

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
(Bacharelado)

**PROTÓTIPO DE UM SOFTWARE PARA GERAÇÃO
DE IMAGENS UTILIZANDO FRACTAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO — BACHARELADO

NELI MIGLIOLLI

BLUMENAU, JUNHO/2000

2000/1-55

PROTÓTIPO DE UM SOFTWARE PARA GERAÇÃO DE IMAGENS UTILIZANDO FRACTAIS

NELI MIGLIOLLI

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, FOI JULGADO ADEQUADO
PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Prof. Dalton Solano dos Reis — Orientador na FURB

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador do TCC

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dalton Solano dos Reis

Prof. Sérgio Stringari

Prof. Tânia Baier

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à
toda minha família, que
sempre me apoiou e incentivou.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, pessoa que me incentivou, amou, valorizou .

À Neuzelir Migliolli, que sempre foi muito mais que uma irmã, pelo carinho, atenção e paciência.

Ao meu pai e aos meus irmãos, que sempre me ajudaram e incentivaram.

Ao meu professor e orientador Dalton Solano dos Reis, pela sua dedicação, pela paciência e orientação na elaboração deste trabalho.

À professora Tânia Baier, pela colaboração, pelo incentivo, pela paciência, pelos ensinamentos científicos e pelo carinho que sempre me dispensou.

A todos os professores e colegas de faculdade, que de alguma forma participaram para a sua realização.

Às “pedras” que surgiram no “caminho”, pois estas valorizaram ainda mais esse momento.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	x
Resumo	xi
Abstract.....	xii
1. Introdução	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Organização do Texto	3
2 Sistemas Dinâmicos, Caos e Fractais	5
2.1 Sistemas Dinâmicos	5
2.2 Caos	6
2.3 Cronologia dos Fractais	8
2.4 Fractais	10
2.4.1 Auto-Similaridade	13
2.4.2 Dimensão Fractal	14
2.4.3 Diagrama das bifurcações	18
2.4.4 Iteração	19
2.5 Considerações Finais	22
3 Câncer	24
3.1 Histórico	24
3.2 Características	24

3.3 Classificação.....	26
3.3.1 Diferenciação e Anaplasia.....	26
3.3.2 Ritmo de Crescimento.....	28
3.3.3 Metástase.....	29
3.3.4 Disseminação	29
3.3.4.1 Invasão local	30
3.3.4.2 Disseminação Transcelômica	32
3.3.4.3 Disseminação Linfática	32
3.3.4.4 Disseminação Hematogênica ou Vascular.....	32
3.4 Diagnóstico e Tratamento	33
3.4.1 Radioterapia	33
3.4.2 Quimioterapia.....	34
3.4.3 Tratamentos Alternativos	34
3.5 Estatísticas	34
3.6 Considerações Finais	34
4 Fractais, Biologia e câncer.....	36
4.1 Fractais e Biologia.....	36
4.2 Fractais na Medicina	37
4.3 Considerações Finais	38
5 Desenvolvimento do Protótipo	39
5.1 Especificação.....	39
5.2 Implementação do Protótipo	41
5.3 Funcionamento do Protótipo	43
6 Conclusões e Extensões	48
6.1 Conclusões.....	48

6.2 Extensões para Novos Trabalhos.....	48
ANEXO 1- Conjunto de Mandelbrot	50
ANEXO 2 Conjunto da Curva de Koch	52
ANEXO 3 Curva Quadrática de Von Koch	54
ANEXO 4 Triângulo de Sierpinski	56
ANEXO 5- Mortalidade por câncer	59
Glossário.....	61
Referências Bibliográficas.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conjunto de Mandelbrot.	8
Figura 2 - Comportamento caótico.	8
Figura 3 - Curva de Von Koch representando um FCO.	14
Figura 4– 4 iterações na construção da Curva de Von Koch.	20
Figura 5 – 3 iterações da construção da Curva de Hilbert.	21
Figura 6 – 4 iterações da construção de uma extensão do Triângulo de Sierpinski.	22
Figura 7 – Tipos de disseminação.	29
Figura 8 –Tumor benigno bem diferenciado.	30
Figura 9 –Tumor maligno pouco diferenciado.	31
Figura 10 Fluxograma geral do protótipo.	40
Figura 11 Diagrama hierárquico Funcional.	41
Figura 12 Tela Principal	44
Figura 13 Opção Arquivo	44
Figura 14 Tela de parâmetro do Tapete de Sierpinski.	45
Figura 15 Tela de parâmetro do Diagrama das Bifurcações	45
Figura 16 Execução do Tapete de Sierpinski	46
Figura 17 Execução do Diagrama das Bifurcações	46
Figura 18 Tela Sobre	47
Figura 19 - Primeira ampliação da área indicada com um retângulo na figura 1.	50
Figura 20 - Segunda ampliação da área indicada por um retângulo na figura 17	50
Figura 21 - Terceira ampliação da área indicada por um retângulo na figura 18.	51
Figura 22 - Iteração zero da construção da curva de Von Koch (Floco de Neve).	52

Figura 23 - Primeira iteração da construção da curva de Von Koch.....	52
Figura 24 - Segunda iteração da construção da curva de Koch.....	53
Figura 25 - Terceira iteração da construção da curva de Koch.....	53
Figura 26 - Iteração zero da construção da Curva Quadrática de Von Koch.....	54
Figura 27 - Segunda iteração da construção da Curva Quadrática de Von Koch.....	54
Figura 28 - Terceira iteração da construção da Curva Quadrática de Von Koch.....	55
Figura 29 - Quarta iteração da construção da Curva Quadrática de Von Koch.....	55
Figura 30 - Iteração zero da construção do Triângulo de Sierpinski.....	56
Figura 31 - Primeira iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.....	56
Figura 32 - Segunda iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.....	57
Figura 33 - Terceira iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.....	57
Figura 34 - Quarta iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.....	58
Figura 35 - Quinta iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.....	58
Figura 36 - Sexta iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Uma comparação da geometria fractal e a Euclidiana.....	11
Tabela 2 Interpretação padrão da dimensão inteira das figuras em termos de auto-similaridade exata.....	16
Tabela 3- Características diferenciais entre neoplásias benignas e malignas.....	26
Tabela 4 Total e porcentagem de óbitos por câncer no Brasil	59
Tabela 5 Variação das taxas de mortalidade por Neoplasias malignas, sexo feminino.	60
Tabela 6 Variação das taxas de mortalidade por Neoplasias malignas, sexo masculino.	60

RESUMO

O objetivo desse trabalho é apresentar um estudo sobre os Fractais na geração de imagens, objetivando o desenvolvimento de um protótipo de software para a geração de imagens que permitirá simular o crescimento das células neoplásicas (cancerosas)

Para esta visualização foi utilizado o Diagrama das bifurcações, que simulará o crescimento. Também foi desenvolvido o fractal conhecido por Tapete de Sierpinski, que será utilizado para a compreensão de como é calculada a dimensão fractal.

ABSTRACT

The objective of that work is to present a study on Fractais in the generation of images, objectifying the development of a software prototype for the generation of images that will allow to simulate the growth of the cells neoplásicas (cancerous).

For this visualization the Diagram of the bifurcations it was used, that will simulate the growth. The well-known fractal was also developed by Rug of Sierpinski, that will be used for the understanding of as the dimension fractal is calculated.

1. INTRODUÇÃO

Todos os anos os médicos descobrem milhares de novos casos de câncer, uma doença que já está sendo considerada comum. Ela na verdade, está se tornando uma verdadeira epidemia segundo a Organização Mundial de Saúde em seu informe do ano de 1996. Isto decorre, ao aumento da perspectiva de vida e a difusão de hábitos pouco saudáveis, como o tabagismo e a má alimentação ([OLI1997]).

O câncer também é conhecido como neoplásia maligna ou tumor maligno. É uma massa de tecido que cresce em excesso, fora do controle do organismo, originando-se de uma célula que acaba perdendo o controle sobre si mesma. Esta começa a se multiplicar sem parar, perdendo sua forma e comportamento normais. Ninguém sabe como isso acontece, o curioso é que apesar de toda essa agressividade o organismo quase nunca reconhece o câncer como um agente agressor, não ativando assim seus mecanismos de defesa ([OLI1997]).

Em sua primeira fase, o câncer é chamado de Câncer *in Situ*, quando ainda não rompeu os limites entre os tecidos e ainda não se ramificou nem ocorreu a metástase, que é considerada uma das principais características que diferem um tumor maligno de um tumor benigno. Quando um tumor atinge esta fase que é que a cura clínica não é mais possível, pois ele já se espalhou e atingiu diversas partes do corpo. Desta forma quanto antes for detectado o câncer, maiores as chances de cura.

Atualmente os métodos mais utilizados para o diagnóstico do câncer são a histologia e a citologia esfoliativa, já que as células cancerosas possuem uma gama de alterações morfológicas. A análise na citologia é feita através da análise de célula isolada de um grupo, onde observa-se além da desestrutura arquitetônica a evidência de invasão. Novas técnicas estão sendo constantemente adicionadas no diagnóstico do câncer como a imunocitoquímica, o diagnóstico molecular, a citometria de fluxo e marcadores tumorais. Sendo que a cada ano o enfoque ao diagnóstico do câncer torna-se mais complexo, mais sofisticado e mais especializado ([ROB1994]).

Pesquisas vem sendo realizadas através da análise do crescimento de células normais e células cancerígenas, na busca de novos processos de diagnóstico que identifiquem os tumores com maior rapidez e eficiência. Uma destas propostas de pesquisa encontra-se em Braga ([BRA1998]), o qual utiliza a geometria dos fractais para verificar os diferentes padrões de crescimento, permitindo assim, diagnosticar o câncer e aprender mais sobre suas propriedades funcionais.

A princípio o crescimento do câncer e a geometria dos Fractais parecem temas totalmente desconectados. No entanto o surgimento de tumores depende, entre outros fatores, de alterações em moléculas de adesões existentes nas junções entre as células responsáveis pelas arquiteturas dos tecidos. As mudanças podem afetar os mecanismos de crescimentos e levar a padrões irregulares de multiplicação celular, tanto no tecido vivo quanto em laboratório. Este padrão de crescimento pode ser associada a uma dimensão fractal.

O cálculo da dimensão fractal utiliza-se de imagens digitalizadas de células em cultura, que são usadas em um sistema especialista de estudo baseado em caso (não abordado neste trabalho) ([BRA1998]).

Benoit Mandelbrot, em 1975 (data do lançamento de seu livro “*The fractal geometry of nature*“), cria a palavra fractal, do adjetivo latim *fractus*, que significa irregular ou fragmentado. Nascia a geometria fractal ([PEI1986]).

É surpreendente a quantidade de fractais presentes na natureza e nos sistemas biológicos, como as árvores, os relâmpagos, os vasos sanguíneos, árvore bronquial a estrutura dos neurônios e em particular o crescimento do câncer. É um dos grandes desafios atuais da ciência entender como se formam estes padrões fractais ([BRA1998]).

A geometria fractal é a geometria da irregularidade da natureza. É um novo ramo da matemática, ou outra forma de encarar a ciência. Normalmente os fractais são utilizados para modelar sistemas não lineares, e têm sua aplicação na matemática, na biologia (simulação de vidas artificiais) e na física. Por fim, tem grande relevância para computação gráfica para geração de imagens, onde através da geometria fractal torna-se possível representar aspectos da natureza.

Desta forma, observa-se que pode definir uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico do câncer, utilizando-se do cálculo da dimensão fractal, sistema especialista e da visualização deste crescimento.

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo que auxiliará na visualização do crescimento dos tumores, utilizando fractais. Para essa visualização será utilizado o Diagrama das bifurcações.

Foi desenvolvido o fractal conhecido por Tapete de Sierpinski, que será utilizado na visualização da dimensão fractal das imagens digitalizadas.

O protótipo utiliza a metodologia de prototipação e o ambiente de programação Delphi.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é especificar e implementar um protótipo de geração de imagens para simular o crescimento dos tumores, baseado na geometria dos fractais.

Para a visualização deste crescimento foi implementado o fractal conhecido por Diagrama das bifurcações, e para demonstrar o cálculo da dimensão fractal das imagens digitalizadas (não apresentado neste trabalho) foi desenvolvido o Tapete de Sierpinski.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O texto está organizado em 6 capítulos de forma a permitir um melhor entendimento dos assuntos apresentados. Cada capítulo apresenta inicialmente uma visão geral do que irá ser abordado e no final um breve resumo do que foi apresentado.

No primeiro capítulo será mostrada a introdução do trabalho, o objetivo e a organização do mesmo.

O capítulo 2 introduz uma noção básica aos Sistemas Dinâmicos, Caos e Fractais. São apresentados elementos básicos que formam as imagens fractais e um breve histórico das pessoas envolvidas neste estudo.

Já o capítulo 3 apresenta alguns fundamentos sobre câncer. Suas origens e suas principais características, como a multiplicação irregular e a suas formas de disseminações.

O capítulo 4 apresenta uma visão de como os fractais podem ser utilizados na biologia e na medicina.

A descrição da implementação e o modo de usar para a melhor obtenção de resultados deste protótipo será mostrado no capítulo 5.

E para finalizar no capítulo 6 apresenta as conclusões, melhoramentos e sugestões para novos trabalhos.

2 SISTEMAS DINÂMICOS, CAOS E FRACTAIS

Neste capítulo será mostrado o que é um Sistema Dinâmico, e um resumo sobre a teoria do Caos. Mostra também, as principais características e definições de fractais, bem como a sua relação com os fenômenos e padrões naturais e artificiais e, um breve histórico das pessoas que participaram de uma forma ou outra para o seu desenvolvimento, já que muitas imagens apresentadas possuem o nome de seus criadores.

2.1 SISTEMAS DINÂMICOS

Um sistema dinâmico, basicamente, é qualquer processo que evolui no tempo ([PEI1988]). Os sistemas dinâmicos acontecem em todos os ramos da ciência, como por exemplo: na mudança do padrões climáticos (meteorologia), nos altos e baixos na balança comercial (economia), no desenvolvimento da população (ecologia), no movimento dos planetas na galáxia (astronomia), no desenvolvimento de organismos vivos (biologia) e reações de elementos químicos (engenharia química) ([DEV1990]), entre outros. Um sistema dinâmico pode estar presente tanto em processos naturais quanto em processos artificiais.

Os sistemas dinâmicos lidam com processos físicos, químicos, biológicos e matemáticos com o objetivo básico de prever eventuais resultados dos processos de evolução. Existem vários tipos de sistemas dinâmicos, exibindo características comportamentais naturais ou artificiais, deste modo, a matemática possui meios de representar a evolução de tais sistemas.

De acordo com [PEI1988], alguns sistemas dinâmicos são previsíveis outros não pelo fato de possuírem grande número de variáveis envolvidas, até mesmo aqueles com uma variável podem apresentar comportamento aleatório ou imprevisível. Geralmente esse comportamento é proveniente dos sistemas dinâmicos não lineares, onde pequenas mudanças nas variáveis de controle acarretam grande mudança em todo sistema ([CRI1991]). O

comportamento imprevisível dos sistemas dinâmicos fez com os matemáticos criassem a noção de Caos.

2.2 CAOS

Ao longo da última década, cientistas das mais diversas áreas, como física, matemática, química e fisiologia desenvolveram conceitos e descobriram fenômenos comuns a todos elas, inaugurando um novo campo interdisciplinar de investigação: o caos ([REZ1992]).

Segundo [MOR1992], originalmente a palavra caos foi associada a um “estado desordenado antes da criação do universo” e a “grande confusão, desordem”.

Para Rezende ([REZ1992]), o caos é um estado complexo caracterizado pela (aparente) imprevisibilidade de comportamento e por grande sensibilidade a pequenas mudanças nas variáveis do sistema ou nas condições iniciais. É observado tanto em sistemas muito simples quanto em sistemas complexos. A condição essencial para um sistema apresentar estado caótico é ser não linear, isto é, apresentar uma resposta não proporcional ao estímulo. Nos últimos anos, físicos, matemáticos, químicos, biólogos vêm se dedicando a investigar sistemas específicos, na busca de meios de estimulá-los a terem comportamento caótico.

O avanço dos estudos relacionado ao caos é consequência do avanço da capacidade de processamento dos computadores. Inovações nas técnicas de computação gráfica fizeram com que cientistas e matemáticos progredissem nos estudos dos sistemas dinâmicos que é de onde o Caos deriva ([CRI1991]).

A incapacidade de se prever o resultado de um sistema dinâmico não está na quantidade de variáveis envolvidas no processo, e sim, na grande sensibilidade das condições iniciais destas variáveis, onde pequenas mudanças podem acarretar resultados totalmente inesperados ([DEV1990]).

