dos objetos de reconhecimento incluem uma ou mais esferas tendo raios conhecidos, bem como um ou mais objetos planos de geometria e dimensões conhecidas, tais como pirâmides. O campo de imagem é então varrido, essa varredura "garimpando" efetivamente o campo de imagem, para cobrir o dito campo de imagem para proporcionar a geometria necessária. O software de processamento de imagens tridimensionais, compreendendo, de preferência, algoritmos apresentados nesse relatório descritivo, é então empregado para combinar os dados de imagem tridimensionais adquiridos pelo meio de varredura e determinar um modelo tridimensional virtual que reconstruí, a um alto grau de exatidão, a geometria do campo de imagem varrido.

Por uso de aspectos geométricos conhecidos, conectados como objetos de reconhecimento em imagens individuais, sobrepostas e não sobrepostas, que cobrem coletivamente o campo de vista de interesse, a posição e a orientação relativas dessas imagens pode ser assim determinadas. Esse aspecto da invenção serve para eliminar as fontes de imprecisão resultantes dos métodos de "costura" conhecidos, que resultam em impulsos, deformação e/ou outras distorções, na medida em que as varreduras são alinhadas.

Mais um outro aspecto da invenção é um método para a construção de modelo 3-D incorporando e alinhando dados de imagem de varredura 3-D de um arco dentário maxilar e de um arco dentário mandibular oposto. O dito método compreende: dispor vários aspectos de reconhecimento adjacentes às superfícies dos arcos dentários maxilar e mandibular, suficientes para permitir a determinação das respectivas posições e orientações desses arcos dentários; varrer tridimensional e individualmente os ditos ar-

cos para obter dados de imagem 3-D abrangendo e representando os aspectos topográficos dos ditos arcos dentários e capturar os aspectos de reconhecimento associados com cada um dos ditos arcos dentários; colocar o dito arco dentário maxilar e o dito arco dentário mandibular em uma relação de oclusão e varrer tridimensionalmente os ditos arcos dentários para obter dados de imagem 3-D abrangendo, para cada um dos ditos arcos, os aspectos de reconhecimento também capturados nas ditas varreduras individuais; e processar os ditos dados de imagem 3-D e construir um modelo 3-D, em uma representação de arco dentário maxilar correspondente é alinhada precisamente com uma representação de arco dentário mandibular correspondente. Os arcos dentários podem ser formados em impressões ou moldes de arcos maxilar e mandibular do paciente. Pelo menos um dos aspectos de reconhecimento pode ser colocado externamente a pelo menos um dos ditos arcos. Também, pelo menos um aspecto de reconhecimento é colocado internamente em pelo menos um dos ditos arcos. A disposição de vários aspectos de reconhecimento adjacentes às superfícies dos arcos dentários maxilar e mandibular, suficientes para permitir a determinação das respectivas posições e orientações desses arcos dentários podem incluir a disposição de vários aspectos de reconhecimento suficientes, quando considerados conjuntamente com um ou mais aspectos dentários dos ditos arcos, para permitir a dita determinação de posição e orientação de pelo menos um arco. Pelo menos um dos ditos arcos dentários pode ser desdentado ou nenhum dos arcos pode ser desdentado ou pelo menos um dos ditos arcos pode ter uma região desdentada.

Outro aspecto é um método para a construção de um modelo de imagem 3-D incorporando e alinhando dados de imagem 3-D de um componente de modelo dentário superior e de um componente de modelo dentário inferior oposto. O dito método compreende o uso de um escâner 3-D, varrendo tridimensionalmente cada um dos componentes de modelos dentários superiores e inferiores, em que pelo menos um dos ditos componentes tem um aspecto plano e, durante a dita varredura, fazer com que o aspecto plano do componente fique apontado a uma superfície plana do dito escâner 3-D,

os ditos componentes tendo também aspectos de reconhecimento adicionais suficientes, quando combinados com o aspecto de fundo plano, para determinar a posição e orientação de cada componente; colocar o dito componente de modelo dentário superior e o dito componente de modelo dentário inferior contra o dito escâner em uma relação de oclusão; varrer tridimensionalmente os ditos componentes de modelos dentários superior e inferior, para obter dados de imagem 3-D abrangendo um número suficiente dos ditos aspectos de reconhecimento do componente do modelo dentário superior e do componente de modelo dentário inferior varridos no ato (a), para permitir o alinhamento das imagens dos ditos componentes; e processar os ditos dados de imagem 3-D e construir deles um modelo de imagem 3-D, em que uma representação do dito componente de modelo dentário superior é alinhado precisamente com uma representação do dito componente de modelo dentário inferior. Pelo menos um dos ditos aspectos de reconhecimento adicionais pode ser um aspecto plano, e, na varredura, o dito aspecto pode ser forçado a apontar em uma marcação de registro do dito escâner. Em alguns casos, a marcação de registro é perpendicular a uma área superficial plana de um dito escâner. Pelo menos um dos ditos arcos dentários pode ser desdentado, ou nenhum dos arcos pode ser desdentado, ou pelo menos um dos ditos arcos pode ter uma região desdentada.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 é uma vista em perspectiva de um primeiro objeto de reconhecimento útil, de acordo com os métodos e sistema descritos.

A figura 2 é uma vista em perspectiva de um segundo objeto de reconhecimento útil, de acordo com os métodos e sistema descritos.

A figura 3 é uma vista em perspectiva de um terceiro objeto de reconhecimento útil, de acordo com os métodos e sistema descritos.

A figura 4 é uma vista em perspectiva de um arco dentário, compreendendo um terceiro objeto de reconhecimento.

A figura 5 é uma vista em perspectiva de um arco dentário, compreendendo um quarto objeto de reconhecimento.

A figura 6 é uma vista em perspectiva de objetos de reconheci-

mento colocados externamente aos moldes, representando uma maxila e uma mandíbula do paciente.

A figura 7 é uma vista de um molde de mandíbula compreendendo três objetos de reconhecimento internos.

5 A figura 8 é uma vista de um molde de maxila, mostrando as impressões feitas pelos três objetos de reconhecimento do molde da figura 7.

A figura 9 é uma vista do molde mostrado na figura 8, então compreendendo esferas colocadas nas impressões visíveis na figura 8.

10 A figura 10 é uma vista em perspectiva de um modelo dentário montado, mostrando as superfícies planas características.

