

# FUNDAMENTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Aula 01 - introdução às Redes  
Neurais Artificiais

Prof. Rafael G. Mantovani



# Roteiro

- 1 Introdução / Motivação**
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado**
- 3 Benefícios**
- 4 Neurônio Artificial**
- 5 Modelagem de Redes Neurais**
- 5 Síntese / Próximas Aulas**
- 5 Referências**

# Roteiro

- 1 Introdução / Motivação**
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado**
- 3 Benefícios**
- 4 Neurônio Artificial**
- 5 Modelagem de Redes Neurais**
- 6 Síntese / Próximas Aulas**
- 7 Referências**

# Relembrando

- Quais os diferentes paradigmas da Inteligência Artificial?

# Introdução



Cérebro



# Introdução

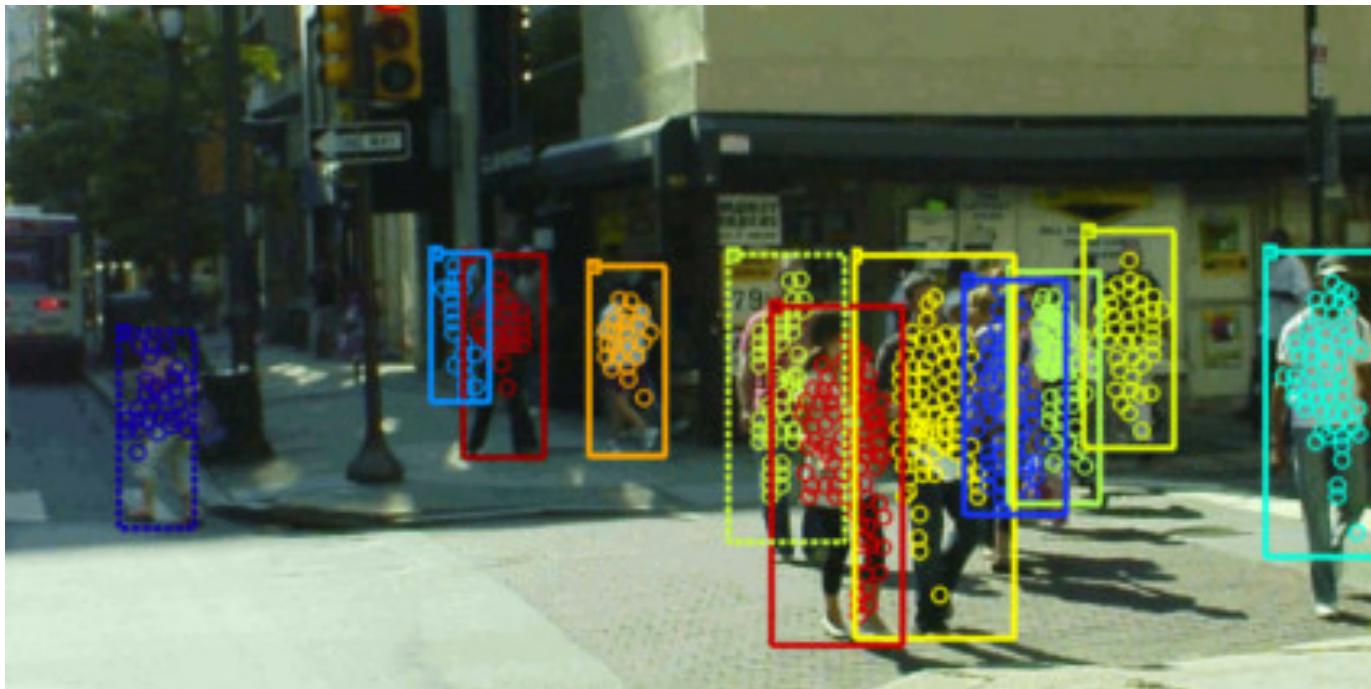


Cérebro

- Computação de maneira diferente de um computador
- Altamente complexo, não linear e paralelo
- reconhecimento de padrões, percepção, controle motor

