

# ANÁLISE FRACTAL EM ODONTOLOGIA

Manual para pesquisadores

# AUTORES



## **Diego Belmiro**

Graduado em odontologia (UNINASSAU-PE), residência em oncologia e cuidados paliativos (ASCES-PE), residência em cirurgia e traumatologia bucomaxilofaciais (SMS-RJ), mestre e doutorando em odontologia (UFRJ).



## **Lucianne Cople Maia**

Graduada em odontologia pela (UFF), mestre em odontopediatria pela (UFRJ), doutorado em odontologia social pela (UFF), coordenadora do centro de vigilância e monitoramento de traumatismo dentoalveolar da (UFRJ) e professora titular da FO-UFRJ.



## **Luciana Munhoz**

Doutora em diagnóstico bucal (FO-USP), professora do programa de pós graduação em patologia da faculdade de medicina de Ribeirão Preto- USP e do curso de especialização em radiologia e imagiologia odontológica FUNDECTO-USP.



## **Marcelle Danelon**

Graduação em odontologia (UNESP, 2008), especialização em odontopediatria (2011), mestrado e doutorado em ciência odontológica. Docente colaboradora do mestrado profissional em odontologia (MPO/UFRJ) e pesquisadora no Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, TU Dresden.



## **Plauto Watanabe**

Graduação em Odontologia (USP), mestrado (UNICAMP) e doutorado (FOUSP) em radiologia odontológica. Professor titular da faculdade de odontologia de Ribeirão Preto da universidade de São Paulo (FORP-USP). Membro da comissão de avaliação da USP.



## **Bruno Benevenuto**

Graduado em odontologia (PUC-MG), mestre e doutor em estomatopatologia (FOP-UNICAMP), professor adjunto de patologia (FO/UFRJ).



## **Sílvia Paula de Oliveira**

Graduada em odontologia, mestre e doutora em Patologia Bucodental, Especialista em Estomatologia, Periodontia, Radiologia Odontológica e Odontologia Hospitalar. Chefe do Serviço de Odontologia Clínica do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF)/UFRJ.



## **Jefferson Tenório**

Graduado em odontologia (FOP-UPE), mestre em patologia oral (UFRN), doutorado em ciências (FO-USP), professor adjunto de estomatologia e cuidados odontológicos ao paciente com a saúde comprometida (FO/UFRJ).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Análise fractal em odontologia [livro eletrônico] :  
manual para pesquisadores. -- 1. ed. --  
Rio de Janeiro : Ed. dos Autores, 2026.  
PDF

Vários autores.  
Bibliografia.  
ISBN 978-65-01-99395-9

1. Odontologia 2. Odontologia - Diagnóstico e  
tratamento 3. Odontologia - Estudo e ensino  
4. Radiologia médica - Manuais, guias, etc.

26-344362.0

CDD-617.6

NLM-WU-100

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Odontologia : Ciências médicas 617.6

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

# SUMÁRIO

<b>01</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>05</b>
<b>02</b>	<b>Aplicações gerais da análise fractal .....</b>	<b>06</b>
<b>03</b>	<b>Aplicações odontológicas da análise fractal .....</b>	<b>07</b>
<b>04</b>	<b>Instalação do programa e plugin .....</b>	<b>08</b>
<b>05</b>	<b>Metodologia prática (ImageJ +Fraclac) .....</b>	<b>09</b>
<b>06</b>	<b>Criando um ROI padronizado .....</b>	<b>15</b>
<b>07</b>	<b>Utilizando um ROI padronizado .....</b>	<b>18</b>
<b>08</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>19</b>





# INTRODUÇÃO

O conceito de **fractal** surgiu inicialmente em 1975, na matemática, a partir dos trabalhos de Benoît Mandelbrot. Diferente da geometria euclidiana, que descreve formas regulares como linhas e círculos, a geometria fractal foi desenvolvida para compreender **estruturas irregulares, complexas e autossemelhantes** como montanhas, nuvens e galhos de árvores. Essa abordagem inovadora permitiu quantificar matematicamente padrões da natureza até então considerados caóticos quantificando a complexidade ou irregularidade de uma forma, estrutura ou padrão, especialmente quando ela apresenta autossimilaridade – ou seja, quando partes menores do objeto se assemelham ao todo (Ex: couve-flor).

Com o tempo, a **análise fractal (AF)** passou a ser incorporada em diversas áreas do conhecimento, ganhando espaço também na saúde, especialmente na radiologia e na análise de imagens biomédicas, devido à sua capacidade de caracterizar a complexidade de tecidos e estruturas biológicas. Na odontologia, vem sendo aplicada principalmente no **estudo com imagens radiográficas**.

Este manual foi desenvolvido com o objetivo de oferecer aos pesquisadores uma visão clara e prática da AF aplicada à odontologia. A proposta é fornecer um material didático, acessível e aplicável, que auxilie pesquisadores no uso da AF como ferramenta de investigação científica em odontologia.

# APLICAÇÕES GERAIS



## Biologia

- Análise de folhas, galhos, raízes para entender padrões de crescimento;
- Estudo de colônias bacterianas e fungos;
- Análise da morfologia celular e tecidual.



## Ecologia

- Quantificação de padrões de distribuição de florestas ou recifes de corais;
- Análise de relevo e geologia;
- Meteorologia e climatologia.



## Ciência dos materiais

- Caracterização da rugosidade e complexidade de materiais metálicos, cerâmicos ou polímeros.



## Física

- Raios e descargas elétricas;
- Formação de nuvens.



## Computação

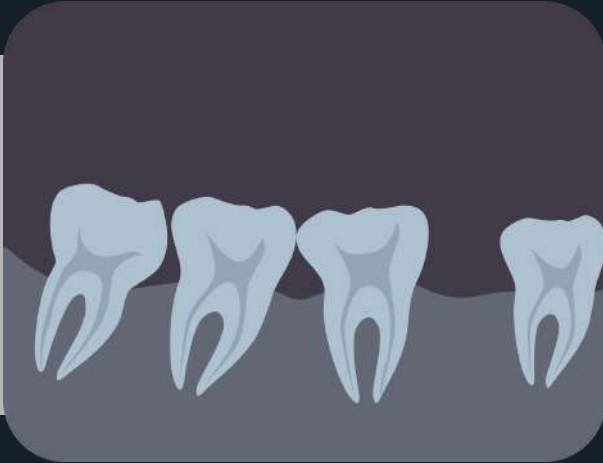
- Reconhecimento de padrões aplicando inteligência artificial e machine learning.



## Artes e Arquitetura

- Avaliação da complexidade visual em obras de arte, música e arquitetura.

