

MÉTODOS E MODELOS AVANÇADOS EM CIÊNCIA DE DADOS

Aula 01 - Introdução às Redes
Neurais Artificiais

Prof. Rafael G. **Mantovani**

Roteiro

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

Introdução



Todas as vezes que um **quadro amarelo** for apresentado, imagem que sou eu (professor) fazendo algum comentário pontual sobre o conteúdo. OK? Então vamos lá :)

Introdução



- Quais os diferentes paradigmas da Inteligência Artificial?

Introdução

- Quais os diferentes paradigmas da Inteligência Artificial?
 - **Simbólico:** programas baseados em cálculo e raciocínio lógico (lógica proposicional, de 1 ordem, etc ...)
 - **Conexionista:** programas baseados no funcionamento do cérebro
 - **Evolucionista:** programas baseados na teoria evolucionista de Darwin, e genética de Mendel
 - **Inteligência de Enxame:** programas baseados no comportamento coletivo de animais, insetos, etc
 - **Ensembles:** combinação de algoritmos/modelos

Introdução

- Quais os diferentes paradigmas da Inteligência Artificial?
 - **Probabilístico:** programas baseados em probabilidade e estatística
 - **Multi-agente:** programas baseados no funcionamento de agentes inteligentes
 - **Híbrido:** combinação de dois (ou mais) dos tipos anteriores

Introdução

- Quais os diferentes paradigmas da Inteligência Artificial?

- **Simbólico:** programas baseados em cálculo e raciocínio

Nosso foco é o paradigma **Conexionista**: programas baseados no funcionamento do cérebro (neurologia).

- **Evolucionista:** programas baseados na teoria evolucionista de Darwin, e genética de Mendel
 - **Inteligência de Enxame:** programas baseados no comportamento coletivo de animais, insetos, etc
 - **Ensembles:** combinação de algoritmos/modelos

Introdução

Paradigma Conexionista



(cérebro)

Introdução

Paradigma Conexionista



(cérebro)

Algumas características (cérebro)

- * A computação (cálculos) é realizada diferentemente de um computador
- * é uma estrutura altamente complexa, não-linear e paralela
- * Muito eficiente para tarefas de reconhecimento de padrão, percepção, e controle motor (locomoção)

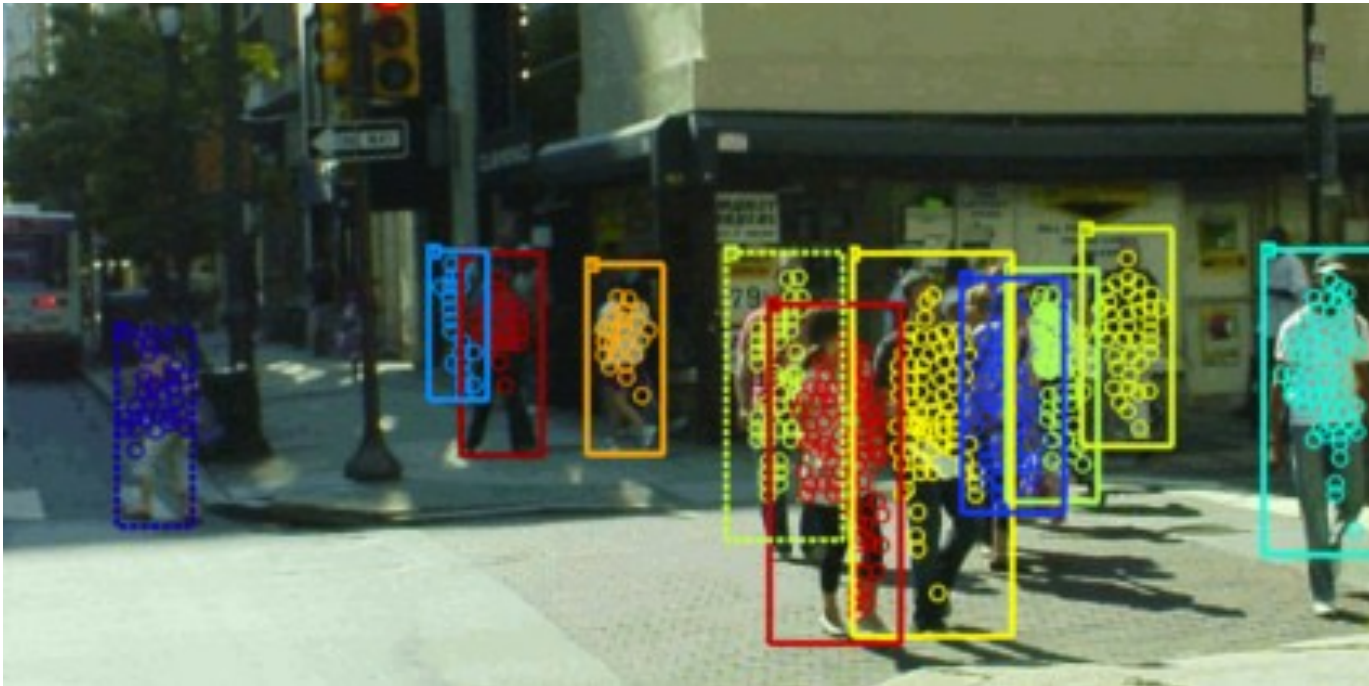
Introdução



Muito interessante, mas quais **tipos de tarefas** o cérebro nos ajuda a realizar?

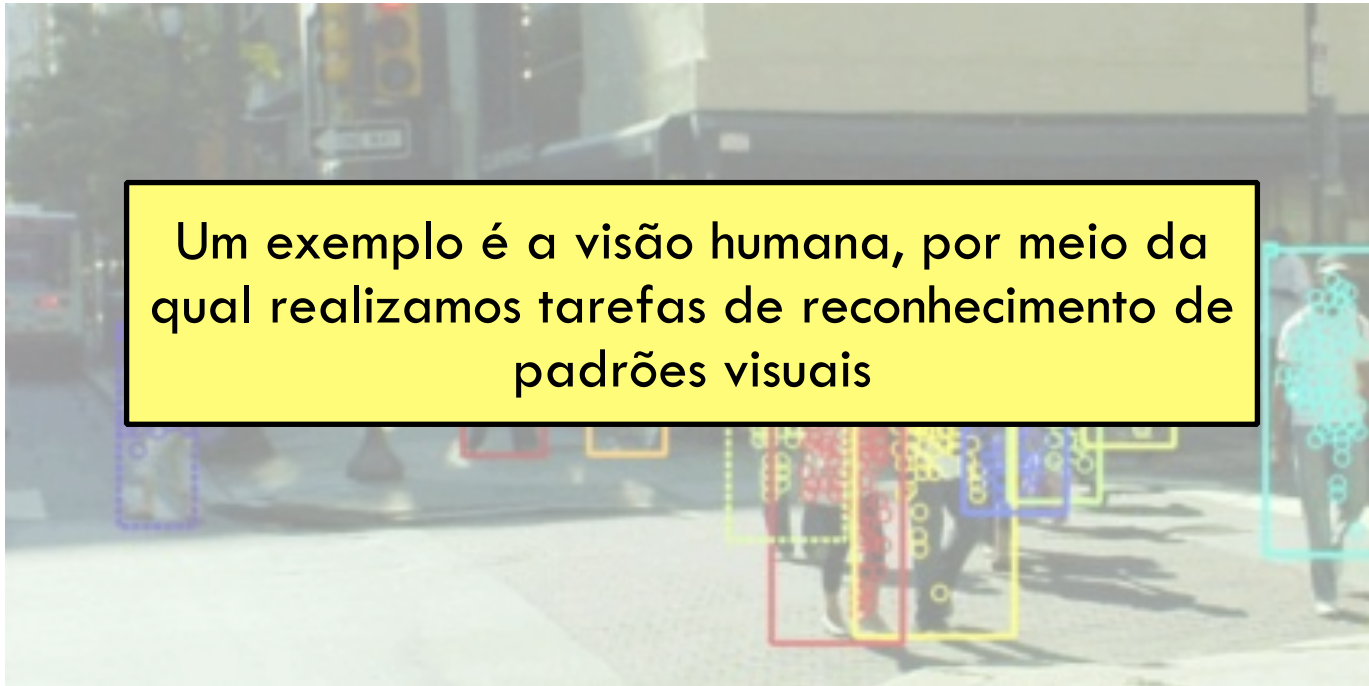
Introdução

- Visão humana



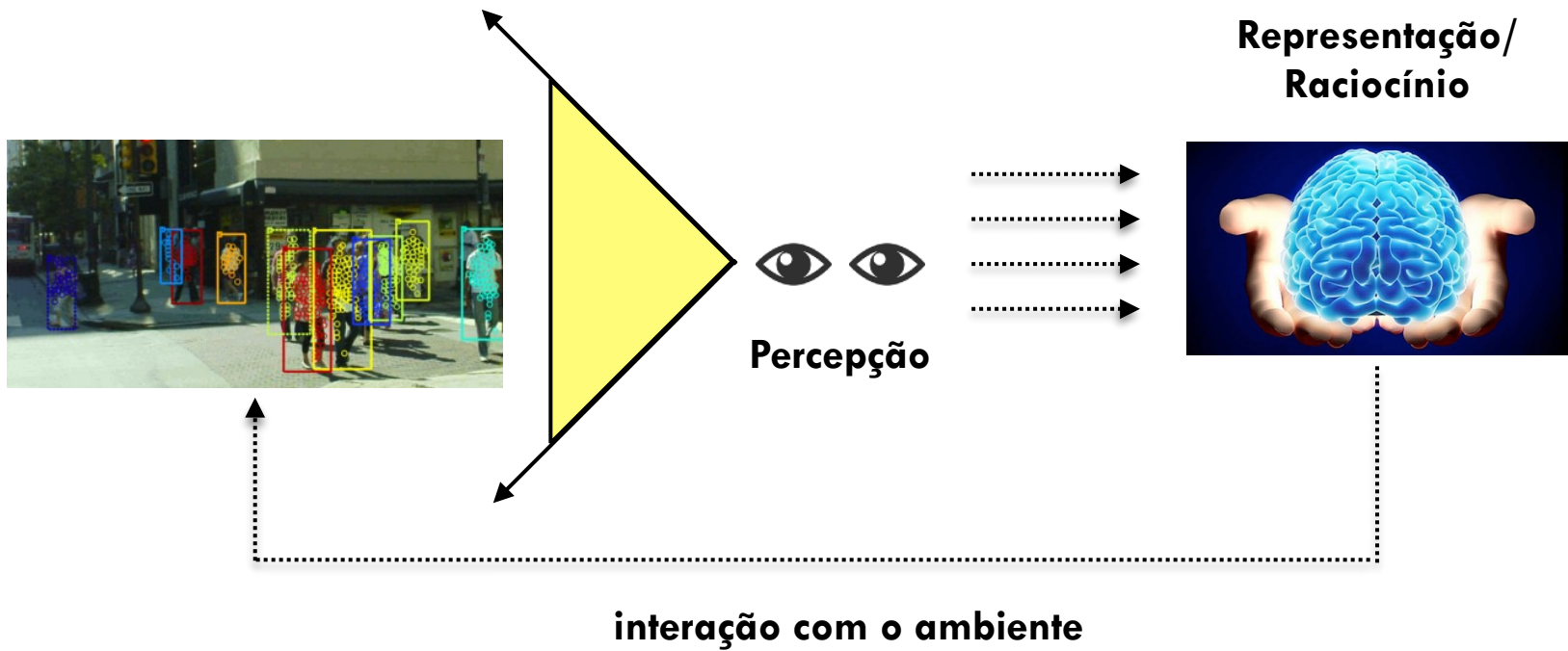
Introdução

- Visão humana



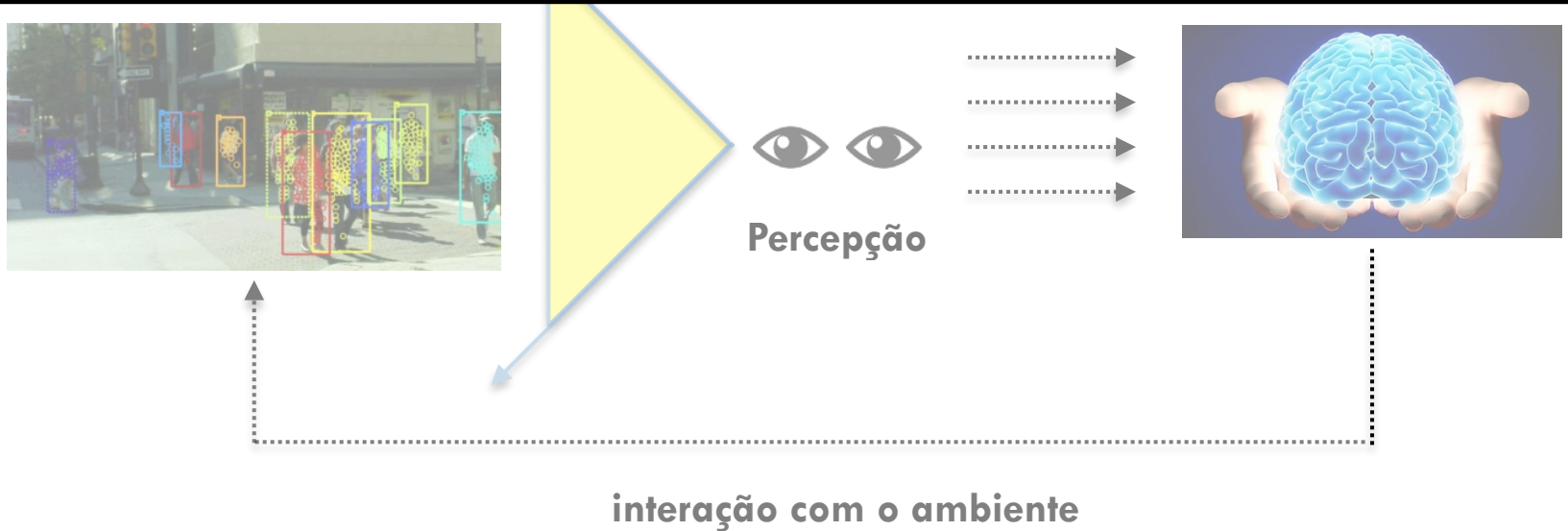
Introdução

□ Visão humana



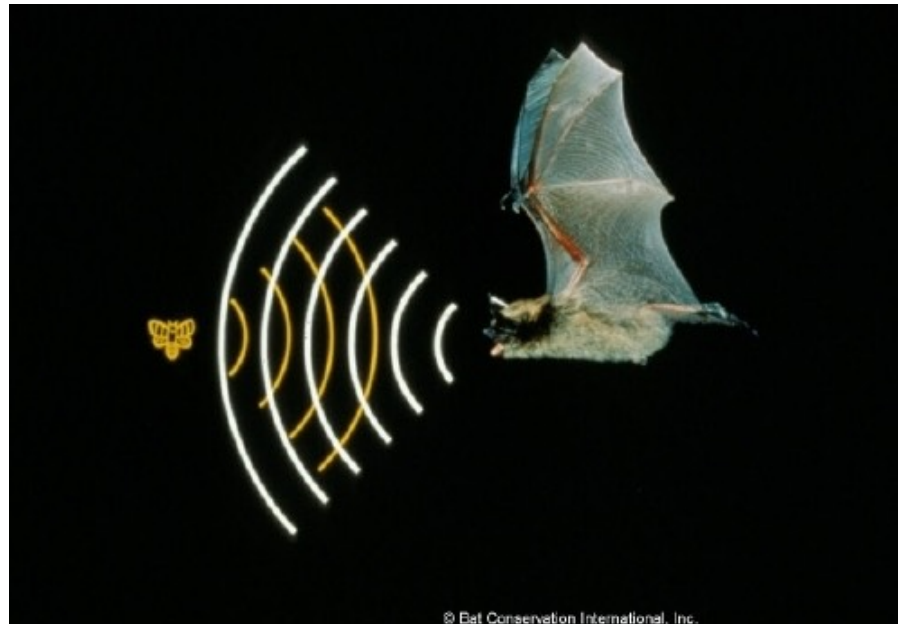
Introdução

Os olhos captam os estímulos visuais, isso é percebido e transmitido para o cérebro: que processa informação e dispara uma ação (movimento, etc). Isso se repete, a todo momento, num ciclo de **percepção-(re)ação**.



