

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

(21) **PI 1002685-1 A2**

(22) Data de Depósito: 12/04/2010  
(43) Data da Publicação: 07/02/2012  
(RPI 2144)



(51) *Int.Cl.:*  
B29D 12/00  
B29C 44/12  
A47C 1/00

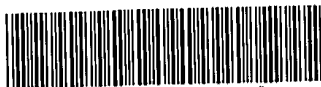
---

**(54) Título:** PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PERSONALIZADOS E ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PRODUZIDOS PELO PRESENTE PROCESSO

**(73) Titular(es):** Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**(72) Inventor(es):** Fabio Pinto da Silva, Vilson João Batista, Wilson Kindlein Junior

**(57) Resumo:** PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PERSONALIZADOS E ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PRODUZIDOS PELO PRESENTE PROCESSO. A presente invenção está relacionada a um processo de produção de assentos/encostos personalizados utilizando a digitalização tridimensional a laser e a usinagem CNC e aos assentos e/ou encostos produzidos por tal processo.



PI1002685-1

### Relatório Descritivo de Patente de Invenção

PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PERSONALIZADOS  
E ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PRODUZIDOS PELO PRESENTE PROCESSO

#### 5 Campo da Invenção

A presente invenção está relacionada a um processo de produção de assentos/encostos personalizados utilizando a digitalização tridimensional a laser e a usinagem CNC e aos assentos e/ou encostos produzidos por tal processo. Esses assentos buscam aumentar a área de contato, diminuindo os picos de pressão sobre a pele e a deformação de tecidos profundos. A presente invenção pertence principalmente aos campos da medicina e fisioterapia.

#### Antecedentes da Invenção

15 A reabilitação de pacientes portadores de alterações posturais congênitas e/ou adquiridas tem sido, nos últimos anos, um grande desafio para as equipes multidisciplinares.

Atualmente, são disponibilizados para apoio e/ou assento e/ou encosto dos pacientes apenas objetos com formatos pré-definidos, que muitas vezes não se adaptam de forma adequada à geometria do paciente. Alguns métodos buscam definir a melhor geometria do assento baseados na medição das pressões sobre o assento e não na medição direta do contorno do usuário. Neste contexto, a maioria dos estudos busca definir um formato ideal e não um método viável para fabricação de peças individuais. Assim, atualmente costuma-se utilizar assentos em formatos-padrão. As alternativas de personalização consistem na montagem de um formato adequado através da composição de pequenas partes-padrão. Quanto à produção de assentos em espuma, os métodos atuais consistem na fabricação de um molde para posterior vazamento e expansão do material (espuma).

30 Indivíduos com incapacidades graves que não podem andar ou até mesmo sentar sozinhos, podem passar a vida deitados ou sendo carregados,

por esse motivo os profissionais lançam mão do uso da cadeira de rodas. Estes usuários, segundo Apatsidis (2002), necessitam de assentos personalizados para manter seu conforto e suas funções. Uma cadeira de rodas bem prescrita objetiva aumentar mobilidade, autonomia, conforto e segurança, porém, de acordo com Ratliffe (2000), o mau posicionamento na cadeira de rodas pode levar o indivíduo a ter problemas como rigidez, contraturas, deformidades, restrição do movimento, úlceras de pressão além de comprometer o desenvolvimento emocional e intelectual.

As úlceras de pressão, popularmente chamadas de escaras, são lesões que acometem pessoas com doenças que provocam limitação de mobilidade, e que necessitam permanecer durante muito tempo apoiadas sobre superfícies de suporte, como leitos ou assentos. Essas lesões constituem uma grande fonte de morbidade adicional, pois seu tratamento é longo, caro e incapacitante, podendo causar danos permanentes ou mesmo morte. Segundo Apatsidis (2002), estimase que a Inglaterra gasta anualmente entre 180 e 321 milhões de libras para o tratamento de úlceras de pressão, dos quais de 36 a 50% são resultantes do uso de cadeiras de rodas. Estima-se que de 7 a 23% dos pacientes hospitalizados nos Estados Unidos apresentem úlceras por pressão (Smith, 1995; Whittington, 2000), e de 5 a 10% dos usuários de cadeiras de rodas apresentam um episódio de úlcera por pressão por ano (Ferguson-Pell, 1990). O custo com o tratamento de úlceras de pressão, nos Estados Unidos, chega a 1,2 bilhões de dólares anuais, tornando sua prevenção de considerável importância não apenas social, mas também econômica.

De acordo com Burns (1999), os problemas vão além do plano físico: “uma cadeira de rodas sem adaptações acarreta em danos ao paciente, podendo levar a uma postura inadequada com possíveis contraturas e deformidades; prejudicar funções básicas como respiração, nutrição pela dificuldade de deglutição; alteração no sistema circulatório dificultando o retorno venoso; surgimento de dores e assim refletir diretamente nos aspectos psicossociais alterando a qualidade de vida do paciente”. A liberdade de ir e vir

do usuário está diretamente relacionada à melhor qualidade de vida e maior independência, porém, durante anos a cadeira de rodas foi associada com invalidez e apenas recentemente têm estado disponíveis cadeiras de rodas que proporcionam a máxima função para atender aos vários graus de necessidade do usuário (Kottke, 1994).

Em virtude das necessidades dos usuários de cadeira de rodas surgiu um ramo da ciência voltado para essa problemática, a fim de melhorar a qualidade de vida do portador de incapacidades. Esse campo é chamado de Tecnologia Assistiva (TA) que é definido por Mello (1995) como qualquer item de equipamento como peças ou produtos adquiridos comercialmente e feitos sob medida. O termo "seating" vem sendo empregado significando adequação postural ao usuário de cadeira de rodas, sendo uma área de atuação da Tecnologia Assistiva. O método de adequação postural possui objetivos fundamentais que visam melhor independência e participação social do usuário, sendo eles: conforto, alívio de pressão, aumento da função básica humana, suporte corporal, alterações e reajustes (Mello, 1995).

