



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

(21) BR 102013003227-1 A2

(22) Data do Depósito: 08/02/2013

(43) Data da Publicação: 02/05/2017



(54) **Título:** SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODONTICOS CUSTOMIZADOS

(51) **Int. Cl.:** B33Y 50/02; A61C 7/14; B33Y 80/00

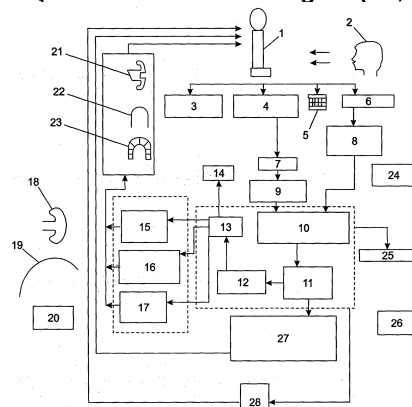
(52) **CPC:** B33Y 50/02, A61C 7/002, A61C 7/146, B33Y 80/00

(73) **Titular(es):** ALEXANDRE GALLO LOPES

(72) **Inventor(es):** ALEXANDRE GALLO LOPES

(74) **Procurador(es):** VILAGE MARCAS & PATENTES S/S LTDA

(57) **Resumo:** SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODONTICOS CUSTOMIZADOS, consiste de um sistema que inicia com o processo de software após a consulta feita pelo profissional para o exame clínico e recolhimento de dados do paciente (1,2,3,4,5). Os modelos físicos das arcadas (5,31), moldagens das arcadas (29) ou os dados digitais coletados no consultório pelo profissional (32) são enviados para a fábrica ou laboratórios (36,37,38,39) para construção de aparatos ortodônticos customizados, que contempla uma riqueza de informações para o tratamento dentário, bem como os modelos físicos, registros da mordida e ou a moldagem são escaneados (29) e os dados levantados permitem que o profissional no consultório construa um modelo tridimensional digital virtual onde tanto o dentista e/ou técnico poderão trabalhar de acordo com a prescrição individualizada exigida (32,52).



“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”

Trata a presente solicitação de Patente de Invenção de um **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”**, notadamente de um sistema composto por uma pluralidade de acessórios e componentes fixos e removíveis destinados a movimentação dos dentes pela aplicação de forças apropriadas levando os dentes para uma configuração previamente planejada em plano de tratamento virtual no modelo tridimensional de cada paciente. O tratamento virtual é feito através de um programa para computador de correção ortodôntica com manejo de imagens.

10 O sistema construtivo de aparatos ortodônticos customizados possui o campo de aplicação destinado a área da odontologia, especificamente na especialidade de Ortodontia.

Em ortodontia, os aparatos fixos ou removíveis convencionais em geral são componentes pré-fabricados baseados em um padrão médio de normalidade. 15 Os componentes móveis como exemplo os arcos, durante a progressão do tratamento, exigem trocas ou ajustes para levar os dentes na direção planejada. Seguindo o curso de um tratamento convencional, o profissional busca um resultado usando um método de tentativa e erro, dobrando fios em cada visita do paciente até atingir um resultado satisfatório ou ideal.

20 O maior desafio na movimentação dental com precisão na direção desejada é o ajuste da aplicação do ponto e da magnitude da força. Esse conceito se aplica a qualquer aparato ortodôntico, seja fixo ou móvel, para a realização da movimentação dental. Princípios físicos ou biomecânicos não são alterados em função do tipo de aparelho utilizado seja fixo ou removível.

A concepção da aplicação da biomecânica dentro da Ortodontia é geralmente baseada em um único dente, de raiz única (uniradicular) recebendo um vetor de força individual. Devido às interações que ocorrem com os aparatos de transmissão de forças e interação com os dentes adjacentes, as equações dos
5 movimentos dentais se tornam extremamente complexas mesmo dentro dos sistemas de forças mais elaborados em sua construção (Figs. 24,25,26). Variáveis como aplicação das forças, propriedades dos materiais, duração da aplicação das forças e superfície das áreas radiculares podem produzir resultados diferentes mesmo com a utilização da mesma técnica de correção ortodôntica.

10 Um sistema para desenhar e fabricar automaticamente aparatos de correção ortodôntica derivado de formas anatômicas coletadas a partir de dados de um escaneamento de moldagens ou modelos físicos da boca do paciente e ou tomografias volumétricas tridimensionais transmitidas para um sistema integrado de CAD-CAM específico para Ortodontia que vai construir aparatos fixos e removíveis
15 de acordo com a anatomia específica do paciente calculando automaticamente as posições finais da correção, construção de aparatos customizados para a topografia anatômica específica do paciente com sistemas de transmissão de forças customizados (Fig.1). A introdução dos sistemas de CAD/CAM na Odontologia possibilitou a confecção de bráquetes, arcos e aparatos removíveis customizados
20 dentro de um ambiente de extrema precisão proporcionado pelos sistemas digitalizados, realizando simulações de tratamentos e da construção dos aparatos antes de colocá-los na prática clínica.

O avanço tecnológico trouxe para a especialidade a redução de preços e acesso a tecnologias que há 10 ou 20 anos atrás já existiam, mas sua utilização e

aplicação eram inviáveis no cotidiano e contexto clínico devido aos altos custos dos exames ou investimento em equipamentos.

O atual estado da técnica antecipa alguns documentos de patentes que versam sobre a matéria em apreço como o documento US 3,477,128 e US 3,660,900 que tratam de vários tipos de aparatos individualizados para minimizar o trabalho de contorno ou dobra dos arcos de movimentação desenvolvidos pelo Dr. Lawrence F. Andrews nas décadas de 60 e 70, que constituem a base da filosofia do aparelho de arco reto.

No entanto, esses conjuntos de bráquetes são destinados ao tratamento de grupos distintos de maloclusões separados em classificações utilizadas na especialidade assumindo valores médios das inclinações, angulações e alturas buco linguais dos bráquetes sem fornecer um sistema ou instrumentos que possibilitasse a total customização do sistema pela enorme variação anatômica, morfológica dental e esqueléticas mesmo dentro dos padrões de oclusões ideais e trazer avanços para o estado da arte.

Um dos problemas relacionados à aplicação dessa patente de Andrews é que os aparatos utilizados na correção dos problemas são desenhados e fabricados baseados em uma anatomia média ou padrão de referenciais. Dessa maneira, o ortodontista precisa escolher o que ele imagina ser o conjunto de bráquetes e arcos que mais se aproximam das exigências apresentadas pelo tratamento do paciente em questão.

Algumas modificações nos sistemas existentes podem ser aplicadas principalmente no início do tratamento, mas inevitavelmente mais modificações e arranjos são exigidos ao longo do tratamento. Essas modificações podem ser na troca ou reposicionamento dos bráquetes, mas principalmente em dobras periódicas

e reformatação dos arcos durante a progressão do tratamento.

Assim, o tratamento do paciente se torna um sistema de alimentação manual na qual o Ortodontista monitora o progresso do tratamento e reajusta o aparato, na maioria das vezes fazendo dobras nos arcos, para corrigir as forças aplicadas aos dentes para levá-los ao posicionamento que o profissional julga ideal no objetivo final. Como resultado, o paciente pode ser submetido a um tratamento de duração mais longa do que seria necessário se os aparatos fossem inicialmente fabricados com os requisitos de desenhos ideais inerentes às necessidades do caso.

O planejamento do caso antes do tratamento começar e sua implementação, juntamente com a conduta clínica em um sistema convencional, serão mais demorados se comparados com um sistema onde o planejamento e correção virtual associado à análise de centenas de variáveis que permitem incluir com precisão as modificações customizadas nos aparelhos e componentes, produzirão um aumento da eficiência e do desempenho da técnica.

Ciente das lacunas e limitantes acima descritos, o inventor, pessoa atuante no segmento em apreço, após estudos e pesquisas, criou o **"SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS"** em questão, utiliza a interface de produção digital que inicia-se na clínica do profissional com a coleta dos dados do paciente através de um scanner intraoral que permite ao dentista capturar os dados diretamente da boca do paciente e enviar um modelo digital 3D para a fábrica ou laboratório que vai produzir os aparatos. Por opção do profissional, o escaneamento dos casos poderá ser realizado na fábrica ou laboratório de produção dos aparatos através do envio dos moldes da boca do paciente ou modelos físicos da boca do paciente. Em ambos os procedimentos, deverão ser anexados a documentação padrão do paciente composta por ficha

clínica, anamnese, dados pessoais, fotografias, registro da mordida, radiografias e ou tomografias para a complementação da análise, diagnóstico virtual e planejamento do caso.

No **"SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS"** o profissional poderá acessar o software interativo de diagnóstico e plano de tratamento na fábrica ou laboratório do fornecedor dos aparatos pela internet e fazer as devidas indicações e correções com as necessidades específicas do paciente e aprovação do plano de tratamento e aparatos.

10 O **"SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS"** possui programa de modelagem com as informações e instruções do profissional a transformar esses dados em arquivos sistematizados para transmissão dos programas para cada máquina envolvida na fabricação dos aparatos ortodônticos customizados.

15 O **"SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS"** está relacionado um sistema que inclui um fluxograma em uma plataforma aberta ao profissional com acesso remoto para interagir com as interfaces de diagnóstico, planejamento e fabricação dos aparatos customizados de correção dental utilizados em Ortodontia.

20 No **"SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS"** a cadeia de máquinas pode ser composta de fresadoras, centros de usinagem e tornos CNC, máquinas de eletroerosão de penetração ou corte a fio e equipamentos de estereolitografia ou qualquer outro equipamento destinados à produção integrados.

25 A seguir, a invenção será explicada com referência aos desenhos

anexos, nos quais estão representados de forma ilustrativa e não limitativa:

Figura 1: Diagrama ilustrativo dos processos envolvidos no sistema de diagnóstico, correção virtual, logística de dados e manufatura de aparatos customizados;

5 Figura 2: Diagrama ilustrativo da sequência dos passos e processos do sistema de manufatura de aparatos customizados;

Figura 3: Gráfico do fluxograma dos métodos;

Figura 4: Diagrama ilustrativo da Sistematização da Análise, Geração de dados, Logística da informação e Manufatura dos Aparatos;

10 Figura 5: Diagrama ilustrativo do ambiente de Manufatura CAD/CAM;

Figura 6: Gráfico da transferência de dados desde a coleta até a manufatura dos aparatos ortodônticos;

Figura 7: Gráfico da interação dos elementos geométricos com a referência anatômica;

15 Figura 8: Gráfico da relação conceitual entre os objetos gerados a partir da Referência Anatômica;

Figura 9: Gráfico ilustrativo das arcadas dentárias a partir da posição inicial à posição final após correção virtual do problema;

20 Figura 10: Gráfico ilustrativo do escaneamento das arcadas superiores e inferiores;

Figura 11: Vista Oclusal da determinação e delimitação dos principais elementos Anatômicos envolvidos na coleta de dados;

Figura 12: Vista Oclusal da segmentação dos elementos ou grupo de elementos para avaliação dos movimentos e Plano de Tratamento;

Figura 13: Vista em perspectiva dos cortes das arcadas superiores e inferiores em oclusão a partir da Tomografia Volumétrica;

5 Figura 14: Vista ilustrativa da descrição das principais referências descritivas dos planos anatômicos dos dentes;

Figura 15: Vista ilustrativa das referências clínicas da coroa do dente;

Figura 16: Vistas ilustrativas das Referências Anatômicas da Coroa Clínica e dos bráquetes para definição da inclinação e angulação para fabricação
10 dos bráquetes customizados;

Figura 17: Figuras ilustrativas comparativas da localização do bráquete convencional e customizado em relação às referências anatômicas do dente;

Figura 18: Figuras ilustrativas dos dentes com os eixos de movimentação nos três planos do espaço com os respectivos Centros de
15 Resistência;

Figura 19: Figuras ilustrativas da definição dos planos Médio, Sagital e proeminência da coroa clínica para a localização dos bráquetes;

Figura 20: Figuras ilustrativas dos Planos Médio e Sagital da coroa clínica do dente para a definição do raio da base customizada do bráquete;

20 Figura 21: Figuras ilustrativas das proeminências vestibulares ou faciais dos dentes para a definição das alturas das canaletas dos bráquetes em um mesmo plano de alinhamento;

Figura 22: Figuras ilustrativas da influência da altura do posicionamento dos bráquetes na inclinação dos dentes de acordo com a variação anatômica da face vestibular;

Figura 23: Figuras ilustrativas da relação inter arcos nos planos
5 horizontal e vertical;

Figura 24: Vista oclusal da Análise do Formato Oclusal das arcadas e medições intra arcos e Relação Transversal;

Figura 25: Vista em perspectiva das arcadas Superior e Inferior com o alinhamento dos planos Médio e Sagital dos dentes para o posicionamento virtual
10 dos bráquetes no planejamento do caso;

Figura 26: Figura ilustrativa do arco dos dentes inferiores ou Curvatura de Spee;

Figura 27: Vista em perspectiva das arcadas Superior e Inferior com os bráquetes em posição e análise volumétrica das áreas radiculares dos dentes;

15 Figura 28: Vista em perspectiva da arcada Superior com a localização dos Centros de Resistência e simulação da geração dos vetores de movimentação dos dentes;

Figura 29: Vista em perspectiva da arcada Superior com a simulação da relação Força/Momento nos Centros de Resistência dos dentes;

20 Figura 30: Vista em perspectiva da simulação da interação de forças e geração de vetores dos Momentos nos Centros de Resistência dos dentes;

Figura 31: Vista em corte transversal dos dentes Superior e Inferior com análise do contato interproximal, Oclusal e área de Colisão do dente;

Figura 32: Vista oclusal das arcadas Superior e Inferior com o posicionamento ideal dos aparatos e contorno ideal dos arcos na correção virtual do caso;

Figura 33: Vista oclusal das arcadas com o posicionamento dos
5 bráquetes e arcos nas faces vestibulares e linguais dos dentes;

Figura 34: Vista lateral de um padrão de oclusão normal de Classe I;

Figura 35: Diagramas ilustrativos de formatos básico dos arcos de movimentação dental;

Figura 36: Vista Frontal das Arcadas Superior e Inferior com os arcos
10 Superior e Inferior posicionados idealmente no posicionamento final dos dentes;

Figura 37: Vista em perspectiva da arcada Superior com os bráquetes virtualmente posicionados para a construção da moldeira customizada para a colagem dos bráquetes;

Figura 38: Fluxograma do processo do sistema construtivo de aparatos
15 ortodônticos customizados.

O **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”**, objeto desta solicitação de Patente de Invenção, consiste de um sistema que inicia com o processo de software após a consulta feita pelo profissional para o exame clínico e recolhimento de dados do paciente (1,2,3,4,5). Os modelos
20 físicos das arcadas (5,31), moldagens das arcadas (29) ou os dados digitais coletados no consultório pelo profissional (32) são enviados para a fábrica ou laboratórios (36,37,38,39).

Mais particularmente, o sistema reivindicado é para construção de aparatos ortodônticos customizados, que contempla uma riqueza de informações para o tratamento dentário, bem como os modelos físicos, registros da mordida e ou a moldagem são escaneados (29) e os dados levantados permitem que o profissional no consultório construa um modelo tridimensional digital virtual onde tanto o dentista e/ou técnico poderão trabalhar de acordo com a prescrição individualizada exigida (32,52).

Na elaboração do plano de tratamento o profissional estabelece linhas gerais de conduta em seu plano de tratamento (6,8), mas não um plano detalhado como o que pode ser obtido com uma simulação digital e o imenso número de variáveis que podem ser simulados e analisados permitindo uma visualização do objetivo final do tratamento com precisão.

As medições realizadas pelo programa computadorizado analisam as irregularidades dentais, topografia e relações entre as arcadas tridimensionalmente, o que permite uma introdução de dados mais abrangente com esse tipo de modelagem do que com as medições e análises manuais limitando as interações dos dentes individualmente ou em grupos.

Com a coleta de dados digitais tridimensionais a partir do ambiente bucal, com scanner portátil intraoral (32), moldagens das arcadas (30), modelos físicos das arcadas (31), radiografias e tomografias (Fig.12) é possível construir um plano de tratamento CAD/CAM (Fig. 20). Essa tecnologia reduz o tempo e o esforço do profissional inserindo previsibilidade e qualidade ao tratamento, minimizando os efeitos negativos de mecânicas de movimentação com a geração de aparatos customizados.

Dentro dessa mesma plataforma, o profissional pode eleger a opção de delegar a tarefa da correção e planejamento virtual do caso para o fabricante ou laboratório que manufaturam os aparatos (Fig.4). Uma vez realizado o planejamento virtual, o fabricante ou laboratório disponibiliza os dados para que o profissional
5 cheque a viabilidade, objetivos do tratamento, faça as mudanças pertinentes e aprove o planejamento do tratamento.

De acordo com os princípios da presente invenção, um sistema e método são disponibilizados partindo de um arranjo inicial (Fig.8a) com os dentes fora do posicionamento ideal para um arranjo com as posições ideais
10 finalizadas(Fig. 8b) provenientes de informações digitalizadas dos formatos anatômicos e medidas do ambiente bucal do paciente gerando códigos de comunicação entre os equipamentos para a fabricação automática dos aparatos customizados(15,16,17,47) envolvidos na correção dos problemas.

O objetivo principal da presente solicitação é estabelecer um sistema e
15 um método confiável, acessível e eficiente para desenhar e fabricar automaticamente os aparatos ortodônticos customizados que incluem os bráquetes customizados específicos para cada dente (49), arcos customizados com módulos de forças específicos para cada segmento da arcada e a respectiva fase do tratamento (50), guias de posicionamento de bráquetes para posicionamento e
20 colagem dos bráquetes e acessórios (51) e aparatos temporários e removíveis, eliminando tarefas que demandam muito tempo de cadeira no consultório em todas as fases do tratamento ortodôntico. Esse sistema tem uma reprodutibilidade confiável e precisa onde parâmetros matematicamente definidos estabelecem os critérios envolvidos na cadeia de diagnóstico, planejamento e construção de
25 aparatos específicos para os casos a serem tratados, eliminando prováveis fontes de

erros na combinação do diagnóstico com a prescrição individualizada ou customizada pela fabricação dos aparatos ortodônticos. Os dados digitais em sua transmissão, manipulação e armazenamento possuem dispositivos de segurança para proteção do paciente.

5 A compilação dos dados obtidos auxilia o profissional atingir os objetivos do tratamento economizando tempo em tarefas de diagnóstico, escolha e construção dos aparatos de melhor desempenho clínico com precisão e repetitibilidade através de um software totalmente interativo entre o dentista e o fabricante de aparatos ortodônticos (43,44,45).

10 Exame do paciente, Moldagem, Escaneamento. Planejamento, Modelagem Virtual, Correção/Aprovação, Programação de Máquinas e Periféricos, Configuração e Integração dos Processos e Gerenciamento dos Processos (Figs.1,2).

 O software permite a visualização do posicionamento inicial dos dentes
15 (27,33,34,35) e a movimentação virtual estabelecendo os parâmetros para a correção com os aparatos customizados definindo as prescrições para cada dente, os tipos de arcos e formatos específicos para a arcada do paciente. A prescrição selecionada inclui angulação (65), inclinação (66) e a altura do contorno (84) do bráquete e determina a posição individual de cada dente neste arranjo virtual.

20 As variedades de prescrições podem ser preparadas para diferentes planos de tratamento e armazenadas no programa. Os dentes são automaticamente posicionados em uma primeira etapa de acordo com a curvatura vestibular (64) ou lingual (64) dos dentes sendo orientados de acordo com a prescrição escolhida. Um teste de colisão (104) é simulado de acordo com os pontos de contato (108,109) e

considerações anatômicas (Fig. 33). Os dentes podem ser redirecionados em todos os planos do espaço com o programa de análise e correção virtual.

