

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

**(21) BR 10 2013 006808-0 A2**



**(51) Int.Cl.:**  
A61F 2/36  
A61F 2/34  
A61F 2/40  
A61L 27/10

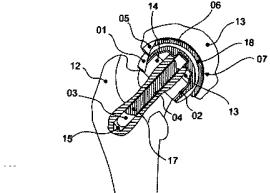
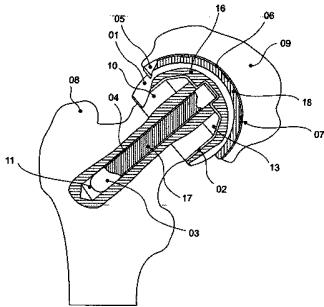
**(22) Data de Depósito: 25/03/2013**  
**(43) Data da Publicação: 18/11/2014**  
**(RPI 2289)**

**(54) Título:** PRÓTESE CIRÚRGICA DE RECAPEAMENTO DE QUADRIL EM CERÂMICA POROSA MULTIDENSA COM GRADIENTE FUNCIONAL E SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO

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

**(72) Inventor(es):** BENEDITO DE MORAES PURQUERIO, CARLOS ALBERTO FORTULAN, RENAN BOTEGA

**(57) Resumo:** PRÓTESE CIRÚRGICA DE RECAPEAMENTO DE QUADRIL EM CERÂMICA POROSA MULTIDENSA COM GRADIENTE FUNCIONAL E SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO A presente invenção se refere a uma prótese cirúrgica não metálica constituída por uma cabeça femoral, uma haste femoral e um acetáculo pélvico para ser utilizada na artroplastia de recapeamento de extremidades esferoides ou condilares de ossos em geral e em particular de fêmures humanos e caninos e de animais de qualquer porte que apresentem quaisquer moléstias dessas articulações sinoviais; a prótese cirúrgica de recapeamento de extremidades ósseas em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional foi projetada para ser fabricada com materiais não metálicos tais como os cerâmicos e compósitos cerâmicos e ou poliméricos e compósitos poliméricos; a prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional traz em seu bojo soluções inovadoras relativamente ao seu projeto, aos seus materiais e às suas alternativas técnicas de produção; envolve coprensagem cerâmica axial em duplo estágio e isostática, em alta e baixa pressão, usinagens inovadoras a verde e após a sinterização de esferas cerâmicas compostas pelos elementos constituintes da prótese cirúrgica de recapeamento de extremidades ósseas: a cabeça femoral e o acetáculo pélvico.



**PRÓTESE CIRÚRGICA DE RECAPEAMENTO DE QUADRIL EM CERÂMICA  
POROSA MULTIDENSA COM GRADIENTE FUNCIONAL E SEU PROCESSO DE  
PRODUÇÃO**

**CAMPO DA INVENÇÃO**

5        A presente invenção se insere no campo de implantes para ortopedia uma vez que se refere a uma prótese cirúrgica não metálica para cirurgias ortopédicas de artroplastia de recapeamento de quadril. Mais especificamente, pode ser utilizada para o recapeamento de  
10      extremidades esferoides ou condilares de ossos em cirurgias de artroplastia de quadril ou ombro de jovens, adultos e idosos, bem como em quadril de animais de qualquer porte, que apresentem quaisquer moléstias dessas articulações sinoviais.

**15      DESCRIÇÃO DO ESTADO DA TÉCNICA**

***Fundamentos da Invenção***

      A artroplastia de recapeamento (*resurfacing*) de fêmures de quadril tem sido uma técnica atraente por estar mais próxima da anatomia natural do quadril e atualmente 20 tem mostrado excelentes resultados em pacientes jovens e ativos. A utilização de recapeamento (*resurfacing*) de quadril em pacientes mais velhos tem sido também muito bem 25 recebida pelos cirurgiões ortopédicos, em substituição das próteses convencionais de quadril, principalmente devido ao alto risco de fraturas do colo femoral no pós-operatório devido, por exemplo, ao processo de osteoporose comum nesses pacientes.

      A escolha da artroplastia de quadril com prótese de recapeamento ao invés da prótese total convencional tem 30 sido crescente, especialmente com relação aos pacientes

mais jovens. O sucesso clínico da primeira tem sido relatado em 94% a 100% dos pacientes que se submeteram ao recapeamento em curto e médio prazo, de modo a fornecer resultados comparáveis aos das próteses convencionais para 5 artroplastia total do quadril com uma grande vantagem, a maior preservação óssea pós-cirurgia. Além disso, o recapeamento do quadril representa o desenvolvimento recente mais significativo na artroplastia de quadril, pois o estoque ósseo proximal do fêmur é preservado, a tensão é 10 transferida para a região proximal do fêmur, e a estabilidade e a movimentação fisiológica são melhores.

Ainda não se tem um registro consentâneo de próteses de recapeamento de quadril em materiais cerâmicos, todavia, as próteses comerciais de recapeamento de quadril em metal 15 para a artroplastia total do quadril têm permitido, desde o seu início, a introdução de novos conceitos em próteses cirúrgicas de recapeamento. Os primeiros resultados ainda continuam sendo desencorajadores devido a complicações comuns, como o afrouxamento precoce do implante e fratura 20 do colo femoral devido à grande diferença entre os módulos elásticos metal e osso que levam aos problemas de desconforto e dor após a artroplastia usando próteses metal-no-metal.

Embora as próteses cirúrgicas de quadril de 25 recapeamento modernas de metal-no-metal ofereçam a preservação do osso e restauração da função em pacientes adequadamente selecionados, o maior problema encontrado nessas próteses metálicas é o constante aumento no nível de íons metálicos no sangue. Estudos recentes têm mostrado que 30 35,0% dos pacientes submetidos à artroplastia de quadril

nos Estados Unidos, usando próteses cirúrgicas de metal-no-metal, tiveram os níveis de íons metálicos de cobalto (Co) e cromo (Cr) aumentados na circulação; aumento este da ordem de 10 vezes mais os níveis encontrados em indivíduos 5 sem artroplastias de quadril. Esse fato levou os EUA, através da FDA (*Food and Drug Administration*) a insistir no acompanhamento prospectivo dos níveis de Co e Cr no sangue dos pacientes implantados com as próteses de quadril metal-no-metal. Esse evento teve repercussão mundial e, agências 10 reguladoras de saúde como as do Reino Unido, publicaram recentemente diretrizes recomendando o uso dos níveis sanguíneos de íon de metal para investigar pacientes com artroplastia de quadril metal-no-metal.

Portanto, já são conhecidas inúmeras próteses 15 metálicas utilizadas em artroplastia de recapeamento de quadril, mas, todas elas estão sujeitas ao inevitável desgaste metálico decorrente dos próprios materiais (metais) com que são fabricadas, que resultam nos inconvenientes descritos pela literatura, particularmente, 20 a dor provocada por esse tipo de prótese, seja a convencional ou de recapeamento, após a artroplastia total do quadril.

Por outro lado, estudos tem mostrado que o par 25 tribológico de materiais cerâmicos usados em artroplastia total convencional do quadril reduz significativamente a taxa de revisão causada pelo desgaste da prótese que gera a temível subsequente osteólise. Entre os materiais cerâmicos mais importantes usados encontram-se os compósitos de alumina/zircônia, devido as suas propriedades particulares, 30 que melhoram e permitem projetos desafiadores em

artroplastia de quadril comparado com alumina tradicional; outros estudos também comprovam que esferas de implantes de quadril utilizando somente zircônia ficam sujeitas ao fracasso da corrosão sob tensão e não são recomendadas para 5 a aplicação em próteses cirúrgicas de quadril de qualquer tipo.

Sabe-se que o custo médio de uma prótese cirúrgica comercial metal-no-metal para o recapeamento de quadril, sem os custos da cirurgia, é da ordem de R\$30.000,00, no 10 Brasil, custo este economicamente inviável para o mercado brasileiro e, muito menos, para o Sistema Único de Saúde - SUS nacional. Sabe-se também, que à parte dos materiais metálicos para implantes de quadril, não existe disponibilidade de outros que sejam eficientes em termos de 15 rigidez e resistência mecânicas combinadas com as indispensáveis características biológicas. Portanto, torna-se interessante voltar a atenção aos materiais que combinam propriedades de biocompatibilidade, estabilidade dimensional, estabilidade química e resistência mecânica, 20 tais como as inerentes às cerâmicas e também aos polímeros, objetos desta proposta de patente.

Segundo a literatura e conforme o subcomitê para a caracterização de sólidos porosos da IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), materiais macro 25 porosos apresentam poros com dimensões maiores que 50,0  $\mu\text{m}$ . No entanto, para que haja condutividade óssea no material considerado macro poroso é necessário que ele apresente poros com diâmetro equivalente maior que 100,0  $\mu\text{m}$ ; e que a porosidade ótima para estruturas porosas de cerâmicas está 30 relacionada à necessidade de fornecer um suprimento

sanguíneo ao tecido conectivo em crescimento, fator que ocorre em matrizes com poros maiores que 100,0 $\mu$ m, que permitem o desenvolvimento de um sistema de vasos capilares, entremeado com a estrutura porosa, como ocorre na prótese ora pleiteada.

*Antecedentes da Invenção*

Diversos documentos de patente referentes a próteses com hastes convencionais e de recapeamento de quadril, ou substituição do colo e cabeça femoral são encontradas no estado da técnica, tais como, por exemplo, as patentes EP1025814, EP0202141, EP0340174, US7695521, US5181929 e US4813959.

A publicação WO2011107859 descreve uma prótese que pode ser utilizada em cirurgia de recapeamento do quadril e como prótese de primeira revisão, sendo feita de material cerâmico simples com densidade não variável que não apresenta características de porosidade controlada, densidade variável, gradiente funcional e fixação biológica definida.

A Birmingham Hip Resurfacing (BHR) desenvolveu uma prótese para artroplastia de quadril do tipo cerâmica-nometal como alternativa para pacientes com alergias a metais. Essa prótese tem muito menos metal do que as convencionais facilitando assim seu uso por pacientes alérgicos. A prótese BMHR é feita em três componentes, a haste modular, a cabeça femoral e o acetábulo. A cabeça modular e o acetábulo são feitos de uma liga de cromo/cobalto, a haste femoral é feita de uma liga de titânio e revestida de material cerâmico, como a hidroxiapatita; e gera esforços indesejáveis na furação da extremidade femoral podendo ocorrer ruptura da mesma.

### ***Vantagens da Invenção***

A prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional desta patente é uma alternativa para a artroplastia de quadril 5 também de pacientes que tenham problemas de alergia de metais. Os metais no organismo humano, como se sabe, além de promover o constante aumento no nível de íons metálicos no sangue em até 10 vezes mais em indivíduos implantados comparativamente com os níveis encontrados em indivíduos 10 sem implantes metálicos, causam também reações adversas em pacientes com alergia por metais.

Visando: solucionar os inconvenientes e incertezas relativos à qualidade da resposta imunológica do organismo humano como os supracitados que se utilizam de próteses 15 metálicas, inviabilizar os dois mais importantes parâmetros que garantem o sucesso das próteses cirúrgicas em geral e, em particular, as próteses cirúrgicas de recapeamento de quadril, a previsibilidade e a estabilidade; oferecer alternativas e técnicas inovadoras para o projeto e 20 fabricação de prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em materiais não metálicos; foi desenvolvida a prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional constante deste documento.

25 A prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional desta proposta destaca-se como uma nova tecnologia para as cirurgias ortopédicas de artroplastia de quadril de recapeamento; e, certamente, eliminará as situações 30 negativas oferecidas pelas próteses metálicas similares

encontradas hoje no mercado, relativamente às situações onde a debilitada resposta imunológica de indivíduos candidatos à artroplastia de quadril coloquem em risco a estabilidade pós-cirúrgica da prótese.

5 A nova prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional para a artroplastia de quadril em humanos, que também é adequada para animais de pequeno porte, foi projetada para ser fabricada com materiais não metálicos: cerâmicos e  
10 compósitos cerâmicos e ou poliméricos e compósitos poliméricos.

#### ***Objetivo da Invenção***

A prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional para a artroplastia de quadril desta invenção foi desenvolvida para o recapeamento de extremidades esferoides ou condilares de ossos em cirurgias de artroplastia como a de quadril ou ombro de jovens, adultos e idosos, que apresentem quaisquer moléstias dessas articulações sinoviais; bem como na artroplastia de quadril de animais de qualquer porte, podendo, em qualquer caso, ser utilizada em hospitais, clínicas de cirurgias ortopédicas e veterinárias, ou instituições similares. Esta prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional para a artroplastia de quadril pode ser obtida em tamanhos diferentes para atender os diversos padrões desse tipo de prótese de recapeamento de extremidades ósseas humanas, bem como de animais de pequeno porte, podendo ser usada preferencialmente para  
25 sanar moléstias da articulação sinovial esferoide de ossos  
30

longos.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

A presente invenção se refere a uma prótese cirúrgica produzida com materiais pertencentes ao grupo consistido de 5 materiais cerâmicos, poliméricos, porosos e multidensos e apresentar gradiente funcional, para o recapeamento de extremidades esferoides ou condilares de ossos longos; mais especificamente, trata de uma prótese que não contém materiais metálicos, capaz de revestir extremidades de 10 ossos como os de quadril com precisão e qualidade podendo assim garantir uma reabilitação mais rápida ao usuário. A prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em material poroso multidenso com gradiente funcional é composta de três partes, a cabeça femoral que pode ter vários tamanhos, 15 a haste femoral em tamanho único ou de acordo com a cabeça femoral, e o acetáculo pélvico que pode ter vários tamanhos em correspondência com a cabeça femoral. A cabeça femoral e o acetáculo pélvico são feitos de materiais cerâmicos, porosos, multidensos e em gradiente funcional; a haste 20 femoral é feita de materiais cerâmicos ou poliméricos, porosos, multidensos e em gradiente funcional; se fabricada em materiais poliméricos pode ser reforçada ou não com fibras de carbono ou materiais similares. A cabeça femoral tem sua parte cerâmica externa densa e polida e a sua parte 25 cerâmica interna, que entra em contato com o tecido ósseo da extremidade do osso, porosa, multidensa e em gradiente funcional; o acetáculo pélvico tem sua parte cerâmica interna densa e polida e a sua parte cerâmica externa, que entra em contato com o tecido ósseo do quadril, porosa, 30 multidensa e em gradiente funcional; a haste femoral que é

inserida na furação da extremidade do osso na artroplastia de quadril tem um núcleo denso e uma superfície porosa multidensa em gradiente funcional que fica em contato com o tecido ósseo; a haste femoral em material polimérico pode 5 ser reforçada ou não com fibras de carbono.

A prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em material poroso multidenso, cerâmico ou polimérico ou compósito com gradiente funcional, pode ser utilizada em 10 cirurgias de crianças, jovens, adultos e idosos, bem como em animais de qualquer porte, que apresentem quaisquer moléstias da articulação sinovial de ossos longos.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

A figura 1A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da prótese cirúrgica total de recapeamento 15 de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional, implantada em um fêmur humano.

A figura 1B é uma representação gráfica da vista frontal em corte da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente 20 funcional, implantada em um fêmur canino.

A figura 2A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional, mostrando seus três componentes, a esfera 25 femoral, a haste femoral e o acetábulo pélvico do quadril.

A figura 2B é uma representação gráfica em perspectiva da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional, mostrando seus três componentes, a esfera femoral, a haste 30 femoral e o acetábulo pélvico do quadril.

