

# CARACTERIZAÇÃO DE BIOMATERIAL À BASE DE NIQUEL ATRAVÉS DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM<sup>1</sup>

Dário Augusto Borges Oliveira<sup>2</sup>  
Marília Garcia Diniz<sup>3</sup>

## Resumo

A visão computacional é uma vertente da inteligência artificial que se baseia em base teórica matemática e algorítmica, e que possibilita às máquinas obterem conhecimento através de imagens. Neste trabalho temos como objetivo caracterizar quantitativamente as microestruturas geradas em uma liga à base de níquel comumente utilizada para a fabricação de próteses dentárias, em peças obtidas por fundição em laboratórios de próteses através da análise e processamento digital de imagens. O processo de fabricação será avaliado através da análise quantitativa dos tamanhos, distribuição e geometrias das fases geradas nas microestruturas da liga.

**Palavras-chave:** Biomateriais; Visão computacional; Próteses; Processamento digital de imagens.

## NICKEL BASED BIOMATERIAL CHARACTERIZATION THROUGH DIGITAL IMAGE PROCESSING AND ANALYSIS

## Abstract

Computational Vision is an artificial intelligence slope that is based on an algorithmic and mathematical theoretical basis, which allows machines to acquire knowledge through images. This work aims at quantitatively characterize the microstructures generated in a nickel based alloy, commonly used for dental prosthesis fabrication, through digital image processing and analysis, using pieces obtained by a fusing process in prosthesis labs. The manufacture process will be evaluated through the quantitative analysis of the sizes, distribution and geometries of the phases generated in the microstructures of the alloy.

**Key words:** Biomaterials; Computacional vision; Prosthesis; Digital image processing.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

<sup>2</sup> *Aluno de Iniciação Científica, Depto. Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, CEP 20550-013, Rio de Janeiro (RJ), Brasil.*

<sup>3</sup> *Prof. Adjunto, Depto. Engenharia Mecânica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, CEP 20550-013, Rio de Janeiro (RJ), Brasil..*

## 1 INTRODUÇÃO

Desde 1960, as combinações entre ligas metálicas e porcelanas vêm sendo utilizadas por dentistas para a construção de dispositivos de restauração oral. A combinação entre ligas metálicas em peças fundidas e o revestimento de porcelanas promove uma excelente combinação entre resistência mecânica de uma superestrutura metálica e a aparência estética de dentes de porcelana, criando a ilusão de que as restaurações são verdadeiros dentes. Algumas destas ligas são à base de níquel e elas apresentam propriedades mecânicas e químicas bastante favoráveis para a construção do referido sistema metal – cerâmico.<sup>[1]</sup>

Dispositivos odontológicos feitos de ligas à base de níquel são normalmente obtidos por processos de fundição por centrifugação e em laboratórios de próteses e sua escolha se baseia em sua excelente resistência à corrosão e uma boa resistência mecânica, além de não causarem danos, tais como a liberação de elementos citotóxicos.<sup>[2]</sup>

O típico processo de fundição de dispositivos odontológicos da liga FITCAST-SB (261MPa, Ni 61% – Cr 25% – Mo10,5% – Si 1,5% – Ti<1%, dados do fabricante) parece gerar com frequência uma estrutura típica de fundição, onde uma matriz rica em níquel é entremeada por uma segunda fase de carbeto precipitados em formas geométricas que variam entre as dendríticas e as esféricas. Esses prováveis carbeto de cromo encontram-se distribuídos com tamanhos bastante variáveis dentro da fase rica em níquel e algumas vezes com geometrias também variáveis.<sup>[3]</sup>

A presença de tamanhos e geometrias tão variadas de carbeto precipitados na matriz da fase rica em níquel pode ser atribuída às limitações do processo de fabricação na obtenção da peça fundida. O processo de fundição utilizado pelos protéticos em geral parece promover a presença de carbeto com tamanhos e geometrias variadas, além de uma má distribuição dos mesmos na matriz,, o que pode prejudicar o comportamento mecânico nas próteses de uso em geral, principalmente naquelas que ficam submetidas aos movimentos mais variados de fala e mastigação.

