

## 2. Redes Neurais Artificiais

**Prof. Renato Tinós**

Depto. de Computação e Matemática (FFCLRP/USP)

# 2.1. Introdução às Redes Neurais Artificiais (RNAs)

---

2.1.1. Motivação

2.1.2. O que são RNAs?

2.1.3. Propriedades úteis das RNAs

2.1.4. Áreas de aplicações de RNAs

2.1.5. O cérebro humano

2.1.6. Neurônios

## 2.1.1. Motivação

|                             | <b>Computador Von Neumann</b>  | <b>Sistema neural biológico</b>                                       |
|-----------------------------|--|---|
| <b>Processador</b>          | unidade básica complexa<br>alta velocidade<br>um ou poucos             | unidade básica simples<br>baixa velocidade<br>grande número           |
| <b>Memória</b>              | separada do processador<br>localizada<br>não-endereçável pelo conteúdo | integrada com processador<br>distribuída<br>endereçável pelo conteúdo |
| <b>Computação</b>           | centralizada<br>seqüencial<br>programas armazenados                    | distribuída<br>paralela<br>aprendizado                                |
| <b>Confiabilidade</b>       | muito vulnerável   | robusto   |
| <b>Adequação</b>            | manipulações num. e simbólica  | problemas de percepção  |
| <b>Ambiente operacional</b> | bem definido<br>muito restrito   | pouco definido<br>não restrito  |

# 2.1.2. O que são Redes Neurais Artificiais?

- **Início**

- (1943) McCulloch & Pitts

- » Desenvolvem um modelo matemático de um neurônio (nodo)
- » Combinação de vários nodos em sistemas neurais produz um elevado poder computacional
  - ❑ Nodos executam funções lógicas simples
  - ❑ Cada nodo pode executar uma função diferente
  - ❑ Qualquer função que puder ser representada por uma combinação de funções lógicas pode ser modelada por uma rede de nodos

## 2.1.2. O que são Redes Neurais Artificiais?

- **Sistemas inspirados em algumas propriedades simples do funcionamento do sistema nervoso**
- **Estruturas distribuídas**
  - Formadas por grande número de unidades de processamento (“neurônios”) interligadas por um grande número de conexões (“sinapses”)

# 2.1.2. O que são Redes Neurais Artificiais?

- **Definição de rede neural (Haykin, 2001)**
  - “Uma rede neural é um processador maciçamente e paralelamente distribuído, constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural de armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso. Ela se assemelha ao cérebro em dois aspectos:
    1. O conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem.
    2. Forças de conexão entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido.”

# 2.1.2. O que são Redes Neurais Artificiais?

- **Algumas definições**

- **Neurônio**

- » unidade básica de processamento

- **Peso sináptico**

- » conexão entre neurônios

- **Algoritmo de aprendizagem**

- » modificação dos parâmetros da RNA (Ex.: pesos sinápticos) de uma forma ordenada para alcançar um objetivo dado

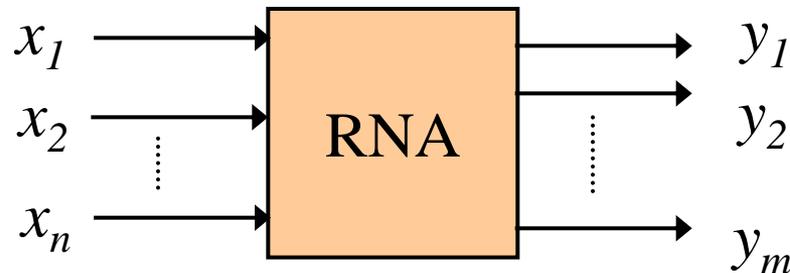
- **Arquitetura da RNA**

- » disposição espacial dos neurônios e pesos sinápticos (estrutura)

## 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- Basicamente, RNAs são aplicadas em tarefas que envolvem a **aproximação de funções**

- $y = f(x)$
- Mapeamento entrada-saída



- No aprendizado supervisionado, a função  $f(.)$  é estimada através de um conjunto de entradas e saídas
  - » Conjunto de treinamento