# APLICAÇÕES NA ODONTOLOGIA

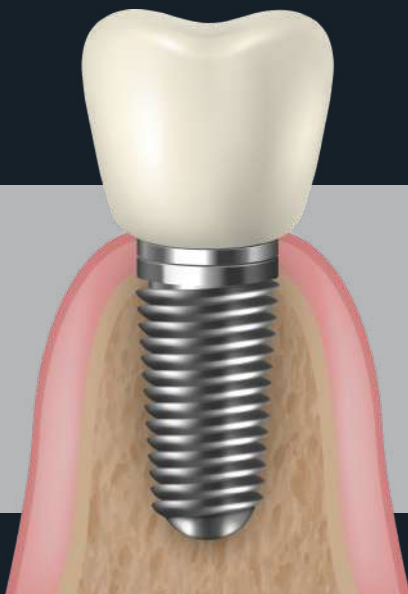
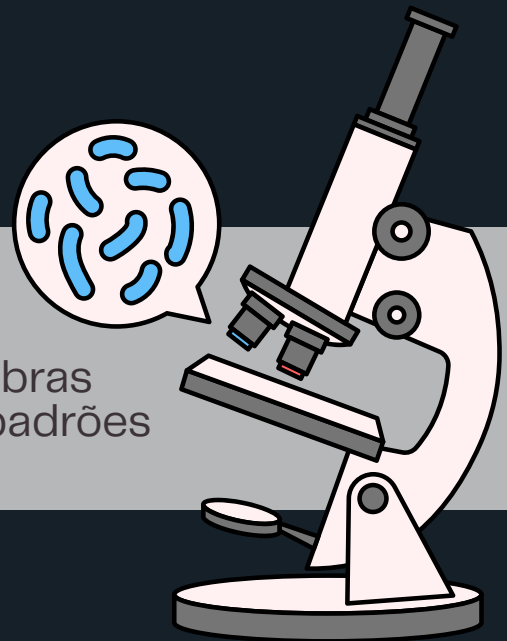


## RADIOLOGIA

Avaliação de textura em exames de imagem, diferenciação de lesões intraósseas, pesquisa de erosões em corticais utilizando a binarização esquelética da estrutura.

## PATOLOGIA

Análise de estruturas celulares, vasos e fibras colágenas, quantificando irregularidades e padrões morfológicos.



## MATERIAIS DENTÁRIOS

Avaliação da rugosidade, fraturas/trincas e topografia de superfícies como implantes, cerâmicas e biomateriais, prevendo o comportamento mecânico.



A AF é independente da escala, o que é essencial em fenômenos naturais e biológicos.

# INSTALAÇÃO DO PROGRAMA E PLUGIN

## ImageJ

Software de domínio público e de código aberto, baseado em Java, para processamento e análise de imagens científicas, está em desenvolvimento contínuo desde 1997.

[DOWNLOAD IMAGEJ](#)

Oferece a possibilidade de usar plugins para estender suas funcionalidades.



A AF pode ser realizada por diferentes ferramentas. Neste material, será abordado o método utilizando o plugin **FracLac**.

## Frac Lac

É um plugin usado no ImageJ. É uma ferramenta para análise de imagens digitais, usada para medir características morfológicas complexas. A parte "lac" de FracLac refere-se a lacunaridade ( $\Lambda$ ), que quantifica a "falta" ou textura visual de uma imagem, indicando heterogeneidade.

[DOWNLOAD FRAC LAC](#)

# METODOLOGIA PRÁTICA

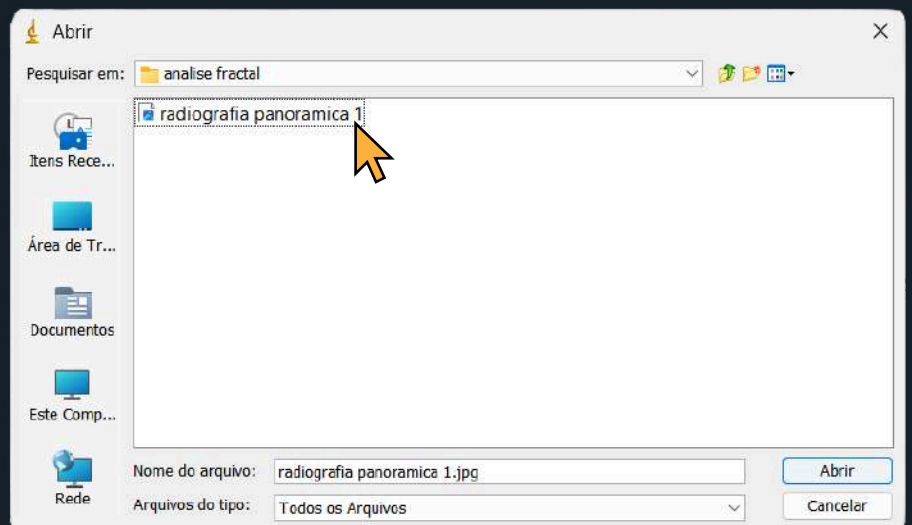
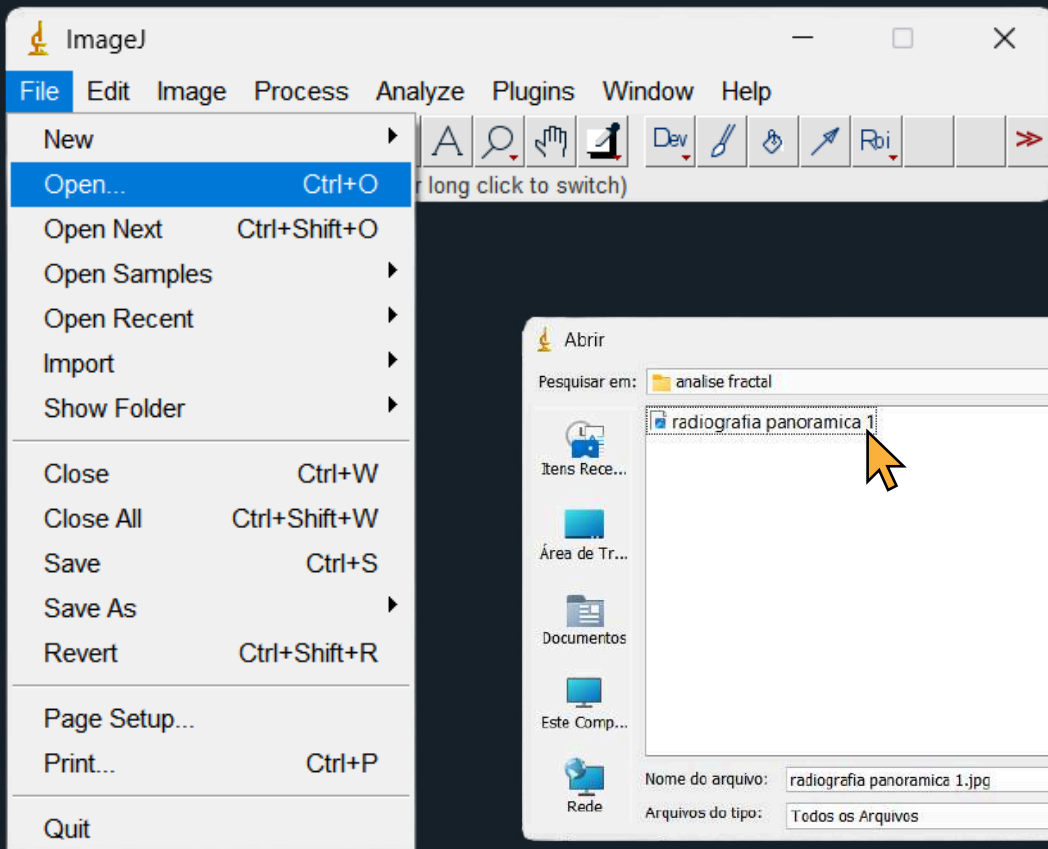
## Passo 1 – Abrir o ImageJ