A quantificação e a caracterização da forma geométrica, bem como a distribuição dos carbeto presentes na matriz rica em níquel de dispositivos odontológicos são fundamentais para a avaliação do processo de fabricação dos mesmos, uma vez geometrias suaves, tamanhos pequenos e homogeneidade de distribuição de precipitados tendem a não causar concentrações de tensões no material que possam favorecer os processos de fratura. A introdução deve conter a apresentação do trabalho, os objetivos e a revisão da literatura.

A visão computacional é uma vertente da inteligência artificial que se baseia na formação de uma base teórica e algorítmica que possibilite as máquinas obterem uma compreensão do mundo através da imagem.<sup>[4]</sup>

Uma imagem pode ser representada por uma matriz  $n \times m$ , cujos valores são descritos por uma função  $F(x,y)$  da intensidade luminosa, proporcional à média do brilho da imagem atribuída àquele ponto, como é o caso das imagens em escala de cinza.

Cada ponto da imagem, ou elemento da imagem, mais conhecido pela sigla pixel (*picture element*), possui propriedades específicas que o caracterizam. Destas características destacam-se a intensidade e a vizinhança do pixel. A intensidade de um pixel é o valor atribuído ao pixel pela função  $F(x,y)$ . A vizinhança de um pixel  $P$  é definida como o conjunto dos pixels que se encontram ao redor de  $P$ .

A visão humana baseia-se na proximidade, na similaridade e na continuidade para formar agrupamentos sobre o que o homem observa, ou seja, ela decompõe a imagem em elementos significantes. Esta é uma etapa fundamental na compreensão da imagem. A visão computacional utiliza-se da segmentação de imagem na tentativa de emular num computador esse procedimento.

A segmentação é o procedimento que visa delimitar numa imagem os objetos que a compõem. Este é o primeiro passo na classificação de estruturas conectadas e sua semântica dentro do contexto estudado, que é o objetivo deste trabalho.

Atualmente, os algoritmos básicos de segmentação carecem de ser adaptados às particularidades de cada aplicação e suas respectivas heurísticas de solução, o que acarreta na necessidade de se conhecer bem o domínio ao qual a segmentação será aplicada.

O objetivo deste trabalho é a caracterização da geometria, tamanho e distribuição dos carbeto precipitados na matriz rica em níquel da liga FITCAST – SB gerados no processo de fundição típico de laboratórios de próteses dentárias através da análise e processamento digital de imagens obtidas de aspectos micrográficos de dispositivos odontológicos.

## 2 MATERIAL, MÉTODOS E RESULTADOS

As imagens de entrada são imagens micrográficas digitais obtidas de corpos de prova da liga FITCAST- SB (261MPa, Ni 61% – Cr 25% – Mo10,5% – Si 1,5% – Ti<1%, dados do fabricante) por fundição em laboratórios de próteses dentárias. As imagens foram obtidas com objetiva 25, e o aumento proporcionou uma medida de 0.1764  $\mu\text{m}^2$  para área de cada pixel nas imagens.

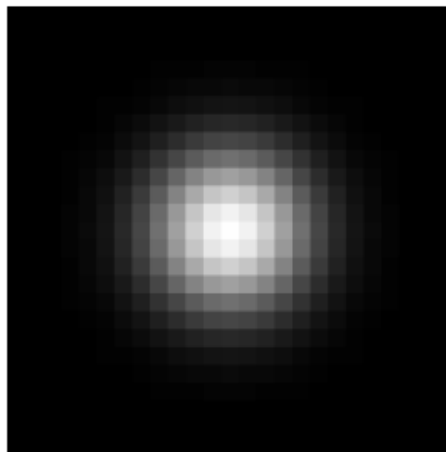
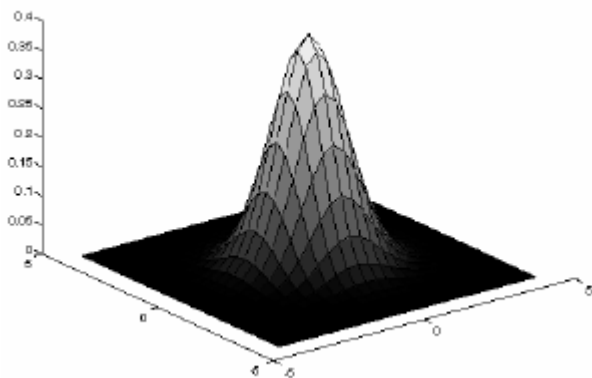
Neste trabalho são extraídas informações sobre a quantificação, cálculo do tamanho, distribuição e fator de forma de carbeto precipitados em uma matriz rica em níquel para uma avaliação do processo de fundição versus microestrutura que ele gera.