Os bráquetes convencionais (67) possuem formas geométricas de quadrados ou retângulos e inibem a seleção ou desenho de um aparato ideal para o caso específico a ser tratado dificultando a expressão das inclinações e angulações (67,68) já que o plano sagital médio dos bráquetes não coincide com o eixo facial (vestibular) da coroa clínica em razão da dificuldade de assentamento do bráquete ao longo dos planos médios sagital horizontal e vertical.

O formato de paralelogramo dos bráquetes customizados permite o assentamento ideal de sua superfície de contato com as faces vestibular e ou lingual dos dentes devido ao fato de que o ângulo entre as bordas horizontal e vertical do bráquete não afetam o posicionamento simétrico às referências horizontais e verticais do dente. As peculiaridades anatômicas e suas respectivas variâncias individuais juntamente com os diferentes padrões faciais limitam o desempenho de bráquetes padronizados fabricados levando-se em consideração padrões morfológicos médios.

A necessidade de aparatos customizados vai permitir um maior controle da aplicação dos componentes programáveis e um objetivo de tratamento final mais preciso, preenchendo ao máximo os requisitos de qualquer técnica ou filosofia utilizada pelo profissional em comparação com a utilização de componentes padronizados ou estandarizados.

Conjuntamente com as medidas dos dentes a partir dos modelos tridimensionais, incluindo tomografias que produzem imagens 3D, a parametrização das mensurações pode ser agrupada em três grupos distintos: (1) formato individual

dos dentes (forma e geometria), (2) o alinhamento dos dentes dentro do mesmo arco (100) (medições intra arco) e (3) características da oclusão (96,97,98) (medições inter arco).

5 As principais referências para a construção de aparatos customizados são:

Plano oclusal: Deriva da arcada mandibular. (Fig. 31);

Eixo vestibular da coroa clínica: É a curva da face vestibular da coroa clínica do dente entre as extremidades gengival e oclusal do dente. (Fig. 33-60);

10 Ponto do eixo vestibular: É o ponto médio do Eixo Facial da Coroa Clínica. (61);

Plano médio da coroa clínica: Plano Médio Transversal a Coroa Clínica, próximo ao plano médio da face vestibular da coroa clínica (62);

Linha do eixo vestibular: A linha do Eixo Facial é tangente ao Eixo Facial da Coroa Clínica (76);

15 Plano vestibular da coroa clínica: Plano tangente ao ponto do Eixo Vestibular e não tem nenhum outro ponto em comum com o dente (83);

Linha normal vestibular: É perpendicular a linha do Eixo Vestibular na face vestibular do dente no ponto do eixo vestibular (77);

20 Curva do arco: É uma curvatura suave passando através dos pontos dos Eixos Vestibulares de todos os dentes do mesmo arco (112);

Curva do formato da arcada: Indica o grau de alinhamento dos dentes dentro da mesma arcada com relação às rotações ao longo do eixo vertical e proeminência dos dentes (95);

5 Formato dos arcos: Apesar dos pacientes apresentarem formatos específicos individualizados das arcadas, as mesmas podem ser agrupadas em arcadas de formatos similares em uma biblioteca de formatos que se tornarão referências na hora de escolher o formato que mais se adéqua ao formato específico da arcada do paciente (Fig. 37);

10 As características do alinhamento anterior e posterior ao longo da mesma arcada, utilizam os pontos anatômicos referenciais de maneira global, ou seja conforme as modificações de correção são incluídas ao longo da arcada aplicadas individualmente sobre os dentes ou conjunto de dentes, o programa de correção virtual estabelece automaticamente as correlações entre os espaços disponíveis dentro do perímetro e dos limites da arcada dental caracterizando o
15 posicionamento ideal dos dentes em relação ao seu formato anatômico, posição angular referenciada por inclinação (torque), angulação e rotação, posicionamento linear referenciado pela proeminência dos dentes e nivelamento, apinhamento (falta de espaço) e excesso de espaços (diastemas), grau de alinhamento anterior e posterior dos dentes (Fig. 22);

20 Características do formato do dente: As medições individuais dos dentes capturam características topográficas e anatômicas básicas da coroa dos dentes no sentido méso/distal, buco/lingual e altura da coroa (inciso gengival) (Fig. 15,16).

Posição angular do dente: As seguintes medições refletem a posição angular de cada dente relativo às seguintes referências:

Angulação da coroa (inclinação), inclinação da coroa (torque) e rotação da coroa (ao longo do eixo do dente). As características angulares tem importância somente se relacionadas com os referenciais estabelecidos. Isoladamente, essas características perdem a sua relevância (65c, 66d).

Posição linear do dente: As seguintes medições refletem o posicionamento linear de cada dente relativo às referências.

Nivelamento da coroa em relação ao plano oclusal associado à Curva de Spee (curva suave que conecta as pontas dos dentes do mesmo arco sendo que a ponta do dente é o ponto mais próximo do plano oclusal), que reflete o desnivelamento planar das pontas dos dentes em relação ao plano oclusal (107).

Apinhamento e espaçamento: A eliminação do apinhamento é um dos objetivos principais do tratamento ortodôntico e requer medições precisas para determinação da quantidade de espaço necessário para levar o dente ou conjunto de dentes ao posicionamento ideal. Essas medições podem ser negativas no caso do excesso de massa dental e ou falta de espaço e positivas em situações de espaçamento ou excesso de espaço disponível entre os dentes (diastemas). Essas medições vão indicar o grau de expansão transversal (103) necessário para acomodar os dentes ao longo da arcada e ou aumento do perímetro da arcada antero posterior (105), desgaste interproximal dos dentes, extrações em caso de falta de espaço. No caso de excesso de espaço, a constrição da arcada para o fechamento dos espaços (Fig. 24).

Medições interarcos: As medições interarcos descrevem a posição relativa das arcadas mandibular e maxilar. Os parâmetros avaliados refletem os diferentes aspectos da relação inter arcos e suas respectivas discrepâncias no sentido antero posterior, transversal e vertical (Fig. 23).

- 5 A análise e correção virtual incluem os contatos oclusais pontos de contato (superior 113 e inferior 114) e colisões (109) interarcos (Fig. 31), relação oclusal e quantidade de discrepância relativa tal como desvio da linha mediana entre as arcadas e tamanho relativo proporcional entre os dentes da arcada superior e inferior calculado por métodos amplamente utilizados em Ortodontia como o Cálculo da Discrepância de Bolton.
- 10

- Posicionamento virtual dos bráquetes: A localização dos pontos de conexão dos aparatos em relação às superfícies dos dentes constituem um problema desafiador. Tipicamente, os bráquetes são colados aos dentes e depois interconectados pela colocação dos arcos. Esse procedimento é feito quando os dentes se encontram em posição de maloclusão, ou seja desalinhados e desnivelados, com o Ortodontista tendo apenas uma visualização mental do posicionamento final dos dentes.
- 15

- O profissional tenta localizar e posicionar os bráquetes para levar os dentes a essa posição final ideal. Para uma utilização mais efetiva dos aparatos, facilidade na colocação e higienização, os profissionais preferem colocar os aparatos longe da gengiva (Fig. 22). Esse posicionamento juntamente com bráquetes padronizados, produzem resultados diferentes utilizando os mesmos bráquetes, interferindo diretamente na inclinação dos dentes, na interferência ou colisão com
- 20

os dentes antagonistas conforme o tratamento avança em direção aos estágios finais.

Está disponível no programa de correção virtual uma biblioteca de bráquetes que inicialmente serão posicionados com o centro médio da canaleta no sentido mésio distal e incisivo ou oclusivo gengival coincidente com a intersecção do ponto do eixo facial da coroa clínica (Ponto PEF) com o eixo facial da coroa clínica (EFCC) e Plano Médio Transversal da Coroa Clínica (PMTCC) (81).

Após o posicionamento virtual dos bráquetes na intersecção do ponto PEF com o eixo EFCC, os bráquetes podem ser ajustados virtualmente em seu posicionamento incisivo/gengivo oclusal e mésio distal (74,75). O posicionamento dos bráquetes nessa posição vai determinar a movimentação dental no sentido vertical e mésio distal (anterior/posterior) e correção das giroversões. O aumento ou diminuição da inclinação dos dentes também pode ser alterado por esse posicionamento e de acordo com a prescrição de bráquetes utilizadas.

O posicionamento ao longo da curvatura externa dos dentes vai definir a altura que as bases dos bráquetes serão cortadas durante a usinagem pelos métodos conhecidos para que o conjunto de bráquetes customizados gerados tenha uma característica de Arco Reto, ou seja evitar ou minimizar o trabalho do profissional na confecção de dobras e ajustes nos arcos. Os bráquetes customizados são desenhados para utilização no tratamento clínico sem que haja a necessidade de colocação de dobras no arco pelo Ortodontista. O correto posicionamento dos bráquetes depende de local adequado no dente, referências confiáveis para posicionamento do bráquete e técnica reproduzível dentro dos parâmetros da conduta clínica.

Esse posicionamento preciso dos bráquetes vai alinhar todas as canaletas que receberão os arcos passivamente quando os dentes estiverem em uma posição ideal. Um sistema de posicionamento das canaletas depende de referências anatômicas confiáveis e bráquetes customizados para o posicionamento preciso nos pontos de referência determinados.

Uma vez definidos os posicionamentos ideais dos bráquetes para levar os dentes à posição ideal final o conjunto de bráquetes será usinado pelos processos convencionais conhecidos, tal como em um Centro de Usinagem CNC. O conjunto de bráquetes pré usinagem é composto por blanks (18) (corpos de bráquetes sem angulação ou inclinação) que serão posicionados em um dispositivo de fixação e levado a uma mesa indexadora fixada no Centro de Usinagem (15) que permitirá junto com a movimentação do cabeçote de usinagem a interpolação dos eixos para gerar as angulações, inclinações na lateral do corpo do blank do bráquete e a usinagem da base do bráquete de acordo com a superfície anatômica do dente que vai ser soldada na base de colagem. A superfície da base do bráquete e a base para colagem apresentam a mesma topografia da face do dente onde esse bráquete será colado, seja na face vestibular (Fig. 22) ou lingual do dente (64b).

Definição dos parâmetros de medidas dos dentes e localização dos bráquetes: Área do bráquete - Na face vestibular ou lingual das coroas dos dentes, é definida a altura e largura da localização ideal dos bráquetes de acordo com a movimentação desejada para levar o dente para a posição final ideal simulando a movimentação dos dentes nos três planos do espaço (Fig. 14 , 16 e 18). O bráquete a ser utilizado é selecionado a partir de uma biblioteca pré catalogada disponível no

programa com os modelos de bráquetes ou os blanks dos bráquetes, modelados tridimensionalmente e posicionados no local de escolha da coroa do dente.

Contorno vertical da coroa do dente: A anatomia do contorno gengivo-oclusal dos dentes define a altura de posicionamento do bráquete a partir da borda incisal ou oclusal dos dentes. Esse posicionamento vai definir a angulação a ser usinada na base no sentido ocluso gengival para que o bráquete corrija a inclinação dos dentes no plano sagital ou antero posterior (Figs. 15,16).

Angulação da coroa: A angulação da coroa é definida por uma reta que passa pelo longo eixo da coroa e raiz intersectando uma linha horizontal paralela à face incisal ou oclusal dos dentes. Essa referência é usada para posicionar o dente inclinando o dente no sentido méso distal inclinando o corte do slot ou das faces mesiais e distais dos bráquetes (Fig. 65c).

Inclinação da coroa: A inclinação da coroa é determinada no sentido buco lingual ditada por um ângulo formado por uma linha perpendicular ao plano oclusal e uma linha paralela ou tangente ao EFCC (66d).

Essa medida estabelece o intervalo de inclinação da coroa do dente que será incorporado em cada bráquete reduzindo ou eliminando dobras de terceira ordem nos arcos (torque ou torção de segmentos do arco ao longo do seu eixo longitudinal).

Contorno horizontal da coroa: Um corte na realizado transversalmente no ponto médio dos dentes revela o contorno horizontal (méso distal) (91,92,93) desses dentes e vai compor juntamente com o contorno vertical (ocluso gengival) (88,89) o raio composto da base do bráquete para a perfeita adaptação do aparato

ao dente e a movimentação no sentido horizontal e vertical e correção rotacional (giroversão) para a correção do posicionamento dos dentes (94).

Contra rotação dos molares superiores: As faces das cúspides vestibulares dos molares não tem a mesma proeminência no sentido buco lingual (Fig.21), razão pela qual é preciso a construção de um ângulo (98) de anterior para posterior para compensar a diferença das proeminências entre as cúspides vestibular mesial e distal para configurar um aparato de arco reto sem a necessidade de dobras nos fios (99).

Proeminência das faces vestibulares dos dentes: A distância entre a linha que passa pelos pontos de contatos interproximais dos dentes à porção mais proeminente do esmalte define a altura buco lingual dos dentes que vai ditar a proeminência buco lingual (compensação in/out) dos bráquetes eliminando dobras de primeira ordem nos bráquetes (96,97).

Curvatura de spee da arcada inferior: Essa medida indica o grau de planificação ou reversão da curvatura da arcada inferior (Fig.26) exigido para que as canaletas dos bráquetes sejam posicionadas em um plano o mais próximo possível da superfície do plano oclusal ao término da correção da posição dos dentes (107).

Uma vez definidas as principais referências e objetivos da movimentação dental através de aparatos customizados, o programa de correção ortodôntica virtual possibilita as mais diferentes visualizações para o operador posicionar os objetos (arcadas, segmentos, estruturas, aparatos e dentes individuais) para a melhor visualização e manipulação. As ferramentas de visualização podem ser descritas como:

Rotação em 3D – Permite a visualização dos modelos de todos os ângulos: frente, posterior, parte superior e inferior etc.

Arranjo da posição dos objetos - Posicionamento dos modelos na tela para inspeção analítica em relação um ao outro.

- 5 Arranjo da visibilidade dos objetos – Visualização de segmentos do modelo virtual, permitindo uma inspeção mais detalhada de objetos específicos no modelo virtual, como por exemplo: isolando o objeto ou colorindo o segmento ou objeto em análise e tornando as estruturas translúcidas.

- 10 Arranjo de transparência dos objetos – Operação para visualizar ou esconder estruturas internas ou sobreposição das estruturas. Esse arranjo permite detectar colisões entre as estruturas (109).

Rotação e aproximação dos objetos – Livre movimentação dos objetos em todos os planos do espaço.

- 15 As ações que podem ser tomadas uma vez que o modelo ou modelos virtuais estejam colocados na tela do programa permitem analisar os modelos em oclusão (33) como se a boca estivesse fechada, analisar as arcadas superior e inferior separadamente. A segmentação dos dentes (58) permite a visualização e manipulação dos dentes, mandíbula e maxila como se fossem objetos separados. Os modelos podem ser colocados em perspectiva com opções de multi visualização
- 20 dos objetos dentro da mesma tela para análise de suas interrelações no reposicionamento dos dentes ou estruturas através da simulação dos arranjos virtuais de acordo com as operações executadas.

As vantagens desse sistema ficam evidentes a partir da execução das análises e configurações passando de um diagnóstico e planejamento do caso em um ambiente 2D para um fluxograma e um protocolo de trabalho em um ambiente 3D onde é possível executar tarefas e simulações que permitem ao profissional escolher o melhor caminho e prescrição quando pode comparar efetivamente os modelos virtuais da posição inicial ao arranjo final após a correção simultaneamente (Fig. 9).

Essa ferramenta é de extrema utilidade para o clínico explicar e demonstrar para o paciente os objetivos do tratamento de uma maneira gráfica e detalhes do protocolo de tratamento a ser utilizado movimentando dentes, grupos de dentes, estruturas, pontos e planos em sincronia.

Os arcos customizados: Uma vez que o posicionamento dos bráquetes esteja completo, o programa mostra um arco que passa no centro da canaleta de cada bráquete expressando a altura buco lingual dos bráquetes sem a necessidade de confecção de dobras pelo Ortodontista. Na sequência do plano de tratamento, o profissional encarregado da correção virtual e planejamento, vai determinar o formato do arco que melhor se adapta ao padrão facial do paciente e o formato original da arcada, definir o quanto de expansão vai ser incluída no formato do arco de acordo com a estrutura do arcabouço ósseo do paciente. Os arcos serão conformados e fabricados de acordo com os requisitos de forças específicos para cada paciente em consonância com as áreas radiculares dos dentes envolvidos na movimentação calculadas através de tomografias volumétricas (Fig. 27).

O cálculo dos formatos dos arcos é feito automaticamente a partir de formas pré estabelecidas em uma biblioteca com diferentes formatos básicos de

arcos (Fig. 35), tais como parábolas, elipses e construção de curvas customizadas definidas matematicamente sobre dois ou mais pontos de controle estabelecidos nos modelos virtuais com a devida compensação das discrepâncias entre os tamanhos de dentes e formatos das arcadas superior e inferior. O arquivo dos formatos dos

5 arcos podem ser salvos em padrões amplamente utilizados na indústria, como por exemplo STL, para ser transformado em CAM no processo de fabricação dos arcos customizados. Uma vez que os formatos dos arcos estejam determinados conforme a progressão da correção dental, é estabelecida uma sequência de arcos customizados a partir de uma biblioteca de arcos que podem ser fabricados

10 utilizando os fios de materiais comumente indicados nas diferentes fases do tratamento ortodôntico, com geometrias (redondo, quadrado e retangular) de fios e calibres indicados conforme a necessidade e a fase da movimentação.

Geração dos guias de colagem indireta: Os bráquetes customizados de acordo com as características individuais do caso e anatomia do paciente após a

15 aprovação do arranjo das posições dos bráquetes pelo profissional podem ser colados nos dentes do paciente utilizando-se duas técnicas distintas:

➤ Colagem direta. O profissional baseando-se no planejamento virtual, radiografias e ou tomografias, posiciona os bráquetes individualmente baseado nos pontos referenciais estabelecidos no planejamento virtual de

20 acordo com técnicas e materiais de colagem de sua preferência.

➤ Colagem indireta. A fábrica ou laboratório de fabricação dos aparatos customizados cria guias de posicionamento (Fig. 37) através do sistema CAD/CAM que podem ser fabricadas em acrílico, poliuretano, acetato ou qualquer outro material que permita uma usinagem de precisão(122). Os

alojamentos dos bráquetes (121) serão usinados em placas para gerar as guias de posicionamento que podem ser segmentadas em guias individuais ou em grupos de dentes para facilitar o posicionamento e colagem dos bráquetes na boca do paciente. Outro processo inclui o posicionamento dos bráquetes no

5 modelo inicial fornecido pelo profissional ou através da geração de um modelo com base nos dados digitais tridimensionais onde os bráquetes serão colados com um cola de uso temporário. A guia será fabricada através de um processo de termoformagem utilizando-se uma placa flexível, geralmente de silicone. Pode se fabricar as guias também em uma máquina de estereolitografia

10 imprimindo as guias com um material flexível como o silicone ou acrílico ou qualquer resina que tenha precisão para reproduzir detalhes geométricos no processo de fabricação. As guias, além dos alojamentos dos bráquetes, tubos e acessórios (121) em seus posicionamentos ideais definidos pelo profissional, incluem partes da anatomia dental como bordas incisais e oclusais (123) dos

15 dentes e partes da anatomia das faces vestibulares ou linguais que vão servir de referenciais para uma colagem precisa e estável. Essa técnica pode ser empregada tanto para bráquetes que serão posicionados nas faces vestibulares dos dentes como nas faces linguais (faces internas dos dentes) para a Técnica de correção com bráquetes linguais. As guias de

20 posicionamento podem ser individuais, segmentadas ou cortadas em segmentos de um ou mais dentes para facilitar o manuseio e a colagem das peças.