Diversas formas de solução têm sido propostas, com foco principalmente na modificação das superfícies de suporte, tanto em relação ao formato quanto às características mecânicas da área de contato e às propriedades elásticas dos materiais utilizados (Harrison, 2000 e Apatsidis, 2002). Modificações do formato da superfície de suporte buscam aumentar a área de contato, diminuindo a pressão média sobre o assento, os gradientes de pressão e a deformação dos tecidos de suporte. Modificações das características mecânicas da superfície de suporte melhoram sua resposta mecânica às variações de posição e de aplicação de carga sobre o assento. A utilização de diferentes materiais busca, através das propriedades elásticas dos materiais utilizados, obter determinadas características de distribuição de tensões na superfície de contato com a pele, corrigindo pequenas irregularidades decorrentes de diferenças entre os formatos do corpo e do assento. Materiais comumente utilizados são espumas de polímero expandido (por ex. Poliuretano), gel de silicone ou de PVC, e fluidos (líquidos ou mesmo ar)

contidos em uma ou diversas câmaras. Makhsous (2007) sugere que uma possível forma de garantir a mínima deformação tecidual nos tecidos das regiões de apoio seja buscar uma configuração de pressões semelhante à compressão hidrostática. Essa configuração, em que as pressões são uniformes e perpendiculares à superfície em todos os pontos, coopera para diminuir as tensões de Von Mises, a deformação tecidual, os gradientes de pressão e os picos de pressão sobre o assento, sendo compatível com os modelos teóricos da maioria dos métodos preventivos propostos atualmente.

Conforme o exposto, um grande problema a ser resolvido é obter uma superfície de assento com o formato desejado, de forma a fornecer a cada usuário individual as desejadas condições de distribuição de pressão no assento.

Deve-se considerar que pessoas saudáveis apresentam grande variabilidade de parâmetros anatômicos, por diferenças de tamanho, tipo físico, massa corporal e idade, e que nos grupos de risco para úlceras de pressão essa variabilidade tende a ser ainda maior. Considerando também que o perfeito ajuste entre a superfície de suporte e a anatomia do usuário é crítico na obtenção das condições desejadas de pressão sobre o assento, é consenso que, ao menos nos pacientes de maior risco, a confecção do assento deva ser personalizada (Lin, 2004; Apatsidis, 2002; Sy, 2000; Rosenthal, 1996; Brienza, 1996).

Poucos trabalhos são encontrados na literatura a respeito de usinagem de espumas. Neth (1989) propunha um sistema semelhante aos de prototipagem rápida atuais, através de corte de placas bidimensionais e posterior montagem e colagem de camadas para formar uma superfície tridimensional. Penkner (1999), apesar de reconhecer em seu método as desvantagens do alto tempo e custo de produção, sugere procedimentos a partir de tomografia computadorizada, reconhecimento de imagem, usinagem de um biomodelo em poliuretano rígido de baixa dureza e posterior moldagem com resinas autopolimerizantes. Brienza (1996) já apresentava como solução o desenvolvimento de um processo para fabricação de espumas personalizadas,

porém, questões de custos levaram o autor a propor uma máquina específica de usinagem CNC com construção mais simples. Jouaneh (1997) propõe um sistema flexível e automatizado para corte de espumas através de um braço robótico com 5 eixos utilizando ferramentas específicas baseadas no princípio do fio quente. Este é um método relativamente conhecido de corte, no qual o material sofre fusão localizada com o calor liberado pelo fio, porém, este também requer maquinário especial para tal fim.

O processo de fabricação de um assento personalizado deve ser automatizado, pois é necessário garantir que as almofadas produzidas contornem a superfície anatômica do paciente com contato máximo. Distorções geométricas poderão causar esforços indesejados, acarretar na ineficiência do sistema ou mesmo produzir efeitos contrários aos esperados. Neste sentido, optou-se por usinar diretamente a espuma através de uma fresadora CNC convencional. Assim, o objetivo deste trabalho é disponibilizar uma alternativa tecnológica e economicamente viável para a fabricação de assentos personalizados.

Idealmente, para esses pacientes seriam utilizados assentos/encostos fabricados de acordo com a anatomia do paciente, permitindo que os resultados de adequação postural sejam otimizados, implicando em maior autonomia e participação social de pessoas com deficiência, melhorando sua qualidade de vida.

A presente invenção possibilita a produção desses apoios específicos para pacientes com alterações posturais. Preferencialmente, o protótipo do molde físico é modelado manualmente e, em seguida, digitalizado e reproduzido por usinagem em um material flexível.

No âmbito patentário, os documentos listados a seguir descrevem assentos e/ou encostos personalizados sem, contudo, antecipar ou sugerir a presente invenção.

O documento US 5,523,040 descreve um método e aparato para realizar um suporte resiliente para o corpo humano. Ambos compreendem o uso dos dois lados de uma espuma, sendo que um lado fica em contato com o usuário

e o outro lado é colocado em contato com uma série de suportes que são individualmente ajustados de acordo com a pressão do corpo feita pelo usuário.

A presente invenção difere desse documento por não utilizar materiais individualmente ajustáveis para a obtenção do molde final de assento e/ou encosto para o paciente e por compreender a obtenção de um molde físico do paciente, processamento computacional do mesmo e usinagem em material flexível, fatos não descritos no referido documento.

O documento US 6,354,561 descreve um molde ajustável compreendendo uma série de pinos dispostos axialmente em relação a um molde, sendo que cada pino compreende um mecanismo de travamento individual conectado a uma placa. Concomitantemente, a série de pinos está conectada a uma caixa externa protetora.

A presente invenção difere desse documento por não utilizar pinos com um mecanismo de travamento individual para a obtenção do molde final do assento e/ou encosto para o paciente e por compreender a obtenção de um molde físico do paciente, processamento computacional do mesmo e usinagem em material flexível, fatos não descritos no referido documento.

O documento US 6,311,570 descreve um método para ajuste de camas ou assentos com um caixilho e fitas de elástico com uma tensão ajustável. As fitas podem ser ajustadas/deformadas em várias extensões quando uma pessoa é colocada sobre as mesmas, sendo a pressão individualmente determinada de acordo com o usuário.