## 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Dados pares  $(x, f(x))$ , inferir  $f(\cdot)$**

Ex.:

| $x$ | $f(x)$ |
|-----|--------|
| 1   | 1      |
| 2   | 4      |
| 3   | 9      |
| 4   | 16     |
| 5   | ?      |

**Observação:**

Dada uma amostra finita, é freqüentemente impossível determinar a verdadeira função  $f(\cdot)$

**Abordagem:**

- Encontre uma **hipótese (modelo)** através dos exemplos de treinamento
- Valide esta hipótese através de exemplos de teste
- Assuma que a hipótese se repita para exemplos futuros

## 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Em geral, um conjunto de exemplos é dividido em dois subconjuntos disjuntos:**
  - **conjunto de treinamento** que é usado para o aprendizado do conceito e o
  - **conjunto de teste** que é usado para medir o grau de efetividade do conceito aprendido
- **Os subconjuntos são disjuntos para assegurar que as medidas obtidas utilizando o conjunto de teste sejam de um conjunto diferente do usado para realizar o aprendizado, tornando a medida estatisticamente válida**

# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Aproximação de funções**

- Saídas assumem valores discretos

- » Reconhecimento de padrões

- Exemplos:

- Classificação

- Clusterização

- Saídas assumem valores contínuos

- » Regressão

- Exemplos:

- Mapeamento estático de entrada saída de funções com valores contínuos

- Associação de Padrões (memória associativa)

- Previsão de séries temporais

- Filtragem

# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Classificação**

- Rede classifica novas entradas em uma entre várias categorias discretas
- Exemplo
  - » Reconhecimento de caracteres



# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Classificação**

- **Exemplo**

- » Dez exemplos ( $n=10$ )
- » Duas classes ( $k=2$ ): *Sim*; *Não*
- » Dois atributos ( $m=2$ ):
  - ❑ Idade é inteiro
  - ❑ *Tipo de Veículo* é categórico (**E**sporte, **V**an, **C**aminhão)
- » Rótulo da classe indica se a pessoa comprou o produto
- » Atributo dependente (classe) é *categórico*

| <b>Idade</b> | <b>Veículo</b> | <b>Classe</b> |
|--------------|----------------|---------------|
| 20           | V              | Sim           |
| 30           | V              | Sim           |
| 25           | C              | Não           |
| 30           | E              | Sim           |
| 40           | E              | Sim           |
| 20           | C              | Não           |
| 30           | V              | Sim           |
| 25           | V              | Sim           |
| 40           | V              | Sim           |
| 20           | E              | Não           |

# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Clusterização (ou categorização)**
  - Rede explora semelhanças entre padrões e agrupa padrões de acordo com a semelhança
    - » Aprendizado não-supervisionado
    - » Análise de dados
      - Extrai informações de um conjunto de dados
    - » Exemplos
      - Mineração de dados
      - Compressão de dados

# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Clusterização**

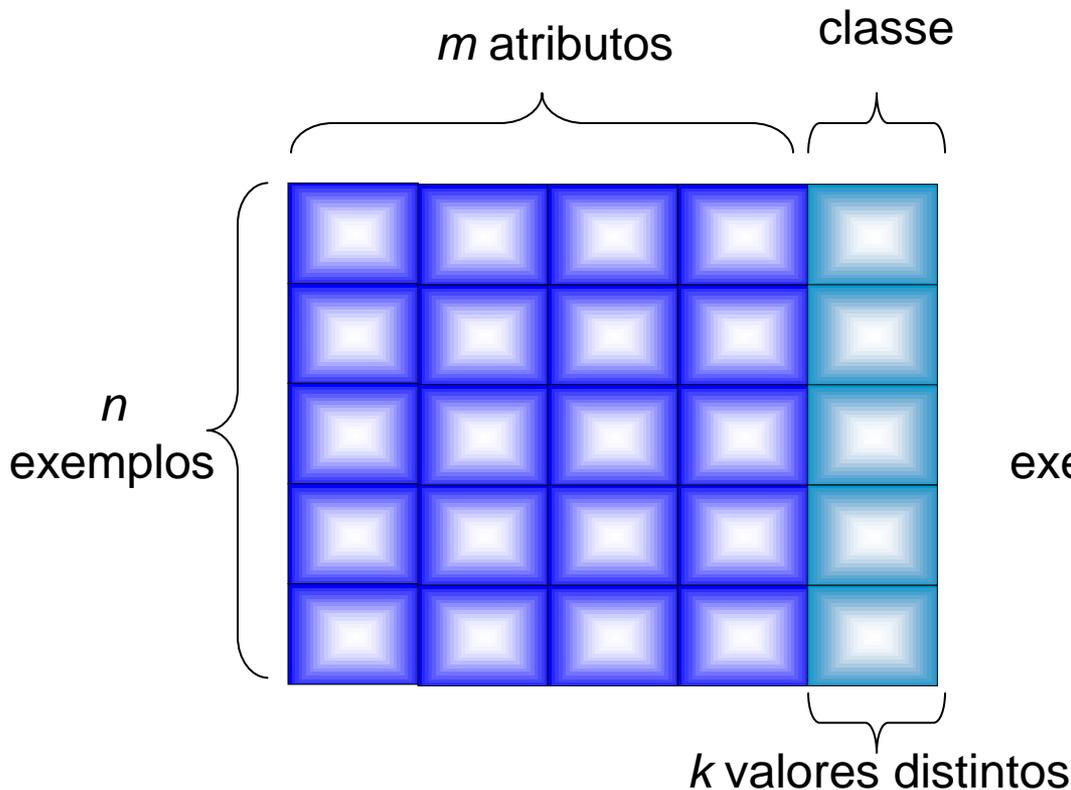
- Exemplo:

- » Dez exemplos ( $n=10$ )
    - » Três atributos ( $m=3$ ): Idade, tipo de veículo (*Esporte*, *Van*, *Caminhão*) e cor do veículo
    - » Neste caso, não há associação explícita de algum atributo com uma determinada classe

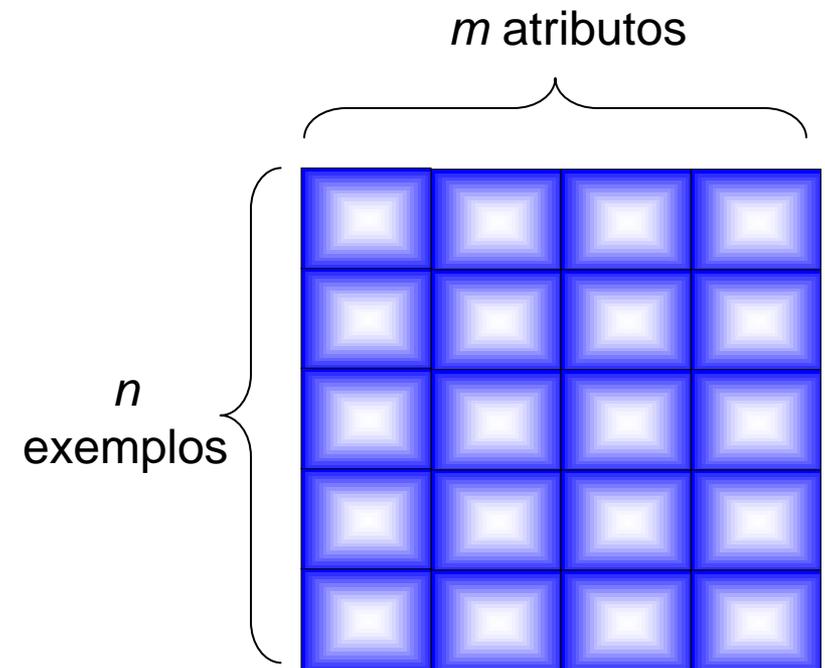
| <i>Idade</i> | <i>Veículo</i> | <i>Cor</i> |
|--------------|----------------|------------|
| 20           | V              | preto      |
| 30           | V              | verde      |
| 25           | C              | azul       |
| 30           | E              | branco     |
| 40           | E              | azul       |
| 20           | C              | preto      |
| 30           | V              | branco     |
| 25           | V              | azul       |
| 40           | V              | Verde      |
| 20           | E              | azul       |

# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **No Aprendizado Supervisionado, cada exemplo é rotulado segundo sua classe**



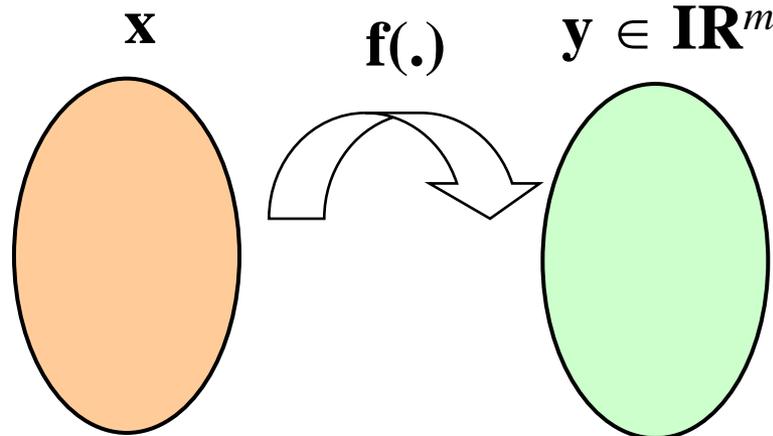
- **No Aprendizado Não Supervisionado, cada exemplo não possui classe associada**



# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Regressão**

- Rede associa novas entradas a saídas que assumem valores contínuos
- Para isso, deve reproduzir da melhor maneira o mapeamento entrada-saída da função  $f(\cdot)$



# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Mapeamento estático**

- **Exemplo**

- » Dez exemplos ( $n=10$ )
    - » Dois atributos ( $m=2$ ):  
Idade e tipo de veículo  
(*Esporte*, *Van*,  
*Caminhão*)
    - » Despesa indica quanto a  
pessoa gastou em  
manutenção
    - » Atributo dependente  
(classe) é *numérico*

| <i>Idade</i> | <i>Veículo</i> | <i>Despesa</i> |
|--------------|----------------|----------------|
| <b>20</b>    | <b>V</b>       | <b>\$200</b>   |
| <b>30</b>    | <b>V</b>       | <b>\$150</b>   |
| <b>25</b>    | <b>C</b>       | <b>\$300</b>   |
| <b>30</b>    | <b>E</b>       | <b>\$220</b>   |
| <b>40</b>    | <b>E</b>       | <b>\$400</b>   |
| <b>20</b>    | <b>C</b>       | <b>\$80</b>    |
| <b>30</b>    | <b>V</b>       | <b>\$100</b>   |
| <b>25</b>    | <b>V</b>       | <b>\$125</b>   |
| <b>40</b>    | <b>V</b>       | <b>\$500</b>   |
| <b>20</b>    | <b>E</b>       | <b>\$420</b>   |

# 2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Alguns Simuladores**

- **Comerciais**

- » Matlab

- **Domínio público**

- » SNNS

- » Weka

- » R

## 2.1.5. O Cérebro Humano

- **O cérebro funciona de forma diferente dos computadores convencionais**
  - Neurônios são de cinco a seis ordens de grandeza mais lentos que as portas lógicas dos microprocessadores
    - » Ordem de grandeza dos eventos
      - Em portas lógicas: nanossegundos ( $10^{-9}$  s)
      - Em neurônios: milissegundos ( $10^{-3}$  s)

## 2.1.5. O Cérebro Humano

- **O cérebro funciona de forma diferente dos computadores convencionais**
  - Lentidão compensada por
    - » Grande número de neurônios massivamente conectados
      - Estima-se que haja 10 bilhões de neurônios no córtex humano e 60 trilhões de sinapses
    - » Extrema eficiência na operação
      - Eficiência energética do cérebro é de aproximadamente  $10^{-16}$  J por operação por segundo, enquanto que em computadores é de cerca de  $10^{-6}$  J

