



# APLICAÇÃO DA ASPERSÃO TÉRMICA DE Ti NO REVESTIMENTO E NA FABRICAÇÃO DE IMPLANTES

TM 734 – Aspersão Térmica

**Seminário**



# Estrutura da apresentação

## ❖ **INTRODUÇÃO**

## ❖ **BIOMATERIAIS**

*Titânio*

## ❖ **PRÓTESES ODONTOLÓGICAS e ORTOPÉDICAS**

*Introdução*

*Superfície do implante*

*Rugosidade*

*Processo de fabricação*

## ❖ **PRÓTESES CRANIO-MAXILO-FACIAL**

*Limitações*

*Proposta*

## ❖ **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

# Introdução

## Problema

Uma deformidade congênita ou a perda de uma parte do corpo em um acidente ou por uma doença, pode gerar no paciente além da perda ou comprometimento de uma função transtornos sociais e psicológicos.

Em resposta a isso são exigidos dos profissionais medidas saneadoras ou redutoras dos problemas que afetam a auto estima e imagem e a funcionalidade do paciente.

Atualmente os recursos de melhoria e/ou reconstrução estética e funcional são bastante desenvolvidos, principalmente nas áreas odontológica, ortopédica e crano-maxilo-facial.

## Objetivo

Apresentar um panorama das ferramentas e recursos de reconstrução estética e funcional, com foco na utilização do Ti como biomaterial e da Aspersão Térmica como processo de fabricação.

# Titânio (Ti)

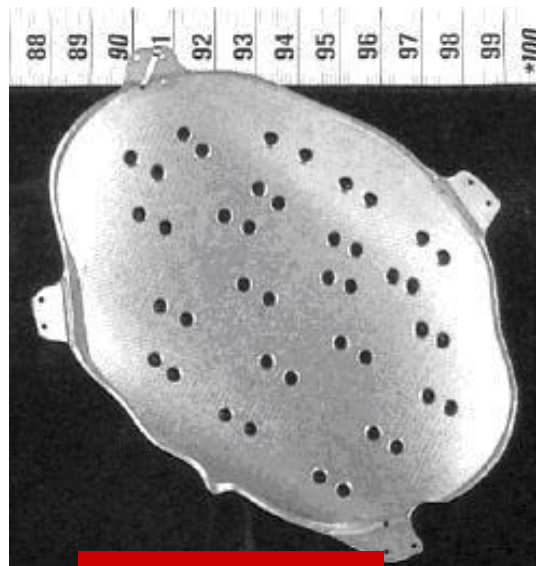
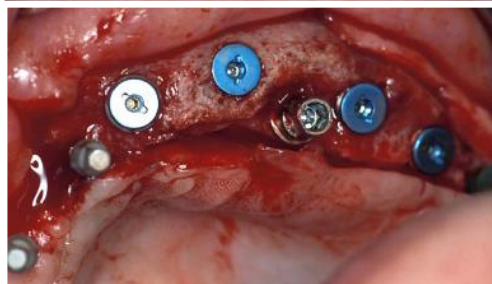
O Titânio já há algumas décadas despontou como o material metálico mais adequado.

Hoje o Ti constitui quase a totalidade dos dispositivos de fixação, malhas dinâmicas, e em alguns casos próteses inteiras.

Atualmente, a liga Ti-6Al-4V é a mais usada para implantes e dispositivos de fixação em geral, isso é devido a sua qualidade de biocompatibilidade e baixa densidade, alta resistência e certa capacidade de dobramento.

## Exemplos da aplicação do Ti

**Implantes odontológicos**



**Implantes craniano**

**Malhas dinâmicas**



**Dispositivos de fixação**



# Próteses

## Desafios das próteses

- Seleção adequada do biomaterial;
- Contato com ambiente bastante agressivo (placa bacteriana, a saliva na cavidade bucal e os fluídos fisiológicos e a biocompatibilidade do material é avaliada principalmente pela reação desse material ao osso e a esse ambiente.
- Qualidade da superfície do implante, (propriedades tribológicas, físicas, químicas, mecânicas e microestruturais).

