



# Computação Natural

## Aula 1

Apresentação da Disciplina  
&  
Conceitos Básicos

Prof. Dr. Eurico L. P. Ruivo

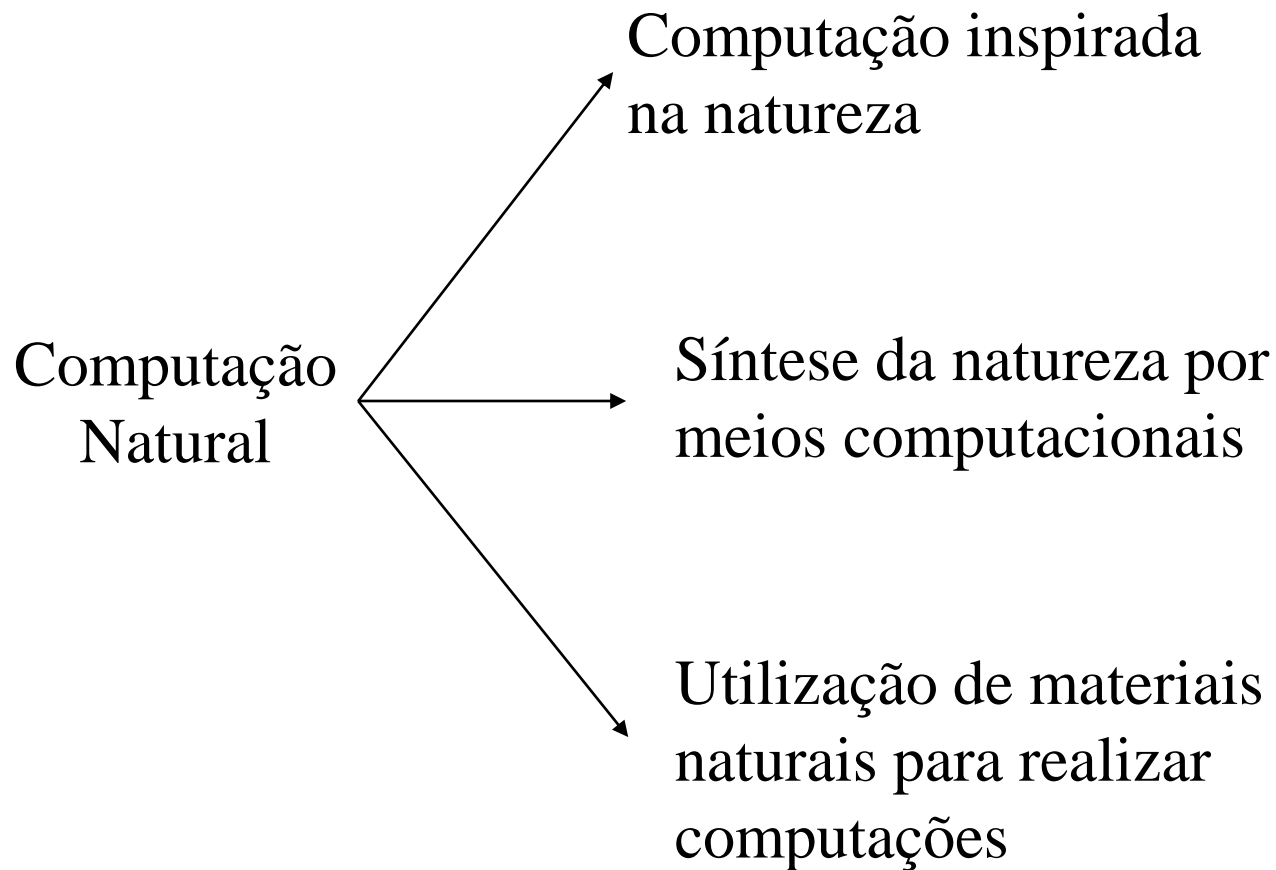
II/2023



# Apresentação da Disciplina



# PLANO DE AULAS



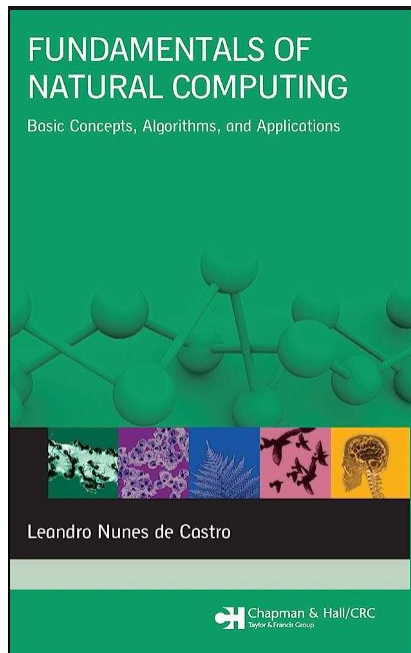


# PLANO DE AULAS

Aula	Conteúdo
1	Apresentação da disciplina/Conceitos básicos
2	Computação Evolutiva/Algoritmos Genéticos
3	Redes Neurais Artificiais
4	Inteligência de Enxame
5	Computação Imunológica
6	Análise paramétrica e avaliação de resultados
7	Fractais/Vida Artificial/Autômatos Celulares
8	Prévia dos projetos e orientações
9	Computação quântica
10	Prova
11	Apresentação dos Seminários/Entrega dos artigos
12	Apresentação dos Seminários



# LIVRO-TEXTO



## ***Fundamentals of Natural Computing: Basic Concepts, Algorithms, and Applications***

Leandro Nunes de Castro

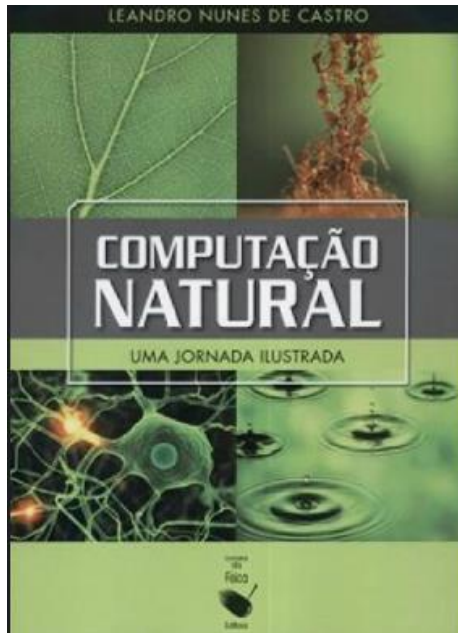
Chapman & Hall/CRC

1ª Edição

(disponível na biblioteca)