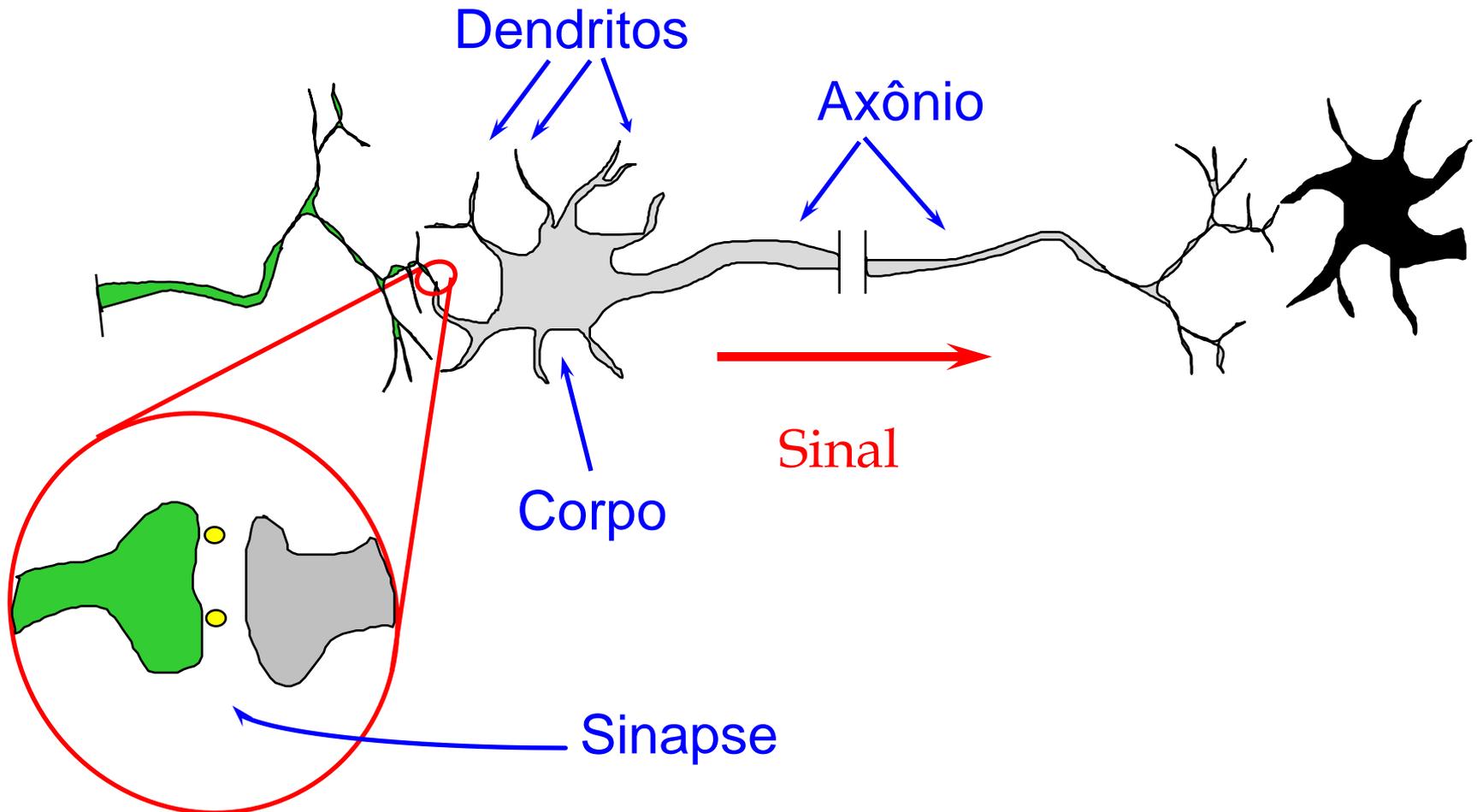
- **Principais partes de um neurônio**
  - Dendritos
    - » Recebem informações de outros neurônios
    - » As informações fluem dos dendritos para o axônio
  - Axônio
    - » Transmite informação para outros neurônios
    - » Sinais viajam através dos axônios em forma de impulsos elétricos