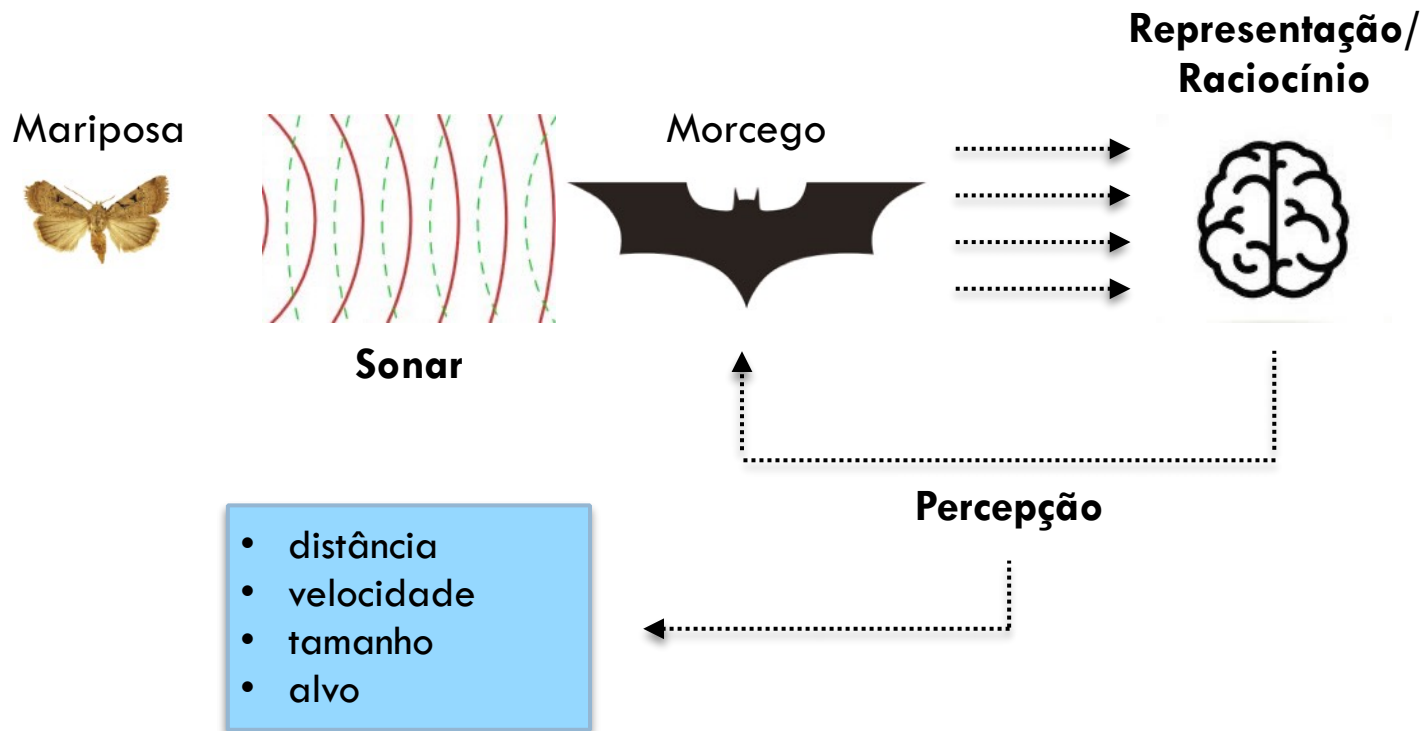
Introdução

- Outro exemplo: sonar morcego



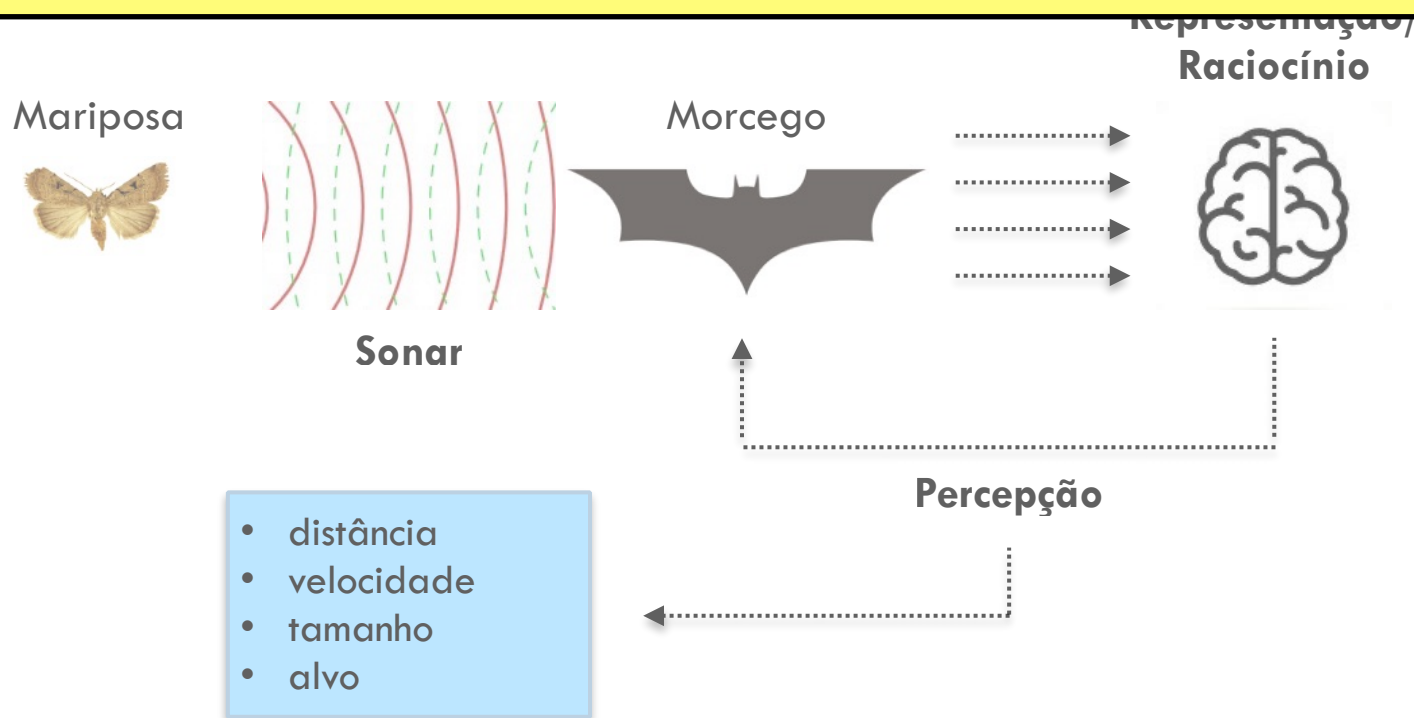
Introdução

□ Sonar morcego



Introdução

Por meio do som (sonar) o morcego percebe o ambiente, processa essas informações e consegue agir/reagir ao ambiente.



Introdução



Como o cérebro faz tudo isso?

Introdução

□ Plasticidade

- Característica nata do cérebro
- Existe uma estrutura/habilidade para aprender com **experiência**
- Capacidade do sistema nervoso se **adaptar** ao ambiente.

□ Importante:

- Neurônios artificiais também apresentem as mesmas características dos neurônios biológicos.

Introdução



Aplicações reais que usam Redes Neurais
Artificiais (RNAs):

Introdução



Carros autônomos
(Tesla, ...)



Processamento de textos
(corretores de texto,
tradutores)



Reconhecimento de imagens



Processamento de Sinais
(Alexa, Siri, etc)

Introdução



**Sistemas para
Diagnóstico Médico**
(Clínica geral, Covid, etc)



Bioinformática
(identificar proteínas)



Sistemas de recomendação
(Serviços de Streaming,
e-commerce, Ad-ons, etc)



Deteção de fraudes
(clonagem de cartão,
contas indevidas ...)

Roteiro

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

Redes Neurais Artificiais

- **Rede Neural Artificial (RNA)**
 - é um modelo computacional
 - que mimetiza a forma como o cérebro realiza uma tarefa
 - por meio de neurônios artificiais e algoritmos de aprendizado

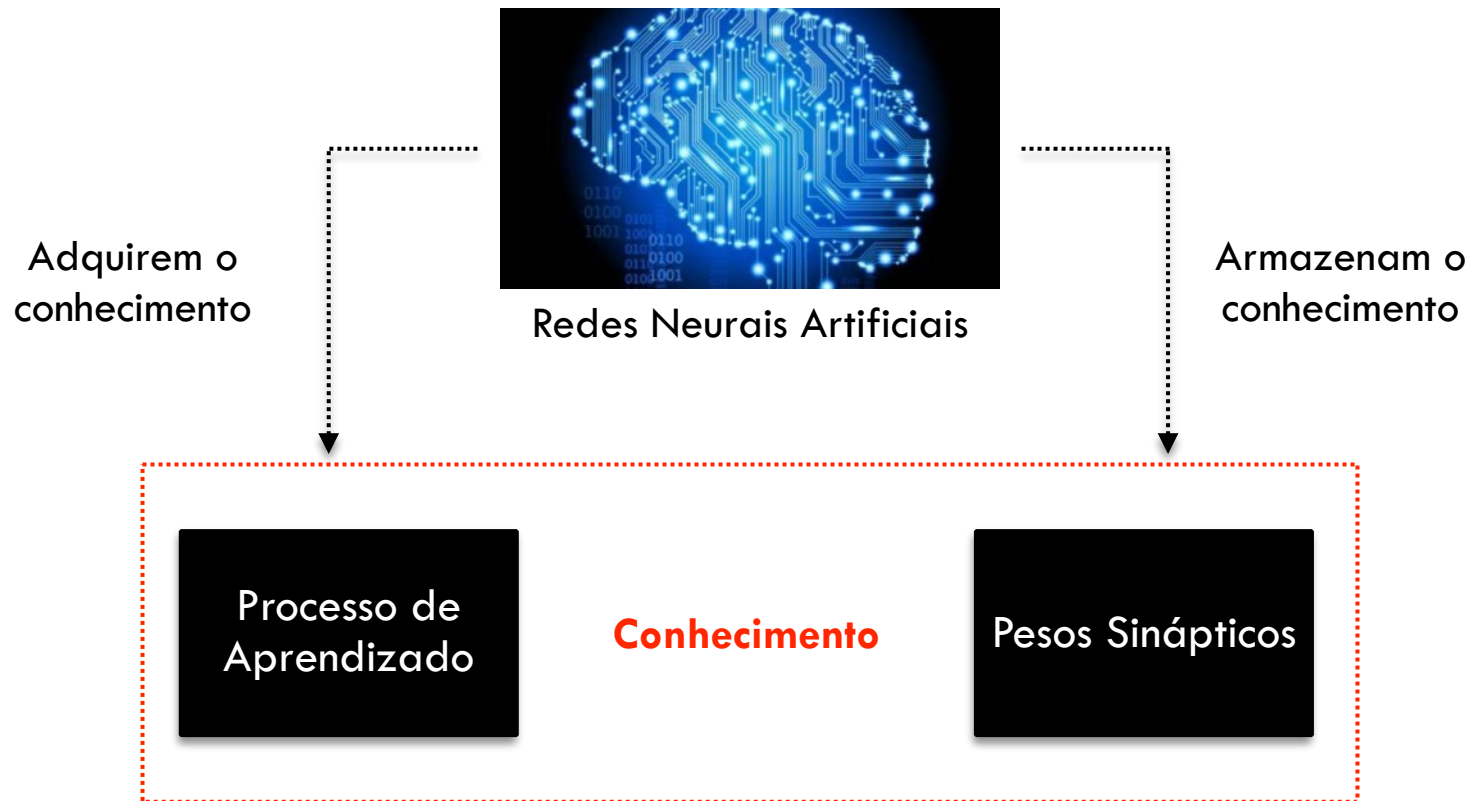
Redes Neurais Artificiais

□ Rede Neural Artificial (RNA)

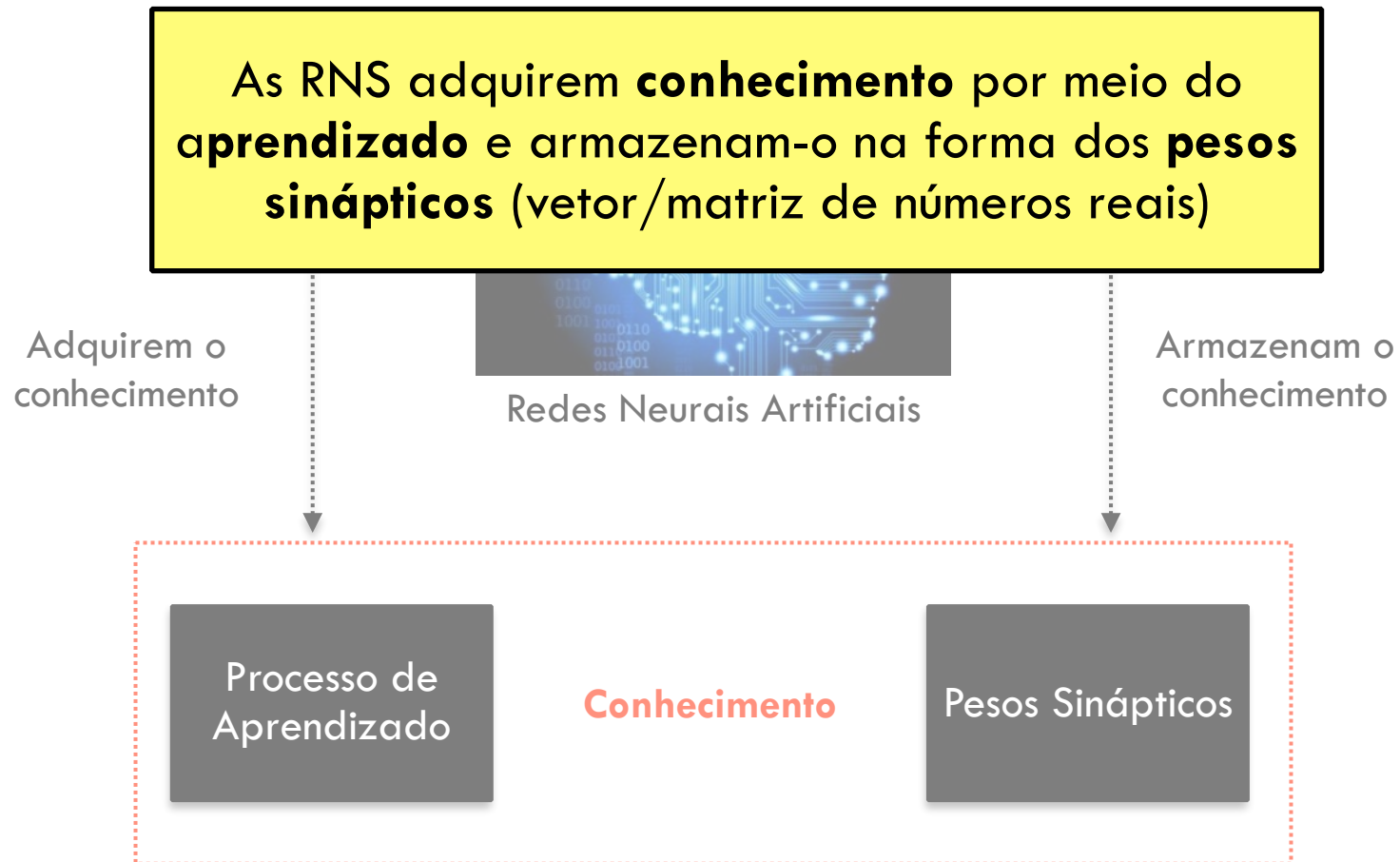
- é um modelo computacional
- que mimetiza a forma como o cérebro realiza uma tarefa
- por meio de neurônios artificiais e algoritmos de aprendizado

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



Redes Neurais Artificiais

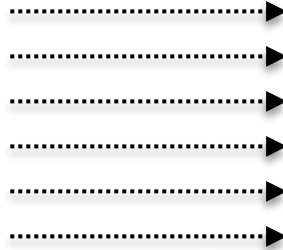


RNAs: inspiração biológica

- Replicar a função biológica



ave



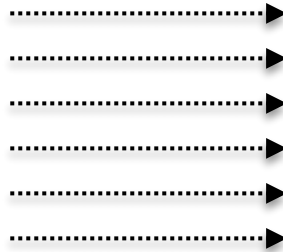
avião

RNAs: inspiração biológica

- Replicar a função biológica



ave

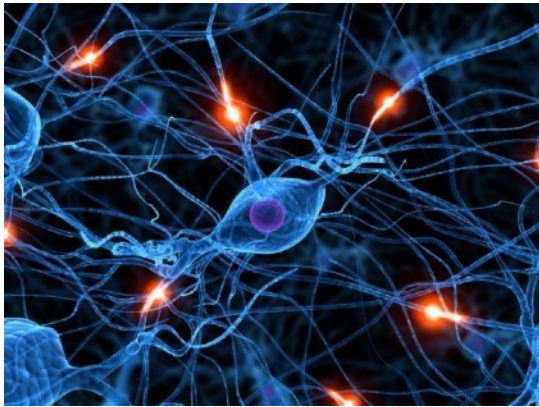


avião

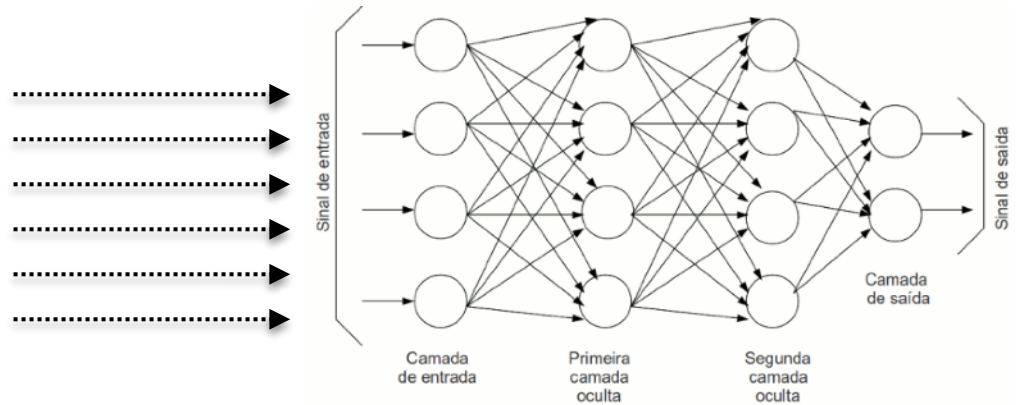
Frequentemente, nós seres humanos, desenvolvemos tecnologias nos inspirando em coisas da natureza.

RNAs: inspiração biológica

- Replicar a função biológica



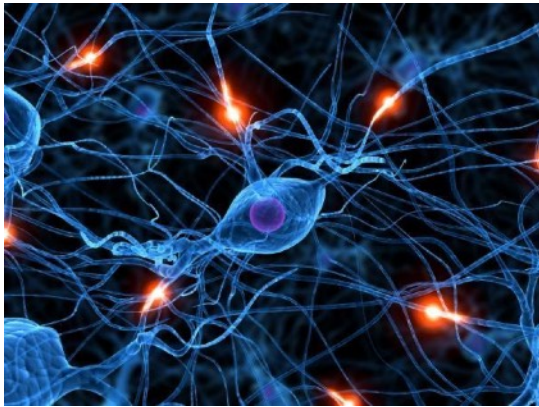
Rede neural biológica



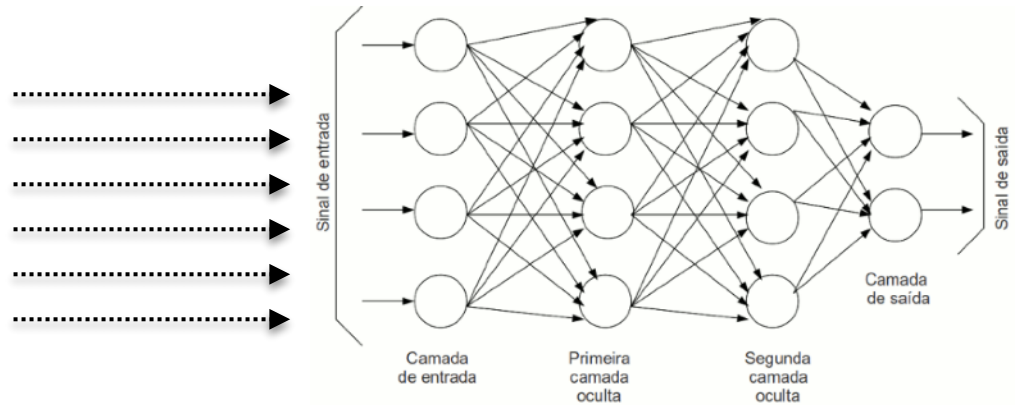
Rede neural artificial

RNAs: inspiração biológica

- Replicar a função biológica



Rede neural biológica



Rede neural artificial

○ mesmo acontece observando o cérebro,
gerando as RNAs.