REIVINDICAÇÕES

- 1) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** *caracterizado* por um sistema que inicia com o processo de software após a consulta feita pelo profissional para o exame clínico e recolhimento
5 de dados do paciente (1,2,3,4,5) através de um scanner intraoral (7,32) que permite ao dentista capturar os dados diretamente da boca do paciente (7) e enviar um modelo digital 3D para a fábrica ou laboratório (36,37,38,39).
- 2) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com a reivindicação 1, *caracterizado* por permitir que
10 o profissional acesse o software interativo de diagnóstico e plano de tratamento na fábrica ou laboratório (36,37,38,39) do fornecedor dos aparatos (1,9), pela internet e fazer as devidas indicações e correções com as necessidades específicas do paciente e aprovação do plano de tratamento e aparatos (11), o programa de modelagem com as informações e instruções do profissional vai transformar esses
15 dados em arquivos sistematizados (27) para transmissão dos programas para cada máquina envolvida na fabricação dos aparatos ortodônticos customizados.
- 3) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com as reivindicações 1 e 2, *caracterizado* por o software permitir a visualização do posicionamento inicial dos dentes (27,33,34,35) e
20 a movimentação virtual estabelecendo os parâmetros para a correção com os aparatos customizados definindo as prescrições para cada dente, os tipos de arcos e formatos específicos para a arcada do paciente.
- 4) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com as reivindicações 1, 2, e 3, *caracterizado* por

possuir plataforma aberta ao profissional com acesso remoto para interagir com as interfaces de diagnóstico, planejamento e fabricação dos aparatos customizados de correção dental utilizados em Ortodontia. (27).

- 5) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com as reivindicações 1, 3 e 4 *caracterizado* por essa cadeia de máquinas pode ser composta de fresadoras, centros de usinagem e tornos CNC, máquinas de eletroerosão de penetração ou corte a fio e equipamentos de estereolitografia (54) ou qualquer outro equipamento destinados à produção integrados (14,15,16 e 17).
- 6) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com a reivindicação 1, *caracterizado* por a partir do ambiente bucal, com informações digitalizadas (32), moldagens das arcadas (30), modelos físicos das arcadas (31), radiografias e tomografias ser possível construir um plano de tratamento CAD/CAM.
- 7) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com a reivindicação 1, *caracterizado* pela prescrição selecionada inclui angulação (65), inclinação (66) e a altura do contorno (84) do bráquete determina a posição individual de cada dente neste arranjo virtual, as variedades de prescrições podem ser preparadas para diferentes planos de tratamento e armazenadas no programa.
- 8) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com a reivindicação 1 *caracterizado* estabelecer um sistema e um método confiável, acessível e eficiente para desenhar e fabricar automaticamente os aparatos ortodônticos customizados que incluem os bráquetes

customizados específicos para cada dente (49), arcos customizados com módulos de forças específicos para cada segmento da arcada e a respectiva fase do tratamento (50), guias de posicionamento de bráquetes para posicionamento e colagem dos bráquetes e acessórios (51) e aparatos temporários e removíveis.

- 5 9) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** pelo escaneamento tridimensional das superfícies que tenham as formas da pluralidade dos dentes de um paciente com a geração dos dados pertinentes.
- 10 10) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** por os dados gerados, são produzidos representações de formas geométricas tridimensionais da pluralidade dos dentes individuais do paciente.
- 15 11) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** pelo sistema ser baseado na implementação do uso do computador na geração de dados, que contenham uma representação tridimensional da pluralidade dos dentes do paciente, identificando múltiplos grupos de dados, cada um contendo uma pluralidade de pontos ou superfícies referenciais a partir dos dados iniciais que digitalmente separados representam a forma geométrica tridimensional de um dos dentes.
- 20 12) **“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”** de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** pelo fato de que com os dados gerados são produzidos representações de formas geométricas tridimensionais da pluralidade dos dentes individuais do paciente.