A figura 11 é uma vista em perspectiva do componente inferior do modelo dentário da figura 10.

A figura 12 é uma vista em perspectiva do componente superior do modelo dentário da figura 10.

15 DESCRIÇÃO DETALHADA

Vários aspectos dos métodos e sistemas referidos acima vão ser apresentados a seguir. Na apresentação desses aspectos, as concretizações vão ser usadas para ilustrar os aspectos desses métodos e sistemas. Deve-se entender que essas concretizações são apresentadas apenas por
20 meio de exemplos e não são intencionadas para serem de algum modo limitantes. A invenção pode ser representada tanto nessas quanto em várias outras formas. Ainda que essas concretizações ilustrem várias combinações de elementos e atos, deve-se considerar que alguns ou todos desses elementos ou atos podem ser reunidos ou praticados de outros modos, com ou
25 sem mais outros elementos ou atos, enquanto ainda praticando a invenção.

Como aqui usado, certos termos ou expressões devem ser entendidos como tendo os seguintes significados, a menos que o uso contextual indique claramente de outro modo. "Adjacente" à superfície de um arco inclui a colocação diretamente no arco ou ligeiramente espaçado dele. "Interiormente" e "exteriormente" refere-se a aspectos no sentido das partes
30 interna ou externa, respectivamente, de uma boca; interior ou exteriormente com relação a um arco refere-se à região dentro da forma de U de um arco

ou ao longo da parte externa de um arco de forma em U, respectivamente. Um arco desdentado é um desprovido de dentes. Um arco tendo uma região desdentada tem um ou mais dentes e uma parte desprovida de um ou mais dentes.

5 Um aspecto da presente invenção é um método e um sistema para a criação de modelos tridimensionais virtuais de um campo de visão varrido, usando objetos não fisiológicos como pontos de referência na "costura" de imagens capturadas sobrepostas e, adicionalmente, posicionamento desses objetos de reconhecimento nas áreas do campo de visão que são
10 caracterizadas por baixa definição de características, para melhorar a precisão da modelagem tridimensional dessas áreas.

Um outro aspecto da presente invenção é um método e um sistema para obter dados 3-D, úteis em aplicações de CAD e CAM, referentes à posição relativa dos componentes individuais, tais como a mandíbula e a
15 maxila de um paciente dentário, especialmente quando os dados 3-D de cada componente podem ser varridos separadamente.

Os sistemas e métodos descritos são particularmente adequados e intencionados para aplicações médicas e dentários, e são particularmente adequados para uso no campo de odontologia de implante e aplicações relacionadas. Os implantes dentários são usados para suportar a restauração de dentes faltantes. Peças de implantes são implantadas cirurgicamente por um dentista. Esses implantes dentários vão ser tipicamente
20 "restaurados" com pivôs e coroas; isto é, após a implantação bem-sucedida de suportes de implantes na mandíbula do paciente, componentes complementares, incluindo pivôs e coroas, vão ser fixados nos suportes implantados, para proporcionar ao paciente uma restauração dos dentes naturais do
25 paciente.

Em um aspecto, um método e um sistema, de acordo com algumas concretizações da presente invenção, permitem que um fabricante de
30 componentes de restaurações dentárias meça precisamente a localização e a orientação dos implantes em relação aos meios físicos orais circundantes, e, desse modo, projetem e trabalhem os componentes de restauração, que

são, a um alto grau de precisão e exatidão, particularizados à anatomia e à dentição existente do paciente.

5 Nas aplicações dirigidas à densidade, e aplicações médicas relacionadas, esses métodos e sistemas dispensam a necessidade para câ-
mera(s) especializadas e montagens delas. Em vez disso, permitem o uso
de qualquer meio de captura de dados, que produza uma nuvem de pontos
representando a superfície tridimensional. Esse meio de captura pode ser,
por exemplo, um escâner a laser tridimensional de quadro fixo ou portátil,
10 uma câmera digital usual ou qualquer outro meio de formação de imagem
que é na prática adequado à aplicação médica particular. Os meios de cap-
tura de dados de imagens úteis com a invenção são facilmente disponíveis
de fontes comerciais, e incluem, por exemplo, escâneres a laser tridimensio-
nais, tal como o escâner modelo VIVID 900, comercializado pela Minolta
Corporation.

15 Outro aspecto da invenção é o uso dos objetos de reconheci-
mento 12 - 26, tais como os ilustrados nas figuras 1 - 7, para auxiliar o soft-
ware de processamento de imagens tridimensionais, para localizar automati-
camente e determinar precisamente a posição e a orientação de objetos
dentro do campo de imagem.

20 Ainda um outro aspecto da invenção é o posicionamento de ob-
jetos de reconhecimento tendo topografia bem-definida dentro daquelas á-
reas no campo de imagem que tenham uma boa definição de imagem, e par-
ticularmente naquelas áreas que aparecem em partes sobrepostas de pelo
menos duas imagens, para proporcionar o software de formação de imagem
25 com as informações de posição e orientação suficientes para permitir uma
combinação altamente precisa (ou "costura") das imagens adjacentes e so-
brepostas. A presença dessas áreas de baixa definição de aspectos é típica
de condições dentárias desdentadas, e apresenta, desse modo, um proble-
ma crônico para a formação de imagem de mandíbulas desdentadas, que a
30 presente invenção é a primeira a abordar com sucesso.

Na prática da abordagem aqui descrita, os objetos de reconhe-
cimento têm uma geometria conhecida, que compreende aspectos definidos

dispostos em posições relativas conhecidas ou determináveis com precisão, são firmemente incorporados dentro do campo de imagem, e particularmente em áreas dentro do campo de imagem que tenham uma boa definição de aspectos. Algumas concretizações de objetos de reconhecimento, para uso com essa tecnologia, incluem um objeto, tal como o objeto 12 ilustrado na figura 1, que compreende três esferas ligadas 12-A, 12-B, 12-C, tendo raios conhecidos precisamente, fixos em posições precisamente conhecidas em espigas anguladas 13-A, 13-B e 13-C, respectivamente. Outra forma útil de objeto de reconhecimento é o uso de planos múltiplos, como mostrado pelos planos 16-A e 16-B no objeto 16 da figura 3, mostrando um exemplo de um polígono piramidal de dimensões conhecidas. Ainda outras formas úteis de objetos de reconhecimento são uma barra com objetos retangulares sólidos nas extremidades, como em 18 na figura 4, um fio arqueado precisamente com aspectos identificadores espaçados, como em 22 na figura 5, e uma esfera simples de raio conhecido, como ilustrado, por exemplo, nas figuras 5 (nos quais os aspectos são esferas) - 7 e 9. A figura 8 mostra uma impressão feita após os objetos de esferas terem sido presos em uma maxila e uma impressão é feita. As figuras 4 e 5 mostram os objetos de reconhecimento deslocados adjacentes a um molde 40 de um arco maxilar ou mandibular. Na figura 6, os objetos de reconhecimento são esferas colocadas na parte externa das impressões de uma maxila 42 e de uma mandíbula 44.