Aprendizado



E como as RNAs **aprendem**?

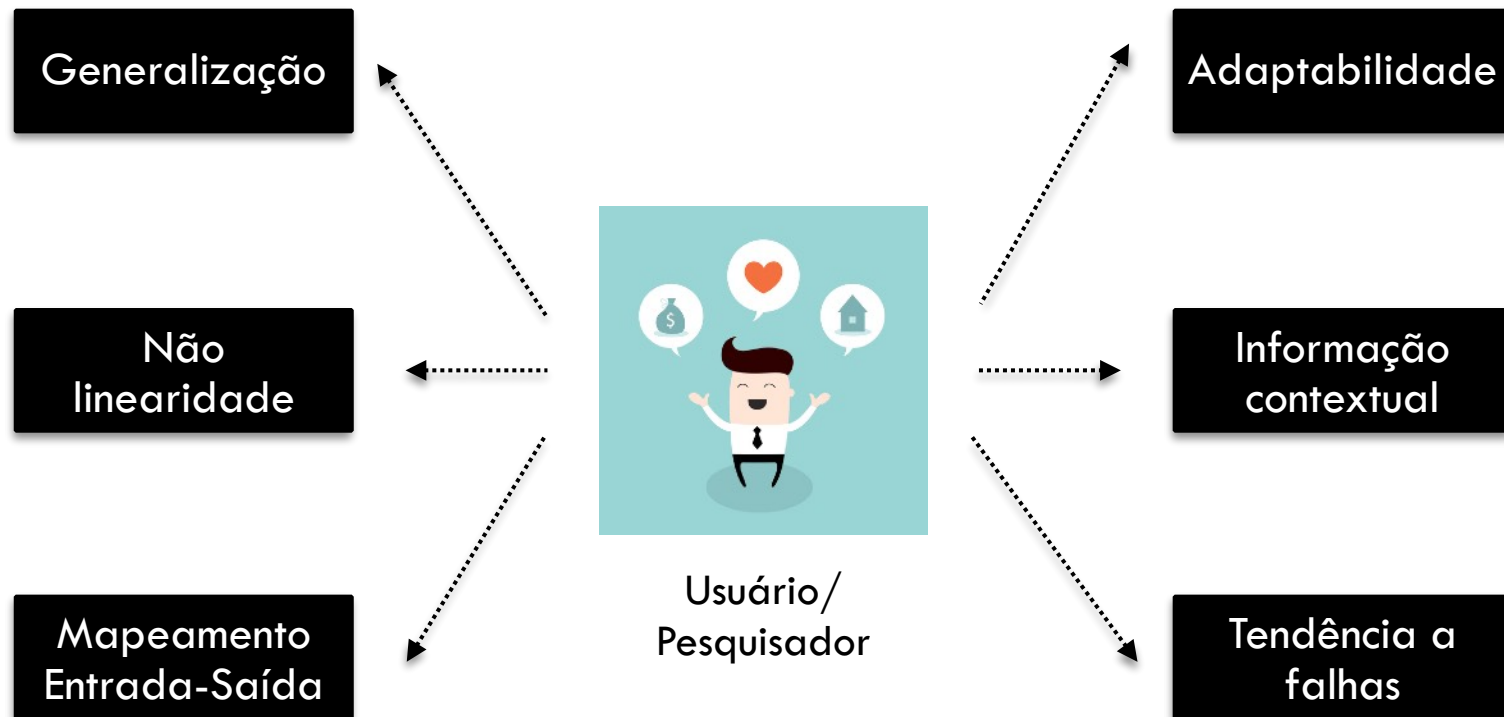
Aprendizado

- Algoritmo de Aprendizado:
 - cuja função é **modificar os pesos sinápticos (intensidade dos sinais)** da rede, de maneira a ajustá-los para cumprir o objetivo desejado
- Também é possível que uma rede modifique sua própria **topologia (estrutura)** durante o aprendizado
 - quando células morrem, novas conexões são criadas
 - Exemplo: pessoas q sofrem lesões graves, mas reaprendem a executar algumas tarefas