FIGURA 1

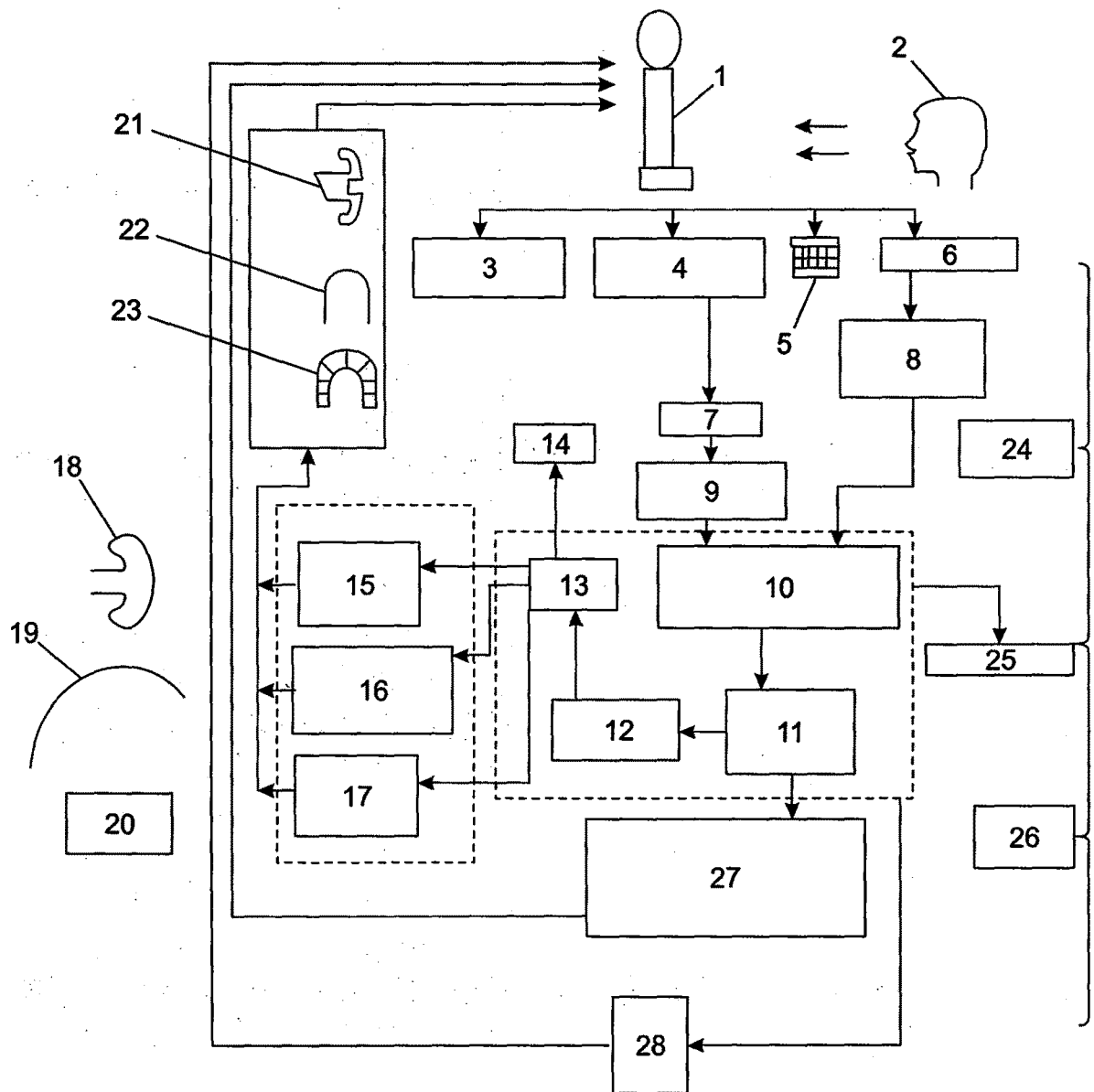


FIGURA 2

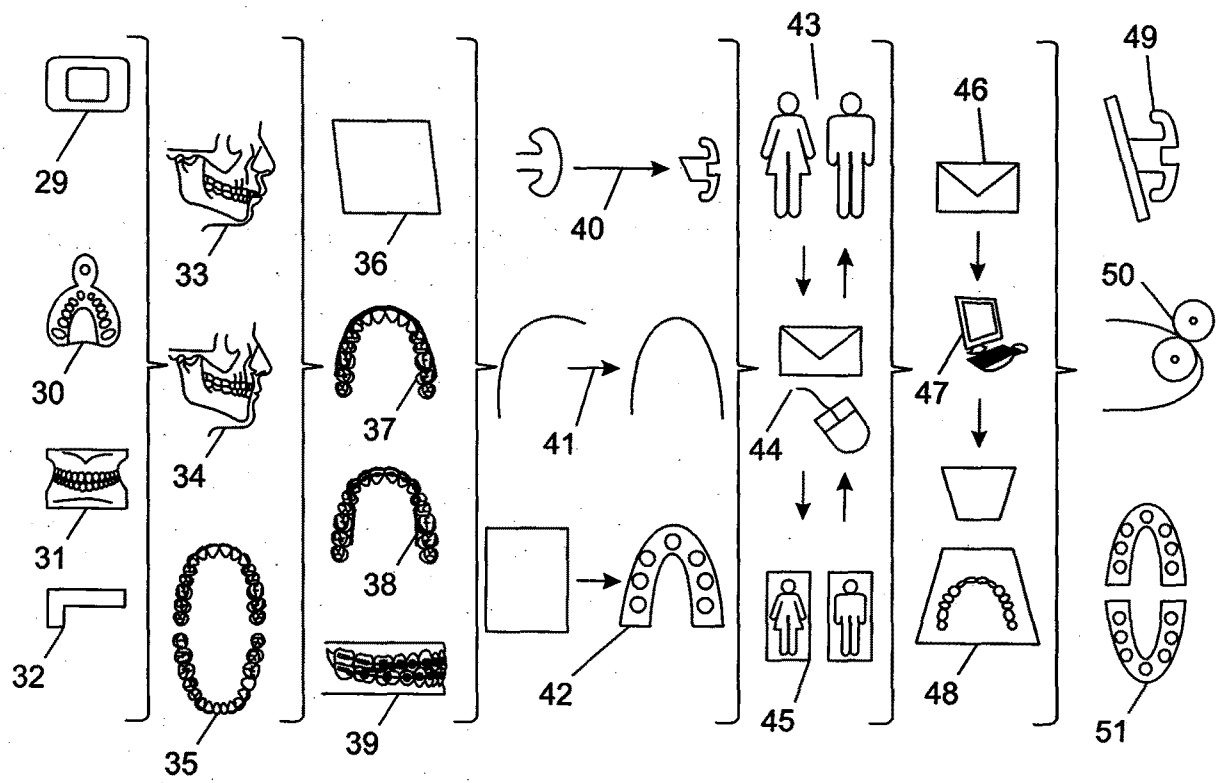


FIGURA 3

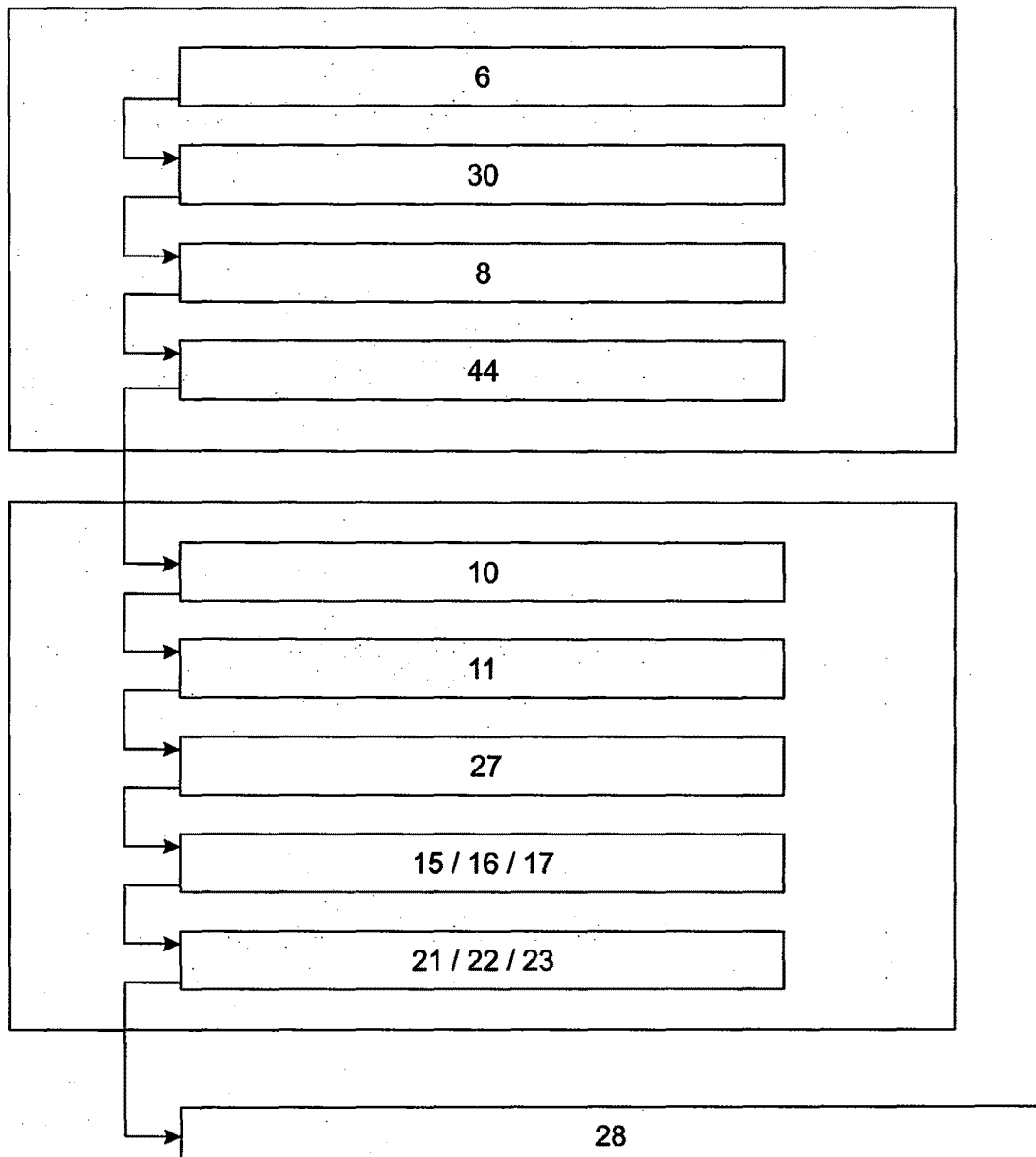


FIGURA 4

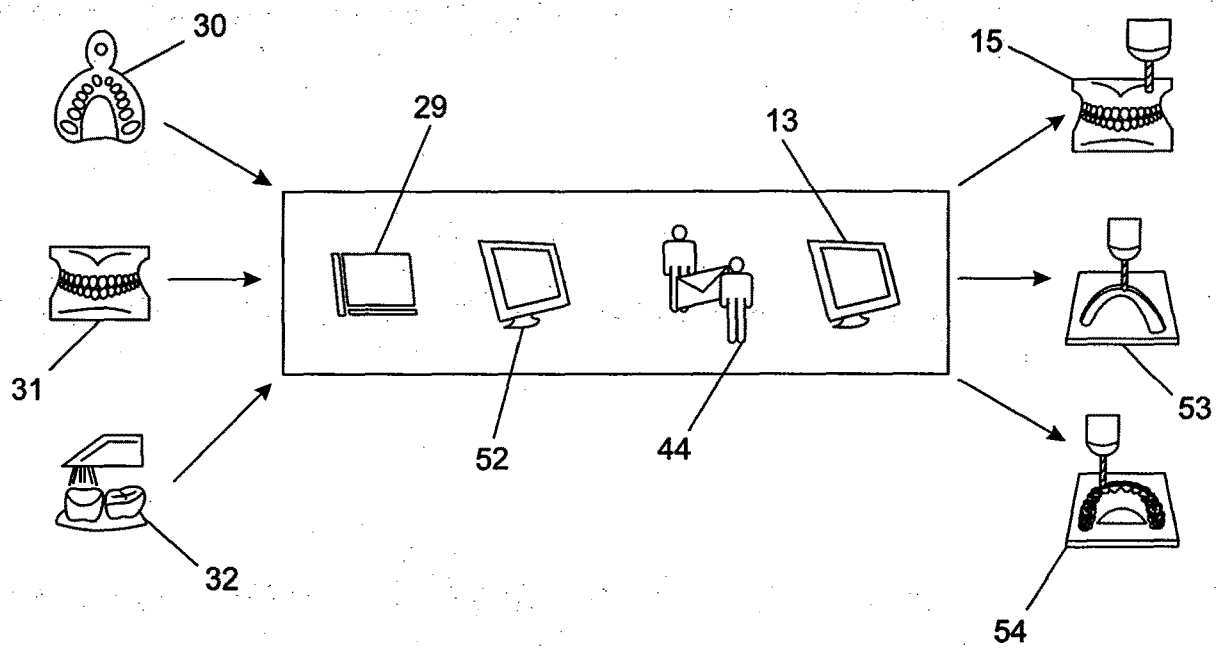


FIGURA 5

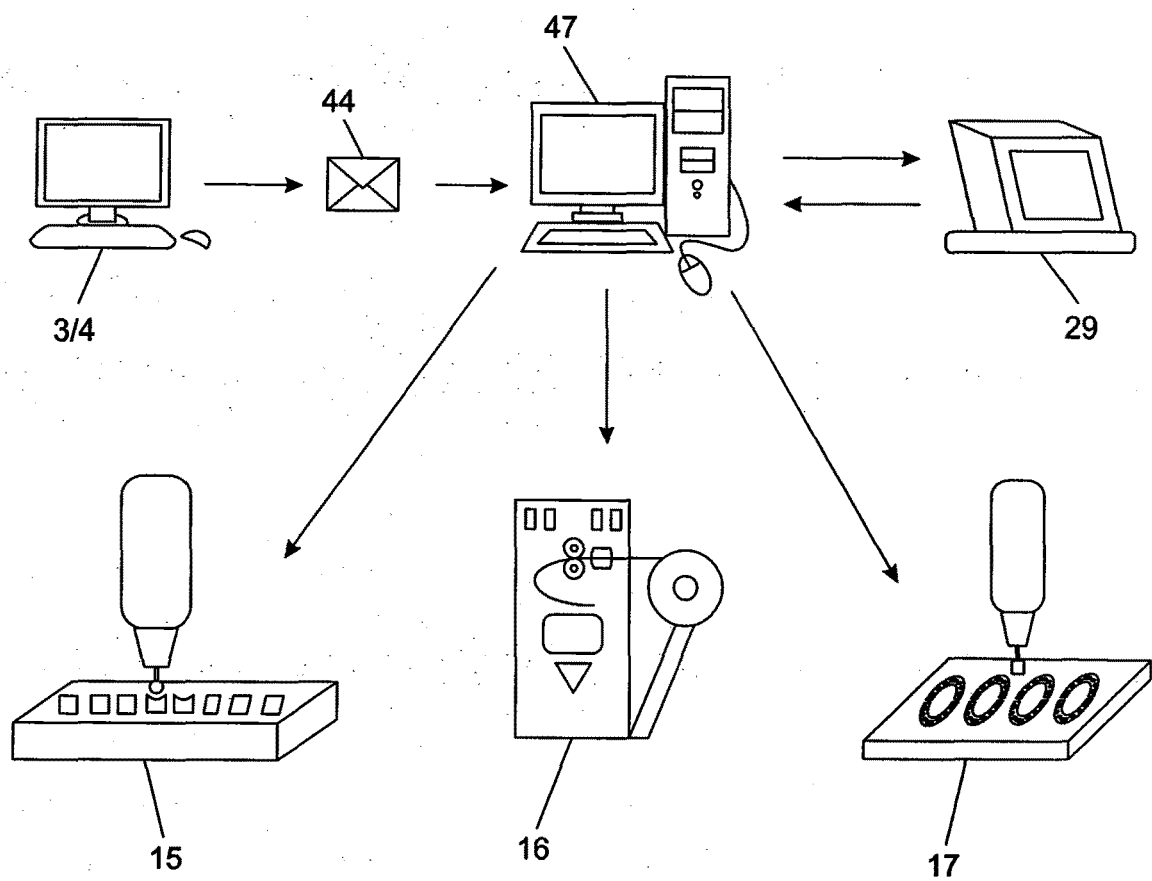


FIGURA 6

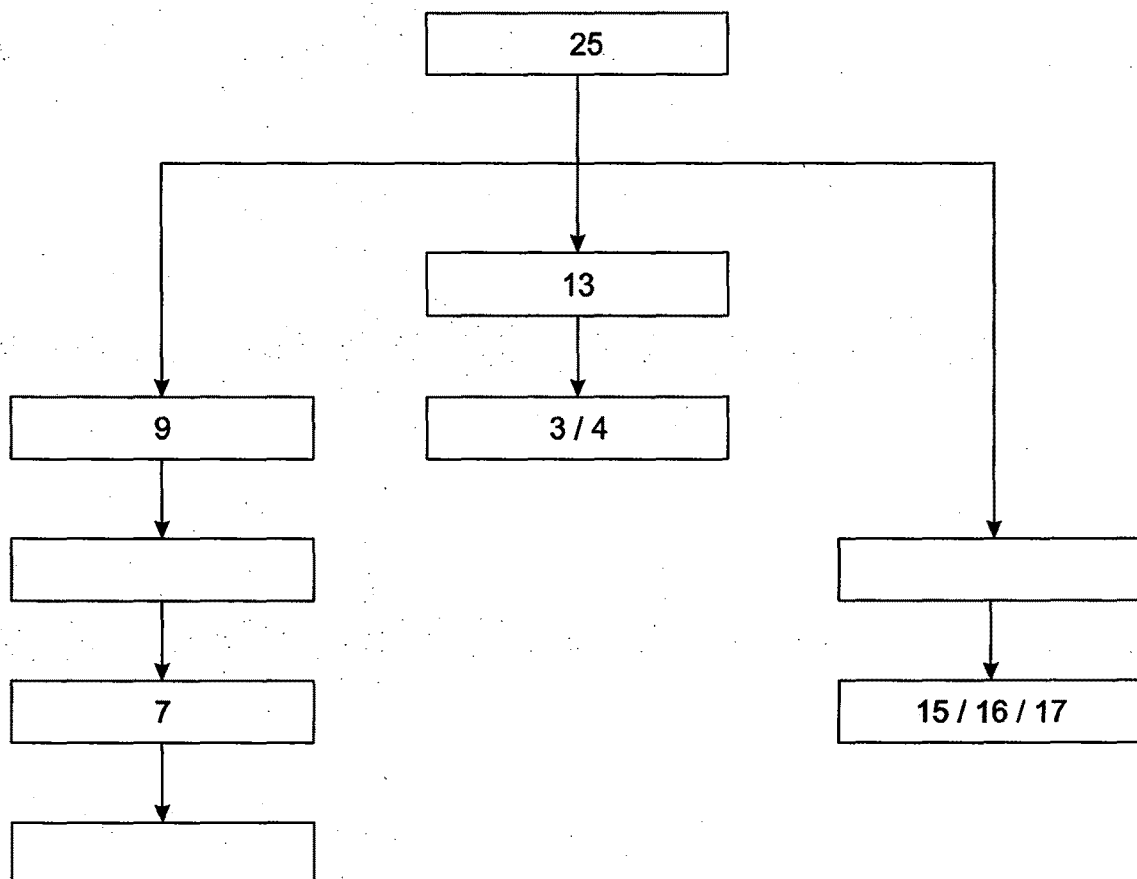
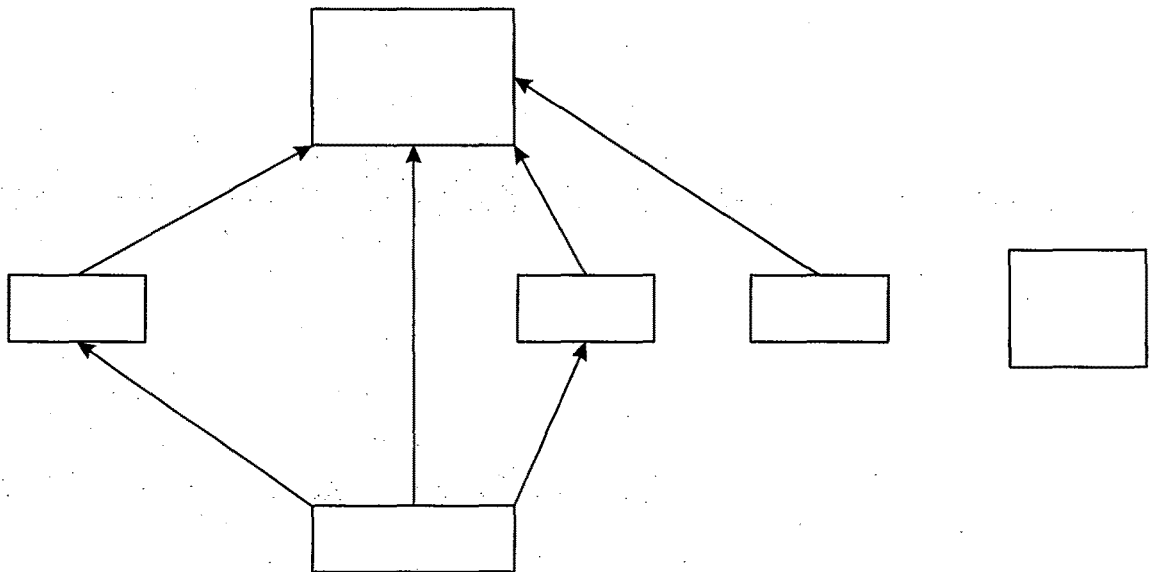


FIGURA 7



$$X \rightarrow Y$$

FIGURA 8

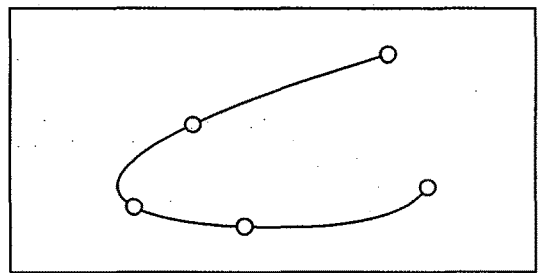
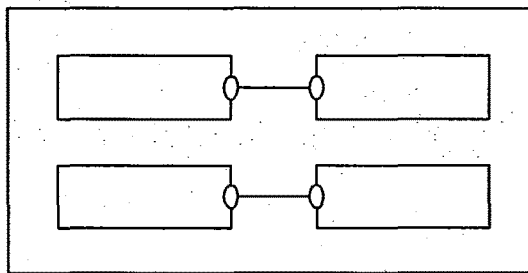
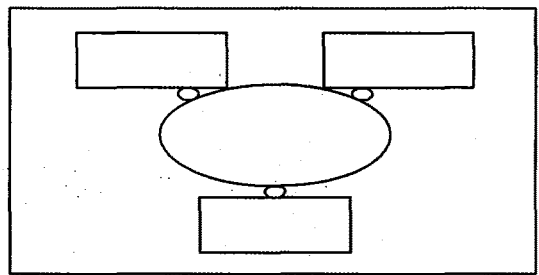
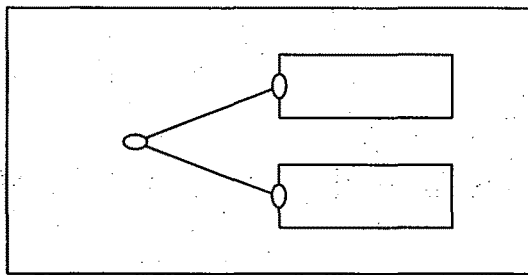
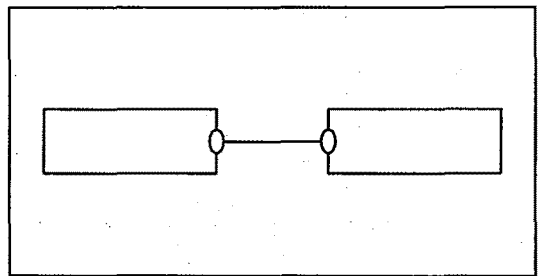
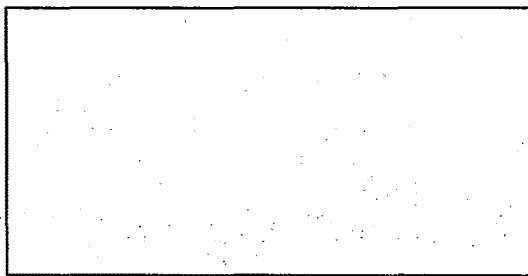