*O objetivo de muitos trabalhos atualmente é determinar a melhor condição de superfície para um implante.*

# Superfície de implante de Ti

Adesão de osteoblastos na interface implante-osso do Ti são dependentes:

Composição química  
(camada óxida)

Morfologia  
(rugosidade, porosidade e salpicos)

## Camada óxida

Lausmaa et al. (1988) afirmam que é criado sobre a superfície do titânio uma camada oxida de (8–10 nm), imediatamente após entrar em contato com oxigênio.

Porém, há alguns relatórios que afirmam que essa camada de óxido natural pode não proteger suficientemente em ambiente biológico agressivo.

Dessa forma, pesquisadores como Leng et al. (2005) depositaram filmes de óxido de titânio em superfícies por meio de dois processos de aspersão, e investigaram a estrutura, composição química, resistência do material.

Estudos em vidro e vivo mostram que alterações na superfície óxida do implante de titânio influênciam fortemente a resposta dos tecidos (SUL et al., 2002).

# Superfície de implante de Ti

## Morfologia

### *Rugosidade*

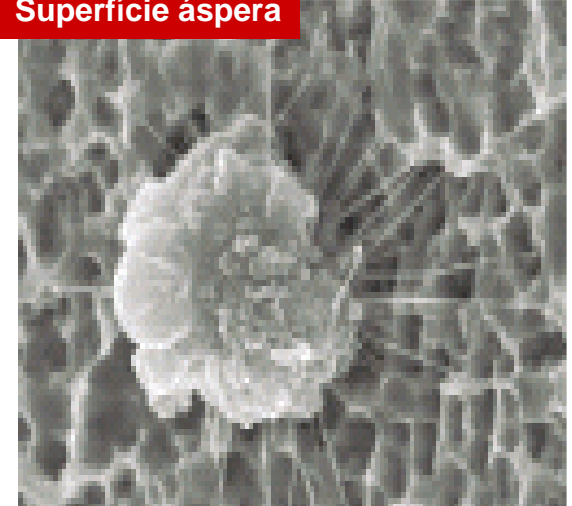
Sammons et al (2005) estudaram a influencia da topologia de superfícies no comportamento de crescimento celular.

- Osteoblastos se depositam indistintamente tanto em superfícies porosas quanto lisas, independente do biomaterial.
- A rugosidade, não é condição necessária para que ocorra crescimento ósseo, porém;
- Influencia o percentual e a velocidade de crescimento celular.

### *Porosidade*

Bobyne et al (1980) investigaram diferentes tamanhos de poros em implantes odontológicos e concluíram que tamanho de poro ideal é entre 100 e 400  $\mu\text{m}$ . Outros foram mais específicos e afirmaram que é entre 140 e 200  $\mu\text{m}$ .

Superfície áspera



Superfície lisa

# Superfície de implante de Ti

## Problema

Não existe um padrão definido para a morfologia das superfícies de Ti, nem para a sua obtenção.

*Vaz (2007) realizou um estudo sobre a morfologia dos revestimentos de titânio.*

## Objetivo

Definir parâmetros adequados para uma otimização de superfícies por meio do processo plasma spray.

- Foram preparadas 8 amostras de Ti-CP e em seguida revestidas com Ti-CP;