Na prática do método aqui descrito, os objetos de reconhecimento, como os mostrados nas figuras 1 - 7 e 9 são incorporados dentro do campo de imagem. No caso de odontologia de implante, um ou mais objetos de reconhecimento podem ser fixados em implantes dentários, que tenham sido implantados cirurgicamente na mandíbula do paciente. De preferência, cada um desses objetos de reconhecimento compreende um aspecto de fixação, que é complementar aos aspectos de interface do implante dentário. Os objetos de reconhecimento podem ser fixados com um dispositivo de fixação tendo um eixo rosqueado inserível dentro de um furo do objeto de reconhecimento, que pode ser orientado ao longo do eixo principal do pivô de implante. Onde o campo de visão compreende moldes articulados da maxila

e da mandíbula de um paciente, os objetos de reconhecimento podem ser fixados em espigas rosqueadas ou presos de outro modo nos moldes.

De acordo com outro aspecto, a invenção compreende um método e um sistema para desenvolver um modelo tridimensional virtual de um campo de restauração dentário. Em um aspecto, a invenção proporciona um meio para determinar a localização relativa dos objetos de reconhecimento, e dos aspectos dos objetos de reconhecimento, em uma de uma pluralidade de imagens varridas obtidas com um meio de varredura tridimensional, e para detectar a localização e a orientação de um aspecto conhecido em um objeto varrido tridimensional.

Em outro aspecto, a invenção compreende um sistema e métodos para capturar precisamente a relação espacial entre dois corpos separados, tais como a maxila e a mandíbula de um paciente dentário, utilizando os objetos de reconhecimento posicionados ou fixos nos corpos (isto é, nas maxilas e mandíbulas ou nos moldes ou impressões representativos da maxila e da mandíbula).

O objeto de reconhecimento pode ser um aspecto intrínseco, mas não anatômico de um objeto original (ou um conjunto de objetos), bem como ser um artefato que é adicionado ao campo do objeto original. Em qualquer um dos casos, o objeto de reconhecimento tem geometria conhecida. Usando as informações sobre a geometria conhecida do objeto de reconhecimento, o software permite a determinação das posições e orientações precisas do objeto de reconhecimento a ser identificado com relação aos dados varridos. Além do mais, varreduras múltiplas de um dado campo de visão podem ser "registradas" e as suas posições e/ou orientações relativas alinhadas precisamente, sem qualquer intervenção humana. De modo similar, as posições e orientações relativas de dois ou mais objetos, incluindo, notavelmente, os campos de visão consistindo em dois componentes varridos separadamente, tais como maxila e mandíbula, ou seus moldes representativos, podem ser alinhadas precisamente e com um alto grau de exatidão dimensional, usando varreduras múltiplas de cada campo de visão, e pelo menos uma varredura abrangendo os objetos de reconhecimento dos

ditos campos de visão.

Um campo de visão a ser varrido deve compreender pelo menos um objeto tendo um ou mais aspectos de reconhecimento de geometria e dimensão conhecidas, os ditos aspectos sendo suficientes para definir completamente a localização e/ou a orientação. Os exemplos não limitantes desses tipos de objetos são apresentados nas figuras 1 - 7. O objeto de reconhecimento (localização) é varrido usando um escâner tridimensional, e os dados varridos são freqüentemente coletados como formato de texto ASCII desordenado, embora, qualquer coleta de dados de pontos tridimensionais seja aplicável.

Dos dados de varredura, o(s) objeto(s) de reconhecimento é(são) detectado(s) pelo software de formação de imagem, e a determinação da posição e/ou orientação de cada (usando a sua geometria conhecida) permite também a determinação das posições e orientações de todos os outros objetos e aspectos capturados nos dados varridos.

Esse processo pode ser facilmente executado em um processo inteiramente automatizado, empregando um código de computador eficiente. Por exemplo, no exemplo de três esferas usado para definir as posição e orientação (consultar a figura 1), os centros das três esferas (de diâmetro conhecido e de distância conhecida entre si) são detectados pelo software. Uma origem é então calculada usando a relação geométrica, e a localização da origem é tipicamente transmitida como um ponto de dados triplo (x, y, z). O software também pode calcular a orientação do objeto de reconhecimento como dois vetores unitários, também expressos como pontos de dados triplos. Métodos similares são empregados para determinar as posições e orientações definidas por outros objetos de geometria conhecida dentro do campo objeto, tal como esférico, plano, poligonal, cilíndrico e outras formas mostradas nas figuras 1 - 7. Desse modo, um conjunto de dados é obtido que define inteiramente as posições e orientações de cada objeto de reconhecimento.

A detecção de um objeto de geometria reconhecida em uma varredura tridimensional tem muitas aplicações potenciais. As aplicações médi-

cas e dentárias, para as quais a presente invenção é principalmente dirigida, envolvem uma combinação de superfícies orgânicas e objetos fabricados, e, nessas aplicações, a capacidade de detectar, a um alto grau de precisão, das posições e orientações de um objeto de geometria conhecida, que é posicionado dentro de um campo de visão anatômico, ocasiona a capacidade de projetar partes componentes, que são ajustadas à topografia desse campo de visão anatômico.