- **Principais partes de um neurônio**
  - **Corpo celular (ou Soma)**
    - » Combina (processa) informações provenientes dos dendritos
      - Disparo do axônio depende da soma dos impulsos recebidos
        - Limiar de disparo

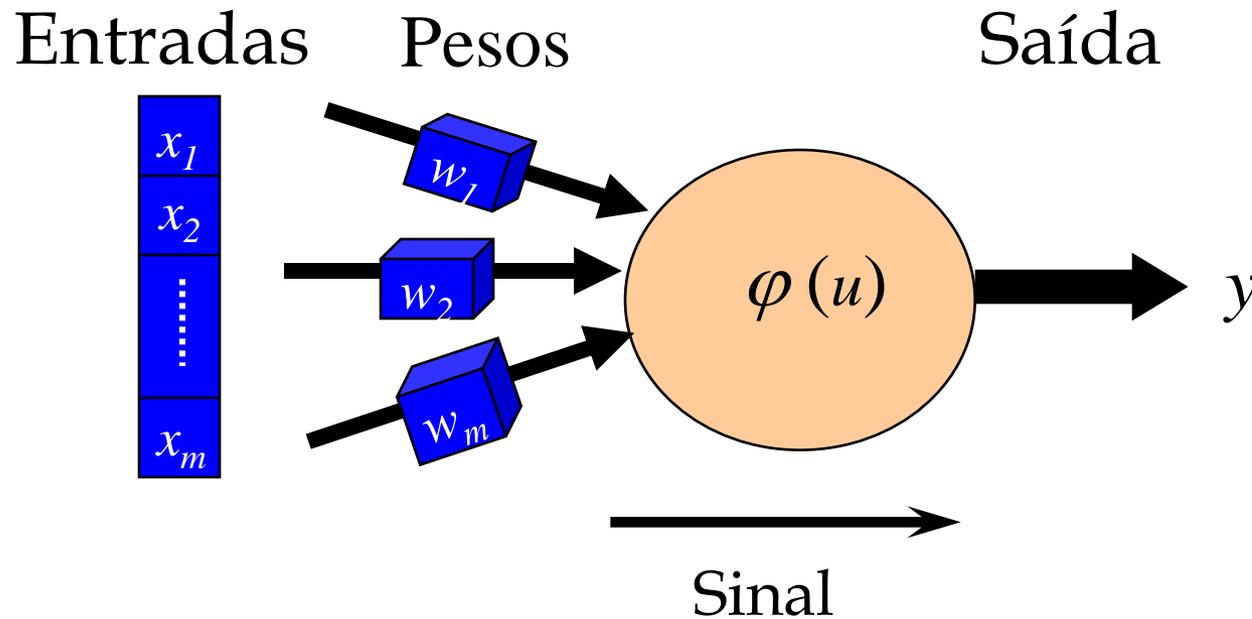
- **Ligação entre neurônios**
  - Sinapse
    - » Permite uma célula influenciar a outra
    - » Transmissão sináptica se faz por um mecanismo de natureza química
      - Através da ação de neurotransmissores

## 2.1.6. Neurônios

- Um neurônio simplificado:



- **Modelo Simples de um neurônio**



$y$  : ativação (saída do neurônio)

$u$  : ativação interna

$$y = \varphi(u) = \varphi\left(\sum_{i=1}^m x_i w_i\right)$$

- **Referências**

- **Anderson, J. A. *An introduction to neural networks*. MIT Press, 1995.**
  - » Capítulos 1 e 2
- **Haykin, S. S.. *Redes neurais: princípios e prática*. 2ª ed., Bookman, 2001.**
  - » Capítulo 1 e Seção 2.10
- **Braga, A.P.; Carvalho, A.C.P.L.F. & Ludermir, T.B.. *Redes neurais artificiais: Teoria e Aplicações*. LTC, 2000.**
  - » Capítulo 1