A presente invenção difere desse documento por não compreender caixilhos ou elásticos para a obtenção do molde final de assento e/ou encosto para o paciente e por compreender a obtenção de um molde físico do paciente, processamento computacional do mesmo e usinagem em material flexível, fatos não descritos no referido documento

Do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

### **Sumário da Invenção**

A presente invenção propõe a produção de assentos/encostos baseados especificamente na anatomia de cada paciente, onde o protótipo é modelado e, em seguida, sua geometria é capturada pelo processo de digitalização tridimensional a laser. O molde físico é, então, transformado em um assento/encosto através do processo de usinagem CNC.

Assim, é um dos aspectos da presente invenção um processo de produção de assentos e/ou encostos para correção de alterações posturais compreendendo as etapas de:

- a) construção de um molde físico a partir da geometria do paciente;
- b) processamento computacional do molde obtido em a);
- c) realização da usinagem CNC sobre material flexível utilizando os dados obtidos em b).

Em uma realização preferencial não-limitante, o molde físico é construído utilizando-se gesso.

É um adicional objeto da presente invenção o assento e/ou encosto produzido pelo processo da presente invenção

Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

### **Breve Descrição das Figuras**

A figura 1 mostra um fluxograma com uma das possíveis formas de se produzir os assentos e/ou encostos, onde: (A) Paciente; (1) Posicionamento adequado; (2) Moldagem em gesso; (3) Ajuste do molde; (B) Molde Físico; (4) Digitalização Tridimensional; (5) Processamento de pontos; (6) Geração de malha; (C) Modelo Virtual; (7) Processamento CAD/CAM; (8) Estratégia de usinagem; (9) Usinagem CNC direta; (10) Acabamento superficial (D) Assento personalizado.



A figura 2 mostra em (a) e (b) moldes de gesso obtidos para digitalização.

A figura 3 mostra modelos virtuais (a) e (b) obtidos para processamento CAD/CAM.

5 A figura 4 mostra usinagem CNC: (a) primeiro e (b) segundo desbaste do material flexível.

A figura 5 mostra a espuma pré-acabada aplicada em protótipo.

A figura 6 mostra a usinagem concordante (A) e discordante (B) da espuma de PU e seus respectivos cavacos (C) e (D).

10

### **Descrição Detalhada da Invenção**

Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

15 A presente invenção propõe a produção de assentos e/ou encostos baseados especificamente na anatomia de cada paciente.

### **Processo de produção de assentos e/ou encostos para correção de alterações posturais**

20 O processo de produção de assentos e/ou encostos para correção de alterações posturais da presente invenção compreende as etapas de:

- a) construção de um molde físico a partir da geometria do paciente;
  - b) processamento computacional do molde obtido em a);
  - c) realização da usinagem CNC sobre material flexível utilizando os
- 25 dados obtidos em b).

Os assentos e/ou encostos obtidos pelo processo descrito acima também são objeto da presente invenção.

### **Construção de um molde físico a partir da geometria do paciente**

30 Para a criação de um molde físico do implante, a primeira etapa do processo, deve-se utilizar uma réplica física da coluna do paciente (ou

biomodelo), em escala real. Tal réplica pode ser fabricada utilizando processos já conhecidos do estado da técnica, nos quais podem ser utilizados diversos materiais que permitam a modelagem de um molde físico de acordo com as características posturais do paciente. Dentre os materiais podemos citar, por exemplo, gesso (materiais ligaduras de tecido saturadas com sulfato de cálcio desidratado sob a forma de pó branco) para a modelagem desse modelo que será o protótipo do assento e que deve compreender as alterações posturais desse paciente. Nesta etapa é definido o formato exato da parte a ser assentada e/ou encostada sobre o assento e/ou encosto produzido, sendo que a modelagem manual e personalizada se apresenta como a melhor técnica de obtenção de tal protótipo. Salieta-se a observação do tempo de secagem do gesso para evitar uma possível deformação do molde ao ser manuseado.

#### Processamento computacional do molde

De posse do protótipo, por exemplo, em gesso, é então realizada a digitalização do mesmo. Essa digitalização pode ser realizada, por exemplo, com o auxílio de um scanner tridimensional a laser. Se forem processados dessa forma, os dados serão coordenadas da superfície no espaço tridimensional (X,Y,Z). Uma varredura superficial pode retornar milhares de pontos, de acordo com o tamanho da área analisada e o espaçamento entre pontos utilizado. Recomenda-se a captura de uma quantidade significativa de pontos a fim de garantir uma resolução adequada para descrever corretamente a superfície do modelo. No processo proposto foi possível detectar que não é necessário o uso de grandes resoluções para o escaneamento, resoluções próximas a 1mm mostraram-se satisfatórias.

Qualquer scanner a laser poderá ser utilizado para a varredura/mapeamento do protótipo desde que atenda as necessidades da presente invenção.

Após a digitalização, as nuvens de pontos são tratadas para remover dados não interessantes à análise, como as partes da superfície varrida que não representam o modelo (como a mesa de digitalização, suportes, etc.) e os

pontos que representam erro, equivocadamente posicionados por alguma falha do laser (ruído) ou por uma parte da superfície difícil de ser capturada (como cantos-vivos). Essa etapa visa um detalhamento maior e a melhor definição da imagem 3D obtida.

5 Assim, podem ser aplicados filtros nos pontos obtidos pela digitalização, de modo a eliminar ruídos (fontes de erro), pois o resultado de uma digitalização é muito dependente da qualidade do equipamento de digitalização, da preparação da amostra e das condições externas como temperatura, vibração, luminosidade, etc. Porém, por mais controlado que seja  
10 o processo, sempre haverá ruídos elétricos ou mecânicos, os quais causarão distorções indesejadas na nuvem de pontos. Considerando que a superfície digitalizada pode possuir milhões de pontos, que variam de acordo com a resolução escolhida, o arquivo gerado pode tornar-se muito grande e pesado para manipulação em computadores convencionais. Assim, o uso de filtros  
15 torna-se também importante para reduzir o tamanho dos arquivos, facilitando sua posterior manipulação. Uma filtragem nos pontos de uma nuvem pode diminuí-la consideravelmente sem prejuízo de qualidade (geralmente em mais de 50%). Esta filtragem mantém apenas os pontos realmente significativos para representar o objeto, ou seja, quanto menos detalhes existirem na superfície da  
20 peça, menor será a quantidade de pontos que serão necessários para representá-la, mantendo-se assim, a qualidade da superfície do objeto ao mesmo tempo em que o número de pontos da nuvem é consideravelmente reduzido. O tratamento das nuvens de pontos pode ser realizado com softwares comerciais.