Um exemplo de um sistema dinâmico que possui comportamento caótico é a função $f(z) = z^2 + c$, gerando um dos objetos mais fascinantes e mais difícil da matemática que é o

conjunto de Mandelbrot representado na Figura 1. Outro exemplo de sistema caótico pode ser gerado observado na Figura 2, através do método de Newton para se achar raízes de equações com grau superior a dois, ou seja, valores para x que anulam equações sob a forma:

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \dots + a_m z^m = 0.$$

Este método consiste em se estipular um valor inicial para a resposta e, a partir deste valor, iterar a função até que se aproxime o máximo possível da mesma, obtendo-se uma resposta numérica e um fator de erro (aproximação) ([BIR1994]). O conjunto de Mandelbrot e o método de Newton são exemplos de funções que exibem comportamento caótico, exibindo características fractais (auto-similaridade) através iterações em um plano complexo. Para conhecer mais à respeito ver ([PEI1986]), ([PEI1988]) e ([DEV1990]).

Durante a década de 70, Benoit Mandelbrot, pesquisador da IBM (*International Business Machine*), um matemático não ortodoxo, preferia aplicar geometria na solução dos problemas, ao invés de álgebra. Segundo suas teorias geométricas, nem um pouco clássicas, a resposta gráfica de um sistema consistia em uma noção mais completa do problema. E foi pelo fato de amar a geometria, que percebeu que sistemas aparentemente caóticos possuíam padrões simples de resposta que eram repetitivos e continham, intrinsecamente, um algoritmo de auto repetição, capaz de gerar o todo. A essa forma geométrica chamou de *fractal*, que significa menor fração de um todo auto-similar capaz de gerar o conjunto. A partir desse momento os fractais e caos são utilizados como ferramentas matemáticas para a modelagem visual do comportamento caótico de processos naturais e artificiais.

Figura 1 - Conjunto de Mandelbrot.

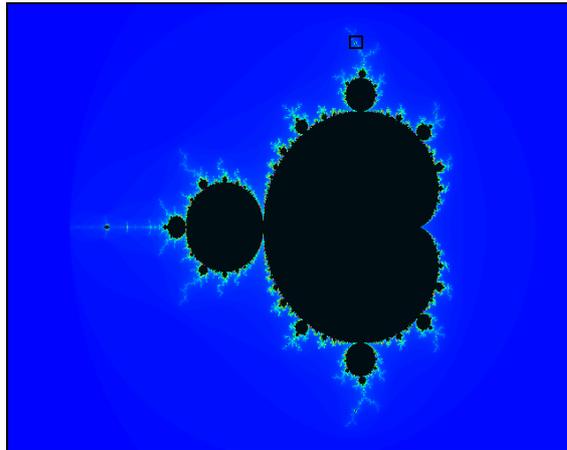
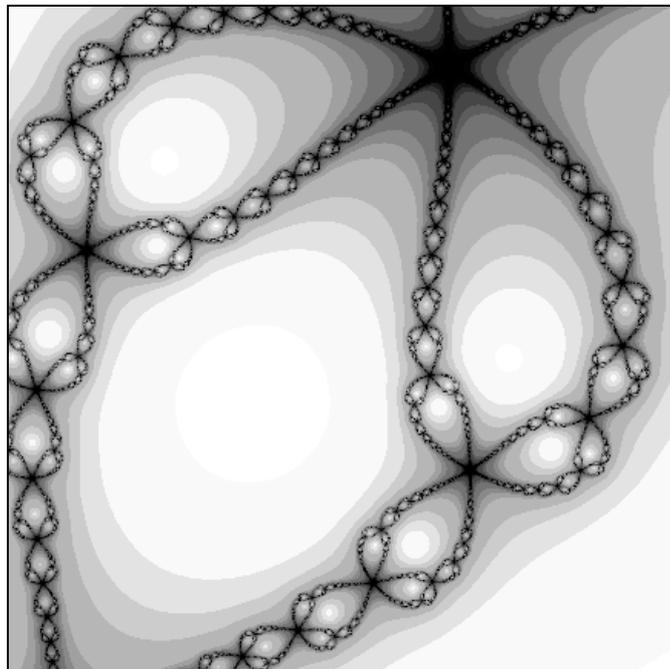


Figura 2 - Comportamento caótico.



2.3 CRONOLOGIA DOS FRACTAIS

No século 17 Newton and Leibniz criaram o cálculo, com suas técnicas para "diferenciação" em termos geométricos, encontrar a tangente a curva em qualquer ponto dado. Na verdade, algumas dessas funções eram descontínuas, sem tangentes nem um ponto isolado. E algumas possuíam singularidades: mudanças bruscas de direção que faziam a idéia de

tangente se tornar sem significado. Mas estas eram vistas como exceções, e as atenções eram focadas em funções bem comportadas, funções que funcionavam bem em descrever a natureza. Já no começo do ano de 1870, Weierstrass descreveu uma função que era contínua, mas não era diferenciável, nenhuma tangente podia ser descrita em nenhum ponto. Cantor mostrou o quão simples um procedimento repetido podia transformar uma linha em um monte de poeira, e Peano gerou uma curva ondulada que eventualmente tocava em cada ponto do plano. Essas formas pareciam sair das categorias usuais de linhas unidimensionais, planos bidimensionais, volumes tridimensionais. A maioria ainda era vista como casos "patológicos", mas aqui e lá foram aparecendo aplicações para elas.

Em outras áreas da matemática formas estranhas começaram a aparecer. Poincaré tentou analisar a estabilidade do sistema solar em 1880 e verificou que problemas envolvendo muitos corpos ainda eram resistentes aos métodos tradicionais. Assim, ele desenvolveu um método qualitativo no qual cada ponto representava uma diferente órbita planetária, criando o que hoje pode-se chamar de Topologia. Esta aproximação revelou que enquanto muitos movimentos iniciais rapidamente caíam em curvas familiares, haviam aquelas que eram estranhas, "caóticas" cujas órbitas nunca eram periódicas e previsíveis.

Outros investigadores tentando entender a flutuação, o ruído do fluxo do Nilo, séries de preços em economia, e descobriram que os modelos tradicionais não batiam com os dados. Eles perceberam distúrbios randômicos, características de escala, com picos nos dados se tornando raros, mas nunca desaparecendo completamente.

Por muitos anos estas pesquisas pareciam sem relação, contudo estavam convergindo para um objetivo comum. Como na matemática pura, o movimento caótico, os gráficos de séries de tempo irregulares, etc. sempre tinham alguma auto-similaridade: uma pequena seção ampliada era muito similar a uma grande, ao longo de diferentes escalas. Enquanto muitos pesquisadores e matemáticos aplicados avançavam nesses campos, Mandelbrot percebeu o que eles tinham de comum, juntando-os em uma única e nova disciplina. Em 1958 ele foi contratado como pesquisador da IBM, onde começou uma análise matemática do ruído eletrônico e começou a perceber a estrutura presente nele: as hierarquias de flutuações de todos os tipos que não podiam ser descritas pelos métodos estatísticos existentes. Através dos anos que se seguiram, problemas que não pareciam relacionados foram se juntando ao corpo de idéias, a qual ele daria o nome de Geometria Fractal ([COL2000]).

2.4 FRACTAIS

Em seu livro "A Geometria Fractal da Natureza", Mandelbrot descreve sob uma nova ótica as estruturas e os processos naturais. Nesse livro, o autor cita Leibniz (1643-1716) como um distante precursor da aplicação dos fractais na compreensão da Natureza, quando expressou o princípio da continuidade da seguinte forma: "Natura non facit saltus", sendo que a frase original é "La nature ne fait jamais de sauts", ou seja, "A natureza não dá saltos".

De fato, a antiguidade de se interpretar a Natureza pelas suas características fractais pode ser bem mais antiga que estas datas, embora os termos empregados fossem outros em passado muito distante. Somente para se ter uma idéia de onde esta linha de pesquisa pode levar e de como o homem já tinha um conhecimento real da Natureza (entenda-se aqui também como Universo- pode ser citado a data de 1.300 anos antes de Cristo).

Alguns achados das escavações das pirâmides mostraram que um filósofo, Hermes Trimegistus, escrevera o que em 1975 Mandelbrot considerou inovador pela ciência atual com o advento dos fractais. Mandelbrot afirma ser a auto-similaridade uma das principais características da Natureza, ou seja, padrões de formas ou processos menores se repetem em escalas maiores. Talvez cause certa surpresa que esse filósofo da antiguidade tenha dito a mesma coisa quando afirmou: "Assim como é em cima é em baixo, e dessa forma todas as coisas são feitas" [(BOT2000)].

Segundo Stewart ([STE1991]), no ano de 1610 Galileu disse que a linguagem da natureza é matemática, e "seus caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas". Os fabulosos sucessos que teve na dinâmica confirmam seu ponto de vista. Mas em 1726 Jonathan Swift já ridicularizava tal filosofia em "*voyage to laputa*". "Para exaltar a beleza de uma mulher, ou de qualquer outro animal, descrevem-na em losango, círculo, paralelogramos, elipses e outros termos geométricos".

Tais citações encontraram um eco moderno na afirmação muito conhecida de Benoit Mandelbrot em "*The Fractal of Nature*" : "Nuvens não são esferas, montanhas não são cones, os litorais não são círculos, a casca das árvores não é lisa e tampouco a luz viaja em linha reta". Entre o fim dos anos 50 e o início dos anos 70, ele desenvolveu um novo tipo de matemática, capaz de descrever e analisar a irregularidade estruturada do mundo natural, e cunhou um nome para as novas formas geométricas envolvidas: *fractais*.

O Geometria Fracionária adquiriu com o passar dos anos um caráter interdisciplinar e uniu os matemáticos, as ciências naturais e as ciências da computação, tornando-se, juntamente com seus conceitos, uma ferramenta central na física, química, biologia, geologia, meteorologia e as ciências dos materiais. As imagens fractais podem ser complexas, mas as regras que as governam são simples. Graças a Computação Gráfica que os fractais foram aceitos como extensão à geometria clássica, a final, uma imagem fractal justifica, sem dúvidas, o seu estudo, considerando que montanhas não são cones, nuvens não são esferas e árvores não são cilindros. Hoje os fractais são utilizados pela Computação Gráfica na modelagem de fenômenos e objetos naturais.

Podemos pensar que fractais e caos são sinônimos, mas não são. A teoria do caos é ilustrada através de fractais e existe há séculos. Ambos são ferramentas matemáticas diferentes utilizadas para modelar fenômenos naturais ou artificiais e objetos. Exemplos de palavras chave que descrevem o caos são: imprevisibilidade e sensibilidade à condições iniciais dos processos. Exemplos de palavras chaves que descrevem os fractais são: auto-similaridade e variação de escala. Muitos fractais não são, de maneira nenhuma, caóticos.

A Tabela 1 mostra um resumo das principais diferenças entre fractais e as formas tradicionais de Euclides. Primeiro, fractal é uma das maiores descobertas do século XX, sem dúvida. Mesmo sendo rejeitado na virada do século, foram reconhecidos como úteis pelos cientistas naturais há pouco mais de 20 anos. Segundo, as formas Euclidianas são baseadas em tamanho ou escalas. Não é possível medir um fractal. São formas auto-similares e independentes de escala. Terceiro, a geometria Euclidiana é utilizada para representar objetos feitos pelo homem, ao passo que, os fractais são utilizados para representar a natureza. Finalmente, formas Euclidianas são usualmente representadas por fórmulas algébricas ($r^2 = x^2 + y^2$, que define um círculo de raio r), fractais, geralmente, são resultado de um procedimento ou uma construção algorítmica recursiva, própria para computadores [SAN1999 *apud* PEI1988].

Tabela 1 Uma comparação da geometria fractal e a Euclidiana.

GEOMETRIA...

...é a linguagem matemática usada para descrever, relacionar e manipular formas.

<i>EUCLIDIANA</i>	<i>FRACTAL</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Tradicional (> 2000 anos); • Baseados em escala ou tamanho; 	<ul style="list-style-type: none"> • Pós-moderno (~20 anos); • Não possui tamanho ou escala específica;
<ul style="list-style-type: none"> • Serve para representar os objetos que o homem cria; • É descrita através de fórmulas. 	<ul style="list-style-type: none"> • É apropriada para representar formas naturais; • Utiliza algoritmos recursivos.

Fonte: [PEI1988].

Fractais são estruturas dinâmicas não lineares, primeiramente a geometria dos Fractais desenvolveu-se independentemente da dinâmica não linear e até hoje a conexão entre as disciplinas não está totalmente estabilizada.

Certos neurônios tem a estrutura comparada aos fractais. Em exame de um neurônio através de um microscópio de baixa precisão pode-se ver os detritos que são conectados ao corpo da célula. Através de um microscópio um pouco mais potente já pode ser observado outros detritos nos outros detritos. Em uma dimensão maior de detalhes pode-se ver galhos sobre galhos sobre galhos.

Embora em um determinado nível os galhos dos neurônios param, os fractais idealizados tem infinitos detalhes. Talvez ele é até mais comparável que os detalhes dos fractais em uma certa escala são similares (embora não necessariamente idênticos) aqueles da estrutura anterior com escalas maiores ou menores. Analisando duas fotografias de detritos em escalas e dimensões diferentes sem nenhuma identificação se terá dificuldade em descobrir qual o grau de magnitude. Todos os fractais tem como característica a auto-similaridade. Porque são compostos de estruturas similares e tem sempre finos detalhes, que a sua dimensão não pode ser definida. Se alguém tentar medir a dimensão de um fractal com uma régua, alguns detalhes ficaram mais finos que uma régua pode medir. Os fractais tem as mesmas dimensões da geometria euclidiana, só que com uma diferença é que a geometria euclidiana é unidimensional enquanto que a geometria dos fractais é bidimensional [(GOL1990)].

2.4.1 AUTO-SIMILARIDADE

Uma das propriedades básicas dos conjuntos fractais é a noção de auto-similaridade, que é a capacidade de, através de um subconjunto, poder representar o conjunto inteiro ([CRI1991]). Objetos fractais são infinitamente sub-divisíveis e independente de escala, cada subdivisão produz objetos com características estatísticas ou exatamente iguais ao objeto inteiro.

Fractais são objetos e processos que apresentam características como lacunaridade ou irregularidade, auto-similaridade, mesma dimensão em qualquer escala, fenômenos não-lineares, complexidade infinita e são gerados por processos simples de realimentação. Mas, na prática nem sempre são observáveis todas estas características em um mesmo fractal, salvo no caso dos fractais exatos. Segundo *Mandelbrot (1982)* um fractal é por definição um conjunto para o qual a dimensão de *Hausdorff Besicovitch* excede a dimensão topológica ou inteira [(BOT2000)]. Entretanto, em termos mais específicos, um fractal pode ser definido de duas maneiras:

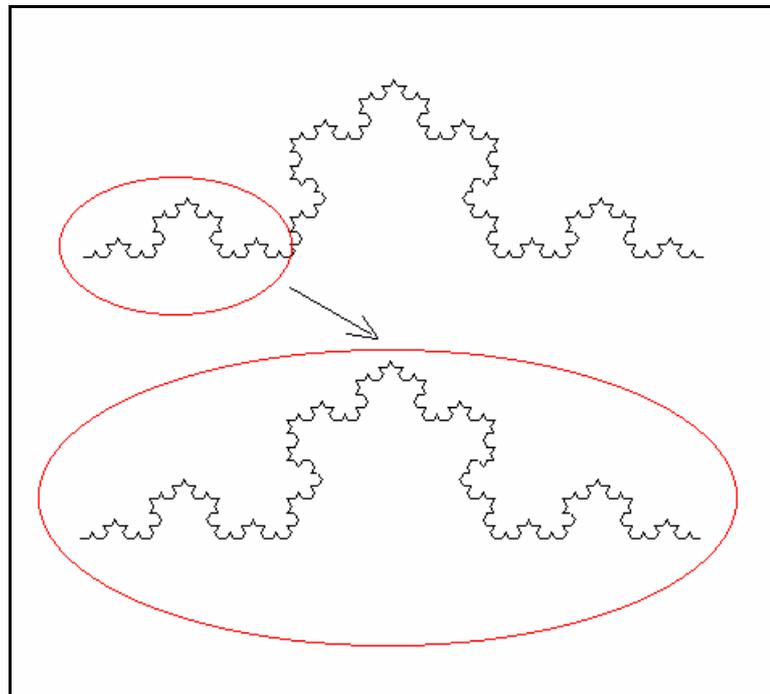
- a. Fractal Completamente Observável (FCO);
- b. Fractal Incompletamente Observável (FIO).

Um fractal FCO é aquele com o qual o observador tem um relacionamento de modo a poder observar a auto-similaridade ou mais características dos fractais além da irregularidade ou lacunaridade. Um fractal FIO é aquele no qual é possível, somente, observar com clareza as irregularidades que o constituem. Deve ficar claro que o princípio que está norteando esta definição é aquele que corresponde aos princípios da Tecnologia Fractal – TSF, ou seja, de que tudo que existe é fractal, independente da capacidade do observador. Deve-se esclarecer que cada parte constituinte que se repete em um fractal é uma unidade fractal estrutural (UFE). Nos fractais exatos conforme será mostrado com o Triângulo de Sierpinski, a UFE corresponde a cada menor triângulo e a cada menor segmento de reta, respectivamente. Quando duas ou mais UFE estão agrupadas de tal modo à reproduzirem sua "imagem" em outras partes da estrutura, diz-se que a auto-similaridade é observável.

