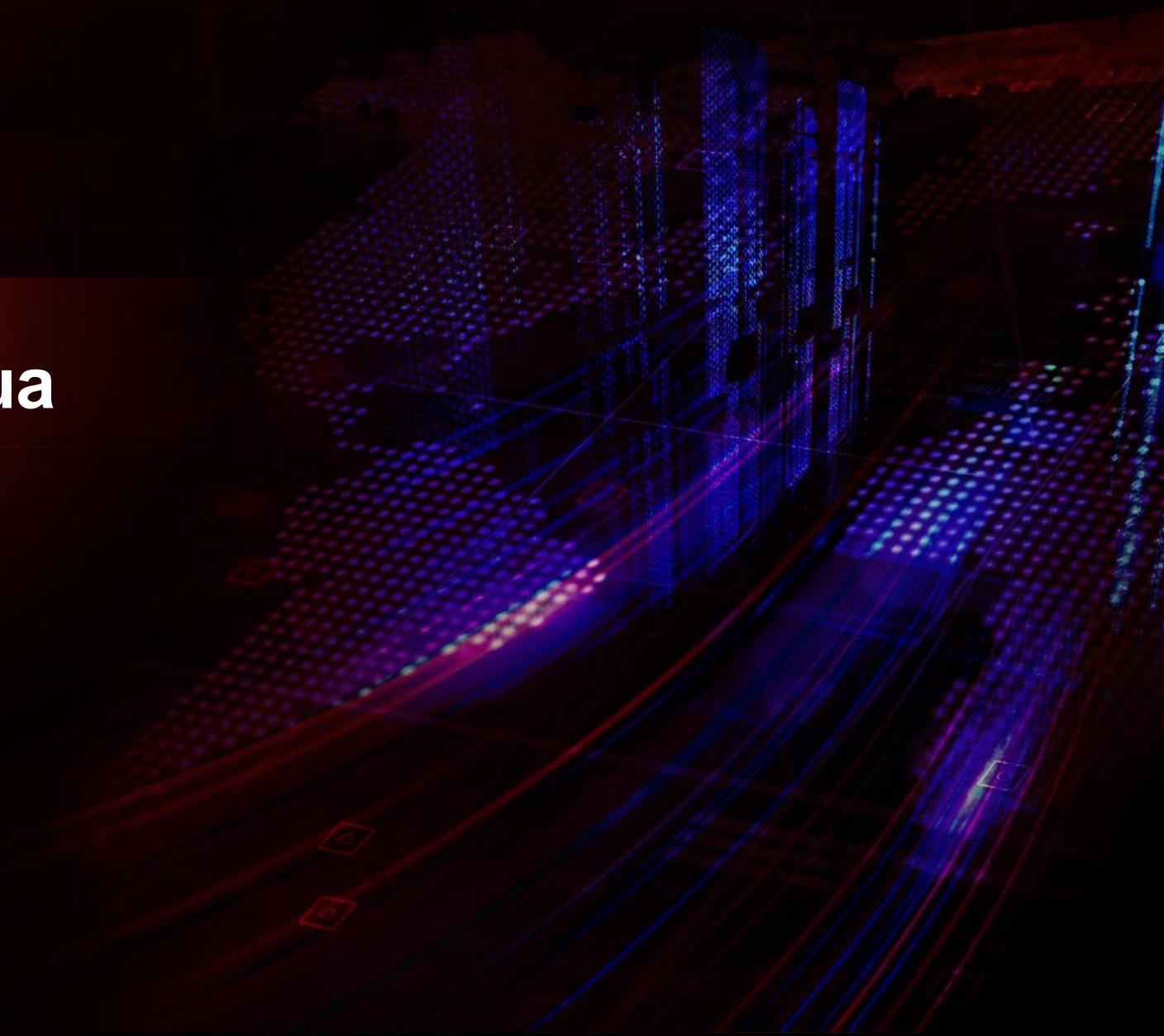
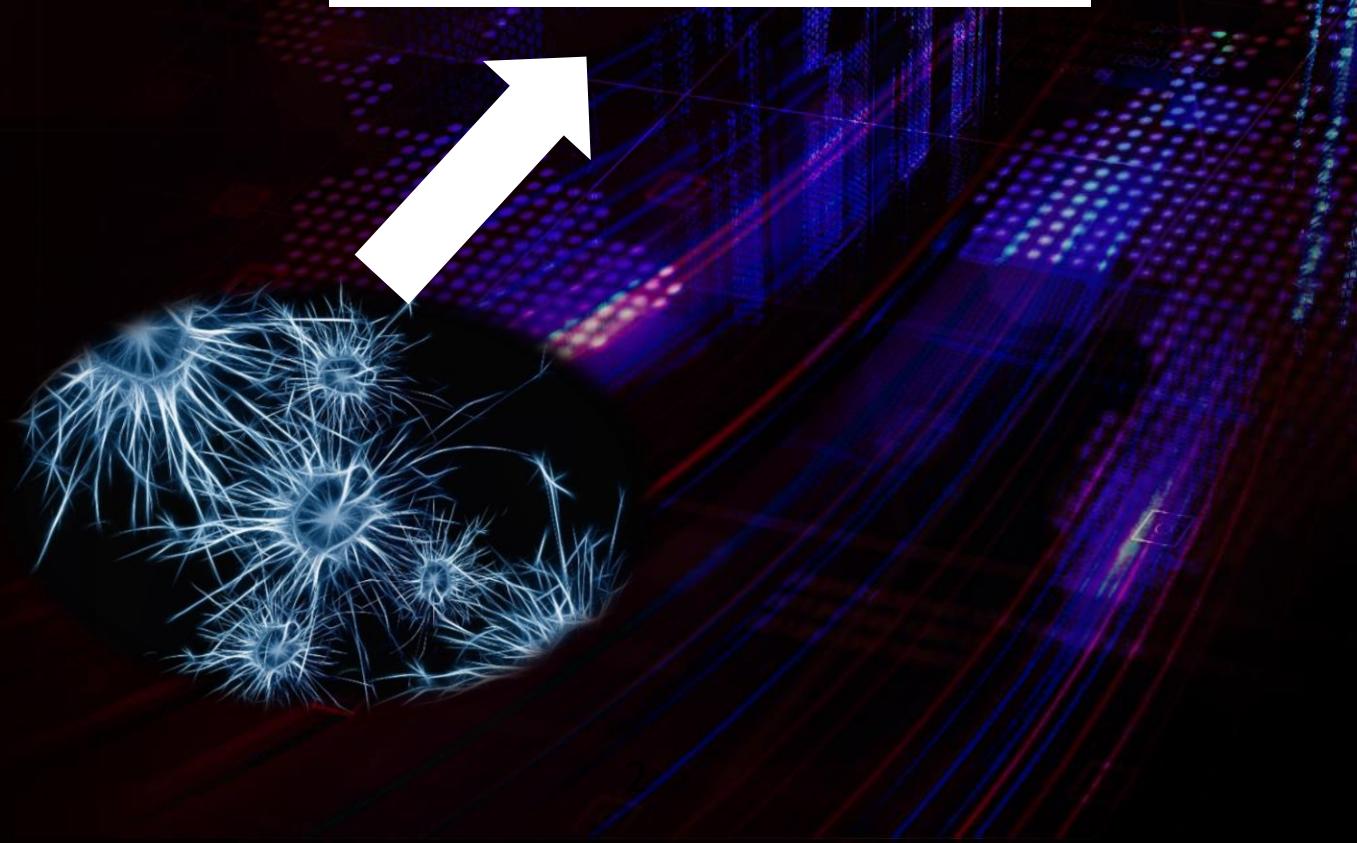