25 Como resultado desse mapeamento são obtidos arquivos digitais adequados que armazenam as coordenadas X, Y e Z, que descrevem a superfície do objeto e que são dados fundamentais para geração da rotina de usinagem CNC. O termo CNC deve ser aqui entendido como comando numérico computadorizado.

30 As coordenadas dos eixos X e Y são geradas pela posição do cabeçote laser (que se move nos eixos X e Y) na máquina CNC em relação à sua

posição inicial, e a coordenada do eixo Z é obtida através das informações geradas pelo scanner tridimensional a laser. O cabeçote de digitalização conoscópico consiste na emissão, através de um diodo, de um feixe de laser, o qual é refletido por um divisor de feixe e incide pontualmente sobre a peça a ser medida. A luz dispersada retorna da peça, passa através do divisor de feixe, por um cristal birrefringente e é detectada pelo sensor CCD (Dispositivo de Carga Acoplado). O Dispositivo CCD é um tipo de sensor formado por um conjunto de capacitores sensíveis a luz. O cristal birrefringente modifica diferentemente a velocidade de cada raio de luz de acordo com seu ângulo, criando um padrão de franjas com alto contraste no detector CCD. Uma vez que o ângulo do raio de luz é função da distância entre um plano de referência e o ponto de laser projetado no objeto, esta distância pode ser então determinada pela análise das características do padrão criado. A relação entre o sinal no detector CCD e a distância dos objetos é determinada por um processo preciso de calibração realizado para cada lente objetiva utilizada.

Após o tratamento da "nuvem de pontos", podem-se gerar superfícies tridimensionais selecionando qual parte será usinada. A partir da nuvem de pontos já filtrada, é possível unir os pontos, preferencialmente, três a três formando diversos triângulos, criando-se assim uma malha tridimensional da superfície da peça. Com a malha criada, é possível se fazer uma série de alterações, como suavizar a superfície, criar furos, alterar cantos vivos, entre outras possibilidades. Arquivos com dados de malhas de triângulos planos, os quais também contêm informações sobre os vértices e as normais de cada triângulo, podem ser salvos em arquivos digitais adequados. Preferencialmente e de forma não-limitante, no formato STL. O STL (de STereoLithography) é o formato padrão na indústria para os sistemas de prototipagem rápida.

O arquivo digital adequado gerado, após o tratamento da nuvem de pontos em formato virtual é, preferencialmente e não limitante, em formato STL, que possa ser diretamente exportado para um programa CAM (Computer-Aided Manufacturing) para a definição das estratégias de produção.

Realização da usinagem CNC sobre material flexível utilizando os dados obtidos em b).

Através da imagem tridimensional é gerada a estratégia de usinagem para máquina CNC através do programa CAM. O material usinado deve ser um material flexível capaz de permitir o encaixe da coluna do paciente, aliviando os incômodos das alterações posturais do mesmo. A usinagem da peça se dá pelo processo preferencial de fresamento. Pode-se, se necessário, realizar operações de furação. No entanto, outros tipos de usinagem que atendam as necessidades que mantenham a qualidade do objeto poderão ser utilizados.

Convencionalmente espumas de poliuretano flexível para assentos são produzidas através de moldes. Devido às características do processo personalizado, o custo em termos de confecção de molde acaba sendo alto. Diante disso, o processamento por usinagem CNC diretamente na espuma se tornou o objeto de estudo mais atrativo. Neste sentido, foram realizados diversos ensaios para usinagem CNC. As ferramentas utilizadas foram uma fresa de topo reta para desbaste e uma fresa de topo esférica para acabamento, ambas com 6mm de diâmetro. Esse diâmetro foi escolhido em função da maior pinça disponível para fixação das ferramentas no spindle da máquina. Foram utilizados como parâmetros de corte a rotação de 20.000RPM, a taxa de avanço de 1.000mm/min e as profundidades de corte máximas de 30mm para desbaste e 6mm para acabamento. Cabe salientar que as profundidades de corte foram limitadas pelo comprimento cortante das ferramentas, visto que o poliuretano (densidade 50 kg/m<sup>3</sup>) implicou em baixos esforços de corte. O avanço foi aumentado gradativamente e foi limitado a partir do momento que os esforços começaram a gerar deformação perceptível da espuma e a rotação máxima permitiu um melhor corte e acabamento da superfície usinada. O corte discordante, apesar de gerar cavaco em fita, normalmente indesejado, apresentou excelente acabamento, praticamente idêntico ao da superfície original do bloco de espuma.

### **Realização preferencial**

O estudo partiu da conhecida necessidade de produtos personalizados na área de Tecnologia Assistiva. Embora existam diversos modelos pré-fabricados, as pessoas portadoras de alterações posturais enfrentam 5 dificuldades para se adequar a eles. Assim, buscou-se desenvolver um processo completo desde a captura da geometria do paciente até a fabricação de um produto final.

Os primeiros ensaios buscaram a digitalização diretamente do corpo do paciente. Porém, alguns usuários podem apresentar maiores dificuldades 10 posturais ou deformidades, como o caso de pessoas com paralisia cerebral. Em muitos desses casos não é possível deixar o usuário parado em postura adequada. Para que o processo possa ser utilizado é necessária a intervenção de um fisioterapeuta, o que impossibilita a digitalização direta. Assim, a proposta passou a ser de que um fisioterapeuta tire um molde do usuário, 15 posicionado com a melhor adequação e respeitando os limites posturais do paciente.