# LEITURA COMPLEMENTAR



## *Computação Natural: uma jornada ilustrada*

Leandro Nunes de Castro

Livraria da Física

1ª Edição

(disponível na biblioteca)



# CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO

E: Exercícios;

A: Artigo

A: Seminário

P: Prova

$$\frac{3 \cdot A + 3 \cdot S + 3 \cdot P}{10} + E$$

de 0,0 a 1,0

Conceito	Faixa de notas
A (Excelente)	[9;11]
B (Bom)	[8;9,0[
C (Regular)	[7;8,0[
R (Reprovado)	[0;6,9[



# DINÂMICA DAS AULAS

1ª Parte: apresentação da teoria envolvida e exemplos computacionais

2ª Parte: proposta de exercícios e/ou projetos a serem desenvolvidos e entregues até aula posterior





# Conceitos Básicos

(Cap. 2 do livro-texto)



# MODELOS E METÁFORAS

## Modelos

- Simplificações de fenômenos reais;
- Auxiliam na predição de comportamentos;
- Facilitam a obtenção/recuperação de informações em um experimento;
- Auxiliam na criação, teste e validação de hipóteses referentes ao fenômeno modelado;
- Fornecem informações quantitativas a respeito do sistema modelado;



# MODELOS E METÁFORAS

## **Exemplo: Modelo predador×presa (Lotka-Volterra)**

- Na ausência de predadores, a população de presas aumenta proporcionalmente a seu tamanho atual;
- Na ausência de presas, a população de predadores diminui proporcionalmente a seu tamanho atual;
- A frequência de encontros entre predadores e presas é proporcional ao produto dos tamanhos das populações;
- Há um decréscimo da população de presas proporcional à frequência de encontros (mortalidade por predação)
- Há um aumento da população de predadores proporcional à frequência de encontros (crescimento por predação)



# MODELOS E METÁFORAS

## Exemplo: Modelo predador×presa (Lotka-Volterra)

$t$ : instante do sistema modelado (em alguma unidade)

$x(t)$ : quantidade de presas no instante  $t$

$y(t)$ : quantidade de predadores no instante  $t$

$$\begin{cases} x'(t) = \alpha x(t) - \gamma x(t)y(t) \\ y'(t) = -\beta y(t) + \delta x(t)y(t) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x'(t) = (\alpha - \gamma y(t))x(t) \\ y'(t) = (\delta x(t) - \beta)y(t) \end{cases}$$

(verifique [https://teaching.smp.uq.edu.au/scims/Appl\\_analysis/Lotka\\_Volterra.html](https://teaching.smp.uq.edu.au/scims/Appl_analysis/Lotka_Volterra.html))



# MODELOS E METÁFORAS

## **Metáforas**

- Abstração ou inspiração baseada em observações empíricas utilizadas para o desenvolvimento de um sistema que usa mecanismos análogos aos observados.

**Exemplo: Neo-darwinismo × computação evolutiva**



# INDIVÍDUOS/ENTIDADES/AGENTES

Palavras utilizadas para definir elementos que interagem entre si e com o ambiente, seguindo determinadas regras e que podem gerar o aparecimento de fenômenos emergentes

## **Exemplos:**

- Pássaros em uma revoada;
- Modelos de neurônios em uma Rede Neural Artificial;
- Carros percorrendo uma rodovia;
- Robôs-aspiradores limpando um ambiente.



# PARALELISMO E DISTRIBUTIVIDADE

Os sistemas estudados pela CN geralmente apresentam propriedades que permitem o processamento e armazenamento paralelo e distribuído das informações.

## **Exemplos:**

- Nosso sistema nervoso processa informações sensoriais de maneira paralela e armazena o aprendizado de forma distribuída;
- Uma colônia de formigas busca a menor rota entre dois pontos por meio dos processos individuais de cada formiga e armazena essa informação da mesma forma.



# PARALELISMO E DISTRIBUTIVIDADE

## **Benefícios:**

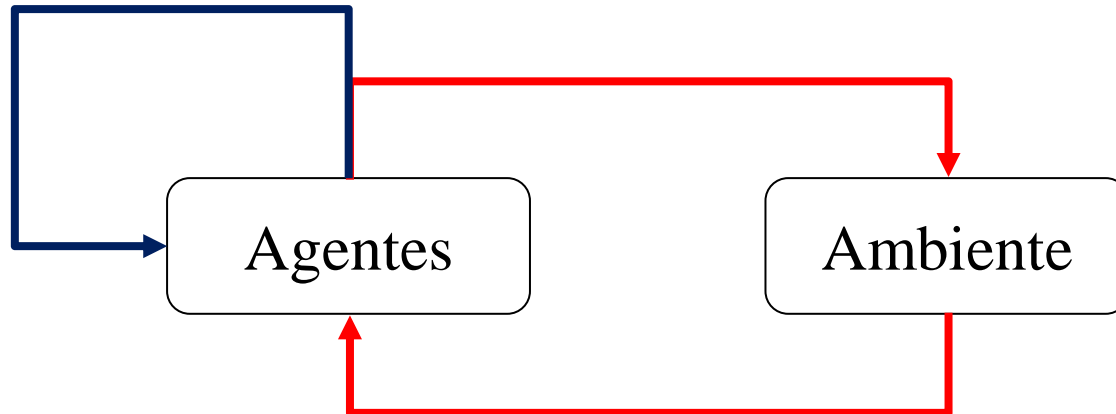
- Robustez: maior tolerância a falhas;
- Velocidade (do ponto de vista computacional);
- Maior capacidade de exploração do espaço.