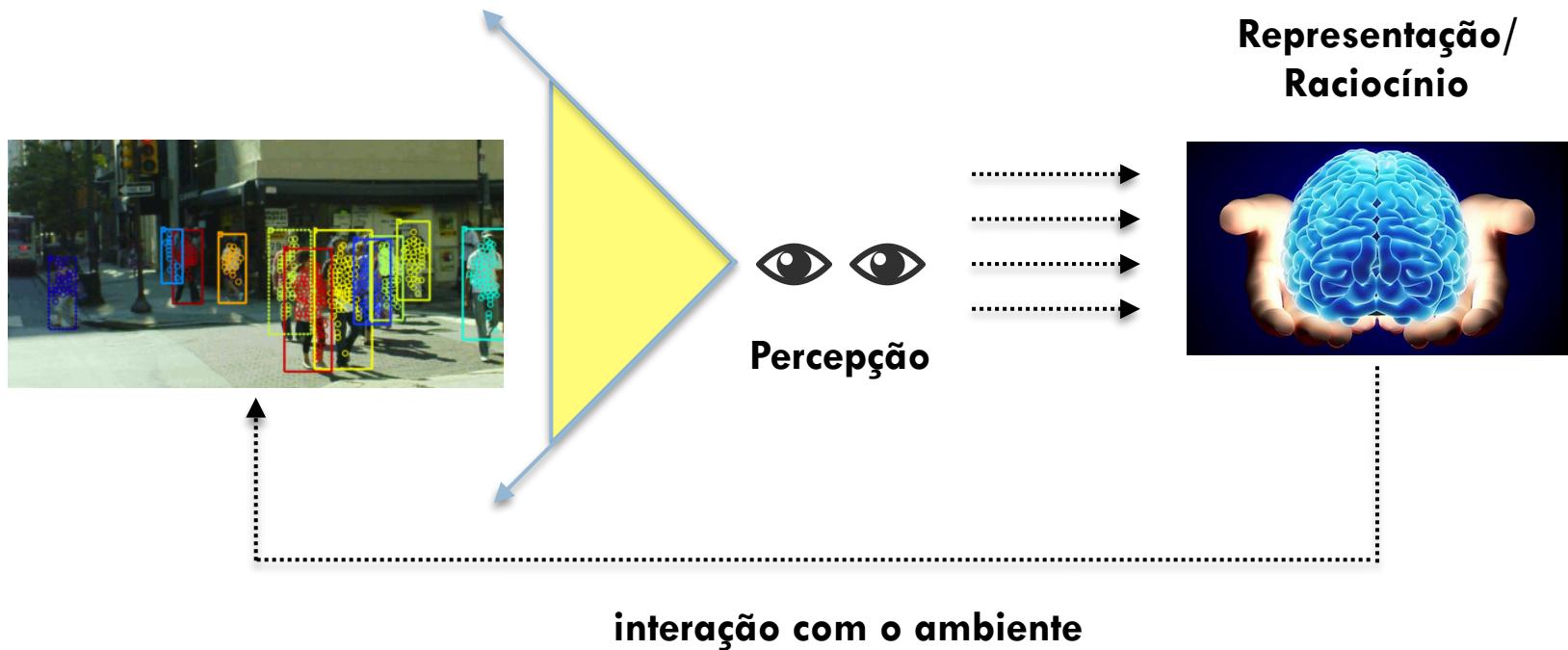
# Introdução

- Visão humana



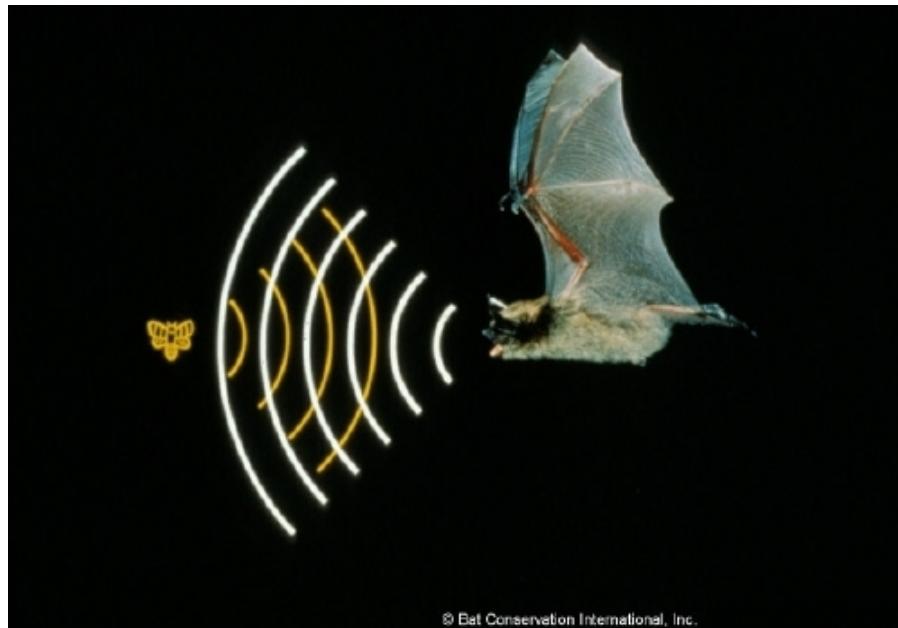
# Introdução

## □ Visão humana



# Introdução

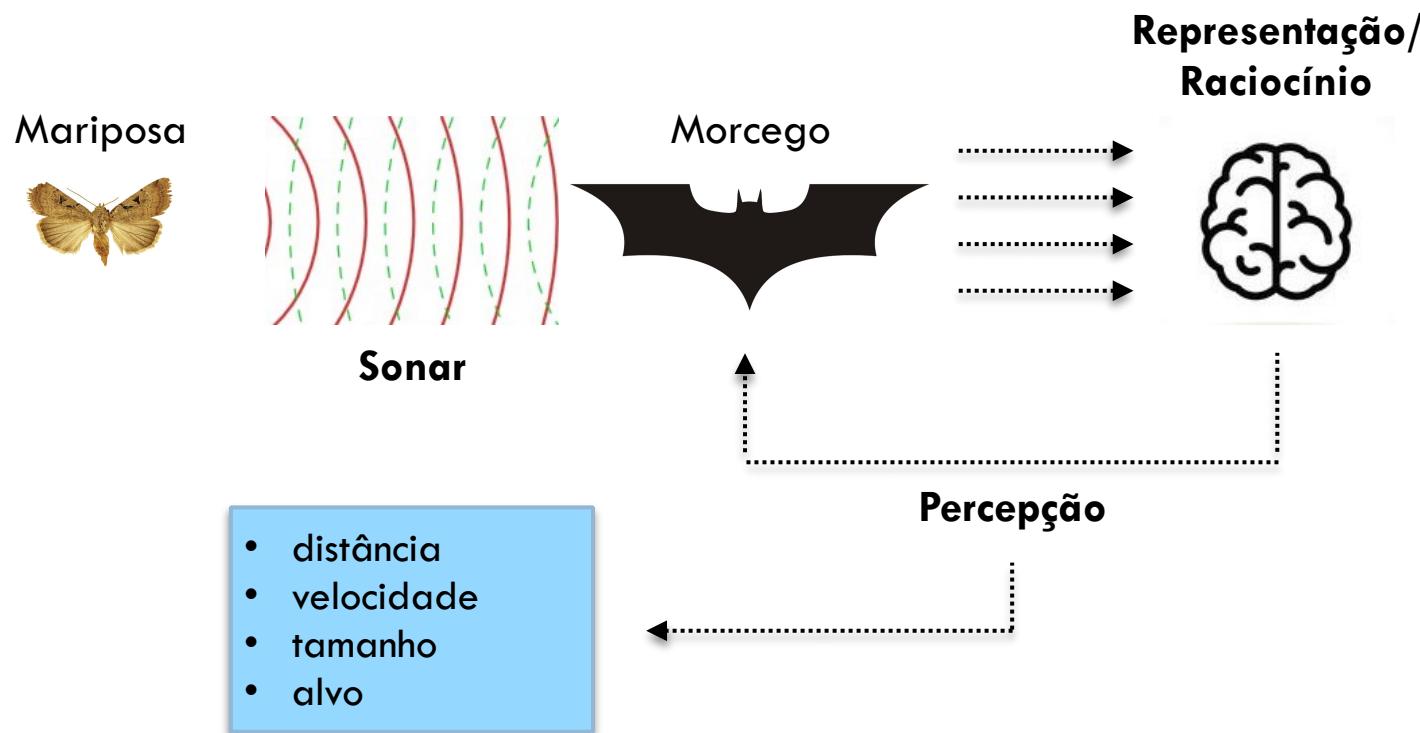
- Sonar morcego



© Bat Conservation International, Inc.

# Introdução

## □ Sonar morcego



# Introdução

- Como o cérebro faz isso?

# Introdução

- **Plasticidade**
  - Nascimento: estrutura/habilidade para aprender com **experiência**
  - Capacidade do sistema nervoso se **adaptar** ao ambiente.
- **Importante:**
  - Neurônios artificiais também apresentem as mesmas características.

# Motivação



Carro autônomo



Reconhecimento de imagens

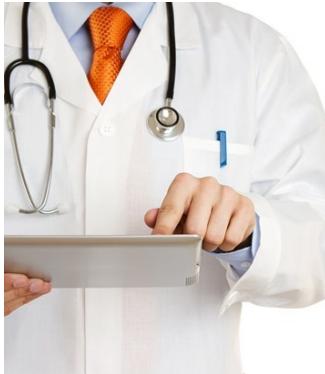


Processamento de textos



Processamento de sinais

# Motivação



diagnóstico médico



bioinformática



sistemas de recomendação



detecção de fraudes

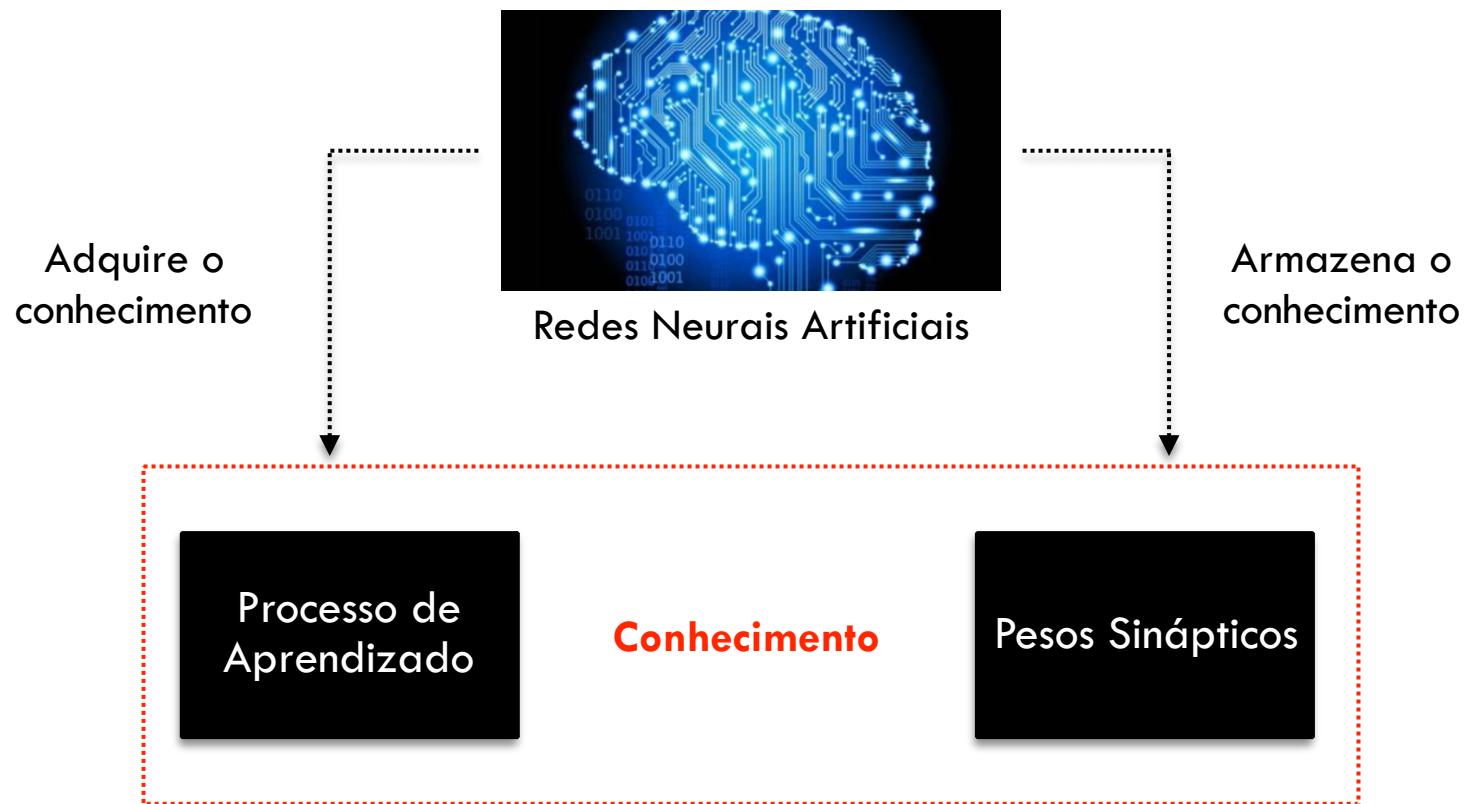
# Roteiro

- 1 Introdução / Motivação**
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado**
- 3 Benefícios**
- 4 Neurônio Artificial**
- 5 Modelagem de Redes Neurais**
- 6 Síntese / Próximas Aulas**
- 7 Referências**

# Redes Neurais Artificiais

- **Rede Neural**
  - modelo computacional
  - mimetiza a forma como o cérebro realiza uma tarefa
  - neurônios artificiais (aprendizado)
- **Definição:** sistema de processamento massivamente paralelo e distribuído, construído com unidades de processamento simples, que tem uma propensão natural de armazenar conhecimento por meio de experiência e torná-lo disponível para uso.