Especificamente, no caso de implantes dentários, por exemplo, por montagem de um dos objetos de reconhecimento, mostrados nas figuras 10 1 - 3, na parte fabricada existente (isto é, o próprio implante), as localizações e orientações exatas dessa parte dentro do arco dentário do paciente podem ser determinadas relativas aos outros objetos de reconhecimento. Por sua vez, essa determinação permite que seja feita uma montagem virtual, que combina a imagem varrida e a parte de substituição e suplementar proposta 15 (isto é, um dente substituto), para selecionar, e depois fabricar, as partes suplementares e de substituição que complementam com exatidão os requisitos geométricos das condições anatômicas dos pacientes. Além do mais, a colocação de objeto de reconhecimento dentro de uma região desdentada, ou em outra região sem aspectos anatômicos significativos, propicia um registro preciso de varreduras que contêm o objeto de reconhecimento. 20

Quando imagens tridimensionais múltiplas de um objeto são feitas (por exemplo, devido ao tamanho ou vistas obscurecidas), é necessário definir as localizações e orientações de cada uma das imagens, para realinhar os dados de imagem capturados a uma representação precisa e completa do campo de visão original. Para fazer isso, deve-se capturar, em cada 25 imagem no conjunto de imagens, um objeto de reconhecimento de geometria conhecida (tal como aquela mostrada nas figuras 1 - 7), que também aparece em uma segunda imagem no conjunto. A localização e/ou a orientação do objeto conhecido em cada imagem pode ser então usada para posicionar as imagens relativamente entre si, para recriar o campo de visão original. 30

Esse método pode ser também empregado em conjunto com e

suplementar(a) os métodos de "costura" ou "registro" atualmente praticados. Esses métodos alinham varreduras múltiplas, sem o uso de geometria conhecida, mas são insuficientemente precisos para muitas aplicações. A adição ao campo de visão de um ou mais objetos de reconhecimento de acordo com a invenção, como ilustrado para o exemplo nas figuras 1 a 6, melhora bastante a precisão da costura de imagens adjacentes. Além do mais, o posicionamento desses objetos de reconhecimento dentro de quaisquer áreas do campo de visão, que são caracterizados por baixa definição de aspectos, vai melhorar bastante a modelagem tridimensional dessas áreas, além de servir como pontos de referência relativos entre as imagens adjacentes, cada uma delas compreendendo um determinado objeto de reconhecimento.

Em particular, a metodologia descrita permite a correlação e o registro precisos de varreduras digitalizadas separadas da maxila e da mandíbula de um paciente dentário (ou de varreduras de custos representando, respectivamente, a maxila e a mandíbula de um paciente). Modelos tridimensionais desenvolvidos desses métodos propiciam uma definição precisa das posições e orientações do maxilar e da mandíbula, incluindo uma determinação precisa dos aspectos topográficos, que determinam as características oclusivas. Esses modelos 3-D podem ser então usados para desenvolver restaurações dentárias, que consideram, adequadamente, as localizações/orientações ótimas de contatos e superfícies ocluídas.

Um primeiro método para fazer um registro preciso da posição relativa da maxila e da mandíbula utiliza componentes de reconhecimento ilustrados na figura 6. Como mostrado na figura 6, um conjunto de três esferas de 24 raios conhecidos é fixado externamente em, respectivamente, um molde da maxila do paciente e um molde da mandíbula do paciente. Após as varreduras digitalizadas feitas separadamente de maxila e mandíbula, uma varredura ou um conjunto de varreduras, que capture todas as esferas assim posicionadas na maxila e na mandíbula, como mostrado na figura 6, pode ser usado para construir um modelo tridimensional, que representa precisamente as respectivas posições, orientações e dimensões da mandíbula e da maxila e dos seus respectivos aspectos.

Em um segundo método de acordo com a invenção, para o desenvolvimento de um modelo 3-D da relação articulada entre a maxila e a mandíbula de um paciente, apenas um único conjunto de (de preferência) três esferas é usado. Como mostrado na figura 7, o conjunto de esferas 26 é posicionado dentro do arco maxilar ou mandibular 44 de um paciente, ou, como na figura 7, de um molde representando esse arco, e uma "impressão" é tomada do impacto desse conjunto de objetos por um material elástico colocado dentro do elemento de mandíbula oposto. As varreduras são depois tomadas das respectivas mandíbulas, ou com a superfície "submetida a impacto" deixada como está (como mostrado na figura 8), para formação de imagem dos entalhes 46 criadas pelos objetos de reconhecimento, ou, para melhor iluminação, seguinte à colocação de esferas reflexivas de mesmo tamanho, adicionais 48 dentro dos entalhes, como na figura 9.

Por uso de aspectos geométricos conhecidos, ligados fisicamente como objetos de reconhecimento em imagens sobrepostas ou não sobrepostas, individuais, que cobrem, coletivamente o campo de visão de interesse, as posições e orientações relativas dessas imagens podem ser assim determinadas. Esse aspecto da invenção serve para eliminar as fontes de imprecisão resultantes dos métodos de "costura" conhecidos, que resultam em desvios, deformações e/ou outras distorções, na medida em que as varreduras são alinhadas. A figura 4 ilustra um exemplo dessa solução; nesse caso, um arco dentário vai ser varrido. A geometria conhecida introduzida na varredura, na forma de dois polígonos de dimensões conhecidas, ligados por uma barra tendo também uma dimensão conhecida, propicia a detecção da localização e/ou orientação de varreduras de partes dos dentes. A varredura intra-oral necessita do uso de pequenos escâneres, de modo que cada varredura propicie a captura de apenas uma parte do arco.

Na prática da invenção, as informações espaciais podem ser obtidas diretamente usando varredura intra-oral e depois processamento como descrito acima. Como descrito acima, no entanto, a presente invenção pode ser usada em conjunto com a prática convencional, com que impressões são tiradas da dentição do paciente, e a dita dentição é reproduzida na

forma de um molde-mestre feito das ditas impressões. Em um caso de implante, o molde-mestre vai conter análogos dos implantes dentários. A exatidão com a qual as localizações e orientações desses análogos de implantes pode ser determinada, com a finalidade de projetar partes de componentes de restaurações, a serem suportadas pelos implantes, é melhorada por uso

5 de um objeto de reconhecimento de acordo com a presente invenção.

Em outro aspecto da invenção, um método alternativo para capturar a posição relativa dos componentes superior e inferior de um modelo dentário, e, desse modo, para "alinhar" os ditos componentes do modelo, faz

10 uso de uma geometria 3-D plana não dentária desses componentes do modelo. Nesse método alternativo, o software registra os aspectos geométricos determinantes da posição do modelo, a partir de dados de varredura, e emprega características conhecidas dos ditos aspectos geométricos, para localizar com precisão e com exatidão todos os aspectos topográficos associa-

15 dos com os modelos, incluindo todos os aspectos anatômicos e dentários. Esses aspectos geométricos determinantes da posição podem ser um mínimo de três planos interceptantes em cada componente de modelo; esses aspectos podem compreender em vez disso combinações de planos, e/ou aspectos, tais como discos, colocados ou pintados em planos dos compo-

20 nentes do modelo, esferas, ou quaisquer outros objetos não dentários, de modo a proporcionar dados de posição precisos (6 graus de liberdade para cada objeto).