O conjunto de Mandelbrot mostrado na figura 1, por exemplo possui auto-similaridade estatística. É um fractal Incompletamente Observável (FIO); parte do desenho ampliada, apresenta formas parecidas com o desenho todo. O Anexo 1, mostra três

ampliações em cascata de uma parte do conjunto de Mandelbrot indicada por um retângulo em cada figura. Verifica-se que estatisticamente a forma inteira está representada nas ampliações subseqüentes. Já a curva de Von Koch, é um Fractal Completamente Observável (FCO) quando sofre ampliações de uma parte, apresenta exatamente o desenho completo, infinitamente. Este é um exemplo de auto-similaridade exata ou repetitiva, representada na Figura 3 ([BOT2000]).

Figura 3 - Curva de Von Koch representando um FCO.



2.4.2 DIMENSÃO FRACTAL

A propriedade de auto-similaridade ou *scalling*, como foi apresentado anteriormente é um dos conceitos centrais da geometria fractal. Está fortemente relacionado com a noção de dimensão fractal. Um tipo de dimensão fractal é a dimensão de Hausdorff-Besicovich, mas há várias maneiras diferentes de calculá-la. Embora exista outras maneiras de explicar o que é dimensão, aqui será utilizada a noção de auto-similaridade.

Hausdorff, matemático alemão, foi quem criou a noção de dimensão fractal, provando que os fractais existem entre as dimensões, ou seja, fractais podem ser encontrados entre um

ponto e uma reta; entre uma reta e um plano ou entre um plano e um objeto no espaço. A dimensão fractal é um meio de medir a complexidade dos fractais. Quanto maior for a dimensão, maior é a complexidade do fractal [SAN1999 *apud* PEI1988].

Um objeto auto-similar com dimensão D pode ser dividido em N cópias menores auto-similares, cada uma delas reduzida a uma escala representada por ([CRI1991]):

$$r = \frac{1}{\sqrt[D]{N}} \text{ e } N = \frac{1}{r^D} \text{ ou } N = r^{-D}.$$

Onde r é a proporção de redução; N é o número de réplicas auto-similares e D é a dimensão fractal, que difere da dimensão euclidiana por não precisar ser, necessariamente, um número inteiro.

Reciprocamente, dado um objeto auto-similar de N partes reduzidas à uma proporção r do todo, sua dimensão fractal ou semilaridade é dada por:

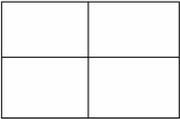
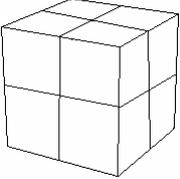
$$D = \frac{\log(N)}{\log(1/r)}.$$

De acordo com a tabela 2, objetos como uma reta, um quadrado e um cubo também possuem propriedade de auto-similaridade. Ao calcular-se a dimensão fractal de qualquer um desses objetos, obtem-se sempre um número inteiro. O mesmo não é verdadeiro para os fractais. Com o objetivo mostrar o cálculo da dimensão fractal, utiliza-se a Curva de Von Koch, a Curva Quadrática de Von Koch e o Triângulo de Sierpinski.

A curva de Von Koch, e sua construção representada no anexo 2 proposta por volta de 1904, por exemplo possui dimensão fractal aproximada de 1,26. Em um estágio inicial, a imagem tem formato de triângulo. Através de um processo iterativo, de acordo com um processo particular, cada seguimento de reta é substituído por . Isso significa que cada reta está sendo dividida em 4 partes auto-similares, então $N = 4$ com uma proporção $r = \frac{1}{3}$. Aplicando a fórmula para o cálculo da dimensão fractal da Curva de Von Koch, tem-se o seguinte:

$$D = \frac{\log(N)}{\log(1/r)}, \quad D = \frac{\log(4)}{\log(3)}, \quad D = 1.261859..$$

Tabela 2 Interpretação padrão da dimensão inteira das figuras em termos de auto-similaridade exata.

 Reta	Objeto unidimensional, pode ser subdividido em pedaços auto-similares à uma proporção de $r = \frac{1}{N}$, onde, $N r^1 = 1$.
 Plano	Objeto bidimensional, pode ser subdividido em pedaços auto-similares à uma proporção de $r = \frac{1}{\sqrt{N}}$, onde, $N r^2 = 1$
 Cubo	Objeto tridimensional, pode ser subdividido em pedaços auto-similares à uma proporção de $r = \frac{1}{\sqrt[3]{N}}$, onde, $N r^3 = 1$

Ao contrário das formas euclidianas, as formas fractais mostradas aqui, apresentam detalhes em todas as escalas. Qualquer processo existente que amplie uma porção destas imagens, sempre mostrará, exatamente, os mesmos detalhes infinitamente [SAN1999 *apud* PEI1988].

O anexo 3 mostram a construção de uma extensão da curva de Von Koch com dimensão fractal alterada, conhecida como Curva de Quadrática de Von Koch. Neste caso cada seguimento de reta é substituído por  em cada iteração. A reta é quebrada em 8 partes auto-similares, então $N = 8$ e com proporção $r = 1/4$. Então para essa imagem teríamos a seguinte dimensão fractal calculada:

$$D = \frac{\log(N)}{\log(1/r)}, D = \frac{\log(8)}{\log(4)}, D = 1.5.$$

Outro detalhe importante dessas estruturas fractais é a alta-similaridade. Cada porção da imagem quando ampliada demonstra exatamente as mesmas características da imagem inteira. Essas curvas fractais também são invariantes sob escalas diferentes. Crescem infinitamente em um plano finito.

A construção do Triângulo de Sierpinski está representado no anexo 4. Observe que cada iteração divide os lados do triângulo ao meio, formando 3 triângulos auto-similares (o triângulo central não faz parte, é um “buraco”). Então, $N = 3$ e proporção $r = 1/2$. Calculando a dimensão fractal do Triângulo de Sierpinski teríamos:

$$D = \frac{\log(N)}{\log(1/r)}, D = \frac{\log(3)}{\log(2)}, D = 1.5849\dots$$

Este método de medir a dimensão fractal é válida somente para fractais que apresentam auto-similaridade exata. Através da dimensão fractal, os matemáticos são capazes de medir formas que antes eram imensuráveis tais como montanhas, nuvens, árvores e flores. Existem, ainda, métodos conhecidos como *Mass*, *Box*, *Compass* entre outros. A dimensão fractal indica o nível de detalhe ou complexidade da rugosidade dos fractais e quanto espaço um fractal ocupa entre as dimensões euclidianas [SAN1999 *apud* PEI1988].

2.4.3 DIAGRAMA DAS BIFURCAÇÕES

Um dos mais importantes objetivos da ciência é atingir a capacidade de prever o comportamento de um certo sistema. Exemplos bem concretos são as tentativas de encontrar sistemas para a previsão de chuvas, tempestades e terremotos. Os cientistas formularam modelos matemáticos, levando em conta os aspectos fundamentais do sistema em estudo, e analisando a variação desse sistema no tempo, sua evolução dinâmica ([TAM1992]).

Segundo May ([MAY1992]), até bem pouco tempo atrás, a maioria dos ecologistas partia do pressuposto implícito de que os fatores regulatórios dependentes da densidade tendiam, por si mesmos, a manter uma população em certa densidade constante. Assim, atribuíam as flutuações irregulares que se observam em tantas populações naturais a alterações imprevisíveis de variáveis ambientais relevantes. A tarefa dos ecologistas seria, portanto, tentar extrair um sinal constante da camada de ruído ambiental que o camufla.

No estudo da dinâmica das populações, por exemplo, deseja-se saber como aumenta (ou diminui) o número de indivíduos de uma certa espécie. Este é um problema naturalmente complexo, uma vez que todo o ecossistema em que essa espécie se insere irá influenciar e ser influenciado pela variação daquele número. Um modelo bastante simplista, levaria em conta apenas a renovação da reserva alimentar da espécie segundo uma taxa fixa, ignorando os demais aspectos em questão.

Este seria o caso, por exemplo, de uma bactéria em reprodução controlada numa lâmina de laboratório, na qual se depositam alimentos todos os dias. O pesquisador poderia obter do seu modelo de informações tais como o número terminal de bactérias em função da quantidade de alimentos, ou tempo necessário para atingir esse estado terminal a partir de poucas bactérias iniciais. Este modelo, no entanto, não é indicado para o estudo da evolução da mesma espécie de bactéria em seu ambiente natural. Neste caso, outros parâmetros, como a exaustão da fonte alimentar, possíveis predações, alternativas alimentares, deveriam ser incluídos no modelo. A formulação matemática, então, será bem mais complexa ([TAM1992]).

Como por exemplo, considerando-se um modelo matemático simples para o aumento no número de indivíduos infectados por uma doença contagiosa. Primeiro, deriva-se uma

equação para a taxa de crescimento do número desses indivíduos. Seja N o número de pessoas infectadas no tempo t em uma população de M indivíduos. Suponha-se que a taxa α pela qual uma pessoa infectada transmite a doença para outras não varie com o tempo, nem de pessoa para pessoa. Então, durante o intervalo de tempo Δt , os N infectados na população contagiarão αN pessoas. Mas as pessoas correspondentes à fração N/M de αN já estavam infectadas, assim, durante o tempo Δt , há um número adicional de $\alpha N - \alpha N (N/M)$ pessoas infectadas, ou seja:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \alpha N (1 - N/M),$$

que é uma equação básica em epidemiologia. Ela pode ter importantes conseqüência na propagação de epidemias.

Tomando uma atitude de tempo discreta (por exemplo um dia), e chamando de X_n a fração de pessoas infectadas no dia n , a equação acima pode ser expressa como:

$$X_{n+1} = X_n [1 + \alpha(1 - X_n)].$$

A equação acima, com uma simples mudança de variáveis poder ser escrita como:

$$X_{n+1} = r X_n (1 - X_n).$$

Chamamos r de um parâmetro de controle que depende de vários fatores e deve ser determinado experimentalmente. Essa equação é chamada de equação logística ou Diagrama das bifurcações ([PIR1992]).

2.4.4 ITERAÇÃO

O principal ingrediente na formulação matemática de exemplos vindos da ecologia foi a iteração [SAN1999 *apud* PEI1988]. No jargão dos matemáticos, iteração significa repetição de um processo inúmeras vezes. É um processo muito simples, que pode ser explicado

utilizando o exemplo de uma calculadora científica contendo as funções x^2 , \sqrt{x} , $\sin x$, $\exp x$ e assim por diante. Cada uma destas teclas representam uma função matemática. Ao entrar com um valor particular na calculadora e pressionar a tecla \sqrt{x} várias vezes, está ocorrendo uma iteração da função raiz quadrada. Em cada iteração da raiz quadrada utiliza-se o valor da iteração imediatamente anterior.

A Figura 4 demonstra em 4 iterações a formação da curva de Von Koch. A imagem é formada partindo de um quadrado normal, onde cada lado do quadrado (seguimento de reta) tem sua parte central substituída por dois seguimentos de $\frac{1}{3}$ de comprimento do seguimento original. O processo sofre iterações um número de vezes e forma o que é chamado de Curva de Von Koch.

Outra variação da Curva de Von Koch está representada na Figura 5 e suas iterações. Nesta construção cada seguimento de reta é substituído por outro seguimento de reta que representa $\frac{1}{3}$ do seguimento anterior.

Figura 4— 4 iterações na construção da Curva de Von Koch.

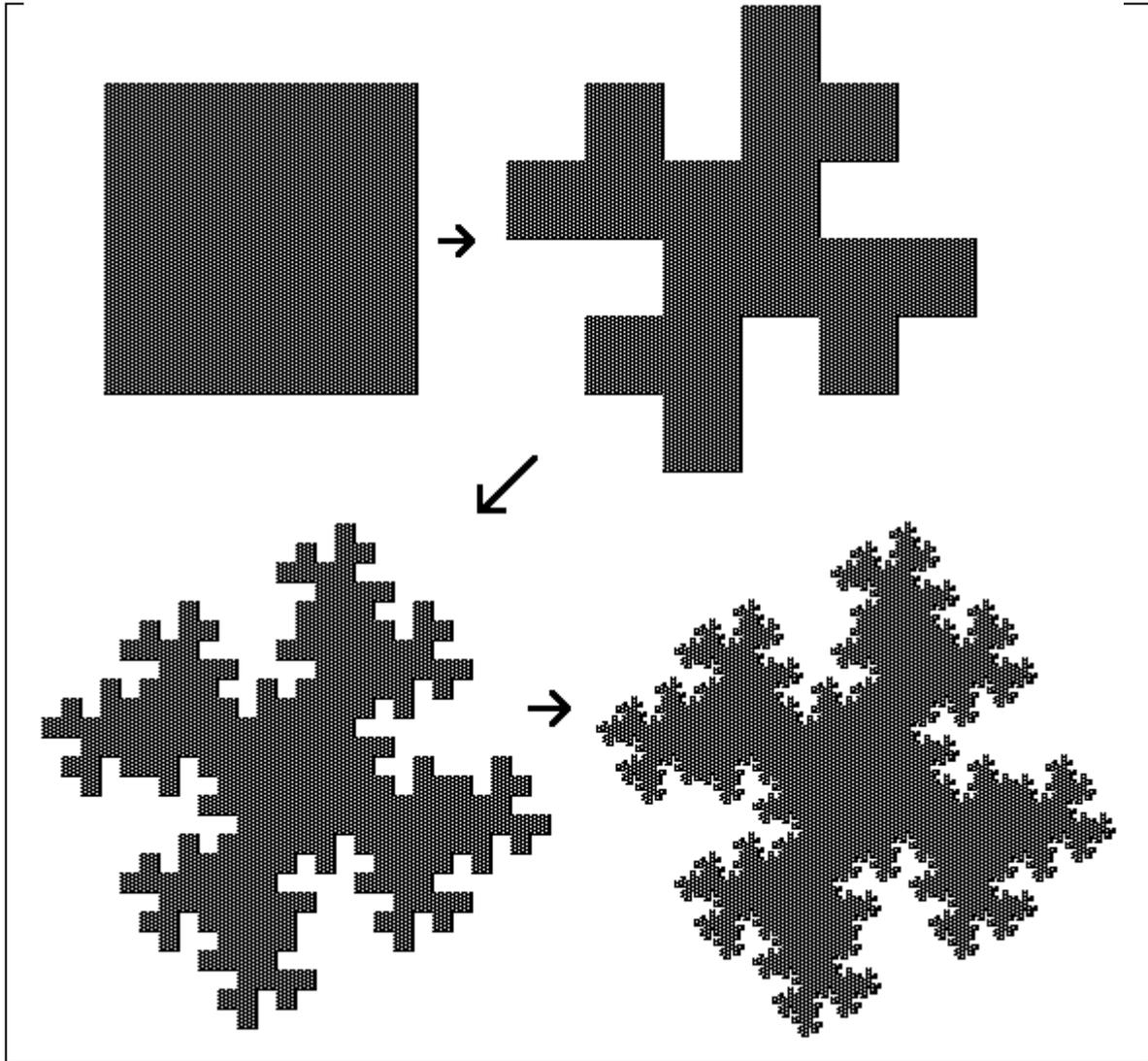
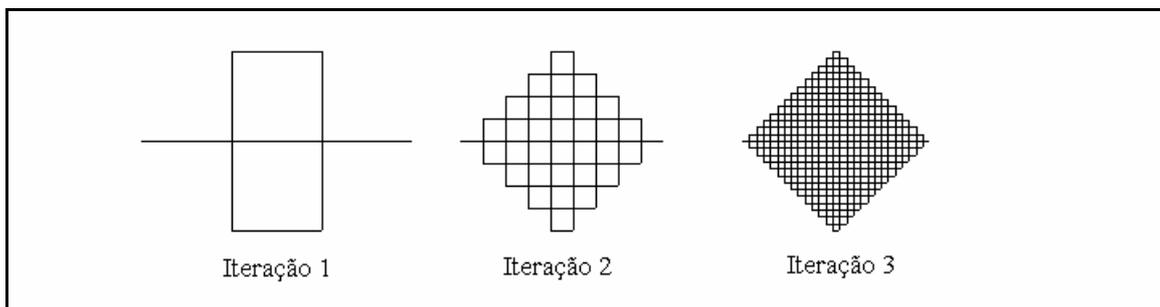
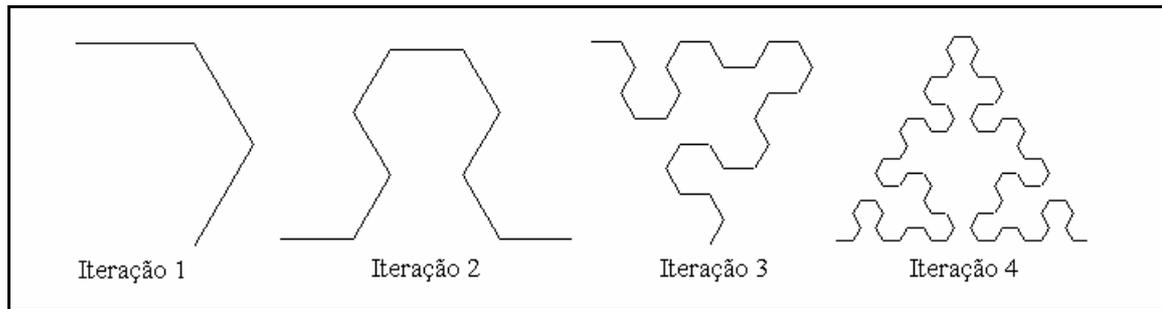


Figura 5 – 3 iterações da construção da Curva de Hilbert.