A figura 2C é uma representação gráfica da vista frontal em corte do acetábulo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

5 A figura 2D é uma representação gráfica da vista frontal em corte da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

10 A figura 2E é uma representação gráfica da vista frontal em corte da haste femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

15 A figura 3A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da primeira fase do processo de prensagem axial com duplo efeito da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

20 A figura 3B é uma representação gráfica da vista frontal em corte da segunda fase do processo de prensagem axial com duplo efeito da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

25 A figura 4A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da primeira fase do processo de prensagem axial com duplo efeito do setor esférico complementar da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

30 A figura 4B é uma representação gráfica da vista frontal em corte da segunda fase do processo de prensagem

axial com duplo efeito do setor esférico complementar da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

5 A figura 5A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da preparação da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional, com filme elastomérico, para a prensagem isostática.

10 A figura 5B é uma representação gráfica da vista frontal em corte da preparação do setor esférico complementar da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional, com filme elastomérico, para a 15 prensagem isostática.

A figura 6A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional, após a prensagem 20 isostática e remoção do filme elastomérico.

A figura 6B é uma representação gráfica da vista frontal em corte do setor esférico complementar da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente 25 funcional, após a prensagem isostática e remoção do filme elastomérico.

A figura 6C é uma representação gráfica da vista frontal em corte da montagem de preparação da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de 30 quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente

funcional com o seu setor esférico complementar, utilizando mistura de ceras como adesivos, para a realização do processo de usinagem a verde.

A figura 7A é uma representação gráfica do processo de 5 usinagem a verde, na posição excêntrica horizontal, da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional colada ao seu setor esférico complementar pela mistura de ceras como adesivos.

10 A figura 7B é uma representação gráfica do processo de usinagem a verde, na posição excêntrica vertical, da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional colada ao seu setor esférico complementar pela 15 mistura de ceras como adesivos.

A figura 8A é uma representação gráfica da preparação da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, sobre a mobília suporte, para o 20 processo de sinterização.

A figura 8B é uma representação gráfica ilustrando a retração da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional após o processo de sinterização.

25 A figura 8C é uma representação gráfica da preparação do setor esférico complementar da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, sobre a mobília suporte, para o processo de sinterização.

30 A figura 8D é uma representação gráfica ilustrando a

retração do setor esférico complementar da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional após o processo de sinterização.

5 A figura 9A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da montagem de preparação da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional com o seu setor esférico complementar, ambos sinterizados, utilizando mistura de ceras como adesivos, para a realização do processo de usinagem de retificação, lapidação e polimento.

10 A figura 9B é uma representação gráfica em perspectiva da montagem de preparação da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional com o seu setor esférico complementar, ambos sinterizados, utilizando mistura de ceras como adesivos, para a realização do processo de usinagem de retificação, lapidação e polimento.

15 A figura 10A é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de retificação, na posição excêntrica horizontal, da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional colada ao seu setor esférico complementar pela mistura de ceras como adesivos.

20 A figura 10B é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de lapidação, na posição excêntrica horizontal, da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica

porosa multidensa em gradiente funcional colada ao seu setor esférico complementar pela mistura de ceras como adesivos.

A figura 10C é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de polimento, na posição excêntrica horizontal, da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional colada ao seu setor esférico complementar pela mistura de ceras como adesivos.

A figura 10D é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de polimento, na posição excêntrica vertical, da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional colada ao seu setor esférico complementar pela mistura de ceras como adesivos.

A figura 11A é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de retificação, na posição excêntrica horizontal, da face plana da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional.

A figura 11B é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de retificação, na posição excêntrica horizontal, do chanframento externo da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional.

A figura 11C é uma representação gráfica da vista

frontal em corte do processo de usinagem de retificação, na posição excêntrica horizontal, do chanframento interno da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente 5 funcional.

A figura 11D é uma representação gráfica da vista frontal em corte da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional concluída.

10 A figura 11E é uma representação gráfica em perspectiva da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional concluída.

A figura 12A é uma representação gráfica da vista 15 frontal em corte do molde para prensagem isostática da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, sem a tampa de fechamento.

A figura 12B é uma representação gráfica da vista 20 frontal em corte do molde para prensagem isostática da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, sem a tampa de fechamento, revestido com a barbotina de cerâmica porosa.

25 A figura 12C é uma representação gráfica da vista frontal em corte do molde para prensagem isostática da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, sem a tampa de fechamento, revestido 30 com a barbotina de cerâmica porosa e preenchido com a

cerâmica a ser prensada isostaticamente.

A figura 12D é uma representação gráfica da vista frontal em corte do molde para prensagem isostática da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de 5 recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, com a tampa de fechamento, revestido com a barbotina de cerâmica porosa e preenchido com a cerâmica a ser prensada isostaticamente.

A figura 13A é uma representação gráfica da vista 10 frontal em corte da usinagem a verde extremidade distal da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional.

A figura 13B é uma representação gráfica da vista 15 frontal em corte da usinagem a verde extremidade proximal da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional.

A figura 14A é uma representação gráfica da preparação 20 da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, sobre a mobília suporte, para o processo de sinterização.

A figura 14B é uma representação gráfica ilustrando a 25 retração da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional após o processo de sinterização.

A figura 14C é uma representação gráfica da vista 30 frontal em corte da haste da cabeça femoral da prótese

cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional concluída.

A figura 14D é uma representação gráfica em perspectiva da haste da cabeça femoral da prótese cirúrgica 5 total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional concluída.

A figura 15A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da primeira fase do processo de prensagem axial com duplo efeito do acetábulo pélvico da prótese 10 cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

A figura 15B é uma representação gráfica da vista frontal em corte da segunda fase do processo de prensagem axial com duplo efeito do acetábulo pélvico da prótese 15 cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional.

A figura 16A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da primeira fase do acetábulo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em 20 cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional, após a prensagem isostática.

A figura 16B é uma representação gráfica em perspectiva do acetábulo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa 25 com gradiente funcional, após a prensagem isostática.

A figura 16C é uma representação gráfica da vista frontal em corte da montagem de preparação de dois acetábulos pélvicos para cabeças femorais da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica 30 porosa multidensa em gradiente funcional, montados em uma

esfera rígida, utilizando uma mistura de ceras como adesivo.

A figura 16D é uma representação gráfica da vista frontal em corte da montagem de preparação de dois acetábulos pélvicos para cabeças femorais da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, montados em uma esfera rígida, com uma mistura de ceras como adesivo, e envoltos em uma película elastomérica para a realização da prensagem isostática.

A figura 17A é uma representação gráfica da preparação do acetáculo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, sobre a mobília suporte, para o processo de sinterização.

A figura 17B é uma representação gráfica ilustrando a retração do acetáculo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional após o processo de sinterização.

A figura 18A é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de retificação, da face plana do acetáculo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional.

A figura 18B é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de retificação de chanframento interno do acetáculo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional.

A figura 18C é uma representação gráfica da vista

frontal em corte do processo de usinagem de retificação de chanframento externo do acetábulo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional.

5 A figura 18D é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de lapidação e ou interno do acetábulo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional.

10 A figura 19A é uma representação gráfica da vista frontal em corte da montagem de preparação de dois acetábulos pélvicos para cabeças femorais da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, montados em uma 15 esfera rígida, com uma mistura de ceras como adesivo.

A figura 19B é uma representação gráfica da vista frontal em corte do processo de usinagem de retificação, na posição excêntrica horizontal, de um par de acetábulos pélvicos da prótese cirúrgica total de recapeamento de 20 quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional, montados em uma esfera rígida, com uma mistura de ceras como adesivo.

A figura 20A é uma representação gráfica da vista frontal em corte do acetábulo pélvico da prótese cirúrgica 25 total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional concluído.

A figura 20B é uma representação gráfica em perspectiva do acetábulo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa em 30 gradiente funcional concluído.

**DESCRÍÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

A prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril produzida em materiais cerâmicos, poliméricos ou compósitos porosos multidensos, com gradiente funcional, conforme pode 5 ser vista nas figuras 1A, 1B, 2A e 2B, compreende os seguintes elementos: uma cabeça femoral (01), uma haste femoral (03) e um acetábulo pélvico (05). A prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril, produzida em cerâmica porosa, multidensa, com gradiente funcional, foi 10 desenhada com geometria para ser utilizada na artroplastia de recapeamento de extremidades esferoides de fêmures (08) em cirurgias de artroplastia de quadril ou ombro de jovens, adultos e idosos; bem como na artroplastia de quadril de animais de qualquer porte, como pode ser visto na figura 15 1A, para fêmures humanos e figura 1B para fêmures (12) caninos. Nas figuras 1A e 1B, que ilustram fêmures humano (08) e canino (12), respectivamente, a furação (11) ou (15), por sua vez, onde se insere a haste (03) da prótese e a extremidade modelada na forma cilíndrica (10) e (14), 20 respectivamente, onde se acopla a cabeça femoral (01) da prótese, são semelhantes para qualquer tamanho de prótese, como as ilustradas nessas figuras; as operações de preparo para o assentamento da prótese de recapeamento são realizadas com ferramental especial nas extremidades ósseas 25 de fêmures humanos (08) e de fêmures caninos (12), e são necessárias para acoplar e posicionar a prótese cirúrgica de recapeamento com segurança e precisão.

**Descrição da Cabeça Femoral (01) da Prótese Cirúrgica Total de Recapeamento**

30 A cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica de

recapeamento, conforme mostrada na figura 2D, tem uma estrutura cerâmica densa (16) e sua superfície exterior (23) esférica, é polida com alta precisão dimensional e de forma; já a sua superfície interior (02), que fica em 5 contato com a superfície do osso, é porosa, multidensa e em gradiente funcional; a superfície porosa interior (02) da cabeça femoral (01) que tem um diâmetro entre 10,0 a 70,0 mm e uma espessura entre 0,5 a 2,0 mm pode conter, desde o processo de produção, materiais osteoindutores como o 10 biovidro 45S5 e a hidroxiapatita e fatores de crescimento ósseo como as proteínas morfogenéticas como a BMP e similares. A cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica de recapeamento dispõe de um alojamento ou furo cilíndrico (20) para o acoplamento da haste femoral (03); dispõe 15 também de chanfros (21) ou arredondamentos interno e externo de acabamento.

A cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica de recapeamento é obtida por um processo de produção simples e inédito. São utilizadas duas etapas de coprensagem cerâmica 20 na fabricação da cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica de recapeamento total desta patente de invenção: a prensagem uniaxial em duplo estágio entre 30,0 a 60,0 MPa e a prensagem isostática entre 100 a 300,0 MPa.

A figura 3A mostra o ferramental em aço liga especial 25 para realizar a prensagem uniaxial em duplo estágio entre 30,0 a 60,0 MPa da cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica de recapeamento; o ferramental é composto por uma matriz (25) com uma cavidade hemisférica e um anel complementar (26) para em conjunto formar uma cavidade hiperesférica 30 (27), que recebe os materiais cerâmicos para serem

prensados, com forma idêntica a da geometria externa da cabeça femoral (01), um punção (28) com uma geometria externa (30) idêntica à forma interna da cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica e uma base ou camisa (35) para 5 guiar a matriz (25), o anel complementar (26) e o punção (28), durante a operação de prensagem uniaxial de duplo estágio. O punção (28), antes da prensagem uniaxial, é revestido externamente com uma camada de barbotina cerâmica (31) composta por agentes porogênicos, materiais 10 osteoindutores como o biovidro 45S5 e hidroxiapatita ou similares; essa camada de barbotina cerâmica (31) irá formar a superfície porosa interna (02) da cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica e proporcionará para a prótese cirúrgica de recapeamento, o aspecto multidenso e em 15 gradiente funcional.

A figura 3B mostra o ferramental de prensagem uniaxial em operação sob a ação do carregamento (32) da prensa axial que conforma a composição dos materiais cerâmicos depositada na cavidade hiperesférica (27) e produz a cabeça 20 femoral ainda a verde (33) da prótese cirúrgica de recapeamento, densa (34) externamente e com uma camada superficial porosa (31) internamente um pouco mais fina, resultante da barbotina cerâmica comprimida.

A figura 4A mostra o ferramental em aço liga especial 25 para realizar a prensagem uniaxial em duplo estágio entre 30,0 a 60,0 MPa da calota cerâmica utilizada durante o processo de usinagem a verde da cabeça femoral (33) da prótese cirúrgica de recapeamento. Preferencialmente, a prensagem uniaxial em duplo estágio é a 50,0 MPa.

30 O ferramental para gerar a calota cerâmica, cuja

geometria corresponde a da cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica de recapeamento, é composto por uma matriz (37) com uma cavidade em forma de calota esférica (38) para receber os materiais cerâmicos a serem prensados, um punção 5 (39) plano e uma base ou camisa (36) para guiar a matriz (37) e o punção (39), durante a operação de prensagem uniaxial.

A figura 4B mostra o ferramental de prensagem uniaxial em operação sob a ação do carregamento (32) da prensa axial 10 que conforma a composição de materiais cerâmicos depositada na cavidade em forma de calota esférica (38); essa operação produz a peça a verde (40), densa, da calota esférica para ser utilizada durante o processo de usinagem a verde da cabeça femoral (33) da prótese cirúrgica de recapeamento.

15 Os dois processos cerâmicos em coprensagem utilizados na fabricação da cabeça femoral e do acetábulo pélvico da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em materiais ou compósitos cerâmicos porosos multidensos com gradiente funcional desta patente de invenção são 20 realizados em sequência, em primeiro lugar a prensagem uniaxial em duplo estágio entre 30,0 a 60,0 MPa, preferencialmente, 50 MPa e em segundo lugar, a prensagem isostática via úmido entre 100,0 a 300,0 MPa, preferencialmente a 200,0 MPa.

25 As figuras 5A e 5B, respectivamente, ilustram a preparação da cabeça femoral a verde (33) e da calota esférica a verde (40) para a prensagem isostática. Ambas as peças, a cabeça femoral a verde (33) com um inserto metálico (41) que mantém a mesma geometria dimensional 30 interna definida durante e após a prensagem isostática, e a

calota esférica a verde (40) são encapsuladas por uma película (42) de filme elastomérico selado a vácuo para serem prensadas isostaticamente via úmido; durante a prensagem, a pressão isostática (43) do processo age 5 igualmente sobre toda a superfície das peças sendo prensadas.

Após a prensagem isostática, conforme descrito, a cabeça femoral a verde (33) e a calota esférica a verde (40) adquirem maior densidade e diminuem de tamanho em até 10 5,0%; mantém a mesma forma geométrica original e transformam-se em peças mais densas, ou seja, a cabeça femoral a verde (44) com uma camada superficial porosa (45) internamente mais fina e a calota esférica a verde (46), respectivamente, conforme ilustram as figuras 6A e 6B.

15 A usinagem a verde da cabeça femoral (44) é peculiar e inovadora. Para isso, ela é colada a sua calota esférica a verde (46) correspondente, conforme mostra a figura 6C, utilizando como adesivo, uma mistura (47) em proporções iguais entre ceras, parafina e breu, a quente que mantém 20 assim, as duas peças cerâmicas unidas, formando uma esfera cerâmica para ser usinada a verde. Preferencialmente, as ceras são de origem animal, como as ceras de abelha.