No que diz respeito à obtenção da forma para geração do assento, métodos de medição direta por contato podem deformar a superfície de contato, devido à maleabilidade da pele. Já a medição indireta da superfície 20 não apoiada, com o uso de scanners tridimensionais a laser, ou de fotografia estereoscópica, além de requererem equipamentos sofisticados, também não asseguram a obtenção do formato correto, uma vez que a superfície não se encontra, durante a medição, na mesma condição de apoio em que se encontrará durante o repouso sobre o assento. Assim, a cópia da superfície de 25 contato com o uso de um molde que se adapte ao contorno do usuário, mantendo posteriormente essa forma, apresenta vantagens, pois se as condições de aplicação da carga sobre o molde durante sua confecção forem semelhantes às condições de apoio desejadas, o formato correto será obtido e este poderá ser fonte para elaboração do assento definitivo.

Para produzir o molde de um paciente, foi utilizada a mesma técnica convencionalmente utilizada na imobilização de membros para tratamento de fraturas. Foram empregados como materiais ligaduras de tecido saturadas com sulfato de cálcio desidratado ( $\text{CaSO}_4$ ) sob a forma de pó branco. Trata-se do

5 Gesso clássico, o qual utiliza um processo amplamente difundido e dominado de hidratação e posterior secagem. Apresenta como vantagem a facilidade de moldagem e o baixíssimo custo. As desvantagens, embora não gerem restrições ao processo, são o fato de que o gesso suja ao ser aplicado (sugere-se a aplicação de filme de PVC para proteção do paciente) e o tempo de

10 secagem. Embora o tempo de secagem total não seja tão crítico, uma vez que o gesso não permanecerá no corpo do paciente, este deve ser observado durante o manuseio do molde obtido para não ocasionar deformações. A aplicação de gesso pode ser feita em qualquer consultório, clínica ou enfermaria e é uma atividade rotineira para profissionais da saúde. Porém, a

15 moldagem em questão requer a intervenção de um fisioterapeuta que conheça a finalidade do molde a ser obtido para, além de obter a posição adequada, facilitar as próximas etapas do processo. Neste sentido, é importante evitar a geração de superfícies "com sombras", as quais não poderão ser fresadas apenas com operações de topo, dificultando o processo, bem como evitar

20 paredes muito altas que exigiriam a utilização de ferramentas muito longas.

Ao final desta primeira etapa, obtém-se um modelo físico para a seqüência do processo (figura 2). Após esta etapa, o molde obtido pode ser digitalizado.

A segunda etapa parte do molde de gesso, o qual é digitalizado com um

25 scanner tridimensional. Com estes ensaios foi possível detectar que não é necessário o uso de grandes resoluções para o escaneamento, resoluções próximas a 1mm mostraram-se satisfatórias, o que gerou nuvens leves, de aproximadamente 100.000 pontos, posteriormente convertidos em malhas de triângulos e superfícies NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*).

30 O processo de digitalização tridimensional consiste em medir um objeto em três dimensões (x,y,z), gerando milhares de pontos (coordenadas) que

descrevem a superfície do modelo no espaço. Os pontos capturados são salvos em arquivos de texto e necessitam ser processados (filtrados) para a futura geração de entidades compatíveis com sistemas CAD/CAM. O objetivo dos primeiros filtros aplicados é remover os pontos desnecessários, os que estejam muito espaçados dos demais e os que estejam fora de determinado desvio-padrão. Isso elimina o ruído inerente ao processo e pequenas imperfeições da superfície. Após, são aplicados filtros para tornar a superfície mais suave (mais lisa) e para reduzir o número de pontos. Esta operação permite gerar arquivos mais leves e de futuro processamento mais rápido. Os pontos pré-processados são então unidos três a três, formando uma malha de triângulos planos. Essa malha caracteriza um modelo virtual que é compatível com sistemas CAD/CAM (figura 3).

O modelo virtual é então importado em software CAD/CAM para definição da área de usinagem, das áreas de suporte do assento/encosto e da sua posição de usinagem. Sugere-se utilizar três estratégias de usinagem, uma para o primeiro desbaste (remoção da porção central de material), uma para um desbaste mais fino (deixando sobrematerial para o acabamento) e a última de acabamento com ferramenta de ponta esférica (figuras 4 e 5). O material usinado deve ser flexível (espuma), pois ele será diretamente o assento/encosto produzido. Assim, sugere-se utilizar usinagem com sentido de corte discordante, na qual a peça vem de encontro ao sentido de rotação da ferramenta.

Assim, os pontos adquiridos podem ser exaustivamente filtrados, para eliminação do ruído e obtenção de uma superfície suave (lisa), bem como para obtenção de arquivos mais leves e de futuro processamento mais rápido. Os pontos pré-processados são então unidos três a três, formando uma malha de triângulos planos que pode ser salva em extensões compatíveis com sistemas CAD/CAM. Sugere-se o uso da extensão STL, a qual é padrão para sistemas de prototipagem rápida.



Apatsidis (2002) mostra que, quando aplicadas localizadamente, espumas de comportamento viscoelástico são os materiais de melhor aplicação por diminuírem significativamente os picos de pressão na interface de assentamento ao mesmo tempo em que distribuem a carga mais uniformemente. A utilização de espumas de Poliuretano (PU) pode ser recomendada para a construção de todo o assento e encosto e, por ser disponível em diferentes densidades, pode oferecer um suporte mais firme de acordo com o peso e a necessidade do paciente. Assim, a espuma utilizada foi à base de PU flexível, com densidades entre 14 e 50 kg/m<sup>3</sup>.

Convencionalmente espumas de poliuretano flexível para assentos são produzidas através de expansão por reação química diretamente em moldes. Devido às características do processo personalizado, o custo em termos de confecção de molde acaba sendo alto. Diante disso, o processamento por usinagem CNC diretamente na espuma se tornou o objeto de estudo mais atrativo. Neste sentido, foram realizados diversos ensaios para usinagem CNC. As ferramentas utilizadas foram uma fresa de topo reta para desbaste e uma fresa de topo esférica para acabamento, ambas com 6mm de diâmetro. Esse diâmetro foi escolhido em função da maior pinça disponível para fixação das ferramentas no spindle da máquina. Foram utilizados como parâmetros de corte a rotação de 20.000RPM, a taxa de avanço de 1.000mm/min e as profundidades de corte máximas de 30mm para desbaste e 6mm para acabamento. Cabe salientar que as profundidades de corte foram limitadas pelo comprimento cortante das ferramentas, visto que o poliuretano (densidade 50 kg/m<sup>3</sup>) implicou em baixos esforços de corte. O avanço foi aumentado gradativamente e foi limitado a partir do momento que os esforços começaram a gerar deformação perceptível da espuma e a rotação máxima permitiu um melhor corte e acabamento da superfície usinada.