Clique no ícone do ImageJ



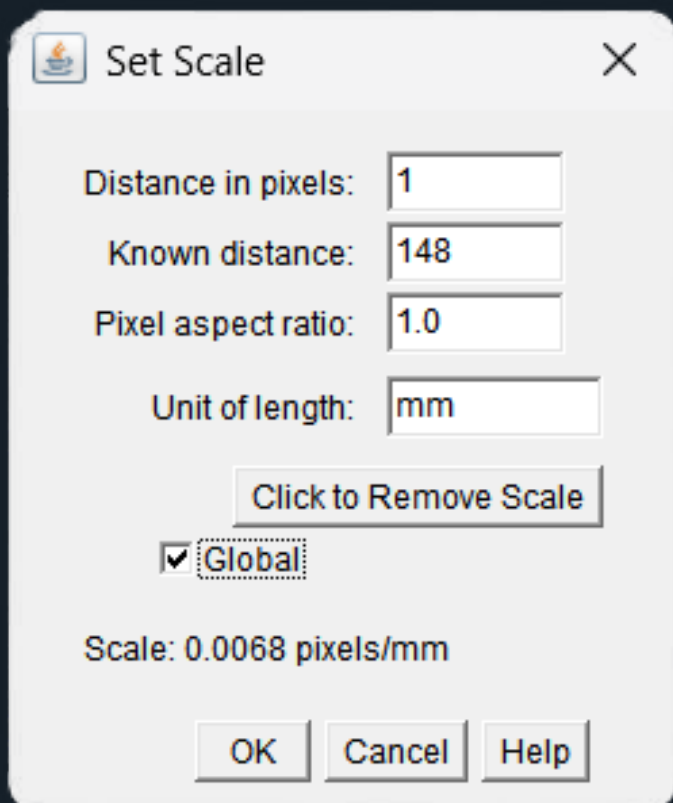
## Passo 2 – Selecione a imagem a ser estudada

Clique em file > open > Selecione o arquivo > ABRIR



### Passo 3 – Defina a escala

Clique em analyse > set scale > preencha os dados > OK

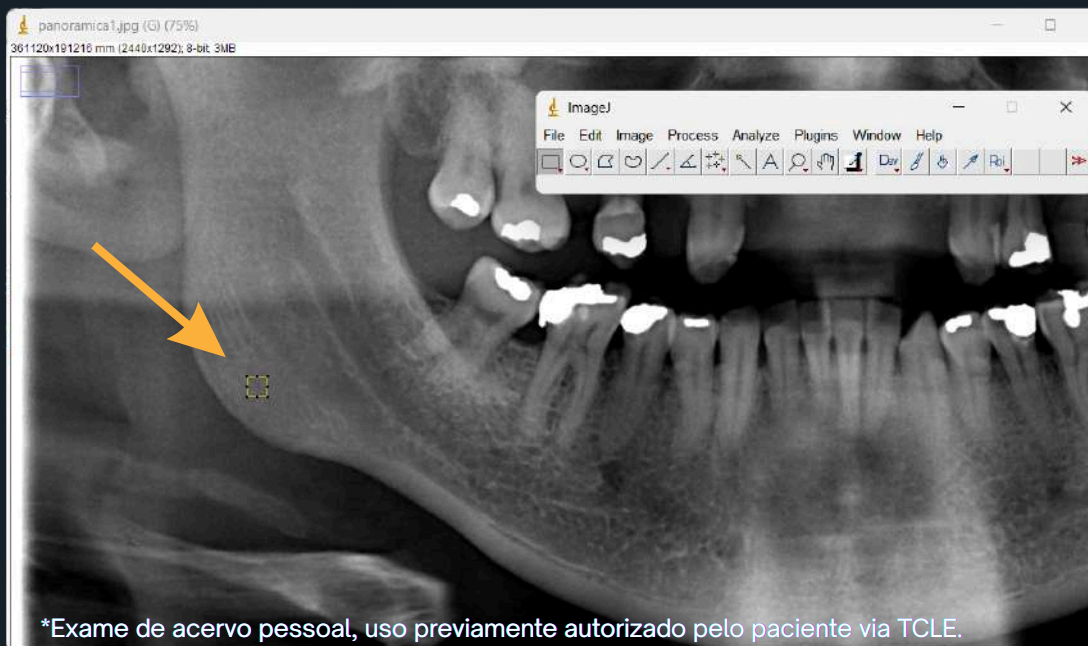


\*Esta etapa serve para para **calibrar** o tamanho real da imagem.

A escala é definida a partir de uma **referência conhecida** (a depender da técnica de imagem radiográfica utilizada). Para as RP , utilize a medida de ampliação fornecida pelo aparelho. A partir daí, todas as medições serão convertidas de pixels para **medidas reais**.

### Passo 4 – Selecione uma forma para capturar área de interesse

Clique em uma das formas e ajuste o formato.



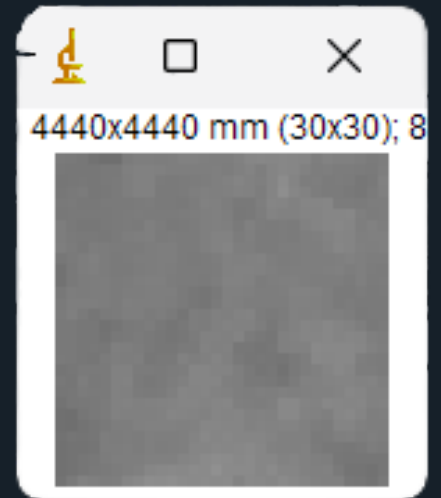
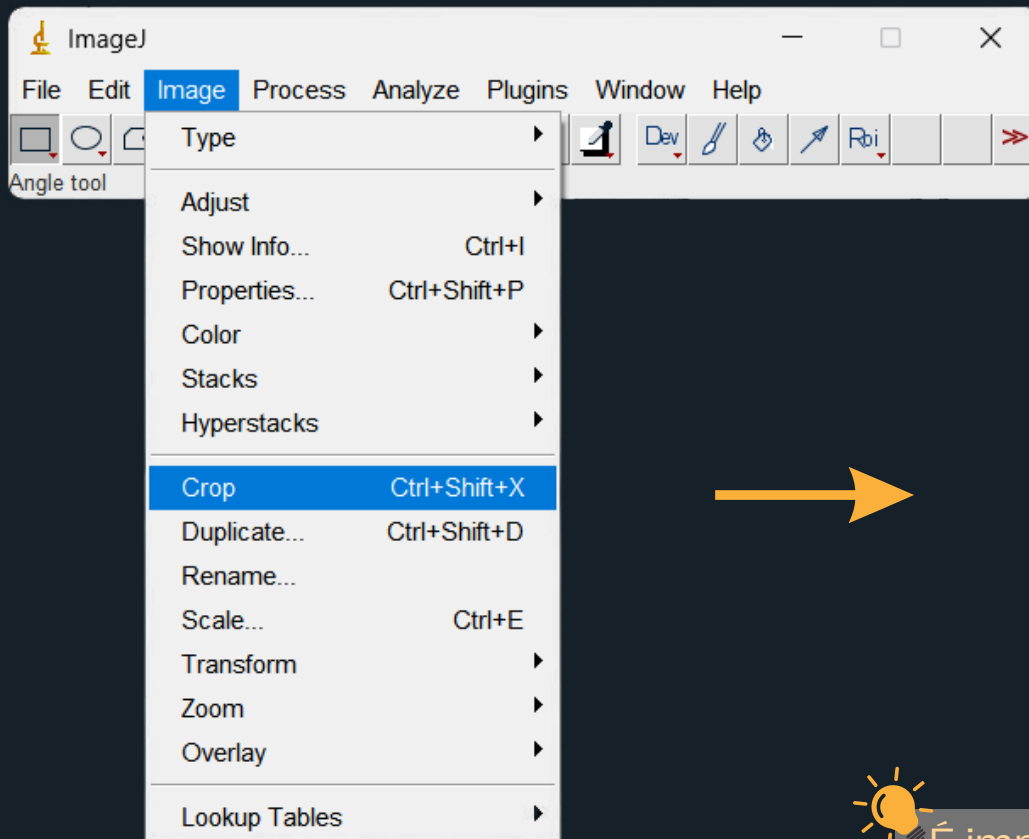
\*Exame de acervo pessoal, uso previamente autorizado pelo paciente via TCLE.