A Figura 6 mostra 4 iterações que resultam o Triângulo de Sierpinski modificado.

Figura 6 – 4 iterações da construção de uma extensão do Triângulo de Sierpinski.



Iterações de regras muito simples podem gerar formas complexas com propriedades desconhecidas. Ao contrário das formas Euclidianas, essas formas fractais possuem detalhes em todas as escalas, independentemente do fator de ampliação.

Todas as imagens fractais mostradas até aqui resultaram de um processo iterativo de acordo com uma regra particular. Uma das grandes barreiras no processo de iteração é o estabelecimento das regras necessárias para produzir um dado objeto com determinadas propriedades [SAN1999 *apud* PEI1988].

Deve ficar salientado aqui que, há uma grande diferença entre iteração e interação. Interação é uma ação que se exerce mutuamente entre duas ou mais coisas, ou duas ou mais pessoas, etc. Iteração é a repetição contínua de um processo.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo processo que evolui com passar do tempo é chamado de Sistema Dinâmico. Devido ao fato dos Sistemas Dinâmicos apresentarem comportamento imprevisível, os matemáticos criaram a noção de Caos, que estuda quais variáveis de um determinado sistema apresentam sensibilidade às condições iniciais. Com isso determina-se se um Sistema Dinâmico é caótico se houver, pelo menos uma variável de comportamento incerto. Não é o número de variáveis envolvidas em sistema que determina se é caótico ou não.

Em 1975 as formas geométricas geradas por sistemas dinâmicos foram nomeadas de *fractal* por Benoit Mandelbrot, com isso matemáticos, cientistas naturais e cientistas da computação uniram-se em caráter interdisciplinar com o objetivo de tornar a ciência mais unívoca com a utilização de métodos matemáticos inéditos. Foi devido à natureza apresentar

formas e processos que eram praticamente impossíveis de serem representados através de processos clássicos, que os fractais foram criados, libertando a matemática dos limites impostos por Euclides e Pitágoras.

Pode-se dizer que fractais são formas que possuem auto-similaridade, possuem dimensão fracionária, são irregulares, não são representados por fórmulas e geralmente são resultado de um processo iterativo. A própria natureza foi quem inspirou a criação de novos métodos matemáticos para que fosse possível a sua representação aproximada, do que realmente é e como se comporta.

Mandelbrot foi quem validou e nomeou tudo o que foi criado e abandonado, pois ninguém mais tinha, até então, encontrado uma aplicação. Com isso, Mandelbrot, um matemático fascinado pela geometria, tornou-se o pai dos fractais com sua obra “*The Fractal Geometry of Nature*”.

3 CÂNCER

Neste capítulo será mostrado uma noção do câncer. Seu histórico, suas características e seus meios de disseminação. Mostrando também tabelas com dados que mostram que esta doença já está se tornando uma epidemia. Devido ao aumento da perspectiva de vida e aos maus hábitos alimentares.

3.1 HISTÓRICO

A evidência mais antiga de neoplásias, foram encontradas no período pré-histórico em ossos humanos. O primeiro documento a registrar a sua existência é o *Ramayana*. Encontrado na Índia antiga, datado de cerca de 2000 a.C., nele também menciona-se a forma de tratamento, feita através de faca (cirurgia) e por um composto arsênico (quimioterapia).

Os tumores também são mencionados nos papiros egípcios (cerca de 1.500 a.C.), e foram eles os primeiros a descobrir que os tumores se desenvolviam em várias partes do corpo e que deviam ser tratados de formas diferentes.

Na literatura médica da Grécia antiga, encontra-se várias referências a tumores. Hipócrates, o pai da medicina foi o primeiro a dividir os tumores em dois grupos, ele também criou o termo *karkinos*, que significava caranguejo. Dizem que o nome câncer, deve-se a forma obstinada que ele adere a qualquer parte do corpo onde ele se instala, como o caranguejo ([STE1996]).

3.2 CARACTERÍSTICAS

O câncer (ou neoplásia ou tumor maligno) é uma classe de doenças caracterizadas pelo crescimento descontrolado de células.

Para melhor entender, Montenegro ([MON1999]) exemplifica como ocorre este crescimento. Se em um meio de cultura de tecidos forem semeadas células em dois pontos próximos, verifica-se a formação de duas colônias celulares. Que crescem centrifugamente até que ela se toquem. No ponto em que ocorre este contato se cessa o crescimento celular, demonstrando que o “contato” entre as células desencadeia modificações capazes de inibir a multiplicação celular. Também sabe-se que as células da epiderme ou as células epiteliais das mucosas do tubo digestivo estão em ciclo permanente, isto é, se dividem, se diferenciam e são descamadas. Existe mecanismos perfeitos que regulam este fenômeno, mantendo assim um equilíbrio perfeito entre as células que se formam e as que descamam.

Em circunstâncias especiais, este controle falha e as células passam a se dividir de forma autônoma. A esta capacidade de se dividir, de se libertar dos controles de crescimento é a principal característica da célula neoplásica ([MON1999]).

Segundo ([AND1982]) as neoplasias, representam um distúrbio patológico do crescimento, caracterizado por uma proliferação excessiva e incessante das células. Há uma variedade incontável delas, originando-se, basicamente, de todos os tipos de células humanas.

A causa desta transformação é uma modificação no genoma celular, ou seja, é uma célula mutante, esta mutação ao mesmo tempo que permite que a célula se divida independentemente dos controles, leva também a alterações da diferenciação que fazem que ela se apresente com morfologia e funções diferentes da sua célula mãe.

Segundo ([ROB1994]) todos os tumores possuem dois componentes que são:

- As células neoplásicas,
- e o estroma de apoio.

Na maioria das vezes, à medida que as células neoplásicas crescem, o estroma também cresce, de forma mais ou menos harmônica. Há casos onde ocorre o desequilíbrio entre o crescimento da célula e do estroma. Podendo ser visto por dois extremos esse crescimento, em um podemos encontrar neoplásias com grande número células e poucos estroma. No outro temos a neoplásia em que o estroma cresce desmesuradamente tornando difícil reconhecer as poucas células tumorais ([MON1999]).

3.3 CLASSIFICAÇÃO

Os tumores podem ser classificados como benignos ou malignos. Na maioria dos casos, esta diferenciação pode ser feita morfológicamente com considerável certeza. A tabela 3, segundo ([ROB1994]), mostra algumas características entre neoplasias benignas e malignas.

Tabela 3- Características diferenciais entre neoplasias benignas e malignas.

Características	Benigna	Maligna
Tipo de crescimento	Expansivo	Infiltrativo
Velocidade de crescimento	Pequena	Grande
Pseudocápsula	Frequentemente presente	Raramente presente
Mitoses	Raras, típicas	Frequentes típicas e atípicas
Cromatina	Delicada	Grosseira
Forma das células	Homogênea	Variada
Volume das Células	Homogêneo	Variado
Relação Núcleo/Citoplasma	Próximo do normal	Aumentada poliploidia aneuploidia
Diferenciação	Diferenciada	Não diferenciada
Invasão de vasos	Ausente	Frequente
Metástases	Nunca	Frequente
Necroses, hemorragias	Raras	Frequente

Existem critérios que permitem diferenciar os tumores, pois seu comportamento é coerente. Essas diferenças podem ser abordadas convenientemente com os seguintes títulos:

- Diferenciação e anaplasia;
- Ritmo de crescimento;
- Metástase;
- Disseminação.

3.3.1 DIFERENCIAÇÃO E ANAPLASIA

Os termos diferenciação e anaplasia se aplicam às células parenquimais das neoplasias. Diferenciação refere-se ao grau em que as células parênquimais se assemelham as células normais comparáveis, tanto morfológicamente quanto funcionalmente. Assim sendo, os tumores bem-diferenciados são constituídos por células semelhantes às células normais

maduras do tecido de origem da neoplásia. Os tumores pouco diferenciados ou indiferenciados possuem células não especializadas com aspecto primitivo.

Em geral todos os tumores benignos são bem diferenciados, em contraste, as neoplasias malignas variam de bem-diferenciadas a indiferenciadas ([ROB1994]).

Anaplásia, segundo ([MON1999]), significa um crescimento negativo, logo a célula anaplásica é uma célula que não se desenvolveu, isto é, uma célula indiferenciada, os tumores indiferenciados também são chamados de anaplásicos.

O câncer bem-diferenciado envolve maturação ou especialização de células indiferenciadas através de sua proliferação, ao passo que o tumor maligno indiferenciado deriva da proliferação sem maturação das células transformadas. Assim sendo, a falta e diferenciação não é a consequência da desdiferenciação ([ROB1994]).

A falta de diferenciação, ou anaplasia, caracteriza-se por inúmeras modificações morfológicas e funcionais. Tanto células quanto seus núcleos exibem um pleomorfismo característico, variação no tamanho e formato. É possível encontrar células muitas vezes maiores que suas vizinhas e outras células podem ser extremamente pequenas com aspecto primitivo. Caracteristicamente, os núcleos contêm grande quantidade de DNA e adquirem uma coloração extremamente escura (hipercromáticos). Os núcleos são desproporcionalmente grandes para as células e a relação nucleocitoplásmica pode aproximar-se de 1:1, em vez do tamanho normal 1:4 ou 1:6. O formato nuclear costuma ser extremamente variável e, com freqüência, cromatina forma grumos esparsos e distribui-se ao longo da membrana nuclear ([ROB1994]).

Além das anormalidades citológicas acima descritas, a orientação das células anaplásicas é extremamente alterada. Lâminas ou grandes massas de células tumorais crescem de maneira anárquica e desorganizada. Embora seja óbvio que essas células em crescimento necessitam de suprimento sangüíneo, com freqüência o componente tecido conjunto-vascular é escasso e, de fato, em muitos tumores anaplásicos grandes áreas centrais sofrem necrose extensa ([ROB1994]).

Outro elemento importante na avaliação das neoplásias segundo ([MON1999]) são as mitoses, nos tumores bem diferenciados as mitoses são pouco freqüentes, já nos indiferenciados as mitoses são muito freqüentes.

3.3.2 RITMO DE CRESCIMENTO

A morfologia dos tumores também depende da velocidade com que crescem. Quando é lenta existe a possibilidade de que os tecidos vizinhos se adaptem a este crescimento. Quando ocorre este tipo de crescimento o tumor comprime os tecidos vizinhos e os deforma, sendo nítido o limite entre o tecido são e o tecido tumoral. O estroma de tecido comprimido pode inclusive formar uma pseudo capsula, que separa o tecido tumoral do normal. Já nos casos onde a proliferação é rápida a possibilidade da formação da pseudo capsula é menor. Ocorrendo conseqüentemente a infiltração nos tecidos. Através desta infiltração o tumor pode terminar invadindo linfáticos ou vasos sangüíneos

Pode-se generalizar dizendo que a maioria dos tumores benignos crescem lentamente por um período de vários anos. Enquanto a maioria dos malignos cresce rapidamente as vezes com um ritmo inconstante, disseminando-se e matando seus hospedeiros. Entretanto, essa simplificação excessiva deve ser devidamente esclarecida. Alguns tumores benignos exibem um ritmo de crescimento mais veloz que os tumores malignos. Ainda mais, o ritmo de crescimento das neoplasias benignas pode não ser constante com o passar do tempo. Certos fatores tipo de dependência hormonal, adequação do suprimento sangüíneo e influência provavelmente desconhecidas podem afetar o seu crescimento.

Temos dois extremo de um tumor maligno, em um o tumor é altamente agressivo que parece surgir bruscamente, aumentar de tamanho quase a olho nu e disseminar-se explosivamente, podendo causar a morte dentro de poucos meses após sua descoberta. No outro existem aqueles que crescem mais lentamente que os tumores benignos e podem até adotar períodos de latência que duram vários anos. Ocasionalmente foram observados cânceres que diminuem de tamanho e até mesmo desaparecem espontaneamente ([ROB1994]).

3.3.3 METÁSTASE

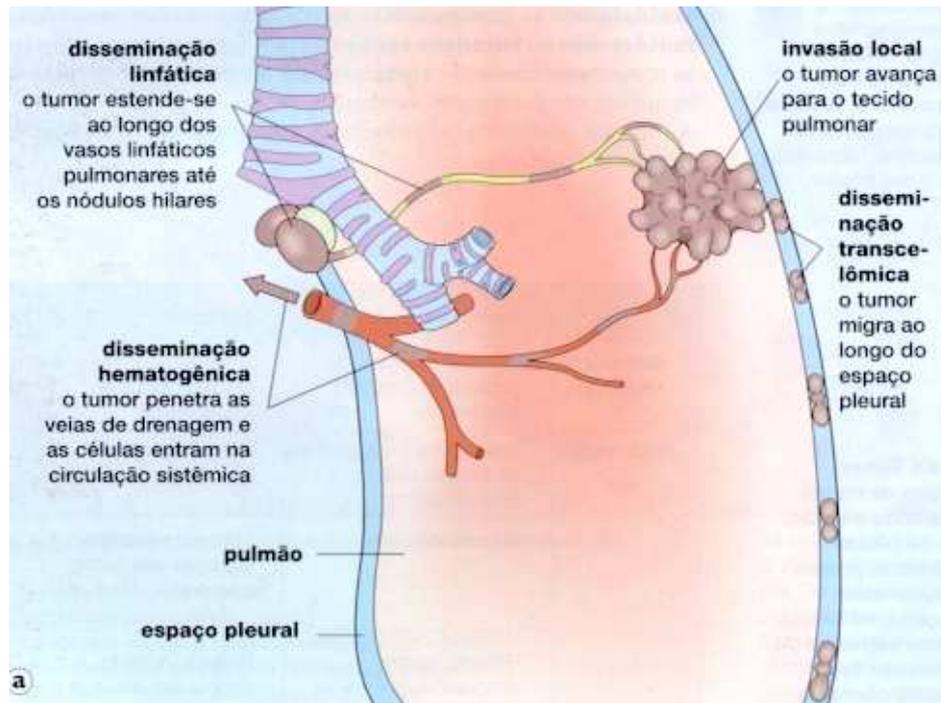
São implantes tumorais sem continuidade com o tumor primário. Ele caracteriza de forma inequívoca um tumor como maligno, pois a neoplásia benignas não metastizam. A invasividade dos cânceres lhes permite penetrar nos vasos sanguíneos, nos linfáticos e nas cavidades corporais. Criando a oportunidade para disseminação. Com poucas exceções, todos os cânceres pode metastizar ([ROB1994]).

Em geral quanto mais agressiva, de crescimento mais rápido e mais volumosa for a neoplásia primária, maior será a probabilidade de vir a metastizar ou de já ter produzido metástase. As pequenas lesões bem-diferenciadas e de crescimento lento às vezes metastizam amplamente e, pelo contrário, algumas lesões de crescimento rápido continuam localizadas por vários anos. Assim sendo, é impossível enunciar critérios acerca da probabilidade de metástase pelo exame patológico do tumor primário.

3.3.4 DISSEMINAÇÃO

A Disseminação dos tumores pode ocorrer por quatro vias, como mostra a figura 7.

Figura 7 – Tipos de disseminação.

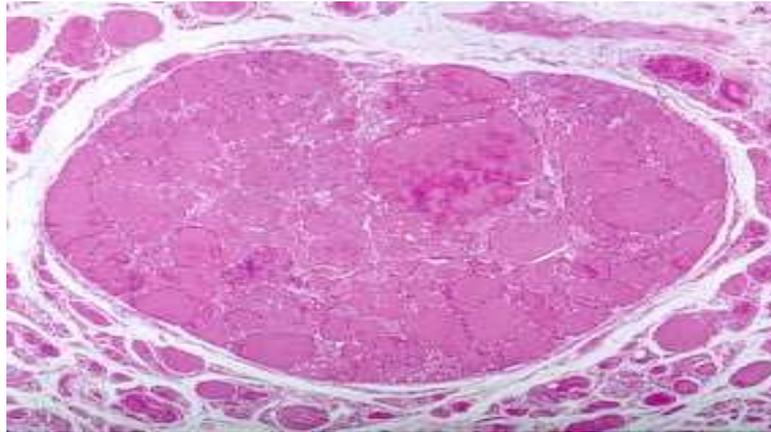


3.3.4.1 INVASÃO LOCAL

O padrão mais comum de propagação dos tumores malignos é através do crescimento direto em tecidos adjacentes, embora possa haver disseminação através dos planos tissulares naturais.