Com referência às figuras 10, 11 e 12, um modelo dentário típico

50 é ilustrado, compreendendo um componente inferior 52 (mostrado separadamente na figura 11) e um componente superior 62 (mostrado separadamente na figura 12). Como mostrado nas figuras 10 a 12, os modelos dentários têm geralmente superfícies de planos múltiplos, em consequência da

25 preparação deles (ou esses planos podem ser facilmente adicionados), e esses planos proporcionam uma rica fonte de dados determinantes de posição, que podem ser extraídos de varreduras do modelo para servir como

30 base para localização das posições de todos os aspectos topográficos associados com o modelo.

Com referência à figura 11, ilustra-se um componente inferior 52 do modelo 50. O componente inferior 52 compreende uma pluralidade de superfícies planas, como artefatos para a preparação do modelo, ou criadas subseqüentemente para a preparação do modelo e especificamente para servir como os aspectos de referência de determinação de posição. As ditas superfícies planas incluem um plano de fundo 54 (não visível na figura 11, mas oposto ao arco dentário inferior 55), um plano posterior 56, um primeiro plano lateral (por exemplo, direito) 58 e um segundo plano lateral (por exemplo, esquerdo) (não mostrados). De modo similar, o componente do modelo superior 62, mostrado separadamente na figura 12, compreende um plano de fundo 64 (não visível na figura 12, mas oposto ao arco dentário superior 65), um plano posterior 66, um primeiro plano lateral 68A, e um segundo plano 68B. Em particular, a superfície plana formando o "fundo" de cada componente de modelo pode ser usada como um aspecto de referência (o "fundo" de um componente de modelo sendo a superfície plana oposta à superfície do arco dentário do componente). No exemplo a seguir, o plano de fundo 54 do componente do modelo inferior 52 (mostrado separadamente na figura 11) é usado como um plano de referência; embora, outra superfície plana de qualquer componente de modelo possa ser usada como uma referência. De modo similar, três planos foram selecionados para esse exemplo, mas três ou mais planos, ou uma combinação de planos e outros aspectos não dentários podem ser também selecionados. (Em alguns casos, um ou mais aspectos dentários podem ser ainda usados como aspectos de reconhecimento, aumentados por aspectos dentários planos e/ou outros.)

O alinhamento do componente de modelo inferior com o componente de modelo superior é implementado nesse exemplo pelo uso de três planos de cada componente de modelo. Deve-se notar que, nas imagens particulares desses respectivos componentes de modelos empregados para fazer o alinhamento, os planos selecionados dos modelos inferior e superior não precisam ser alinhados de qualquer maneira particular, para desenvolver um alinhamento preciso dos componentes de modelo superior e inferior. (Se existem aspectos não planos nos ou próximos dos planos de interesse,

esses podem e geralmente devem ser removidos usando as técnicas de processamento conhecidas na técnica.)

O modelo montado (figura 10) proporciona a localização relativa dos planos necessários para a montagem das imagens 3-D individuais respectivamente do componente de modelo inferior (figura 11) e do componente de modelo superior (figura 12). Três planos de cada modelo são selecionados. Como o modelo montado é ilustrado na figura 10, e como o componente de modelo inferior 52 é ilustrado na figura 11, o plano de fundo 54 de modelo inferior 52 não é visível; igualmente, nas figuras 12, o plano de fundo 64 do componente de modelo superior 62 não é visível. No entanto, o plano de fundo de cada componente de modelo se apóia no plano de referência do escâner 3-D, quando da varredura, de preferência, alinhado com uma ou mais marcações de referência, e, portanto, a orientação geométrica desses planos de fundo nas varreduras é conhecida.

Uma vez que o plano de fundo em cada uma das três imagens (montada, inferior e superior) é conhecido, então, para cada um dos componentes inferior e superior, apenas dois planos adicionais, cada um deles visível em ambas a imagem do componente e a imagem da montagem separadas, precisam ser determinadas pelo software para determinar com precisão a geometria desse componente. De modo similar, para determinar a geometria e, desse modo, o alinhamento dos componentes inferior e superior, do modelo inteiramente montado, deve-se determinar da sua imagem, como representado na figura 10, os dois planos selecionados de cada um dos componentes de modelo, mais apenas o plano de fundo 64 previamente invisível, mas "conhecido" do componente de modelo superior 62.

Por exemplo, a geometria do componente de modelo inferior 52 pode ser determinada do conhecimento do plano do seu fundo 54 (invisível na figura 11) e da determinação do plano posterior do componente inferior 56 e do plano lateral do componente inferior 58. De modo similar, a geometria do componente de modelo superior 62 pode ser determinada do conhecimento do plano do seu fundo 64 (invisível na figura 12) e da determinação do plano posterior do componente superior 66 e do plano lateral do compo-

nente superior 68A ou 68B. Supondo os locais dos planos mencionados acima, as imagens individuais podem ser montadas para casarem com os locais dos planos na montagem.

5 Desse modo, para implementar o alinhamento dos componentes de modelo inferior e superior do modelo 50, a partir da imagem do modelo montado mostrado na figura 10, é necessário apenas determinar a orientação, nessa imagem, dos quatro planos (dois de cada componente de modelo) descrito acima (isto é, o plano posterior do componente superior 56 e o plano lateral 58, e o plano posterior do componente inferior 66 e o plano lateral 68), e, adicionalmente, determinar a orientação, como mostrado na figura 10, do plano de fundo do componente superior 64.