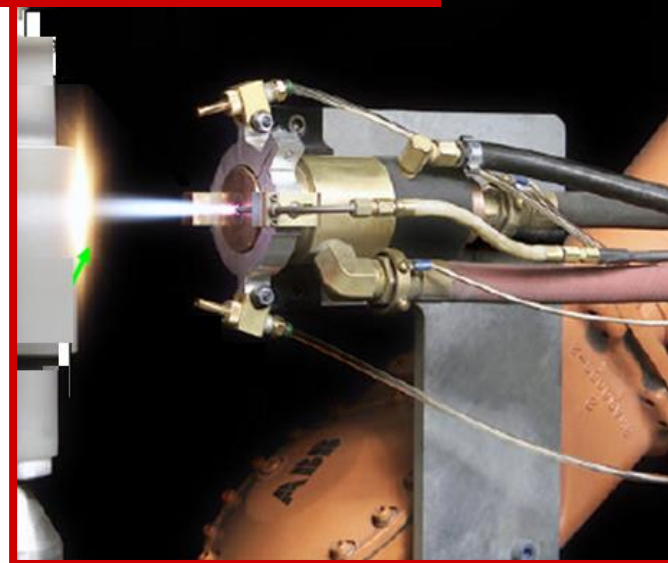
### Sem pré-aquecimento

2 amostras revestidas a 50 cm;  
2 amostras revestidas variando entre 10 e 50 cm;

### Com pré-aquecimento de 150°C;

2 amostras revestidas a 50 cm;  
2 amostras revestidas variando entre 10 e 50 cm.

## Tocha de aspersão térmica PS



- Amostras foram jateadas com esferas de vidros após a deposição do revestimento;
- Algumas amostras foram colocadas na solução SFC (Kokubo) por 30 dias;



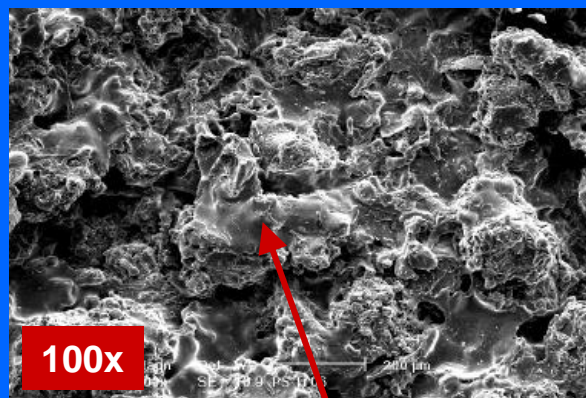
# Resultados

Características favoráveis dessa superfície:

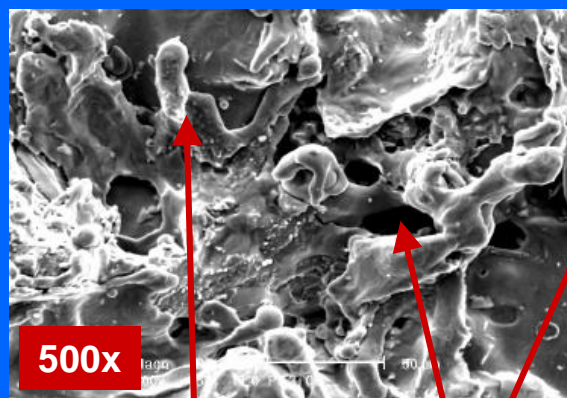
- facilita o fluxo sanguíneo,
- a presença de pequenos fragmentos, permite uma maior superfície exposta
- os salpicos contribui com o efeito de molhamento, facilitando a irrigação sanguínea.

**Segundo CURTIS et al (1997) as superfícies que apresentam uma boa resposta biológica são as que possuem sulcos em grande número, com diferentes profundidades e larguras.**

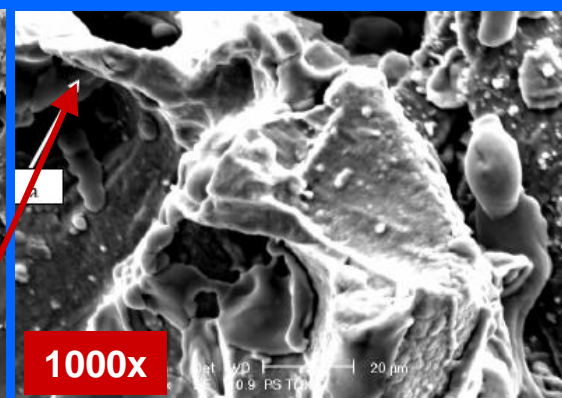
**Amostras revestidas sem pré-aquecimento a distância de 50 cm:**



panquecas com pequenos fragmentos, poros, salpicos e morfologia irregular.