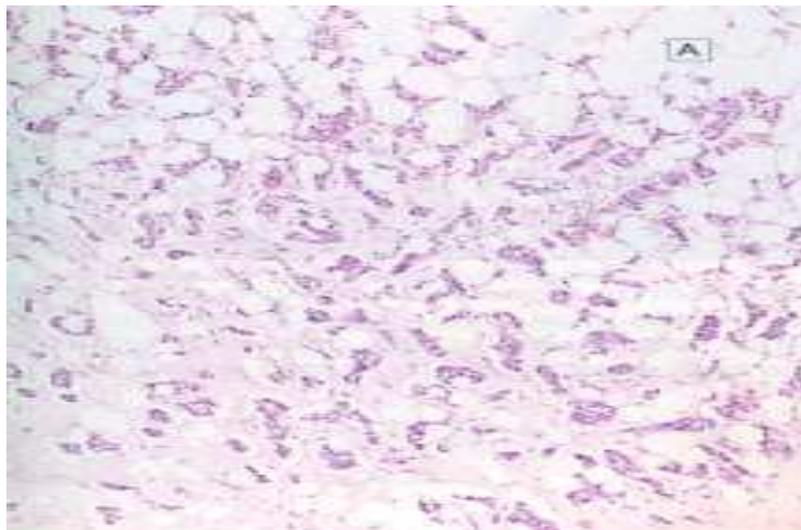
Quase todos os tumores benignos crescem como massas expansivas e compactas que permanecem localizadas em seu local de origem. Não possuem capacidade de se infiltrar, invadir ou metastizar para locais diferentes, como fazem os cânceres. Já que crescem e se expandem lentamente, em geral formam um orla de tecido conjuntivo comprimido, às vezes denominada de *cápsula fibrosa*, que os separa dos tecido hospedeiro, como mostra a figura 8. Essa cápsula deriva em grande parte do estroma de tecido nativo, à medida que as células parenquimais sofrem atrofia sob a pressão do tumor em expansão. Esse encapsulamento tende a conter a neoplásia benigna como uma massa isolada, prontamente palpável e facilmente móvel que pode ser enucleada cirurgicamente ([ROB1994]).

Figura 8 –Tumor benigno bem diferenciado.



Os cânceres crescem por infiltração progressiva, invasão e destruição do tecido circundante. Em geral, são pouco demarcados do tecido circundante e falta um plano de clivagem bem definido como mostra a figura 9. Entretanto, os tumores malignos que se expandem lentamente podem formar uma aparente capsula fibrosa de envolvimento e podem avançar ao longo de uma ampla frente para dentro das estruturas normais adjacentes. O exame histológico dessas massas aparentemente encapsuladas revelará quase sempre minúsculos pés, semelhantes às patas de um caranguejo, que penetram na margem e infiltram nas estruturas adjacentes ([ROB1994]).

Figura 9 –Tumor maligno pouco diferenciado.



A maioria dos cânceres é obviamente invasivo e não reconhecem os limites anatômicos e normais. Com frequência, expandem-se através dos linfáticos, dos vasos sanguíneos e dos espaços perineurais. Essa invasividade torna sua ressecção cirúrgica extremamente difícil e, até mesmo quando o tumor parece ser bem circunscrito, será necessário remover uma considerável margem de tecido aparentemente normal próximo da neoplásia infiltrativa. A essa conduta dá-se a designação de “cirurgia radical”. Depois da formação de metástase, a invasividade constitui a característica mais fidedigna para diferenciar os tumores malignos dos benignos ([ROB1994]).

3.3.4.2 DISSEMINAÇÃO TRANSCELÔMICA

Ocorre através de semeadura de superfícies nos espaços peritoneal, pericárdio e subaracnóide. O carcinoma do ovário, por exemplo, dissemina-se por vias, transperitoneal para a superfície do fígado ou para outras vísceras abdominais.

3.3.4.3 DISSEMINAÇÃO LINFÁTICA

É seguido pelo transporte de células tumorais para os linfonodos regionais e, finalmente, para outras partes do corpo, sendo comum na disseminação inicial dos carcinomas. Assim os carcinomas da mama disseminam-se para os linfonodos axilares ou mamários internos, dependendo da localização (e, portanto, da drenagem linfática) do tumor.

Os linfonodos que constituem os locais de metástase estão, em geral, aumentados. A miúdo, este aumento é resultado do crescimento das células tumorais nos linfonodos, mas em geral alguns casos, resultam basicamente de hiperplasia reativa dos linfonodos em resposta aos antígenos tumorais.

3.3.4.4 DISSEMINAÇÃO HEMATOGÊNICA OU VASCULAR

Típica de todos os sarcomas, mas também constitui a via preferida de certos carcinomas, como aqueles com origem nos rins. Devido a suas paredes mais afetadas que as artérias. Os pulmões e o fígado são locais comum de metástase hematogênica porque recebem

o fluxo sistêmico e venoso, respectivamente. Outros locais importantes de disseminação hematogênica e o cérebro e os ossos.

3.4 DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO

No início o câncer não dá sinais nem apresenta sintomas, não dói, não incomoda, não sangra. Quando ele começar a apresentar algum desses sintomas é que ele já está em um estágio adiantado. Já nas crianças a atenção deve ser dirigida a sangramentos principalmente nas gengivas, vômitos acompanhados de dor de cabeça, alterações de visão, perda de equilíbrio, corçoos ou ínguas, aumento de volume no abdome. Exames preventivos são indispensáveis.

Médicos de diferentes especialidades podem suspeitar de um câncer, mas para se ter certeza é necessário fazer uma biópsia, ou seja a retirada de uma amostra de tecido para um exame chamado *anatomopatológico*. Após a descoberta do câncer, o médico precisa saber em que estágio ou *estádio* se encontra a doença, pois todo câncer antes de começar o tratamento deve ser estádiado ([OLI1997]).

O câncer pode ser tratado basicamente com cirurgia, radioterapia e quimioterapia. Eventualmente outras formas de tratamento podem ser usadas. A cirurgia é um tratamento básico para a maioria dos tumores malignos, lembrando que a cirurgia de câncer é diferente das convencionais. Devido a capacidade dessas células se implantar no organismo. Esta cirurgia pode ser feita antes ou depois de outros tratamentos, como rádio ou quimioterapia.

3.4.1 RADIOTERAPIA

A radioterapia pode ser usada como tratamento exclusivo ou combinada com cirurgia. Ela é mais usada em tumores que não podem ser ressecados totalmente, tem sérios efeitos colaterais principalmente por lesões de tecidos normais adjacentes ao tumor.

3.4.2 QUIMIOTERAPIA

Este tratamento usa medicamentos ou drogas antitumorais. Elas podem ser administrada via oral ou por via venosa, sendo assim distribuída pelo sangue para todo o corpo. Os efeitos colaterais são vários, principalmente o ataque a células normais.

3.4.3 TRATAMENTOS ALTERNATIVOS

Eles tem sido administrados com vacinas, barbatana de tubarão, florais, ervas chás, dietas, métodos energéticos e até homeopatia. Não existindo nenhuma prova científica de que qualquer desses métodos cure ou melhore o câncer.

3.5 ESTÁTISTICAS

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a cada ano o câncer atinge pelo menos 9 milhões de pessoas e mata cerca de 5 milhões. Sendo atualmente a segunda causa de morte na maioria dos países, subseqüentemente às doenças cardiovasculares, quando não se consideram os óbitos por causas externas ([HCA2000])

Nos Estados Unidos, bem mais de 1 milhão de pessoas são informadas a cada ano pela primeira vez que possuem algum tipo de câncer. Segundo estimativas da Sociedade Americana de Cancerologia, o Câncer causou cerca de 500.000 mortes em 1989. Sendo responsável por aproximadamente 22% de todas as mortes, sendo inferior apenas a doenças cardiovasculares ([ROB1994]). Ver dados estatístico em Anexo 5 ([MON1999]).

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As neoplasias, representam um distúrbio patológico do crescimento, caracterizado por uma proliferação excessiva e incessante das células. Há uma variedade incontável delas, originando-se, basicamente, de todos os tipos de células humanas.

O câncer está ligado à formação e ao crescimento dos organismos multicelulares, que dependem de uma rede complexa de fenômenos de multiplicação e diferenciação celular. As células desses organismos, durante toda a vida, estão sujeitas a diferentes sistemas de controle, exercidos por proteínas sintetizadas a partir de informações genéticas (contidas no DNA). Tais proteínas atuam em harmonia para permitir a cada célula um desenvolvimento normal.

No entanto, quando esse controle falha, seja por transtornos ou lesões externas, como o cigarro por exemplo, elas começam a se multiplicar sem controle. Dando início a pequenos nódulos. Em seguida, algumas invadem tecidos vizinhos e vasos sanguíneos ou linfáticos, sendo levadas para diferentes partes do organismo. Quando isso acontece a cura clínica é quase impossível.

4 FRACTAIS, BIOLOGIA E CÂNCER

Neste capítulo será mostrado como os fractais podem ser utilizados na biologia. Através dos padrões de crescimentos de células, plantas ou da oscilação dos batimentos cardíacos, todos associados a geometria dos fractais.

4.1 FRACTAIS E BIOLOGIA

A formação de estruturas biológicas é um processo dinâmico, não linear e assintoticamente restrito, já que animais e plantas não podem crescer indefinidamente, impondo assim limites no processo de morfogênese. Em resposta a tais vínculos e às exigências de eficiência funcional, muitas estruturas biológicas, como célula ou organelas celulares, possuem formas irregulares e padrões morfogenéticos descontínuos. Essas características de fragmentação, irregularidade e descontinuidade, presentes na maioria das estruturas biológicas e correlacionadas com sua diversidade funcional, representam uma dificuldade insuperável ao entendimento dessas formas com base em modelos da geometria euclidiana, cujos objetos fundamentais são regulares, suaves e contínuos ([SAN2000]).

Em seu livro “*The Fractal Geometry of Nature*” Benoit Mandelbrot, mostrou a construção matemática de uma geometria que permitia dimensões fracionárias. Mostrando-se muito útil na caracterização de fenômenos, de estruturas e de processos naturais, principalmente na biologia. Devido as estruturas complexas os seres vivos, partindo de um organismo inteiro até uma célula, seria difícil representa-lo pela geometria tradicional, por ter processos freqüentemente não lineares. O desempenho e a variação dos sistemas vivos, normalmente seguem regras estritas, com alguma variação aleatória, o que dá a cada indivíduo suas características da espécie e seus traços individuais.

Para o biólogo de população ou ecologistas que estudam o crescimento ou declínio da população de espécies diferentes de pássaros ou peixes ou animais, um problema importante é a construção de modelos matemáticos bons que lhe permita prever a população com

precisão em geração futura ou anos. A população ficará extinta? Haverá uma explosão de população? A população flutuará ciclicamente ou se comportará de forma totalmente imprevisível ?

Para responder estes questionamento, os ecologistas recorrem a muitos modelos matemáticos que são projetados tentando prever o crescimento de população ou declínio.

Um dos sistemas dinâmicos mais simples é o Diagrama das Bifurcações, um modelo que pode ser usado para descrever o comportamento da população de uma única espécie viva, pode ser reproduzido, pode ser morto em um ambiente controlado como um laboratório sem qualquer influências externas inesperadas. Esta espécie pode ser uma colônia de besouro, ou formigas ou de rãs ([DEV1990]).

Segundo May ([MAY1992]), dado o grande número de fatores biológicos e ambientais que podem influenciar a dinâmica e a das populações naturais, é razoável esperar que os exemplos mais inequívocos de caótica serão encontrados em um nível suborgânico, isto é, em processos fisiológicos ou neuro-biológicos.

4.2 FRACTAIS NA MEDICINA

No campo da biologia, a geometria fractal pode ser utilizada na descrição e no entendimento dos organismos biológicos, incluindo seu desenvolvimento e crescimento, sua arquitetura e suas propriedades funcionais. Os instrumentos da geometria fractal podem ser estendidos a situações em que ocorram alterações associadas a doenças e, portanto, contribuir para o entendimento de processos patológicos na medicina [SAN2000]

Segundo May ([MAY1992]), os professores Leon Glass e Michael Mackey da Universidade McGill do Canadá, foram um dos pioneiros a explorar a possibilidade de que muitos problemas médicos poderiam ser classificados como doenças dinâmicas, isto é, doenças produzidas por mudanças em variáveis fisiológicas que levam processos rítmicos a exibir flutuações erráticas ou caóticas, como por exemplo as doenças pulmonares e celulares.

Um fenômeno muito importante na biologia, é o crescimento de células neoplásicas malignas. Entretanto, apesar da externa diversidade e complexidade das muitas observações e teorias relacionadas ao crescimento das células tumorais, ainda há muitas lacunas na descrição

desses mecanismos. Isto é especialmente verdadeiro em relação a geometria do tumor, que, apesar de ter sido pouco analisada, pode fornecer informações importantes para se entender os mecanismos de invasão das células neoplásicas [SAN2000].

Conforme [SAN2000], princípios da arquitetura fractal são observados em grande número de estruturas biológicas relacionadas com várias funções, como a estrutura da árvore brônquica, as arborizações dentríticas de neurônios, as ramificações dos neurônios, a vascularização do coração, a formação de vasos sanguíneos da retina, a distribuição dos vasos arteriais dos rins, o desenvolvimento dendrítico em cultura de células, a superfície cerebral no homem, a transformação das fibrilas de colágeno na córnea, a agregação de proteínas do cristalino do olho, a natureza fractal do citoplasma, a adsorção de ferritina pelas células, o padrão de lise do coágulo sanguíneo.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento de uma árvore, a mutação de uma célula até ela se tornar uma doença, o crescimento de uma população, parecem temas totalmente desconexos mas com alguma coisa em comum, o ritmo de crescimento não linear. É através desta não linearidade que esses temas se encontram e a geometria fractal pode ser aplicada.

5 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Neste capítulo, será descrito a especificação, detalhes da implementação e linguagem utilizadas, e será explicado a funcionalidade do protótipo.

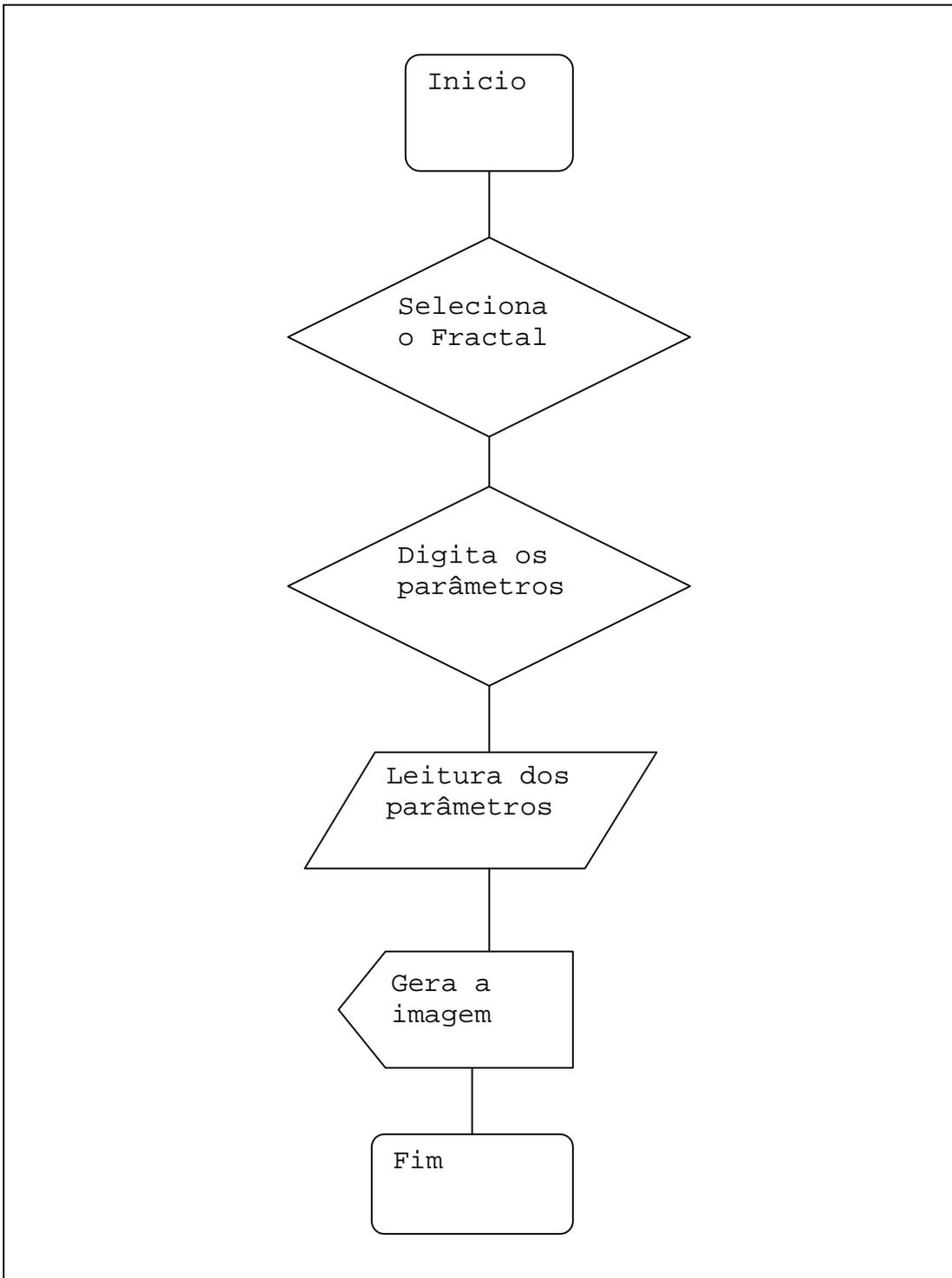
O protótipo gera imagens dos fractais conhecidos por Diagrama das Bifurcações e o Tapete de Sierpinski, que são utilizados para a simulação do crescimento do câncer e para a demonstração da dimensão fractal, respectivamente.