15 Mais de três planos também podem ser usados, bem como outros objetos que reprimem em demasia a solução para a posição dos componentes de modelo (ainda que uma repressão em demasia de mínimos quadrados, ou uma solução similar, possa ser tipicamente preferida). Opcionalmente, aspectos de referência adicionais podem ser presos nas superfícies planas das superfícies dos componentes de modelos, também para servir como aspectos de referência determinantes da posição. Por exemplo, pequenos discos circulares de uma cor contrastando com aquela das superfícies do modelo podem ser pintados ou de outro modo aderidos a qualquer 20 superfície. Dois ou mais desses discos podem ser também dispostos na mesma superfície plana, nas posições espaçadas entre si medidas com precisão, proporcionando, desse modo, uma medida escalar.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para construção de um modelo 3-D, para incorporar e alinhar dados de imagem de varredura 3-D de um arco dentário maxilar e de um arco dentário mandibular oposto, o dito método compreendendo:

5 (a) dispor vários aspectos de reconhecimento adjacentes às superfícies dos arcos dentários maxilar e mandibular, suficientes para permitir a determinação das respectivas posições e orientações desses arcos dentários;

(b) varrer, tridimensionalmente, individualmente os ditos arcos para obter dados de imagem 3-D, abrangendo e representando os aspectos topográficos dos ditos arcos dentários, e capturar os aspectos de reconhe-

10 cimento associados com cada um dos ditos arcos dentários;

(c) colocar o dito arco dentário maxilar e arco dentário mandibular em uma relação de oclusão, e varrer tridimensionalmente os ditos arcos dentários para obter dados de imagem 3-D para cada um dos ditos arcos, os aspectos de reconhecimento também capturados nas ditas varreduras indi-

15 viduais; e

(d) processar os ditos dados de imagem 3-D e construir um modelo 3-D, em que uma representação de arco dentário maxilar correspondente é alinhada precisamente com uma representação de arco dentário mandibular correspondente.

20

2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que os ditos arcos dentários são formados em impressões ou moldes de arcos maxilar e mandibular de um paciente.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que pelo menos um aspecto de reconhecimento é colocado externamente a pelo menos um dos ditos arcos.

25

4. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que pelo menos um aspecto de reconhecimento é colocado internamente a pelo menos um dos ditos arcos.

5. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que dispor vários aspectos de reconhecimento adjacentes às superfícies dos arcos dentários maxilar e mandibular, suficientes para permitir a determinação das

30

respectivas posições e orientações desses arcos dentários, inclui dispor vários aspectos de reconhecimento suficientes, quando considerados em conjunto com um ou mais aspectos dentários dos ditos arcos, para permitir a dita determinação de posição e orientação de pelo menos um arco.

5 6. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que pelo menos um dos ditos arcos dentários é desdentado.

7. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que nenhum dos arcos é desdentado.

10 8. Método de acordo com a reivindicação 7, em que pelo menos um dos ditos arcos tem uma região desdentada.

9. Método para construir um modelo de imagem 3-D, para incorporar e alinhar dados de imagem de varredura 3-D de um componente de arco dentário superior e de um componente de arco dentário inferior oposto, o dito método compreendendo:

15 (a) usar um escâner 3-D, para varrer tridimensionalmente cada um dos componentes de modelos dentários inferior e superior, em que pelo menos um dos ditos componentes tem um aspecto plano, e, durante a dita varredura, fazer com que o dito aspecto plano de componente fique apontado para uma superfície plana do dito escâner 3-D, os ditos componentes
20 tendo também aspectos de reconhecimento adicionais suficientes, quando combinados com o aspecto de fundo plano, para determinar as posições e orientações de cada componente;

25 (b) colocar o dito componente de modelo dentário superior e o dito componente de modelo dentário inferior contra o dito escâner, em uma relação de oclusão;

30 (c) varrer tridimensionalmente os ditos componentes de modelo dentário superior e inferior, para obter dados de imagem 3-D abrangendo um número suficiente dos ditos aspectos de reconhecimento dos ditos componente de modelo dentário superior e componente de modelo dentário inferior varridos no ato (a), para permitir alinhamento das imagens dos ditos componentes; e

(d) processar os ditos dados de imagem 3-D e construir a partir

deles um modelo de imagem 3-D, no qual uma representação do dito componente de modelo dentário superior é alinhado precisamente com uma representação do dito componente de modelo dentário inferior.

5 10. Método de acordo com a reivindicação 9, em que pelo menos um dos ditos aspectos de reconhecimento adicionais é um aspecto plano, e no ato (a) o dito aspecto é feito ter uma marcação de registro do dito escâner.

10 11. Método de acordo com a reivindicação 9, em que a dita marcação de registro é perpendicular a uma área superficial plana de um dito escâner.

 12. Método de acordo com a reivindicação 9 ou 10, em que pelo menos um dos ditos arcos dentários é desdentado.

 13. Método de acordo com a reivindicação 9 ou 10, em que nenhum dos arcos é desdentado.

15 14. Método de acordo com a reivindicação 13, em que pelo menos um dos ditos arcos tem uma região desdentada.