Nesta etapa você também pode usar um ROI predefinido. Para mais detalhes, consulte a seção “Criando um ROI” ao final do manual.

## Passo 5 – Corte a área selecionada

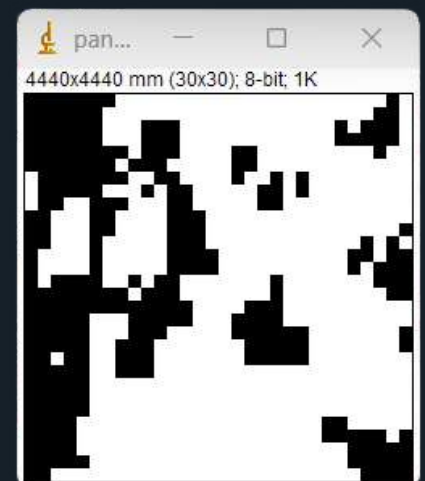
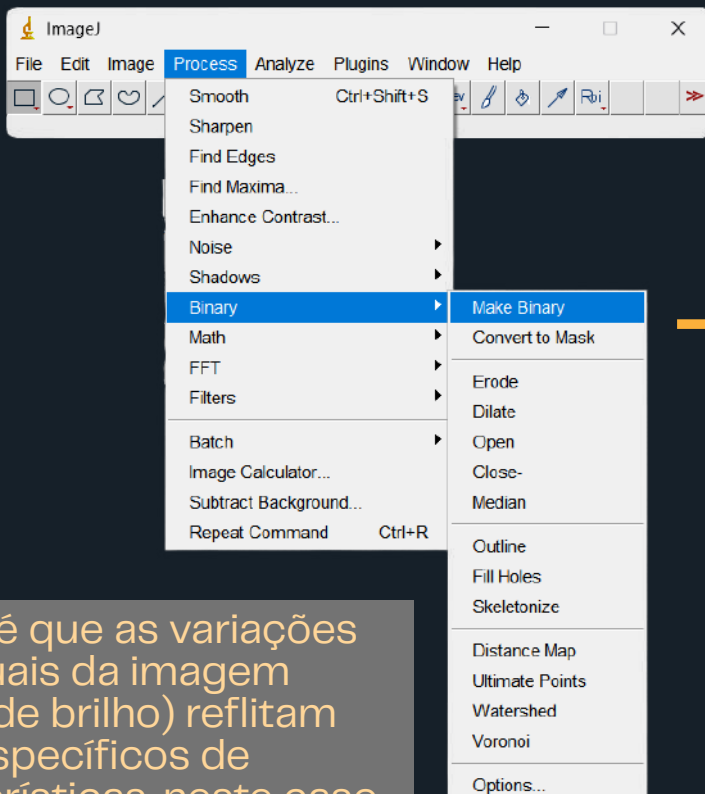
Clique em image > Crop



É importante lembrar que na literatura existem muitas variações metodológicas quanto as etapas de processamento e ferramentas utilizadas na AF.

## Passo 6 – Binarize a imagem

Clique em Process > Binary > Make Binary



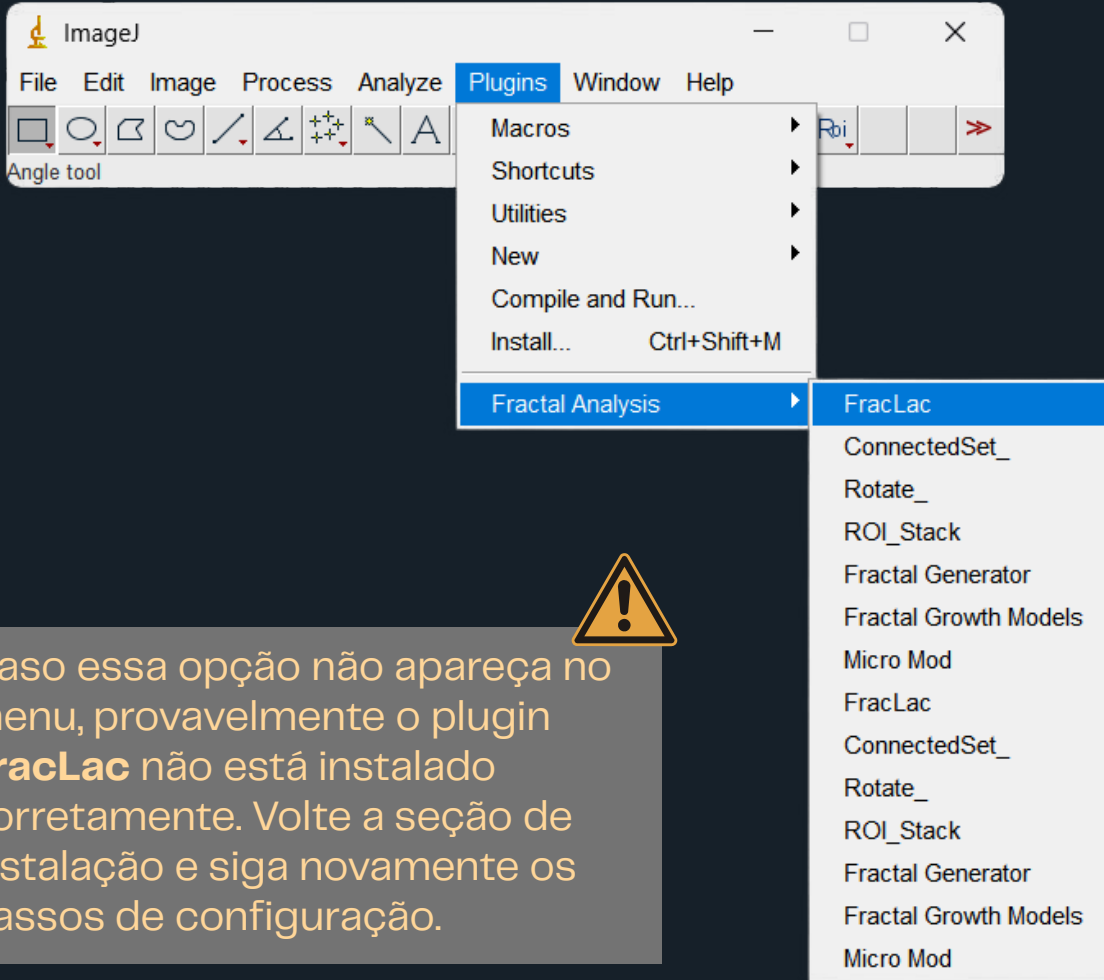
Nessa fase tudo vira 0 e 1. O que está em preto vira objeto (estrutura de interesse).