Salpicos bem aderidos

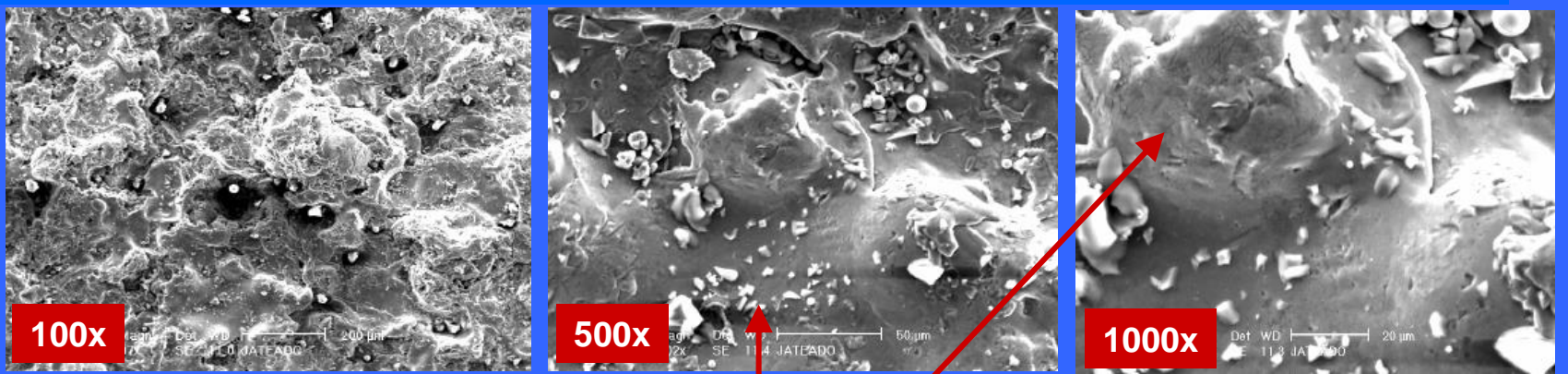


Poros interconectados

## Efeito do posterior jateamento com esfera de vidro

- Eliminação das impurezas, salpicos e fragmentos de fraca aderência, deixando uma superfície com morfologia livre de impurezas e de partículas fortemente aderidas que não podem se desprender quando implantadas.
- Criação de uma superfície com oxido de titânio, formado a temperatura ambiente, possivelmente do tipo  $TiO_2$ .

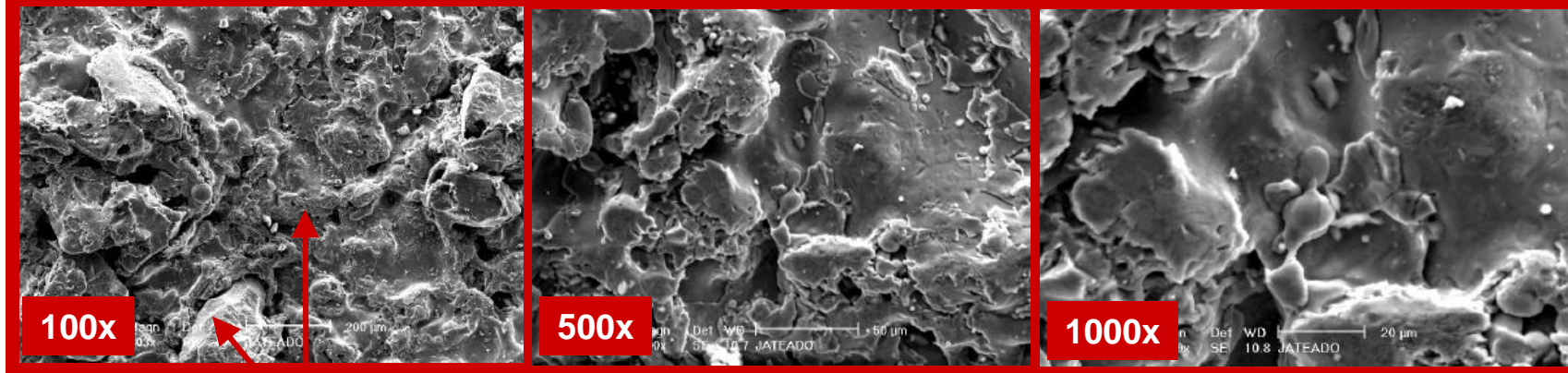
Amostras revestidas à 50 cm de distância, com pré-aquecimento e jateamento (esfera de vidro):