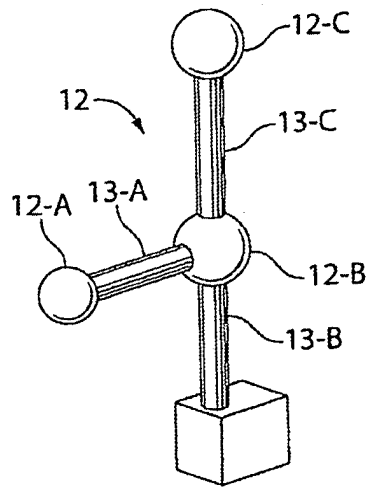


Fig. 1

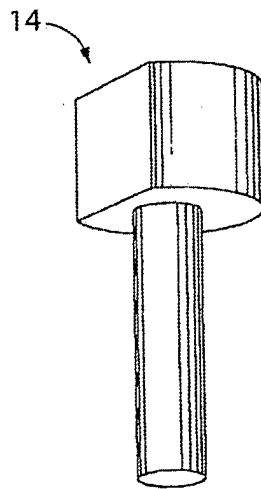


Fig. 2

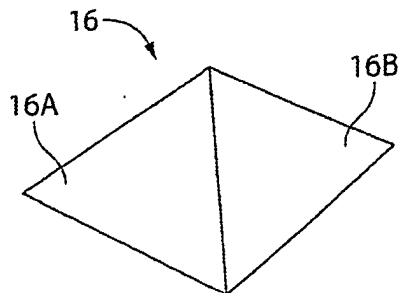


Fig. 3

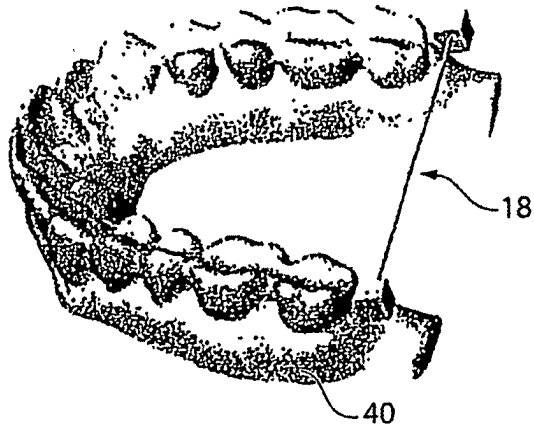


Fig. 4

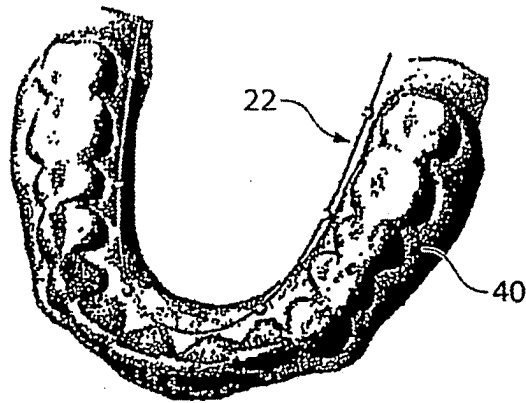


Fig. 5

IMAGEM DE OBJETOS ESFÉRICOS EXTERNOS DE MAXILAR E MANDÍBULA

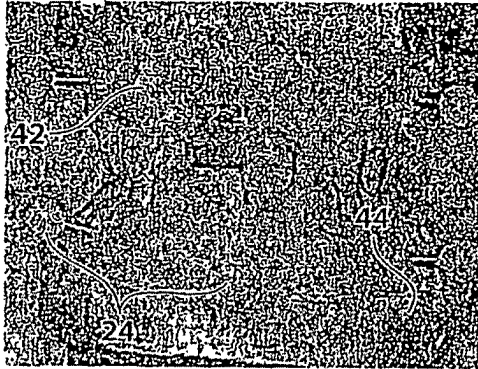


Fig. 6

IMAGEM DE OBJETOS ESFÉRICOS INTERNOS DE MANDÍBULA

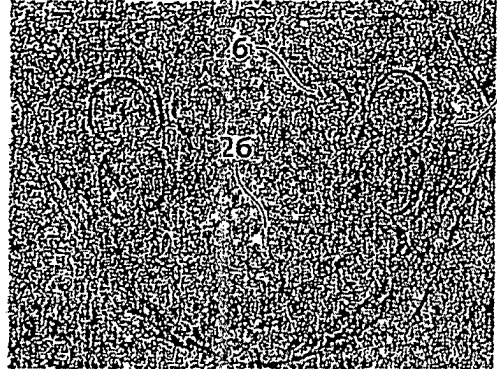


Fig. 7

IMPRESSÃO DE IMAGEM DE OBJETOS ESFÉRICOS INTERNOS DE MAXILAR

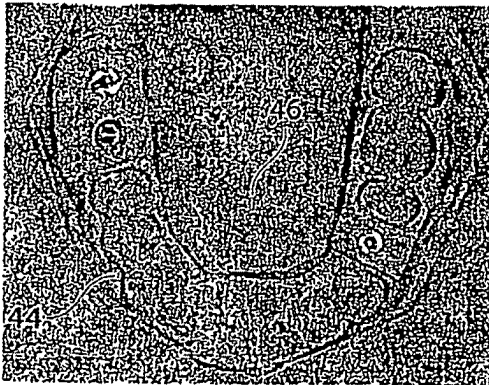


Fig. 8

ESFERAS COLOCADAS EM IMPRESSÃO DE IMAGEM DE OBJETOS ESFÉRICOS INTERNOS DE MAXILAR

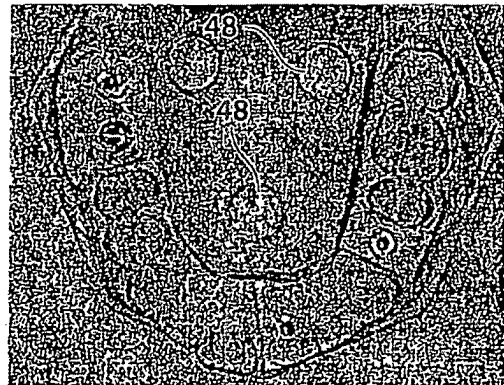


Fig. 9

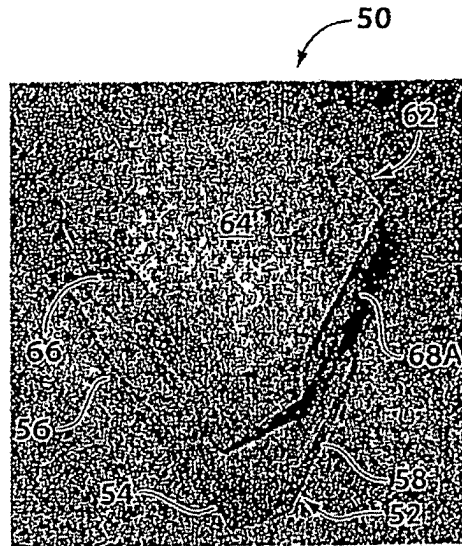


Fig. 10

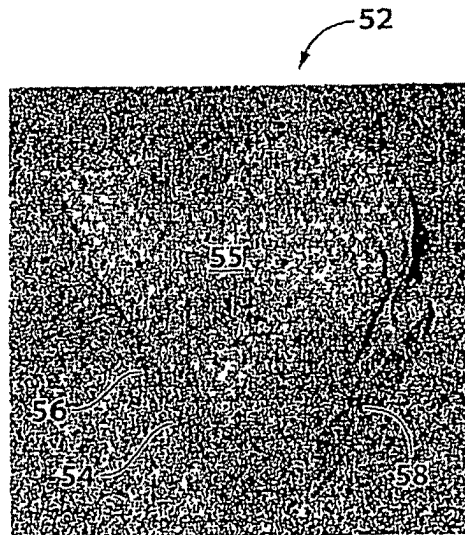


Fig. 11

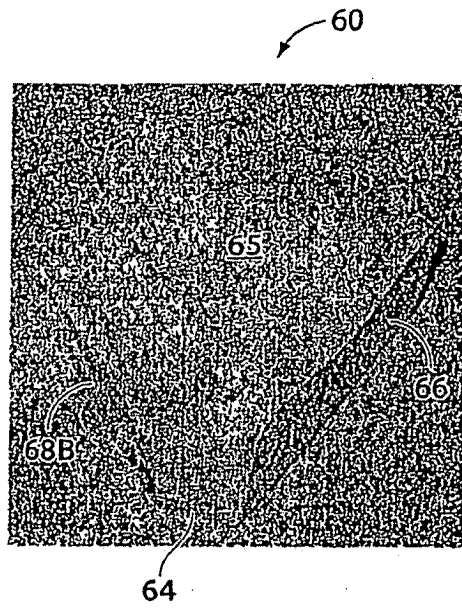


Fig. 12

RESUMO

Patente de Invenção: "**REGISTRO DE FORMAÇÃO DE IMAGEM TRIDIMENSIONAL DE OBJETOS TRIDIMENSIONAIS**".