A ideia é que as variações individuais da imagem (níveis de brilho) reflitam tipos específicos de características, neste caso, trabéculas e espaços medulares.



## Passo 7 – Abra o plugin da análise fractal

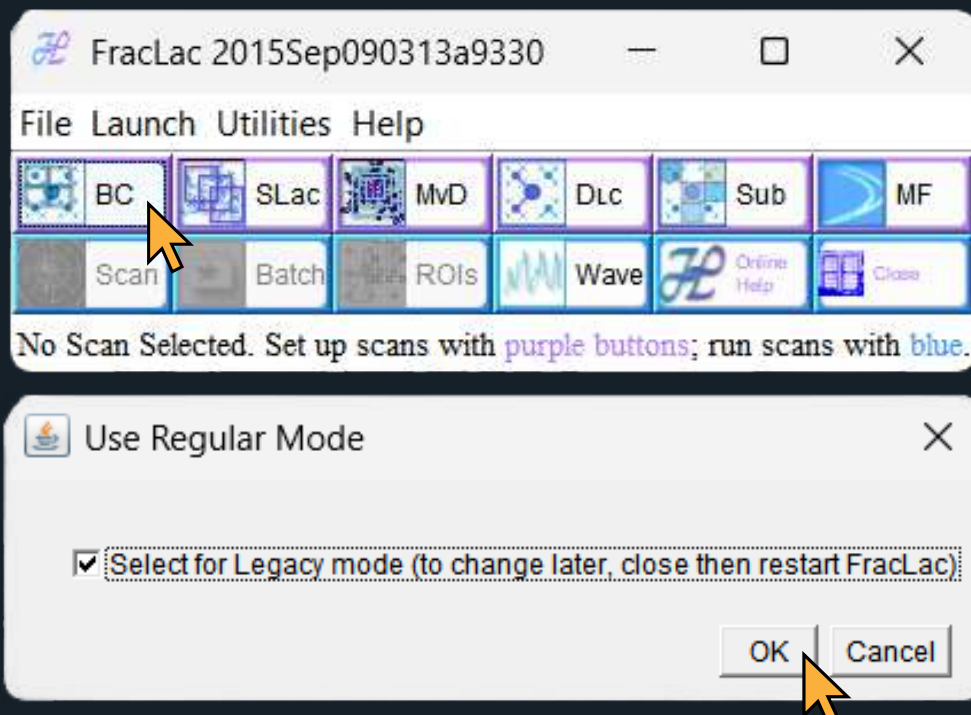
Clique em Plugin > Fractal analysis > FracLac



Caso essa opção não apareça no menu, provavelmente o plugin **FracLac** não está instalado corretamente. Volte a seção de instalação e siga novamente os passos de configuração.

## Passo 7 – Inicie a análise pelo Box Counting (BC)

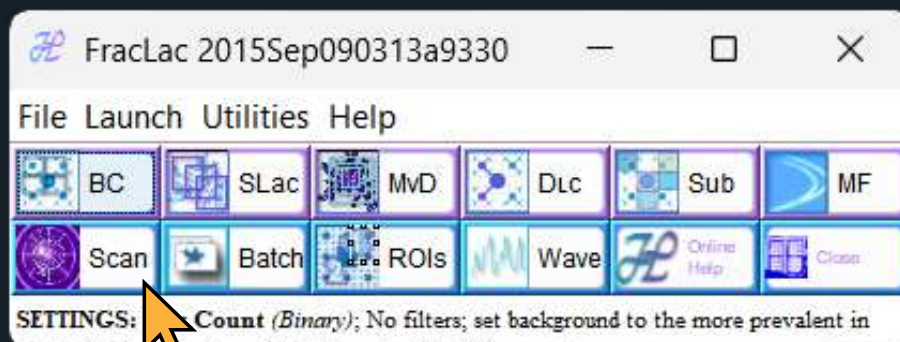
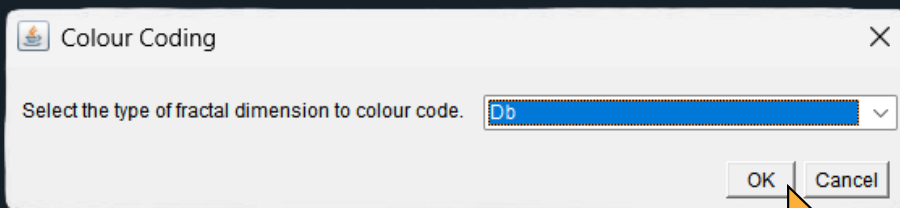
Clique em BC > Selecione a opção 'Select for legacy mode' > OK



O comando BC executa o algoritmo de 'box counting' para calcular a dimensão fractal (Db).

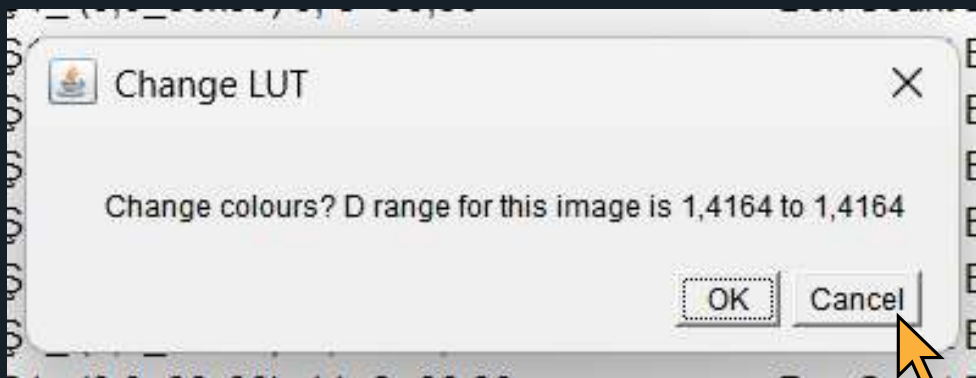
## Passo 8 – Quando o FracLac é aberto, surge uma janela com várias opções de configuração.

Clique em OK > OK > Scan



Apesar da variedade de campos, na maioria das análises em odontologia não é necessário alterar os 'parâmetros padrão' pois o programa já vem ajustado para fornecer resultados confiáveis com o método de Box Counting. A recomendação é manter as opções já configuradas.

## Passo 9 - Clique em 'Cancel'



Esta opção serve apenas para alterar a aparência da visualização (paleta de cores) e não interfere nos cálculos da dimensão fractal.

7. STANDARD DEVIATION ( $\sigma$ ) for DforDb	8. MIN for DforDb	9. MAX for DforDb	10. *D (D with highest $r^2$ )for D
0,1634	1,0129	1,7162	1,569

Com os valores exibidos em tela é importante compreender o que cada um significa para que a análise seja interpretada corretamente.

### 7 – Standard Deviation (Desvio padrão)

Mede a variação dos valores encontrados. Quanto menor, mais estável foi a análise.

### 8 e 9 – Min / Max (Mínimo e Máximo da Dimensão fractal)

São os valores extremos obtidos nas varreduras, ajudam a verificar a faixa de variação.