Menos salpicos, impurezas

# Resultados

Amostras revestidas com distância de 10 à 50 cm, com pré-aquecimento e jateamento:



Dois planos

O pré-aquecimento não apresentou diferenças morfológicas nas amostras

## Rugosidade (Ra, Ry e Rz)

Amostras	Ra Médio (μm)	Ry Médio (μm)	Rz ISO Médio
1 [50 cm]	31,86	200,3	171,42
2 [50 cm] + jateamento	32,88	201,44	184,4
3 [50 cm]	30,55	179,11	167,04
4 [50 cm] + jateamento	33,74	198,89	166,51
5 [10 e 50 cm]	35,81	219,80	185,60
6 [10 e 50 cm] + jateamento	34,70	202,96	181,56
7 [10 e 50 cm]	31,07	205,62	177,37
8 [10 e 50 cm] + jateamento	34,81	229,74	197,68

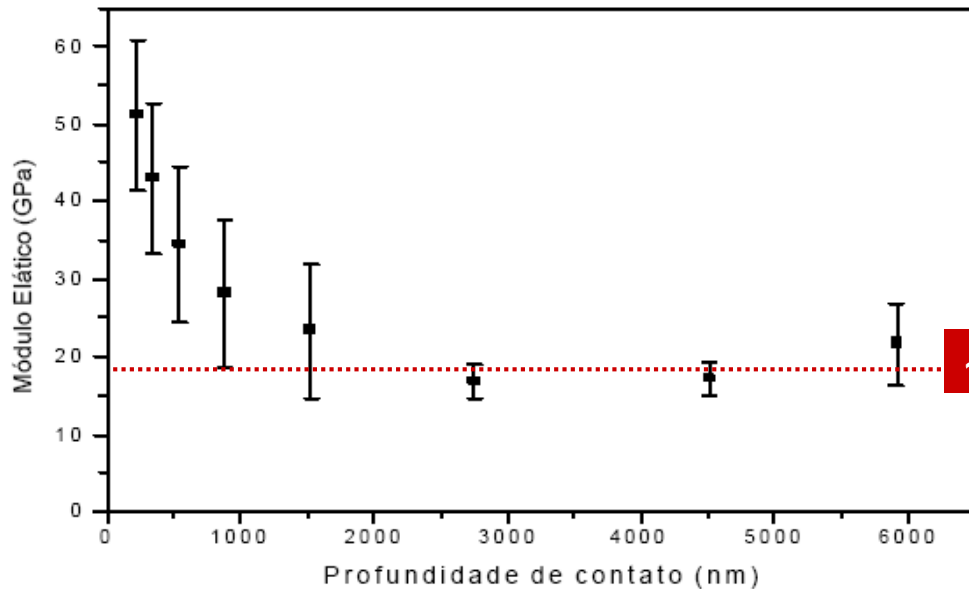
Segundo BORSARI *et al* (2005) a rugosidade pode ser classificada como:

ultra alta para valores de Ra ~ 74 μm,  
alta para valores de Ra ~ 40 μm e  
média para valores de Ra ~ 18 μm.

O jateamento posterior alterou a morfologia eliminou fragmentos e salpicos de baixa aderência, mas não diminui a rugosidade.

## Propriedades Mecânicas do Revestimento

Foram levantados por meio da nano indentação a dureza e o módulo elástico.