O processamento de todas as imagens foi realizado utilizando-se o software MATLAB 7.1 e consiste basicamente de 4 etapas: pré-processamento das imagens, segmentação; extração de atributos dos objetos conectados; e avaliação e classificação da imagem.

A partir de uma imagem de entrada é realizado um tratamento de ruído para eliminar o efeito de textura na imagem, permitindo uma melhor análise das diferentes classes de objetos na imagem. O filtro utilizado para eliminação de ruídos na imagem segue uma distribuição gaussiana, descrita pela seguinte equação:

$$w(x, y) \propto \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right)$$

Como podemos observar o filtro recalcula os valores de pixel levando em conta as intensidades de seus vizinhos, e privilegiando os mais próximos. A Figura 1 ilustra o filtro:

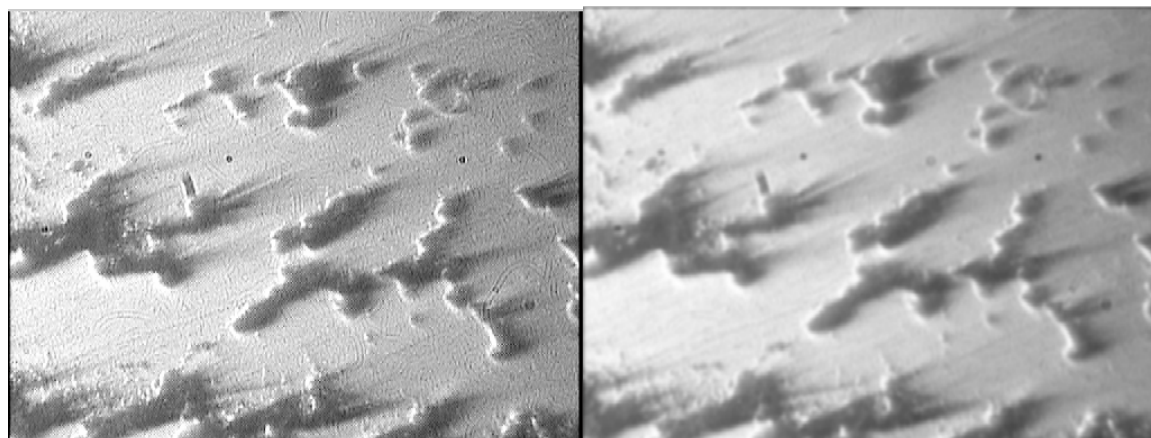


Fonte: Help Matlab.

**Figura 1.** Filtro Gaussiano.

Ao aplicarmos este filtro numa imagem de entrada podemos perceber claramente que o ruído de textura é bastante diminuído, prevalecendo as características dos componentes principais.

As imagens micrográficas obtidas da liga FITCAST - SB apresentadas na Figura 2 exemplificam a etapa de pré-processamento com a suavização de ruído. Na imagem é possível observar a matriz rica em níquel mais clara e as partes mais escuras representando os carbeto precipitados como uma segunda fase.