# Redes Neurais Artificiais

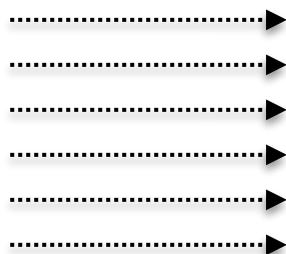


# Inspiração biológica

- Replicar a função biológica



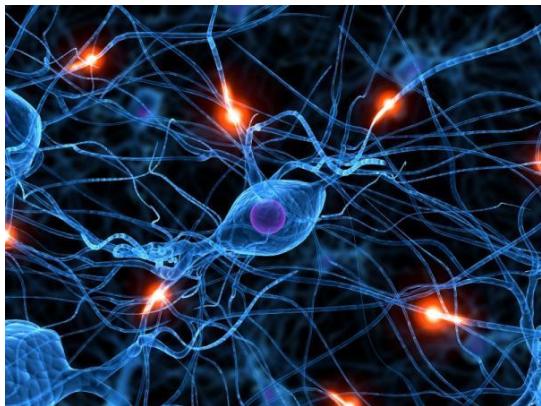
ave



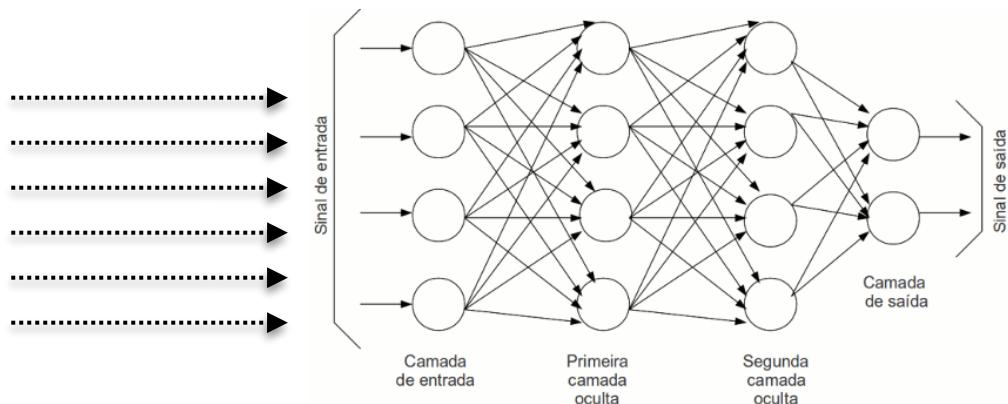
avião

# Inspiração biológica

- Replicar a função biológica



Rede neural biológica



Rede neural artificial

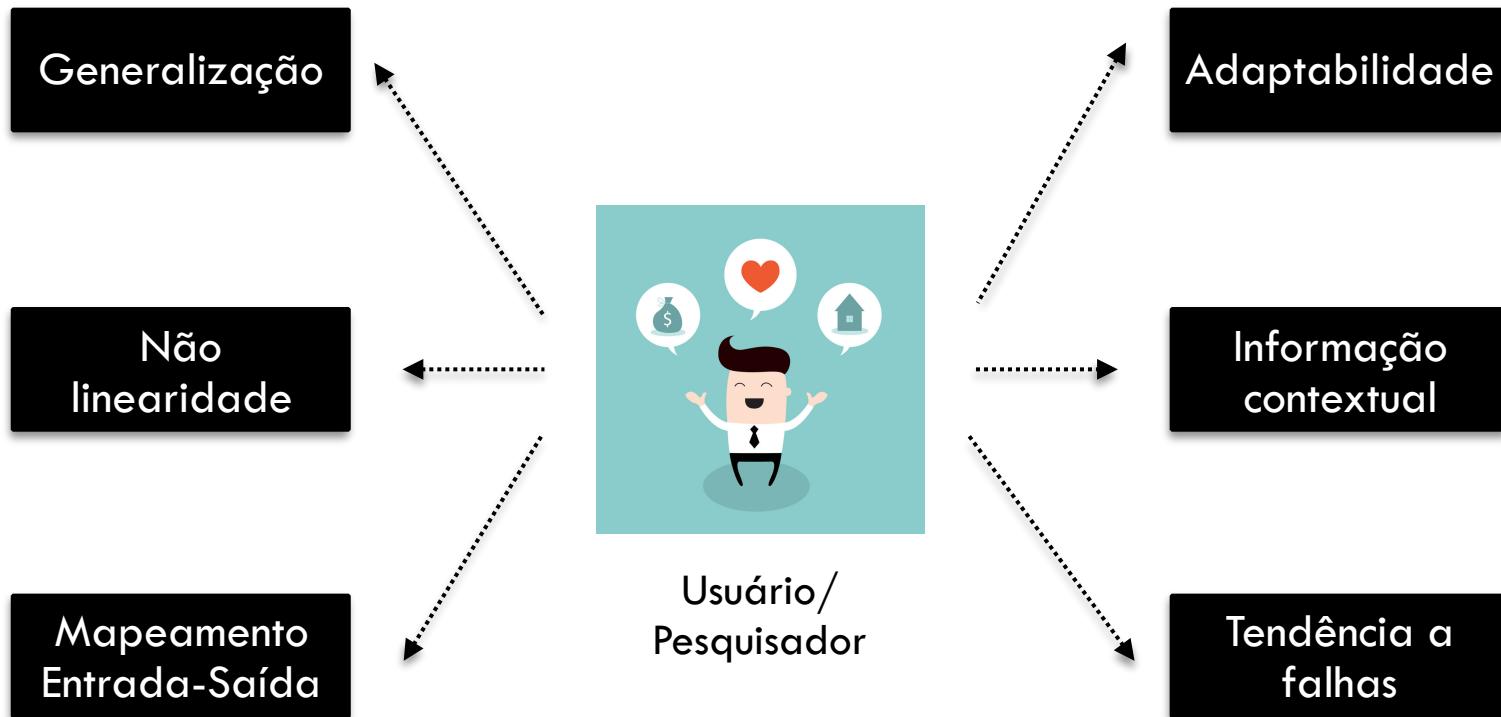
# Algoritmo de Aprendizado

- **Função:**
  - modificar os pesos sinápticos da rede, de maneira a ajustá-los para cumprir o objetivo desejado
- Também é possível que uma rede modifique sua própria **topologia** durante o aprendizado
  - celular morrem, novas conexões são criadas
- Ex: pessoas q sofrem lesões graves, mas reaprendem a executar algumas tarefas

# Roteiro

- 1 Introdução / Motivação**
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado**
- 3 Benefícios**
- 4 Neurônio Artificial**
- 5 Modelagem de Redes Neurais**
- 6 Síntese / Próximas Aulas**
- 7 Referências**

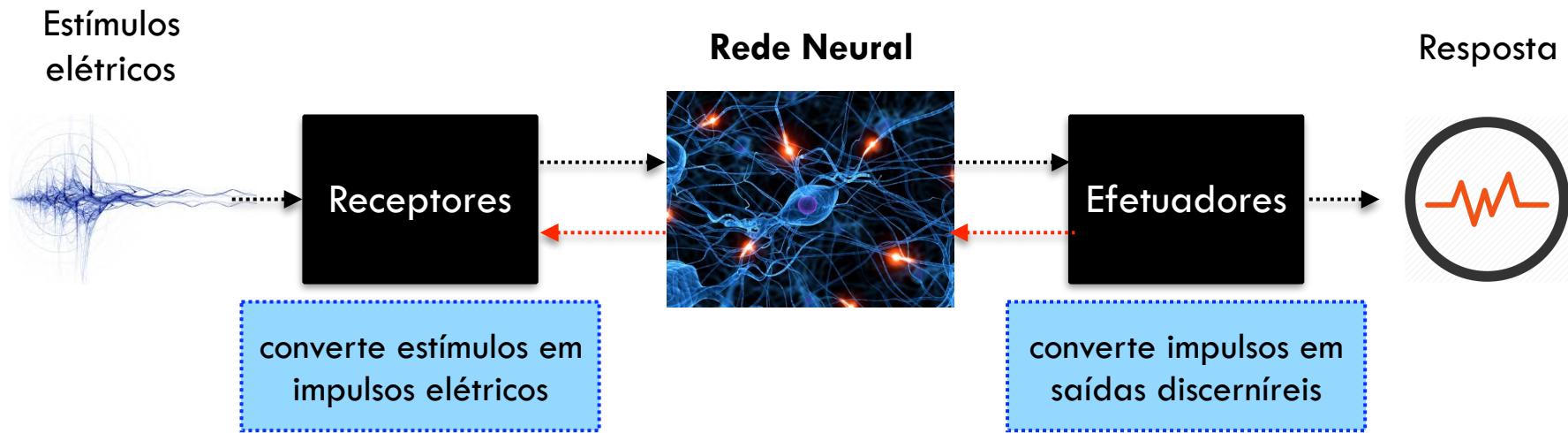
# Benefícios das Redes Neurais



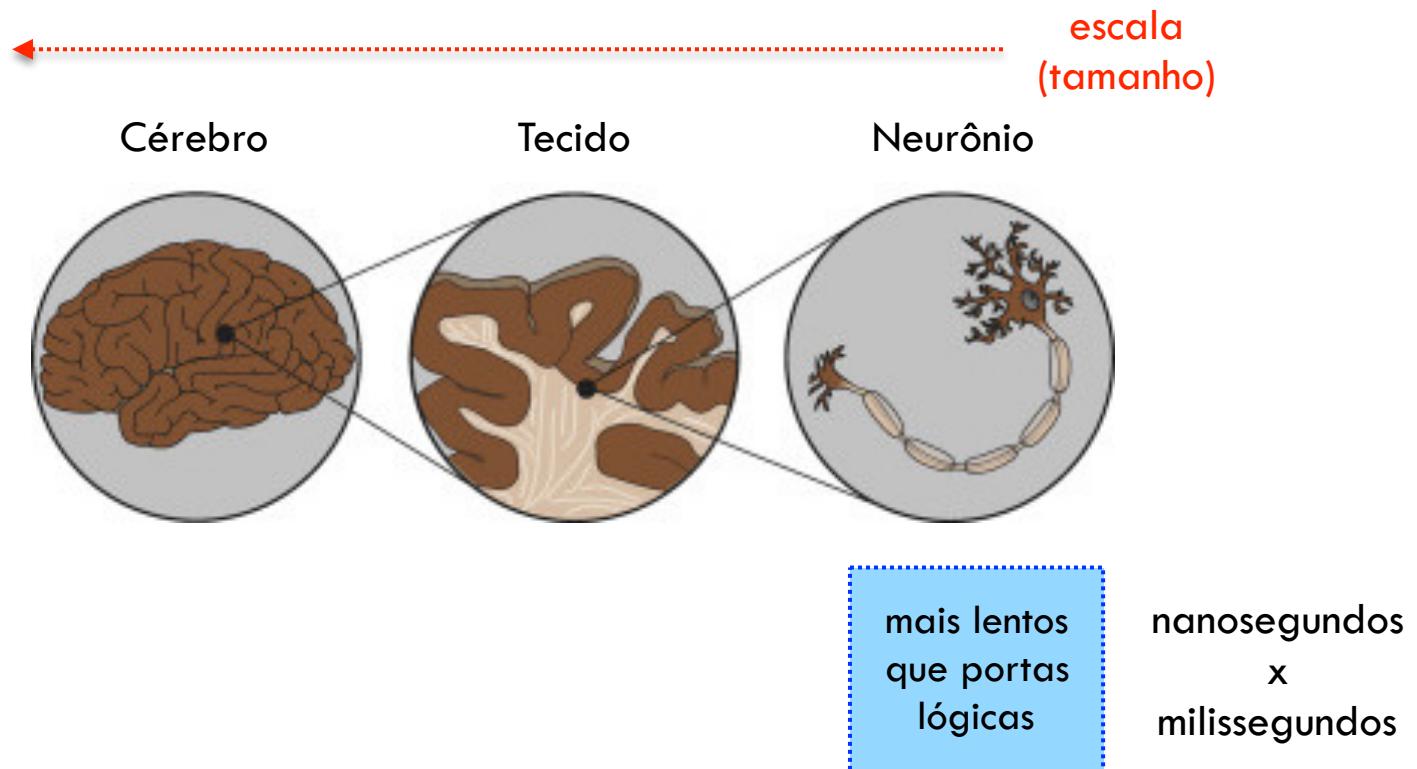
# Roteiro

- 1 Introdução / Motivação**
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado**
- 3 Benefícios**
- 4 Neurônio Artificial**
- 5 Modelagem de Redes Neurais**
- 6 Síntese / Próximas Aulas**
- 7 Referências**