Segundo Santos Jr e Emanuel (2005) o E-módulo do Ti polido esta em torno de:

**140 GPa**

Segundo Christensen et al,(2000) o E-módulo médio Ti 6Al 4V:

**105 GPa**

do aço inox é de:

**193 GPa**

do osso é de:

**16,5 GPa**

**~18 GPa**

# Conclusões

- Todas as amostras apresentaram uma superfície rugosa, com morfologia irregular, poros e salpicos;
- O jateamento posterior, feito com esferas de vidro, aumentou a rugosidade, ajudou a eliminar partículas de baixa aderência, e gerou uma morfologia diferenciada na superfície;
- A presença de oxigênio em todas as amostras, indica a formação de óxido de titânio na superfície;
- Amostras sem posterior jateamento apresentaram maior dureza;
- Os valores do módulo elástico diminuíram com o revestimento de Ti CP, ficando próximos dos valores do módulo elástico do osso humano;

O Titânio é sem dúvida o material metálico mais utilizado principalmente na Cranioplastia, alguns exemplos podem ser vistos abaixo:

**Usinados**



**Fundido**



**Conformado**



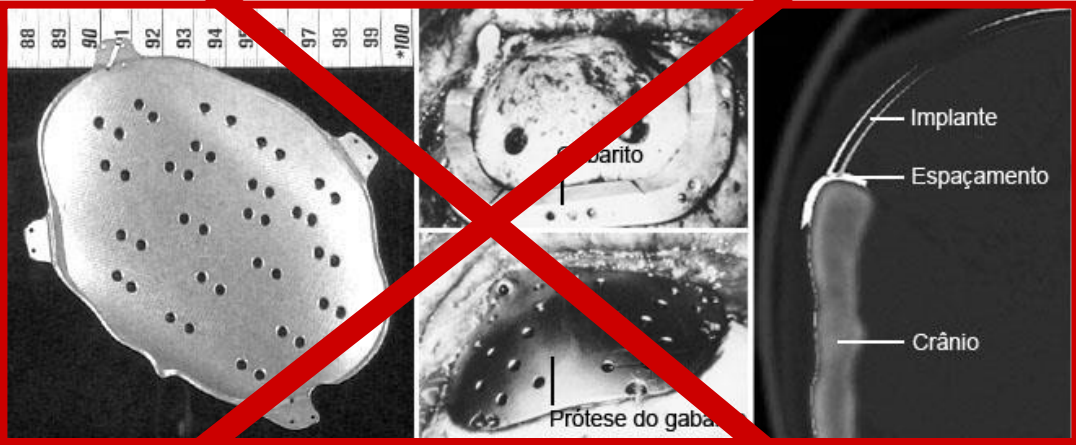
## Problemas

D'Urso *et al.* (2000) e Beumer, Firtell e Curtis (1979, *apud* Hieu *et al.*, 2002) apontam algumas limitações, tais como:

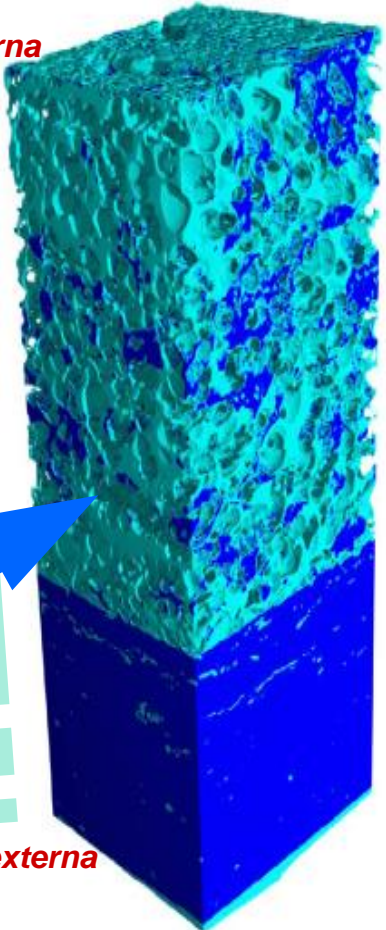
- alto custo,
- dificuldades na moldagem,
- fundição e usinagem;
- criação de artefatos em seções de TC,
- condutividades térmica e elétrica.

