

# Estado da arte: o uso da geometria fractal em exames de imagem como auxílio no diagnóstico de tumores e sua aplicabilidade em salas de aula

Autor: Diogo Miranda Antunes

Orientador: Prof. Daniel Marinho    Coorientador: Prof. César Augusto Machado Freitas

Palavras-chave: Tumor. Modelagem. Fractais.

Número: 3827

Title: State of the art: the use of fractal geometry in imaging exams as an aid in the diagnosis of tumors and its applicability in classrooms.

## INTRODUÇÃO

- O ser humano tem como princípio a busca inata por compreender o mundo desde suas origens;
- Ao longo dos anos, diversas áreas surgiram com a ambição de desvendar os fenômenos do mundo;
- Destaca-se a medicina, enfatizando o estudo, investigação, tratamento e cura de patologias para melhorar a qualidade de vida;
- A matemática é uma ciência fundamental que sustenta vários aspectos da existência moderna;
- O ensino de matemática frequentemente resulta em desinteresse e incompreensão entre os estudantes;
- Grande parte dos conhecimentos na área da saúde tem sua origem no conhecimento matemático;
- A medicina hipocrática, base experimental nomeada após **Hipócrates de Cós**, o pai da medicina, desempenha um papel significativo;
- A base experimental da medicina hipocrática estabelece um vínculo crucial com o conhecimento matemático;
- Tumores, decorrentes de modificações genéticas nas células, causam preocupação na medicina;
- A apreensão não se limita aos profissionais da saúde, estendendo-se à população devido ao impacto na qualidade de vida;
- Pesquisas recentes sugerem a associação da geometria não euclidiana ao diagnóstico de tumores;
- Essa abordagem permite distinguir entre tumores benignos e malignos;
- A aplicação da geometria não euclidiana viabiliza um tratamento mais precoce, resultando em prognósticos mais favoráveis;
- Seria possível empregar a geometria não euclidiana, por meio da geometria fractal, para alcançar diagnósticos mais precisos de tumores e, ao mesmo tempo, utilizar essa relação como método para instigar o interesse dos alunos pelo conhecimento matemático?
- Objetiva-se identificar, por meio da geometria fractal, novas formas de interpretar exames de imagem, de maneira a fugir da subjetividade, gerar prognósticos confiáveis e técnicas que promovam maior qualidade de vida, além de promover um maior interesse pelo conhecimento matemático.

## METODOLOGIA

- Pretende-se obter as respostas inicialmente por meio de pesquisas bibliográficas. Futuramente, pretende-se realizar uma pesquisa experimental e exploratória.

## DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

- Medicina e matemática, embora distintas, mantêm um diálogo constante ao longo da história;
- Os conhecimentos matemáticos, surgindo milênios atrás, resultaram no desenvolvimento da geometria, notável entre diversas civilizações;
- A história da medicina evoluiu de práticas místicas para o empirismo, sendo os egípcios pioneiros no uso do racionalismo científico, fortalecido pelo método hipocrático;
- Ao longo do tempo, medicina e matemática se interligaram às ciências, facilitando decisões mais rápidas e precisas, especialmente ao tratar da vida humana;
- Essa integração tem potencial para abordar eficientemente patologias complexas, como os tumores;
- O câncer, um tumor maligno, é uma das principais causas de morte global, destacando a dificuldade em alcançar diagnósticos precoces;
- Surge um debate significativo sobre a aplicação de novas tecnologias para diagnósticos mais precoces e precisos, desvinculados da subjetividade humana;
- A geometria fractal é uma tecnologia em debate, ganhando proeminência na era contemporânea, com sua divisão entre euclidiana e não euclidiana;
- Os **fractais**, caracterizados por partes semelhantes ao todo e dimensão não exata, têm contribuído para a compreensão de fenômenos biológicos, incluindo o crescimento de tecidos e tumores;

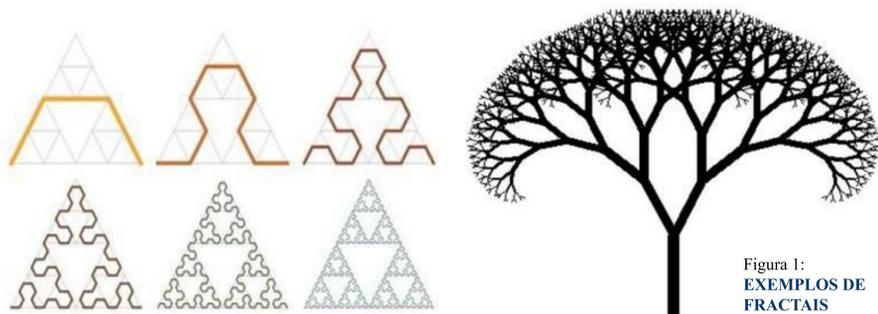


Figura 1:  
EXEMPLOS DE  
FRACTAIS

- A matemática, frequentemente percebida negativamente pelos estudantes, motivou a adoção da modelagem matemática pelos professores como estratégia para tornar o conhecimento mais acessível;
- A **modelagem matemática** consiste em integrar problemas da vida real na sala de aula, incentivando os alunos a buscar conhecimento de maneira mais envolvente;