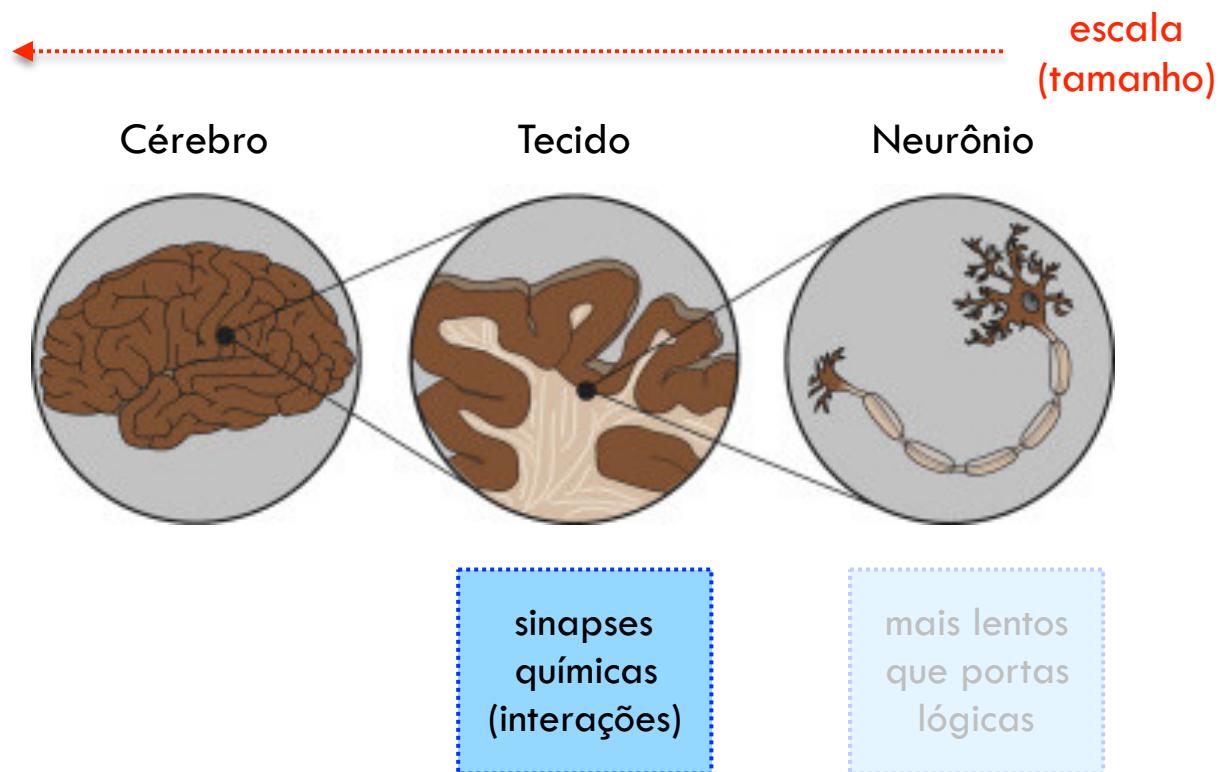
# Cérebro Humano



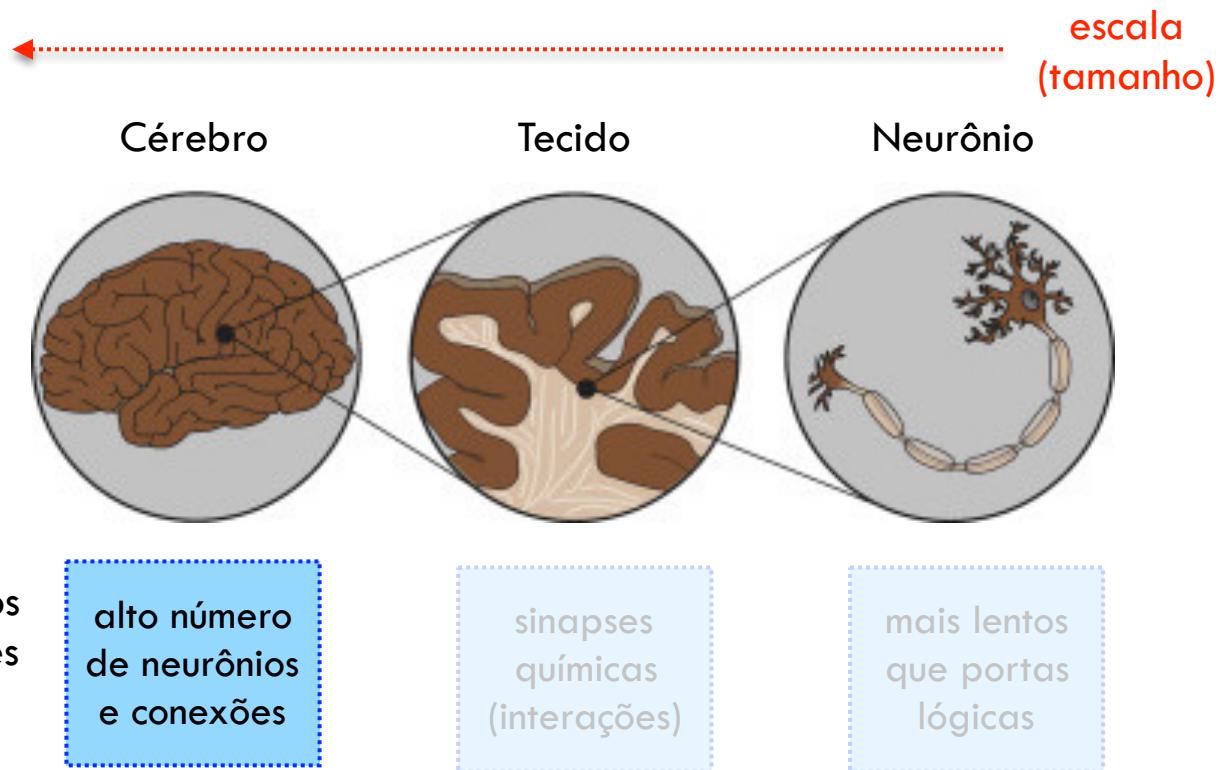
# Cérebro Humano



# Cérebro Humano



# Cérebro Humano

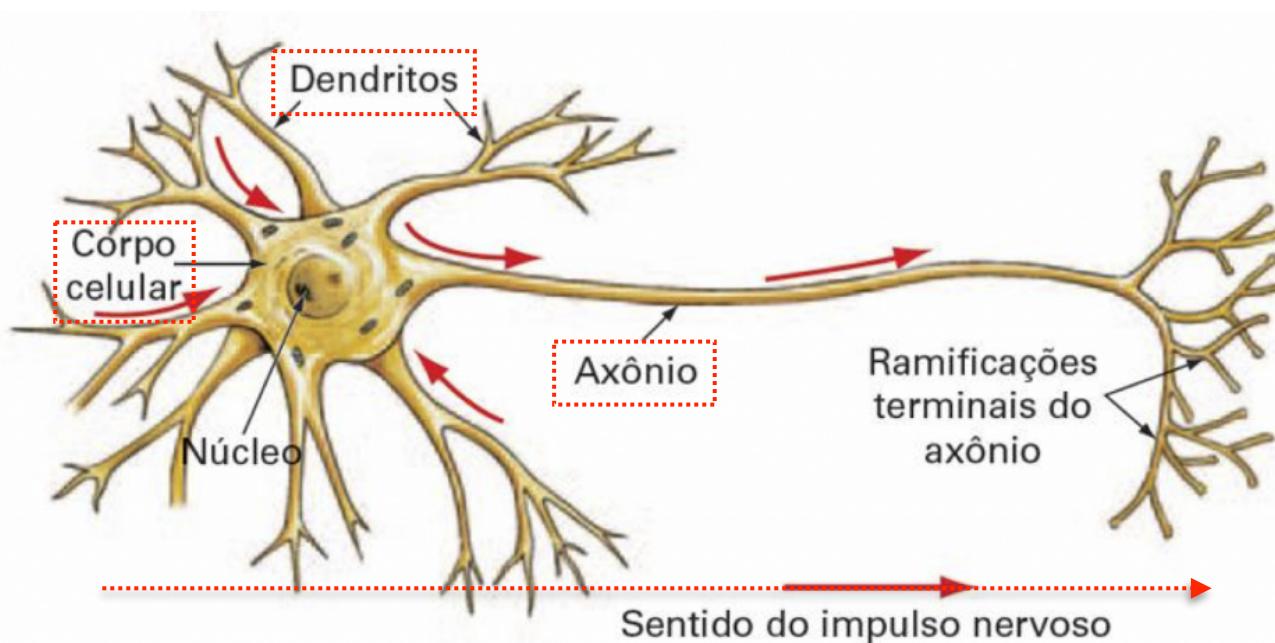


# Cérebro Humano

- Neurônio biológico?