FIGURA 9

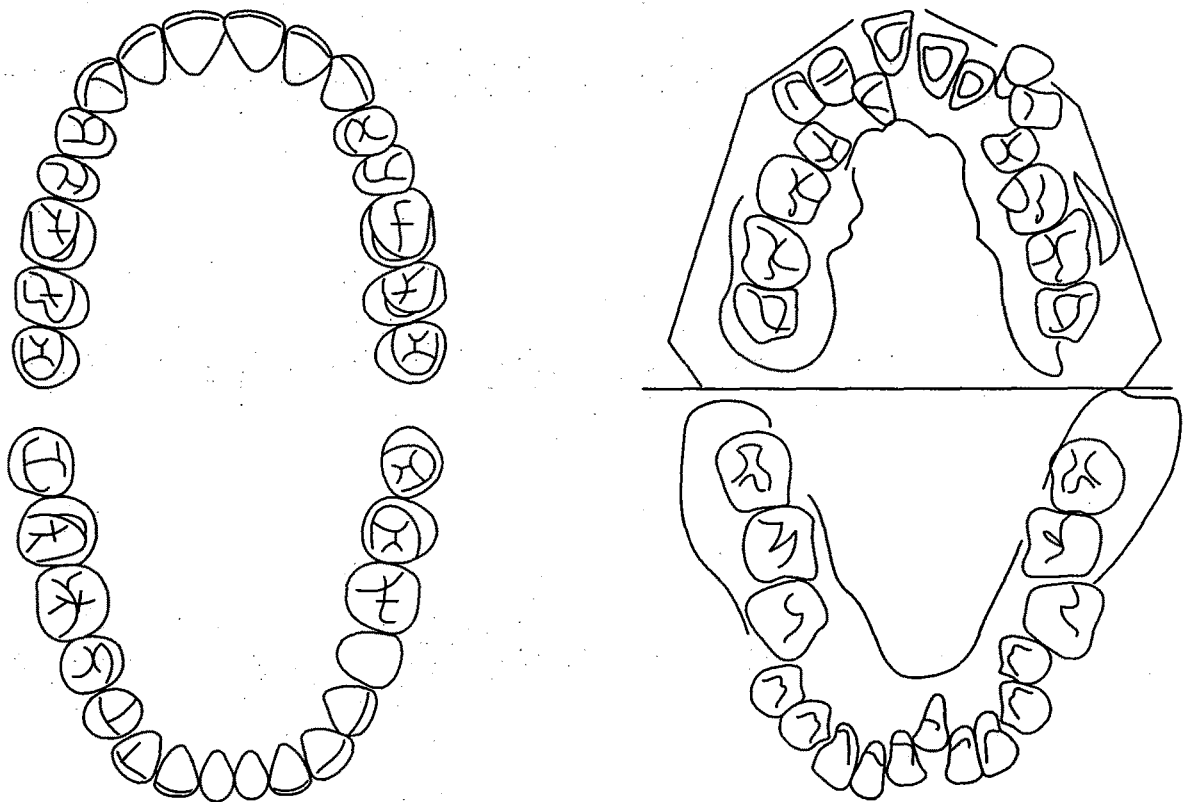


FIGURA 10

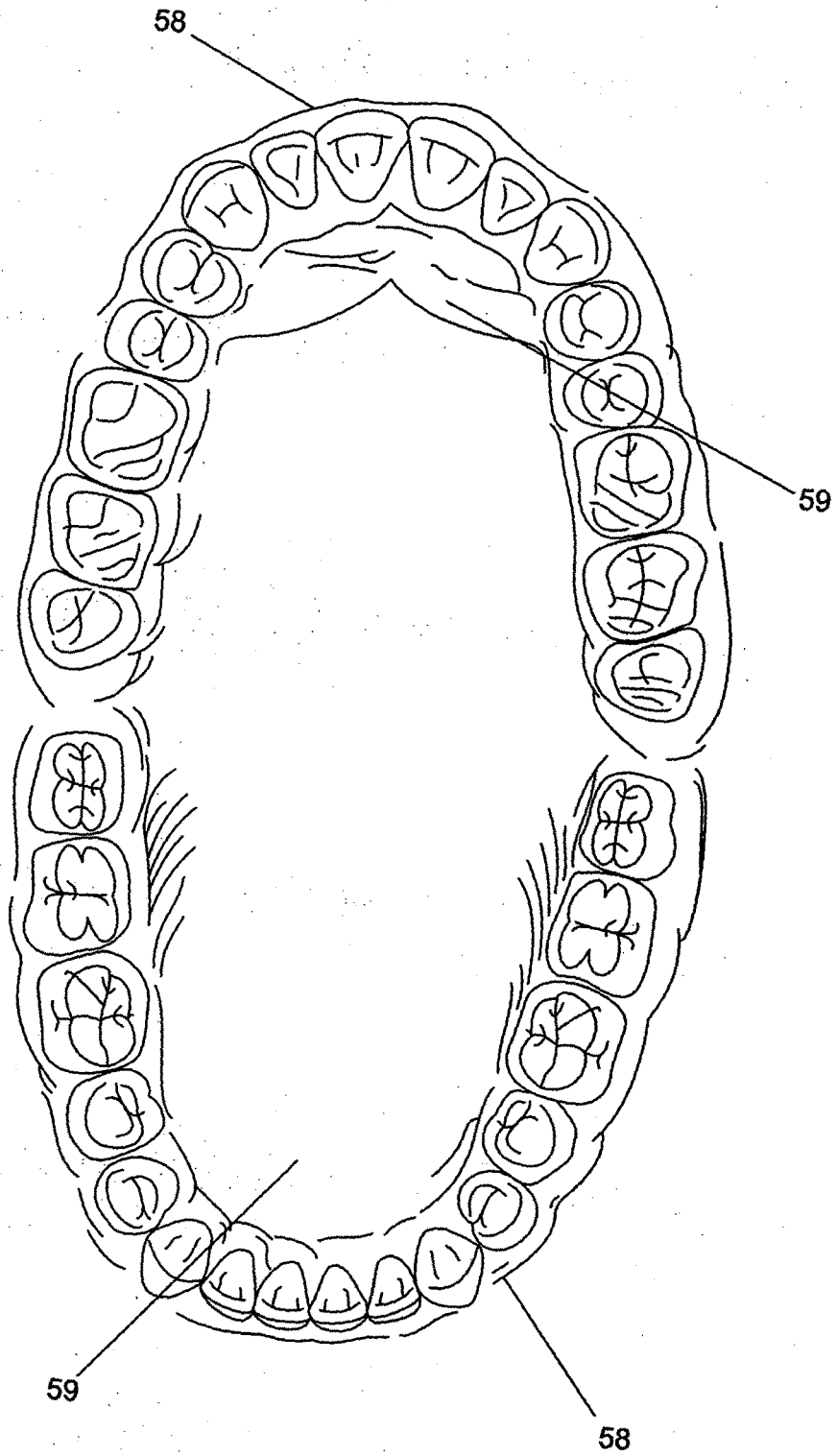


FIGURA 11

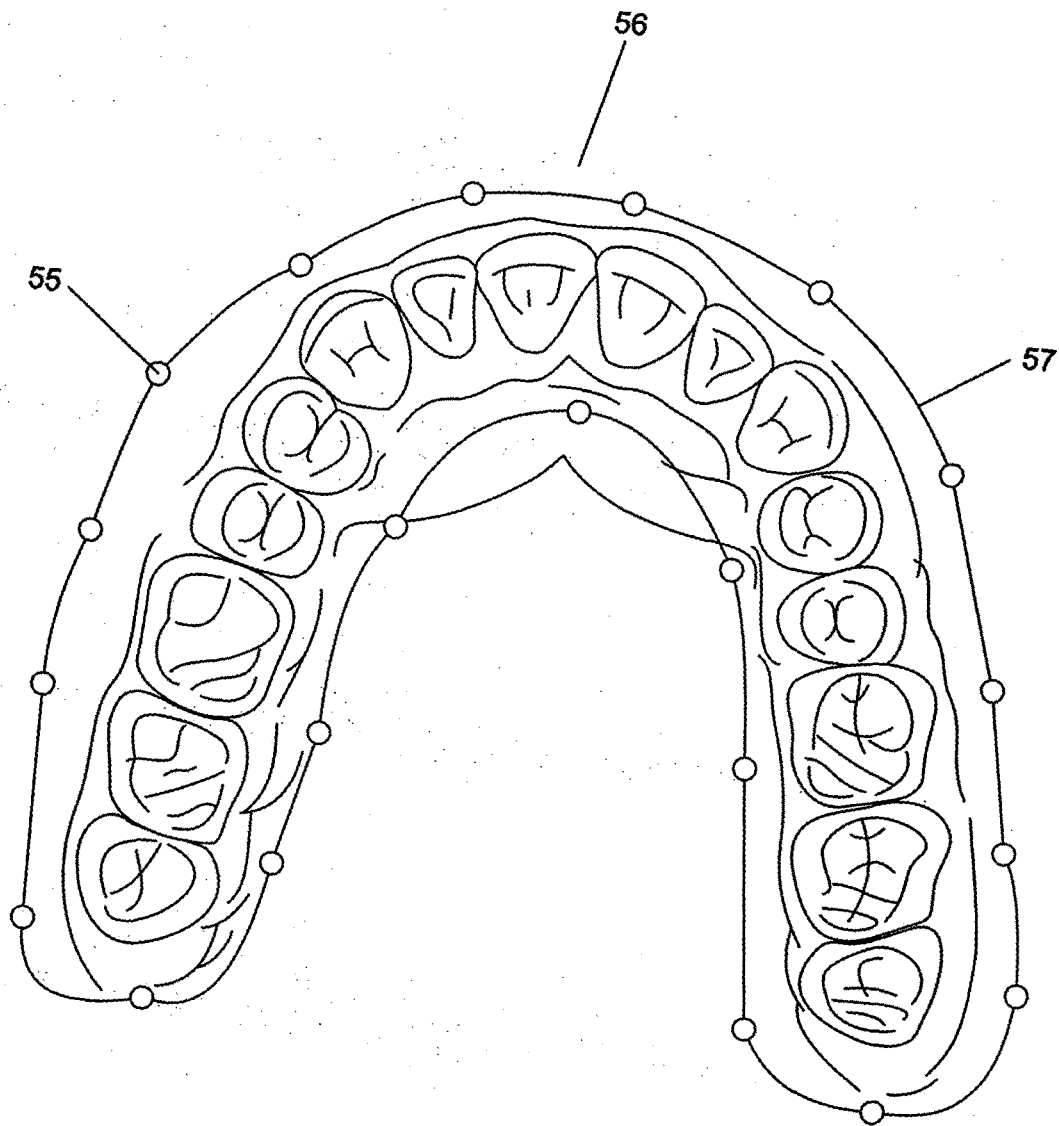


FIGURA 12

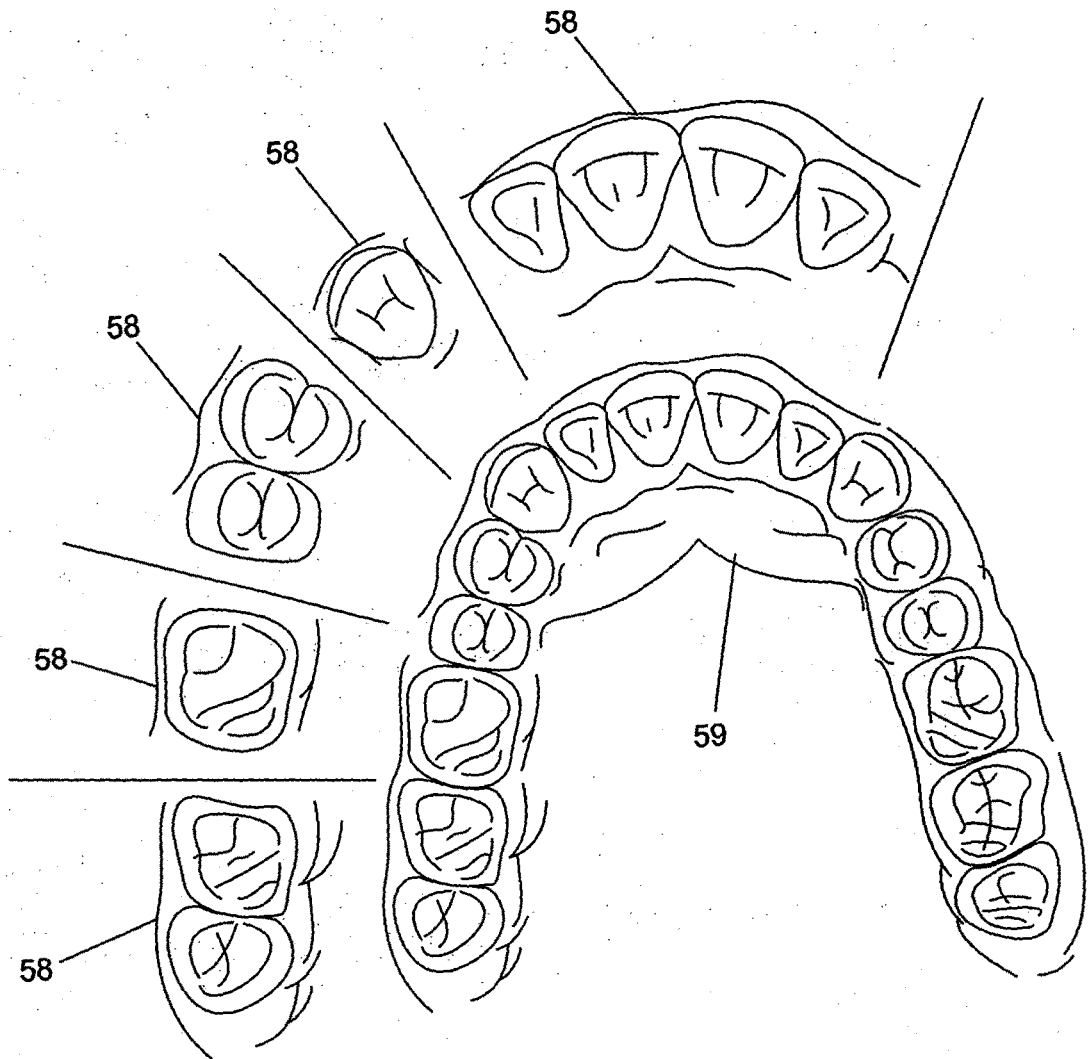


FIGURA 13

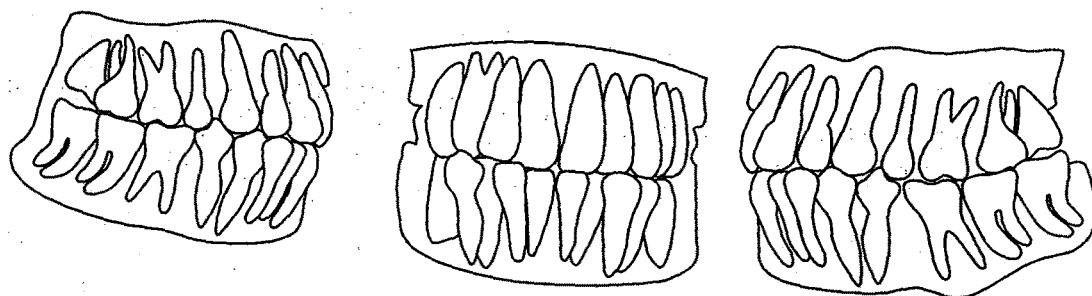


FIGURA 14

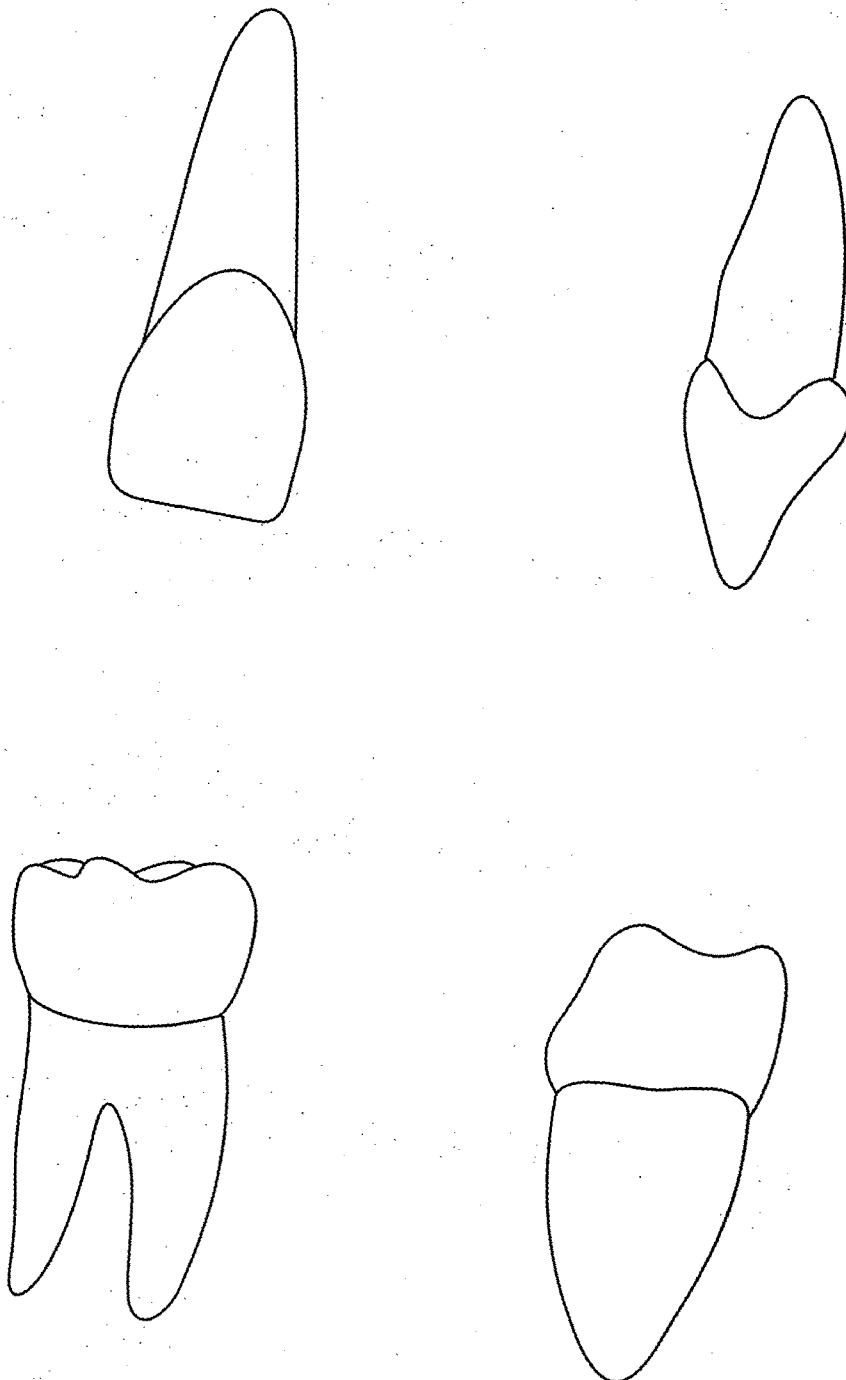


FIGURA 15

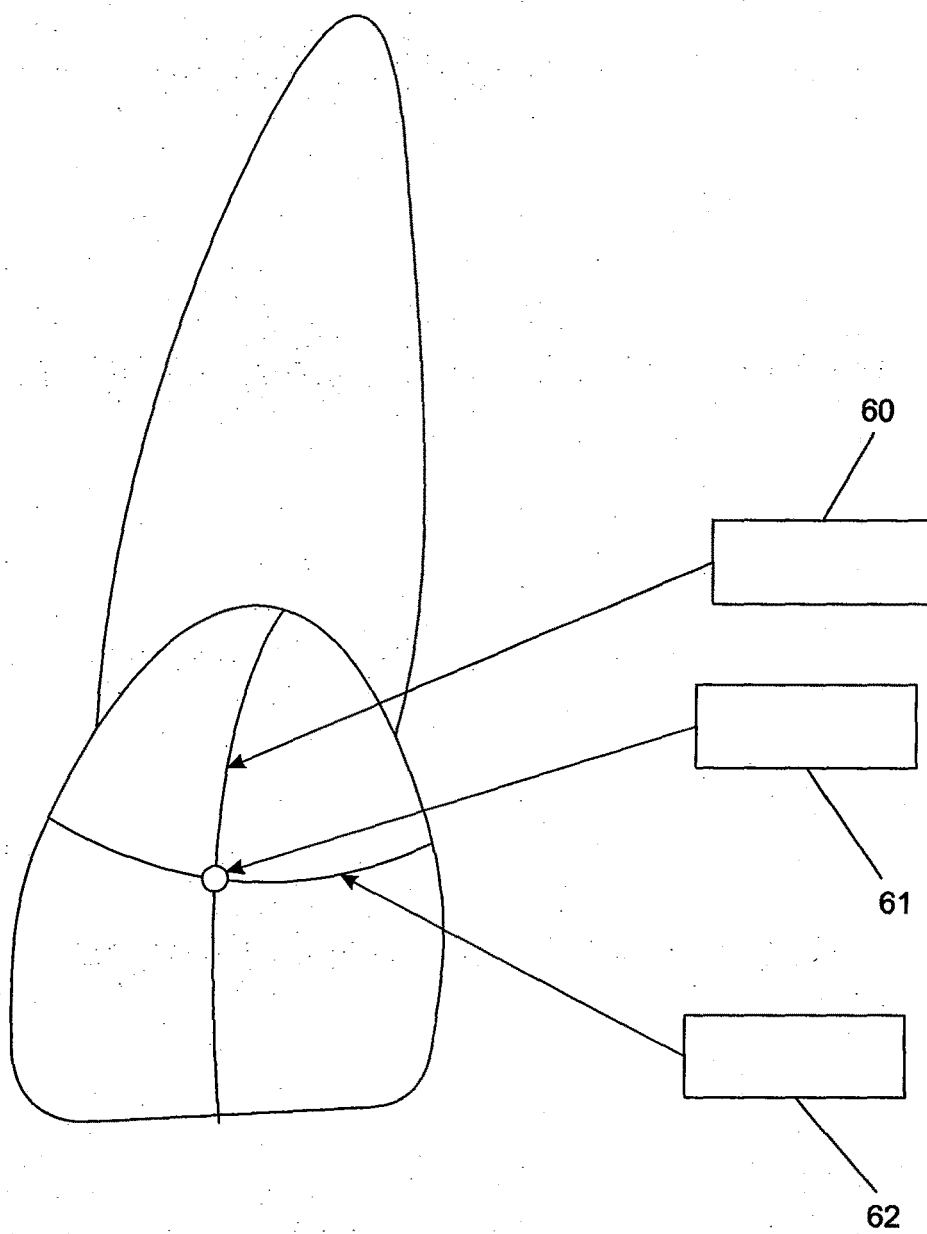


FIGURA 16

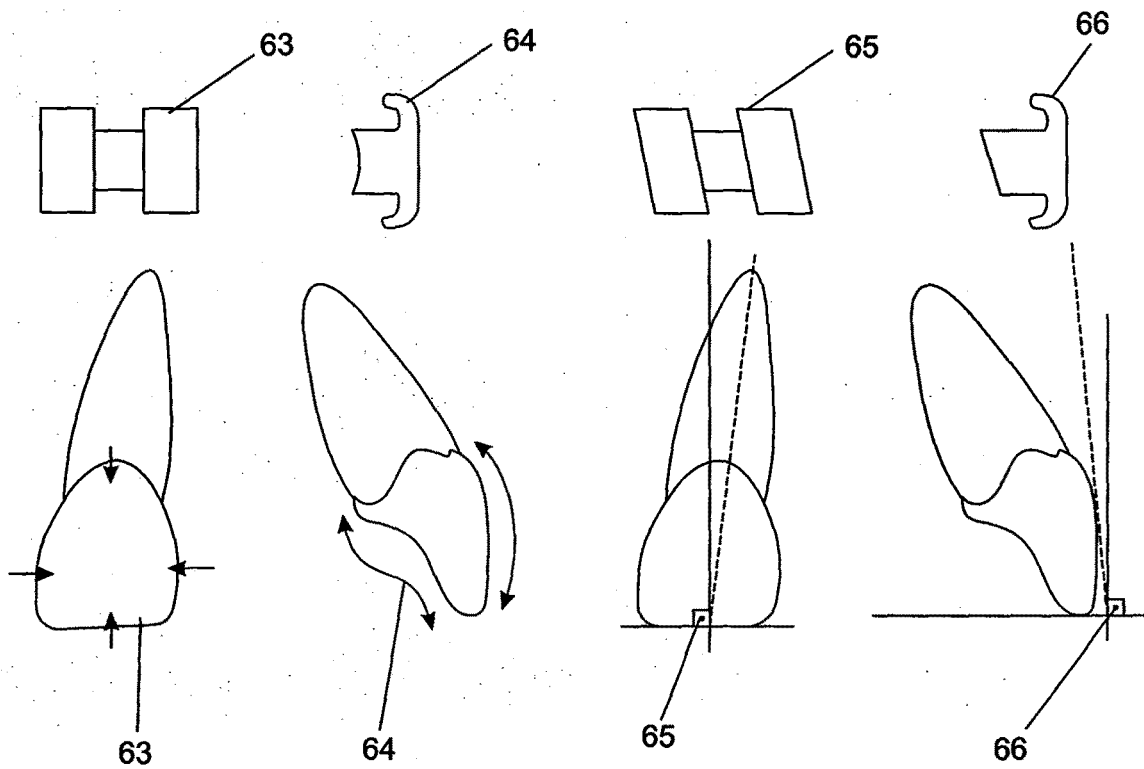


FIGURA 17

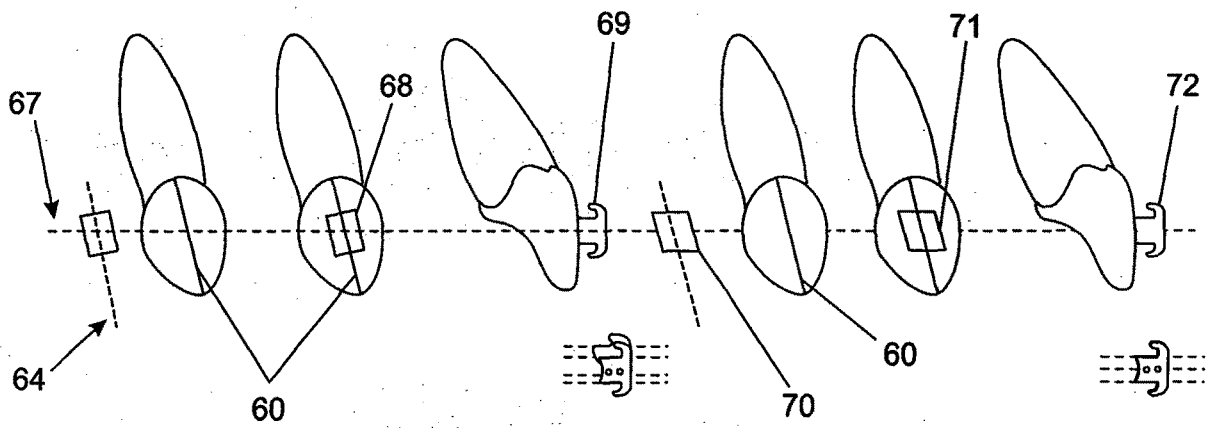


FIGURA 18

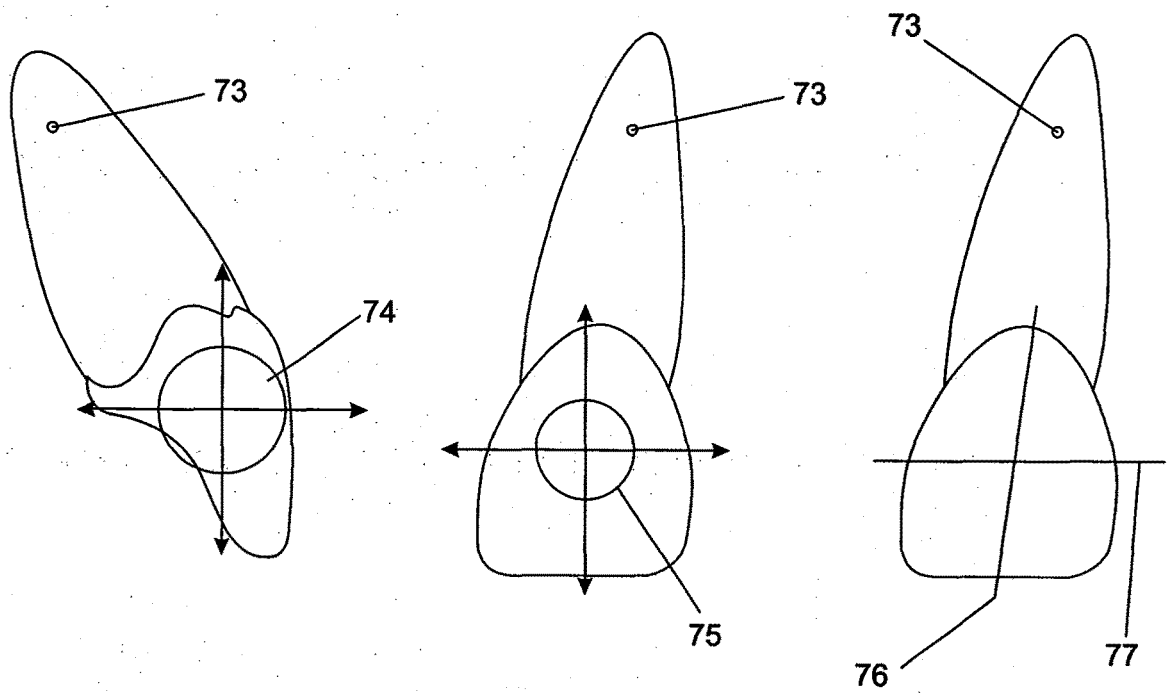


FIGURA 19

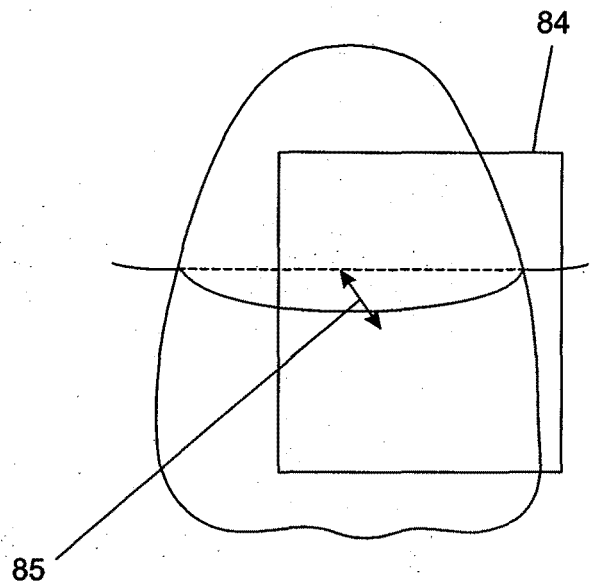
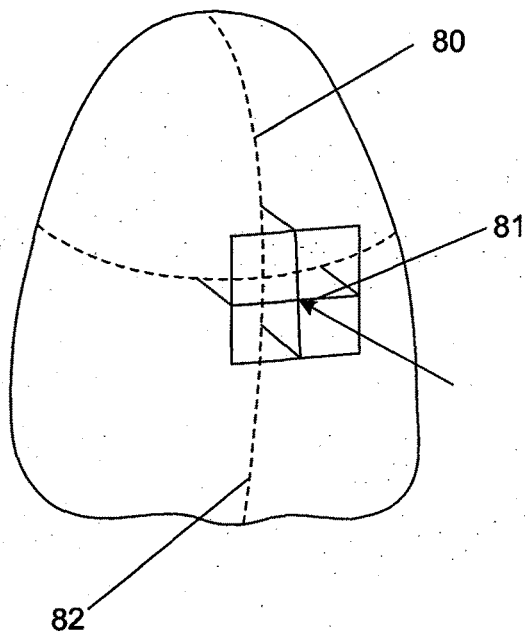
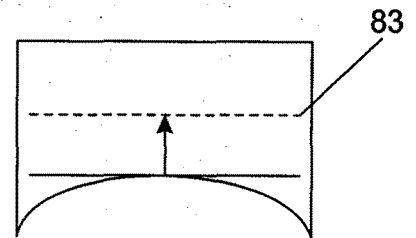
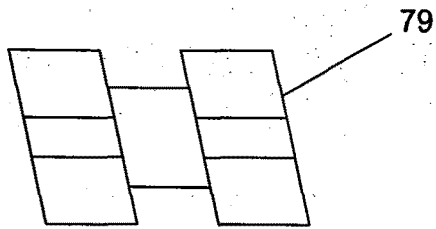
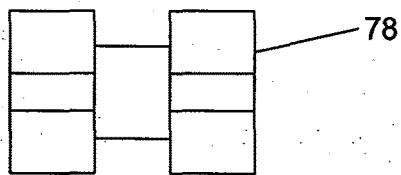