As figuras 7A e 7B ilustram a usinagem a verde da cabeça femoral (44) da prótese cirúrgica total de 25 recapeamento de quadril colada à sua calota esférica a verde (46) correspondente, formando uma esfera cerâmica a verde. A usinagem da esfera cerâmica, no caso uma retificação a verde, pode ser realizada em retificadoras especiais de esferas semelhantes às usadas na produção de 30 esferas convencionais para rolamentos; pode ser retificada

a verde na horizontal como mostra a figura 7A ou na vertical como ilustra a figura 7B. Nessas máquinas retificadoras, a esfera cerâmica ilustrada na figura 6C a ser retificada a verde se apoia em arrastadores interno 5 (50), acionado por um eixo interno (51) e externo (48), acionado por um eixo concêntrico externo (49). O corte de material durante a retificação a verde da esfera cerâmica é realizado pelo rebolo de corte (52) adequado para o processo, montado no eixo motor (53), conforme mostra a 10 figura 7A. O eixo motor e os eixos dos arrastadores da esfera são excêntricos (54), têm rotações variáveis e sentido de rotação diverso, para permitir que o movimento livre da esfera sendo retificada entre eles seja completamente aleatório, garantindo assim a precisão de 15 forma esférica do produto acabado.

Concluída a retificação a verde da esfera cerâmica composta pela cabeça femoral (44) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril acoplada a sua calota esférica a verde (46) correspondente, ela é aquecida para 20 separar as duas partes e eliminar a mistura (47) de ceras, parafina e breu que as mantinha unidas. As duas partes separadas, são então levadas ao forno para realizar o processo de sinterização ou queima da cerâmica, que ocorre entre 1000,0 a 1700,0 °C. A cabeça femoral (44) e a sua 25 calota esférica (46) correspondente, ambas já retificadas a verde, são depositadas sobre a mobília (55) do forno, conforme ilustram as figuras 8A e 8C, respectivamente; é realizada a sinterização da cerâmica que transforma essas peças, com uma redução de aproximadamente 16% nas 30 dimensões, em duas peças agora sinterizadas, a cabeça

femoral (01) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril com uma camada superficial porosa (02) internamente mais fina e a sua calota esférica (58) correspondente, conforme mostram as figuras 8B e 8D respectivamente,  
5 prontas para os processos finais de acabamento, ou sejam, a retificação, a lapidação e o polimento.

Analogamente à retificação a verde da esfera cerâmica composta pela cabeça femoral a verde e a sua correspondente calota esférica, a usinagem de acabamento da cabeça femoral 10 (01) sinterizada também é inédita. Para isso, cabeça femoral (01) é colada a sua calota esférica sinterizada (58) correspondente, utilizando como adesivo, uma em proporções iguais entre ceras, parafina e breu, conforme ilustram as figuras 9A e 9B, adquirindo assim, as duas 15 peças cerâmicas coladas, a forma de uma esfera cerâmica sinterizada para ser acabada através dos processos de retificação, lapidação e polimento.

A figura 10 ilustra as três fases de usinagem de acabamento da cabeça femoral sinterizada (01) da prótese 20 cirúrgica total de recapeamento de quadril colada à sua calota esférica sinterizada (58) correspondente. A usinagem de acabamento da esfera cerâmica se processa em três etapas, retificação, lapidação e polimento, as quais podem ser realizadas em retificadoras especiais de esferas 25 semelhantes às usadas na produção de esferas convencionais para rolamentos.

O processo de retificação da cabeça femoral sinterizada (01) na máquina retificadora, para corrigir eventuais erros dimensionais decorrentes da sinterização, é 30 ilustrado pela figura 10A, onde a esfera cerâmica a ser

retificada se apoia em arrastadores interno (50), acionado pelo eixo interno (51) e externo (48), acionado pelo eixo concêntrico externo (49). O corte de material durante a retificação da esfera cerâmica é realizado pelo rebolo de 5 corte (59) adequado para o processo, montado no eixo motor (53). O eixo motor e os eixos dos arrastadores da esfera são excêntricos (54), têm rotações variáveis e sentido de rotação diverso, para permitir que o movimento livre da esfera sendo retificada entre eles seja completamente 10 aleatório, garantindo assim a precisão de forma esférica do produto acabado.

O processo de lapidação da cabeça femoral sinterizada (01) na máquina retificadora, para a correção de eventuais erros de forma decorrentes do processo de retificação, é 15 ilustrado pela figura 10B, onde a esfera cerâmica a ser retificada se apoia em arrastadores interno (50), acionado pelo eixo interno (51) e externo (48), acionado pelo eixo concêntrico externo (49). A lapidação da esfera cerâmica utiliza abrasivos em pó ou pasta para lapidação de 20 cerâmicas e é realizada pela ferramenta de lapidação (60) adequada para o processo, montada no eixo motor (53). O eixo motor e os eixos dos arrastadores da esfera são excêntricos (56), têm rotações variáveis e sentido de rotação diverso, para permitir que o movimento livre da 25 esfera sendo lapidada entre eles seja completamente aleatório, garantindo assim a precisão de forma esférica do produto acabado.

O processo de polimento da cabeça femoral sinterizada (01) na máquina retificadora, para otimização da textura 30 superficial, é ilustrado pelas figuras 10C e 10D, podendo

ser realizado na horizontal como na vertical, onde a esfera cerâmica a ser polida se apoia em arrastadores interno (50), acionado pelo eixo interno (51) e externo (48), acionado pelo eixo concêntrico externo (49). O polimento da esfera cerâmica utiliza abrasivos em pó ou pasta para polimento de cerâmicas; o processo é realizado pela ferramenta de polimento (61) adequada para o processo, montada no eixo motor (53). O eixo motor e os eixos dos arrastadores da esfera são excêntricos (57), têm rotações variáveis e sentido de rotação diverso, para permitir que o movimento livre da esfera sendo lapidada entre eles seja completamente aleatório, garantindo assim a precisão de forma esférica do produto acabado.

Após essas operações de usinagem, a face plana da cabeça femoral (01) já polida e com a precisão dimensional e forma definidas, é montada no dispositivo de usinagem (62), conforme ilustram as figuras 11A, 11B e 11C, respectivamente, para a retificação da sua face plana (63), e o chanframento ou arredondamento das suas bordas interna (65) e externa (64).

Concluídas essas operações de usinagem, a cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril com uma camada superficial porosa (02) multidensa e em gradiente funcional, conforme ilustram as figuras 11 D e 11E está pronta para ser montada na haste femoral.

#### **Descrição da Haste Femoral (03) da Prótese Cirúrgica Total de Recapeamento**

A haste femoral (03) da prótese cirúrgica de recapeamento, conforme ilustra a figura 2E, tem uma estrutura densa (17) cerâmica ou polimérica ou compósita e

a sua superfície externa (04), que fica em contato com a superfície interna do furo (11) do fêmur humano ou do furo (15) do fêmur canino, é porosa, multidensa e em gradiente funcional; a superfície porosa externa (04) da haste femoral (01) que tem uma espessura entre 0,3 a 1,0 mm pode conter, a partir do processo de produção, materiais osteoindutores como o biovidro 45S5 e a hidroxiapatita e fatores de crescimento ósseo como as proteínas morfogénéticas como a BMP e similares. A haste femoral (03) 10 é montada e cimentada na cabeça femoral (01), no alojamento cilíndrico (20), para formar o conjunto femoral da prótese cirúrgica de recapeamento, utilizando adesivos ou cimentos biológicos comerciais.

A haste femoral (03) da prótese cirúrgica total de 15 recapeamento de quadril, com um corpo denso (17) e uma superfície porosa (04) multidensa com gradiente funcional, conforme ilustrada nas figuras 1A, 1B, 2A e 2E pode ser fabricada com materiais cerâmicos ou poliméricos; pode ser moldada com ou sem reforços de fibra de carbono se for 20 fabricada com materiais poliméricos ou será prensada isostaticamente se for manufaturada com materiais cerâmicos; em ambas as possibilidades, a haste femoral (03) da prótese cirúrgica total de recapeamento tem um núcleo denso (17) e uma superfície porosa (04), multidensa em 25 gradiente funcional.

A figura 12 ilustra a sequência da preparação do molde para a prensagem isostática da haste femoral (03) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril, com seu corpo denso (17) e sua superfície porosa (04) multidensa 30 com gradiente funcional. O molde (66) de elastômero

comercial para a prensagem isostática da haste femoral (03), conforme mostra a figura 12A, é composto de duas partes, um corpo cilíndrico com uma cavidade (67) com geometria idêntica a da haste femoral (03), para receber os 5 materiais cerâmicos para serem prensados e uma tampa (68) cilíndrica de fechamento com um rebaixo (69) para receber barbotina de cerâmica porosa; o molde (66) de elastômero com a sua tampa (68), se aloja em um tubo (70) metálico com tampas (71) também metálicas; ambos, o tubo (70) e as 10 tampas (71) dispõem de vários furos (72) que permitem a ação da pressão isostática sobre o molde de elastômero (66) e a sua tampa (68), durante a prensagem isostática via úmido.

A cavidade (67) do molde (66) de elastômero comercial 15 e o rebaixo (69) da sua tampa (66) cilíndrica de fechamento, conforme ilustra a figura 12B, são revestidos externamente com uma camada de barbotina cerâmica (73) composta por agentes porogênicos, materiais osteoindutores como o biovidro 45S5 e hidroxiapatita e fatores 20 morfogenéticos de crescimento ósseo como as proteínas e similares; essa camada de barbotina cerâmica (73) irá formar a superfície porosa externa (04) da haste femoral (03) da figura 2E da prótese cirúrgica e proporcionará para essa haste, a característica de multidensa em gradiente 25 funcional.

A figura 12C mostra a cavidade (67) do molde (66) de elastômero comercial preenchida com os materiais cerâmicos (74) para prensagem e a figura 12D ilustra o molde completo pronto para a prensagem isostática que produz a haste 30 femoral a verde (75) com um núcleo denso (76) e uma

superfície porosa (77), também a verde.

Após a prensagem isostática, a haste femoral a verde (75) é retificada para correção de eventuais erros de forma cilíndrica, antes de passar pelo processo de queima ou 5 sinterização, conforme ilustram as figuras 13A e 13B. Essa operação é realizada em retificadora cilíndrica convencional utilizando rebolos (78) adequados para o processo de retificação cilíndrica a verde de peças cerâmicas. O corpo cilíndrico da haste femoral a verde (75) 10 é retificado em toda a sua extensão para corrigir eventuais desvios geométricos decorrentes da prensagem isostática, conforme ilustram as figuras 13A e 13B, respectivamente, com a haste femoral a verde (75) fixada alternadamente em ambas as extremidades, em um mandril (79) da retificadora 15 adequado para o processo.

Concluída a retificação a verde da haste femoral (75), ela é levada ao forno para realizar o processo de sinterização ou queima da cerâmica; ela é depositada sobre a mobília (80) do forno, conforme ilustra a figura 14A; é 20 realizada a sinterização da cerâmica que transforma essa peça, com uma redução de 16% no tamanho, em uma peça agora sinterizada, a haste femoral (03) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril com um núcleo denso (17) e uma camada superficial porosa (04) externa mais fina, 25 conforme mostram a figuras 14B, 14C e 14D, respectivamente. Dessa forma, a haste femoral (03) encontra-se pronta para ser montada na cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril.

#### **Descrição do Acetábulo Pélvico (05) da Prótese Cirúrgica**

##### **30 Total de Recapeamento**

O acetábulo pélvico (05) da prótese cirúrgica de recapeamento ilustrado na figura 2C tem uma estrutura cerâmica densa (18) e sua superfície interna (24) é polida com alta precisão dimensional e de forma; já a sua superfície externa (06), que fica em contato com a superfície óssea do quadril (09) humano ou do quadril (13) canino, conforme as figuras 1A e 1B, respectivamente, é porosa, multidensa e em gradiente funcional; a superfície porosa exterior (06) do acetábulo pélvico (05) tem uma espessura entre 0,5 a 2,0 mm e pode conter, desde o processo de produção, materiais osteoindutores como o biovidro 45S5 e a hidroxiapatita e fatores de crescimento ósseo como as proteínas morfogenéticas como a BMP e similares; o acetábulo pélvico (05) apresenta em sua superfície porosa externa, reentrâncias ou fossas (07) circulares com uma espessura porosa maior e com uma concentração de materiais osteoindutores também maior, para emular a fixação acetábulo pélvico (05) da prótese cirúrgica de recapeamento, através da osseointegração acelerada nesses locais de contato com o osso hospedeiro. O acetábulo pélvico (05) da prótese cirúrgica de recapeamento dispõe de chanfros (22) ou arredondamentos interno e externo de acabamento.

O acetábulo pélvico (05) da prótese cirúrgica de recapeamento tem um processo de produção inédito, envolvendo dois processos cerâmicos em coprensagem: a prensagem uniaxial em duplo estágio a 30,0 a 60,0 MPa e a prensagem isostática a 100,0 a 300,0 MPa.

A figura 15A mostra o ferramental em aço liga especial para realizar a prensagem uniaxial em duplo estágio

preferencialmente a 50,0 MPa do acetábulo pélvico (05) da prótese cirúrgica de recapeamento; o ferramental é composto por uma matriz (81) com uma cavidade hemisférica (82), provida de ressaltos ou bossas circulares (83), que recebe 5 os materiais cerâmicos para serem prensados, um punção (84) com uma extremidade com geometria hemisférica idêntica a da cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica e uma base (85) para guiar a matriz (81) e o punção (84), durante a operação de prensagem uniaxial de duplo estágio. A matriz 10 (81), antes da prensagem uniaxial, é revestida internamente com uma camada de barbotina cerâmica (31) composta por agentes porogênicos, materiais osteoindutores como o biovidro 45S5 e hidroxiapatita e fatores morfogenéticos de crescimento ósseo como as proteínas e similares; essa 15 camada de barbotina cerâmica (31) irá formar a superfície porosa (06) interna do acetábulo pélvico (05) da prótese cirúrgica e proporcionará para esse componente da prótese de recapeamento, a característica de multidenso e em gradiente funcional.

20 A figura 15B mostra o ferramental de prensagem uniaxial em operação sob a ação do carregamento (32) da prensa axial que conforma a composição dos materiais cerâmicos depositada na cavidade hemisférica (82) que produz do acetábulo pélvico ainda a verde (86) da prótese 25 cirúrgica total de recapeamento, maciço e denso (87), com baixa porosidade em seu seio e com uma camada superficial porosa (31) externamente; essa camada superficial porosa (31) um pouco mais fina é resultante da barbotina cerâmica e da prensagem uniaxial realizada e, apresenta rebaixos ou 30 fossas (88) circulares com uma espessura porosa maior e com

uma concentração de materiais osteoindutores também maior, para emular a fixação acetábulo pélvico (86) após sua sinterização, através da osseointegração acelerada nesses locais de contato com o osso hospedeiro.

5 As figuras 16A e 16B ilustram o acetábulo pélvico (86) após a prensagem axial com a sua superfície externa porosa (85), e interna lisa (89), com o acabamento reproduzido pela superfície hemisférica do punção (84) da ferramenta utilizada.

10 Os dois processos de conformação cerâmica em coprensagem utilizados na fabricação do acetábulo pélvico (86) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril em materiais ou compósitos cerâmicos porosos multidensos com gradiente funcional desta patente de invenção são 15 realizados em sequência, primeiro a prensagem uniaxial em duplo estágio a 50,0 MPa, como descrito e em segundo, a prensagem isostática via úmido a 200,0 MPa.