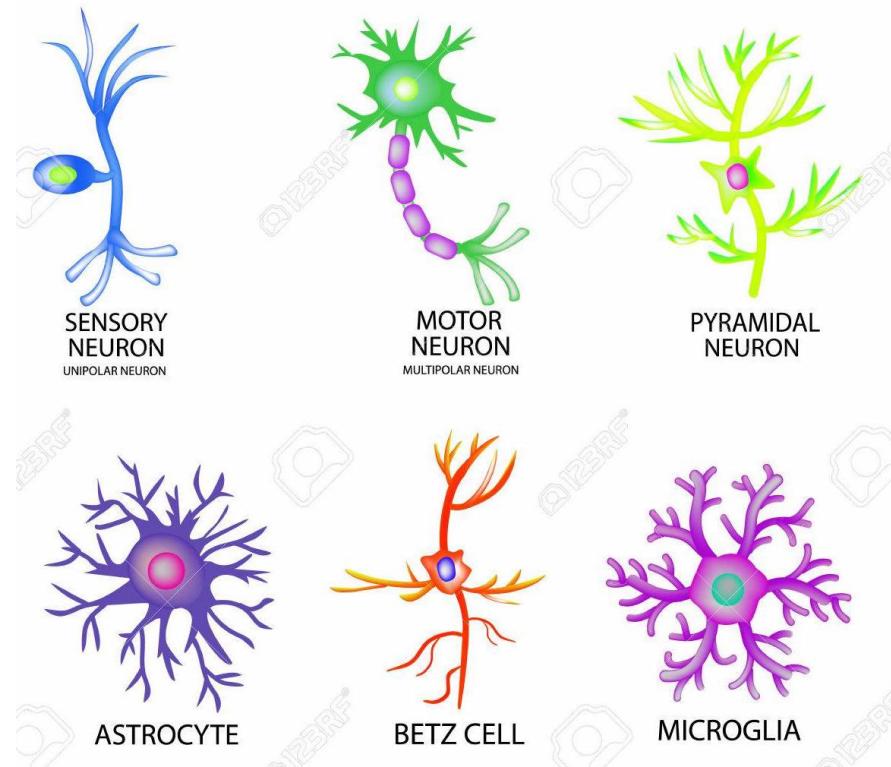
# Cérebro Humano

## □ Neurônio biológico

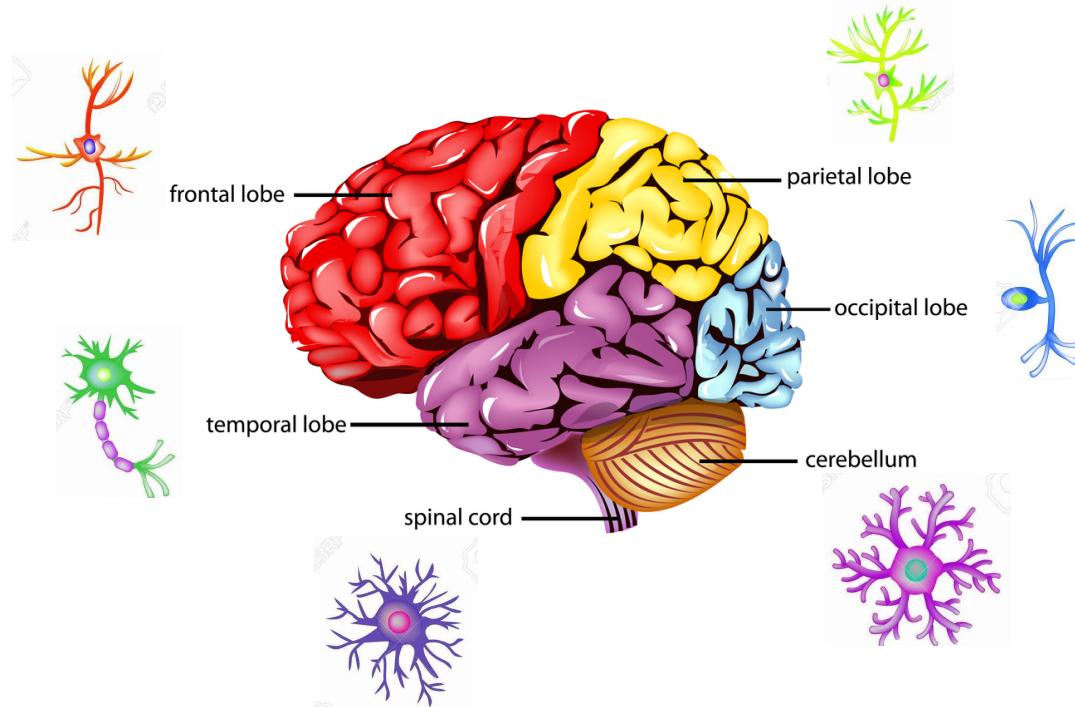


# Cérebro Humano

- Diferentes tipos de neurônios

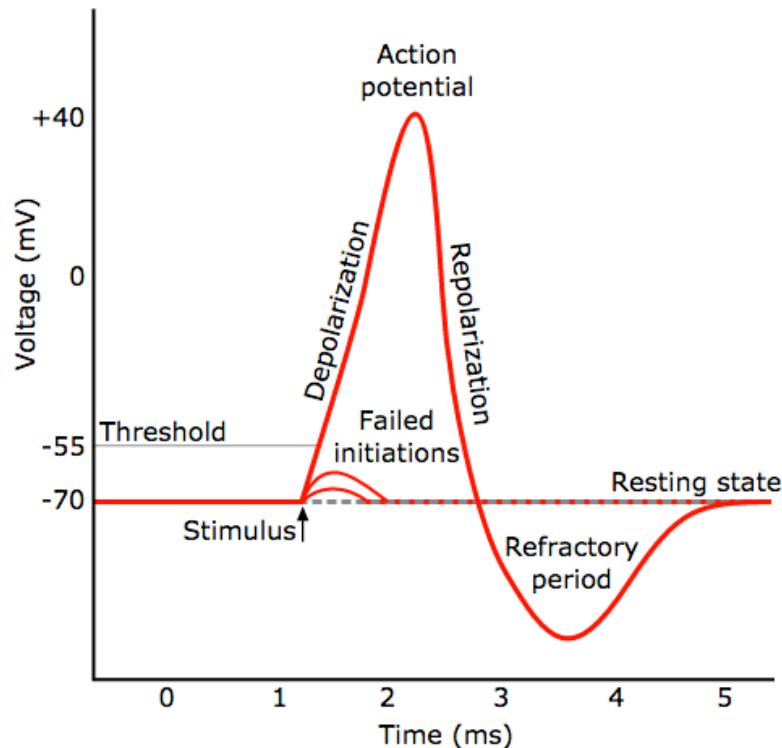


# Cérebro Humano



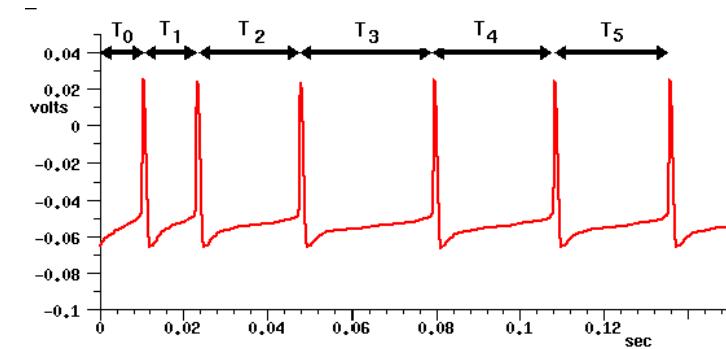
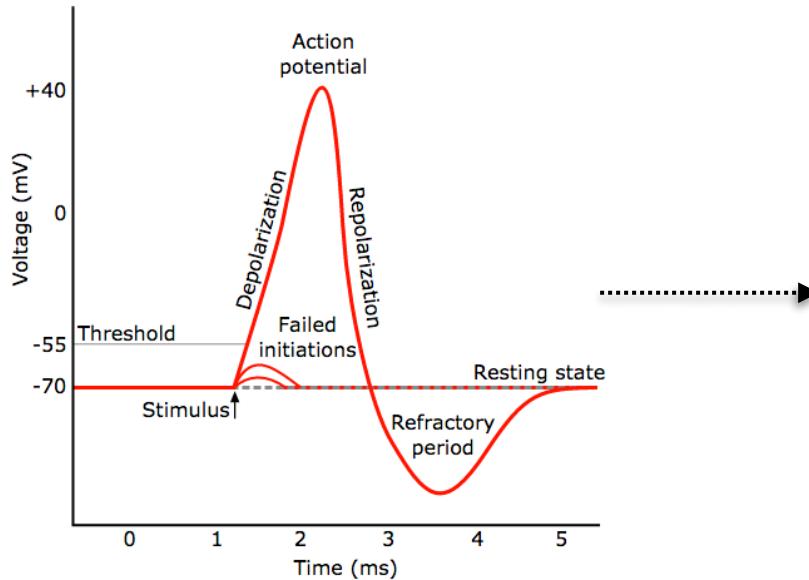
# Cérebro Humano

- Potencial de ativação do neurônio



# Cérebro Humano

- Potencial de ativação do neurônio

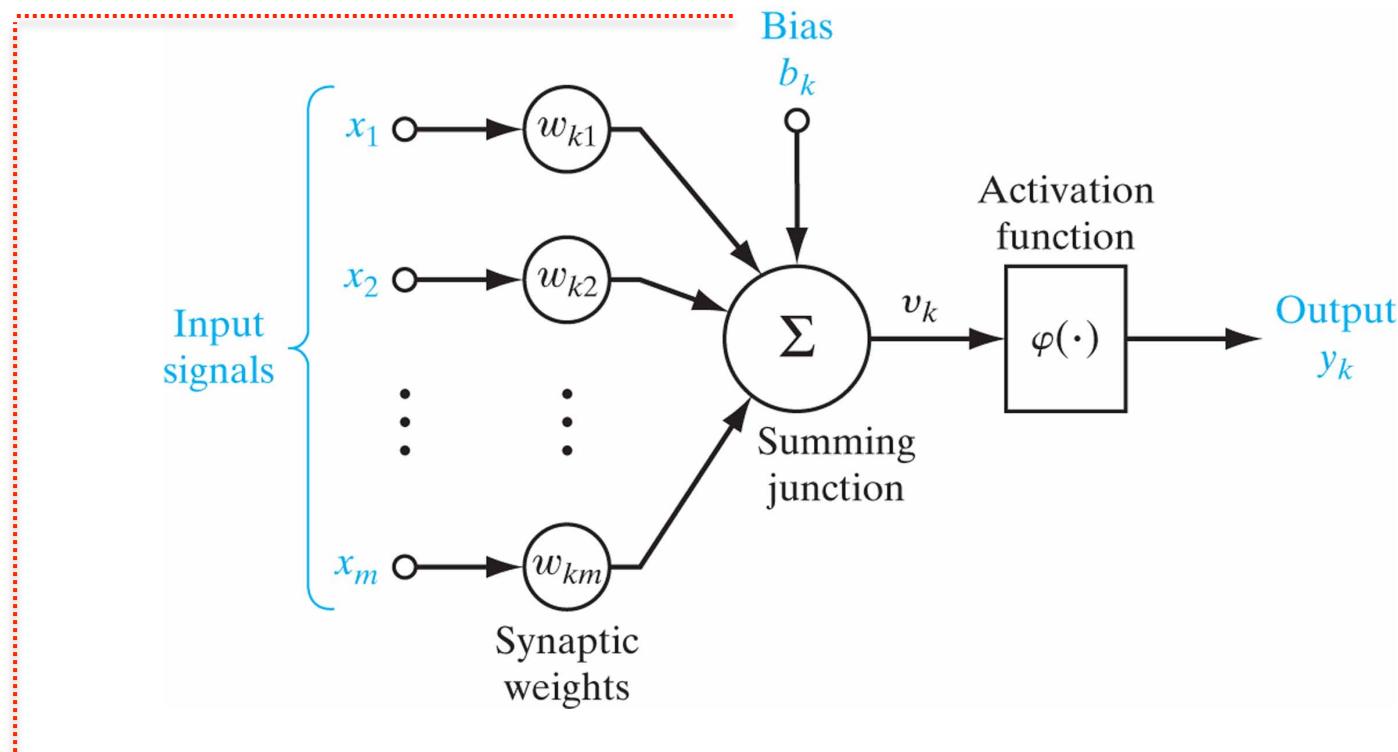


Cadeia de spikes

# Questionamentos

- Qual a estrutura básica p se modelar?
- Como se modelar?