### 10 - \* D

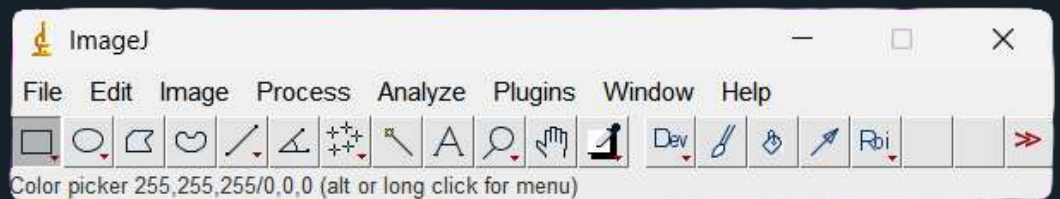
É o valor da Dimensão Fractal média (o principal resultado a se considerar). Na prática odontológica, esse é o dado usado para correlacionar com as alterações ósseas quanto maior, mais complexo o tecido ósseo analisado, e teoricamente mais saudável.

Os valores de D sempre devem estar entre  $1 < DF < 2$  para as imagens 2D.

# CRIANDO UM ROI PADRONIZADO

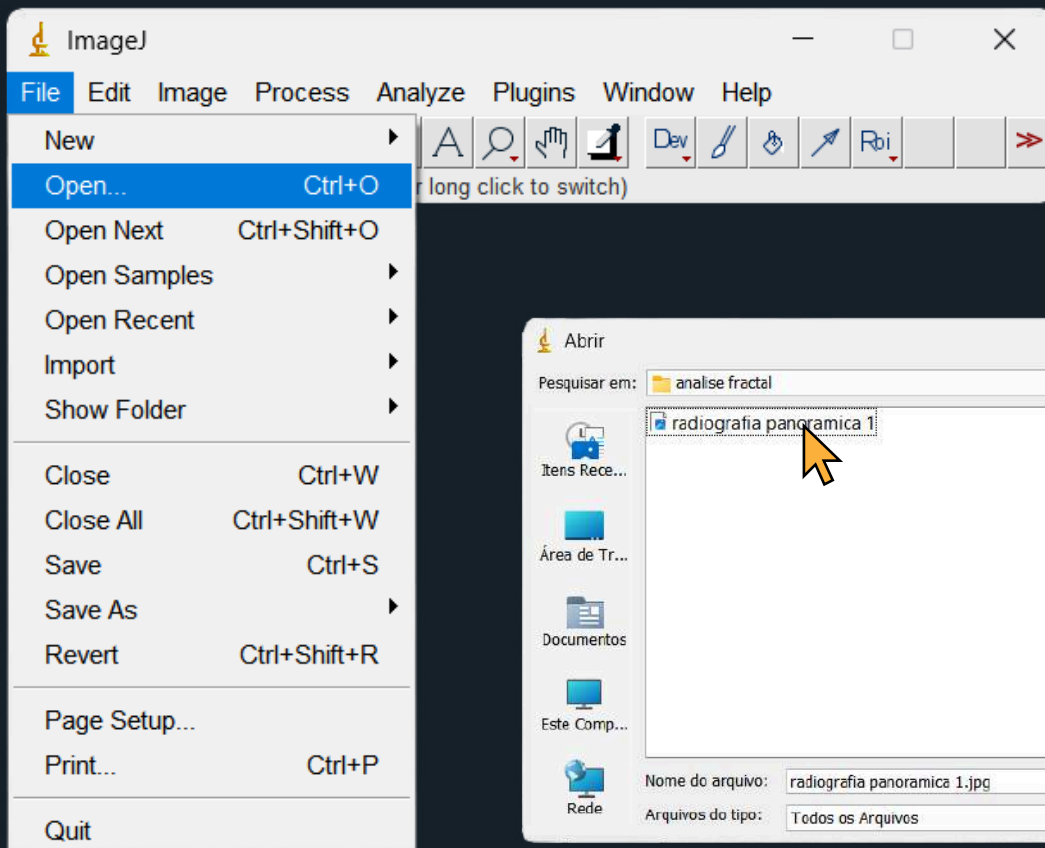
## Passo 1 – Abra o ImageJ

Clique no ícone do ImageJ



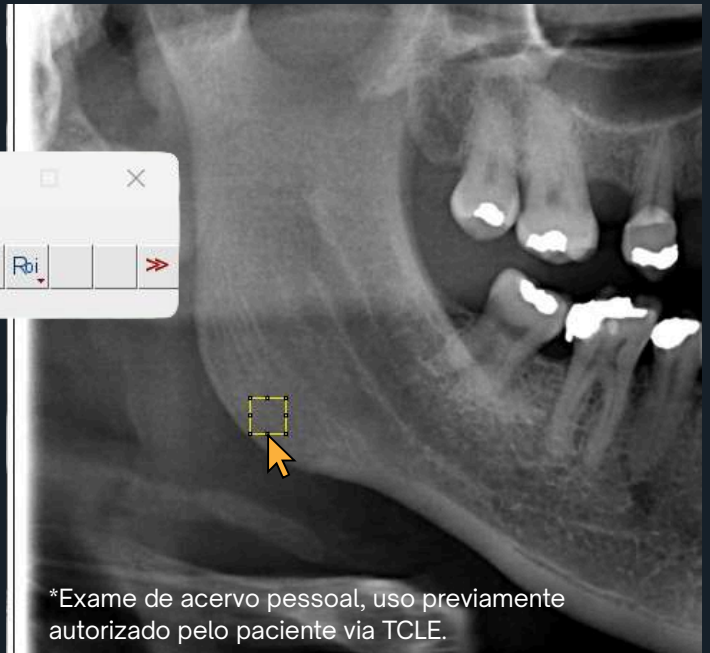
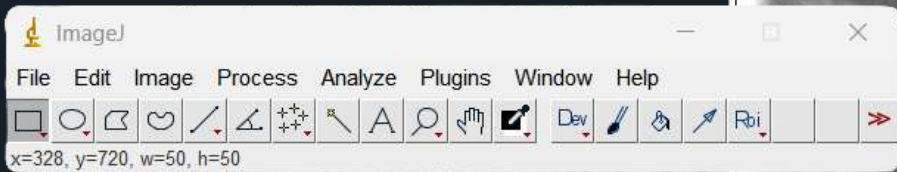
## Passo 2 – Selecione uma imagem

Clique em file > open > Selecione o arquivo > ABRIR



## Passo 3 – Seleção uma forma

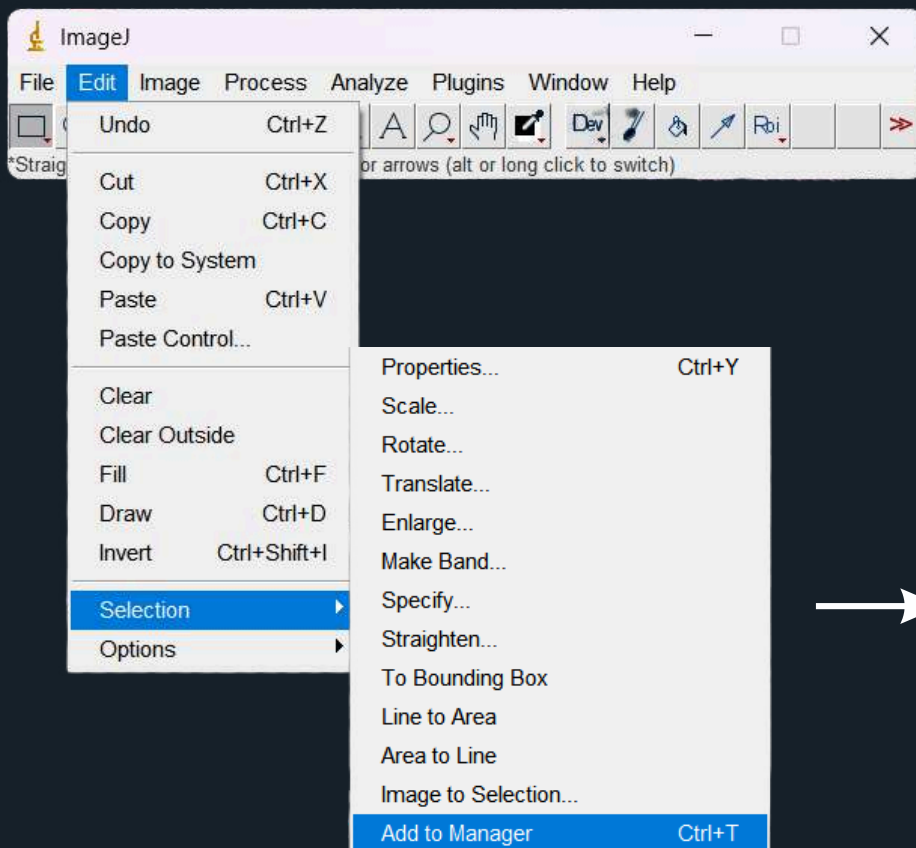
Clique no formato desejado e crie a forma na imagem escolhida