Para realizar a segunda fase da coprensagem do acetábulo pélvico (86) da prótese cirúrgica total de 20 recapeamento de quadril, ou seja, a prensagem isostática via úmido a 200,0 MPa, este é preparado conforme ilustram as figuras 16C e 16D. Um par de acetábulos pélvicos (86) é montado sobre ou envolvendo uma esfera metálica polida (89), tendo entre eles uma película adesiva separadora 25 metálica ou polimérica ou um adesivo de ceras, parafina e breu (47); a superfície (90) da esfera metálica (91) e as superfícies dos acetábulos se ajustam perfeitamente. O par de acetábulos pélvicos (86) assim montados é encapsulado por uma película (42) de filme eslatomérico selado a vácuo 30 para ser prensado isostaticamente, onde a pressão

isostática (43) do processo age igualmente sobre toda a superfície dos dois acetábulos pélvicos (86) durante a prensagem isostática.

Após a prensagem isostática, conforme descrito, o par de acetábulos pélvicos (86) adquirem maior densidade e diminuem de tamanho em até 5,0%; os acetábulos pélvicos (86) mantém a mesma forma geométrica original e a mesma dimensão da superfície hemisférica interna, conforme ilustra a figura 16D, e transformam-se nos acetábulos pélvicos a verde (89) maciços e densos (93) com baixa porosidade em seu seio e com camada superficial porosa (92) externamente mais fina.

Concluída a prensagem isostática do par de acetábulos pélvicos a verde (91) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril, este é aquecido para separar essas duas partes e eliminar a mistura (47) de ceras, parafina e breu que as mantinha unidas. Os acetábulos a verde (89) são então levados ao forno para realizar o processo de sinterização ou queima da cerâmica. O acetáculo a verde (89) é depositado sobre a mobília (94) do forno, conforme ilustra a figura 17A; é realizada a sinterização da cerâmica que transforma essa peça, com uma redução de aproximadamente 16% no tamanho, no acetáculo (05) sinterizado denso (18) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril com uma camada superficial porosa (06) externa mais fina, conforme mostra a figura 17B, pronta para os processos finais de acabamento, ou sejam, a retificação, a lapidação e o polimento.

Conforme ilustram as figuras 18A, 18B, 18C e 18D, respectivamente, o acetáculo (05) da prótese cirúrgica

total de recapeamento de quadril, denso (18) e com uma camada superficial porosa (06) externa, é montado no dispositivo de usinagem (95) utilizando como adesivo, uma mistura (47) de ceras, parafina e breu, para a retificação 5 da sua face plana (96), o chanframento ou arredondamento das suas bordas interna (97) e externa (98), e o polimento da sua superfície interna (99); o polimento da superfície interna (99) do acetábulo (05) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril é realizado utilizando 10 ferramenta (100) e abrasivos convencionais para o processo de polimento cerâmico, conforme mostra a figura 18D.

Analogamente à retificação da esfera cerâmica sinterizada correspondente à cabeça femoral (01), a usinagem de acabamento do acetábulo (05) da prótese 15 cirúrgica total de recapeamento de quadril, após a sua sinterização é inédita.

Para isso, conforme mostra a figura 19A, um par de acetábulos pélvicos (05) é montado sobre ou envolvendo uma esfera metálica polida (101), tendo entre eles uma película 20 adesiva de ceras, parafina e breu (47); a superfície (102) da esfera metálica e as superfícies dos acetábulos se ajustam perfeitamente; os dois acetábulos colados adquirem assim, a forma de uma esfera cerâmica para ser retificada para corrigir eventuais erros de forma oriundos da 25 sinterização.

A figura 19B ilustra a fase final de usinagem de acabamento o acetábulo (05) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril, denso (18) e com uma camada superficial porosa (06) externa, realizada em retificadora 30 especial de esferas semelhante às usadas na produção de

esferas convencionais para rolamentos. A esfera dos acetábulos (05) da prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril se apoia em arrastadores interno (103), acionado pelo eixo interno (51) e externo (104), acionado pelo eixo 5 concêntrico externo (49). O corte de material durante a retificação da esfera cerâmica é realizado pelo rebolo de corte (105) adequado para o processo, montado no eixo motor (53). O eixo motor e os eixos dos arrastadores da esfera 10 são excêntricos (106), têm rotações variáveis e sentido de rotação diverso, para permitir que o movimento livre da esfera sendo retificada entre eles seja completamente aleatório, garantindo assim a precisão de forma esférica do produto acabado.

Após essas operações de usinagem, o acetáculo pélvico 15 (05) com uma camada superficial porosa (06) multidensa e em gradiente funcional, conforme ilustram as figuras 20A e 20B está concluído e pronto para ser usado com a prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril.

Diferentemente das próteses de recapeamento de quadril 20 em materiais metálicos existentes no mercado, a prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional desta patente apresenta soluções inovadoras relativamente ao seu projeto e materiais bem como a sua previsibilidade e estabilidade 25 funcionais. A prótese cirúrgica de recapeamento total de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional aqui pleiteada é composta de até três componentes manufaturados com materiais cerâmicos e ou poliméricos: a esfera femoral de recapeamento, a haste femoral guia e o 30 acetáculo pélvico no quadril. A esfera que forma a cabeça

femoral da prótese cirúrgica de recapeamento é de material cerâmico (alumina) ou compósito cerâmico (alumina - zircônia) e tem a sua superfície externa em cerâmica densa polida e a sua superfície interna em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional e impregnada com finas partículas de biovidro e hidroxiapatita; a superfície externa em cerâmica densa polida da esfera se acopla ao interior do acetáculo pélvico e a sua superfície interna, em cerâmica porosa, se acopla ou molda a extremidade 5 modelada do osso. A haste femoral guia da prótese cirúrgica de recapeamento é de material cerâmico (alumina) ou compósito cerâmico (alumina - zircônia) ou de material polimérico denso, como o PMMA ou similar, reforçado ou não com fibras de carbono; o interior da haste femoral é denso 10 e a sua superfície externa é porosa multidensa em gradiente funcional e impregnada com finas partículas de biovidro e hidroxiapatita; a haste femoral é fixada na parte interna da esfera da prótese através de adesivo biológico comercial. O acetáculo pélvico da prótese total de 15 recapeamento do quadril, de material cerâmico (alumina) ou compósito cerâmico (alumina - zircônia), tem a sua superfície externa em cerâmica porosa multidensa em gradiente funcional e a sua superfície interna que se 20 acopla à esfera da prótese, em cerâmica densa polida; o acetáculo pélvico, em sua superfície externa porosa traz reentrâncias ou fossas circulares que corroboram com a sua 25 fixação na cavidade acetabular do quadril através da osseointegração. Todas as superfícies porosas dos componentes da prótese cirúrgica de recapeamento total de 30 quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente

funcional, durante a sua manufatura, podem receber composições de biovidro, hidroxiapatita, ou aceleradores de crescimento ósseos similares.

O comportamento mecânico e biológico de um material na forma de matriz porosa multidensa como o da presente patente, pode ser descrito através de sua porosidade, que se caracteriza pela quantidade de vazios existentes no seu volume total.

A prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional desta patente tem a estrutura porosa de todas as suas superfícies porosas com poros ativos com dimensões entre 50,0 $\mu\text{m}$  a 300,0 $\mu\text{m}$  e mesmo até um limite de 400,0 $\mu\text{m}$  para que ocorra integração óssea.

As matrizes porosas cerâmicas multidensas com gradiente funcional que compõem a prótese cirúrgica de recapeamento de quadril desta patente possuem os seis fatores considerados como características desejáveis para satisfazer os requisitos de previsibilidade e estabilidade de implantes, a saber: a superfície do matriz cerâmica porosa permite a adesão e o crescimento celular, pois os seus poros estão dentro da faixa recomendada pela literatura; nenhum componente ou subproduto de sua degradação provoca reações inflamatórias ou de toxicidade, pois todas as suas partes são manufaturadas com materiais de uso biológico corrente no mercado; as matrizes porosas são manufaturadas em estruturas tridimensionais; as porosidades de suas superfícies são da ordem de até 90,0% e todas as partes da prótese cirúrgica de recapeamento têm elevada área superficial para interação celular com o osso

hospedeiro e espaço para regeneração superficial da matriz extracelular e mínima constrição de difusão celular; podendo até ser reabsorvível uma vez que já tenha cumprido sua função de suporte para a regeneração dos tecidos.

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

### REIVINDICAÇÕES

1- Prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril **caracterizada** por compreender uma cabeça femoral (01), uma haste femoral (03), um acetábulo pélvico (05), e uma furação (11) onde se insere a haste (03) da prótese e a extremidade modelada na forma cilíndrica (10) onde se acopla a cabeça femoral (01) da prótese; desenhada com geometria para ser utilizada na artroplastia de recapeamento de extremidades esferoides de fêmures (08) em 10 cirurgias de artroplastia de quadril ou ombro de seres humanos; sendo produzida em materiais pertencentes ao grupo consistido de materiais cerâmicos, poliméricos, compósitos porosos multidensos, e apresentar gradiente funcional.

2- Prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril **caracterizada** por compreender uma cabeça femoral (01), uma haste femoral (03) e um acetábulo pélvico (05) e ainda compreender a furação (15) onde se insere a haste (03) da prótese e a extremidade modelada na forma cilíndrica (14) onde se acopla a cabeça femoral (01) da prótese; desenhada com geometria para ser utilizada na artroplastia de recapeamento de extremidades esferoides de fêmures (12) em cirurgias de artroplastia de quadril de animais de qualquer porte; sendo produzida em materiais cerâmicos, poliméricos ou compósitos porosos multidensos, 25 com gradiente funcional.

3- Prótese, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores **caracterizada** pela cabeça femoral (01) ter uma estrutura cerâmica densa (16) e sua superfície exterior (23) esférica, ser polida com alta precisão 30 dimensional e de forma e a sua superfície interior (02),

que fica em contato com a superfície do osso, ser porosa, multidensa e em gradiente funcional; tendo a superfície polida da cabeça femoral (01) um diâmetro entre 10,0 a 70,0 mm e a sua superfície cilíndrica porosa interna um diâmetro 5 entre 5,0 a 40,0 mm e uma espessura entre 0,5 a 2,0 mm.

4- Prótese, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores **caracterizada** pela cabeça femoral (01) dispor de um alojamento ou furo cilíndrico (20) para o acoplamento da haste femoral (03); e dispor também de 10 chanfros (21) ou arredondamentos interno e externo de acabamento.

5- Prótese, de acordo com a reivindicação 1 **caracterizada** pela haste femoral (03) ter uma estrutura densa (17) cerâmica ou polimérica ou compósita e a sua 15 superfície externa (04), que fica em contato com a superfície interna do furo (11) do fêmur humano, ser porosa, multidensa e em gradiente funcional; tendo a superfície porosa externa (04) da haste femoral (01) uma espessura entre 0,3 a 1,0 mm.

20 6- Prótese, de acordo com a reivindicação 2 **caracterizada** pela haste femoral (03) ter uma estrutura densa (17) cerâmica ou polimérica ou compósita e a sua superfície externa (04), que fica em contato com a superfície interna do furo (15) do fêmur canino; ser 25 porosa, multidensa e em gradiente funcional; tendo a superfície porosa externa (04) da haste femoral (01) uma espessura entre 0,3 a 1,0 mm.

7- Prótese, de acordo com as reivindicações 5 ou 6 **caracterizada** pela haste femoral (03) ser montada e 30 cimentada na cabeça femoral (01), no alojamento cilíndrico

(20).

8- Prótese, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores **caracterizada** por conter materiais osteoindutores e fatores de crescimento ósseo.

5 9- Prótese, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizada** pelos materiais osteoindutores serem o biovidro 45S5 e a hidroxiapatita e, os fatores de crescimento ósseo serem as proteínas morfogenéticas (BMP) e similares.

10 10- Prótese, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo acetábulo pélvico (05) ter uma espessura entre 0,5 a 2,0 mm; apresentar em sua superfície porosa externa, reentrâncias ou fossas (07) circulares com uma espessura porosa maior e com maior uma concentração de 15 materiais osteoindutores, para emular a fixação acetábulo pélvico (05); através da osseointegração acelerada nesses locais de contato com o osso hospedeiro.

20 11- Prótese, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizada** pelo acetábulo pélvico (05) dispor de chanfros (22) ou arredondamentos interno e externo de acabamento.

25 12- Processo de produção de uma prótese cirúrgica total de recapeamento de quadril **caracterizado** por utilizar duas etapas de coprensagem cerâmica: a prensagem uniaxial em duplo estágio 30,0 a 60,0 MPa e a prensagem isostática entre 100,0 a 300,0 MPa.

30 13- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 12 **caracterizado** pelo ferramental usado na prensagem uniaxial em duplo estágio ser composto por uma matriz (25) com uma cavidade hemisférica e um anel

complementar (26) que em conjunto formam uma cavidade hiperesférica (27), que recebe os materiais cerâmicos para serem prensados, com forma idêntica a da geometria externa da cabeça femoral (01), um punção (28) com uma geometria 5 externa (30) idêntica à forma interna da cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica e uma base ou camisa (35) para guiar a matriz (25), o anel complementar (26) e o punção (28), durante a operação de prensagem uniaxial de duplo estágio.

10 14- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 13 **caracterizado** pelo punção (28), antes da prensagem uniaxial, ser revestido externamente com uma camada de barbotina cerâmica (31) formando a superfície porosa interna (02) da cabeça femoral (01) e proporcionando 15 o aspecto multidenso e em gradiente funcional.

15- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 13 **caracterizado** pela prensagem axial conformar a composição dos materiais cerâmicos depositada na cavidade hiperesférica (27).

20 16- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 15 **caracterizado** pela cabeça femoral ser produzida a verde (33), densa (34) externamente e com uma camada superficial porosa (31) internamente um pouco mais fina, resultante da barbotina cerâmica comprimida.

25 17- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 12 **caracterizado** pelo ferramental que gera a calota cerâmica, cuja geometria corresponde a da cabeça femoral (01) da prótese cirúrgica de recapeamento, ser composto por uma matriz (37) com uma cavidade em forma de 30 calota esférica (38) para receber os materiais cerâmicos a

serem prensados, um punção (39) plano e uma base ou camisa (36) para guiar a matriz (37) e o punção (39), durante a operação de prensagem uniaxial.

18- Processo de produção, de acordo com a  
5 reivindicação 12 **caracterizado** pela prensagem axial  
conformar a composição de materiais cerâmicos depositada na  
cavidade em forma de calota esférica (38).

19- Processo de produção, de acordo com a  
reivindicação 18 **caracterizado** pela operação produzir uma  
10 peça a verde (40), densa, da calota esférica para ser  
utilizada durante o processo de usinagem a verde da cabeça  
femoral (33) da prótese cirúrgica de recapeamento.

20- Processo de produção, de acordo com a  
reivindicação 13 **caracterizado** pela cabeça femoral e o  
15 acetábulo pélvico serem produzidos em sequência, em  
primeiro lugar a prensagem uniaxial em duplo estágio entre  
30,0 a 60,0 MPa e em segundo lugar, a prensagem isostática  
via úmido entre 100,0 a 300,0 MPa.

21- Processo de produção, de acordo com a  
20 reivindicação 20 **caracterizado** pela prensagem uniaxial em  
duplo estágio ocorrer a 50,0 MPa e a prensagem isostática  
via úmido ocorrer a 200,0 MPa.

22- Processo de produção, de acordo com a  
reivindicação 12 **caracterizado** pela cabeça femoral a verde  
25 (33) e a calota esférica a verde (40) serem preparadas para  
a prensagem isostática; sendo que durante a prensagem, a  
pressão isostática (43) age igualmente sobre toda a  
superfície das peças.

23- Processo de produção, de acordo com a  
30 reivindicação 22 **caracterizado** pela cabeça femoral ser

preparada a verde (33) com um inserto metálico (41) que mantém a mesma geometria dimensional interna definida durante e após a prensagem isostática.

24- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 22 **caracterizado** pela calota esférica a verde (40) ser encapsulada por uma película (42) de filme elastomérico selado a vácuo para ser prensada isostaticamente via úmido.

25- Processo de produção, de acordo com qualquer uma das reivindicação 12 a 24 **caracterizado por** adquirirem após a prensagem a cabeça femoral a verde (33) e a calota esférica a verde (40) maior densidade e diminuírem de tamanho em até 5,0%, mantendo a mesma forma geométrica original e transformarem-se em peças mais densas.

15 26- Processo de produção, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 25 **caracterizado** pela cabeça femoral (44) ser colada a sua calota esférica a verde (46) correspondente utilizando como adesivo uma mistura (47) em proporções iguais entre ceras, parafina e breu, a quente.

20 27- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 26 **caracterizado** por formar uma esfera cerâmica para ser usinada a verde.

28- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 27 **caracterizado** por, depois de concluída a usinagem a verde da esfera cerâmica composta pela cabeça femoral (44) acoplada à sua calota esférica a verde (46) correspondente, ser aquecida para separar as duas partes e eliminar a mistura (47); sendo as duas partes separadas levadas ao forno para realizar o processo de sinterização da cerâmica, que ocorre entre 1000,0 a 1700,0 °C.

29- Processo de produção, de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 28 **caracterizado** pelas peças terem suas dimensões reduzidas em aproximadamente 16% após a sinterização.

5       30- Processo de produção, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12 a 29, **caracterizado** pela cabeça femoral (01) e a sua calota esférica (58) correspondente serem submetidas a processos finais de acabamento, como a retificação, lapidação, polimento, retificação da sua face 10 plana (63), chanframento ou arredondamento das suas bordas interna (65) e externa (64).

15       31- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pela haste femoral (03) ter um núcleo denso (17) e uma superfície porosa (04), multidensa em gradiente funcional, sendo fabricada em 20 materiais cerâmicos ou poliméricos.

25       32- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 31, **caracterizado** pela haste femoral (03) ser produzida por prensagem isostática via úmido, com uma cavidade (67) do molde (66) de elastômero comercial e o rebaixo (69) da sua tampa (66) cilíndrica de fechamento; sendo revestidos externamente com uma camada de barbotina cerâmica (73) composta por agentes porogênicos, materiais óstêoindutores e fatores morfogenéticos de crescimento ósseo.

33- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 32, **caracterizado** pela haste femoral (03) ser retificada antes de passar pelo processo de queima ou sinterização.

30       34- Processo, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 12 a 33 **caracterizado** pelo acetáculo pélvico (05) ser produzido em sequência, em primeiro lugar a prensagem uniaxial em duplo estágio entre 30,0 a 60,0 MPa e em segundo lugar, a prensagem isostática via úmido entre 5 100,0 a 300,0 MPa.

35- Processo, de acordo com a reivindicação 34 **caracterizado** pela prensagem uniaxial em duplo estágio ocorrer a 50,0 MPa e a prensagem isostática via úmido ocorrer a 200,0 MPa.

10 36- Processo de produção, de acordo com a reivindicação 32 **caracterizado** pelos agentes porogênicos e materiais osteoindutores serem o biovidro 45S5, a hidroxiapatita ou similares.

15 37- Processo, de acordo com a reivindicação 14, **caraterizada** pela camada de barbotina cerâmica (31) ser composta por agentes porogênicos e materiais osteoindutores.