# Cranio-maxilo-facial

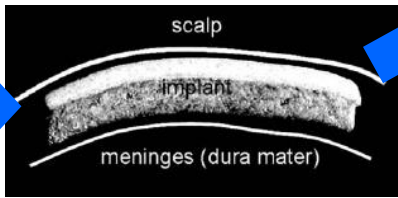
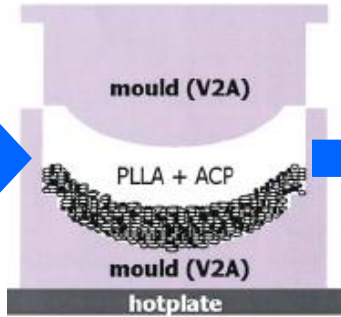
M. Wehmöller, H. Eufinger, B. Saylor, A. Harders, S. Weihe, E. Machtens  
(Universidade de Ruhr em Bochum – Alemanha)



*Sup. interna*

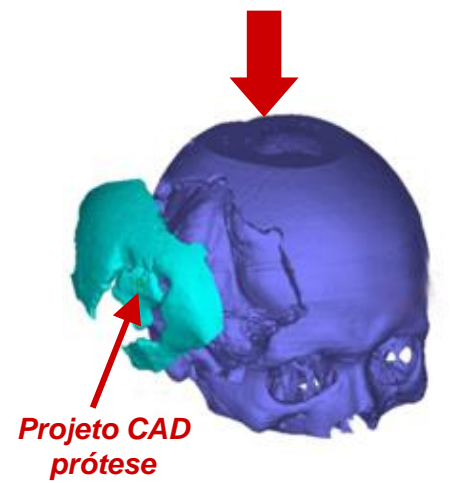
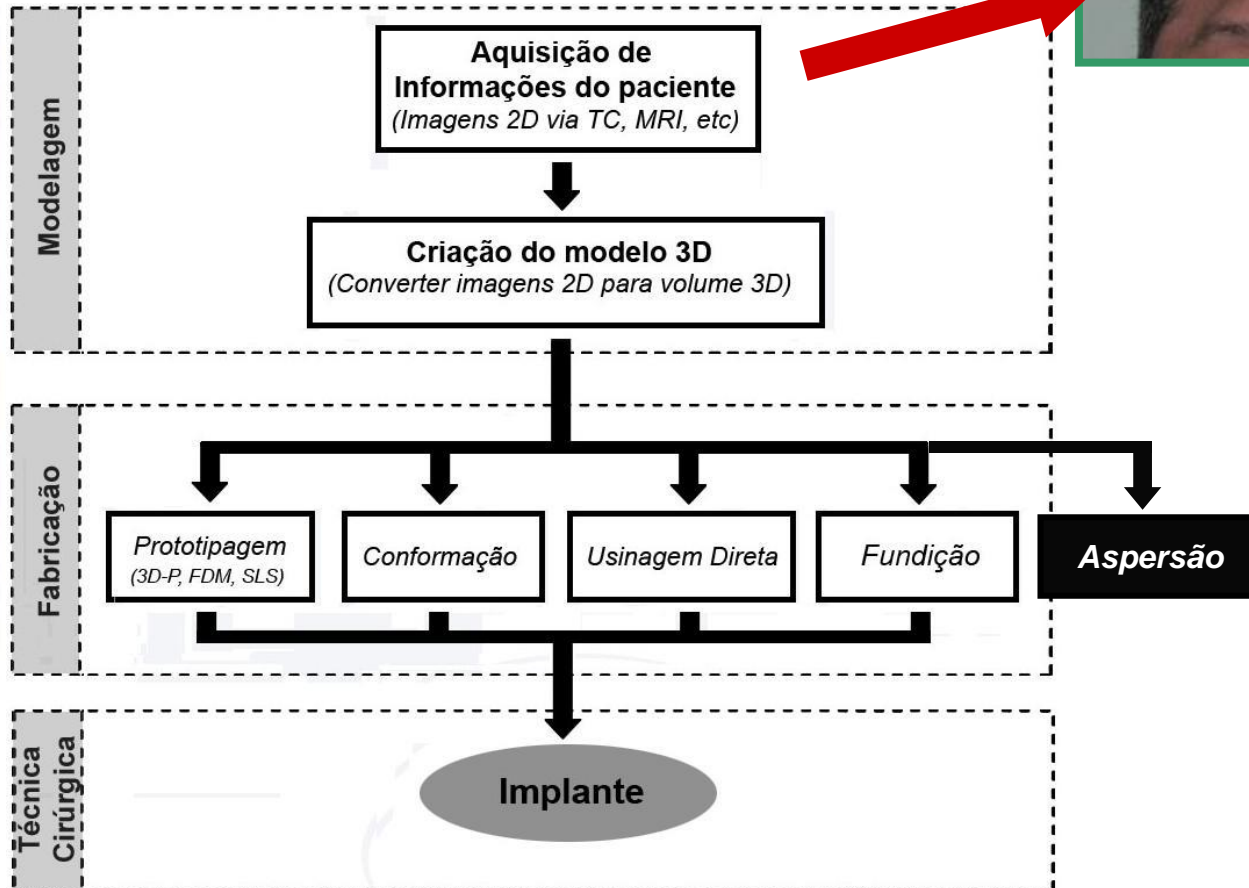