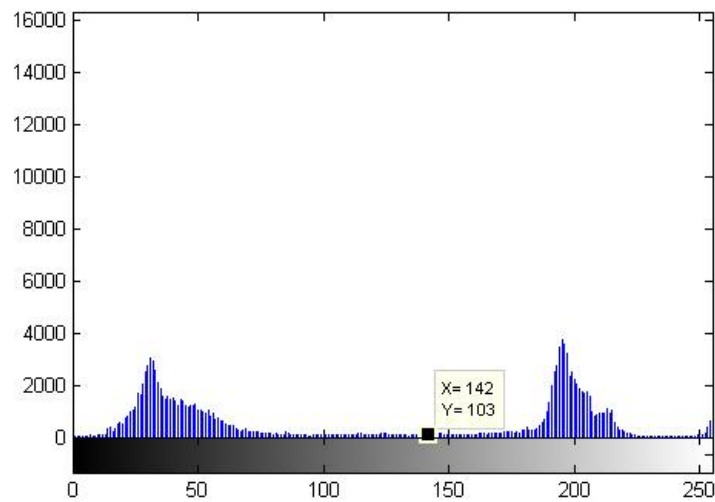
Fonte: Autor

**Figura 2.** Antes e depois da aplicação do filtro gaussiano .

Neste ponto realizamos uma binarização da imagem, que nos permite separar objetos de potencial interesse para estudo. Neste trabalho os objetos de estudo são os carbeto. Em uma binarização estabelecemos um limiar de intensidade do pixel, acima do qual é atribuído o valor 1, e abaixo do qual é atribuído o valor 0. Dessa forma os objetos de interesse são agrupados em conjuntos de 1's ou 0's, como conveniente.

O método de binarização é baseado no algoritmo de Otsu.<sup>[5]</sup> O método de Otsu é um método estatístico que define um limiar global a partir da minimização da variância intraclasse entre conjuntos de pixels de determinada intensidade, ou seja, ele define automaticamente um limite global que separa dois grupos diferentes de pixels com intensidade semelhantes entre si.

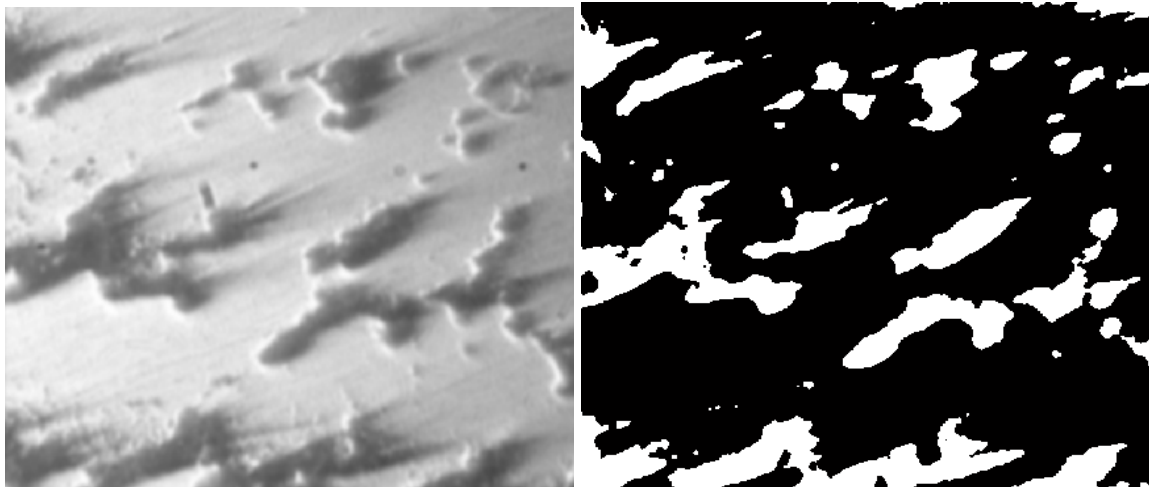
A Figura 3 ilustra a definição deste limiar a partir de um histograma dado. (histograma é o modelo probabilístico da intensidade dos pixels na imagem, isto é, revela a probabilidade de um pixel qualquer ter determinada intensidade.)



Fonte: autor

**Figura 3.** Definição do limiar de Otsu para a imagem exemplo.

Como resultado do processo ilustrado acima obtemos uma imagem com os objetos de interesse classificados em branco e o fundo em preto.



Fonte: Autor

**Figura 4.** Resultado da binarização por Otsu.

Analisando os objetos conectados na imagem binária é possível extrair dados numéricos desse conjunto de objetos que podem ser utilizados em uma futura classificação de imagens.