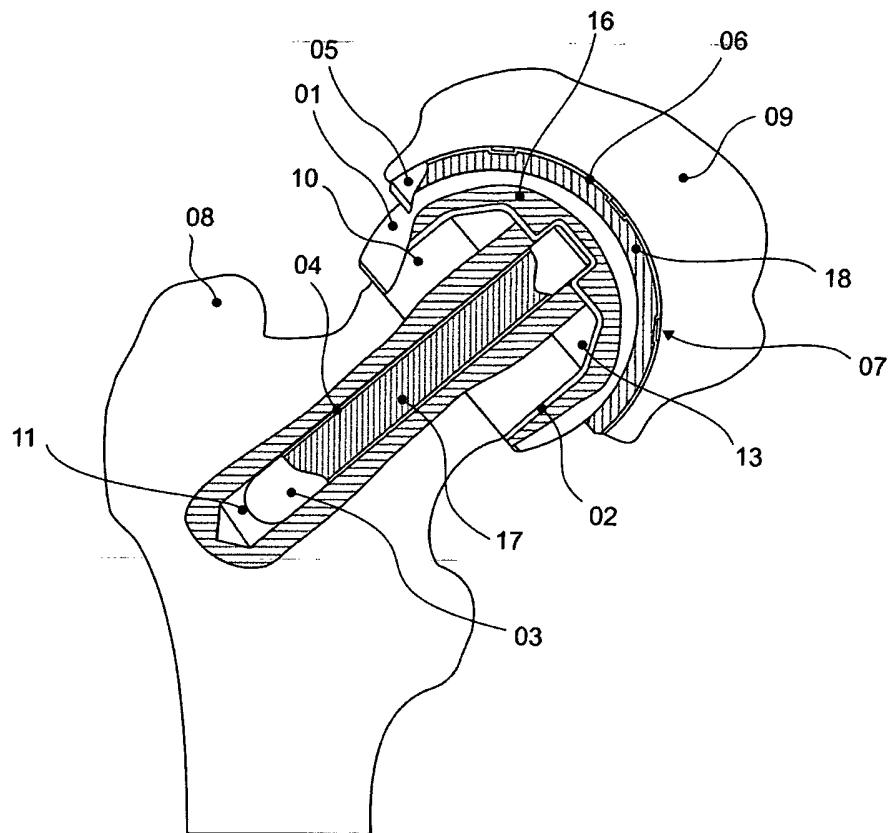


Figura 1A

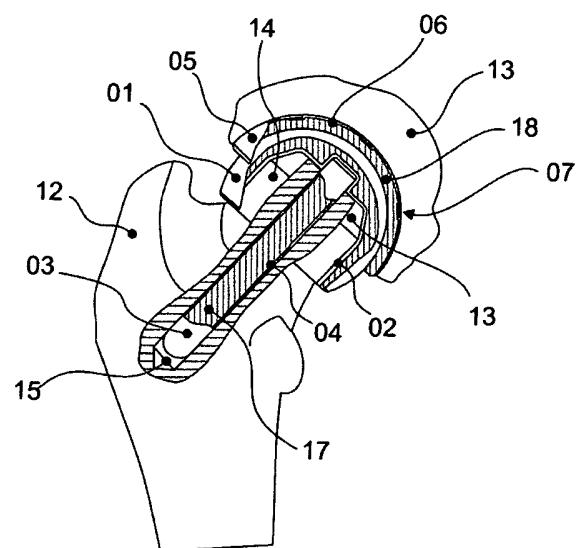


Figura 1B

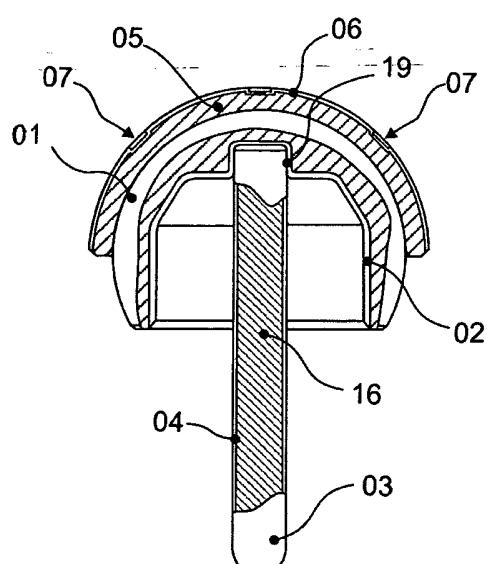


Figura 2A

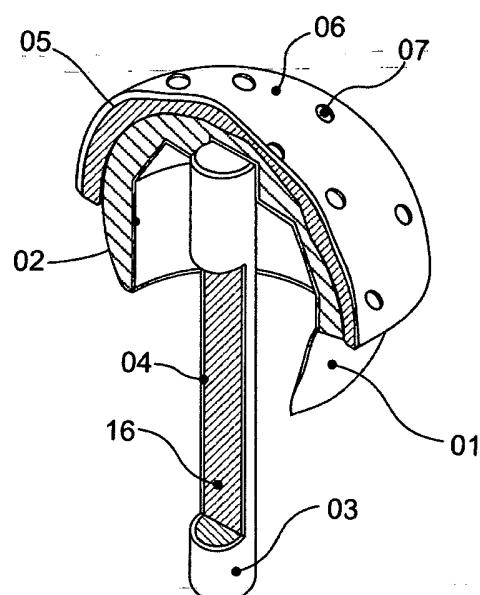


Figura 2B

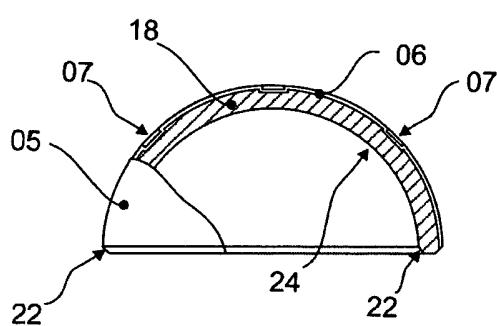


Figura 2C

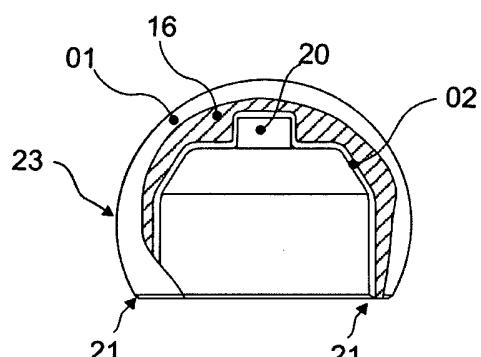


Figura 2D

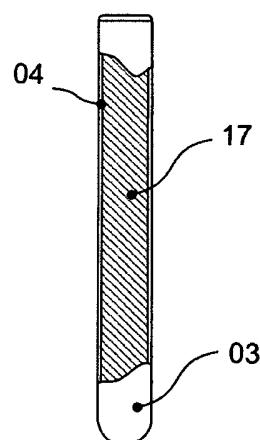


Figura.2E

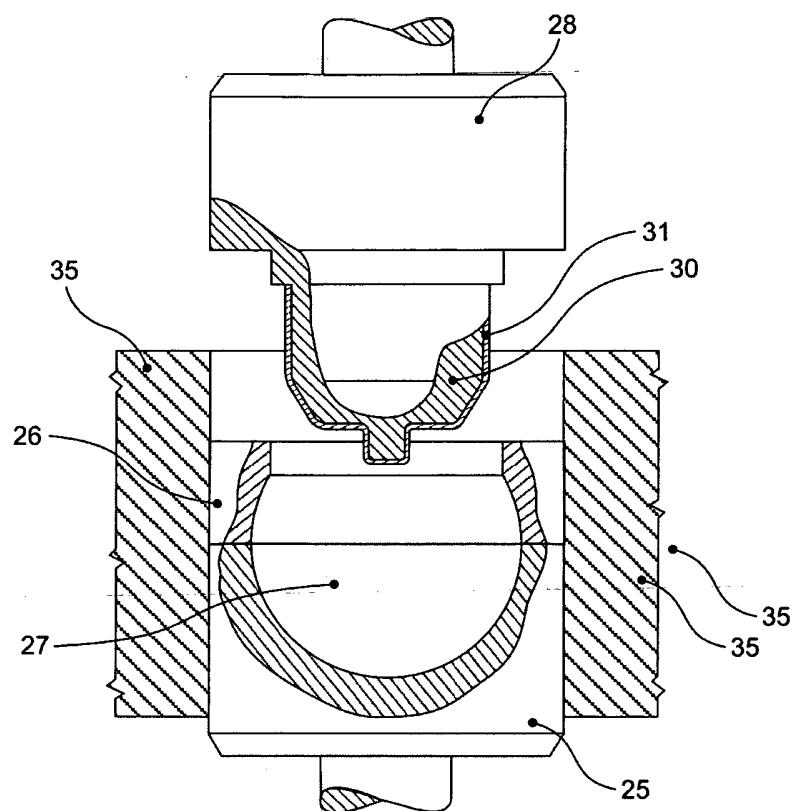


Figura 3A

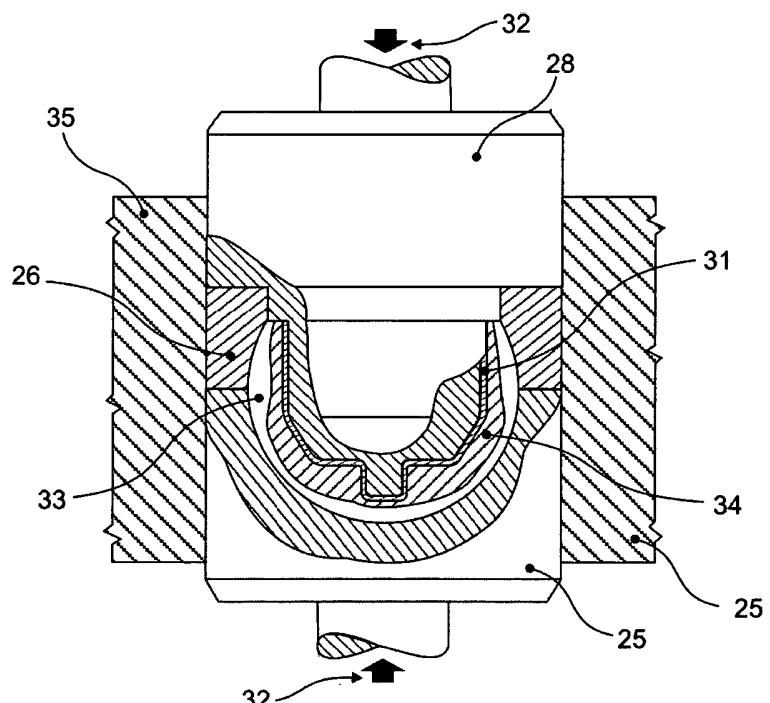


Figura 3B

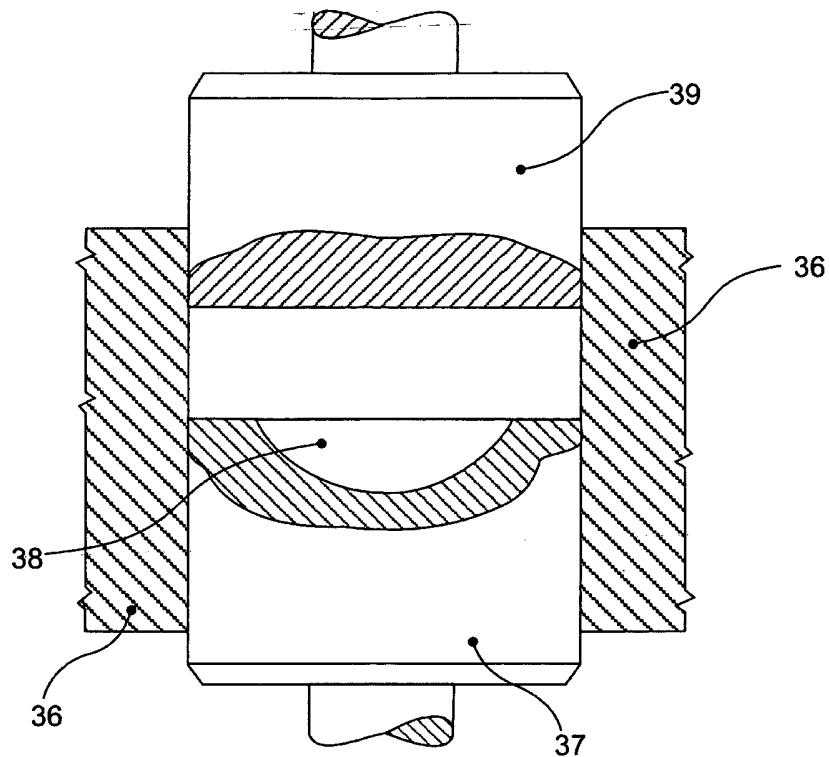


Figura 4A

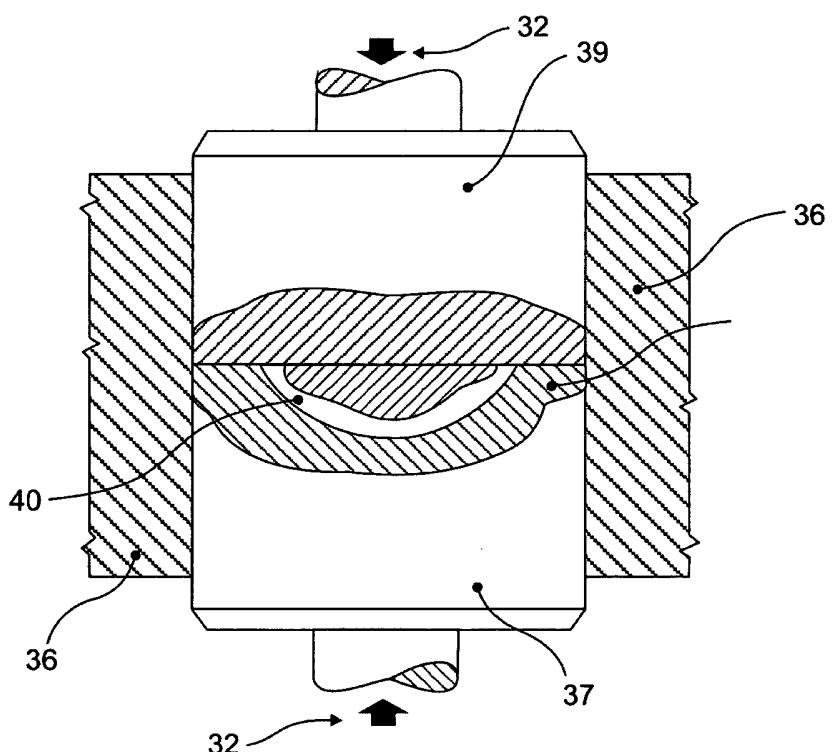


Figura 4B

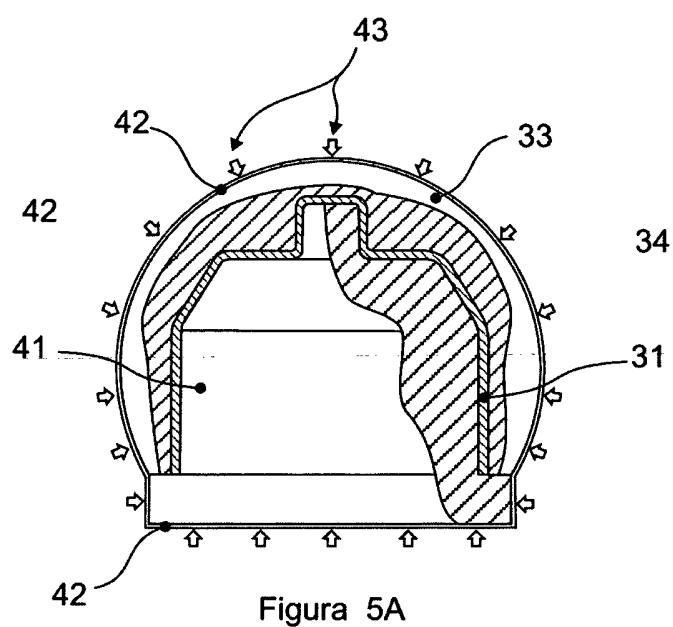


Figura 5A

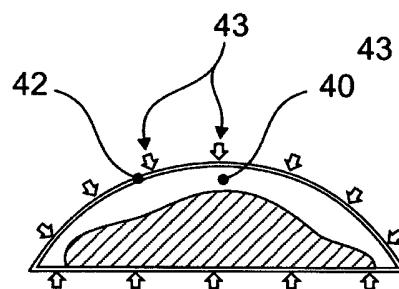


Figura 5B

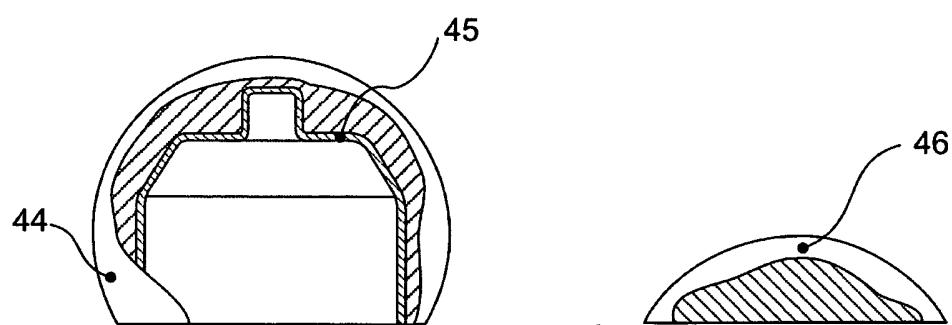


Figura 6A

Figura 6B

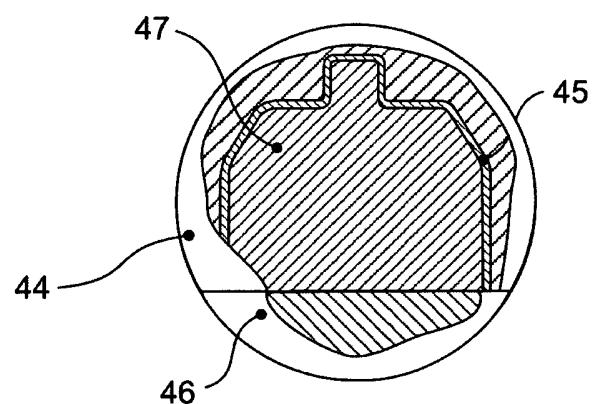


Figura 6C

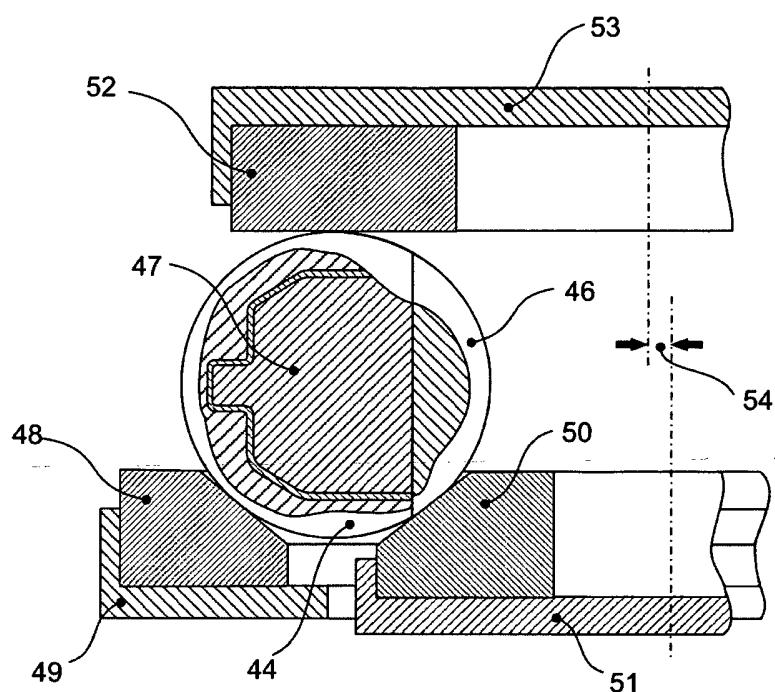


Figura 7A

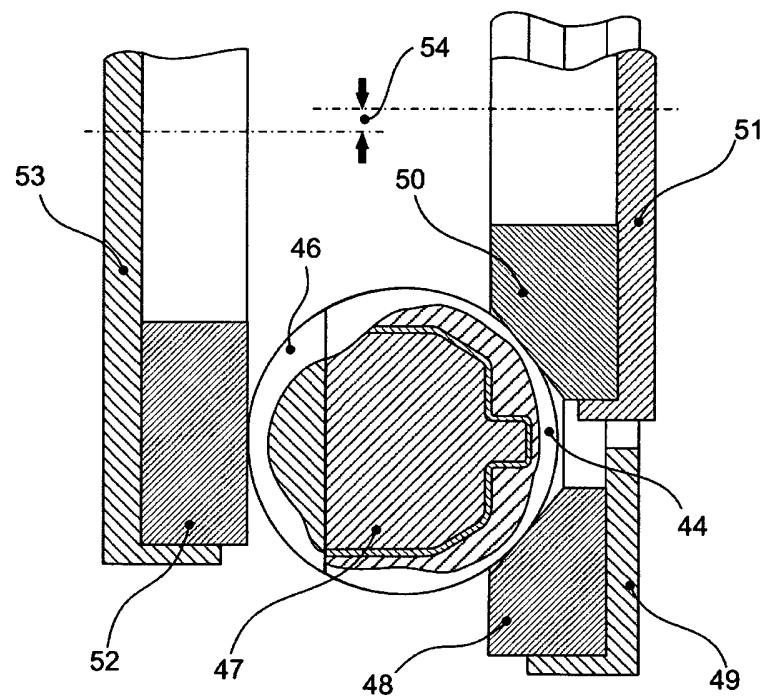


Figura 7B

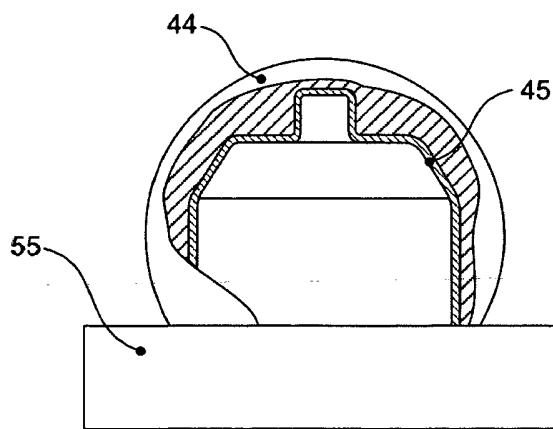


Figura 8A

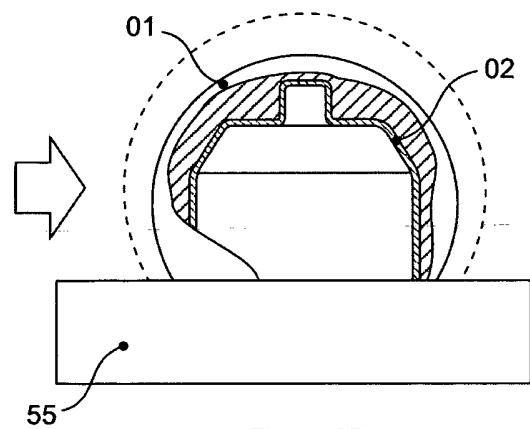


Figura 8B

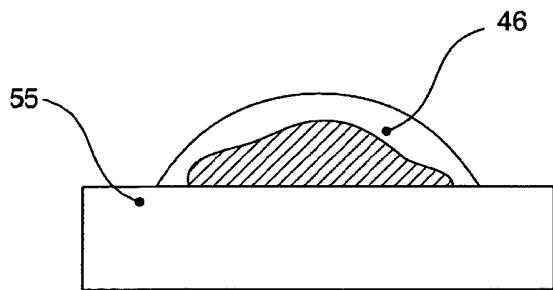


Figura 8C

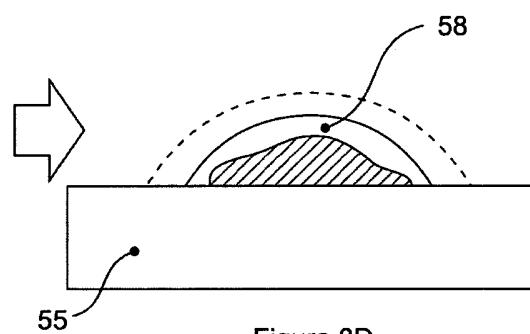


Figura 8D

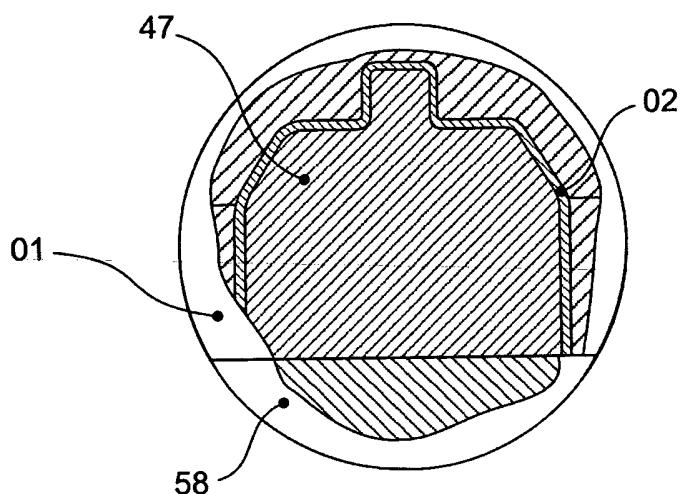


Figura 9A

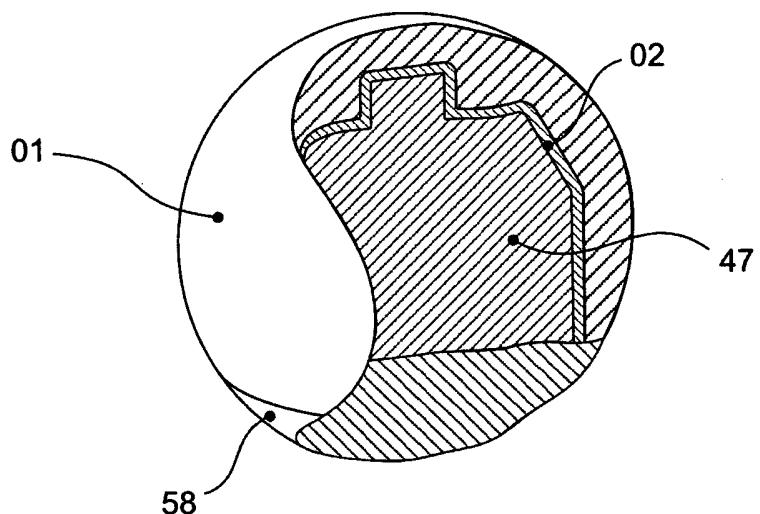


Figura 9B

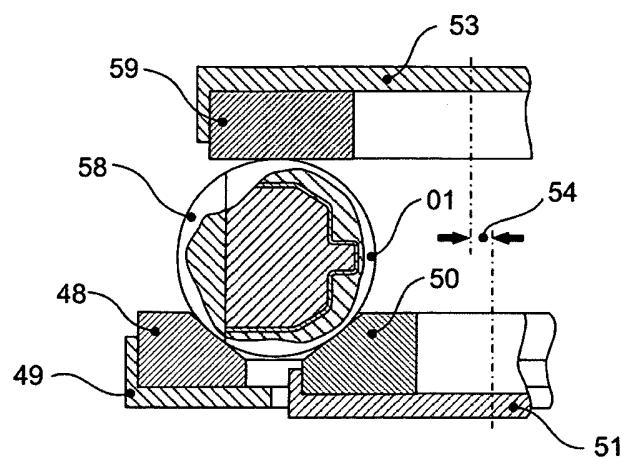


Figura 10A

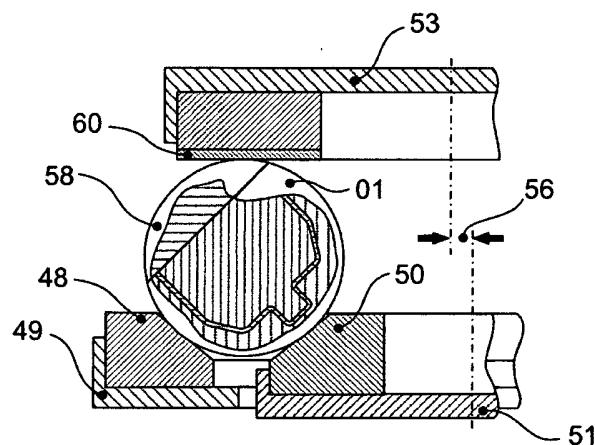


Figura 10B

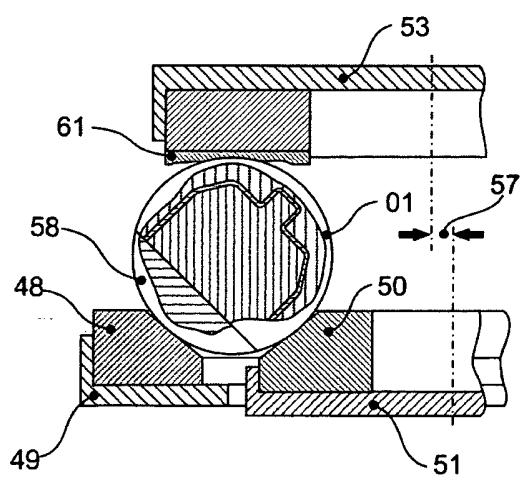


Figura 10C

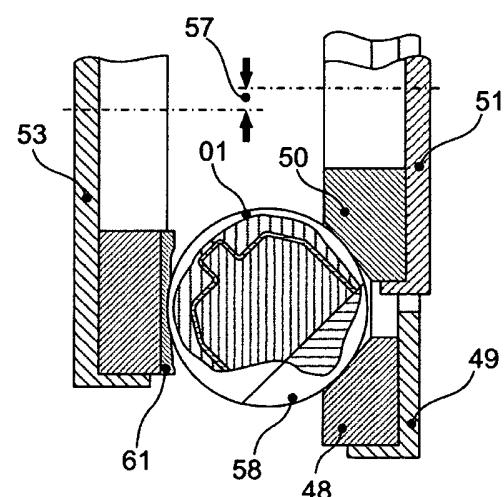


Figura 10D