5.1 ESPECIFICAÇÃO

Segundo [MEL1990], para o desenvolvimento de sistemas de informação, a prototipação representa uma boa solução para a maioria dos problemas.

A metodologia de prototipação de sistemas utilizada neste protótipo é a *prototipação evolutiva*. Conforme [MEL1990], na prototipação evolutiva, o produto final será o próprio sistema, na sua forma mais aperfeiçoada. A prototipação evolutiva é usada na identificação gradual do problema e na construção de modelos concretos, adaptados e corrigidos a medida que o usuário e o analista vão conhecendo a realidade e a solução do problema.

O protótipo desenvolvido encontra-se assim definido dentro do fluxograma geral do protótipo, como mostra a figura 10 e está organizado segundo o diagrama funcional hierárquico visto na figura 11.

Figura 10 Fluxograma geral do protótipo.

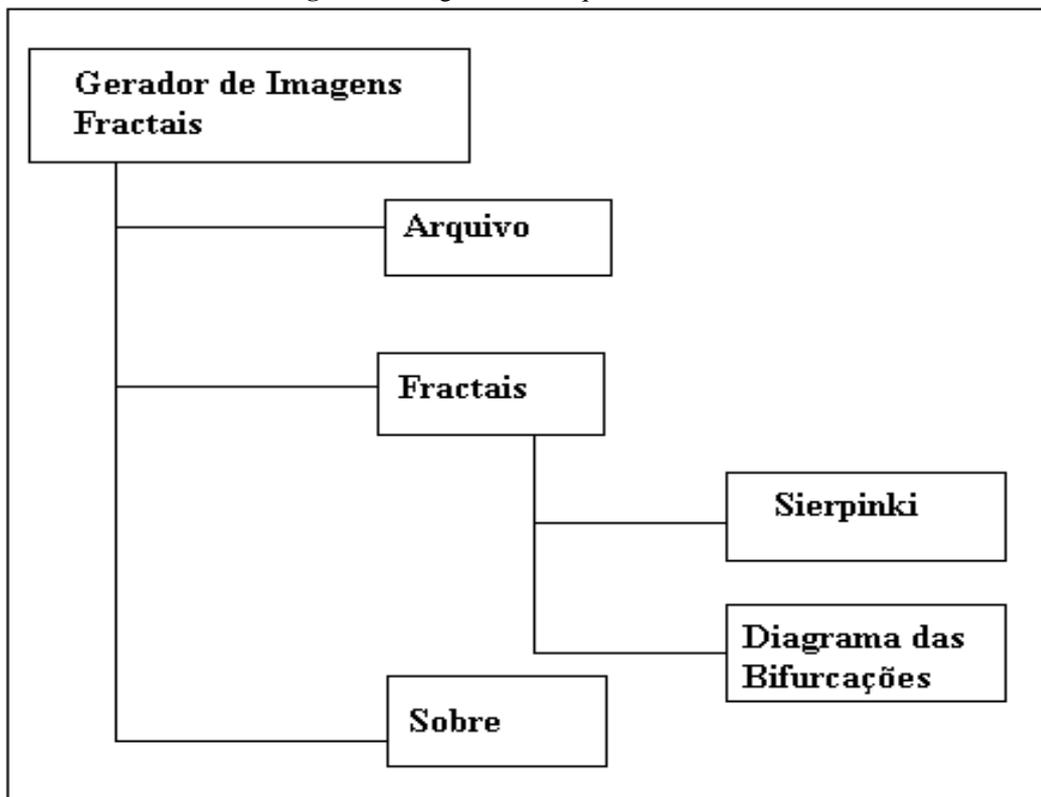
5.2 IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Este protótipo teve sua implementação no ambiente *Delphi 5.0* por disponibilizar os recursos gráficos necessários para este trabalho.

A propriedade *TCanvas* do *Delphi*, é uma classe que contém funções para desenhar figuras em uma área de desenho dos formulários e de outros componentes gráficos como o *TImage*, onde foram desenhadas as imagens neste protótipo.

Conforme [CAN1997], um recurso muito importante da propriedade *TCanvas* é que ela consiste em métodos que tornam o uso de imagens gráficas relativamente simples no *Delphi*, visto que, toda a sobrecarga é feita na implementação. O protótipo desenvolvido encontra-se assim definido dentro do diagrama hierárquico funcional, conforme mostra a figura 11.

Figura 11 Diagrama hierárquico Funcional.



O fractal Tapete de Sierpinski é obtido recursivamente a partir de quadrado compacto, onde divide-se o quadrado original em nove e retira-se quatro quadrados.

Nos cinco quadrados restantes deve se repetir esse procedimento (dividir cada quadrado em nove e retira-se quatro) infinitas vezes.

conforme mostra o código fonte abaixo:

```
for cont := 0 to interacoes do
  begin
    for cont2 := 0 to lista[cont].count do
      begin
        LQ := lista[cont].items[cont2];
        for cont3 := 1 to 5 do
          begin
            q1 := lq.lista[cont3];
            lista[cont+1].Add(DesenhaQuadrado(q1));
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
```

O fractal denominado de Diagrama das Bifurcações é gerado a partir da fórmula, onde é informado um valor inicial, um valor e intervalo em que o processo vai ser incrementado.

Através de um processo iterativo o valor inicial é incrementado com o valor informado no intervalo até atingir o valor final como mostra o código fonte abaixo:

```
c := ValorInicial;
while c < ValorFinal do
  begin
    x := 0;
    m := 160 * (c+2);
    for i := 0 to 200 do
      begin
        x := x * x + c;
        if i < 50 then
        else
          begin
            n:= 75 *(2-x);
            pinta na posição(N,N);
          end
        end;
      c := c + Intervalo;
    end;
```

5.3 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

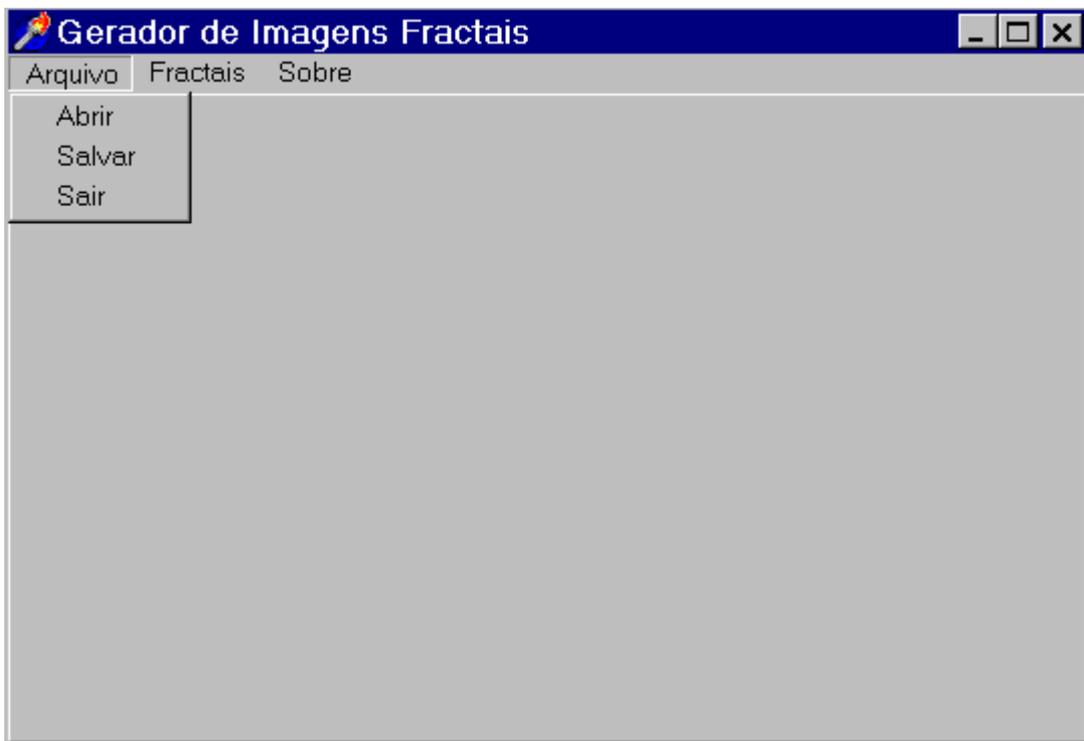
A janela principal do sistema possui um menu Principal. Que contém os itens de menu Arquivo, Fractais e Sobre o qual encontra-se na parte superior da janela principal do sistema, como pode ser visto na figura 11.

O protótipo possui em sua janela principal no item de menu Arquivo as opções básicas de tratamento de arquivos tais como Abrir, Salvar e Sair , conforme mostra a figura 12.

Figura 12 Tela Principal



Figura 13 Opção Arquivo



No item de menu Fractais, escolhe o fractal desejado, Sierpinski ou Diagrama das bifurcações, passando-se os parâmetros necessários, conforme as figuras 13 e 14.

Na opção Sierpinski é solicitado o número de iterações. Já na opção Diagrama das Bifurcação são solicitados 3 parâmetros sendo eles o valor inicial, o valor final e o intervalo, Na figura 15 temos a execução do tapete de Sierpinski e na figura 16 o Diagrama das Bifurcações .

Figura 14 Tela de parâmetro do Tapete de Sierpinski



Figura 15 Tela de parâmetro do Diagrama das Bifurcações

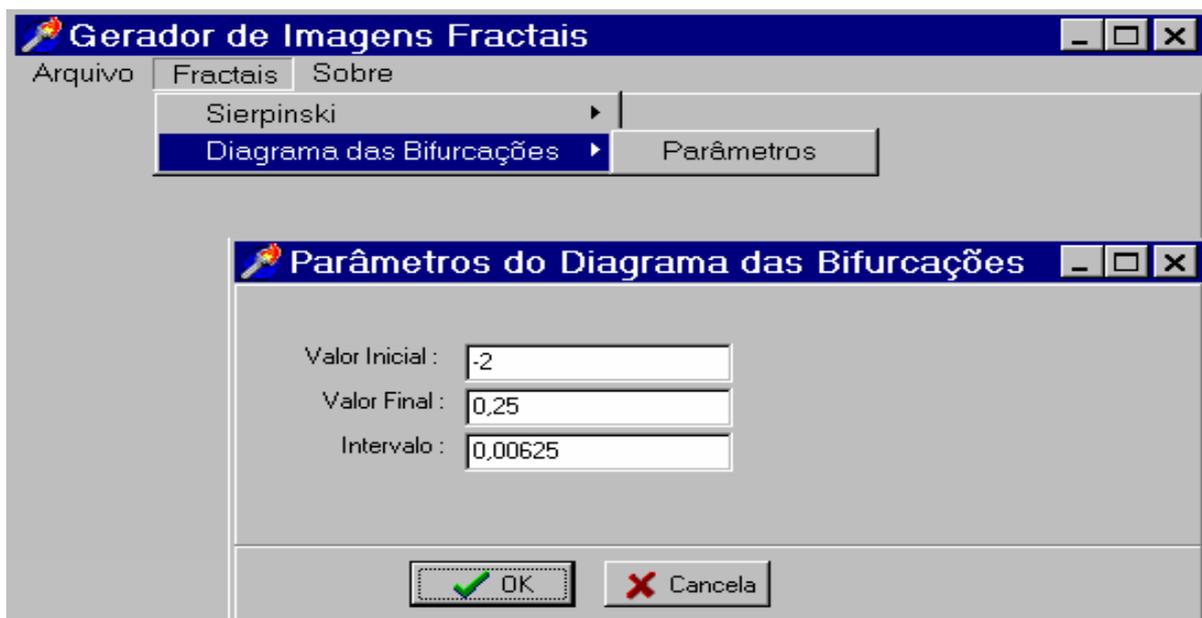
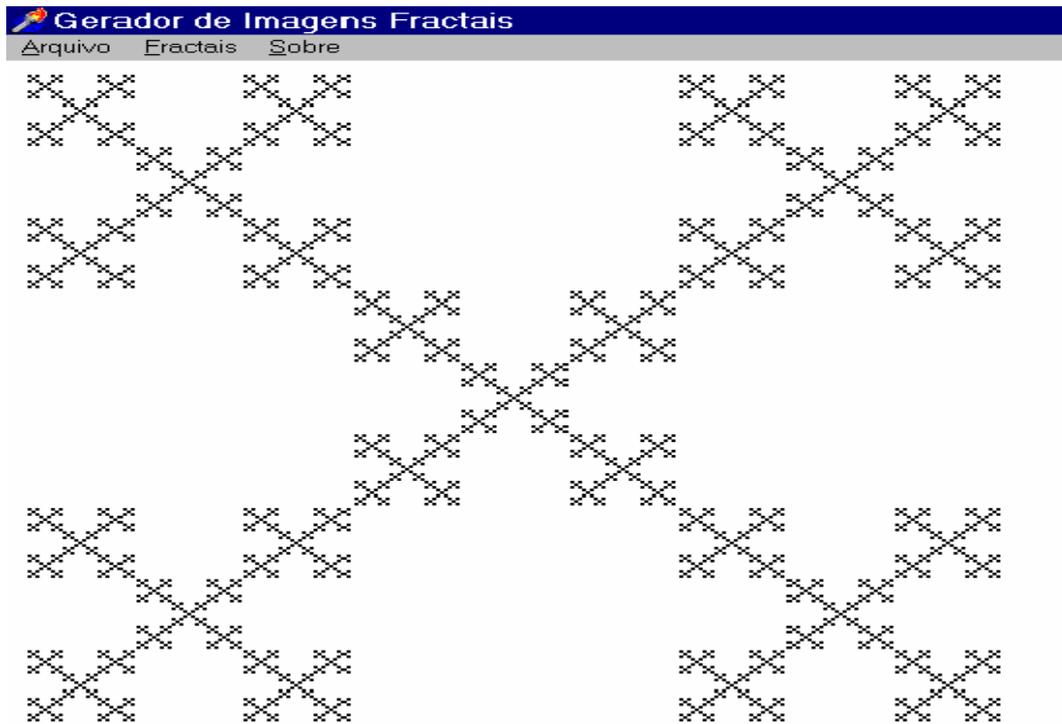
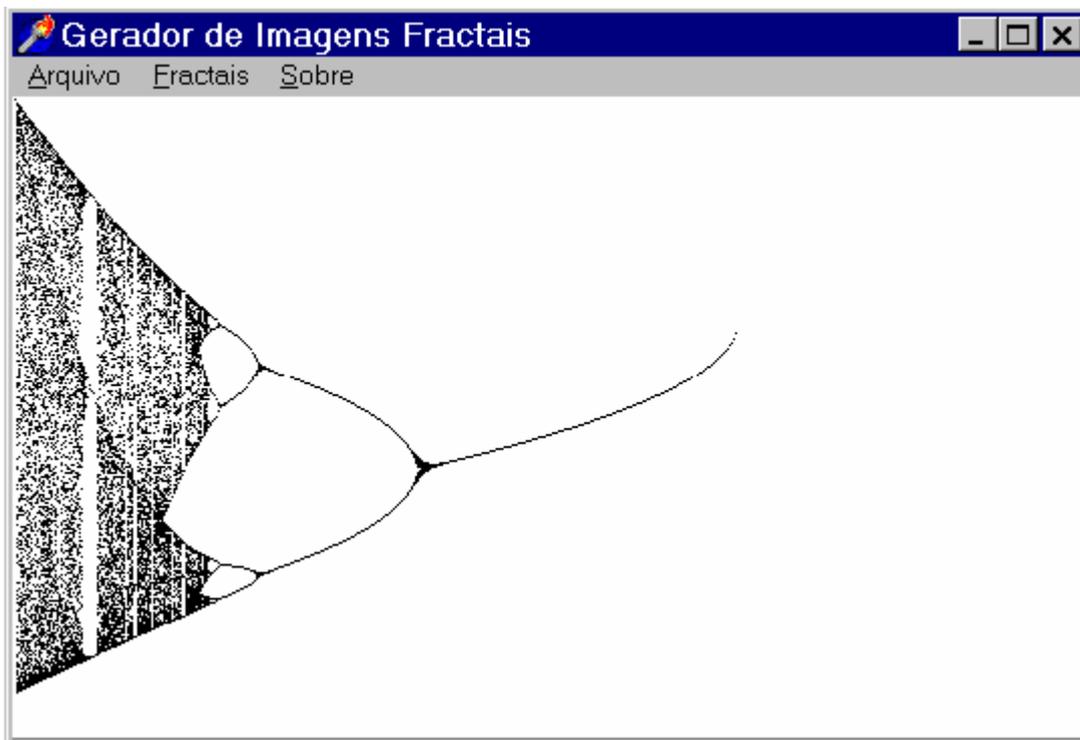
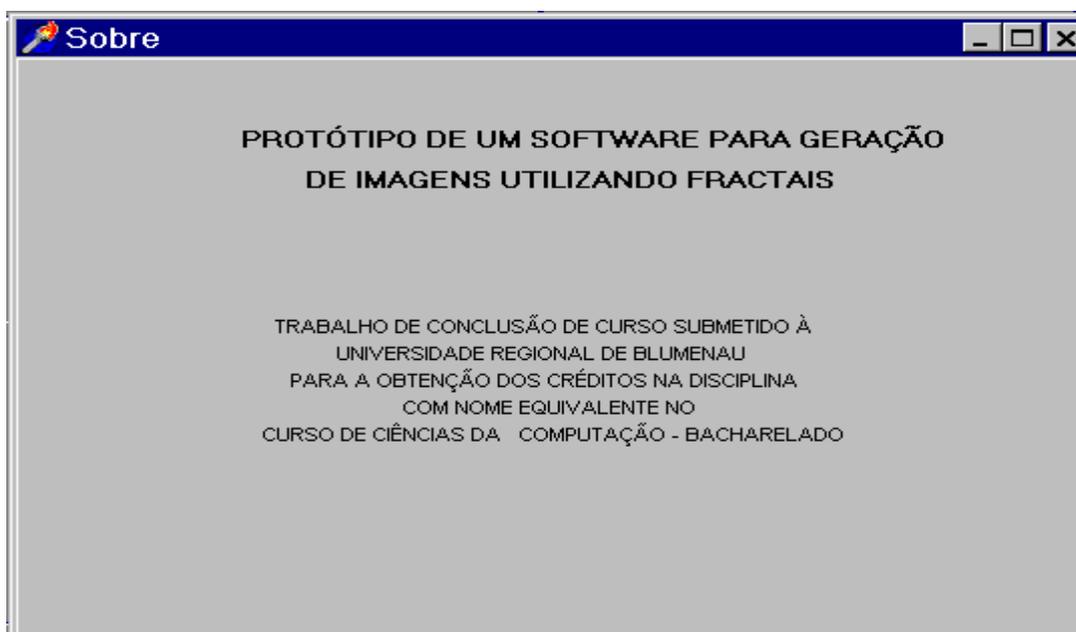