A geometria dos carbetos foi avaliada através das medidas de roundness e solidez dos objetos. Roundness que é a razão entre a circunferência obtida através do raio estimado pela área do objeto e o perímetro obtido pela borda do objeto. Desse modo, se o objeto for perfeitamente circular esta razão deve ser 1. Solidez é a razão entre a área convexa e a área obtida, portanto objetos mais arredondados devem ter razão mais próxima a 1. Na amostra correspondente à imagem da Figura 4 percebe-se um valor baixo de roundness além de desvio padrão considerável, que caracteriza que a imagem não apresenta homogeneidade em relação à forma

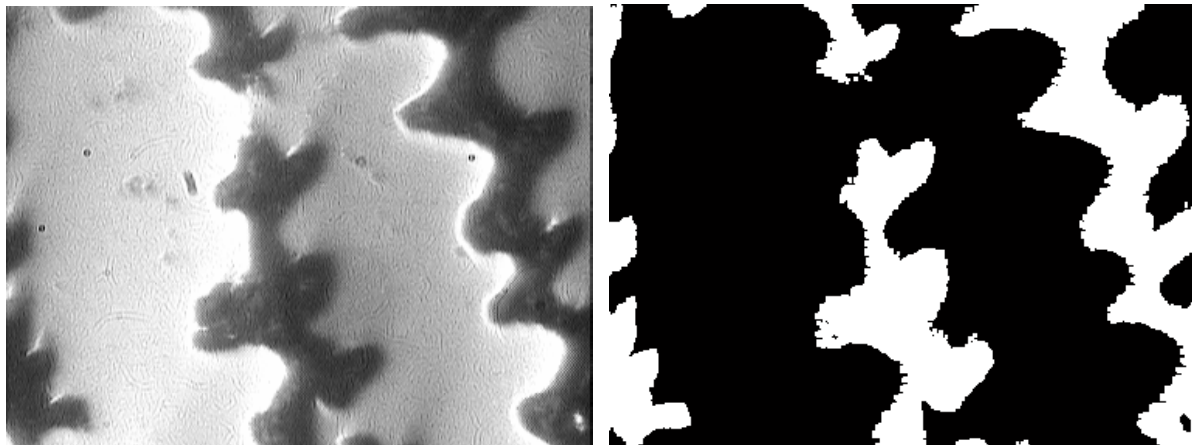
circular de seus objetos. Também é possível analisar esse fenômeno através dos valores de solidez que se mostraram também relativamente baixos e com alto desvio padrão. Para a imagem da Figura 4, a Tabela 1 apresenta os dados obtidos:

**Tabela 1.** Dados obtidos da imagem de exemplo.

Numero de objetos	66
Área média (em $\mu\text{m}^2$ )	188.289
Desvio padrão (em $\mu\text{m}^2$ )	375.255
Área total (em $\mu\text{m}^2$ )	12490.7
Taxa média de roundness	0.8655
Desvio padrão da taxa média de roundness	0.2672
Taxa média de solidez	0.8821
Desvio padrão da taxa média de solidez	0.1664

Fonte: Autor

A Figura 5 ilustra um caso mais extremo, onde os carbeto são muito concentrados formando blocos bastante heterogêneos. Os resultados para essa imagem podem ser observados na Tabela 2 e é possível notar que mostram-se ainda mais expressivos, com valores de roundness e solidez muito baixos.



Fonte: Autor

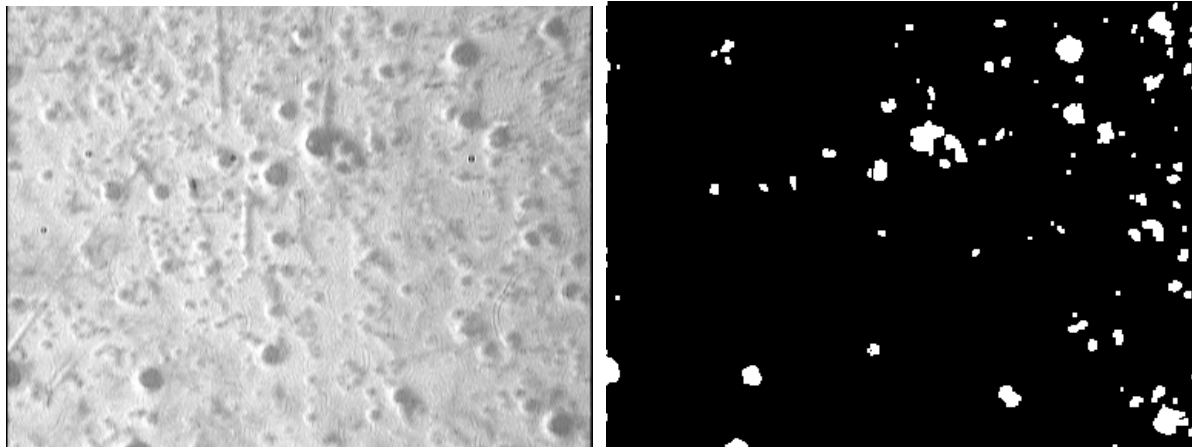
**Figura 5.** Exemplo de carbeto muito concentrados.