FIGURA 20

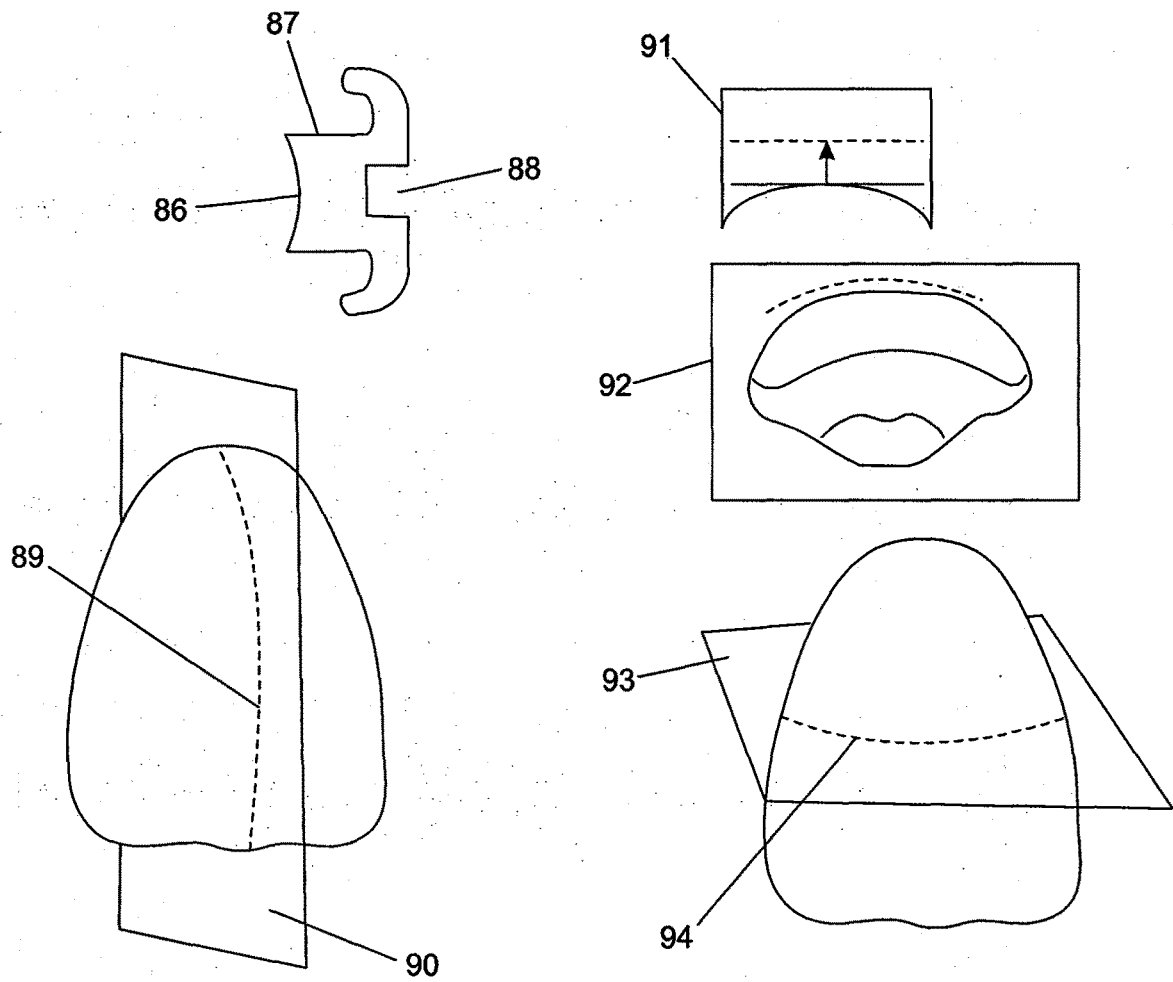


FIGURA 21

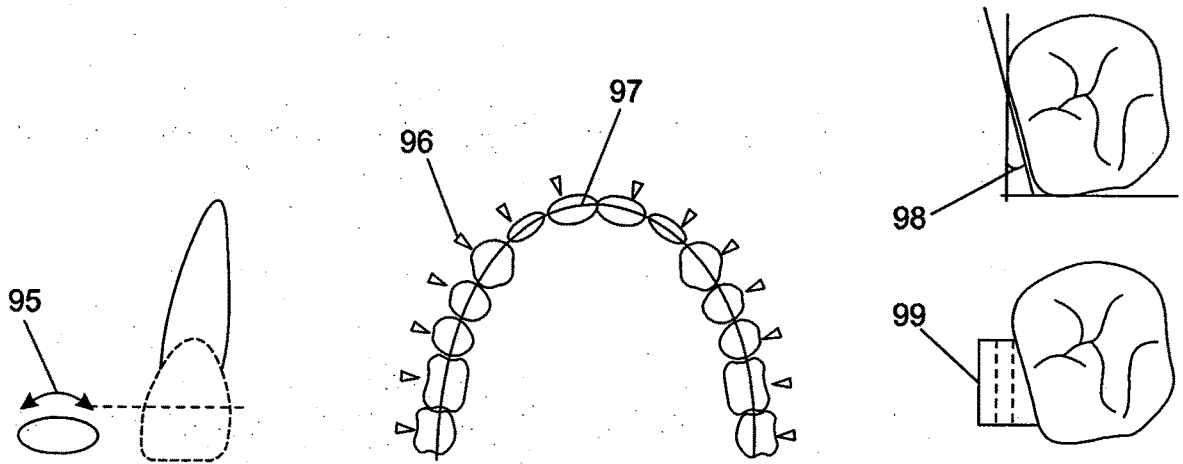


FIGURA 22

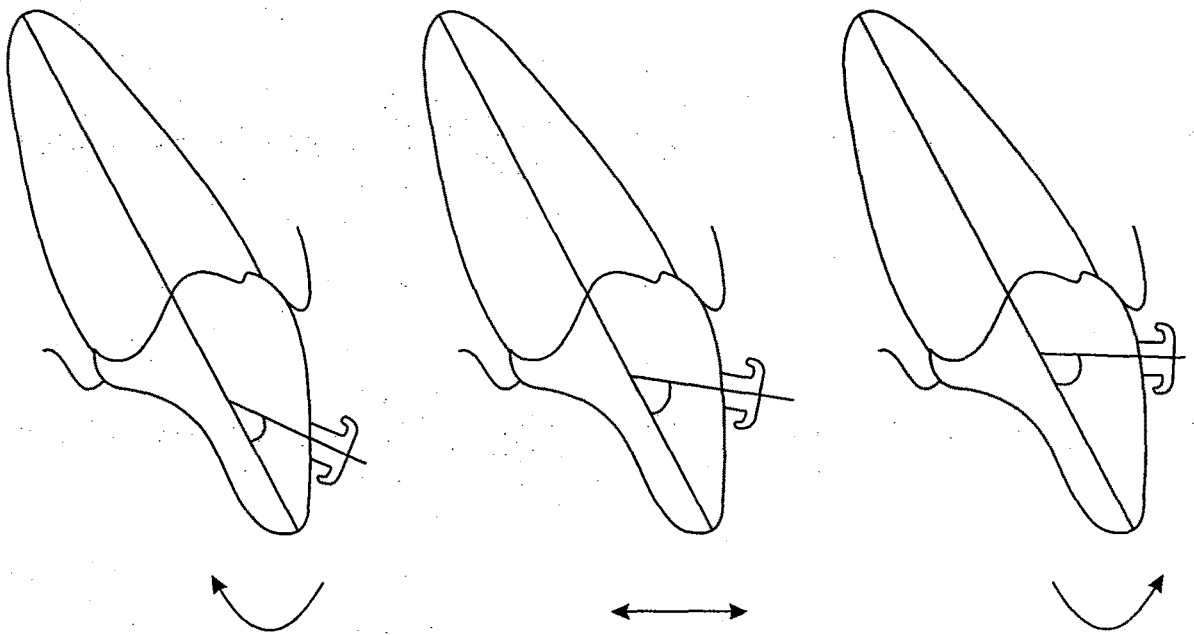


FIGURA 23

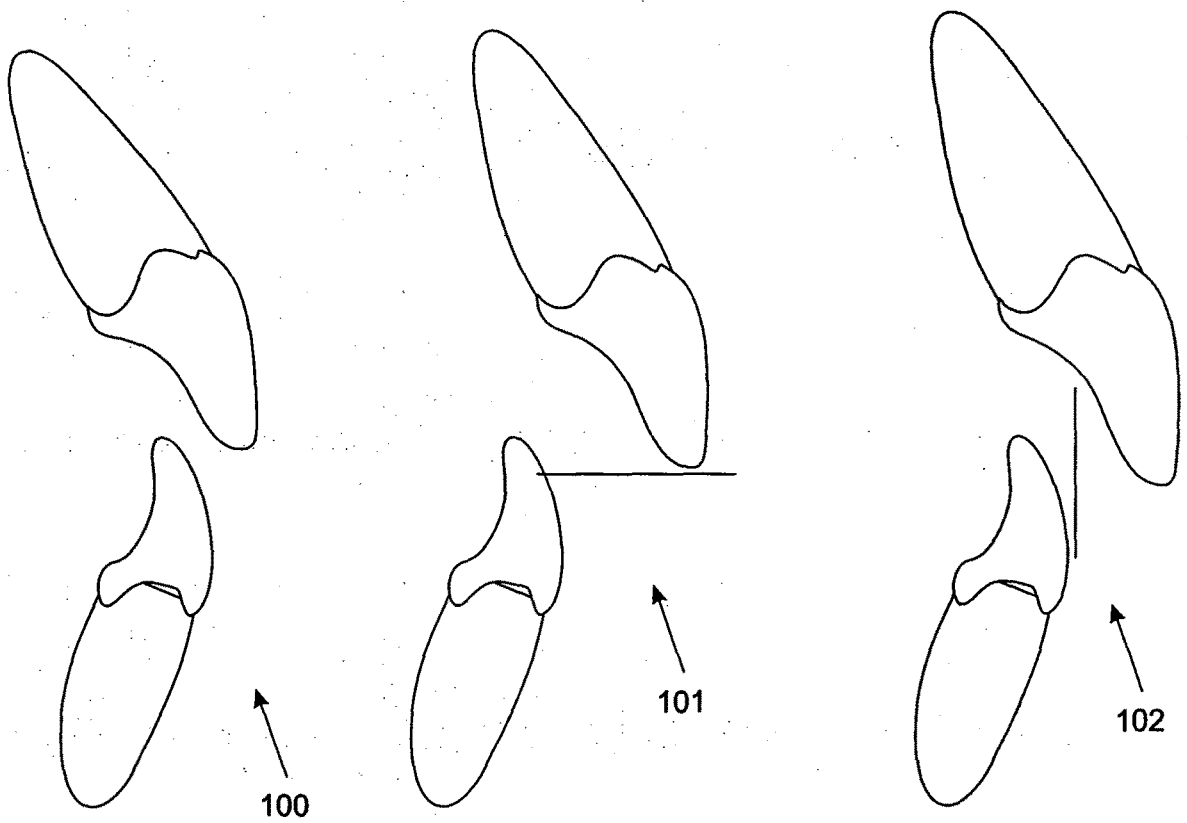


FIGURA 24

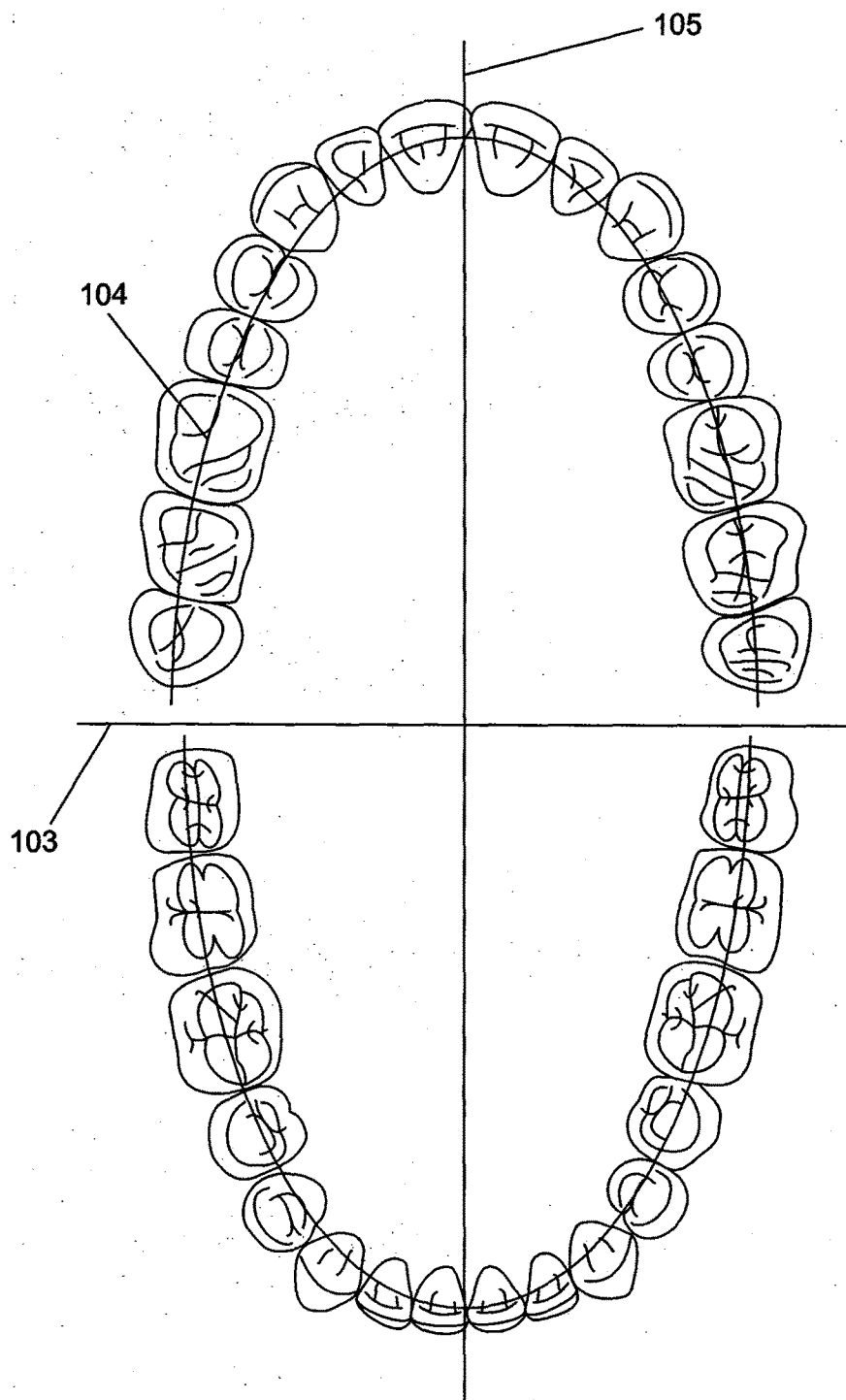


FIGURA 25

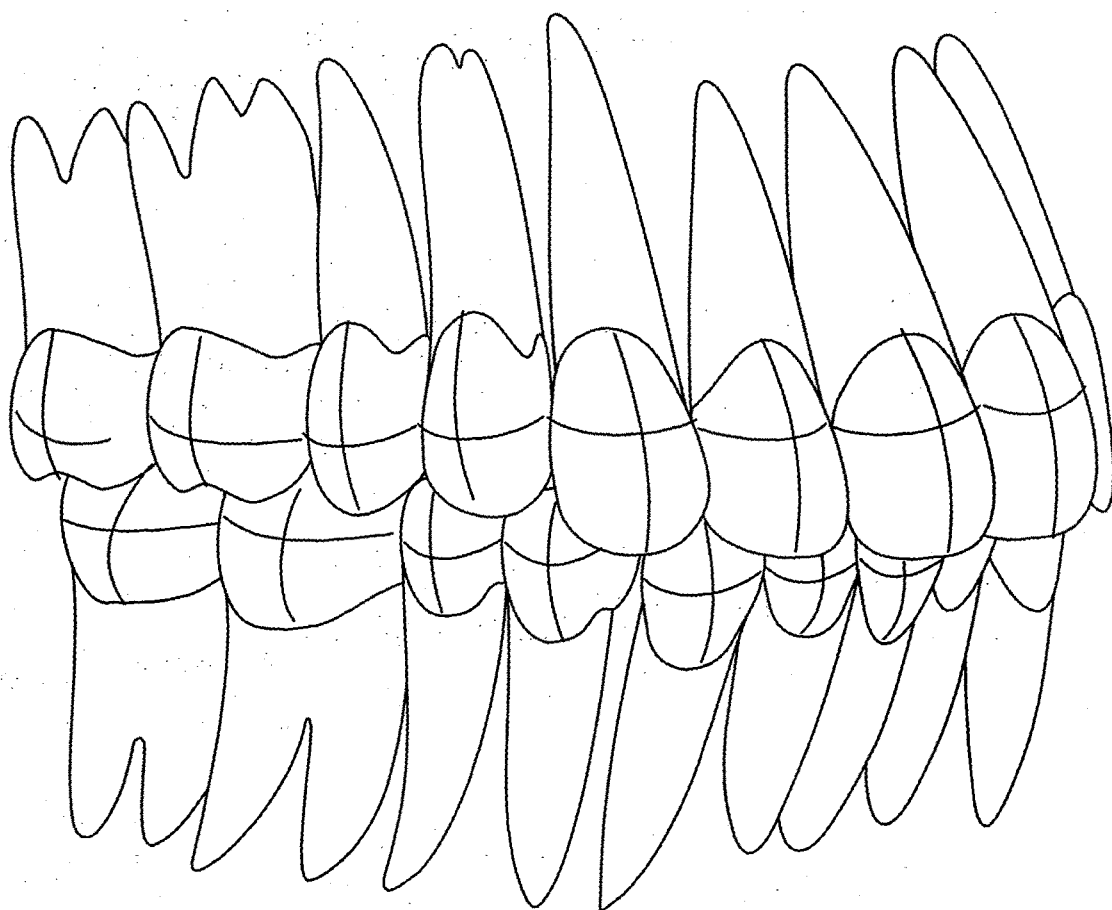


FIGURA 26

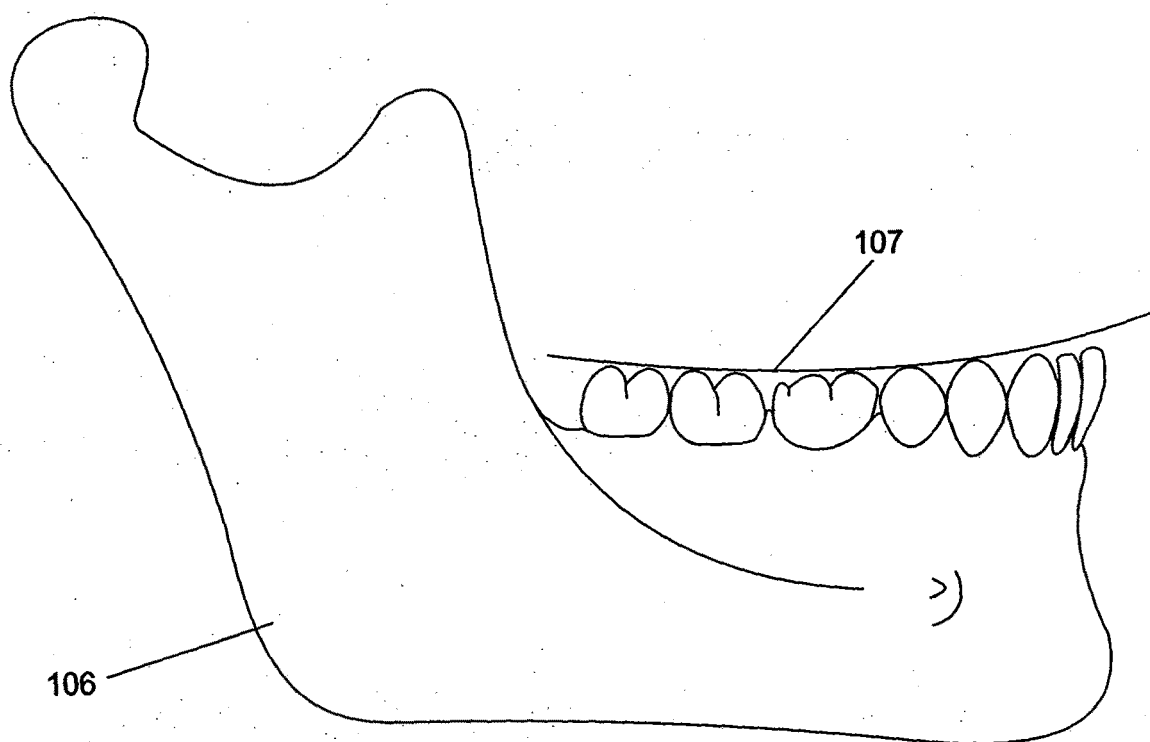


FIGURA 27

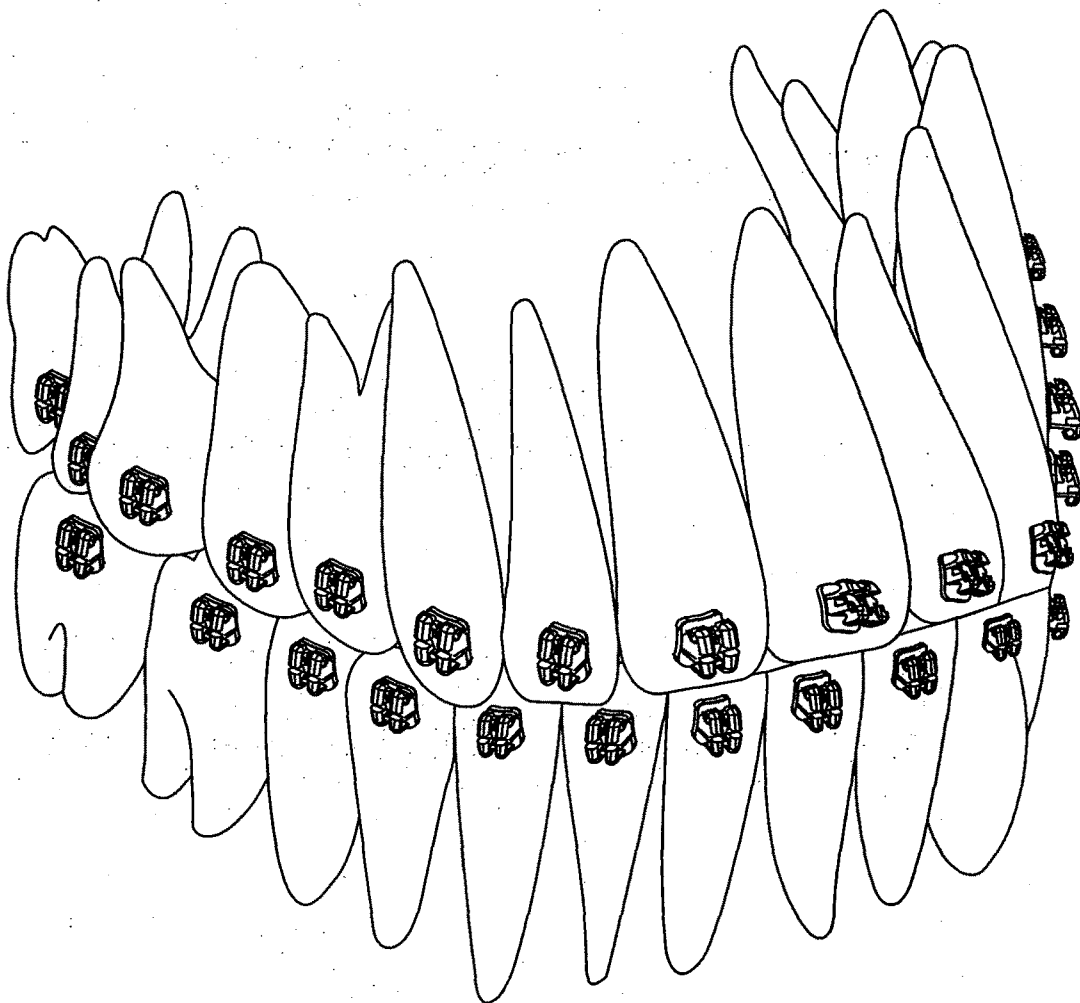


FIGURA 28

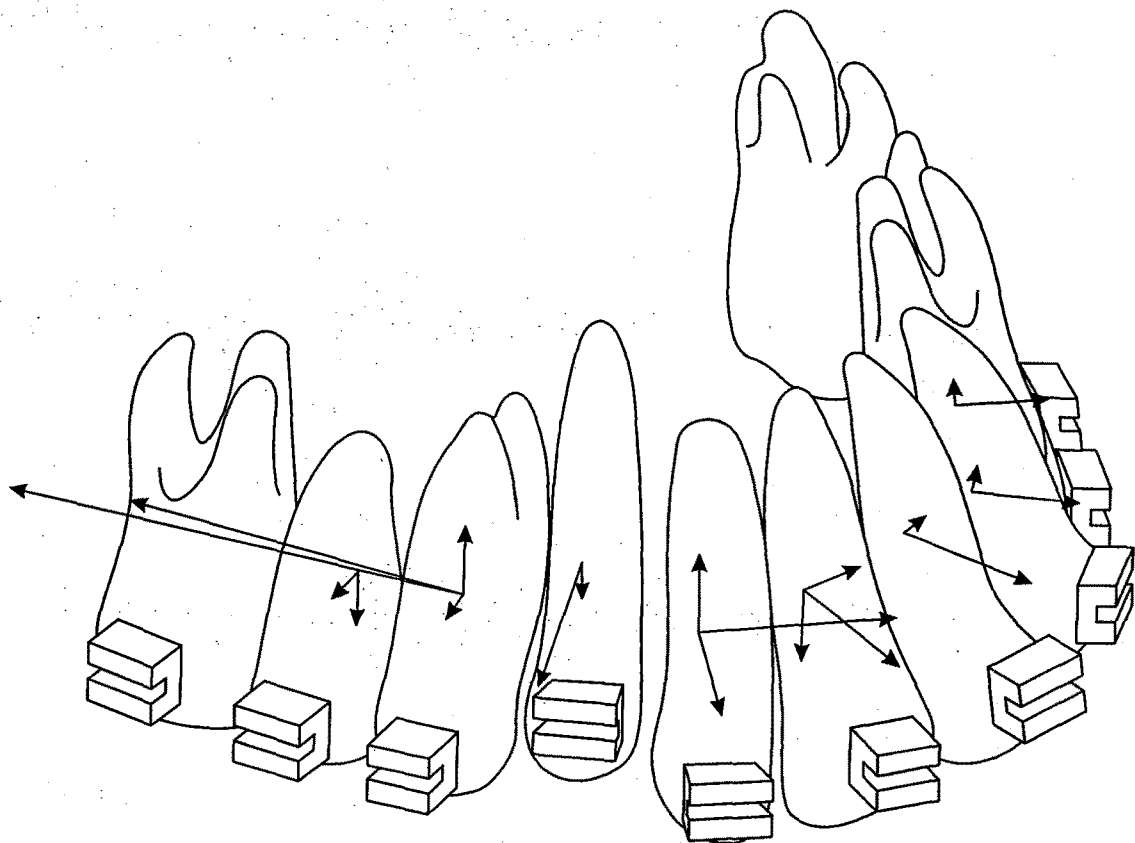


FIGURA 29

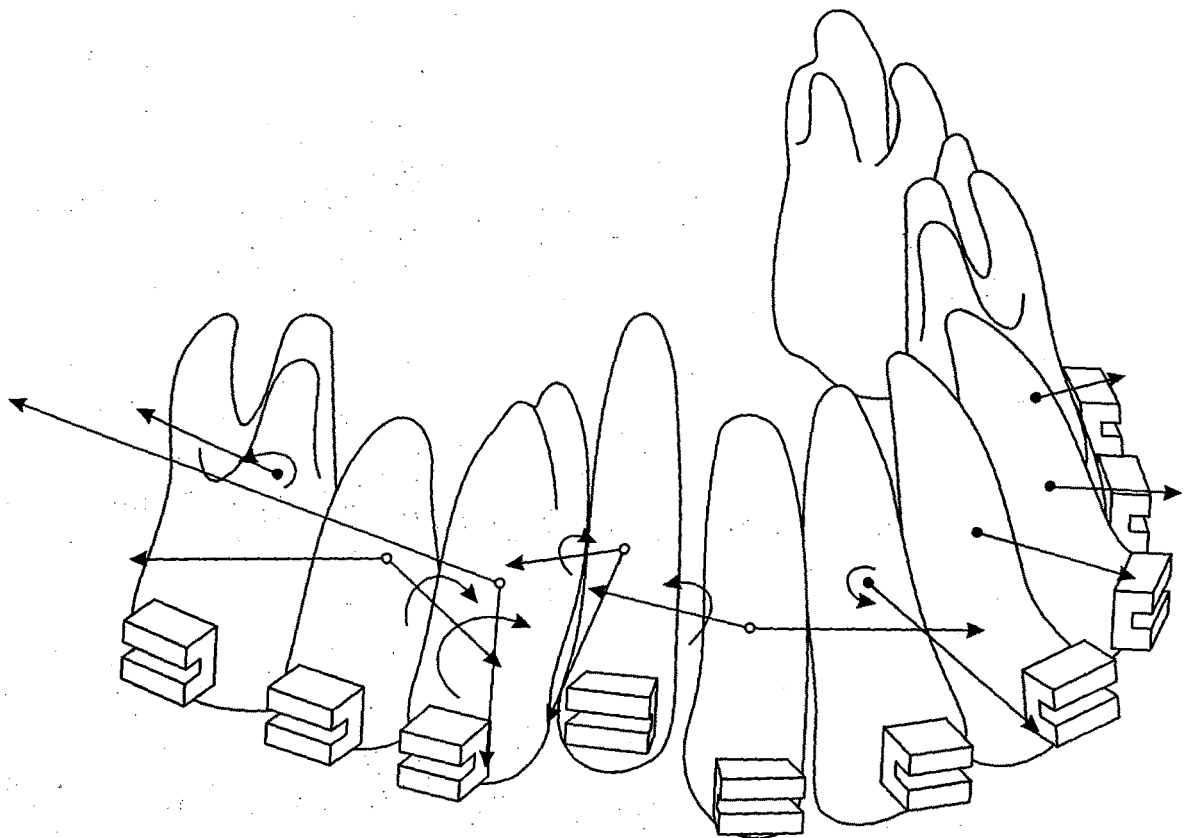


FIGURA 30

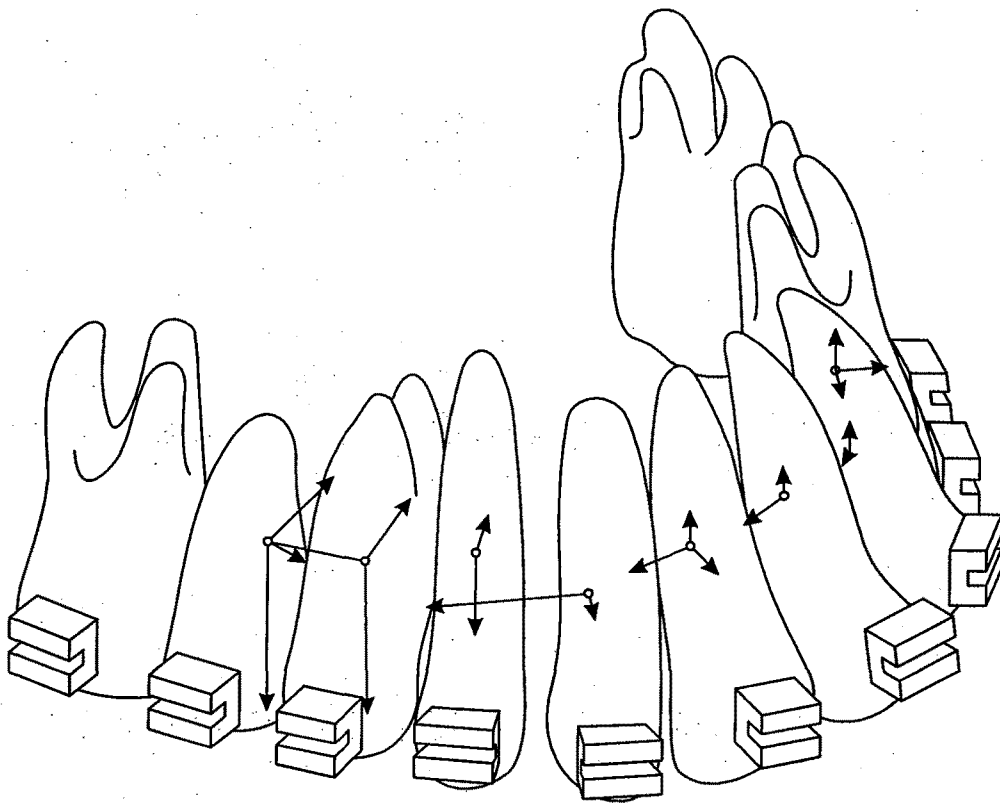


FIGURA 31

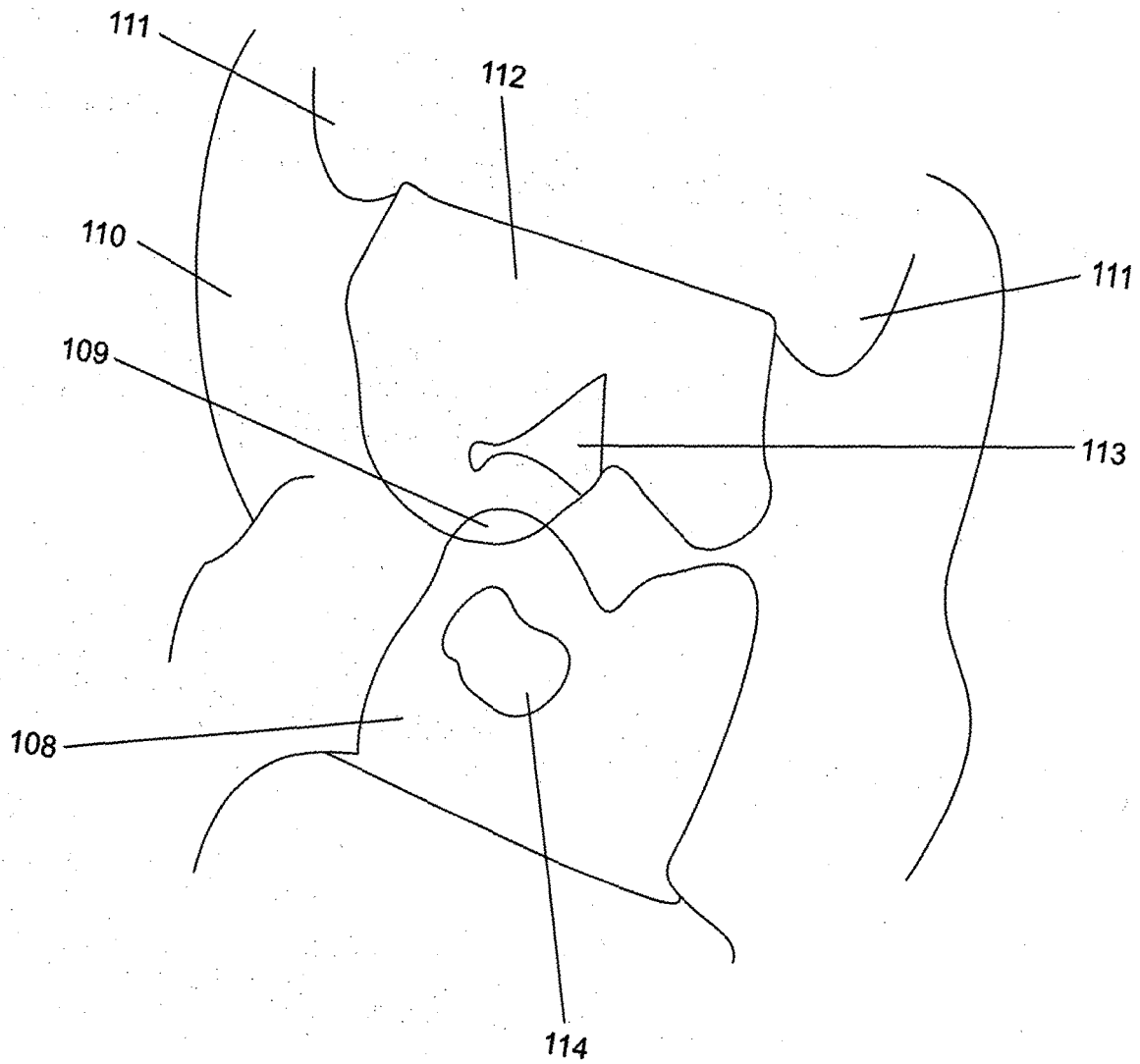