*Sup. externa*



# Proposta

## Prótese de Ti aspergida





# Cranioplastia

## Metodologia

Modelo CAD

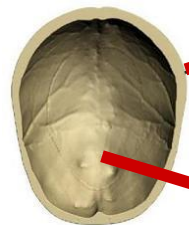
Molde gesso usinado

Aspersão de Ti

Desmoldagem

Esterelização

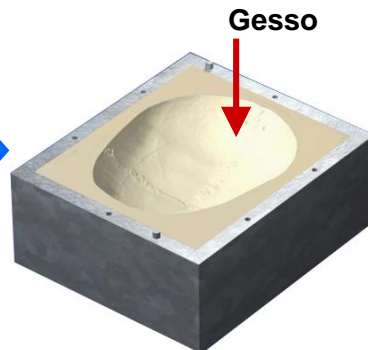
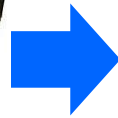
Prótese Final



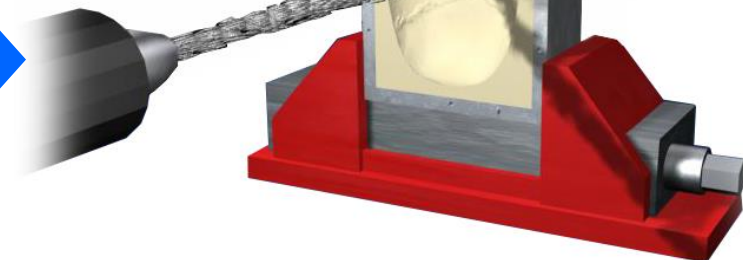
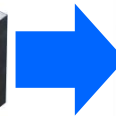
Sup. externa



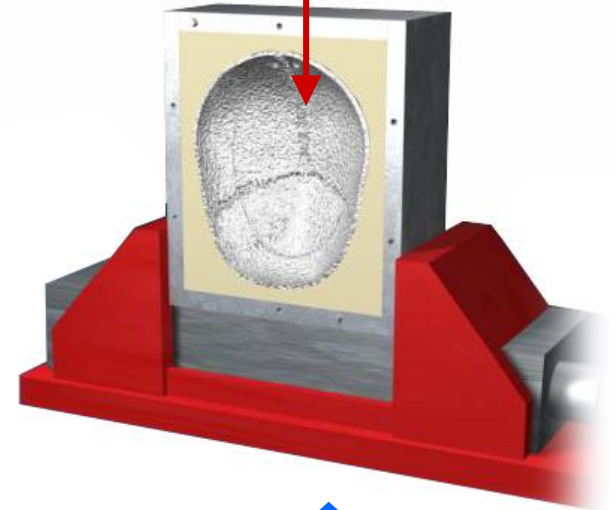
Sup. interna



Porta-moldes



Revestimento de Ti ~2mm





OBRIGADO