# INTERATIVIDADE

Conectividade

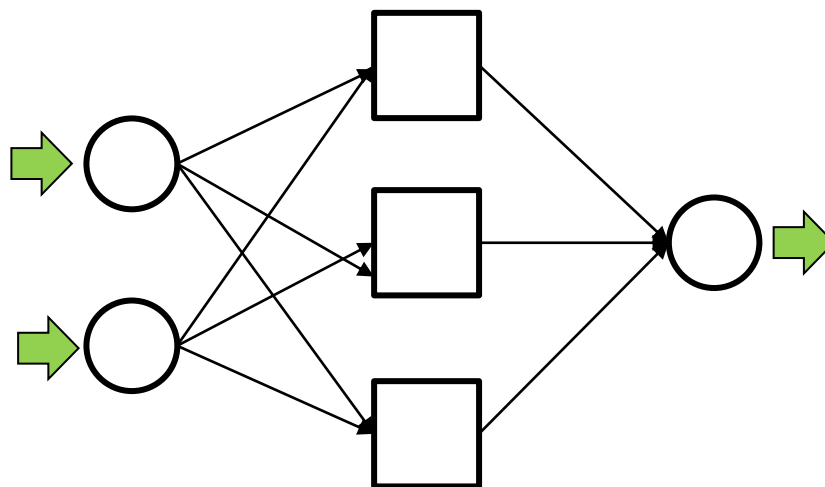


Estigmergia



# INTERATIVIDADE

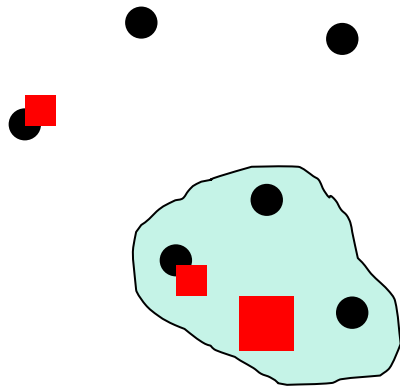
**Exemplo de interação por conectividade:**  
Neurônios em uma rede neural artificial.



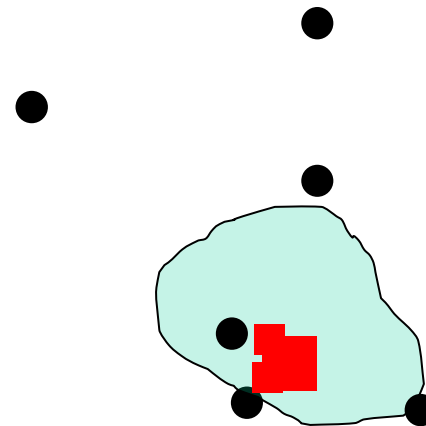


# INTERATIVIDADE

## Exemplo de interação por estigmergia: Interação entre formigas por meio de feromônios



Formigas secretam feromônio  
ao encontrar certo tipo de objeto



Formigas carregando objetos do mesmo tipo  
tendem a deixá-los na região com maior  
concentração de feromônios



# ADAPTABILIDADE

Capacidade de um sistema de se ajustar de acordo com os estímulos recebidos do ambiente. Os dois principais tipos de adaptabilidade são a **aprendizagem** e a **evolução**.

**Aprendizagem:** aquisição de conhecimento por meio de estimulação positiva ou negativa e por meio de exemplos;

**Evolução:** consequência dos processos de reprodução com herança, mutação e seleção.



# FEEDBACK (REALIMENTAÇÃO)

Consiste na influência de um estímulo sobre ele próprio.

**Positivo:** quando a ocorrência do estímulo favorece nova ocorrência dele próprio;

**Negativo:** quando a ocorrência do estímulo dificulta nova ocorrência dele próprio.

Geralmente, para que um sistema mantenha seu equilíbrio ao longo do tempo, ambos os tipos de *feedback* ocorrem (possivelmente em momentos distintos)



# FEEDBACK (REALIMENTAÇÃO)

**Exemplo:** Imagine o modelo predador-presa em que a população de presas está inicialmente crescendo.

- População de presas cresce, favorecendo o nascimento de mais presas (feedback positivo)
- População de presas cresce, favorecendo a predação e o aumento da população de predadores. Por sua vez, quando a população de predadores aumenta, a predação aumenta, dificultando o crescimento da população de presas (feedback negativo)

Podemos pensar na situação análoga para os predadores.



# FEEDBACK (REALIMENTAÇÃO)

**Exemplo:** Suponha que o modelo predador-presa consiste apenas em presas. Do jeito que ele está modelado, só haveria crescimento da população de presas (apenas feedback positivo) o que, de acordo com o modelo, faria a população de presas crescer indefinidamente.

Essa situação está de acordo com o que seria observado num caso real?



# AUTO-ORGANIZAÇÃO

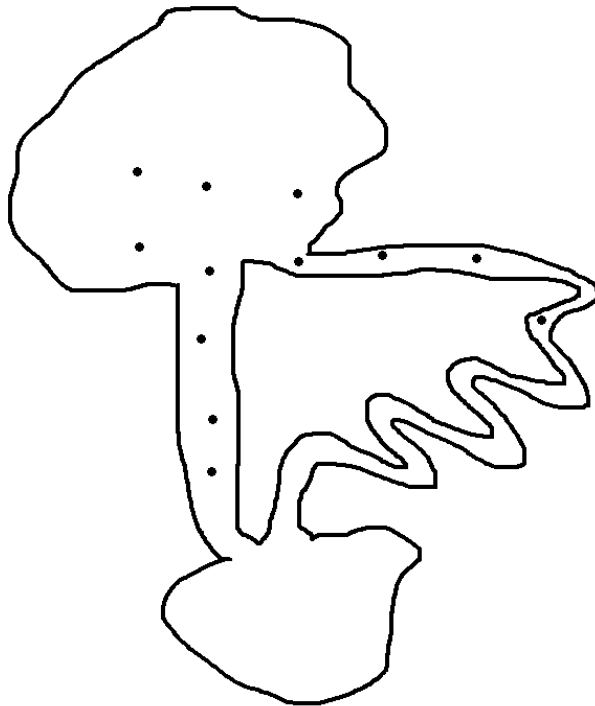
Consiste na formação de padrões em sistemas naturais por meio de um vasto conjunto de processos **exclusivamente internos ao sistema**, isto é, que ocorrem pela interação entre seus agentes e/ou o ambiente, mas que não sofre influências de entidades externas ao sistema.