# Neurônio Artificial



- o Bias tem a função de aumentar ou diminuir a entrada da função de ativação

# Neurônio Artificial

- Matematicamente:

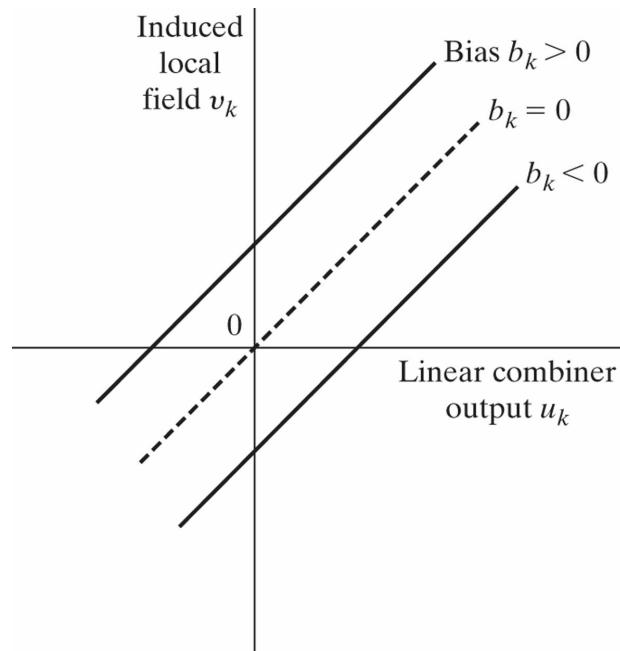
$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj}x_j \quad \text{e} \quad y_k = \varphi(u_k + b_k)$$

- $X$  são os sinais de entrada
- $W$  são os pesos sinápticos do neurônio  $k$
- $u_k$  é a combinação linear de  $W$  e  $X$  (entradas)
- $b_k$  é o bias
- $\varphi(\cdot)$  é a função de ativação
- $y_k$  é a saída do neurônio

# Neurônio Artificial

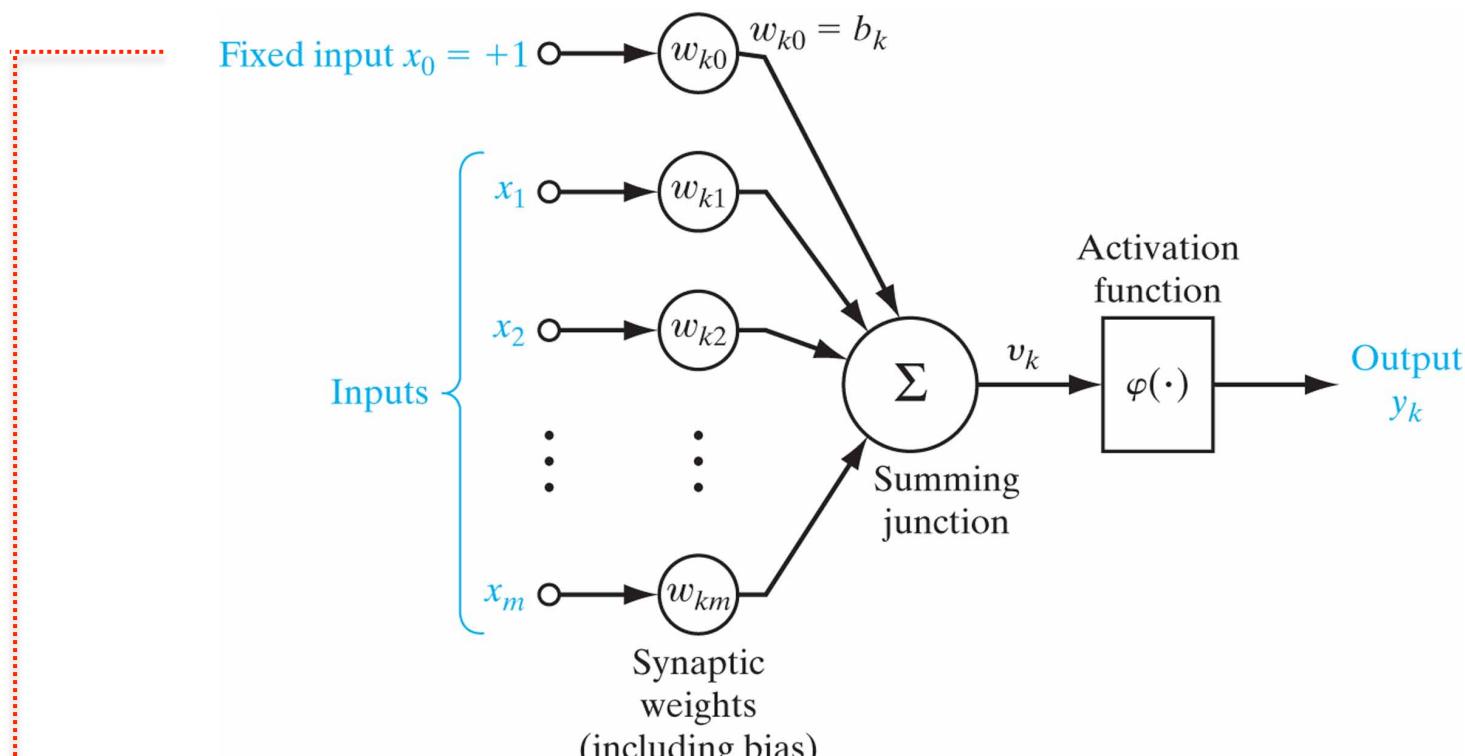
- **Bias:** efeito de aplicar uma transformação em  $u_k$ , mantendo colinearidade

parâmetro  
externo ao  
neurônio



$$v_k = u_k + b_k$$

# Neurônio Artificial



- o Bias é incorporado à equação do neurônio

# Neurônio Artificial

- Matematicamente:

$$v_k = \sum_{j=0}^m w_{kj}x_j \quad \text{e} \quad y_k = \varphi(v_k)$$

- $v_k$  é a combinação linear de  $W$  e  $X$  (entradas)
- $x_0 = +1$
- $w_{k0} = b_k$

# Roteiro

- 1 Introdução / Motivação**
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado**
- 3 Benefícios**
- 4 Neurônio Artificial**
- 5 Modelagem de Redes Neurais**
- 6 Síntese / Próximas Aulas**
- 7 Referências**

# Funções de Ativação

- função de ativação,  $\varphi(v)$ , define a saída do neurônio em termos de  $v$ :

- função degrau: 
$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 & \text{se } v \geq 0 \\ 0 & \text{se } v < 0 \end{cases}$$

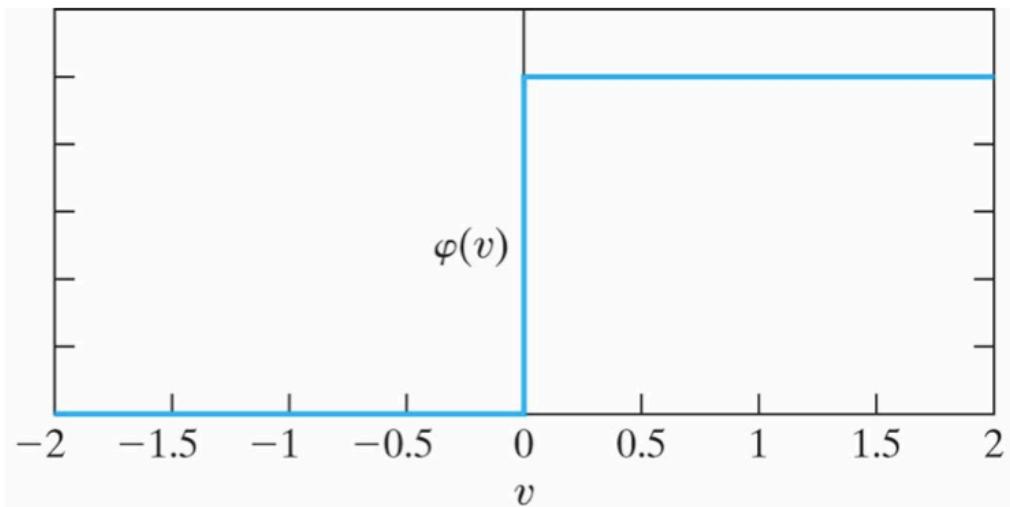
- a saída do neurônio  $k$ :

$$y_k = \begin{cases} 1 & \text{se } v_k \geq 0 \\ 0 & \text{se } v_k < 0 \end{cases} \quad \text{sendo} \quad v_k = \sum_{j=1}^m w_{kj}x_j + b_k$$

# Funções de Ativação

- Neurônio de McCulloch-Pitts (1943):

$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 & \text{se } v \geq 0 \\ 0 & \text{se } v < 0 \end{cases}$$



# Funções de Ativação

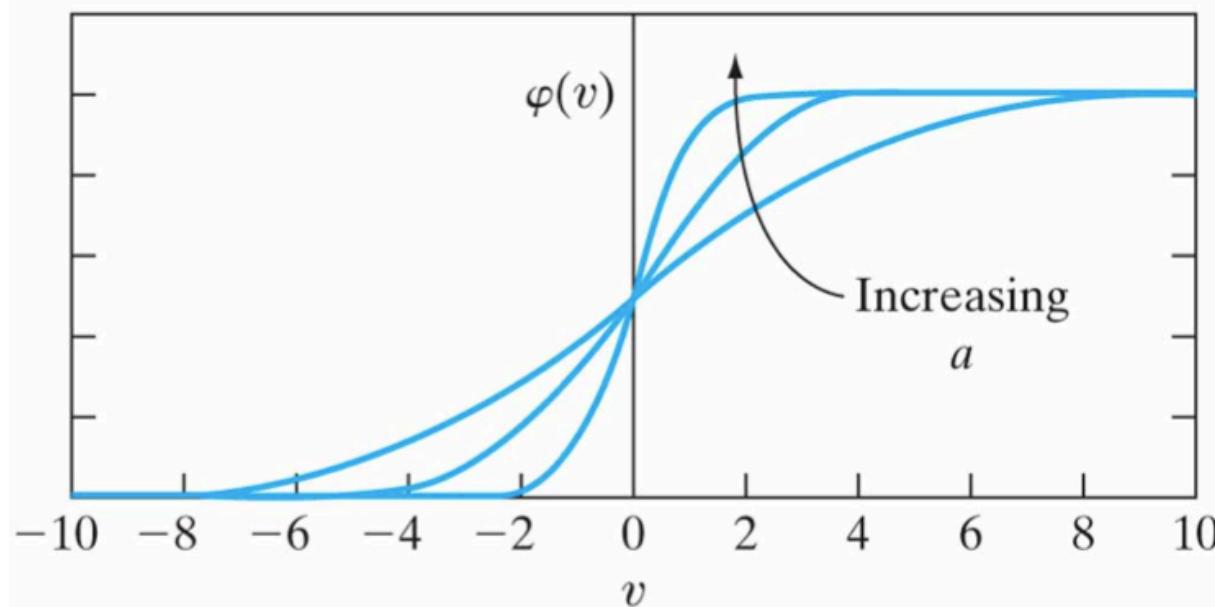
- Função sigmoidal : forma mais comumente utilizada.
  - exemplo: função logística