A presente invenção refere-se a um método e a um sistema de modelagem de base tridimensional, elaborados para aplicações de odontologia e médicas relacionadas (e não médicas adequadas). O meio de captura de dados produz uma nuvem de pontos, representando a superfície tridimensional de um objeto (por exemplo, um arco dentário). Objetos de reconhecimento tridimensionais são proporcionados, particularmente dentro daquelas áreas no campo de imagem que têm baixa definição de imagem, e particularmente naquelas áreas que aparecem nas partes sobrepostas de pelo menos duas imagens, para proporcionar ao software de processamento de imagens tridimensionais as informações de posição, angulação e orientação, suficientes para propiciar a combinação (ou costura) altamente precisa das imagens adjacentes e sobrepostas. O alinhamento e a criação dos seus objetos ou modelos relacionados alinhados, tais como os arcos maxilar e mandibular, são facilitados.

Novo quadro reivindicatório (total de 14 reivindicações), incorporando as emendas às reivindicações conforme Relatório de Exame Preliminar.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para construção de um modelo 3-D, para incorporar e alinhar dados de imagem de varredura 3-D de um arco dentário maxilar e de um arco dentário mandibular oposto, o dito método compreendendo:

5 (a) dispor vários aspectos de reconhecimento adjacentes às superfícies dos arcos dentários maxilar e mandibular, suficientes para permitir a determinação das respectivas posições e orientações desses arcos dentários, associando, desse modo, os aspectos de reconhecimento com cada um dos arcos dentários;

10 (b) varrer, tridimensionalmente, individualmente os ditos arcos para obter dados de imagem 3-D, abrangendo e representando os aspectos topográficos dos ditos arcos dentários, e capturar os aspectos de reconhecimento associados com cada um dos ditos arcos dentários;

15 (c) colocar o dito arco dentário maxilar e arco dentário mandibular em uma relação de oclusão, e varrer tridimensionalmente os ditos arcos dentários para obter dados de imagem 3-D para cada um dos ditos arcos, os aspectos de reconhecimento também capturados nas ditas varreduras individuais e associados com cada um dos ditos arcos dentários; e

20 (d) processar os ditos dados de imagem 3-D e construir um modelo 3-D, em que uma representação de arco dentário maxilar correspondente é alinhada precisamente com uma representação de arco dentário mandibular correspondente.

25 2. Método de acordo com a reivindicação 1, em que os ditos arcos dentários são formados em impressões ou moldes de arcos maxilar e mandibular de um paciente.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que pelo menos um aspecto de reconhecimento é colocado externamente a pelo menos um dos ditos arcos.

30 4. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que pelo menos um aspecto de reconhecimento é colocado internamente a pelo menos um dos ditos arcos.

5. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que dispor

vários aspectos de reconhecimento adjacentes às superfícies dos arcos dentários maxilar e mandibular, suficientes para permitir a determinação das respectivas posições e orientações desses arcos dentários, inclui dispor vários aspectos de reconhecimento suficientes, quando considerados em conjunto com um ou mais aspectos dentários dos ditos arcos, para permitir a dita determinação de posição e orientação de pelo menos um arco.

6. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que pelo menos um dos ditos arcos dentários é desdentado.

7. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que nenhum dos arcos é desdentado.

8. Método de acordo com a reivindicação 7, em que pelo menos um dos ditos arcos tem uma região desdentada.

9. Método para construir um modelo de imagem 3-D, para incorporar e alinhar dados de imagem de varredura 3-D de um componente de arco dentário superior e de um componente de arco dentário inferior oposto, o dito método compreendendo:

(a) usar um escâner 3-D, para varrer tridimensionalmente cada um dos componentes de modelos dentários inferior e superior, em que pelo menos um dos ditos componentes tem um aspecto plano, e, durante a dita varredura, fazer com que o dito aspecto plano de componente fique apontado para uma superfície plana do dito escâner 3-D, os ditos componentes tendo também aspectos de reconhecimento adicionais suficientes, quando combinados com o aspecto de fundo plano, para determinar as posições e orientações de cada componente;

(b) colocar o dito componente de modelo dentário superior e o dito componente de modelo dentário inferior contra o dito escâner, em uma relação de oclusão;

(c) varrer tridimensionalmente os ditos componentes de modelo dentário superior e inferior, para obter dados de imagem 3-D abrangendo um número suficiente dos ditos aspectos de reconhecimento dos ditos componente de modelo dentário superior e componente de modelo dentário inferior varridos no ato (a), para permitir alinhamento das imagens dos ditos compo-

nentes; e

(d) processar os ditos dados de imagem 3-D e construir a partir deles um modelo de imagem 3-D, no qual uma representação do dito componente de modelo dentário superior é alinhado precisamente com uma representação do dito componente de modelo dentário inferior.

10. Método de acordo com a reivindicação 9, em que pelo menos um dos ditos aspectos de reconhecimento adicionais é um aspecto plano, e no ato (a) o dito aspecto é feito ter uma marcação de registro do dito escâner.

10 11. Método de acordo com a reivindicação 9, em que a dita marcação de registro é perpendicular a uma área superficial plana de um dito escâner.

12. Método de acordo com a reivindicação 9 ou 10, em que pelo menos um dos ditos arcos dentários é desdentado.

15 13. Método de acordo com a reivindicação 9 ou 10, em que nenhum dos arcos é desdentado.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, em que pelo menos um dos ditos arcos tem uma região desdentada.