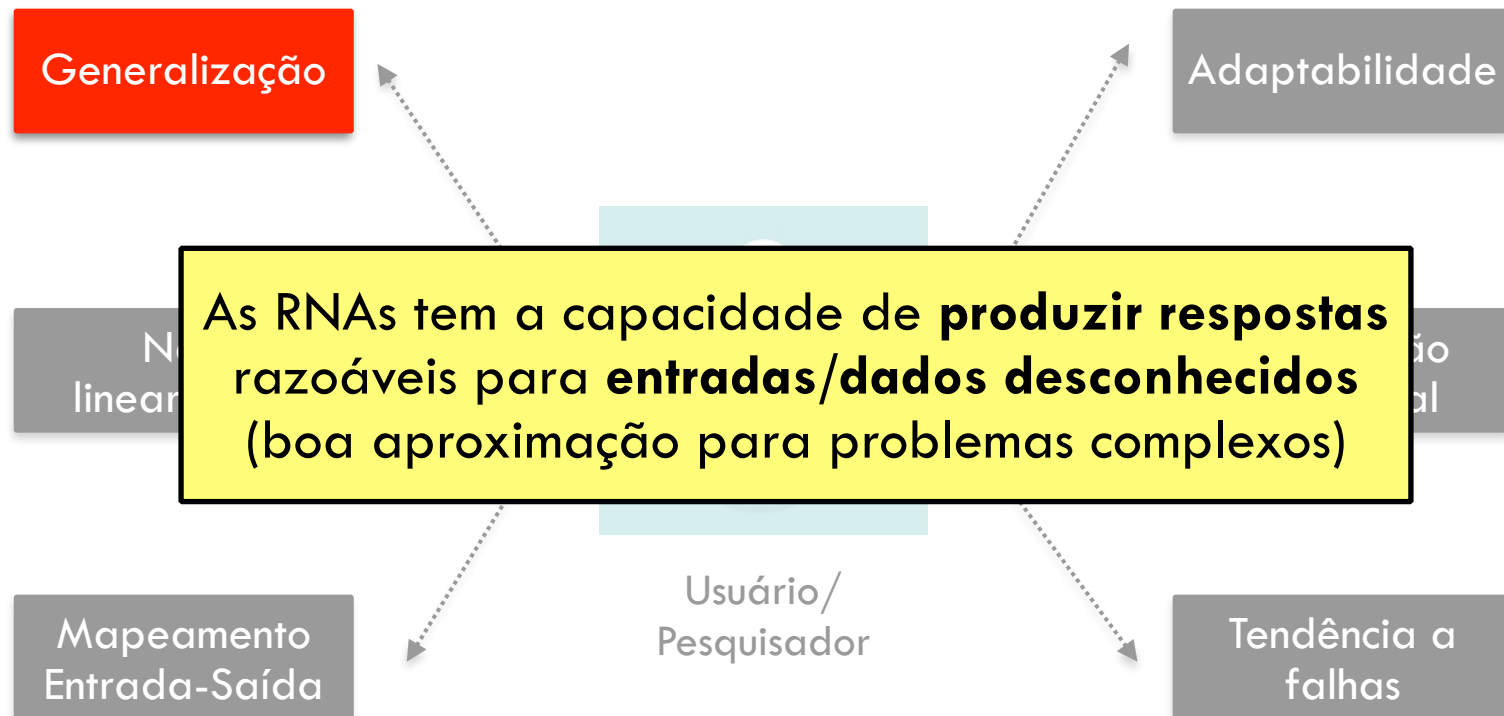
Roteiro

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

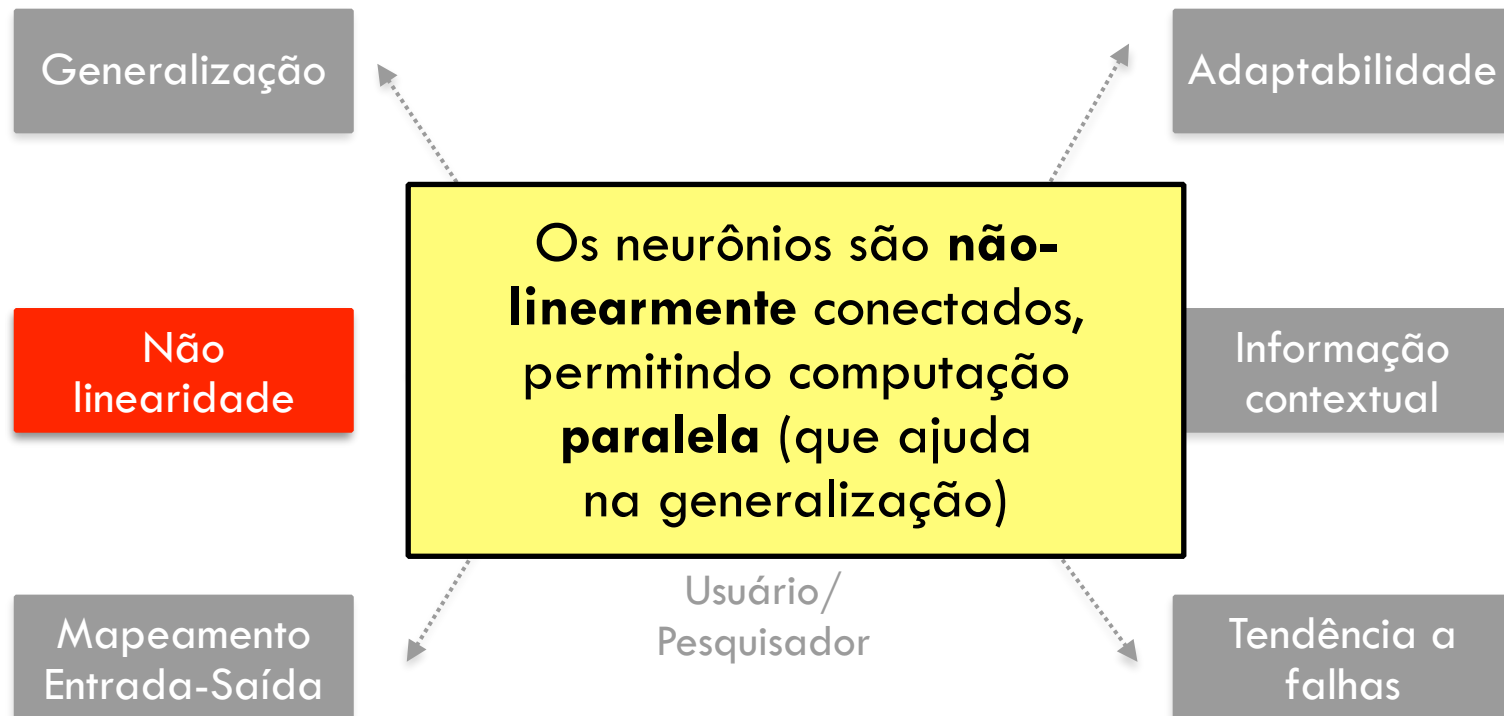
Benefícios/Características



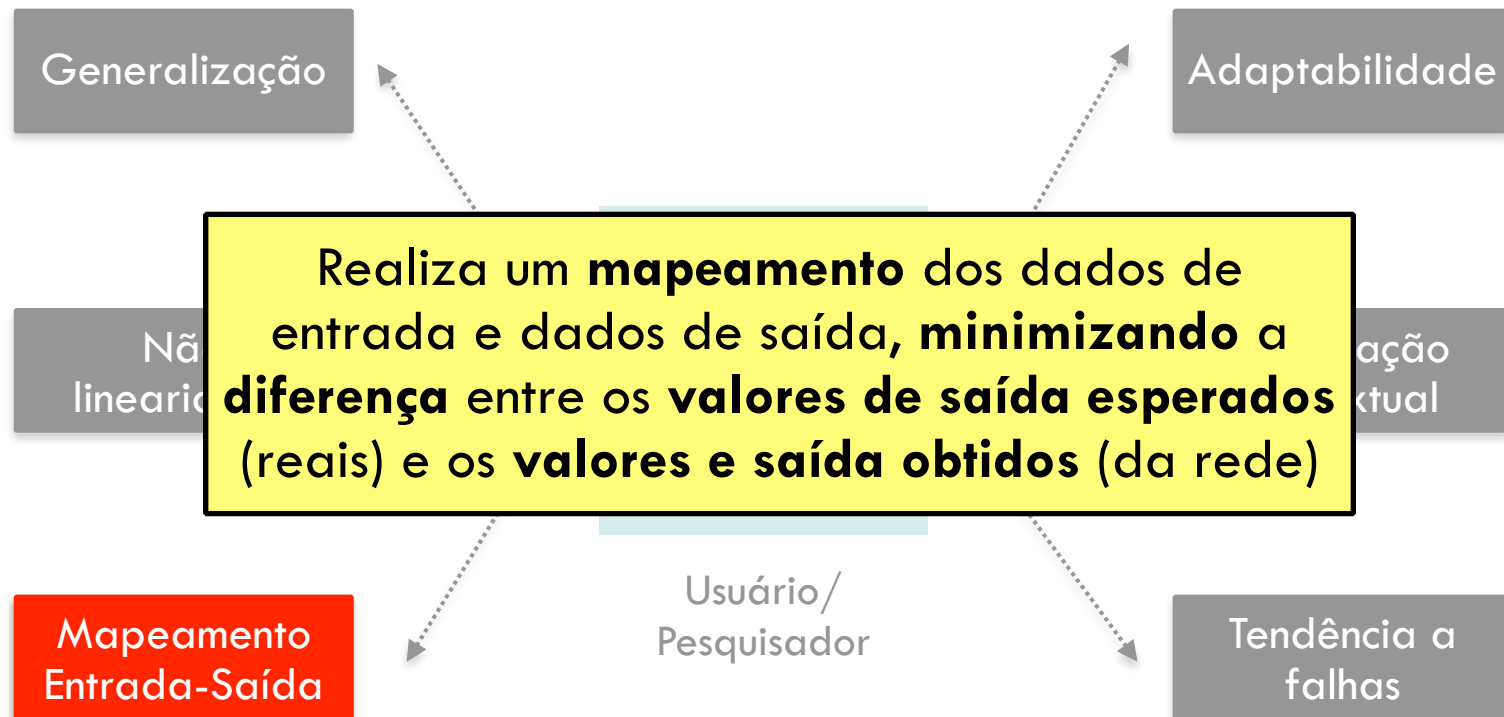
Benefícios/Características



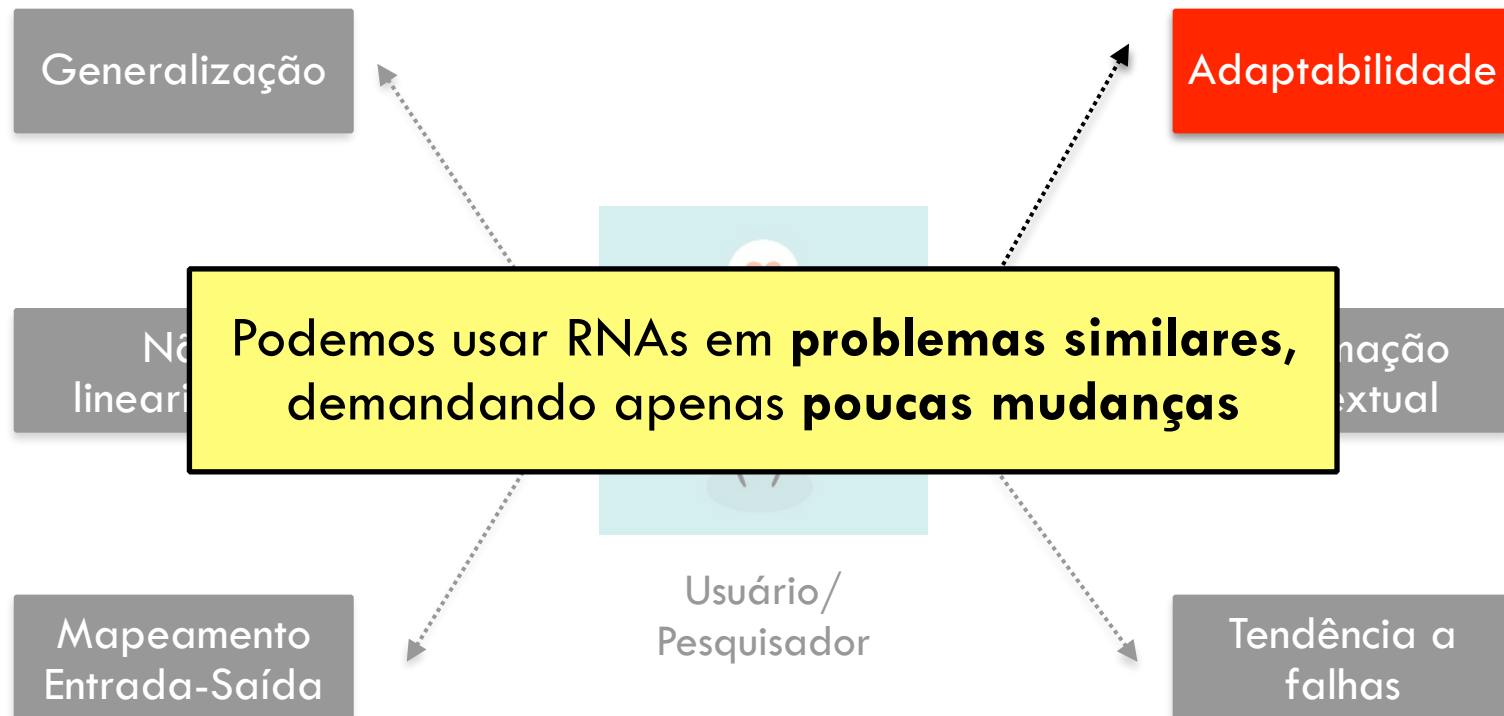
Benefícios/Características



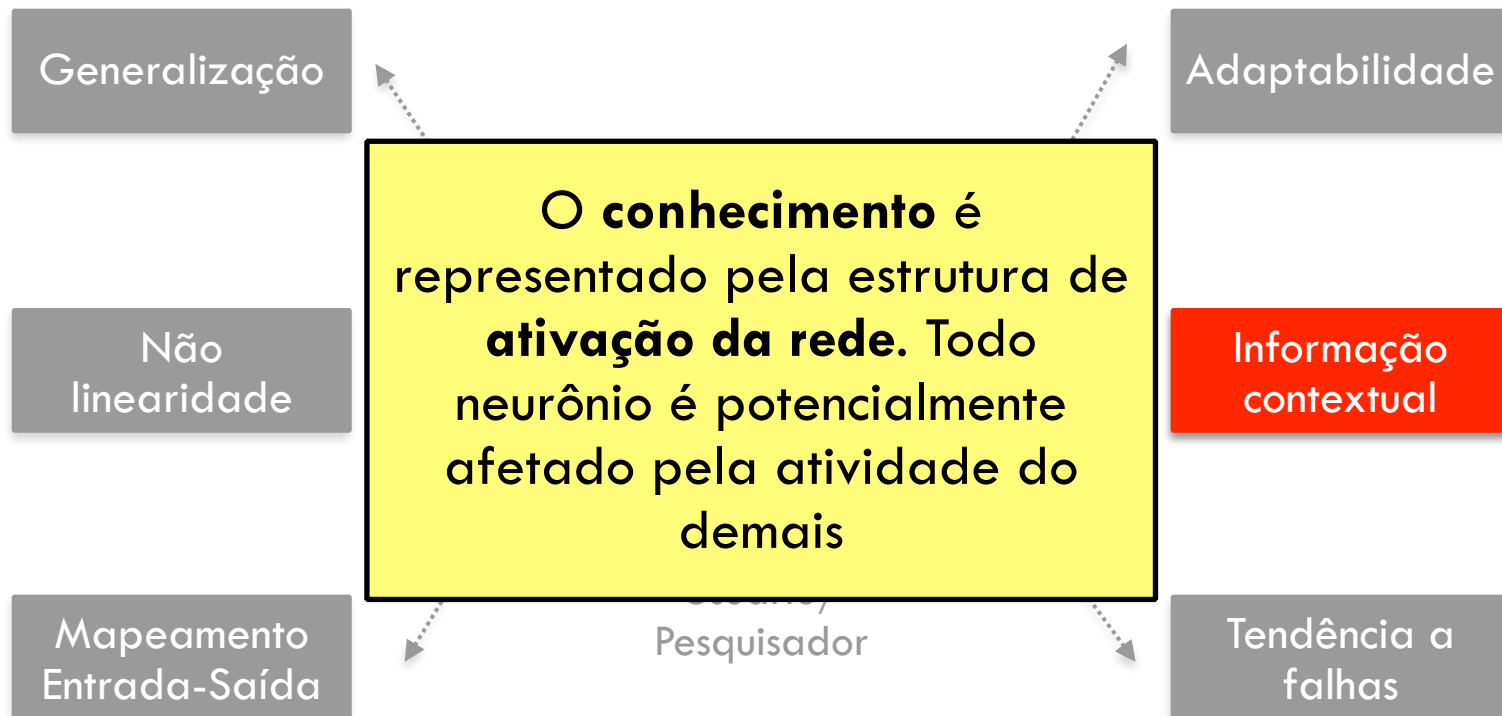
Benefícios/Características



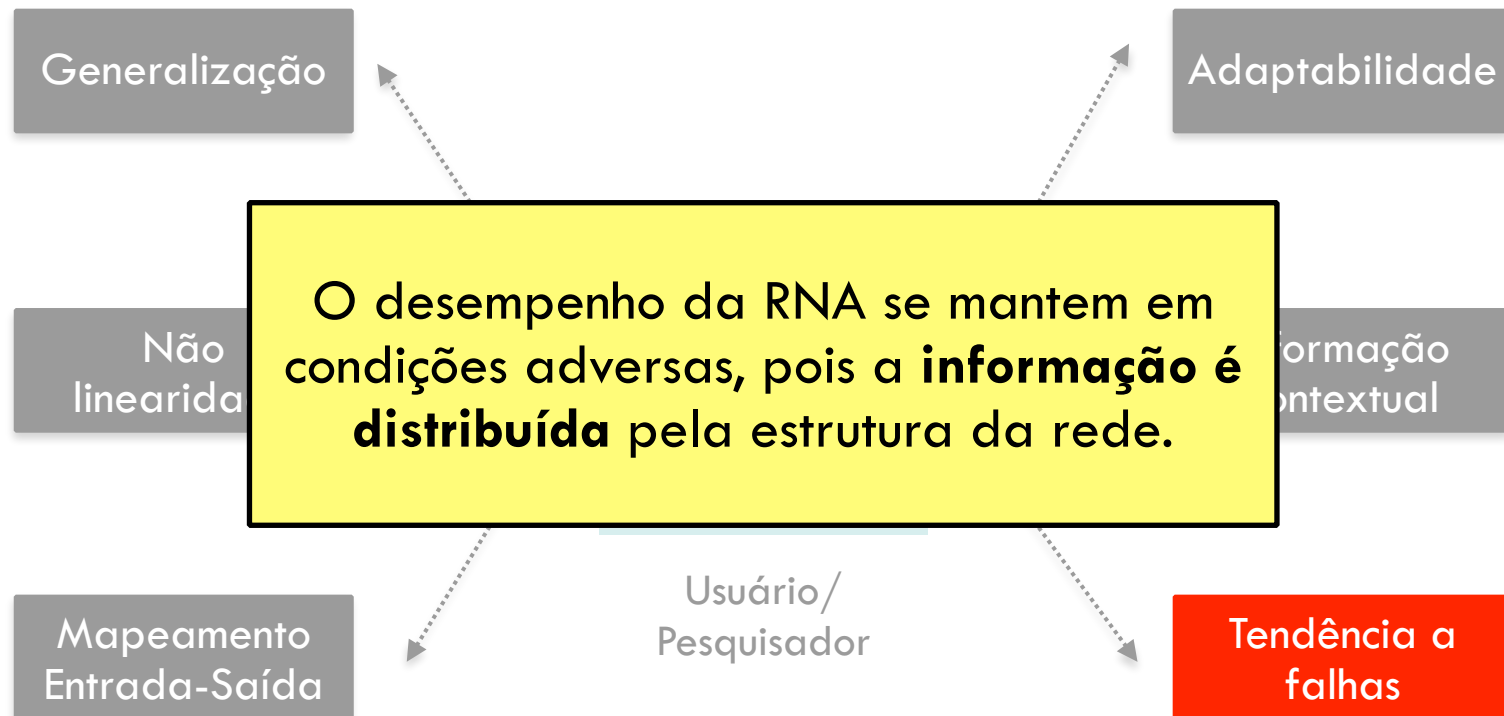
Benefícios/Características



Benefícios/Características



Benefícios/Características



Roteiro

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

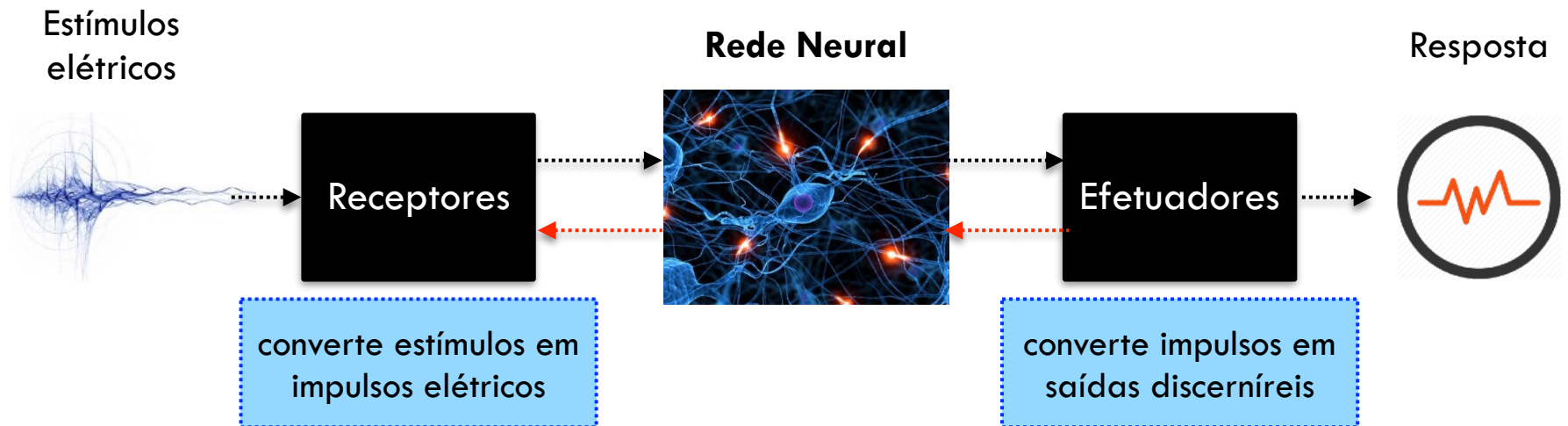
Neurônio Artificial



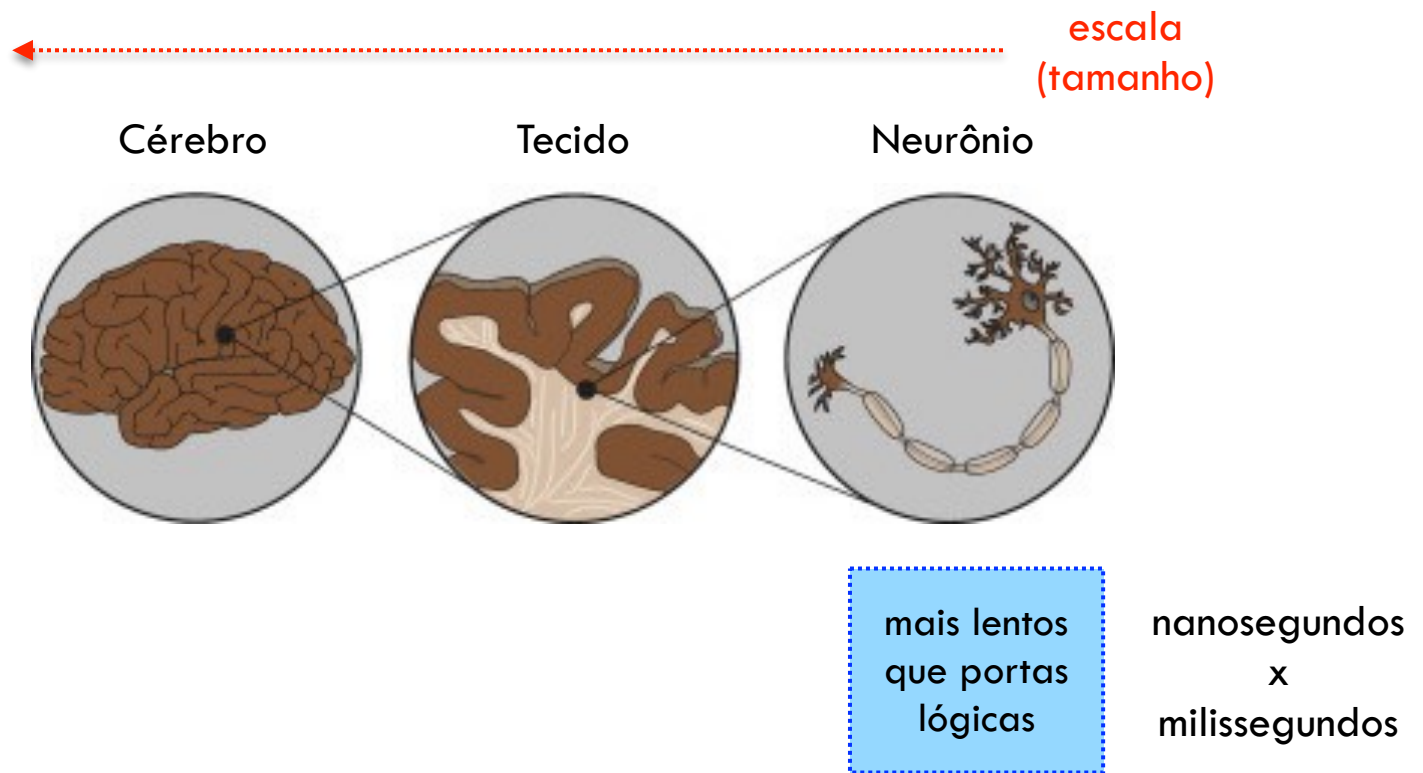
Mas como iremos codificar/representar um
neurônio artificial?

Vamos nos inspirar na biologia :)