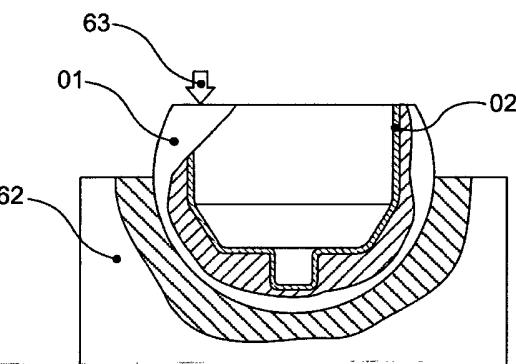


Figura 11A

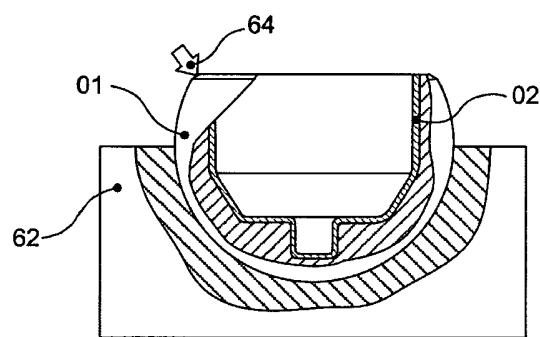


Figura 11B

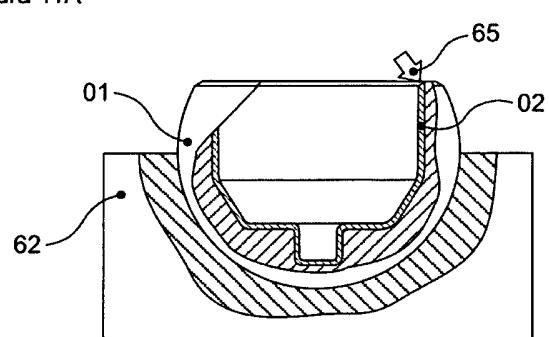


Figura 11C

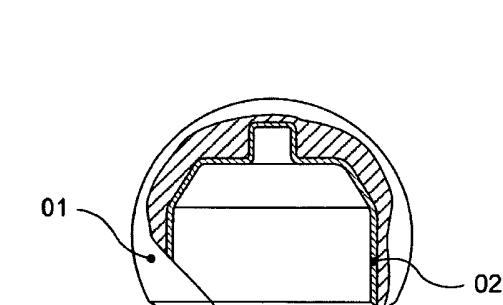


Figura 11D

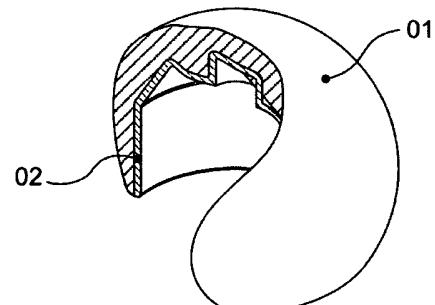


Figura 11E

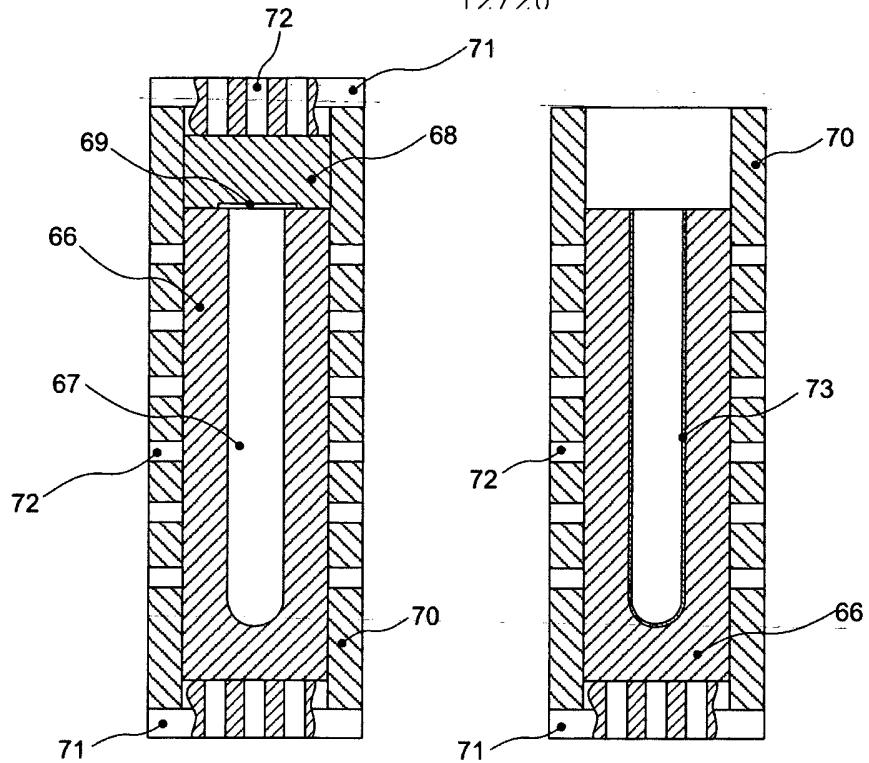


Figura 12A

Figura 12B

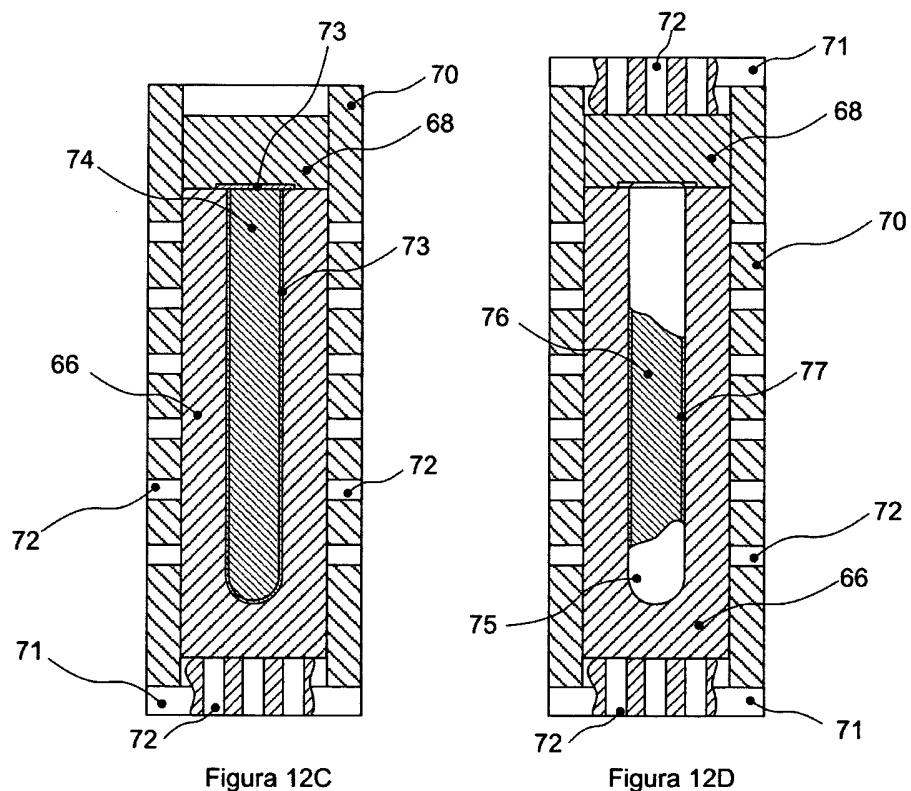


Figura 12C

Figura 12D

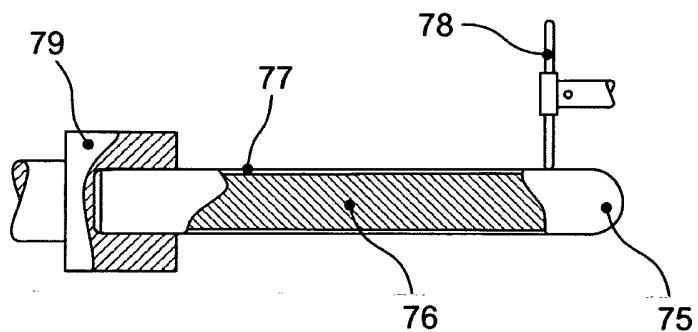


Figura 13A

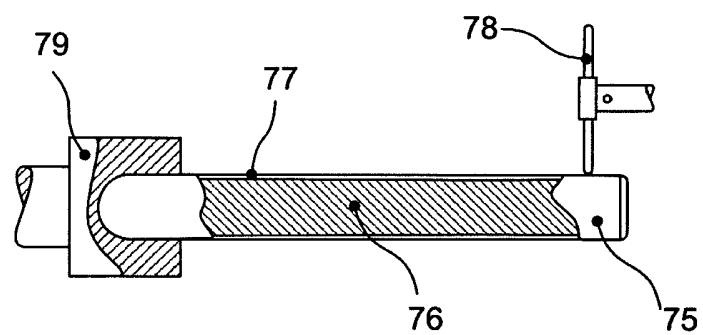


Figura 13B

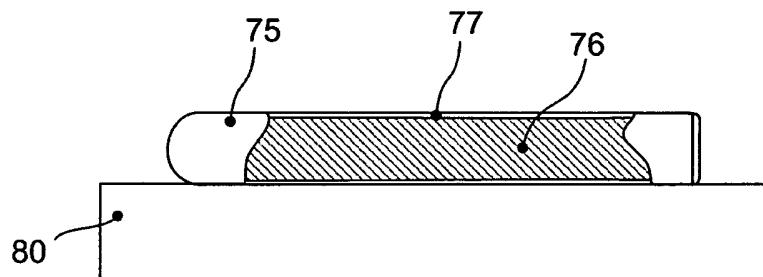


Figura 14A

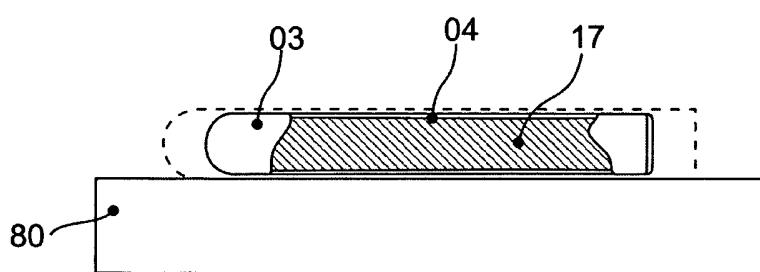


Figura 14B

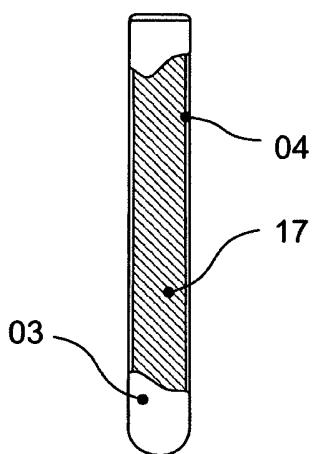


Figura 14C

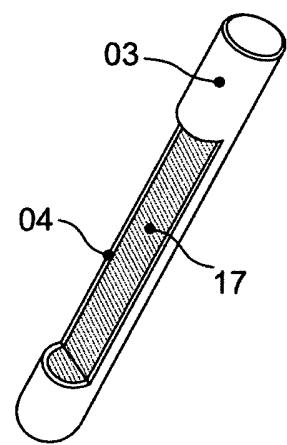


Figura 14D

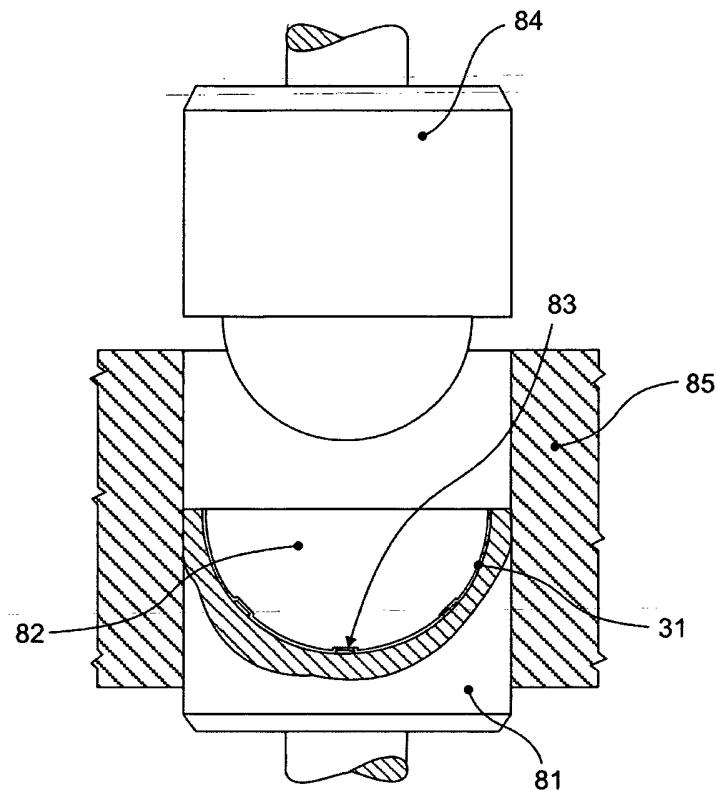


Figura 15A

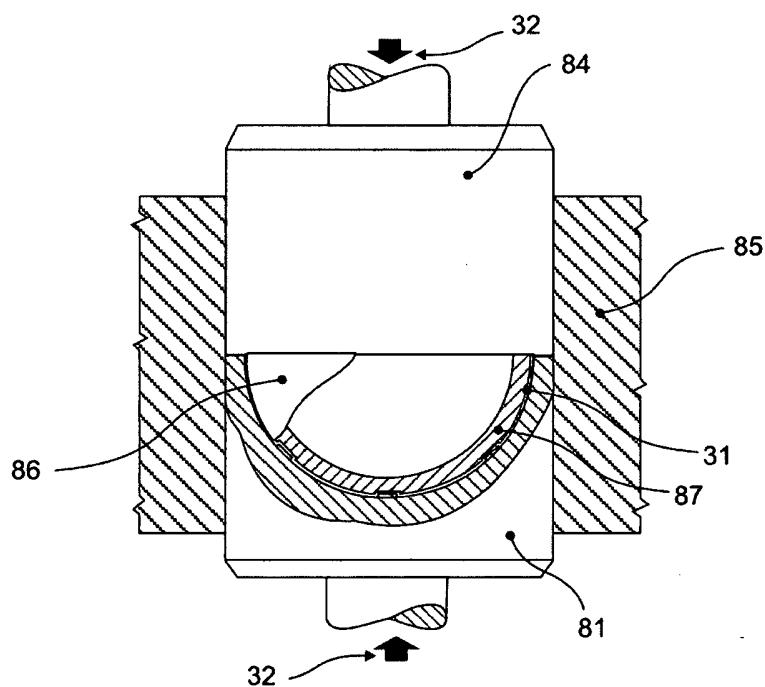


Figura 15B

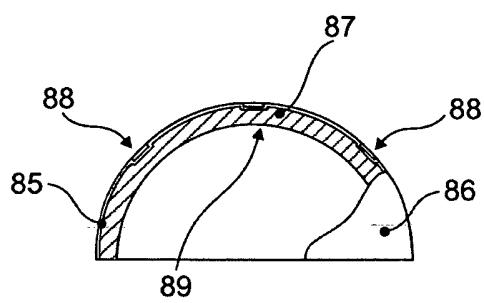


Figura 16A

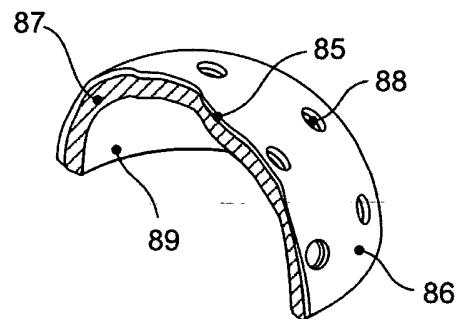


Figura 16B

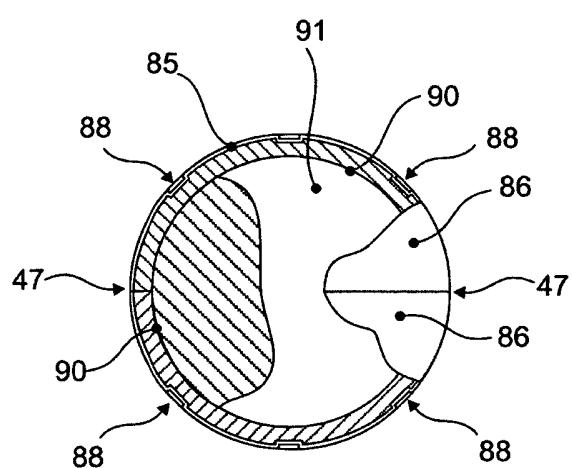


Figura 16C

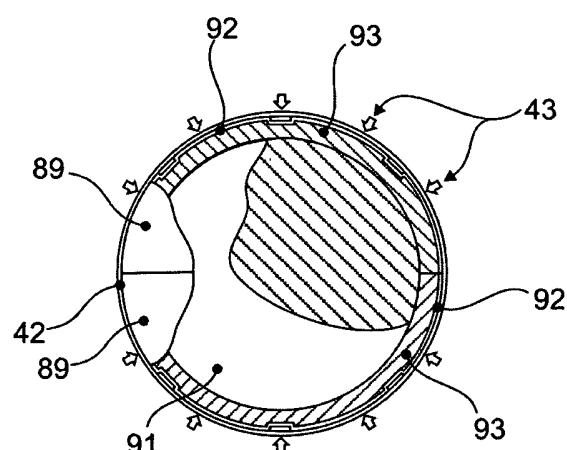


Figura 16D

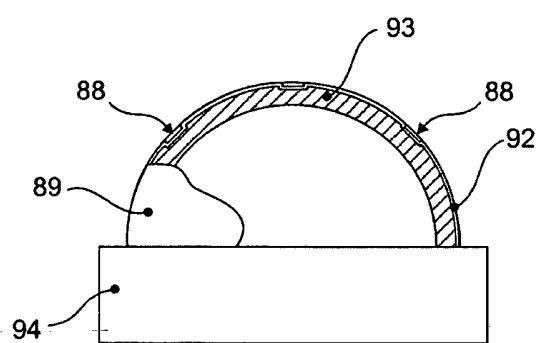


Figura 17A

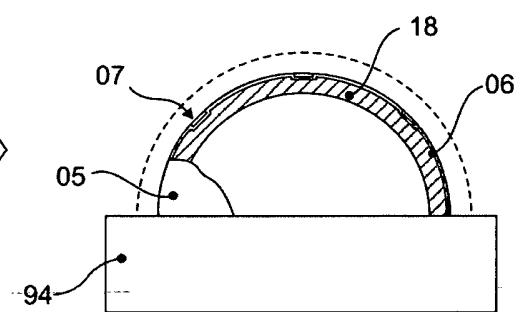


Figura 17B

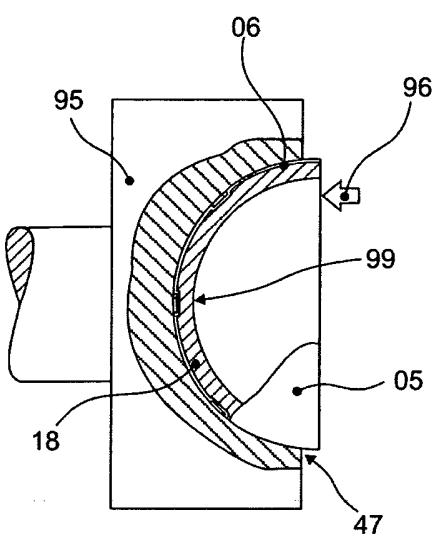


Figura 18A

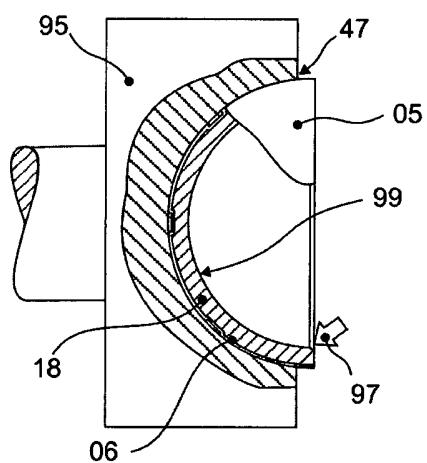


Figura 18B

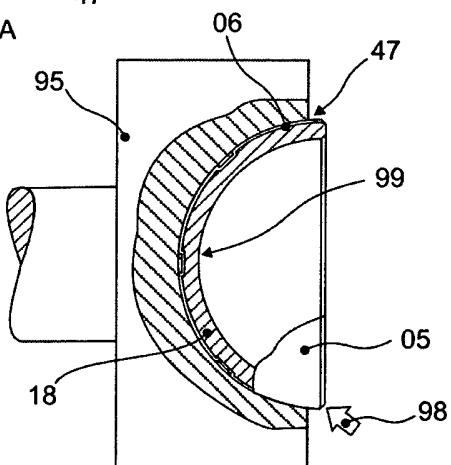


Figura 18C

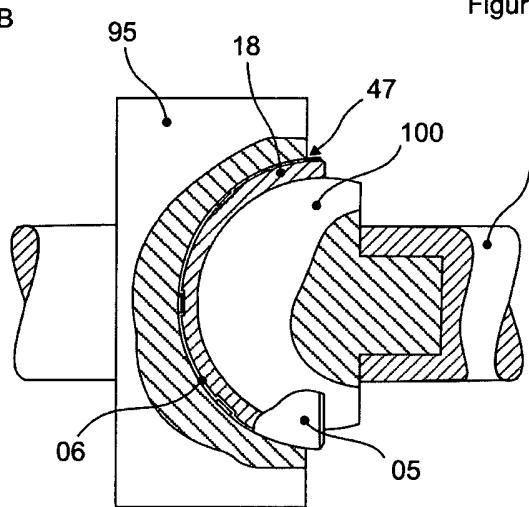


Figura 18D

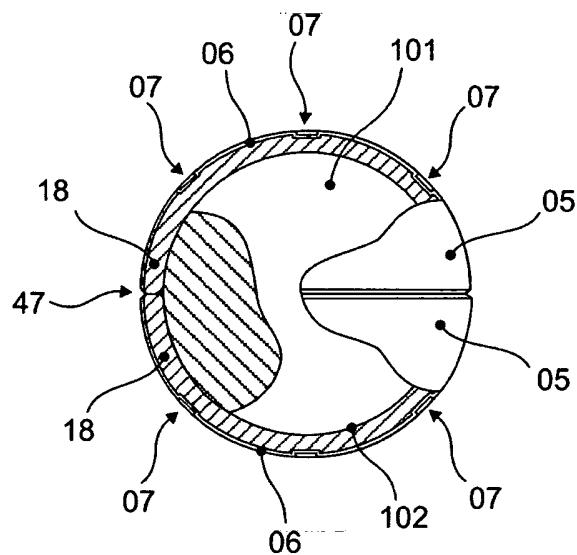


Figura 19A

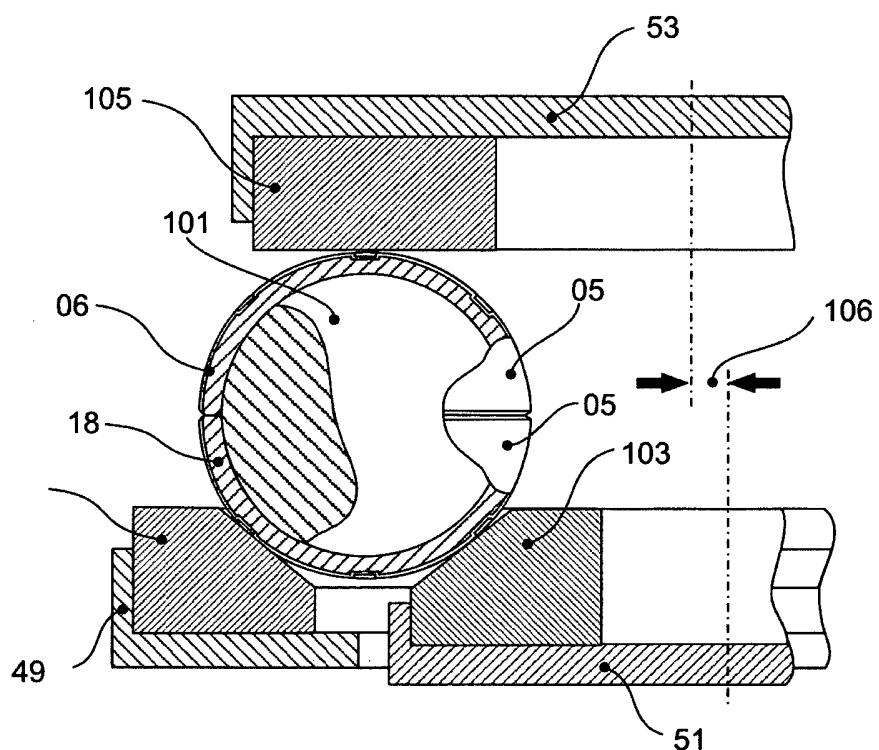


Figura 19B