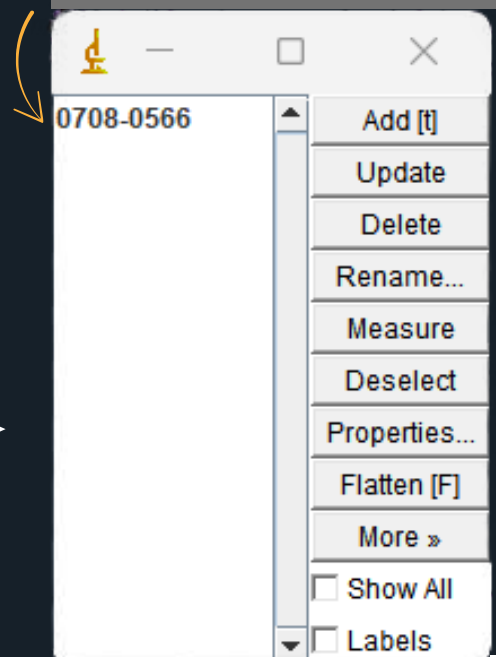
Você pode acompanhar o tamanho do ROI por aqui.

## Passo 4 – Salvando o ROI

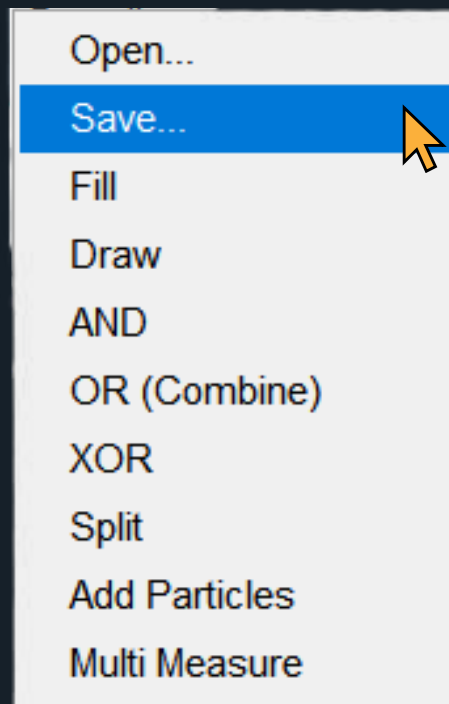
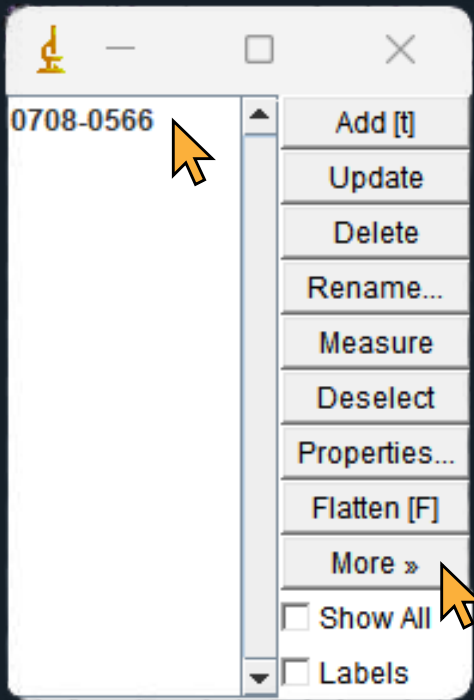
Clique em Analyze > Tools > ROI manager... (ou atalho t)



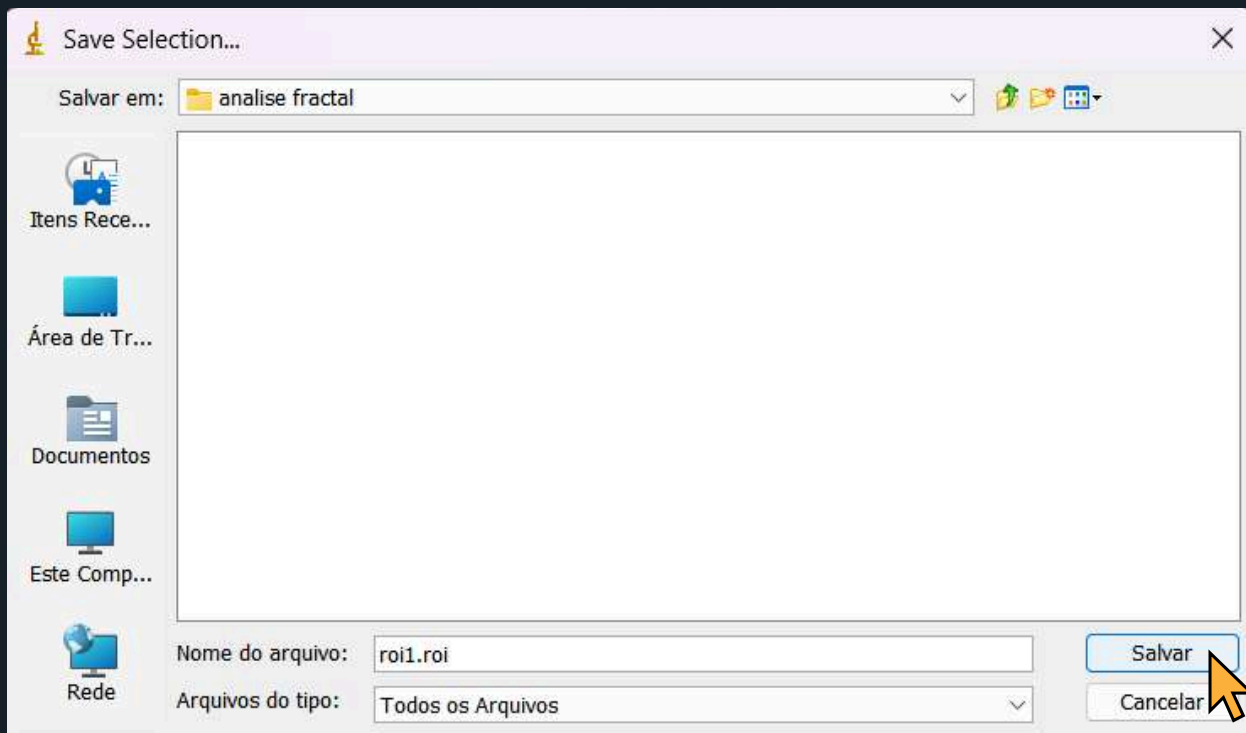
O ROI já estará sinalizado por um número de 8 dígitos.