FIGURA 32

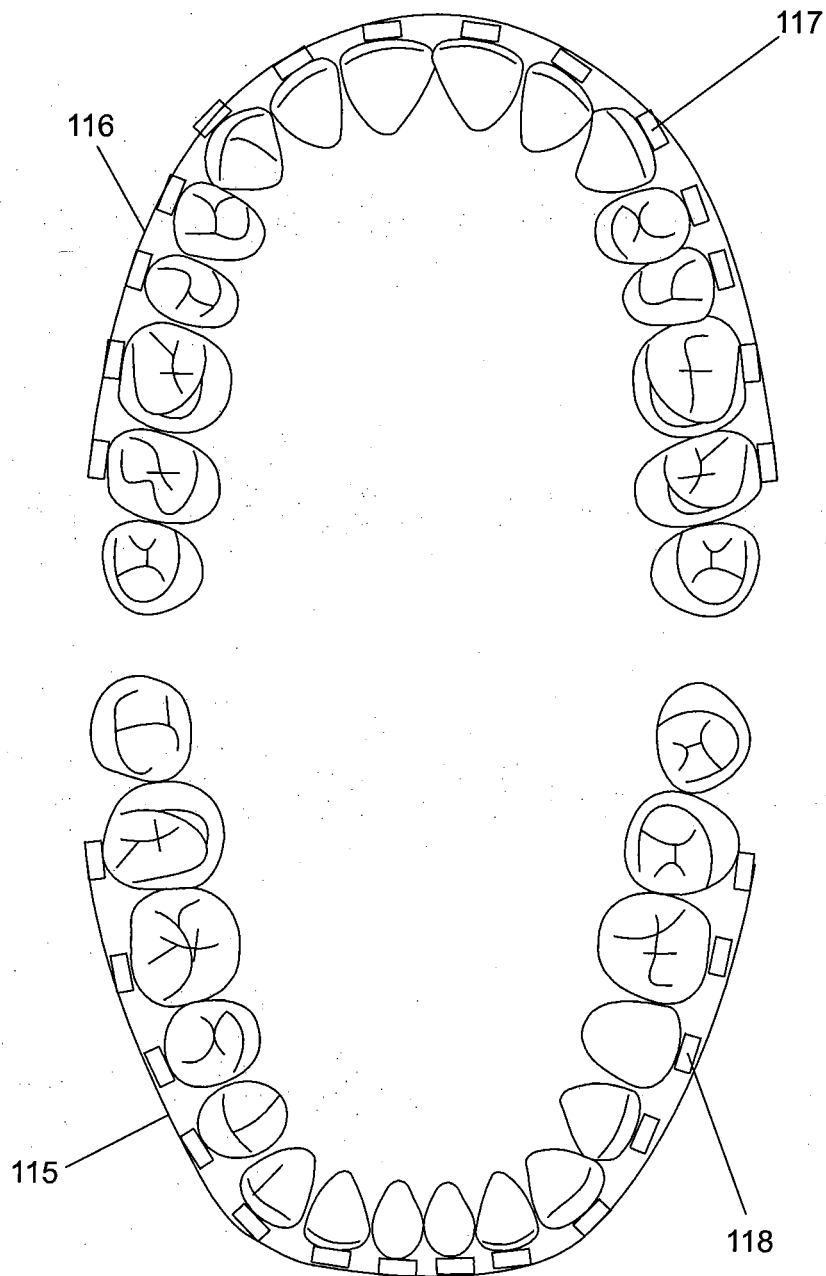


FIGURA 33

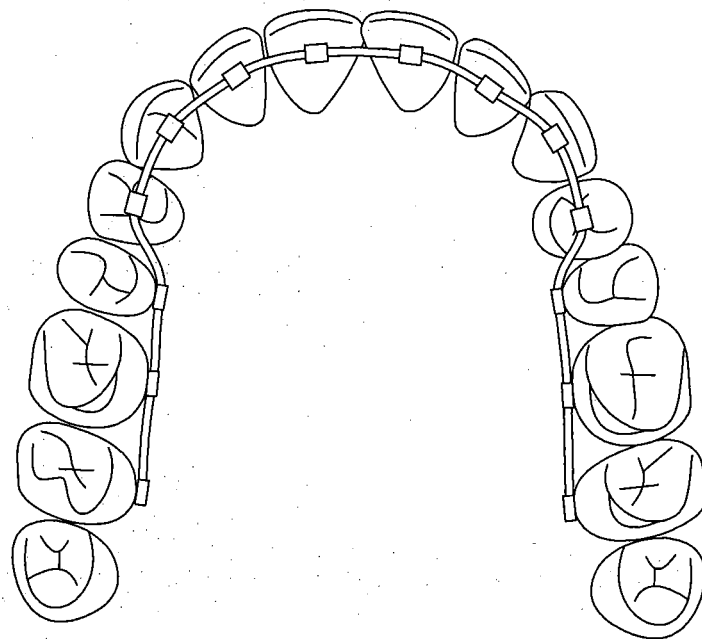
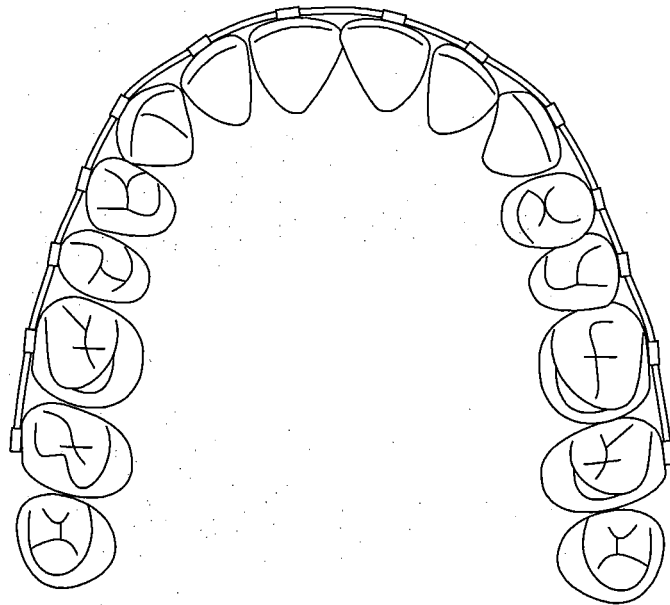


FIGURA 34

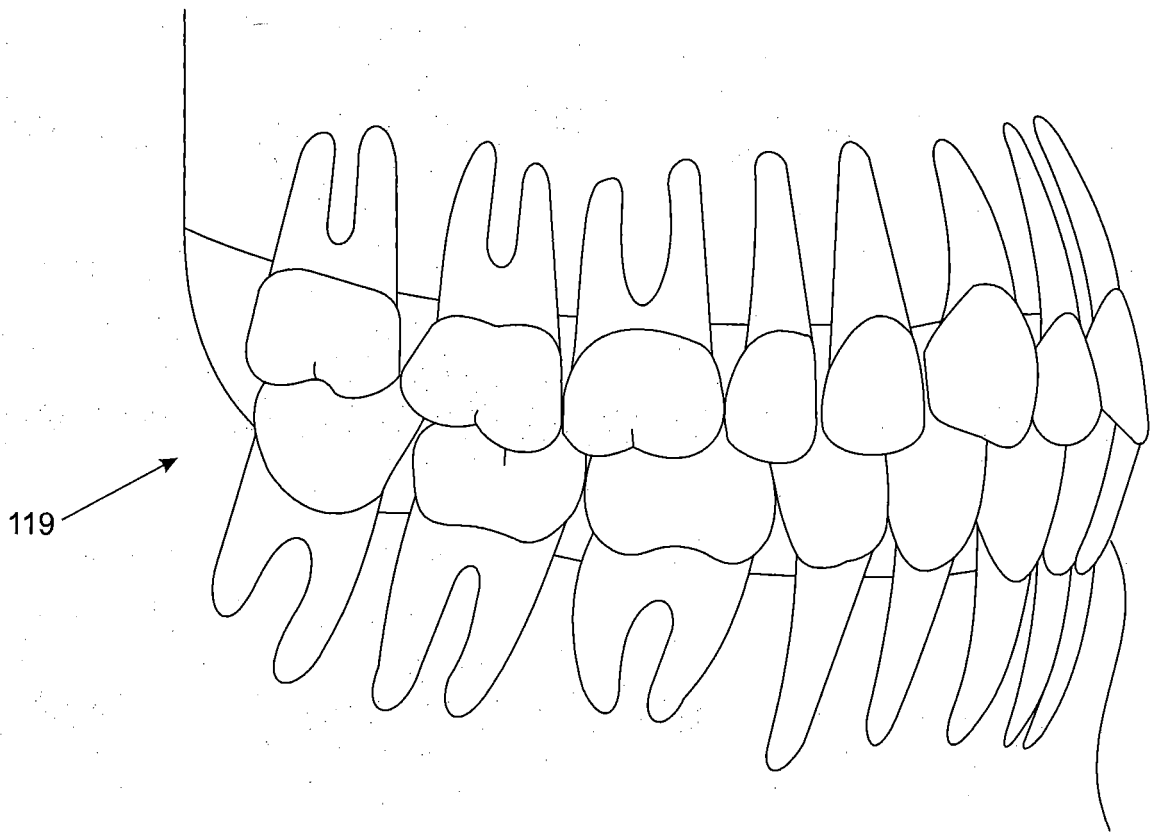


FIGURA 35

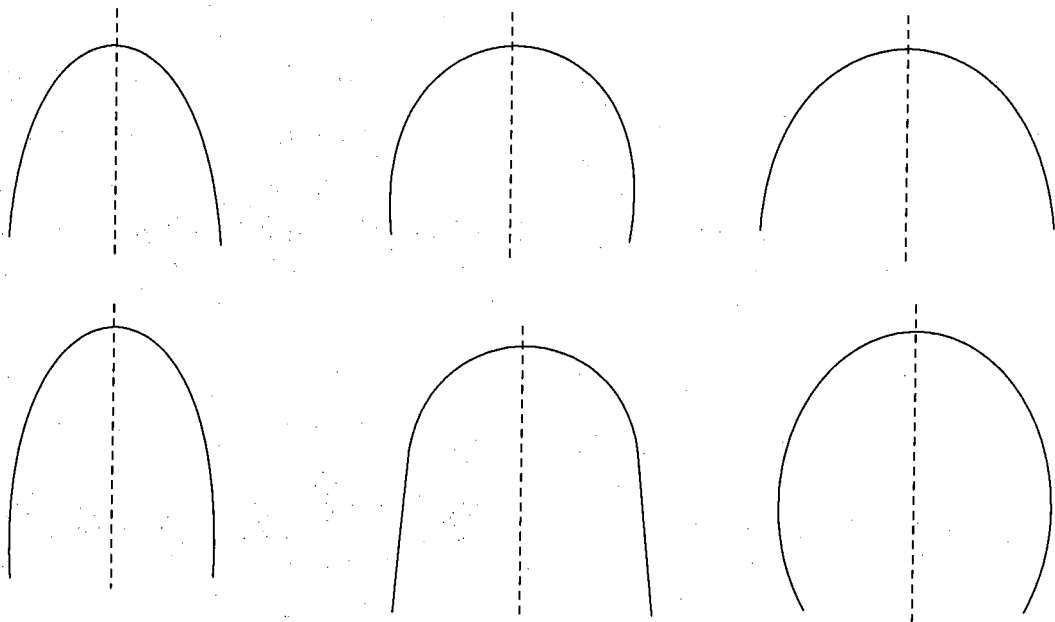


FIGURA 36

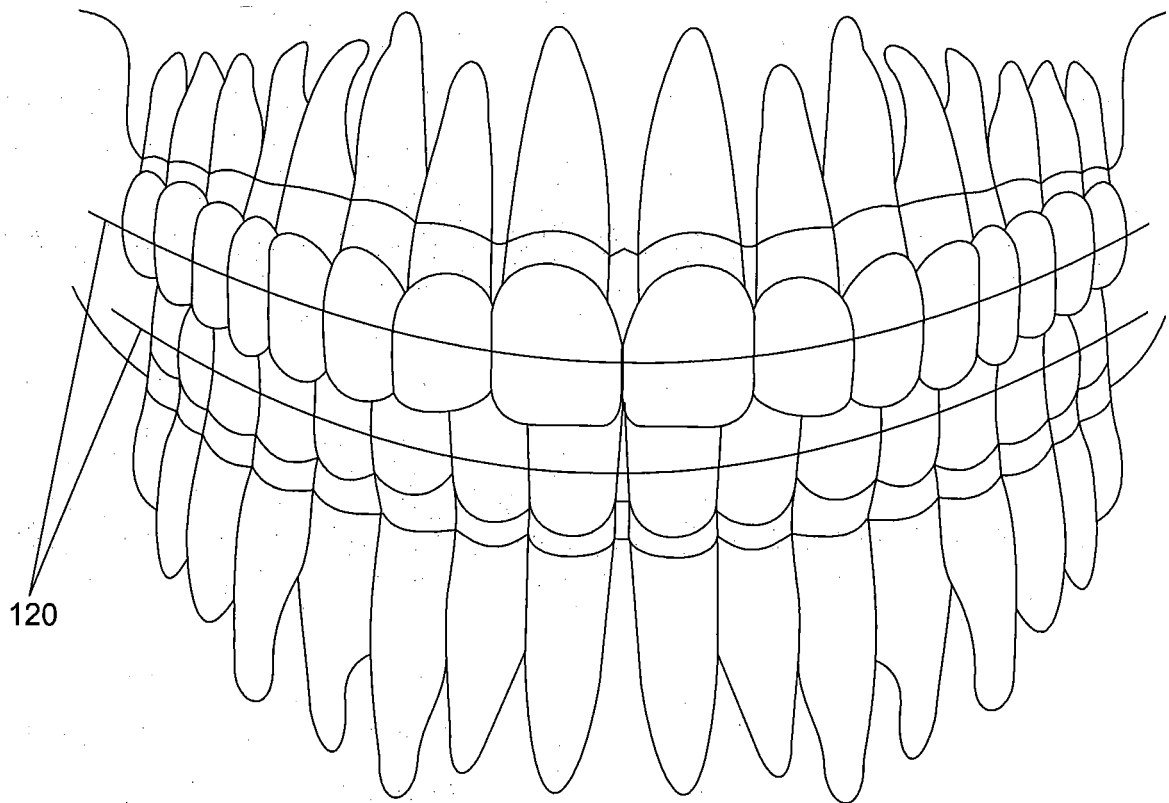
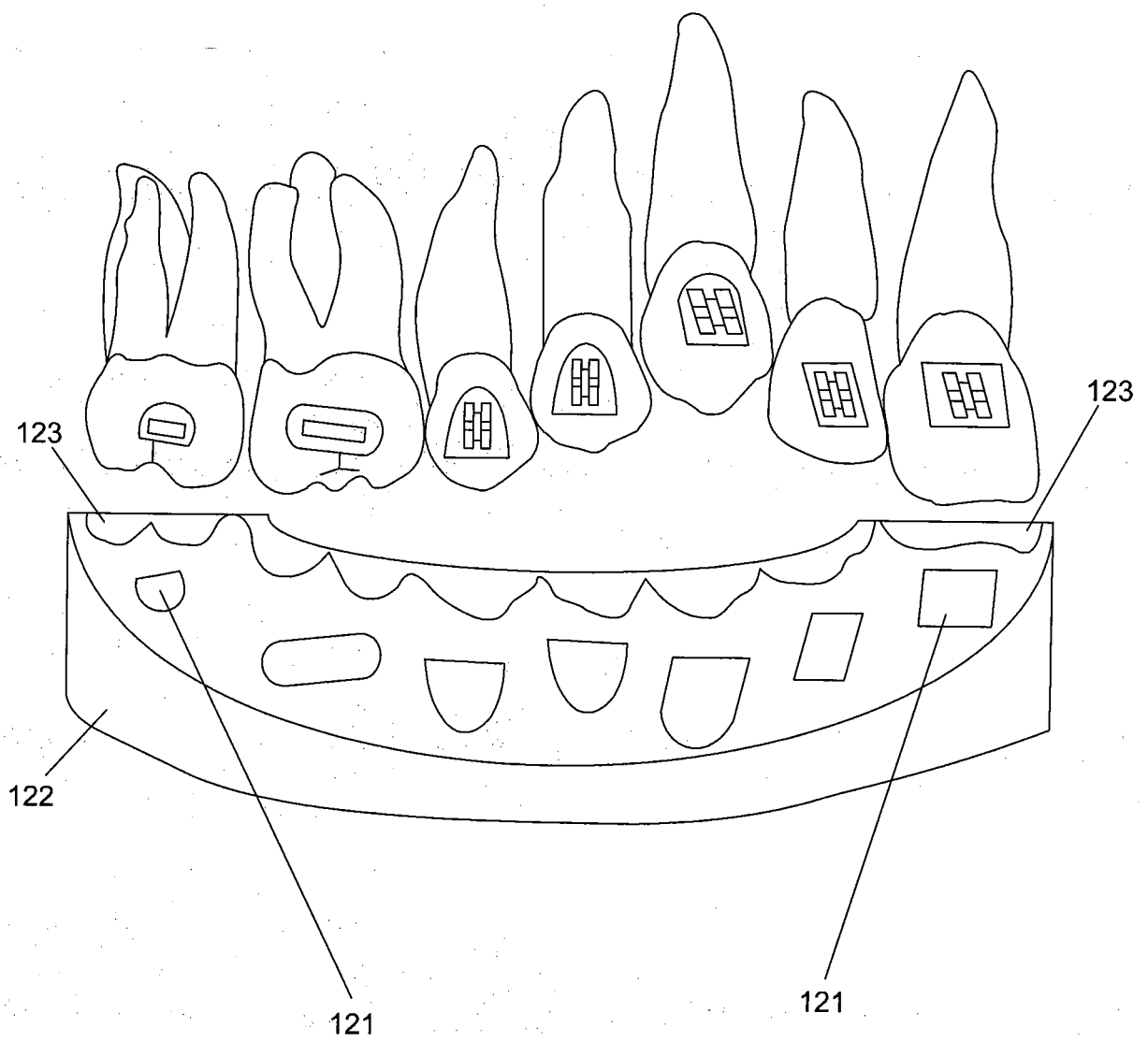


FIGURA 37



RESUMO

“SISTEMA CONSTRUTIVO DE APARATOS ORTODÔNTICOS CUSTOMIZADOS”

consiste de um sistema que inicia com o processo de software após a consulta feita pelo profissional para o exame clínico e recolhimento de dados do paciente (1,2,3,4,5). Os modelos físicos das arcadas (5,31), moldagens das arcadas (29) ou os dados digitais coletados no consultório pelo profissional (32) são enviados para a fábrica ou laboratórios (36,37,38,39) para construção de aparatos ortodônticos customizados, que contempla uma riqueza de informações para o tratamento dentário, bem como os modelos físicos, registros da mordida e ou a moldagem são escaneados (29) e os dados levantados permitem que o profissional no consultório construa um modelo tridimensional digital virtual onde tanto o dentista e/ou técnico poderão trabalhar de acordo com a prescrição individualizada exigida (32,52).