# AUTO-ORGANIZAÇÃO

**Exemplo:** Colônia de formigas encontrando uma rota mais curta

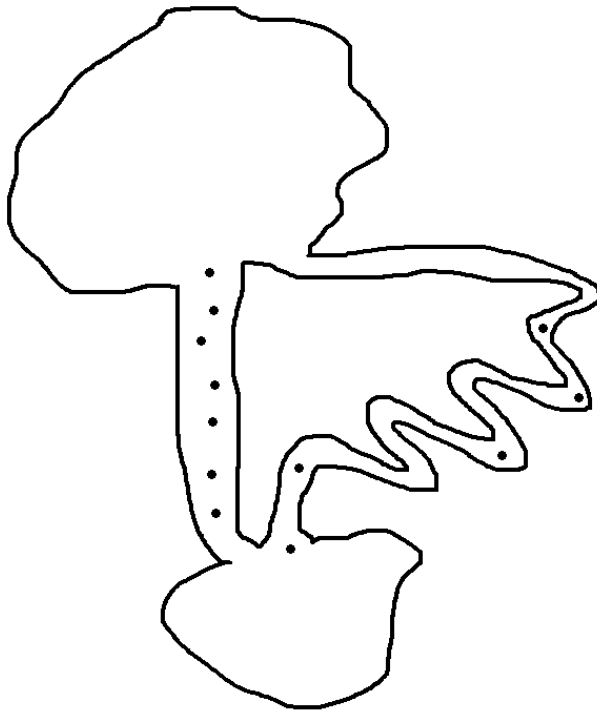


Inicialmente, a proporção de formigas que segue cada rota tende a ser a mesma. Conforme caminham, as formigas depositam feromônios.



# AUTO-ORGANIZAÇÃO

**Exemplo:** Colônia de formigas encontrando uma rota mais curta

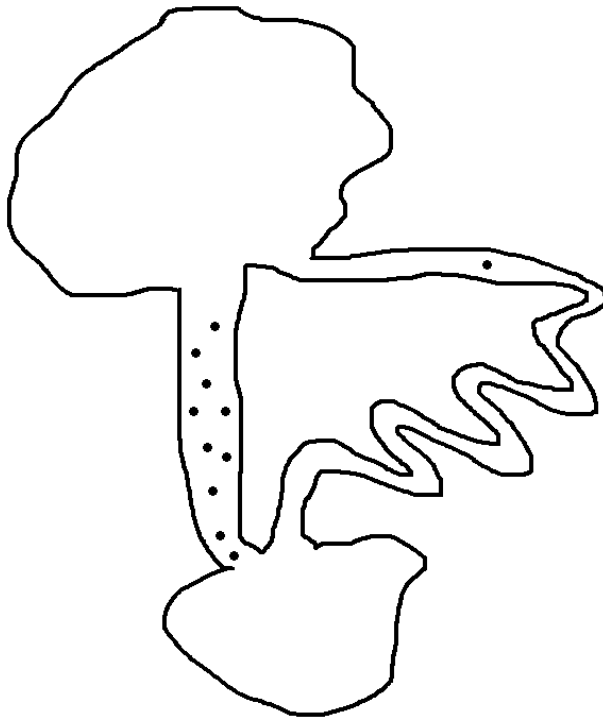


Na rota mais curta, o tempo para concluir o caminho é menor, levando ao tráfego por ela ser mais intenso, aumentando a concentração de feromônios nesse trecho



# AUTO-ORGANIZAÇÃO

**Exemplo:** Colônia de formigas encontrando uma rota mais curta



A maior concentração de feromônios aumenta a probabilidade de que formigas escolham uma certa rota, fazendo com que a mais curta seja a preferida.



# SISTEMAS COMPLEXOS

- Formados por diversos agentes que interagem entre si e com o ambiente, geralmente por meio de regras simples;
- O comportamento resultante do sistema é não-linear, isto é, não é somente a “soma das partes”;
- Apresenta alta sensibilidade à condição inicial do sistema.



# EMERGÊNCIA

Propriedade do todo que não se apresenta nas partes e/ou que não pode ser observada em componentes isolados.

## **Exemplos:**

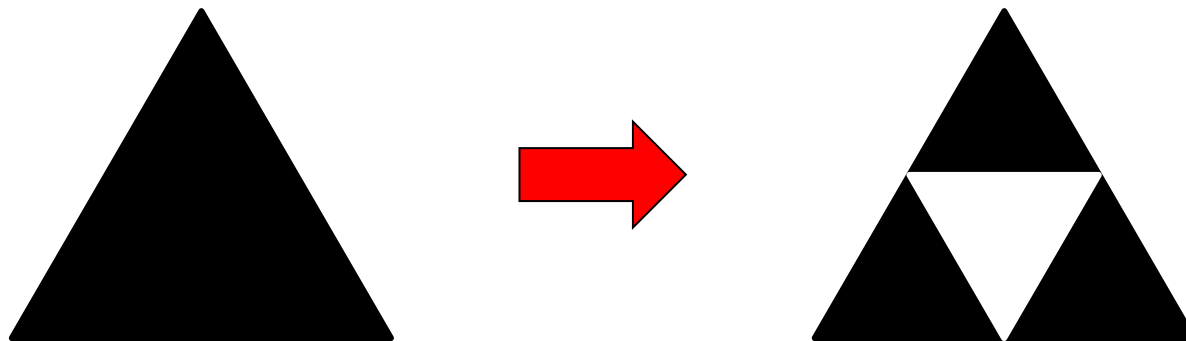
- A capacidade de uma colônia de formigas resolver um problema de roteamento;
- A consciência, que não é observada em um neurônio isolado;
- Um congestionamento, que não pode ser formado por um único carro.



# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

**Top-down:** quando o comportamento de um sistema é definido por regras que o incorporam diretamente.

**Exemplo:** Para cada triângulo preenchido, remova a região interna do triângulo cujos vértices são os pontos médios dos lados do triângulo inicial.





# TOP-DOWN × BOTTOM-UP



(Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sierpinsky\\_triangle\\_\(evolution\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sierpinsky_triangle_(evolution).png))



# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

**Bottom-up:** quando o comportamento de um sistema é emergente da interação entre suas partes

**Exemplo:** Considere quatro pontos (agentes) iniciais em um sistema. Os pontos A, B e C são fixos e formam um triângulo equilátero. O ponto D é escolhido aleatoriamente no interior do triângulo.

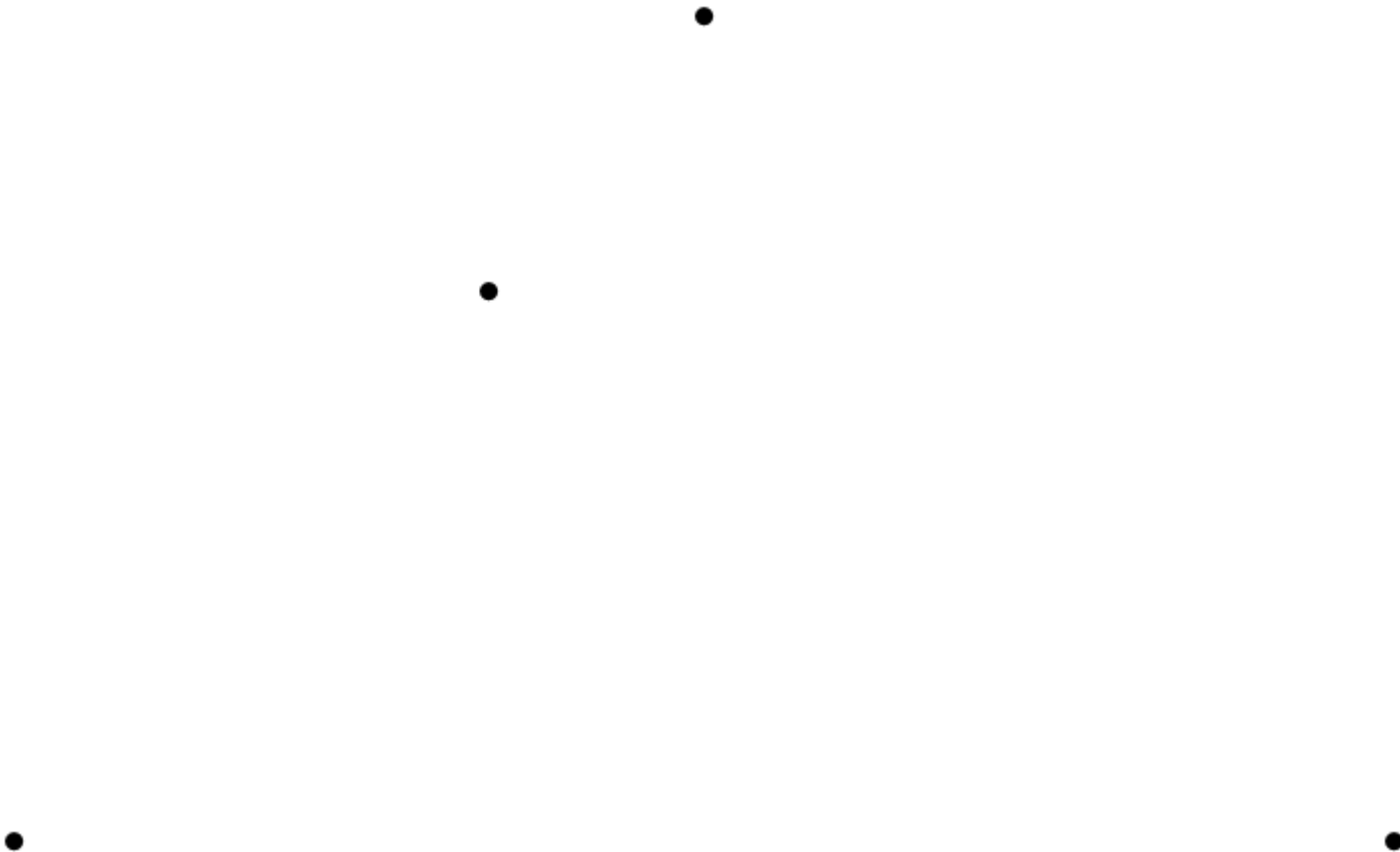
A cada iteração do sistema, escolha aleatoriamente um dos vértices (A, B ou C) e crie um novo ponto interno no ponto médio do segmento entre o vértice escolhido e o último ponto interno criado.





# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

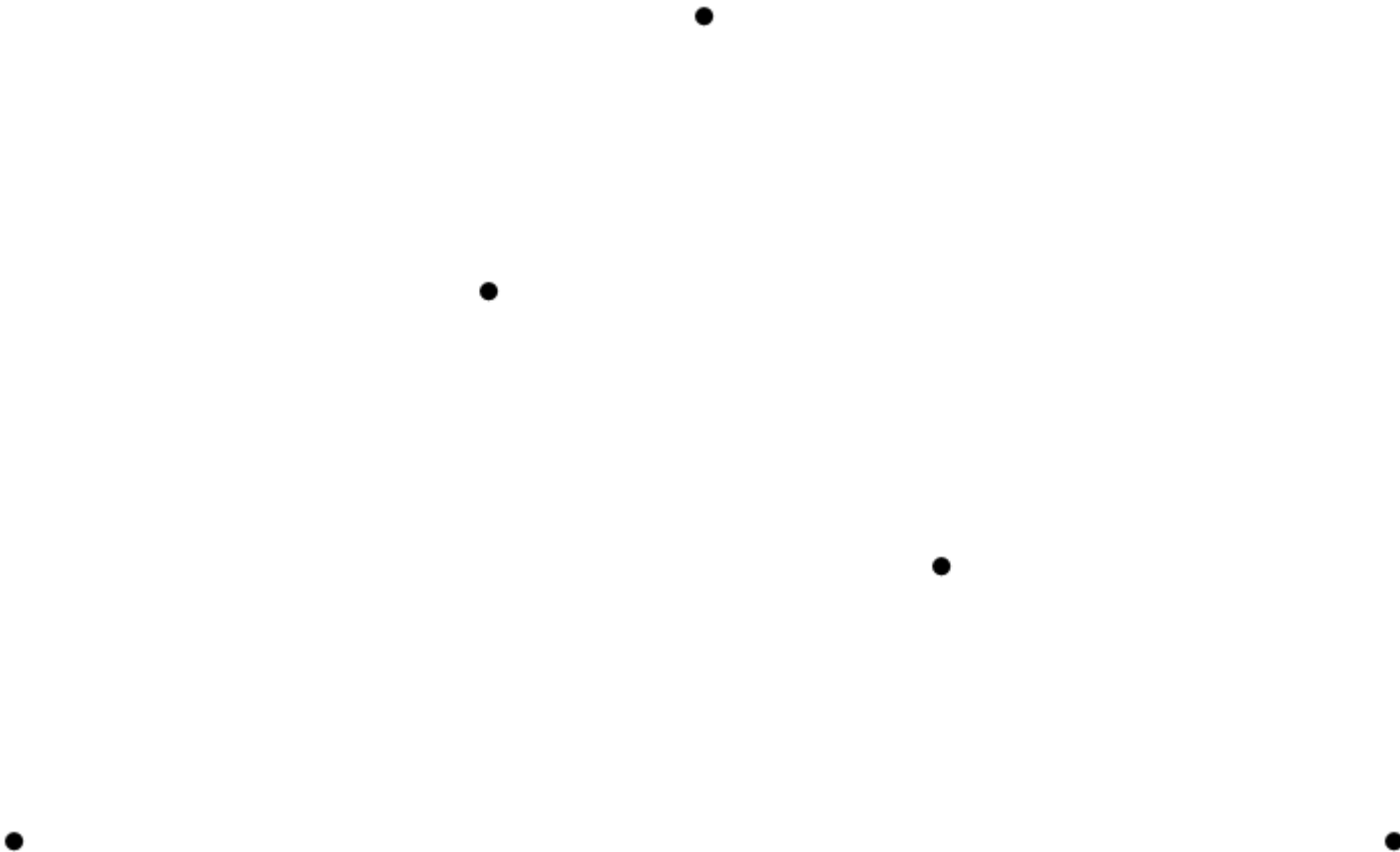
**1ª iteração:**





# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

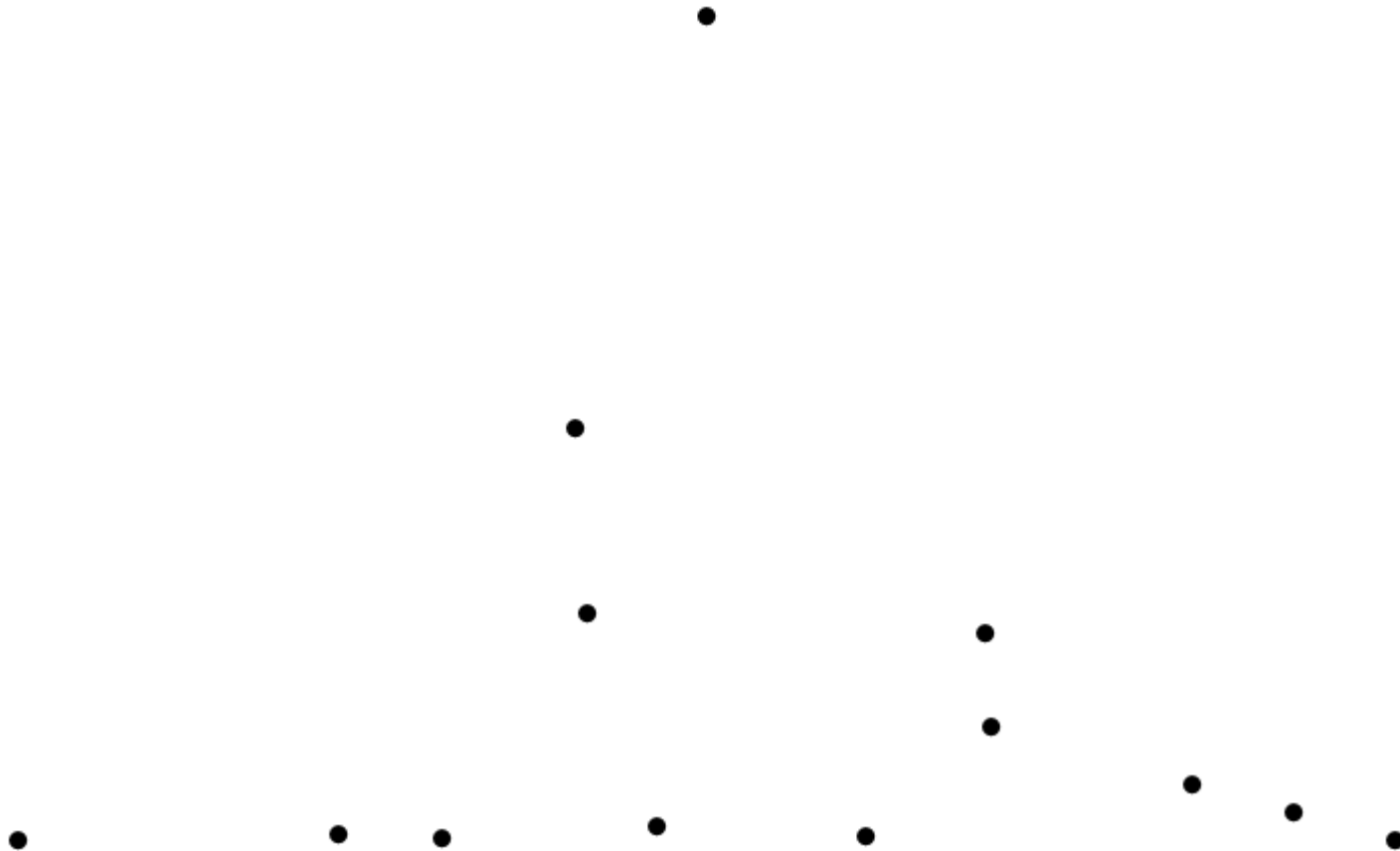