Selecione o ROI > More > Save...



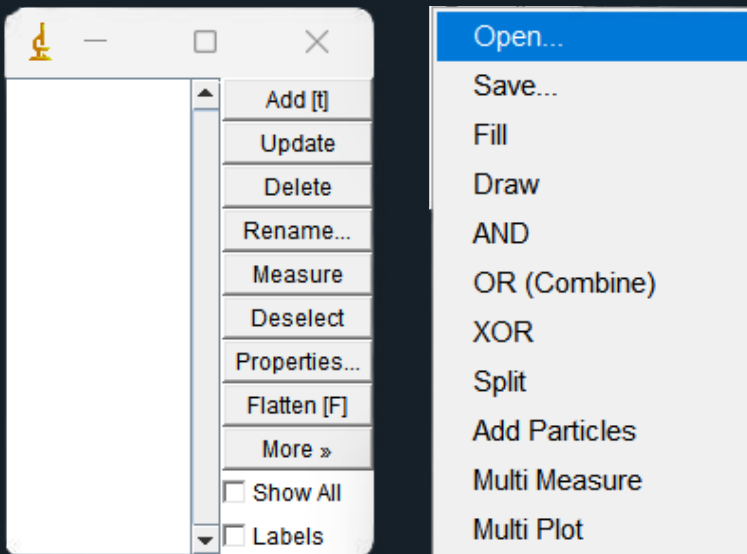
Salve seu ROI.



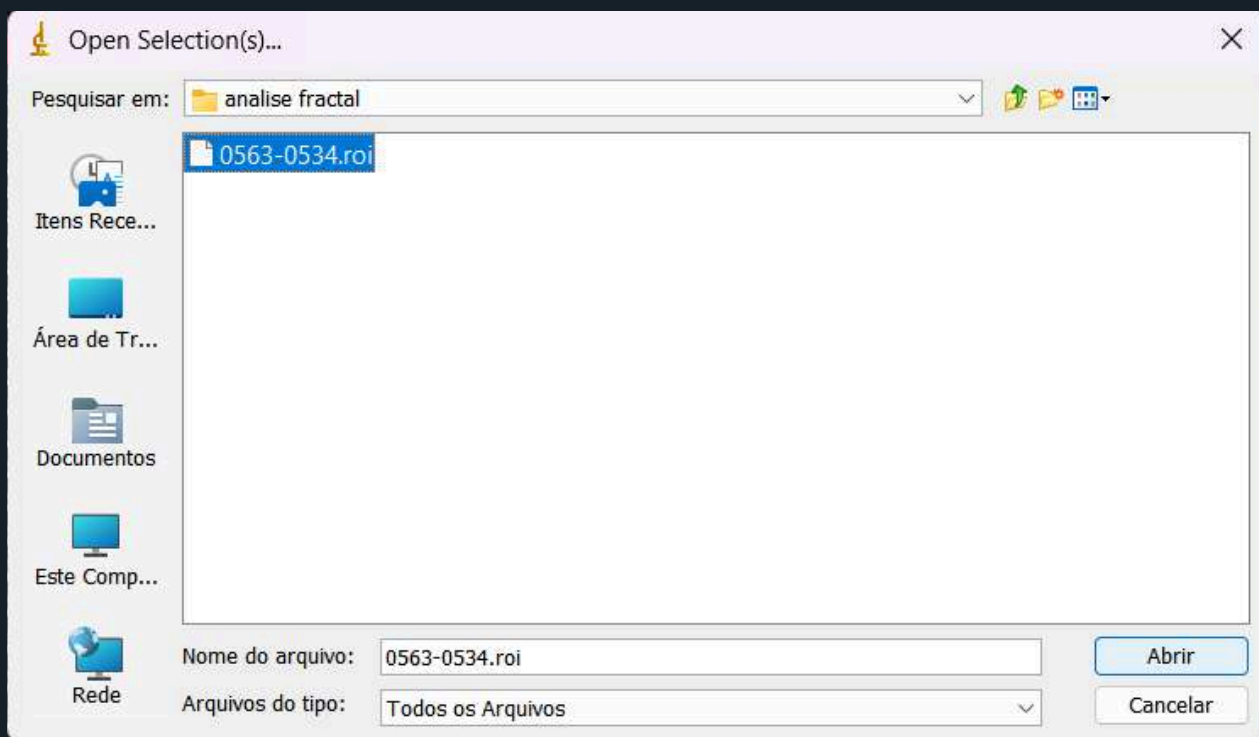
Salve seu ROI em um local de fácil acesso para suas análises. Você pode nomeá-lo desde que não altere o nome ao final do arquivo ".roi"

# UTILIZANDO UM ROI PADRONIZADO

Após abrir a imagem no ImageJ acione o menu 'ROI manager' (atalho 't')



Clique em MORE > Open... > Selecione o ROI salvo anteriormente > Abrir



O ROI surgirá no ROI Manager e ao ser selecionado poderá ser movimentado/alterado na imagem.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hayek E, Aoun G, Geha H, Nasseh I. Image-based Bone Density Classification Using Fractal Dimensions and Histological Analysis of Implant Recipient Site. *Acta Inform Med*. 2020 Dec;28(4):272–277. doi: 10.5455/aim.2020.28.272–277. PMID: 33627929; PMCID: PMC7879433
- Kurşun-Çakmak EŞ, Bayrak S. Comparison of fractal dimension analysis and panoramic-based radiomorphometric indices in the assessment of mandibular bone changes in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2018 Aug;126(2):184–191. doi: 10.1016/j.oooo.2018.04.010. Epub 2018 May 3. PMID: 29805101.
- Guerrero-Sánchez Y, Gómez García F, Chamorro-Petronacci CM, Suárez-Peñaranda JM, Pérez-Sayáns M. Use of the Fractal Dimension to Differentiate Epithelium and Connective Tissue in Oral Leukoplakias. *Cancers (Basel)*. 2022 May 30;14(11):2697. doi: 10.3390/cancers14112697. PMID: 35681677; PMCID: PMC9179462.
- Hadzik J, Kubasiewicz-Ross P, Simka W, Gębarowski T, Barg E, Cieśla-Niechwiadowicz A, Trzcionka Szajna A, Szajna E, Gedrange T, Kozakiewicz M, Dominiak M, Jurczynszyn K. Fractal Dimension and Texture Analysis in the Assessment of Experimental Laser-Induced Periodic Surface Structures (LIPSS) Dental Implant Surface-In Vitro Study Preliminary Report. *Materials (Basel)*. 2022 Apr 7;15(8):2713. doi: 10.3390/ma15082713. PMID: 35454406; PMCID: PMC9027964
- Watanabe PCA, Watanabe MGC and Tioffi R. As the dentistry can contribute for the combat to osteoporosis. In: Yannis Dionyssiotis. (Org.). *Osteoporosis*. 1ed. Rijeka: INTECH, 2012, v. 1, p. 821-852. DOI: 10.5772/29007
- ImageJ Wiki [Internet]. [place of publication unknown]: ImageJ; [cited 2025 Oct 15]. Available from: <https://imagej.net/>