$$\varphi(v) = \frac{1}{1 + \exp(-av)}$$

- o parâmetro  $a$  define a inclinação da função sigmoidal

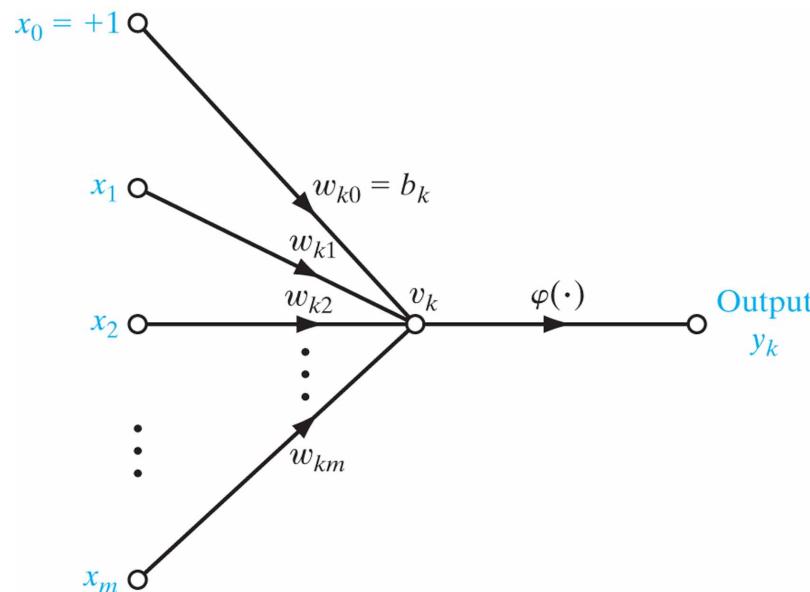
# Funções de Ativação

- Sigmoidal logística:  $\varphi(v) = \frac{1}{1 + \exp(-av)}$



# Representação

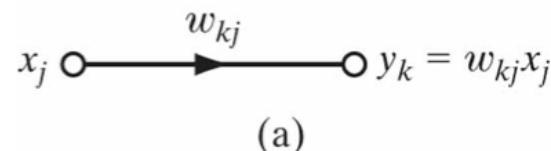
- Rede Neural é representada como um **grafo direto**
  - 3 regras básicas



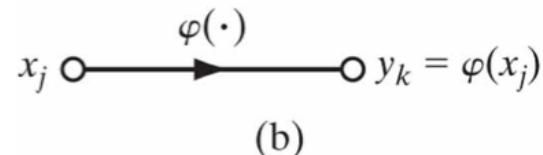
# Representação

- **Regra 1:** o sinal flui em somente uma direção, representada pela seta que descreve a conexão

- (a) links sinápticos: relação linear entre a entrada e saída

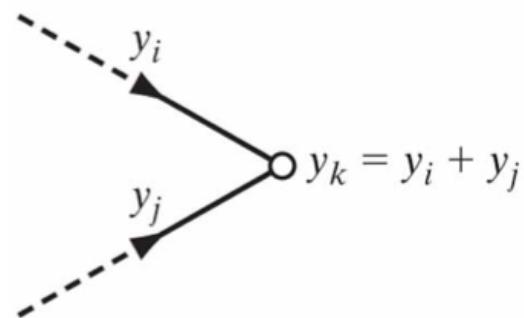


- (b) links de ativação: relação não linear entre a entrada e saída



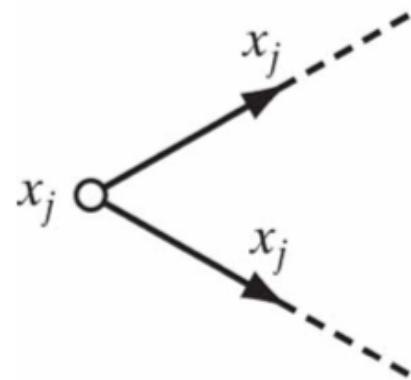
# Representação

- **Regra 2:** um sinal em um nó é igual a soma algébrica de todos os sinais entrando no nó:



# Representação

- **Regra 3:** o sinal em um nó é transmitido para todos os links de saída originários naquele nó



# Representação

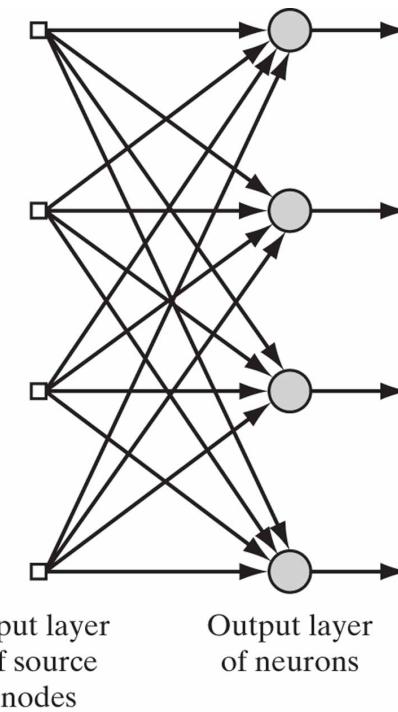
- Exemplo (MLP):

# Arquiteturas

- A maneira como os neurônios são estruturados (arquitetura) tem relação direta em como a rede neural é treinada:
  - **A)** Redes Neurais de uma camada
  - **B)** Redes Neurais de múltiplas camadas
  - **C)** Redes Neurais recorrentes

# Arquiteturas

- **A) Redes neurais de uma camada**
- Neurônios organizados em camadas:
  - entrada (dados)
  - saída

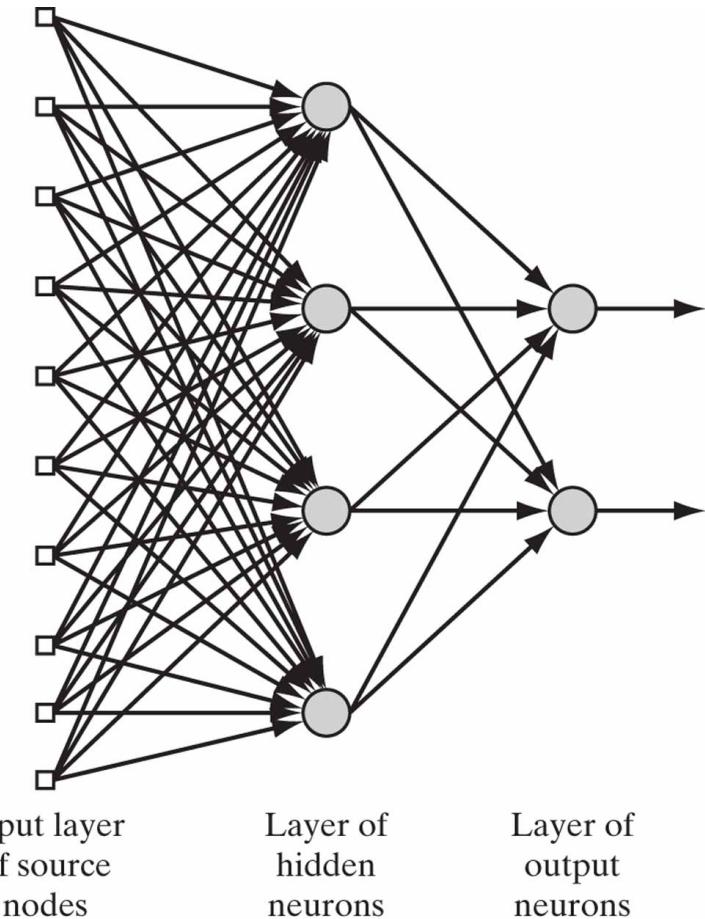


# Arquiteturas

- **B) Redes neurais de múltiplas camadas**
- Camadas escondidas:
  - extratores de estatísticas de mais alta ordem
- Neurônios de uma camada têm como entradas sinais provenientes apenas dos neurônios das camadas anteriores

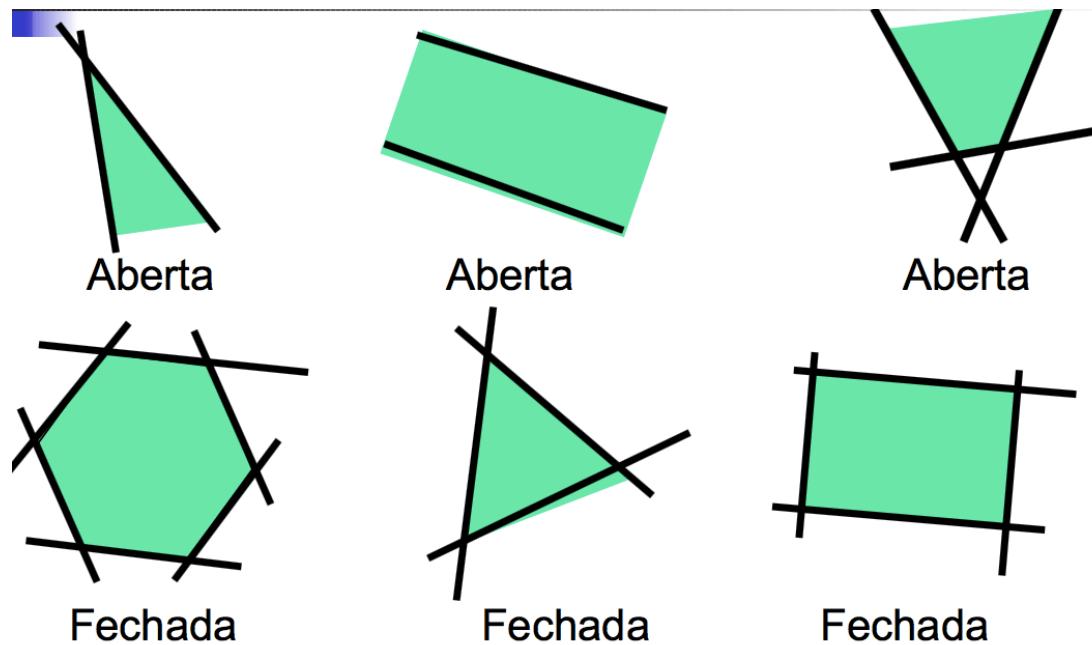
# Arquiteturas

- **B) Redes neurais de múltiplas camadas**
- podem ser:
  - totalmente ou;
  - parcialmente conectadas