**Tabela 2.** Dados obtidos da imagem da Figura 5.

Numero de objetos	12
Área média (em $\mu\text{m}^2$ )	1697.086
Desvio padrão (em $\mu\text{m}^2$ )	3178.78
Área total (em $\mu\text{m}^2$ )	20395.8972
Taxa média de roundness	0.6912
Desvio padrão da taxa média de roundness	0.3168
Taxa média de solidez	0.8001
Desvio padrão da taxa média de solidez	0.2086

Fonte: Autor

Já a Figura 6 ilustra o caso do outro extremo, onde os carbeto são muito dispersos na matriz formando uma região bastante homogênea. Os resultados para essa imagem podem ser observados na Tabela 3 e é possível notar que mostram-se são coerentes, com valores de roundness e solidez bastante próximos de 1.



Fonte: Autor

**Figura 6.** Exemplo de carbetos bem dispersos.

**Tabela 3.** Dados obtidos da imagem da Figura 5.

Numero de objetos	83
Área média (em $\mu\text{m}^2$ )	42.5441
Desvio padrão (em $\mu\text{m}^2$ )	88.1523
Área total (em $\mu\text{m}^2$ )	3544.768
Taxa média de roundness	0.9257
Desvio padrão da taxa média de roundness	0.1655
Taxa média de solidez	0.9355
Desvio padrão da taxa média de solidez	0.096

Fonte: Autor

## 4 CONCLUSÃO

As técnicas de visão computacional permitiram a quantificação e classificação precisa da presença de carbetos nas matrizes de Níquel-Cromo, mostrando-se efetivas na caracterização do processo de fabricação do biomaterial. Muito embora imagens digitais obtidas no processo sejam de difícil interpretação devido à presença de ruídos do método de aquisição, iluminação irregular e, algumas vezes, pouco contraste (situações inerentes à técnica de microscopia eletrônica que poderiam representar uma dificuldade para o processamento de imagens), os resultados obtidos foram bastante satisfatórios para o caso da segmentação e obtenção de atributos.

A partir dos passos estabelecidos na seção de metodologia, foi implementado um protótipo para o processamento de um grupo grande de imagens, cujos resultados se mostraram muito satisfatórios. Este protótipo calcula automaticamente diversos atributos dos carbetos como área, taxa de solidez e roundness, mas permite também um ajuste manual caso o operador deseje alterar algum parâmetro do processo e recuperar os valores dos atributos de acordo com a segmentação que ele considerou satisfatória.

Na continuidade da pesquisa esperamos trabalhar na definição de outros atributos para refinar a classificação do biomaterial de forma a permitir um estudo aprofundado dos métodos de fabricação atualmente empregados na fabricação de próteses dentárias.



## REFERÊNCIAS

- 1 WILLIAMS, D. F., Medical and Dental Materials, VCH Publishers Inc., New York, USA, 1992.
- 2 VON RECUM, ANDREAS F., editor, Handbook of Biomaterials Evaluation, 2a edição, Taylor & Francis, London, 1999.
- 3 PIMENTA, A. R. ; DINIZ, M. G. ; SAMPAIO, C. A. F. . Propriedades Mecânicas De Liga Níquel-Cromo Utilizada Como Biomaterial Odontológico. In: 61o CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS, 2006, Rio de Janeiro. Anais do 61o CONGRESSO ANUAL DA ABM ISSN 0104-0898, 2006.
- 4 OLIVEIRA, DÁRIO AUGUSTO BORGES. "Detecção e Visualização da Árvore Vasculiar Pulmonar a partir de imagens de tomografia computadorizada helicoidal". Monografia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.
- 5 OTSU, N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.
- 6 DINIZ, M.G., SOARES, G. A., COELHO, M. J., FERNANDES, M. H., Surface topography modulates the osteogenesis in human bone marrow cells cultures grown on tit. samples prepared by a combination of mechanical and acid treatments. Journal of Materials Science: Materials In Medicine, v.13, p.421-432, 2002.