Figura 16 Execução do Tapete de Sierpinski**Figura 17** Execução do Diagrama das Bifurcações

A opção Sobre figura 17 não possui funcionalidade. Apresenta apenas uma tela com informações gerais como detalhes do curso e título do trabalho feito.

Figura 18 Tela Sobre



6 CONCLUSÕES E EXTENSÕES

Neste capítulo serão apresentados as limitação em relação ao desenvolvimento do trabalho, as conclusões do estudo e a implementação. Em seguida serão mencionadas as extensões para novos trabalhos e melhoramentos do protótipo implementado.

6.1 CONCLUSÕES

Observou-se que o entendimento do comportamento de crescimento do câncer pode ser de grande utilidade para médico e pesquisadores da área de saúde, pois sabendo-se como uma doença cresce e qual é o seu padrão de crescimento, pode-se supor em que estágio a doença se encontra, e até que nível pode atingir.

Viu-se também que a geometria dos fractais pode ser aplicada em diversas áreas de pesquisas, e que a compreensão de suas formas pode auxiliar na solução de problemas considerados caóticos.

Concluiu-se através das pesquisas realizadas que o padrão de crescimento das células neoplásicas pode ser associada a geometria dos fractais, e observou-se também que ela pode ser aplicada a outras áreas de pesquisas, sejam elas médicas ou não, que graças a Computação Gráfica fica mais fácil a sua aplicação e visualização.

6.2 EXTENSÕES PARA NOVOS TRABALHOS

Como sugestão para novos trabalhos pode-se, implementar um Sistema Especialista para estudo das dimensões fractais obtidas através das imagens digitalizadas.

O desenvolvimento de um protótipo para o cálculo da dimensão fractal de imagens digitalizadas dos tumores.

A implementação de um novo fractal para a visualização do crescimento do câncer, conhecido por *Diffusion Limited Aggregation* (DLA).

Aprofundar as pesquisas em relação a outras doenças, como por exemplo: doenças pulmonares ou doenças cardíacas e a sua relação com a geometria Fractal ([WES1990]), .

ANEXO 1- CONJUNTO DE MANDELBROT

Neste anexo será mostrado o conjunto de Mandelbrot em diferentes níveis de zoom.

Figura 19 - Primeira ampliação da área indicada com um retângulo na figura 1.

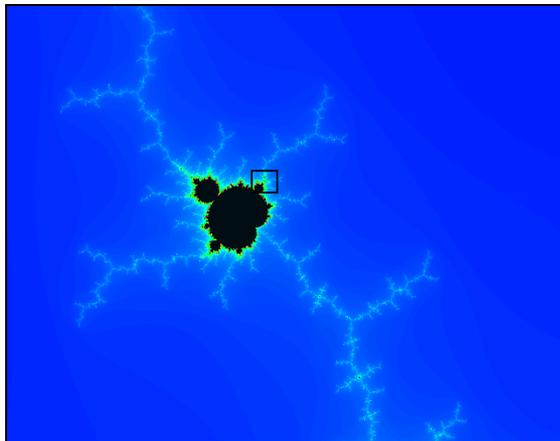


Figura 20 - Segunda ampliação da área indicada por um retângulo na figura 17

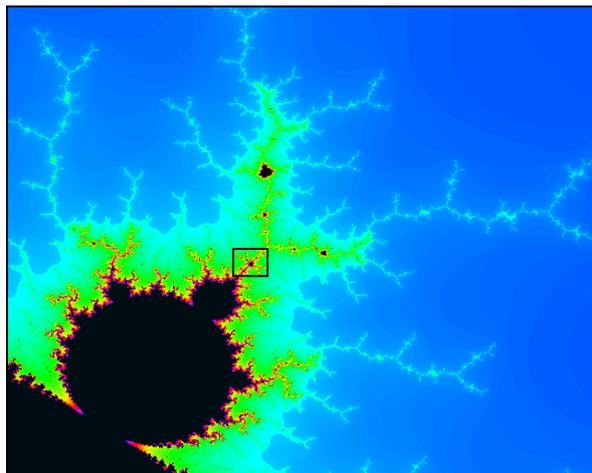
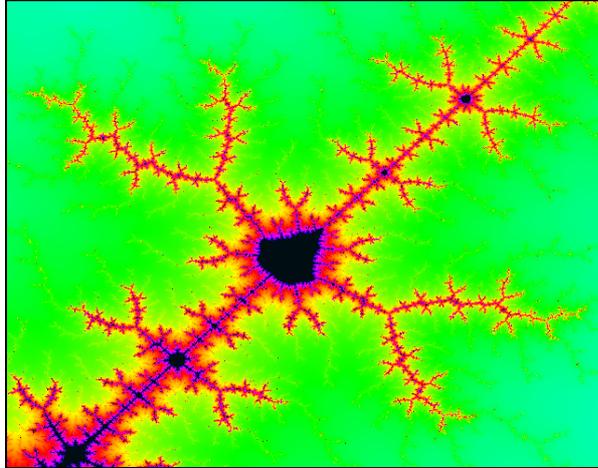


Figura 21 - Terceira ampliação da área indicada por um retângulo na figura 18.



ANEXO 2 CONJUNTO DA CURVA DE KOCH

Neste anexo será mostrado a construção da curva de Koch em com 4 iterações.

Figura 22 - Iteração zero da construção da curva de Von Koch (Floco de Neve).

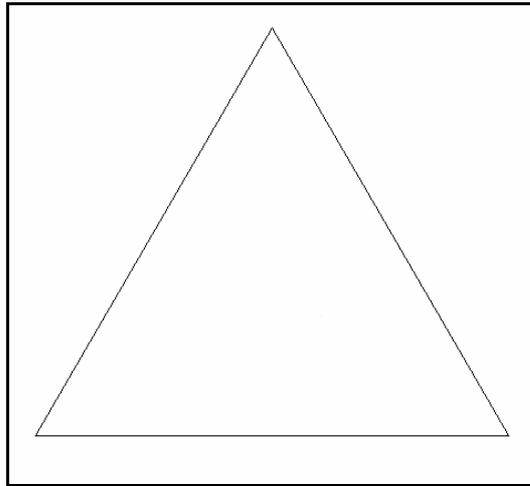


Figura 23 - Primeira iteração da construção da curva de Von Koch.

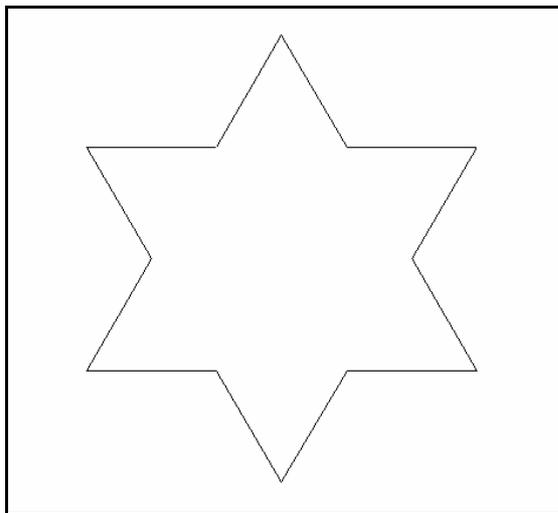


Figura 24 - Segunda iteração da construção da curva de Koch.

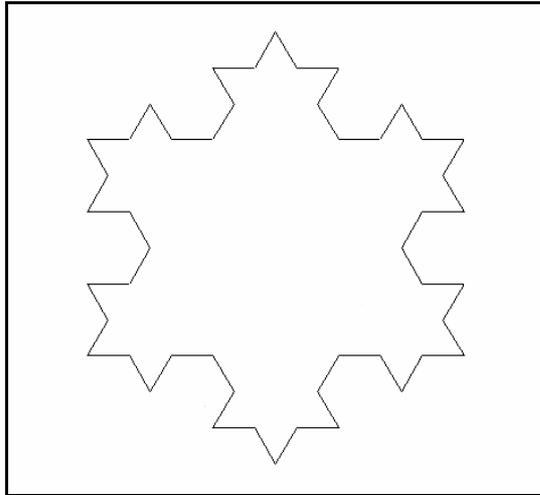
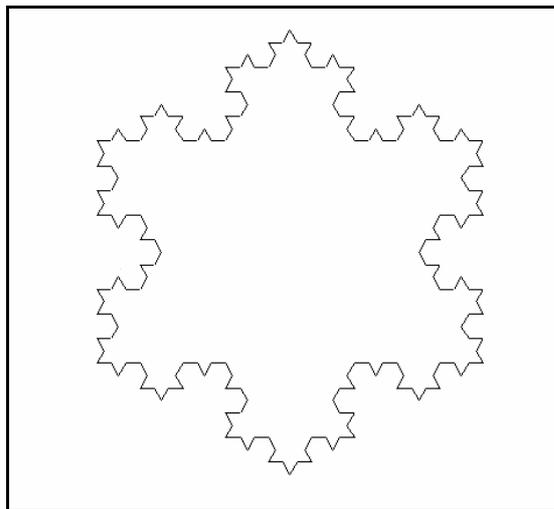


Figura 25 - Terceira iteração da construção da curva de Koch.



ANEXO 3 CURVA QUADRÁTICA DE VON KOCH

Neste anexo outro exemplo de Von Koch, neste a curva quadrática em 4 iterações.

Figura 26 - Iteração zero da construção da Curva Quadrática de Von Koch.

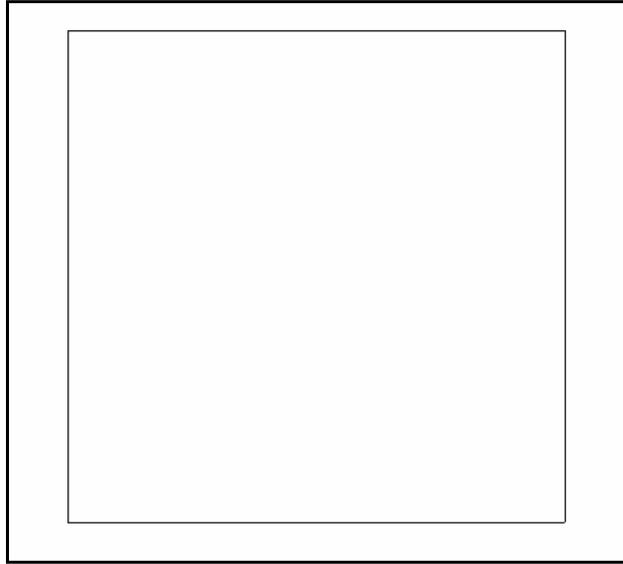


Figura 27 - Segunda iteração da construção da Curva Quadrática de Von Koch.

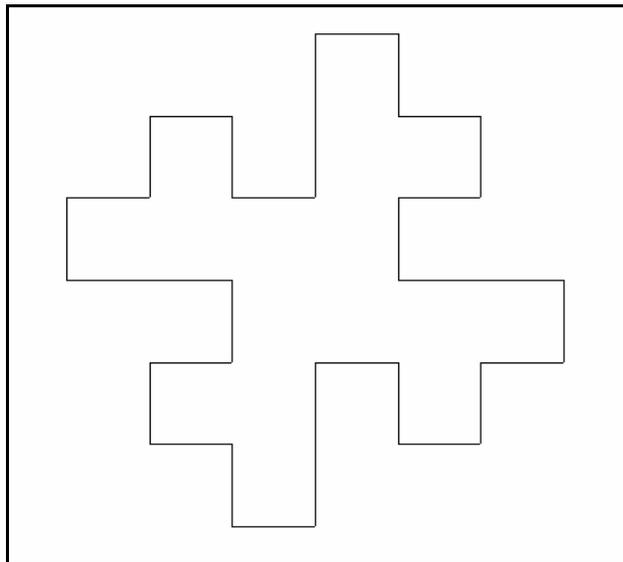


Figura 28 - Terceira iteração da construção da Curva Quadrática de Von Koch.

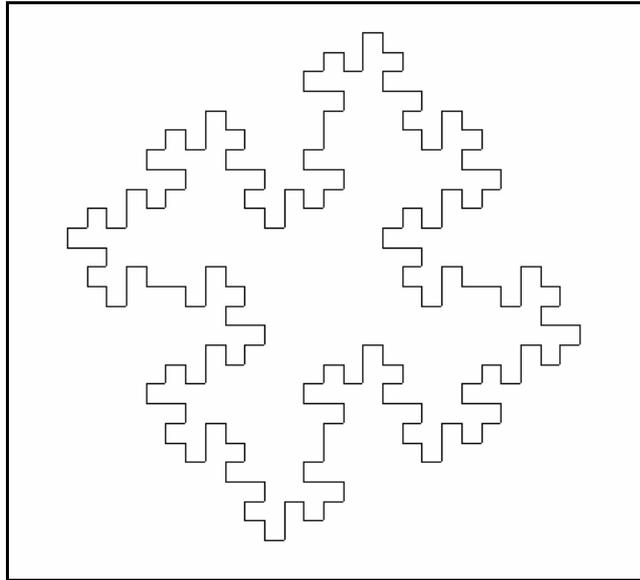
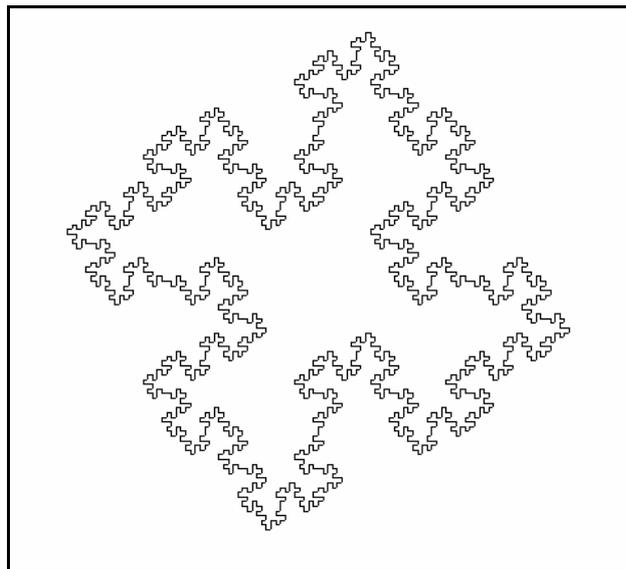


Figura 29 - Quarta iteração da construção da Curva Quadrática de Von Koch



ANEXO 4 TRIANGULO DE SIERPINSKI

O anexo 4 mostra o Triângulo de Sierpinski em 8 níveis de iterações.