**1ª iteração:**





# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

**Com 10 iterações:**





# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

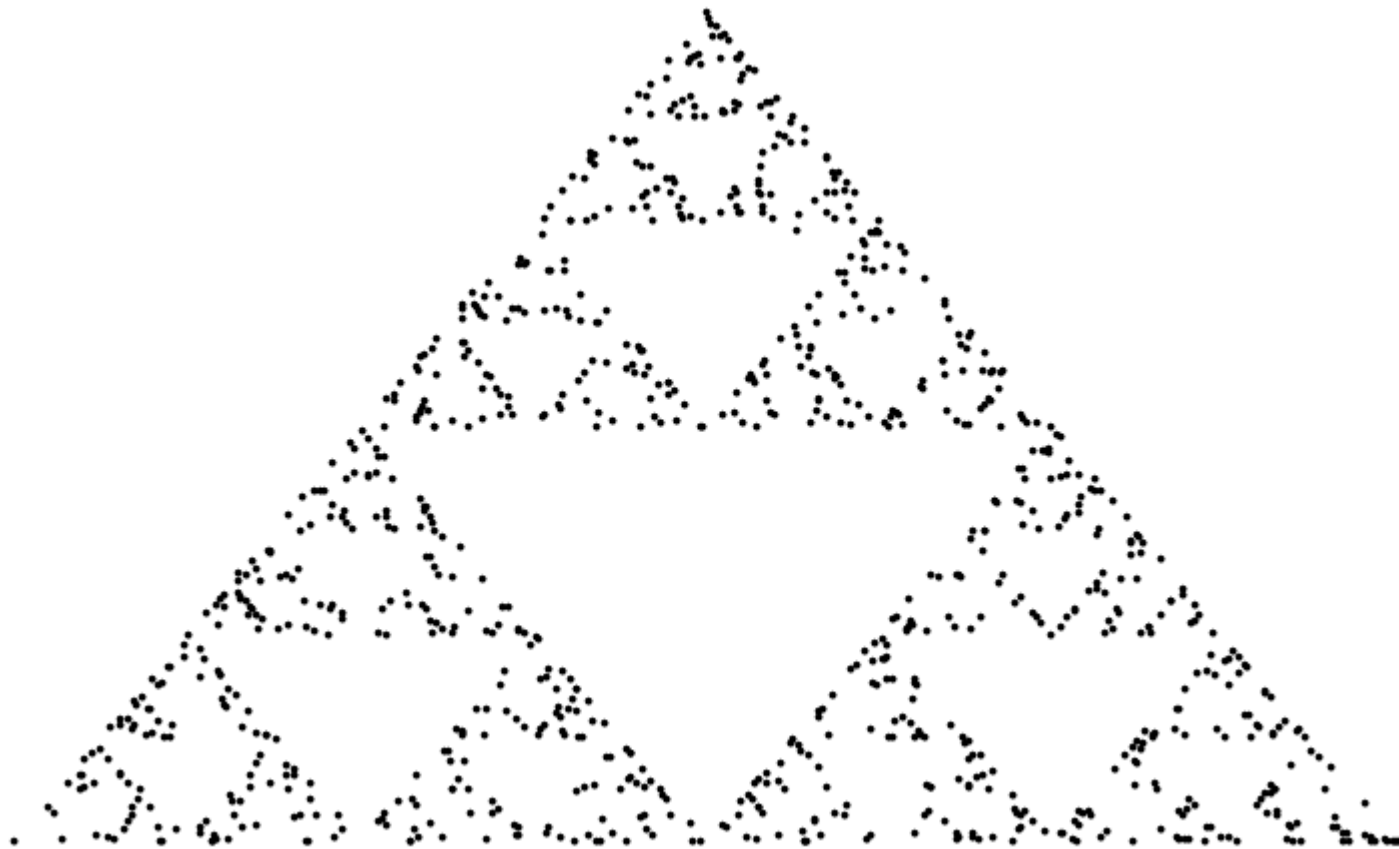
Com 100 iterações:





# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

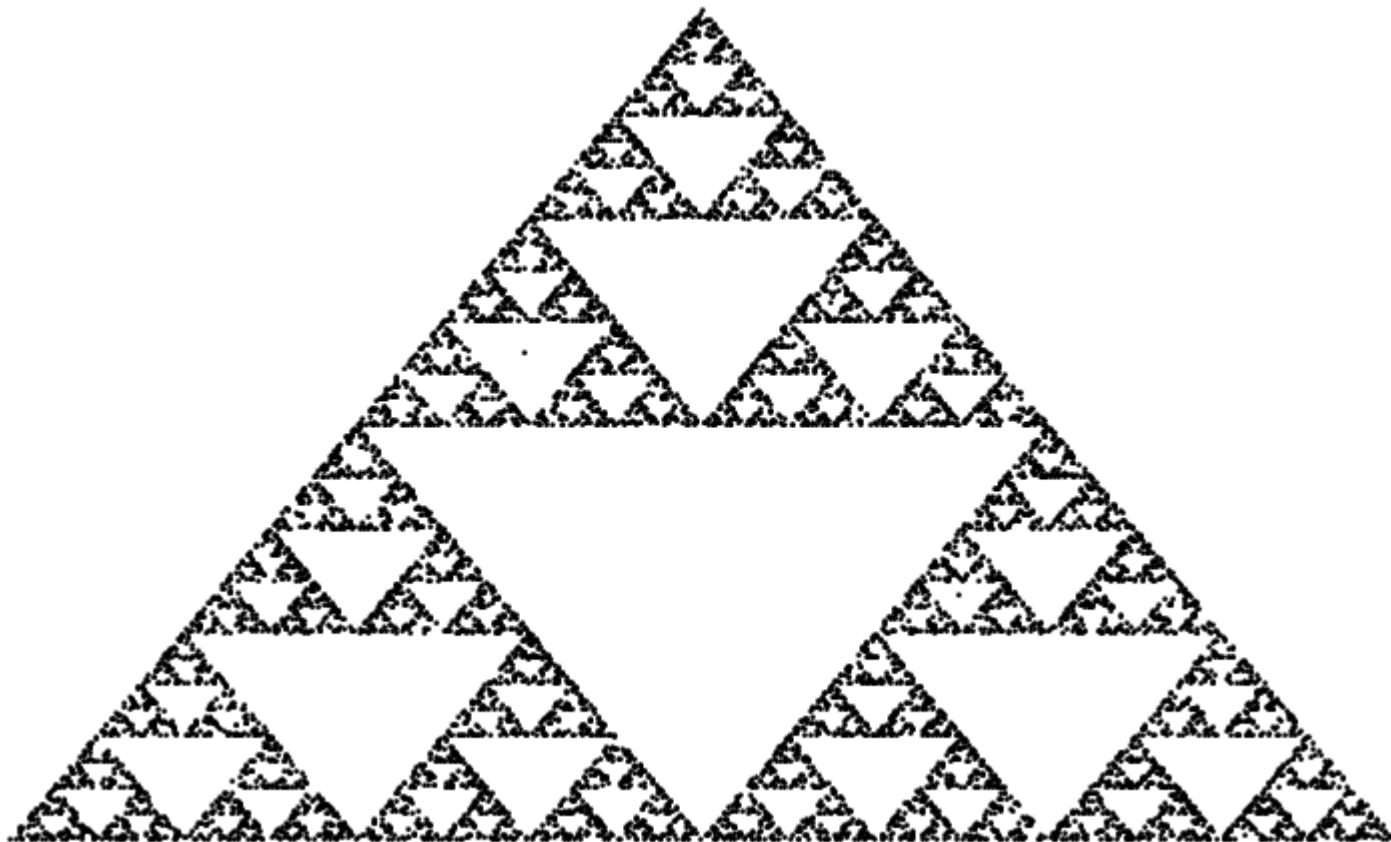
**Com 1 000 iterações:**





# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

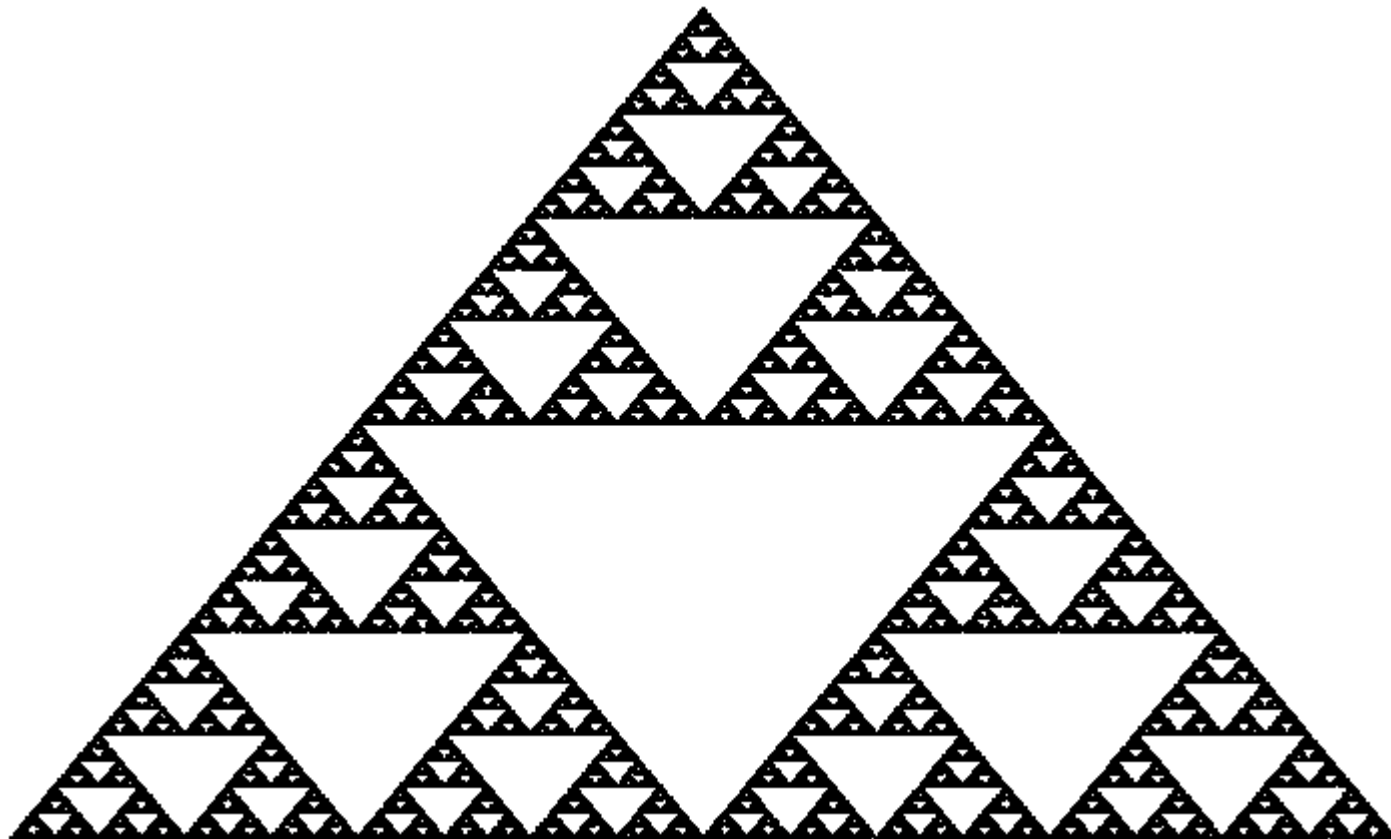
Com 10 000 iterações:





# TOP-DOWN × BOTTOM-UP

Com 100 000 iterações:





Perguntas?