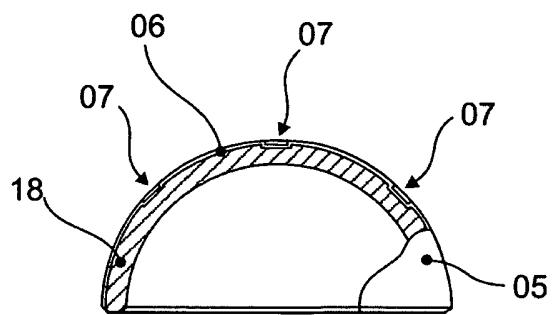


Figura 20A

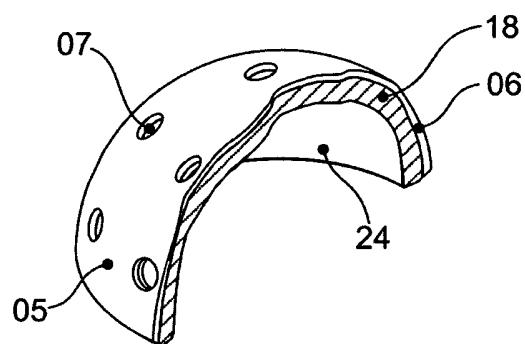


Figura 20B

**RESUMO****PRÓTESE CIRÚRGICA DE RECAPEAMENTO DE QUADRIL EM CERÂMICA  
POROSA MULTIDENSA COM GRADIENTE FUNCIONAL E SEU PROCESSO DE  
PRODUÇÃO**

5        A presente invenção se refere a uma prótese cirúrgica não metálica constituída por uma cabeça femoral, uma haste femoral e um acetábulo pélvico para ser utilizada na artroplastia de recapeamento de extremidades esferoides ou condilares de ossos em geral e em particular de fêmures  
10    humanos e caninos e de animais de qualquer porte que apresentem quaisquer moléstias dessas articulações sinoviais; a prótese cirúrgica de recapeamento de extremidades ósseas em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional foi projetada para ser fabricada com  
15    materiais não metálicos tais como os cerâmicos e compósitos cerâmicos e ou poliméricos e compósitos poliméricos; a prótese cirúrgica de recapeamento de quadril em cerâmica porosa multidensa com gradiente funcional traz em seu bojo soluções inovadoras relativamente ao seu projeto, aos seus  
20    materiais e às suas alternativas técnicas de produção; envolve coprensagem cerâmica axial em duplo estágio e isostática, em alta e baixa pressão, usinagens inovadoras a verde e após a sinterização de esferas cerâmicas compostas pelos elementos constituintes da prótese cirúrgica de  
25    recapeamento de extremidades ósseas: a cabeça femoral e o acetábulo pélvico.