Durante o fresamento, observou-se a grande influência do sentido de corte, concordante (Fig. 6A) ou discordante (Fig. 6B). Para as máquinas atuais, movidas a fusos de esferas, em geral prefere-se o corte concordante (padrão na maioria dos softwares CAM), por facilitar a remoção de cavaco, aumentar a

vida da ferramenta e melhorar o acabamento. Embora isso seja particularmente verdade para materiais duros, o comportamento da espuma flexível foi totalmente contrário. O corte concordante acarretou em cavaco "empastando" na ferramenta e às vezes até arrancando porções maiores de material, além de gerar péssimo acabamento (Fig. 6A e 6C). Já o corte discordante, apesar de 5 gerar cavaco em fita, normalmente indesejado, apresentou excelente acabamento, praticamente idêntico ao da superfície original do bloco de espuma (Fig. 6B e 6D).

A etapa final consiste na aplicação de forração para acabamento, onde 10 pode-se verificar que a personalização permite um assentamento sob medida e a melhor adequação postural para o usuário, fato que não ocorre com uma espuma padrão à qual não é aplicada o processo descrito na presente invenção.

Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e 15 poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes, abrangidos no escopo das reivindicações anexas.

### Reivindicações

#### PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PERSONALIZADOS E ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PRODUZIDOS PELO PRESENTE PROCESSO

1. Processo de produção de assentos e/ou encostos para correção de alterações posturais compreendendo as etapas de:
  - a) construção de um molde físico a partir da geometria do paciente;
  - b) processamento computacional do molde obtido em a);
  - c) realização da usinagem CNC sobre material flexível utilizando os dados obtidos em b).
2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela obtenção do molde físico ser pela modelagem manual e personalizada.
3. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela construção do molde físico compreender a utilização de gesso sobre a geometria do paciente.
4. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela etapa de escanear/varrer o modelo físico em um scanner 3D a laser ter o espaçamento entre os pontos necessariamente menor que o tamanho dos detalhes que se deseja alcançar.
5. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela etapa de escanear/varrer o modelo físico em um scanner 3D a laser em superfícies de textura claramente visíveis a olho nu ter o espaçamento entre os pontos na faixa de 0,01mm a 10mm.
6. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 5, caracterizado pela etapa de escanear/varrer o modelo físico em um scanner 3D a laser em superfícies de textura claramente visíveis a olho nu ter o espaçamento entre os pontos de cerca de 1 mm.
7. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela nuvem de pontos ser tratada para remover dados não interessantes à análise.

8. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por obter arquivo(s) digital(is) com as coordenadas X, Y e Z que descrevem a superfície do objeto.
9. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por unir os pontos da nuvem de pontos tratada três a três formando uma série de triângulos, para criar uma malha tridimensional da superfície da peça.
10. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por armazenar os dados em um arquivo digital adequado.
11. Processo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo arquivo digital adequado estar no formato STL.
12. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 10, caracterizado pelo arquivo digital adequado ser diretamente exportado para um programa CAM.
13. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo material a ser usinado ser um material flexível.
14. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 13, caracterizado pelo material flexível ser espuma de poliuretano.
15. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 14, caracterizado pela espuma de poliuretano ser de densidade entre 10 e 60 kg/m<sup>3</sup>.
16. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 15, caracterizado pela espuma de poliuretano ser de densidade de 50 kg/m<sup>3</sup>.
17. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela etapa de usinagem ser do tipo fresamento.
18. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por utilizar ferramentas de fresa de topo reta para desbaste e uma fresa de topo esférica para acabamento.
19. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 18, caracterizado por utilizar ferramentas de fresa de topo reta para desbaste e uma fresa de topo esférica para acabamento com 6mm de diâmetro.
20. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 18, caracterizado por utilizar parâmetros de corte a rotação de 20.000RPM.

21. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 18, caracterizado por utilizar taxa de avanço de 1.000mm/min.
22. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 18, caracterizado por utilizar profundidades de corte máxima de 30mm para desbaste.
23. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 18, caracterizado por utilizar profundidades de corte máxima de 6mm para acabamento.
24. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 18, caracterizado pelo corte ser discordante.
25. Assentos e/ou encostos para correção de alterações posturais caracterizados por serem produzidos pelo processo de produção de assentos e/ou encostos para correção de alterações posturais compreendendo as etapas de:
  - a) construção de um molde físico a partir da geometria do paciente;
  - b) processamento computacional do molde obtido em a);
  - c) realização da usinagem CNC sobre material flexível utilizando os dados obtidos em b).
26. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pela obtenção do molde físico ser pela modelagem manual e personalizada.
27. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pela construção do molde físico compreender a utilização de gesso sobre a geometria do paciente.
28. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pela etapa de escanear/varrer o modelo físico em um scanner 3D a laser ter o espaçamento entre os pontos necessariamente menor que o tamanho dos detalhes que se deseja alcançar.
29. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pela etapa de escanear/varrer o modelo físico em um scanner 3D a laser em superfícies de textura claramente visíveis a olho nu ter o espaçamento entre os pontos na faixa de 0,01mm a 10mm.

30. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 29, caracterizado pela etapa de escanear/varrer o modelo físico em um scanner 3D a laser em superfícies de textura claramente visíveis a olho nu ter o espaçamento entre os pontos de cerca de 1 mm.
31. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pela nuvem de pontos ser tratada para remover dados não interessantes à análise.
32. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado por obter arquivo(s) digital(is) com as coordenadas X, Y e Z que descrevem a superfície do objeto.
33. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado por unir os pontos da nuvem de pontos tratada três a três formando uma série de triângulos, para criar uma malha tridimensional da superfície da peça.
34. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado por armazenar os dados em um arquivo digital adequado.
35. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo arquivo digital adequado estar no formato STL.
36. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 34, caracterizado pelo arquivo digital adequado ser diretamente exportado para um programa CAM.
37. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo material a ser usinado ser um material flexível.
38. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 37, caracterizado pelo material flexível ser espuma de poliuretano.
39. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 38, caracterizado pela espuma de poliuretano ser de densidade entre 10 e 60 kg/m<sup>3</sup>.
40. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 39, caracterizado pela espuma de poliuretano ser de densidade de 50 kg/m<sup>3</sup>.

41. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pela etapa de usinagem ser do tipo fresamento.
42. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado por utilizar ferramentas de fresa de topo reta para desbaste e uma fresa de topo esférica para acabamento.
43. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 42, caracterizado por utilizar ferramentas de fresa de topo reta para desbaste e uma fresa de topo esférica para acabamento com 6mm de diâmetro.
44. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 41, caracterizado por utilizar parâmetros de corte a rotação de 20.000RPM.
45. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 41, caracterizado por utilizar taxa de avanço de 1.000mm/min.
46. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 41, caracterizado por utilizar profundidades de corte máxima de 30mm para desbaste.
47. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 41, caracterizado por utilizar profundidades de corte máxima de 6mm para acabamento.
48. Assentos e/ou encostos, de acordo com a reivindicação 25 ou 41, caracterizado pelo corte ser discordante.

**Figuras**

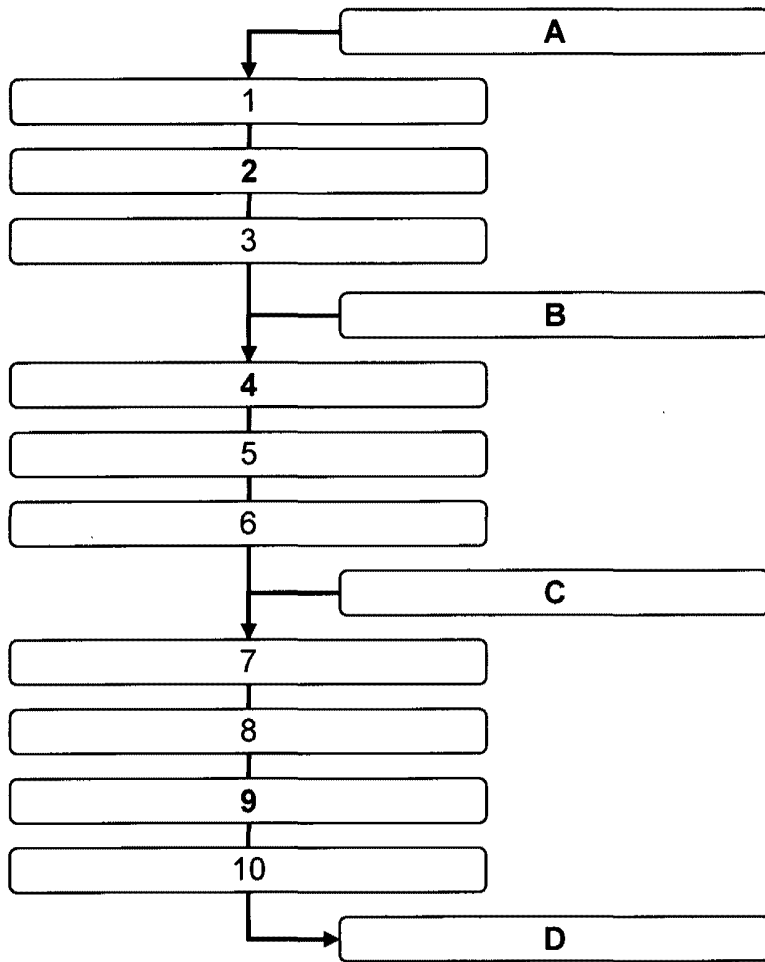


Figura 1



Anexos

Figura 2

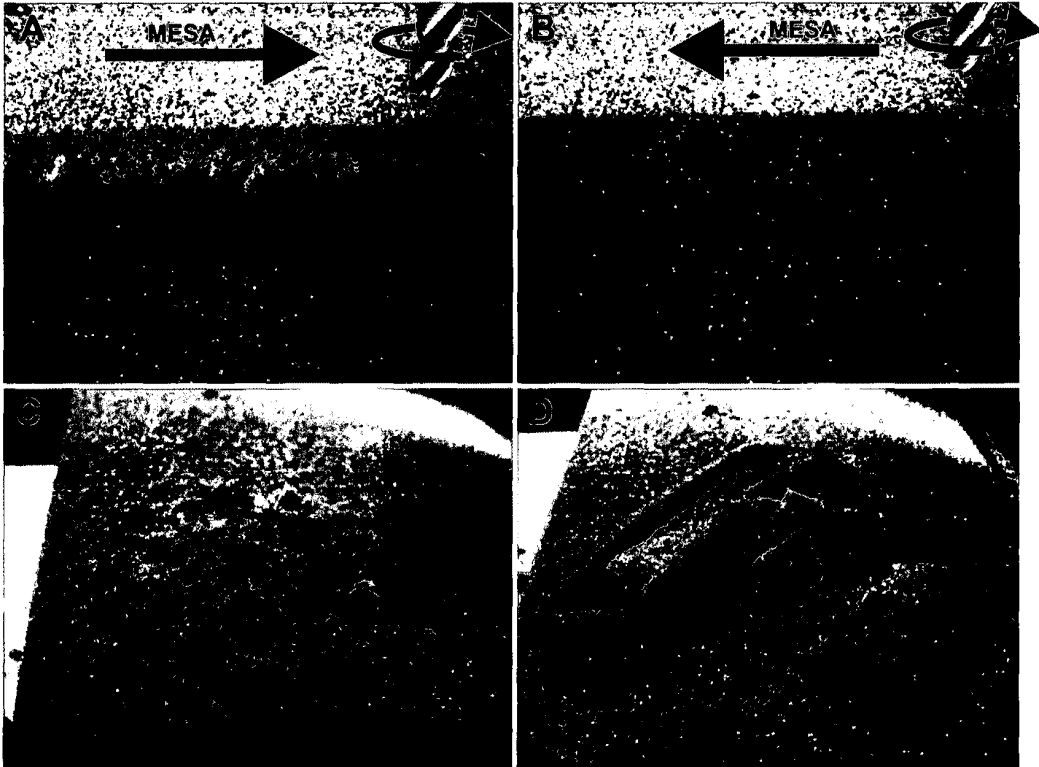
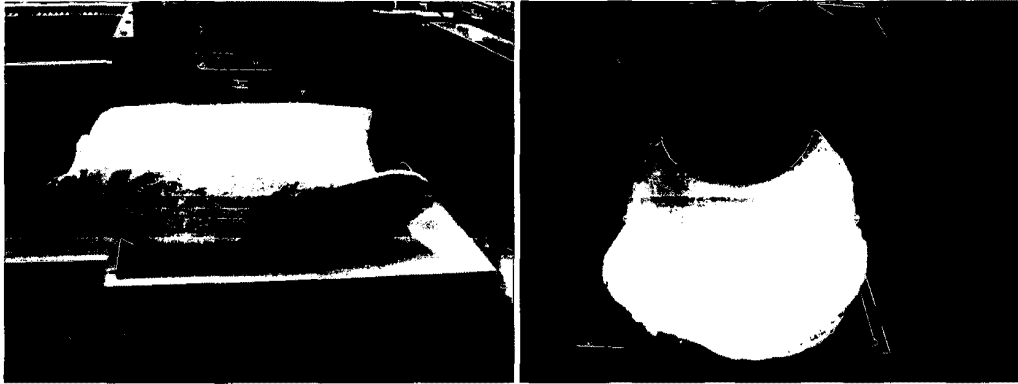