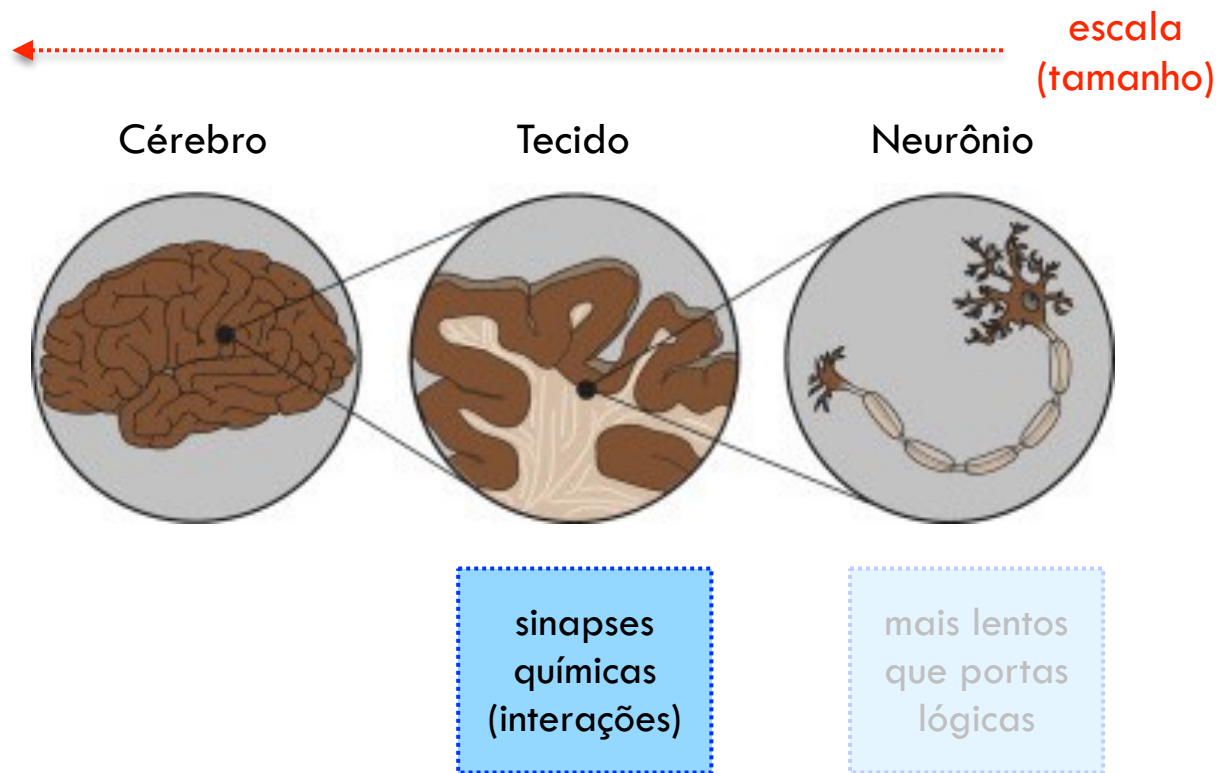
Cérebro Humano



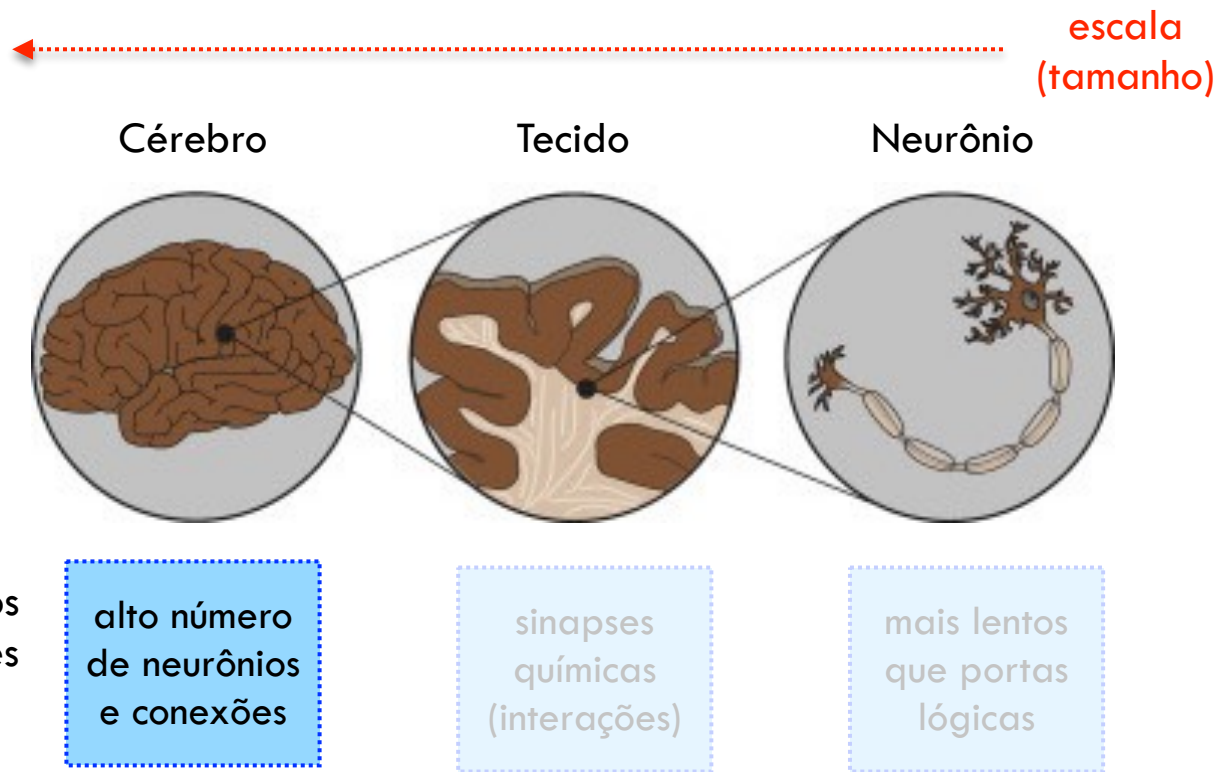
Cérebro Humano



Cérebro Humano

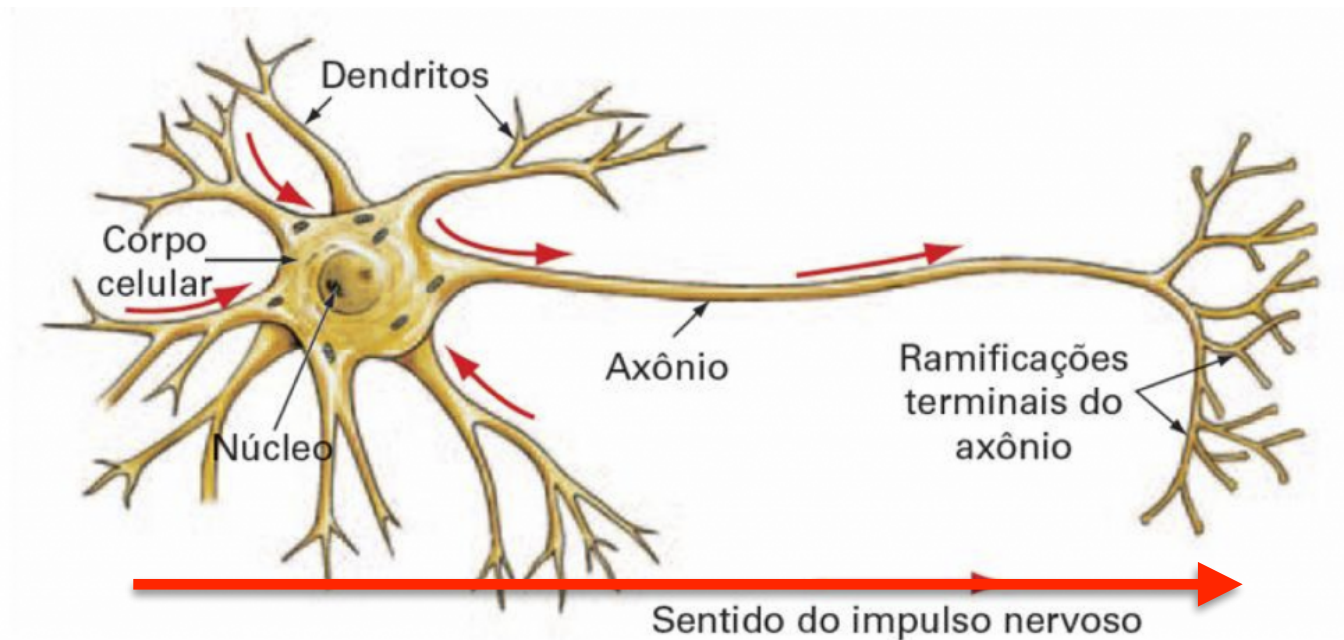


Cérebro Humano



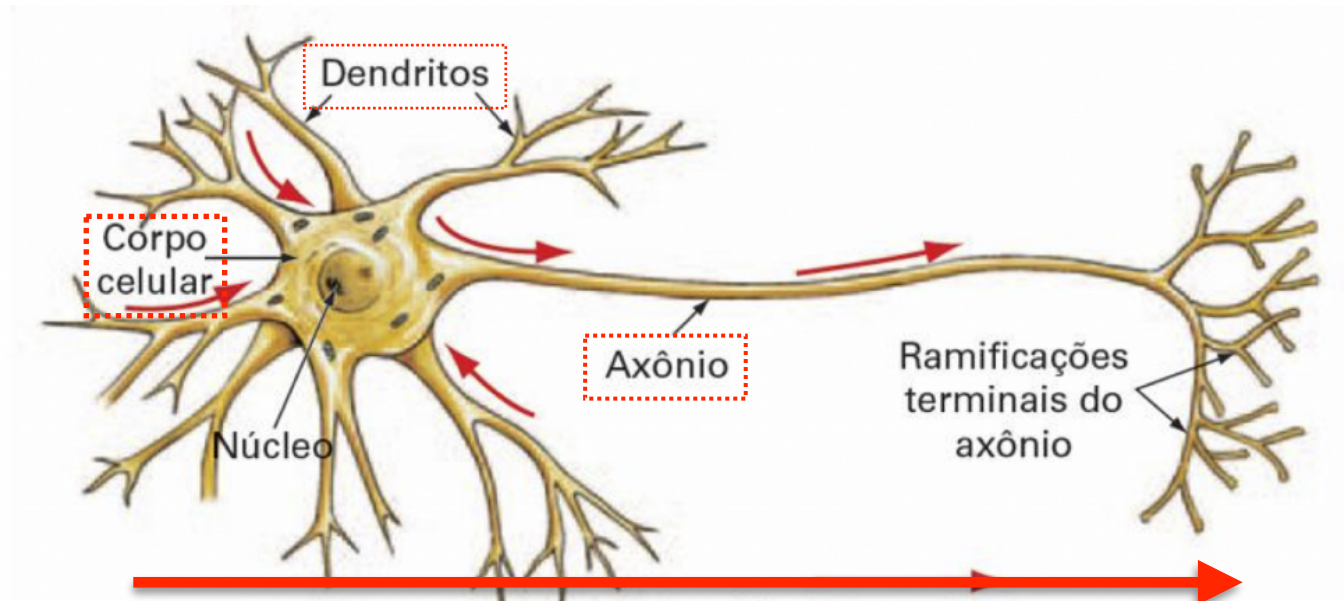
Cérebro Humano

□ Neurônio biológico



Cérebro Humano

□ Neurônio biológico



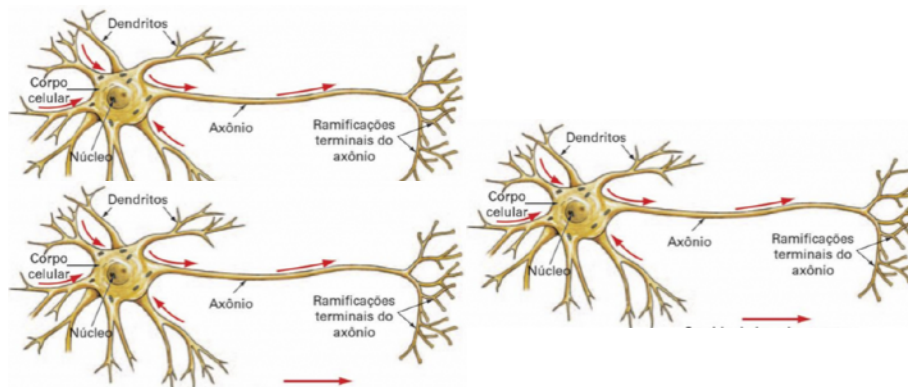
Axônios: linhas de transmissão

Dendritos: zonas de recepção

Corpo Celular (Soma): processamento dos sinais

Cérebro Humano

□ Neurônio biológico

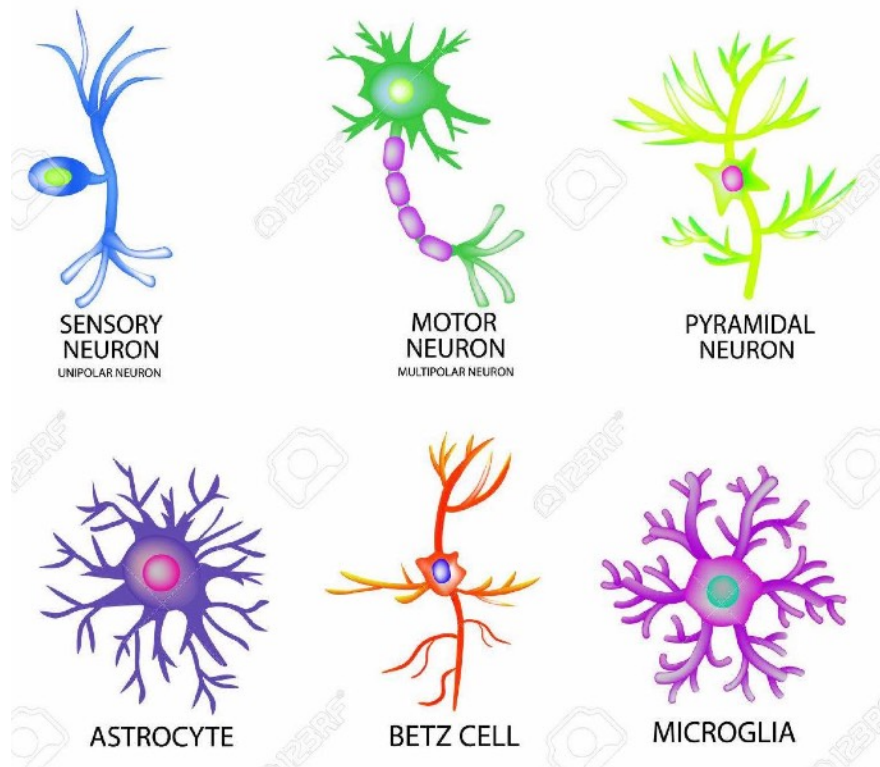


Sentido do sinal

As ramificações do **axônio** de um neurônio se conectam nos **dendritos** de outro neurônio, e assim por diante ...

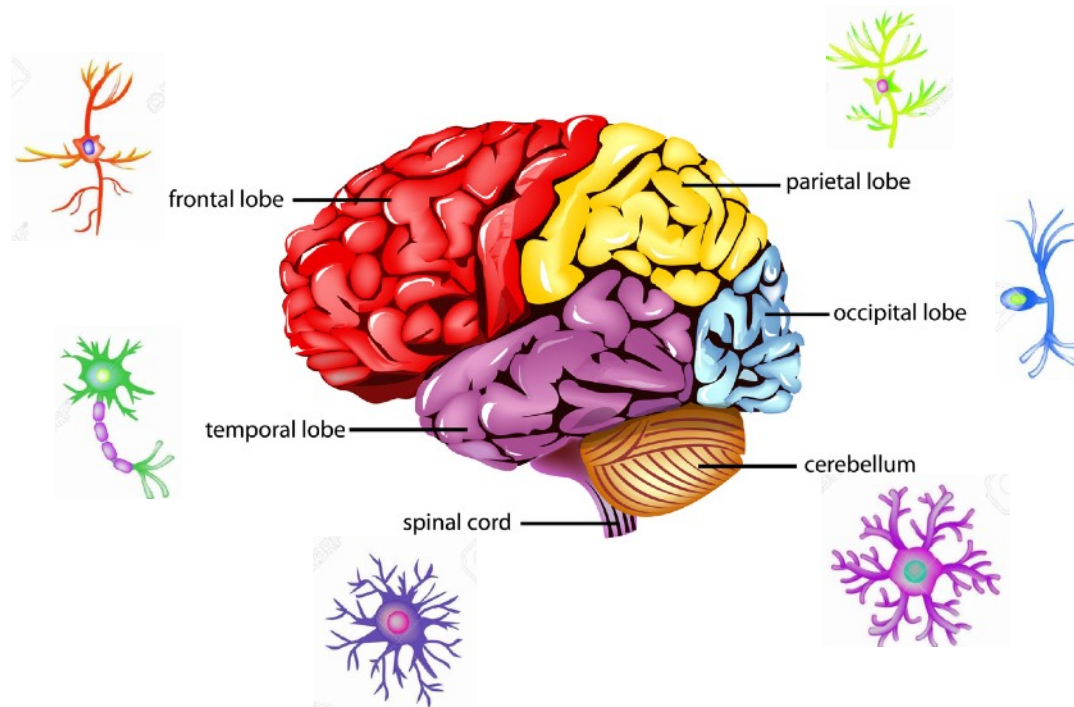
Cérebro Humano

- Porém existem diferentes tipos de neurônios



Cérebro Humano

- ... localizados em diferentes regiões do cérebro

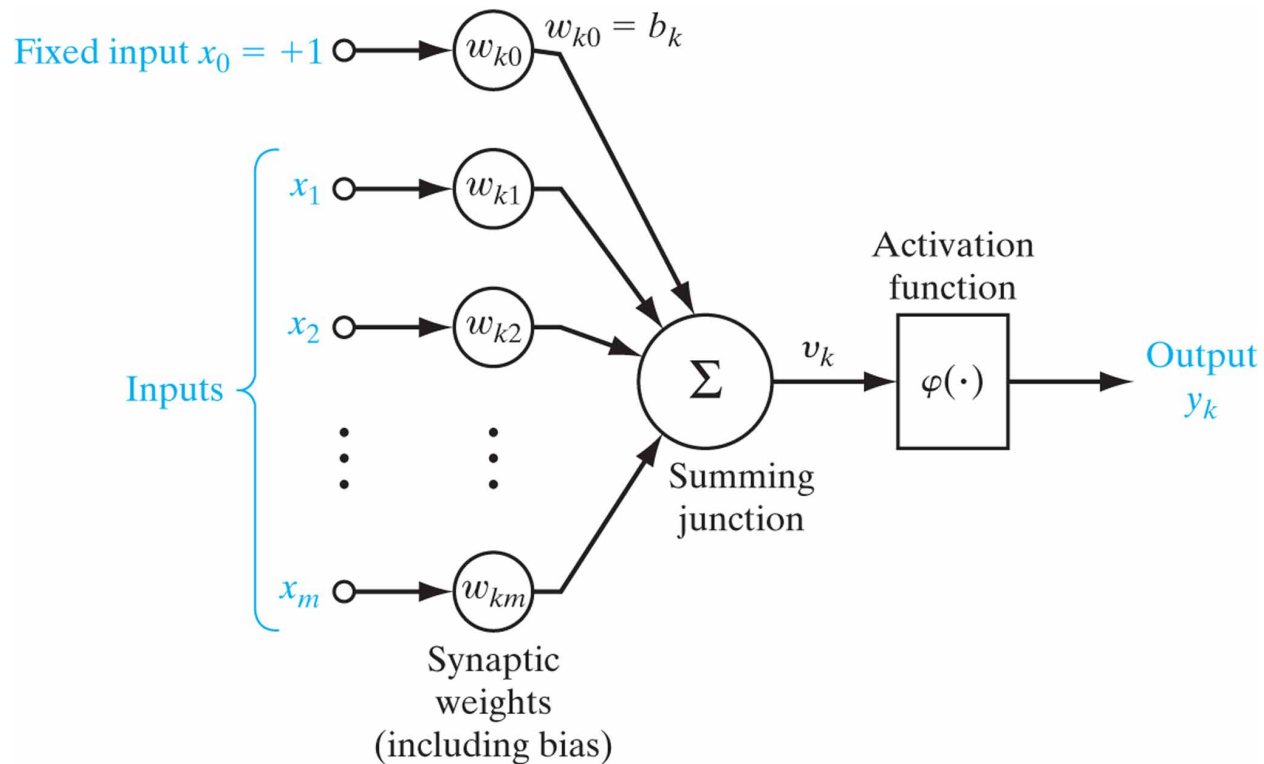


Neurônio Artificial



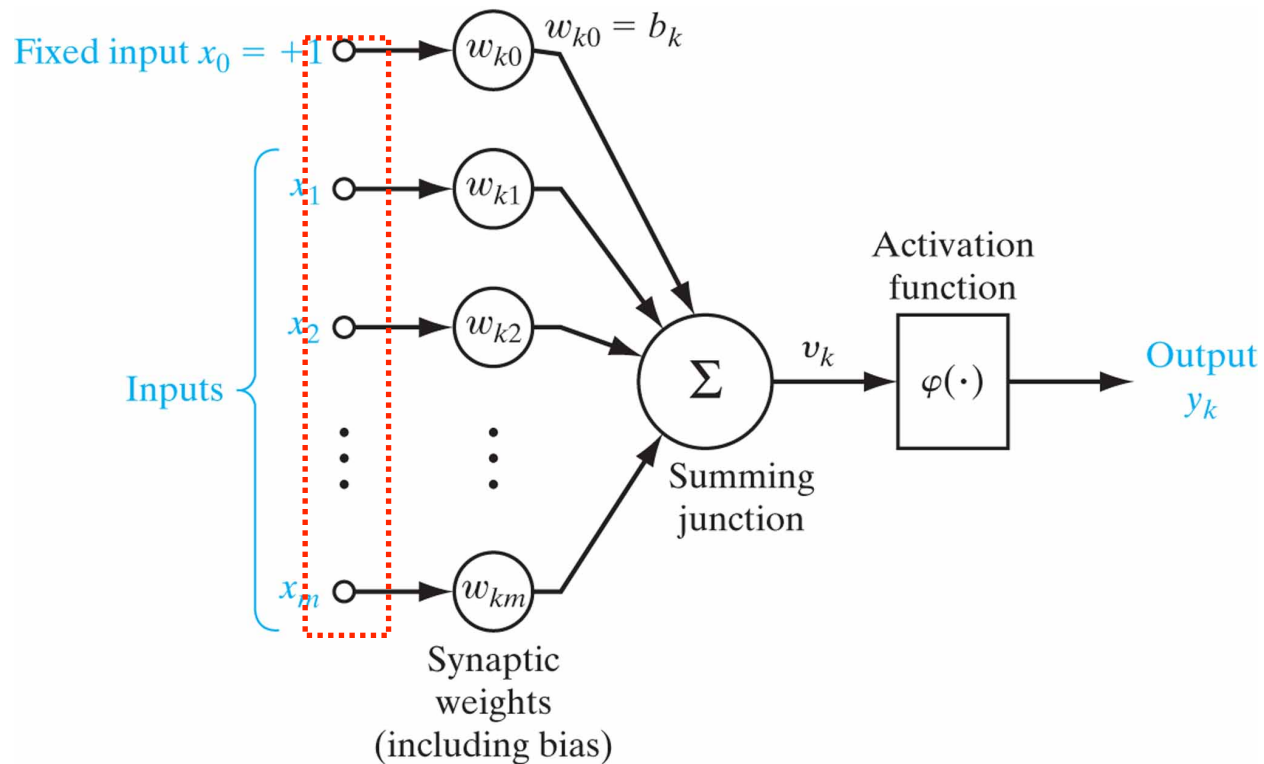
Logo, computacionalmente temos:

Neurônio Artificial

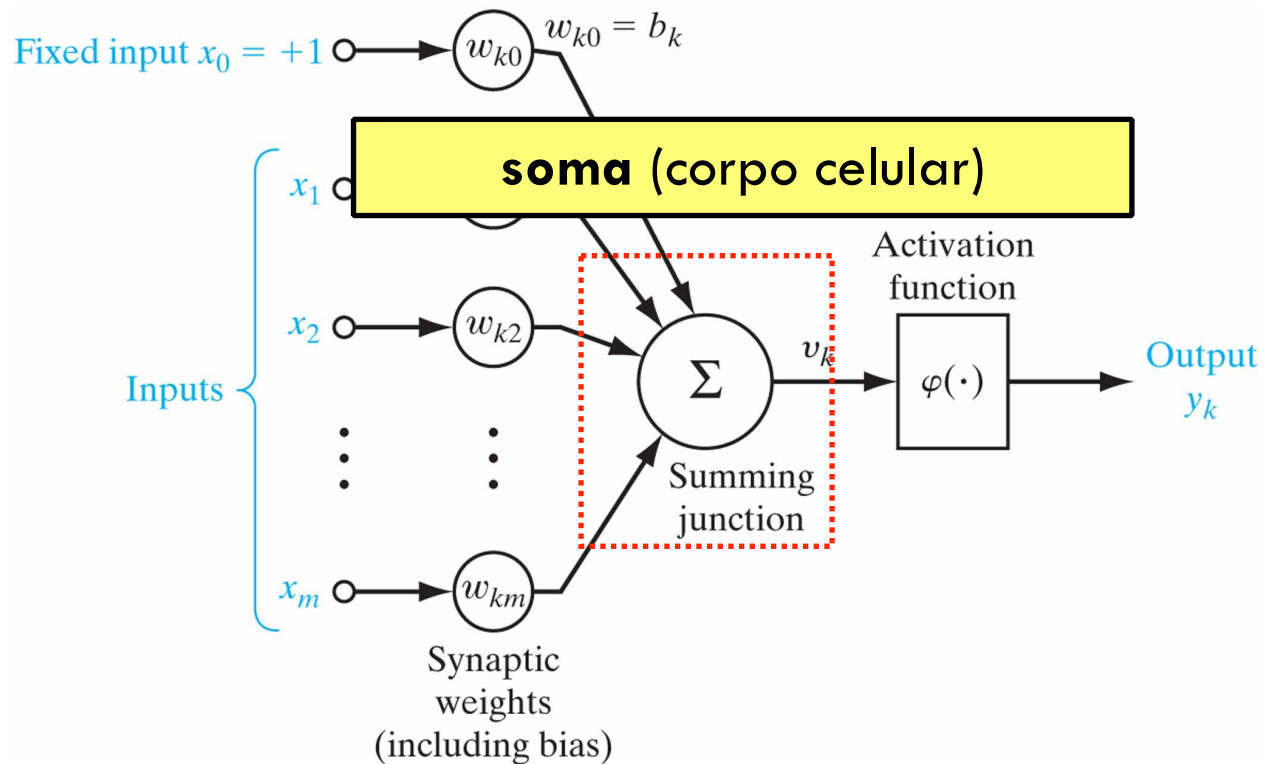


Neurônio Artificial

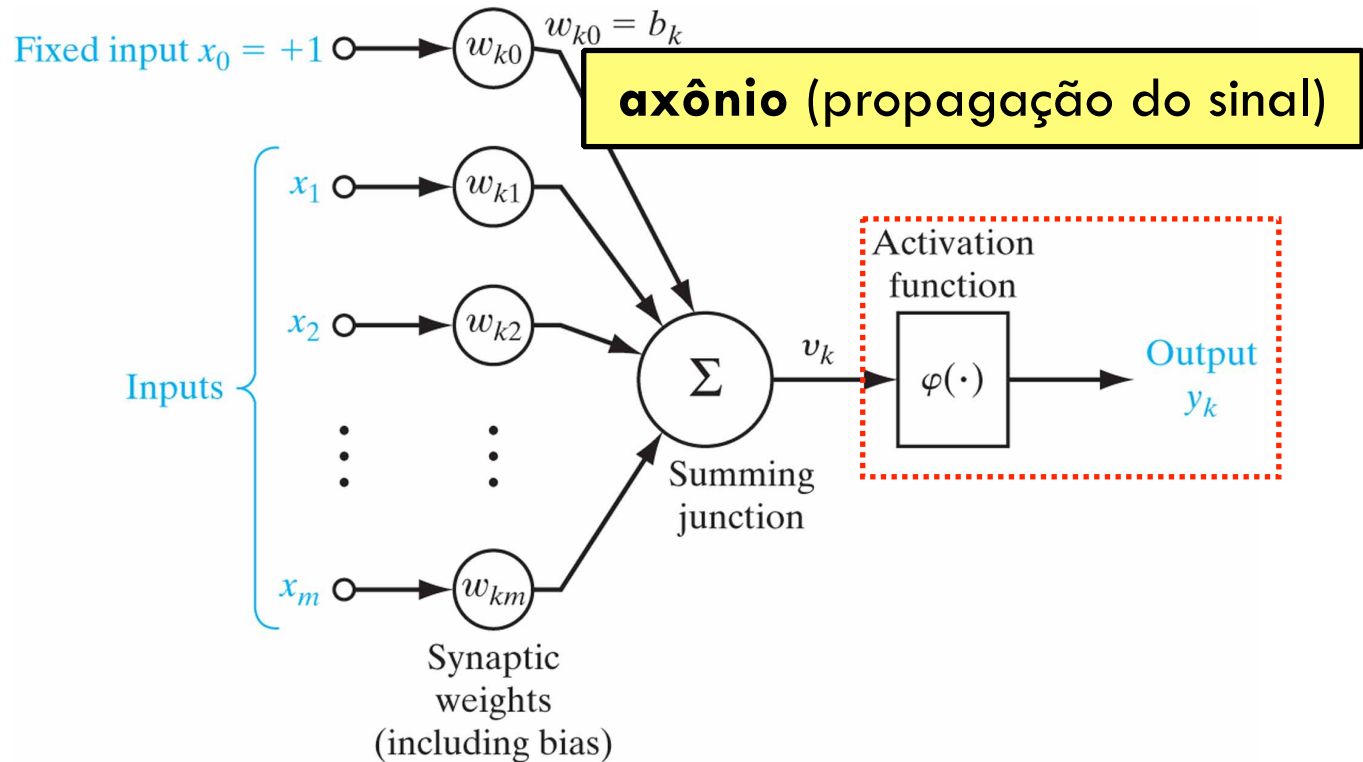
denários (recepção do sinal)



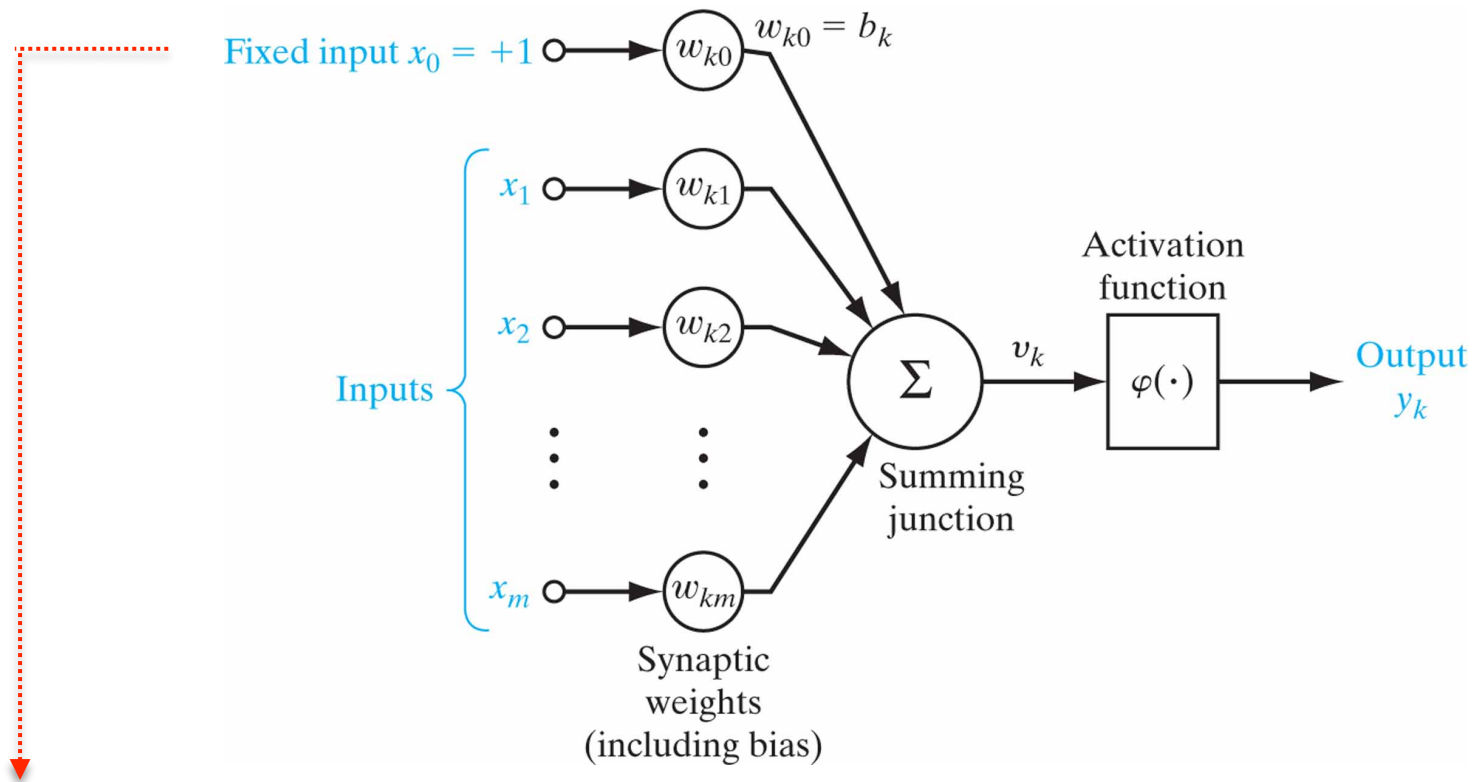
Neurônio Artificial



Neurônio Artificial



Neurônio Artificial

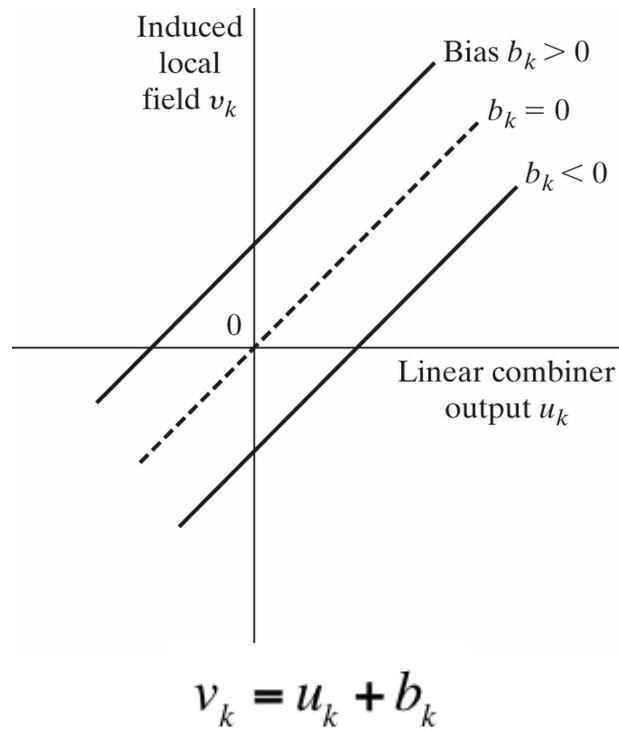


- o **Bias (viés)** tem a função de aumentar ou diminuir a entrada da função de ativação

Neurônio Artificial

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

parâmetro
externo ao
neurônio



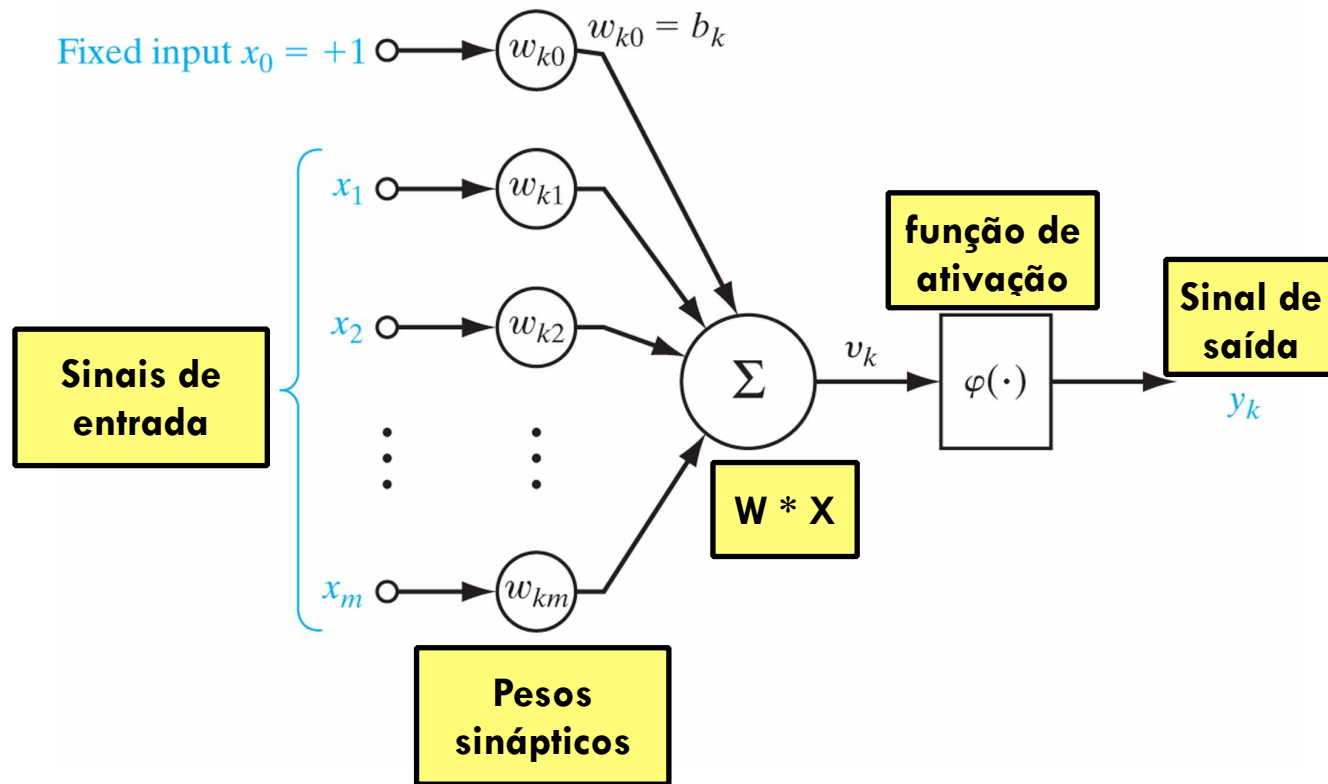
Neurônio Artificial

- Matematicamente:

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

- X são os sinais de entrada
- W são os pesos sinápticos do neurônio k
- v_k é a combinação linear de W (pesos) e X (entradas)
- $\phi(.)$ é a função de ativação (sinal propagado)
- y_k é a saída do neurônio

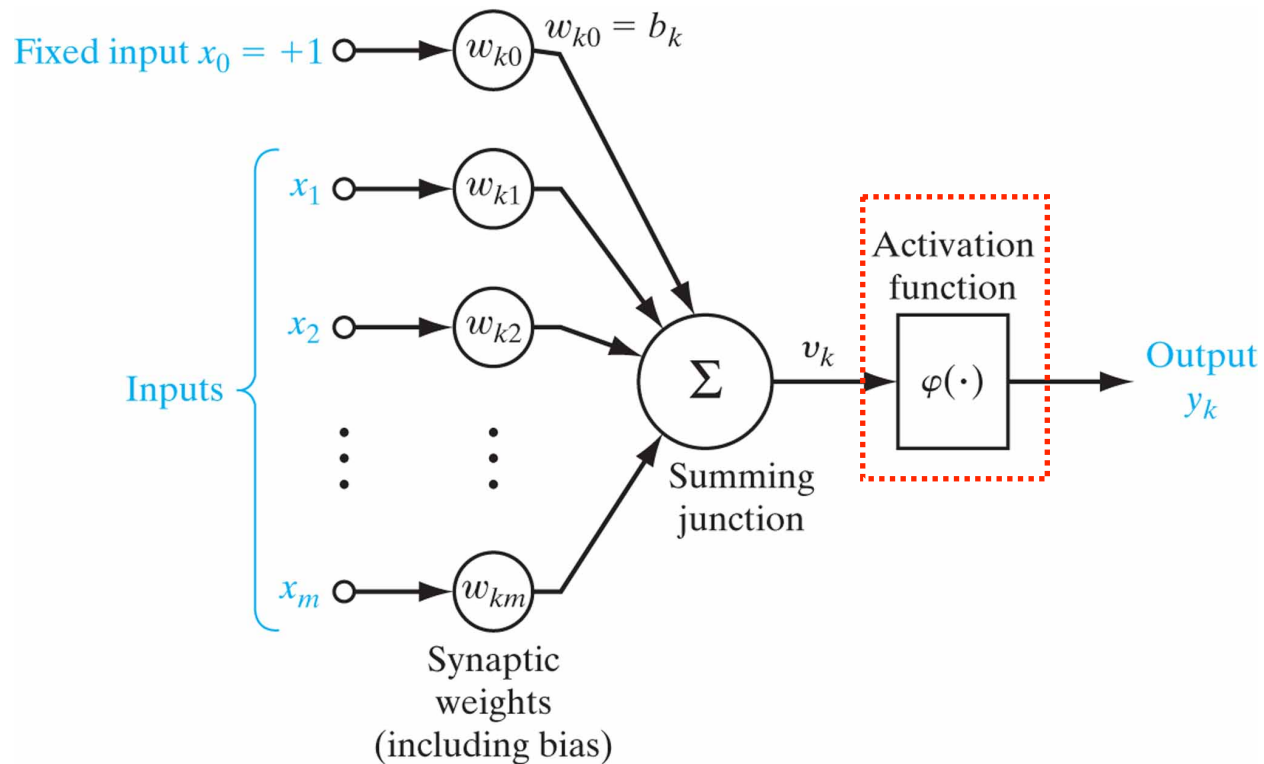
Neurônio Artificial



Roteiro

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

Neurônio Artificial



Funções de ativação

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

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

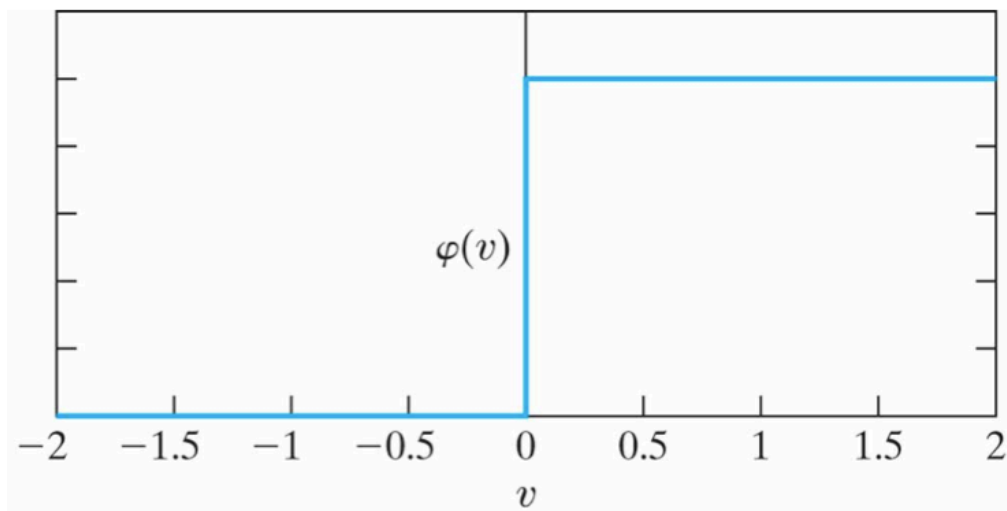
- a saída do neurônio k :