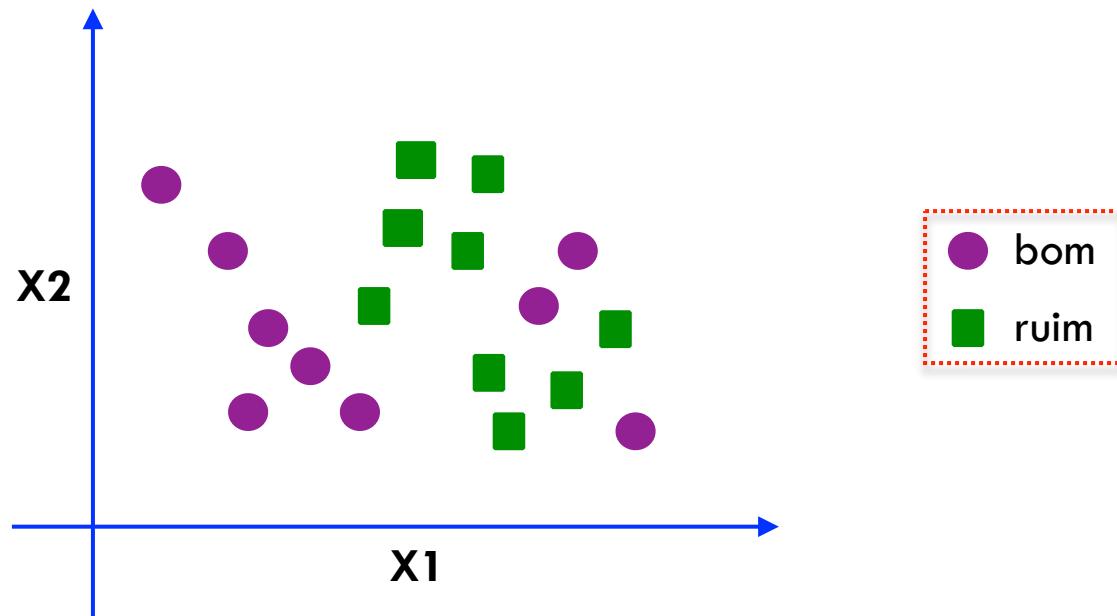
# Arquiteturas

- Múltiplas camadas: combinações de hiperplanos



# Arquiteturas

- Múltiplas camadas: combinações de hiperplanos



Tarefa preditiva  
(**Classificação**/  
Regressão)

# Arquiteturas

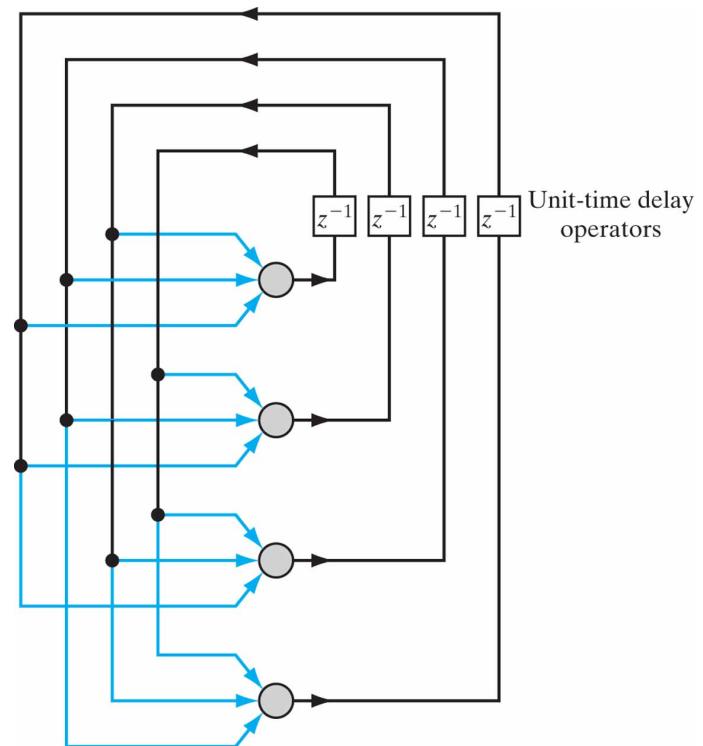
## □ C) Redes Neurais Recorrentes

- Possuem retroalimentação
- Saídas dos neurônios podem servir de entrada para outros neurônios e também para o próprio neurônio corrente
- Podem ou não ter neurônios escondidos

# Arquiteturas

## □ C) Redes Neurais Recorrentes

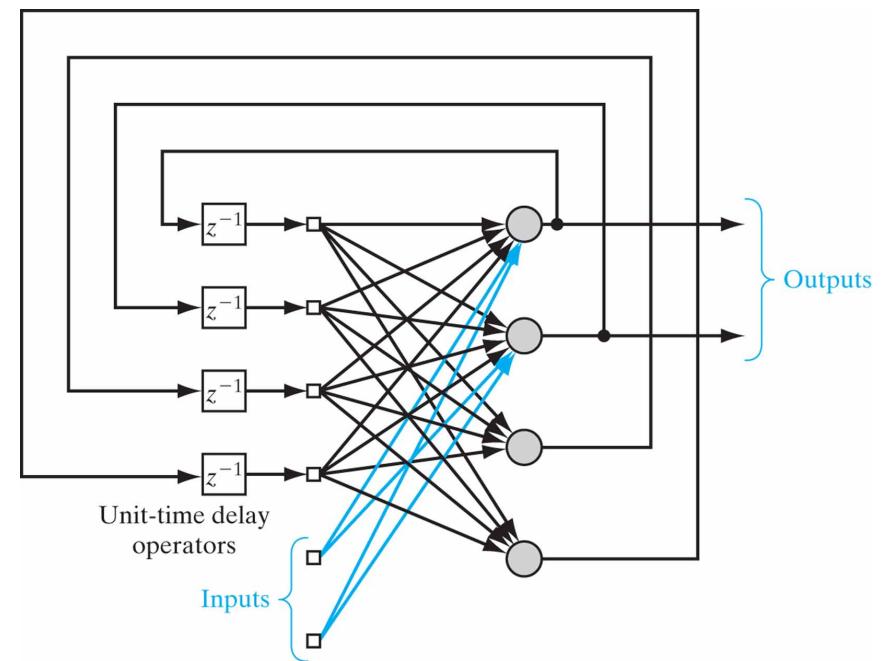
- sem neurônios escondidos
- sem auto retroalimentação



# Arquiteturas

## □ C) Redes Neurais Recorrentes

- com neurônios escondidos
- com auto retroalimentação



# Aprendizado

- Tipos de aprendizado
  - por correção de erro (regra delta)
  - baseado em memória
  - Hebbiano
  - Competitivo

# Roteiro

- 1 Introdução / Motivação**
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado**
- 3 Benefícios**
- 4 Neurônio Artificial**
- 5 Modelagem de Redes Neurais**
- 6 Síntese / Próximas Aulas**
- 7 Referências**

# Síntese/Revisão

- Paradigma Conexionista
- Redes Neurais Artificiais
- Inspiração Biológica (estrutura do cérebro)
- Neurônio artificial
- Funções de Ativação
- Topologias
- Algoritmos de Aprendizado

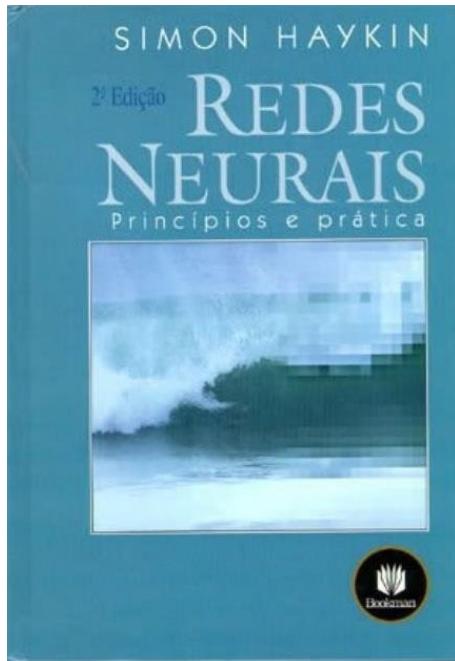
# Próximas Aulas

- Perceptron Simples
  - regra Delta
  - prática: AT01
- Perceptron Multi-camadas (MLPs)
  - Retropropagação (*Backpropagation*)
  - prática: AT02

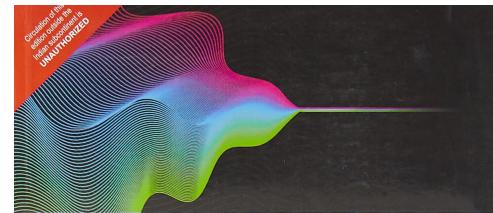
# Roteiro

- 1 Introdução / Motivação**
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado**
- 3 Benefícios**
- 4 Neurônio Artificial**
- 5 Modelagem de Redes Neurais**
- 6 Síntese / Próximas Aulas**
- 7 Referências**

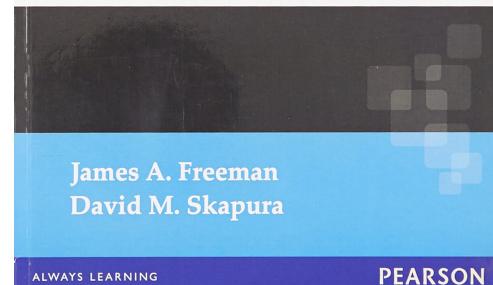
# Literatura Sugerida



(Haykin, 1999)



**Neural Networks**  
Algorithms, Applications and  
Programming Techniques



(Freeman & Skapura, 1991)

# Perguntas?

Prof. Rafael G. Mantovani

[rgmantovani@gmail.com](mailto:rgmantovani@gmail.com)