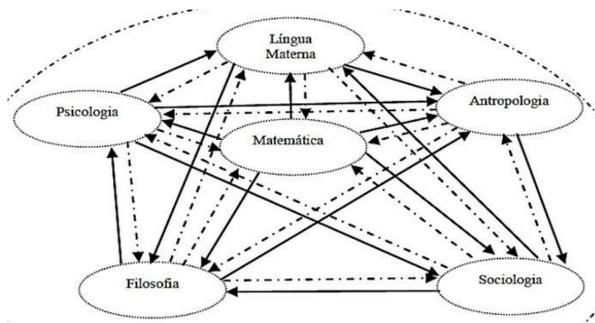


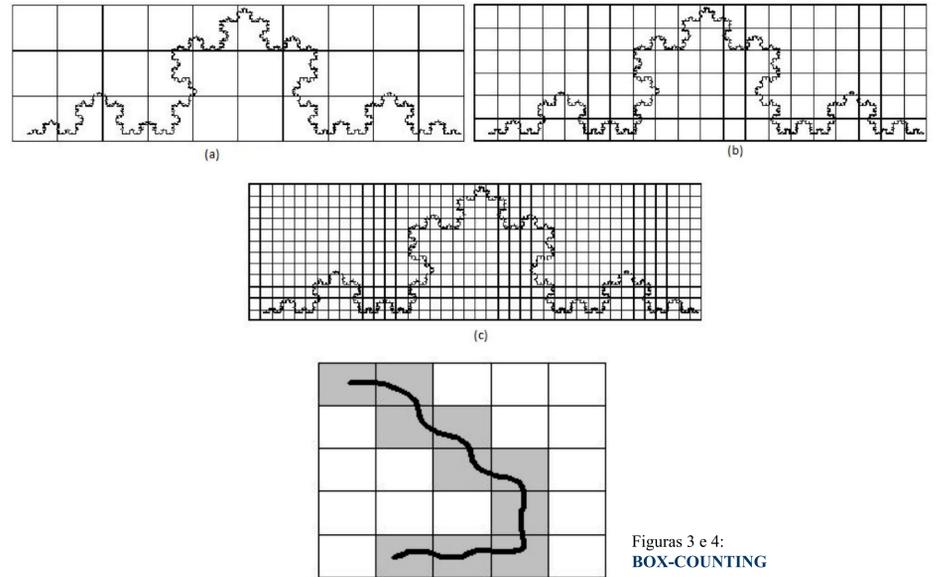
Figura 2:  
MODELAGEM  
MATEMÁTICA

- Devido à sua interdisciplinaridade, a geometria fractal pode ser incorporada no ensino de matemática, relacionando-a a tumores para despertar o interesse dos alunos de forma mais natural;
- Para o diagnóstico preciso de tumores, foram investigadas técnicas que possibilitam a medição da dimensão fractal dessas figuras;
- A classificação de figuras fora da geometria euclidiana tradicional envolve o cálculo da dimensão fractal, termo introduzido por **Mandelbrot** em 1967;
- A dimensão fractal, que identifica a irregularidade da figura, pode ser expressa pela equação desenvolvida por Felix **Hausdorff** em 1918, em que R é a quantidade de réplicas da figura e S é a escala de réplicas geradas:

$$DF = \frac{\log(R)}{\log\left(\frac{1}{S}\right)}$$

EQUAÇÃO 1

- O método mais eficaz para calcular a dimensão fractal é a técnica de **box-counting**, introduzida por **Voss**, envolvendo o uso de uma grade de malha sobre a figura e cobrindo-a com quadrados de tamanhos iguais, tornando-se prática e com ampla aplicabilidade;
- A determinação da medida envolve o uso de quadrados de tamanhos distintos, estabelecendo uma relação entre eles, contando o número de quadrados que cobrem a figura em várias iterações para obter uma relação entre as dimensões fractais:



Figuras 3 e 4:  
BOX-COUNTING

- A equação do box-counting é definida relacionando-a à equação da dimensão fractal, em que  $N_{n+1}(U)$  e  $N_n(U)$  se referem ao número de caixas que cobrem a figura em instantes distintos e  $1/U_{n+1}$  e  $1/U_n$  se referem a relação entre o tamanho inicial total da malha e o tamanho da caixa em instantes distintos:

$$DF = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(\log(N_{n+1}(U)) - \log(N_n(U)))}{\log\left(\frac{1}{U_{n+1}}\right) - \log\left(\frac{1}{U_n}\right)}$$

EQUAÇÃO 2

- Para aplicar o box-counting em exames de imagem, é crucial converter a imagem para escala de cinza, facilitar a limiarização e utilizar filtros com uma máscara de convolução para identificar bordas. Essas técnicas também são aplicáveis em exames não radiológicos, como a termometria, com auxílio de softwares.

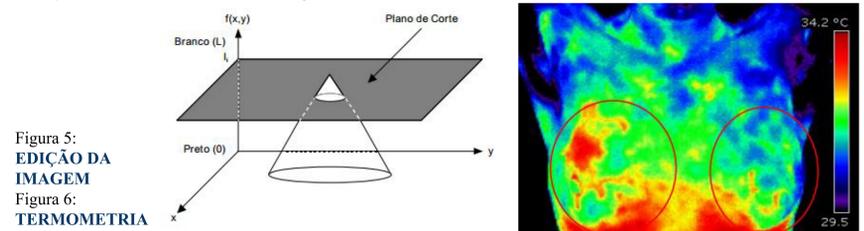


Figura 5:  
EDIÇÃO DA  
IMAGEM  
Figura 6:  
TERMOMETRIA

- A combinação de técnicas de imagem e cálculo, destacando o box-counting, tem proporcionado resultados precisos na análise de tumores, oferecendo uma fonte objetiva de prognósticos e reduzindo a subjetividade na interpretação médica. A simplicidade do método pode ser benéfica para o sistema de saúde brasileiro, enfrentando desafios desde a detecção até o tratamento do câncer, com a prontidão no tratamento influenciando positivamente as chances de cura.

## CONCLUSÕES

- Há um diálogo efetivo entre matemática e medicina, impulsionado pelo notável crescimento de ambas, especialmente com os avanços tecnológicos;
- Fractais, representantes da geometria não euclidiana, estão presentes em diversos fenômenos, incluindo o corpo humano, sendo aplicados no estudo do crescimento de tumores. O método box-counting mostra-se eficaz, aplicável em vários tipos de exames, proporcionando diagnósticos e prognósticos mais precisos;
- Fractais, com aplicações práticas na "vida real", podem ser incorporados às salas de aula, relacionando-se diretamente à medicina. Isso desperta o interesse dos alunos, tornando o conhecimento mais acessível por meio da modelagem matemática;
- A continuação da pesquisa, com uma etapa experimental, visa encontrar valores de referência para a dimensão fractal de tumores. Busca-se tornar esse conhecimento prático e acessível aos profissionais de saúde, além de avaliar os impactos da pesquisa em sala de aula;
- A utilização de fractais na medicina pode inspirar o desenvolvimento tecnológico, incluindo softwares para facilitar a identificação de dimensões e resultados. Estabelecer a conexão entre matemática e sua aplicação prática serve como estímulo significativo para estudantes, professores e pesquisadores, contribuindo para aumentar o número de pesquisadores no Brasil, país que carece de incentivos à pesquisa e à ciência.



Figura 7 a 11, respectivamente: HIPÓCRATES, EUCLIDES, MANDELBROT, HAUSDORFF e VOSS

## PRINCIPAIS REFERÊNCIAS

- AMBRÓSIO, P. E. et al. **Utilizando box-counting para calcular a dimensão fractal de nódulos mamários**. XXIV METZE, Konradin. **Fractal dimension of chromatin: potential molecular diagnostic applications for cancer prognosis**. Expert Review of Molecular Diagnostics, [s. l.], v. 13, n. 7, p. 719-735, 2013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1586/14737159.2013.828889>. Acesso em: 13 jun. 2023.
- PERUSSO, Luiza Dalla Costa. **Fractais: uma ponte entre a matemática e medicina**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em matemática) - UTFPR, [S. l.], 2022. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30709/1/fractaismatematicamedicina.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2023.

## CONTATO



Lattes



WhatsApp  
(49)99909-0727



Instagram  
@diogomitunes

Email:  
diogomitunes@gmail.com