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

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

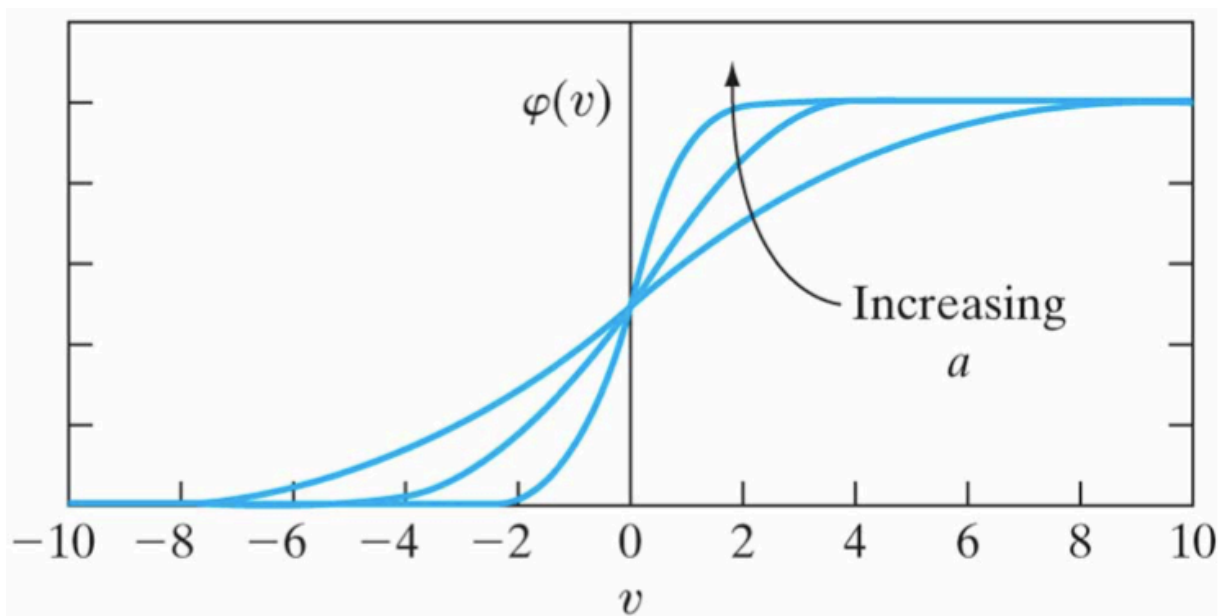
- Função sigmoideal : forma mais comumente utilizada.
 - exemplo: função logística

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

- o parâmetro α define a inclinação da função sigmoideal

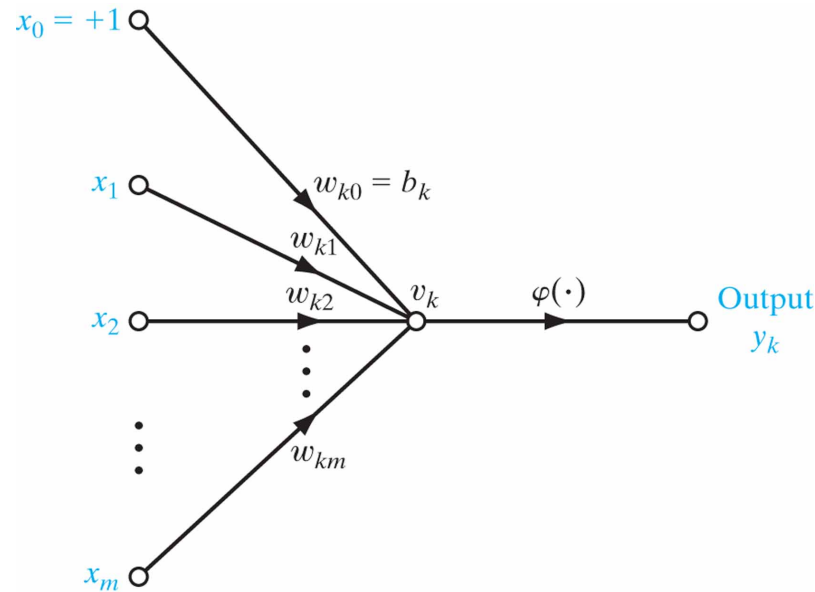
Funções de ativação

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



Representação

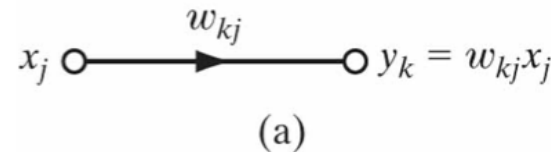
- Rede Neural é representada como um **grafo direto**
 - 3 regras básicas



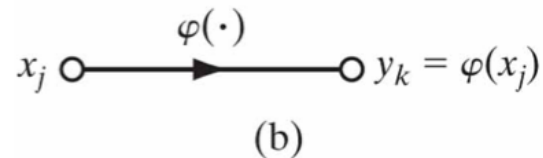
Representação

- **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

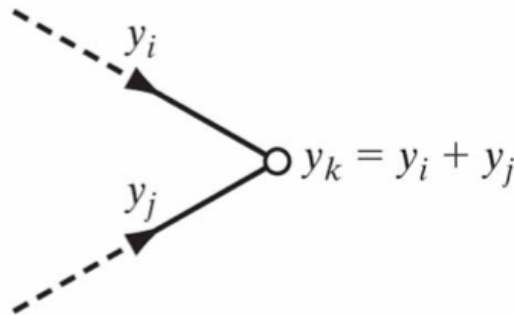


- (b) links de ativação: relação não linear entre a entrada e saída



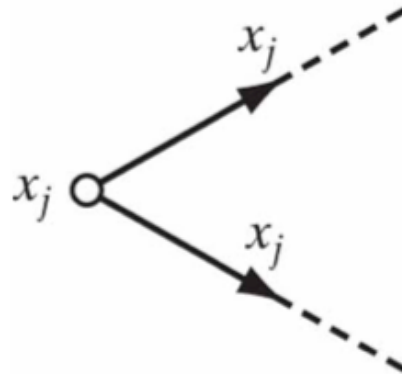
Representação

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



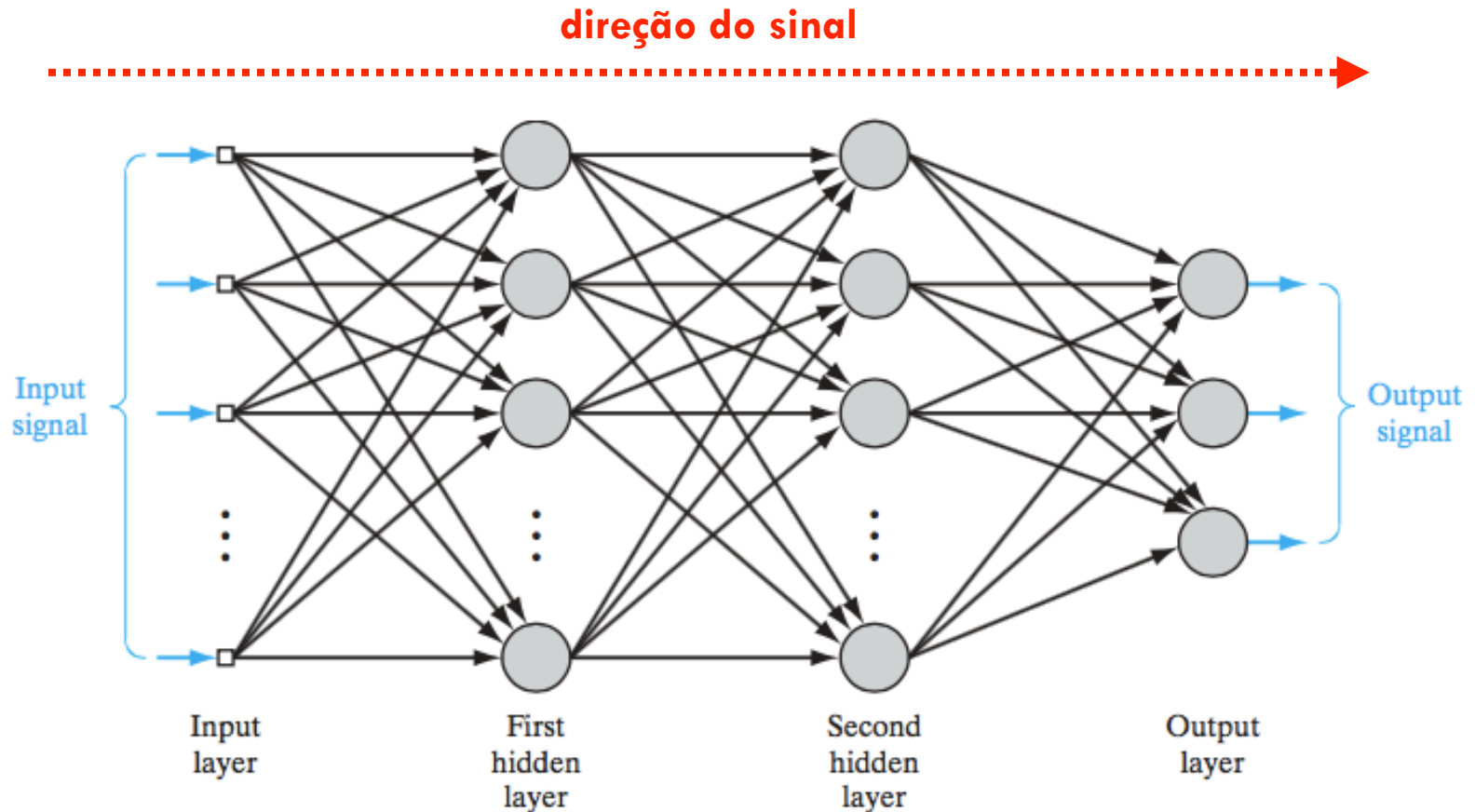
Representação

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



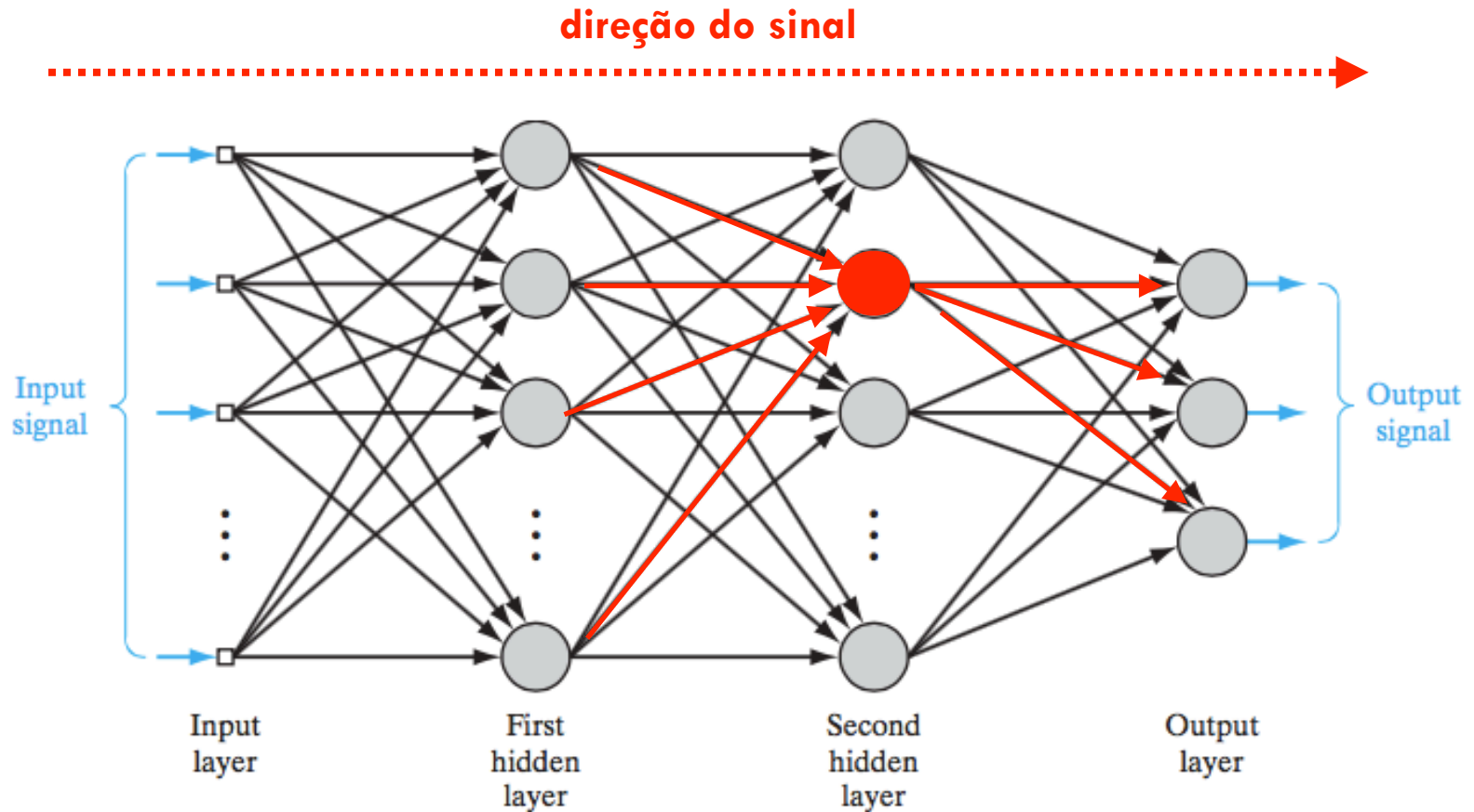
Representação

Exemplo (MLP):



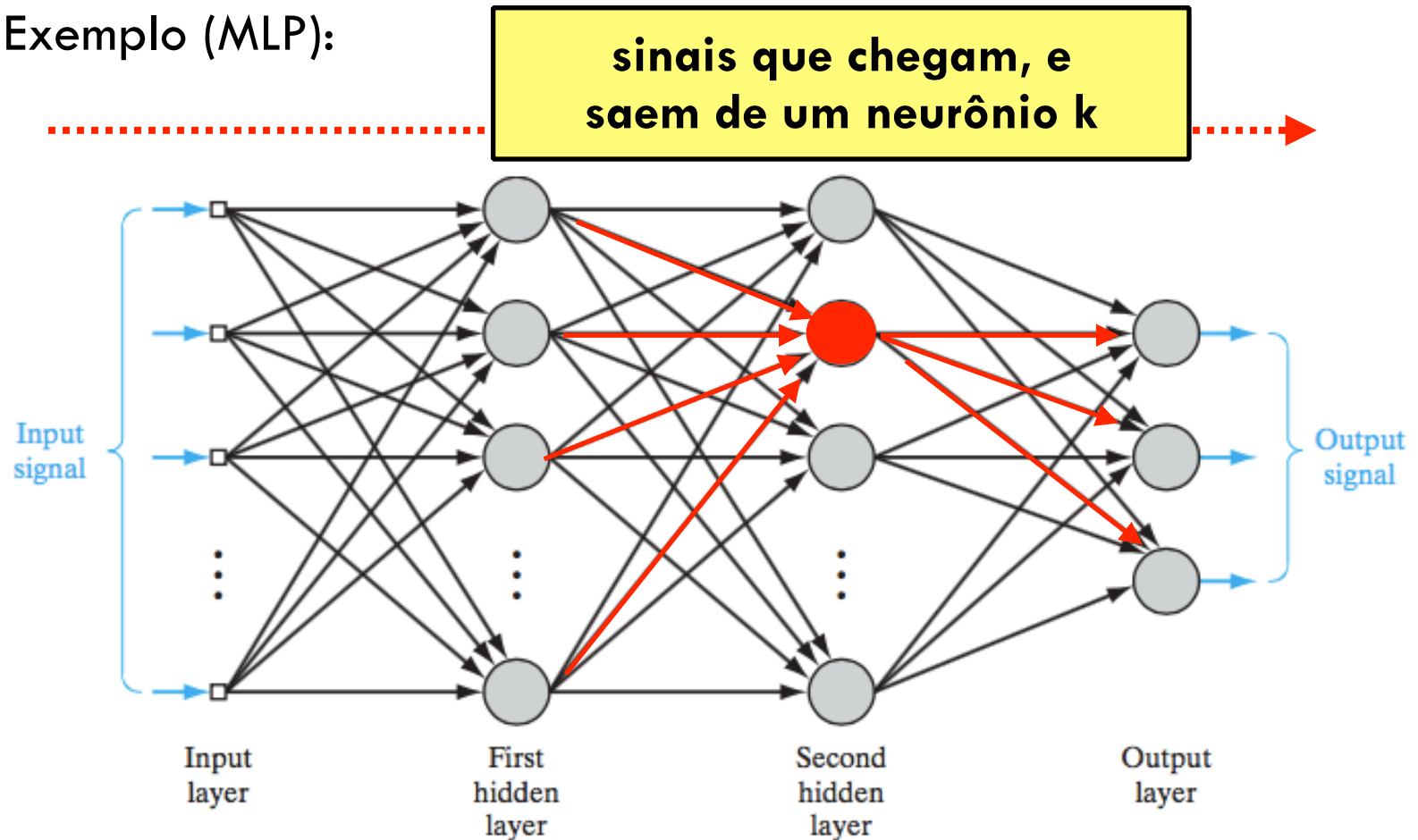
Representação

Exemplo (MLP):



Representação

- Exemplo (MLP):