Figura 30 - Iteração zero da construção do Triângulo de Sierpinski.

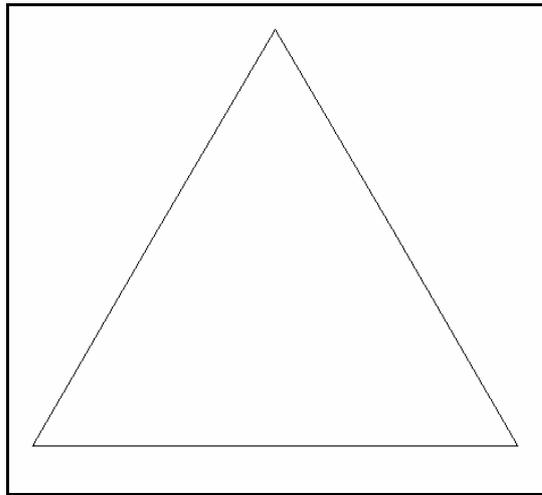


Figura 31 - Primeira iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.

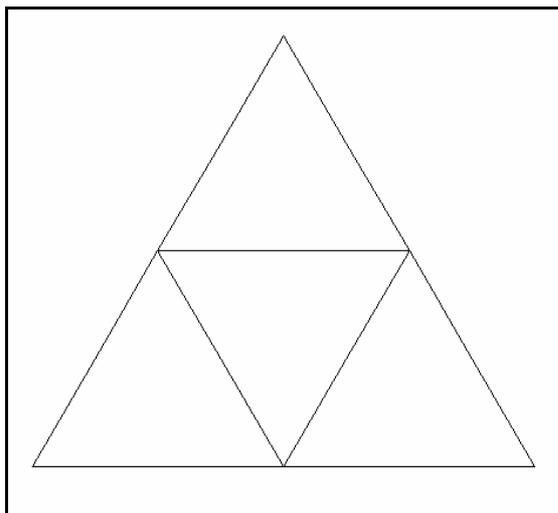


Figura 32 - Segunda iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.

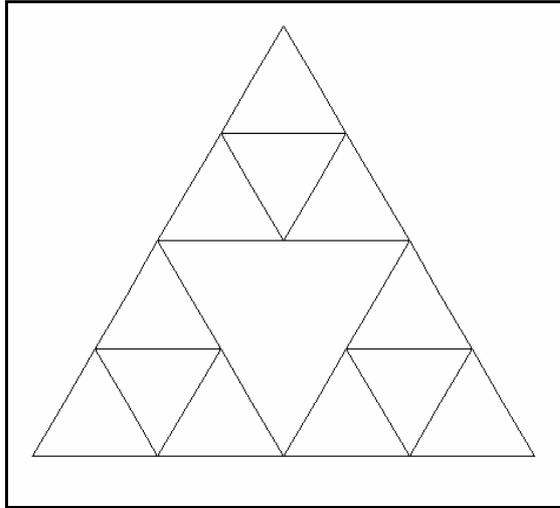


Figura 33 - Terceira iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.

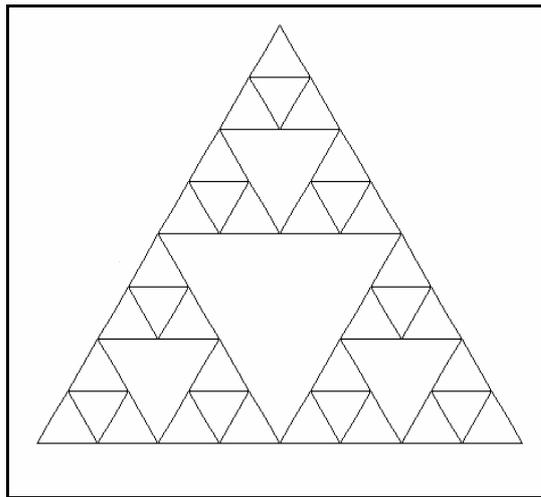


Figura 34 - Quarta iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.

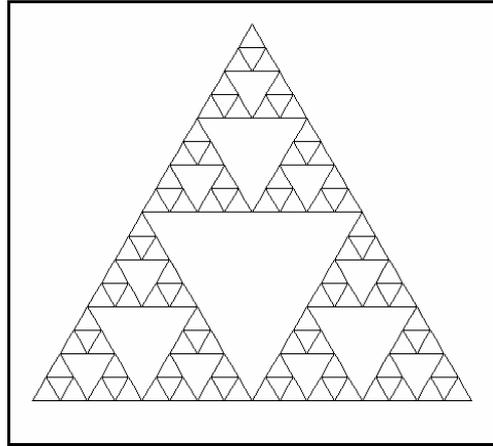


Figura 35 - Quinta iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.

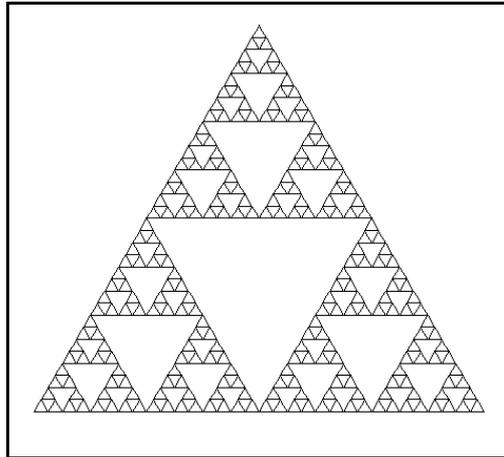
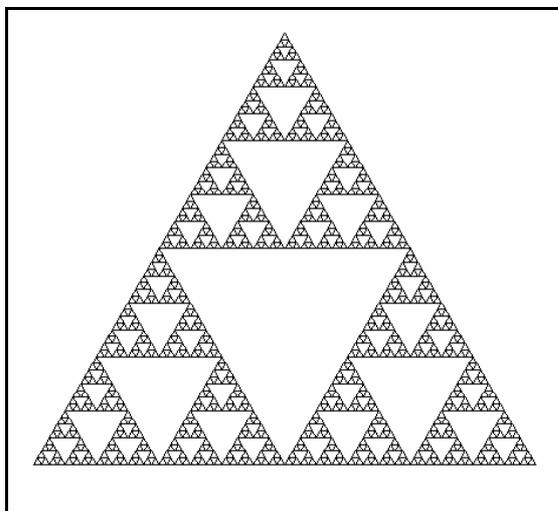


Figura 36 - Sexta iteração da construção do Triângulo de Sierpinski.



ANEXO 5- MORTALIDADE POR CÂNCER

Neste anexo serão mostrados as regiões brasileiras com maior incidência de câncer bem como sua um comparativo entre os sexos.

Tabela 4 Total e porcentagem de óbitos por câncer no Brasil

Região	Masculino	Feminino	Total
Norte	1.248 – 5.8%	1.124 – 8.2%	173.158 – 6.7%
Nordeste	5.519 – 4.9%	5.685 – 6.9%	11.223 – 5.8%
Sudeste	26.310 – 10.8%	22.524 – 13.6%	48.848 – 11.9%
Sul	11.129 – 14.8%	8.217 – 15.7%	19.348 – 15.2%
Centro-Oeste	2.162 – 8.6%	1.851 – 11.9%	4.019 – 9.9%
Brasil	45.223 – 9.5%	38.314 – 11.7%	83.537 – 10.3%

Tabela 5 Variação das taxas de mortalidade por Neoplasias malignas, sexo feminino.

	Belém	Recife	São Paulo	Porto Alegre
Estômago	7	3,3	8,4	6,1
Esôfago	,6	1,4	0,9	2,1
Cólon e reto	3,5	2,8	4,8	4,1
Pâncreas	1,6	3	2,3	4,7
Laringe	1	0,4	0,5	0,8
Pulmão	4,3	4,2	,4,1	7,5
Mama	6,9	11,6	12,5	19,8
Cólo de útero	13,1	10,2	13,5	6,9
Leucemias	2,1	3,4	2,1	3

Tabela 6 Variação das taxas de mortalidade por Neoplasias malignas, sexo masculino.

	Belém	Recife	São Paulo	Porto Alegre
Estômago	1,27	7	11	11,8
Esôfago	3,7	3,1	5	7,3
Cólon e reto	1,9	2,9	4,6	3,9
Pâncreas	2,5	4,5	2,5	5,6
Laringe	1,8	3,2	3,8	4,8
Pulmão	10,5	9,4	14	31,7
Próstata	6,3	6	6	11,6
Leucemias	1,4	4,1	3	5,6

GLOSSÁRIO

Neste glossário encontram-se alguns termos médicos que foram utilizados no texto do capítulo 3 , onde se trata do câncer. Mais informações podem ser vistas no Hospital do Câncer - AC Camargo ([HCA2000]).

Anaplasia: Processo de diferenciação incompleto onde a célula resultante apresenta características semelhantes às células embrionárias. Perda da especificidade absoluta.

Carcinoma: Tumor maligno formado de células epiteliais que infiltram as estruturas vizinhas podendo ocasionar metástases.

Citometria de Fluxo : Método laboratorial utilizado para definir o tamanho, morfologia e outras características de uma população de células. Muito utilizado na classificação das leucemias.

Diferenciação: Processo através do qual a célula ou tecido adquire suas características individuais e especificidade absoluta.

Genoma : O conjunto completo de fatores hereditários, como os contidos nos cromossomos.

Hiperplasia : Aumento do tecido devido ao aumento do número de células.

Leucemia : Doença maligna devida à proliferação desordenada de leucócitos e seus precursores no sangue e medula óssea. Há vários tipos de leucemia de acordo com o tipo predominante das células e seu grau de diferenciação.

Metástase : A presença de câncer em outros tecidos ou órgãos à distância do tumor primário. A metástase é uma característica de todos os cânceres. Se dá através do sistema circulatório (sanguíneo e linfático). Na cavidade do abdômen e tórax acontece através da implantação das células tumorais.

Mutação : Alterações que podem ocorrer nas moléculas de DNA que determinam a mudança de uma determinada base nitrogenada. Caso esta alteração de base ocorra dentro da seqüência que carrega a informação genética (gene), esta mutação poderá determinar uma mudança de aminoácido na proteína codificada. Esta mudança de aminoácido na proteína poderá determinar alterações funcionais na proteína (maior ou menor atividade metabólica ou mesmo a perda da função).

Neoplasia : Qualquer crescimento anormal no corpo humano. Conforme suas características clínicas e microscópicas, as neoplasias são divididas em dois (2) grupos: neoplasias (tumores) malignas e neoplasias benignas. Somente a neoplasia/tumor maligno é chamado de câncer.

Ressecção : É a remoção, total ou parcial, de um órgão ou parte de um corpo. É uma operação um pouco maior que uma exérese.

Tumor : Tumor = Neoplasia. Ver "Neoplasia" ...

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [AND1982] ANDERSON, W.A.D, Kissane, John M.M.D. **Patologia**. Editora Guanabara Koogan S.A. 7ª edição Rio de Janeiro 1982.
- [BIR1994] BIRCHAL, Marco Aurélio de Souza. **Caos, fractais e o método computacional**. Revista Micro Sistemas. ano XIII, nº 142, Setembro, 1994.
- [BOT2000] FRACTAIS E ECOLOGIA. *Fractais e ecologia*. Endereço eletrônico : http://srv3-bot.bot.zaz.com.br/fractalfood/fractais_ecologia.htm, 2000
- [BRA1998] BRAGA, José Luiz, Marcelo José Vilela, Marcelo Lobato Martins. Câncer, Biologia, Fractais e Inteligência Artificial. **Revista Ciência Hoje** V.24 n.º 141, p 17 – 25, Agosto 1998.
- [COL2000] INTRODUÇÃO AOS FRACTAIS. *Introdução aos Fractais*. Endereço eletrônico <http://www.coltec.ufm.br/ensino/fisica/pessoal/wsl/introd01.html>, 2000
- [CRI1991] CRILLY, A. J. *et al* . **Fractals and chaos**. New York : Springer-Verlag, 1991.
- [DEV1990] DEVANEY, Robert L. **Chaos, fractals, and dynamics**. New York : Addison-Wesley, 1990.
- [DEV1992] DEVANEY, Robert L. **A first course in chaotic dynamical system**. New York : Addison-Wesley, 1992.
- [GOL1990] Goldeberg, Ary L, David R. Rigney, Bruce J. West, Chaos and fractals in human physiology, **Scientific American** p 34-41, fev-1990
- [HCA2000] HOSPITAL DO CÂNCER *Centro de tratamento e pesquisa – AC. Camargo*. Endereço eletrônico <http://www.hcanc.org.br/glos.html>, 2000

- [MAY1992] MAY, Robert M. O Frágil equilíbrio da vida. **Revista Ciência hoje** v.14, n.º 80, p.20-25, mar/abr 1992
- [MEL1990] MELENDEZ FILHO, Rubem. **Prototipação de sistemas de informações: fundamentos, técnicas e metodologias**. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1990.
- [MON1999] MONTENEGRO, Mario Rubens , Marcello Franco. **Patologia: processos Gerais**. Editora Atheneu 4º edição 1999, São Paulo- SP
- [MOR1992] MOREIRA, Ildeu de Castro. “E vê primeiro, em cores variadas, Do velho Caos a tão confusa face”. **Revista Ciência hoje** v.14, n.º 80, p.12-16, mar/abr 1992
- [OLI1997] OLIVEIRA, Juvemal Antunes de. **Câncer** – mitos e verdades. Editora Contexto 1997, São Paulo- SP.
- [PEA1994] PEAK, David, Michael Frame. **Chaos under control, the art and science of complexity**. United State of America : W. H. Freeman and Company, 1994.
- [PEI1986] PEITGEN, Heinz-Otto e outros. **The beauty of fractals**. New York : Springer-Verlag, 1986.
- [PEI1988] PEITGEN, Heinz-Otto e outros. **The science of fractals images**. New York : Springer-Verlag, 1988.
- [PIR1992] PIRES, Antônio Sergio Teixeira, Bismarck Vaz da Costa. A desordem inevitável. **Revista Ciência hoje** v.14, n.º 80, p.35-39, mar/abr 1992
- [REZ1992] REZENDE, Sérgio M. A dança dos Spins **Revista Ciência hoje** v.14, n.º 80, p.29-32, mar/abr 1992
- [ROB1994] ROBBINS, Sanley L, Marcia Angell, Vinary Kumar, **Patologia básica**. Tradução Aron Gelmam. São Paulo : Editora Universidade de São Paulo, 1994.
- [SAN2000] SANTOS, Anésia Aparecida dos . **Padrões de crescimento de linhagens celulares malignas, humanas, cultivadas em géis de colágeno**. Viçosa,

2000. TCC (Pós graduação em medicina Veterinária para a obtenção do título de “magister Scientiae”), UFV.

[SAN1999] SANTOS, José Carlos. **Protótipo de uma Ferramenta Baseada em Sistemas de Lindenmayer Para Modelagem de estruturas fractais**. Blumenau, 1999. TCC (Bacharelado em Ciências da Computação) Centro de Ciências Exatas e Naturais, FURB.

[STE1996] STEVENS Alan , James Lowe, **Patologia** Tradução Ida Cristina Gubert. São Paulo : Assessoria Editorial, 1996.

[STE1991] STEWART Ian, **Será que Deus joga dados? A nova matemática do caos** Tradução Maria Luiza X. De A. Borges. Rio de Janeiro : Jorge Zahar Editor Ltda., 1991.

[TAM1992] TAMARIT, Francisco *et all.* O infinito em cores. **Revista Ciência hoje** v.14, n.º 80, p.41-46, mar/abr 1992

[WES1990] WEST, Bruce J. **Fractal Physiology and chaos in medicine**. Singapore : World Scientific Publishing, 1990.