Imagem 1

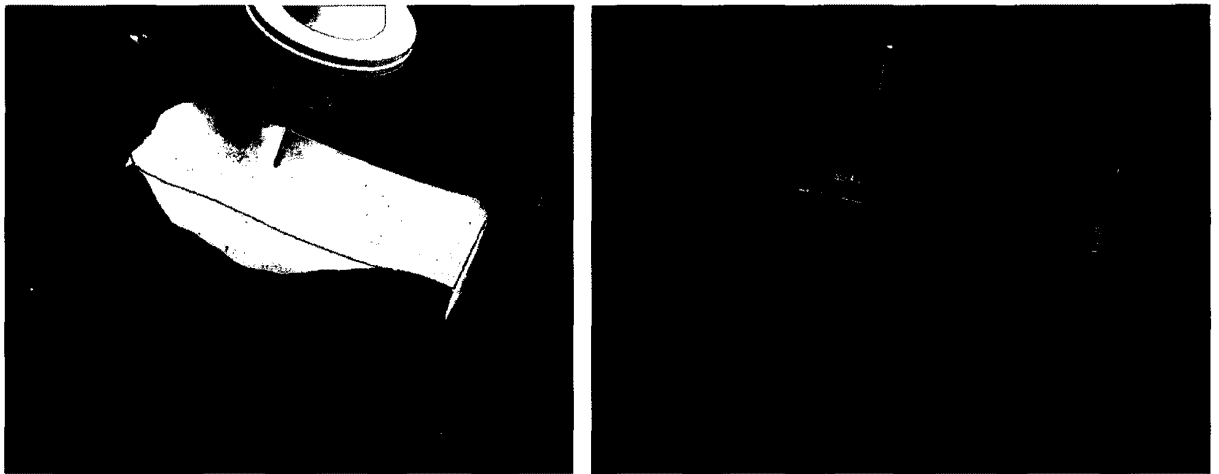


(a)

(b)

5

Imagem 2



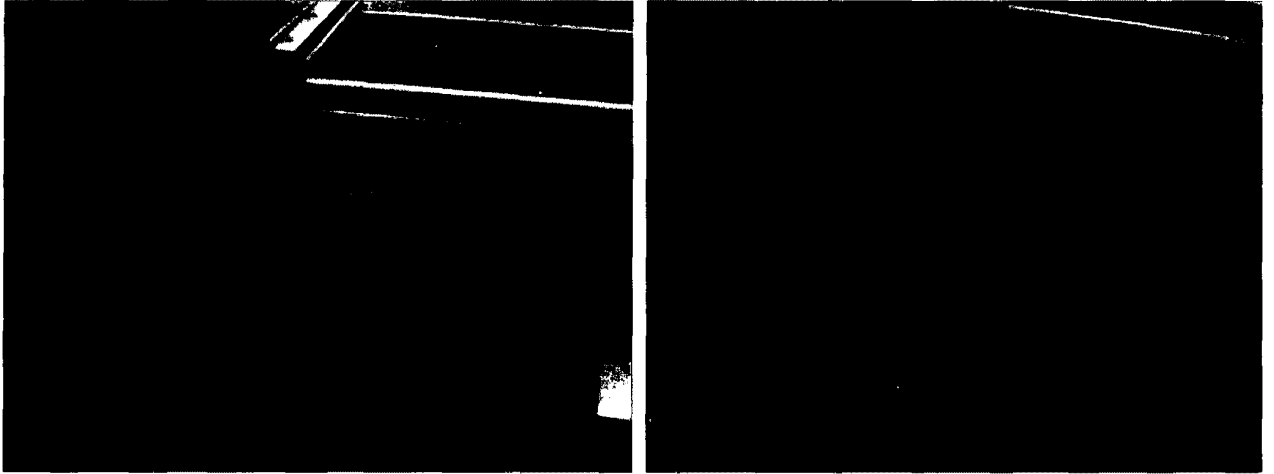
(a)

(b)

10

15

Imagem 3



(a)

(b)

5

Imagem 4



10

**Resumo****PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PERSONALIZADOS  
E ASSENTOS E/OU ENCOSTOS PRODUZIDOS PELO PRESENTE PROCESSO**

- 5 A presente invenção está relacionada a um processo de produção de assentos/encostos personalizados utilizando a digitalização tridimensional a laser e a usinagem CNC e aos assentos e/ou encostos produzidos por tal processo.