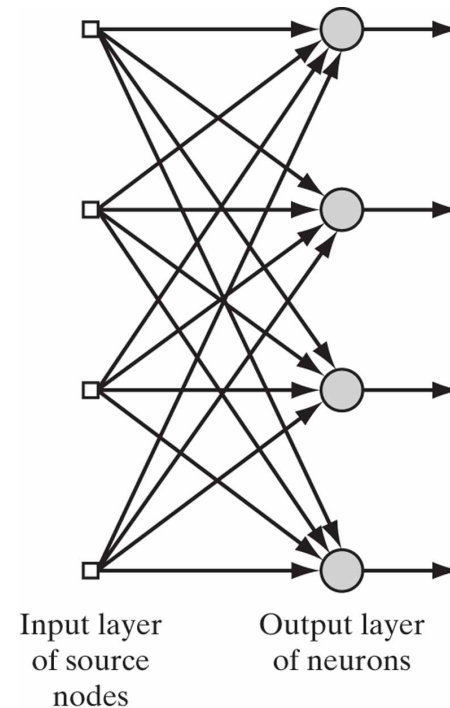


Arquiteturas

- 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



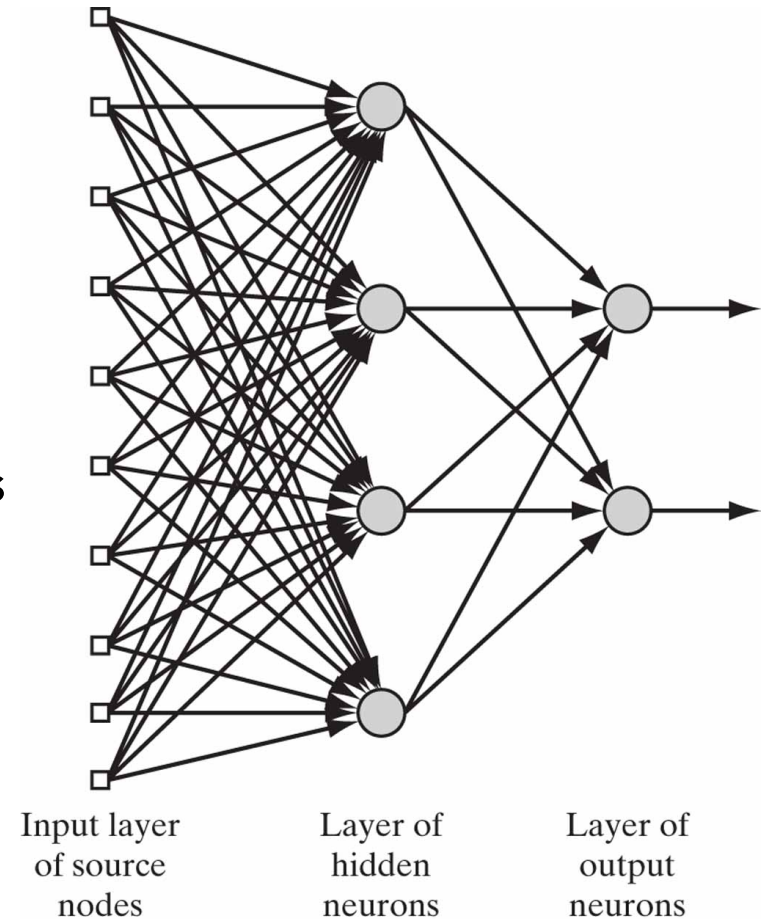
Arquiteturas



- **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

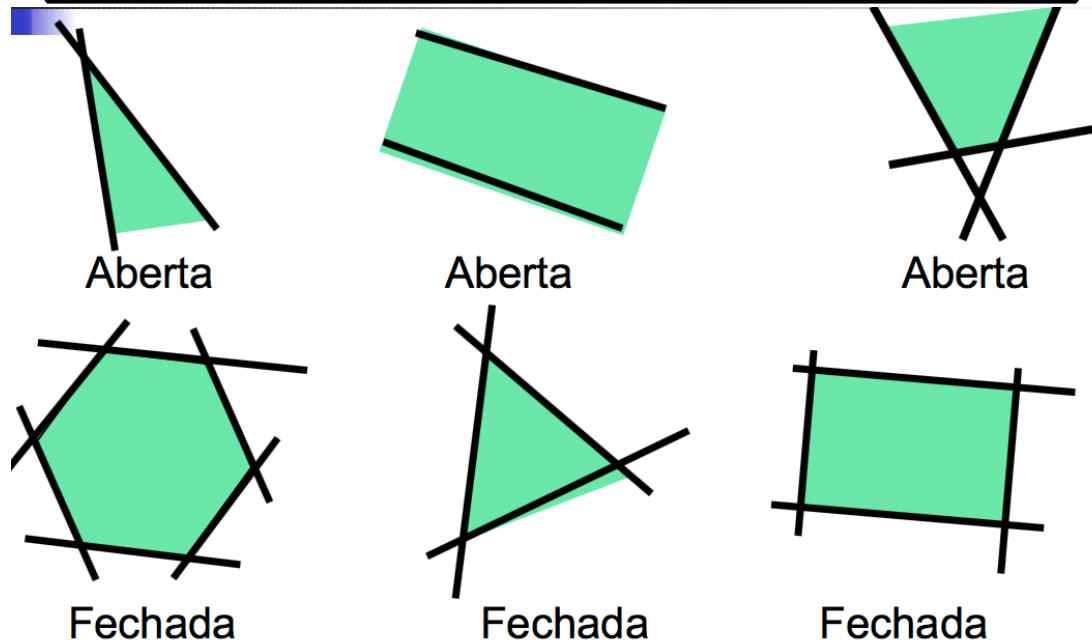
- **B) Redes neurais de múltiplas camadas**
- podem ser:
 - totalmente ou;
 - parcialmente conectadas



Arquiteturas

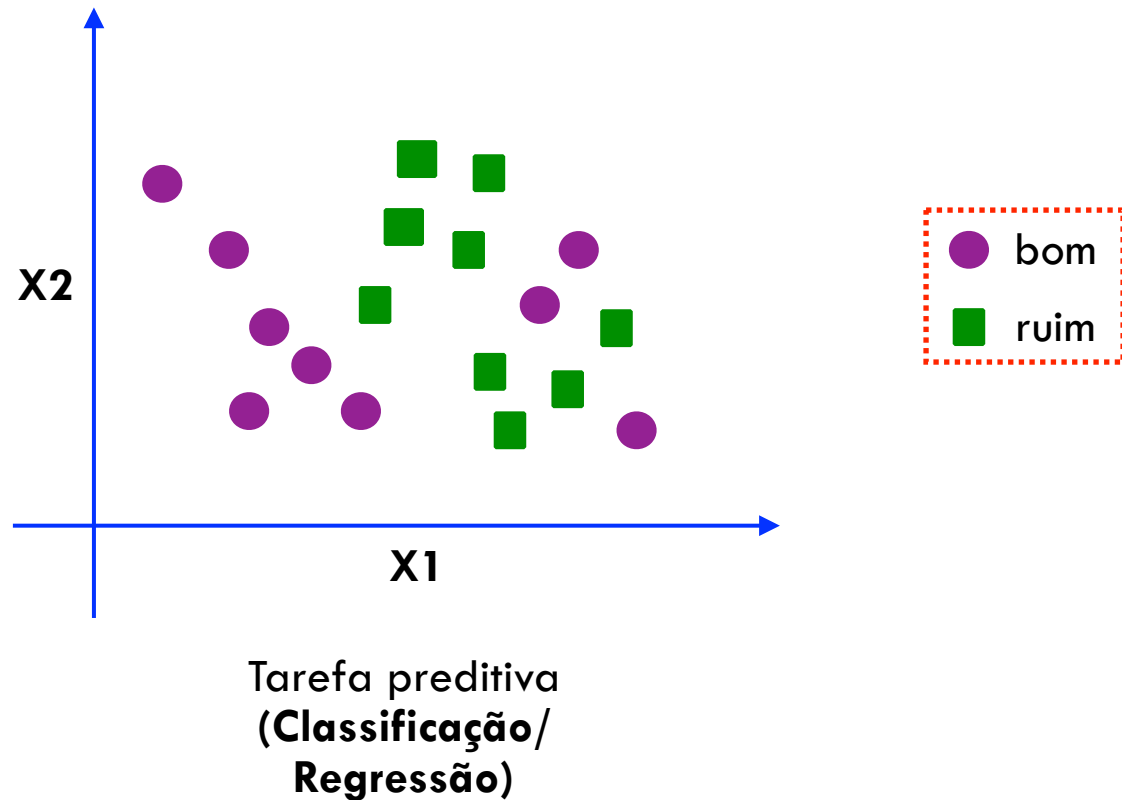
- Múltiplas camadas: combinações de hiperplanos

Cada **neurônio** cria um **hiperplano** separador, que combinados geram **superfícies convexas**



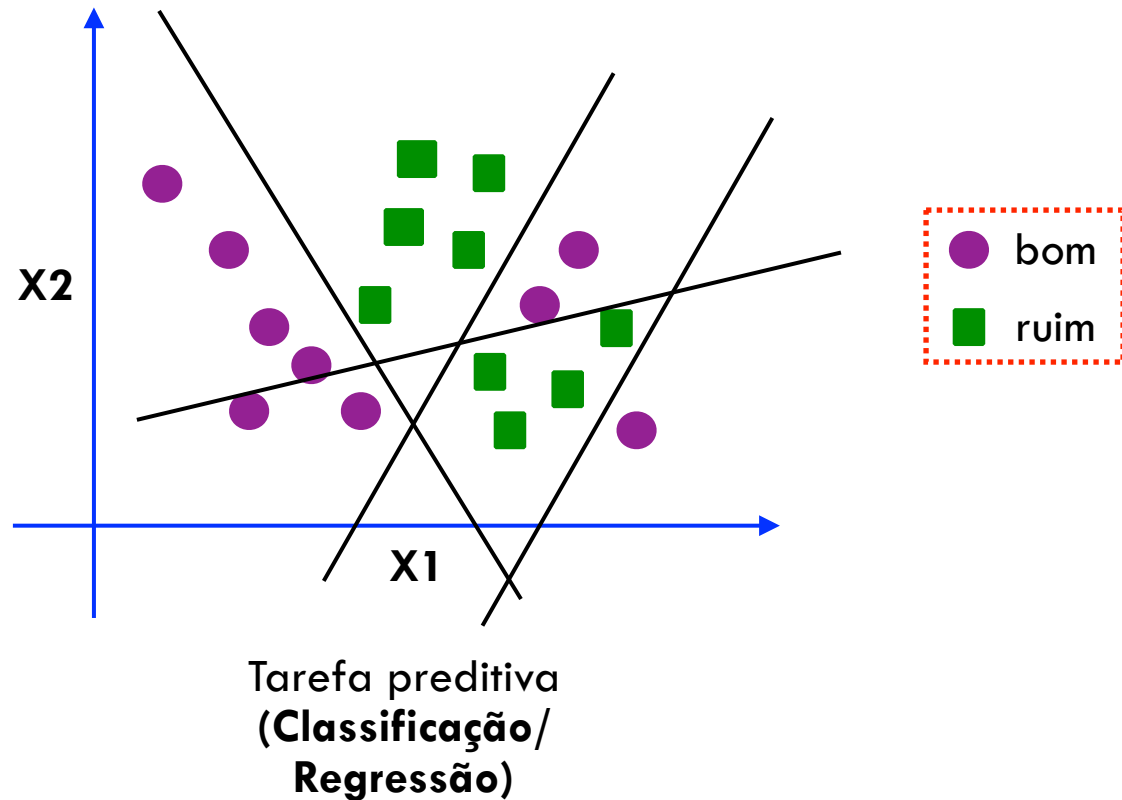
Arquiteturas

- Múltiplas camadas: combinações de hiperplanos



Arquiteturas

- Múltiplas camadas: combinações de hiperplanos



Arquiteturas

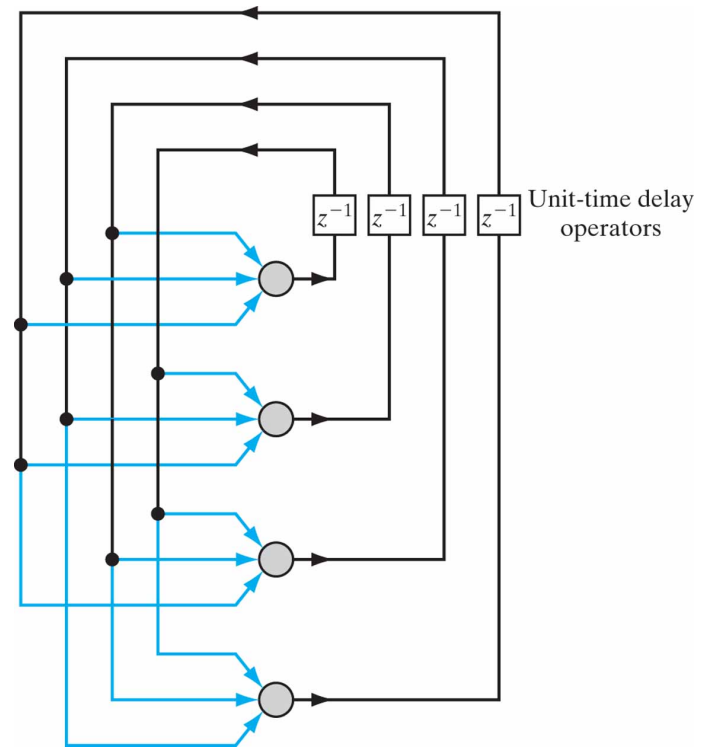
□ **C) Redes Neurais Recorrentes**

- 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

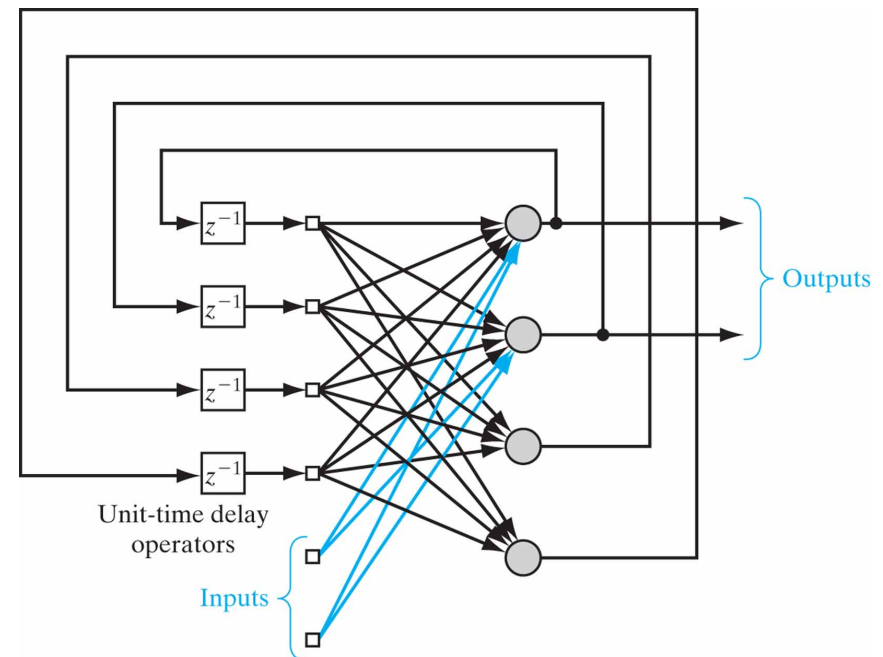


Arquiteturas

□ C) Redes Neurais Recorrentes

- com neurônios escondidos
- com auto retroalimentação

As saídas de uma iteração são as entradas da próxima iteração.
As saídas em t **realimentam** a rede no instante $t+1$



Aprendizado

- Além disso, a arquitetura da rede define qual é o tipo de algoritmo de aprendizado que será explorado.
 - **Aprendizado** é o processo de ajuste dos pesos sinápticos (W), de maneira que consigamos mapear as entradas (inputs) com as saídas esperadas (output)
- Tipos de aprendizado
 - Por correção de erro (regra delta)
 - baseado em memória
 - Hebbiano
 - Competitivo

Aprendizado

- Além disso, a arquitetura da rede define qual é o tipo de algoritmo de aprendizado que será explorado.
 - **Aprendizado** é o processo de ajuste dos pesos sinápticos (AAA) de uma rede neural (inputs)
- Os primeiros algoritmos que estudaremos explorarão a **regra delta** (correção do erro):
 - Perceptron simples
 - Perceptron Multicamadas (MLP - Multilayer Perceptron)
- Tipos de algoritmos de aprendizado:
 - Por correção de erro (regra delta)
 - baseado em memória
 - Hebbiano
 - Competitivo

Roteiro

- 1 Introdução / Motivação
- 2 Redes Neurais / Inspiração / Aprendizado
- 3 Benefícios / Características
- 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

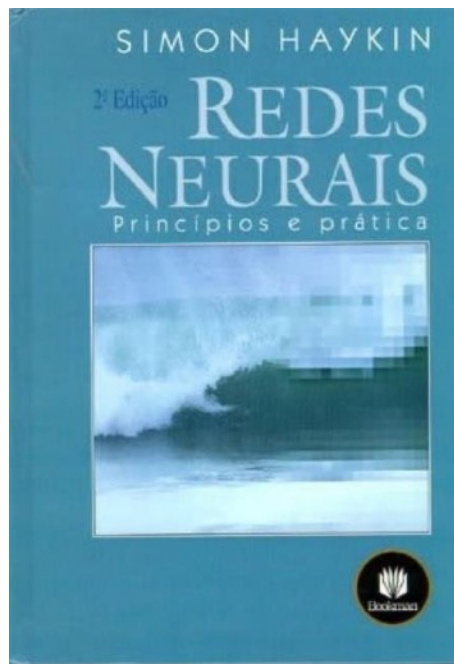


- Perceptron Simples
 - regra Delta
- Perceptron Multi-camadas (MLPs)
 - Retropropagação (*Backpropagation*)

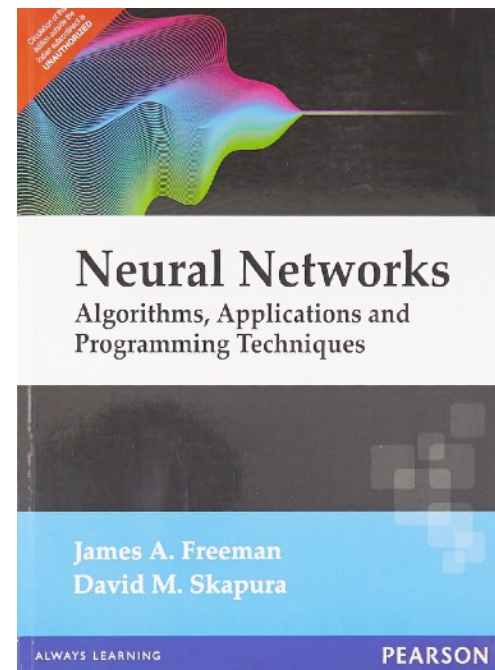
Roteiro

- 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)



(Freeman & Skapura, 1991)

Perguntas?

Prof. Rafael G. **Mantovani**

rafaelmantovani@utfpr.edu.br