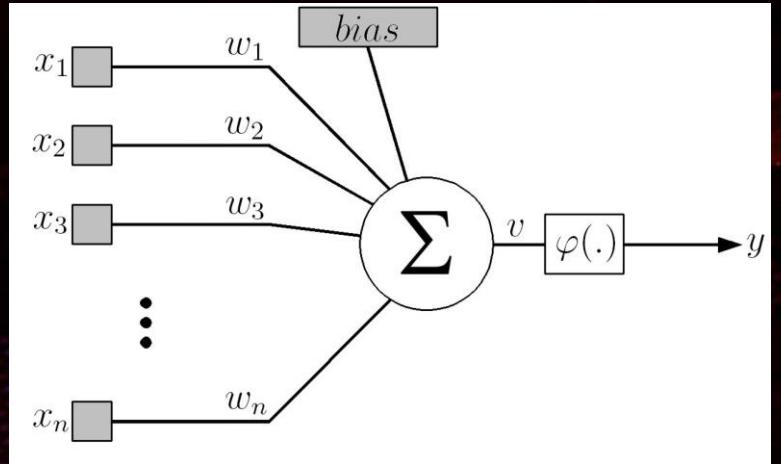


REDES NEURAIS

O neurônio biológico e sua
modelagem matemática



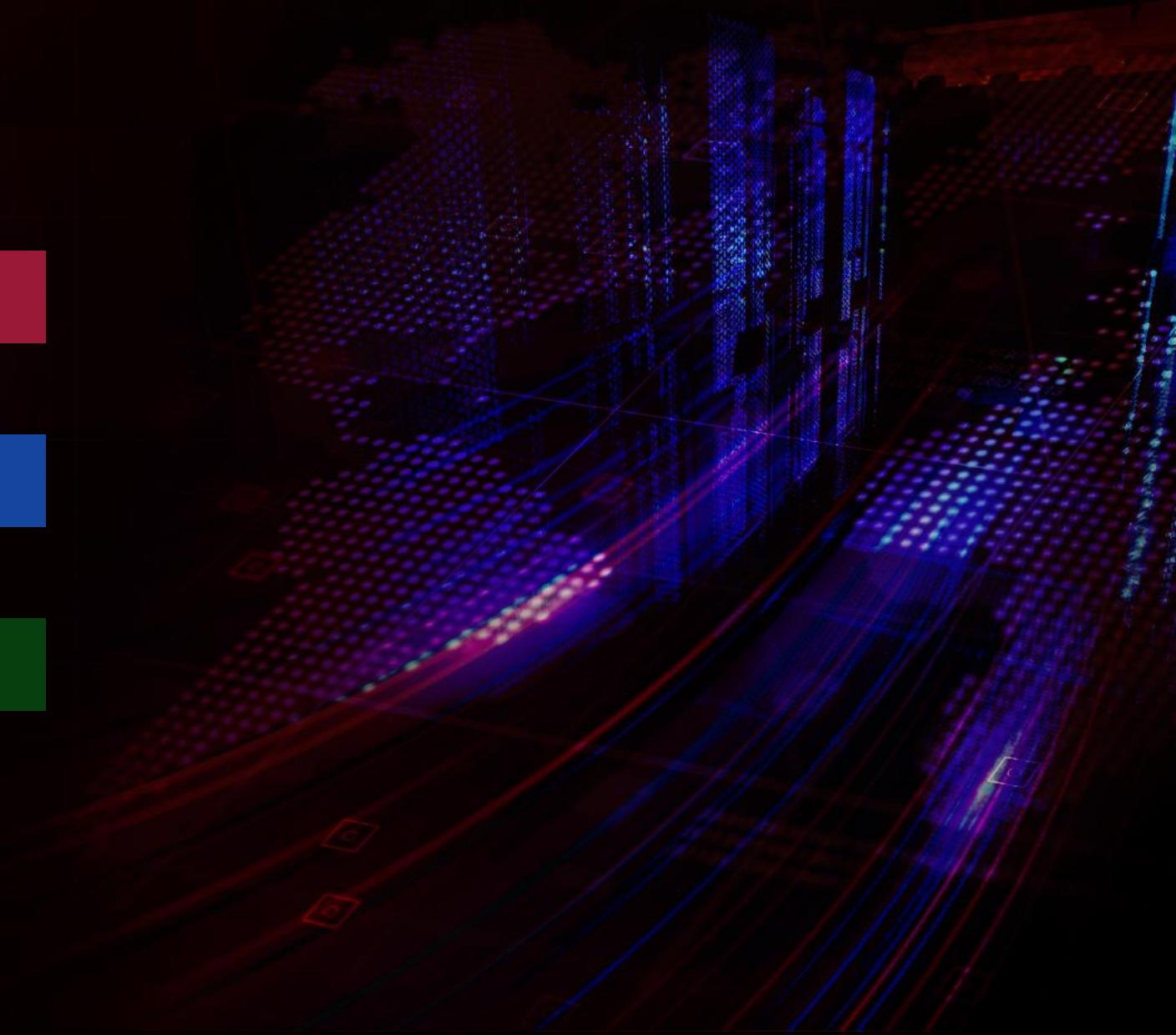


TÓPICOS

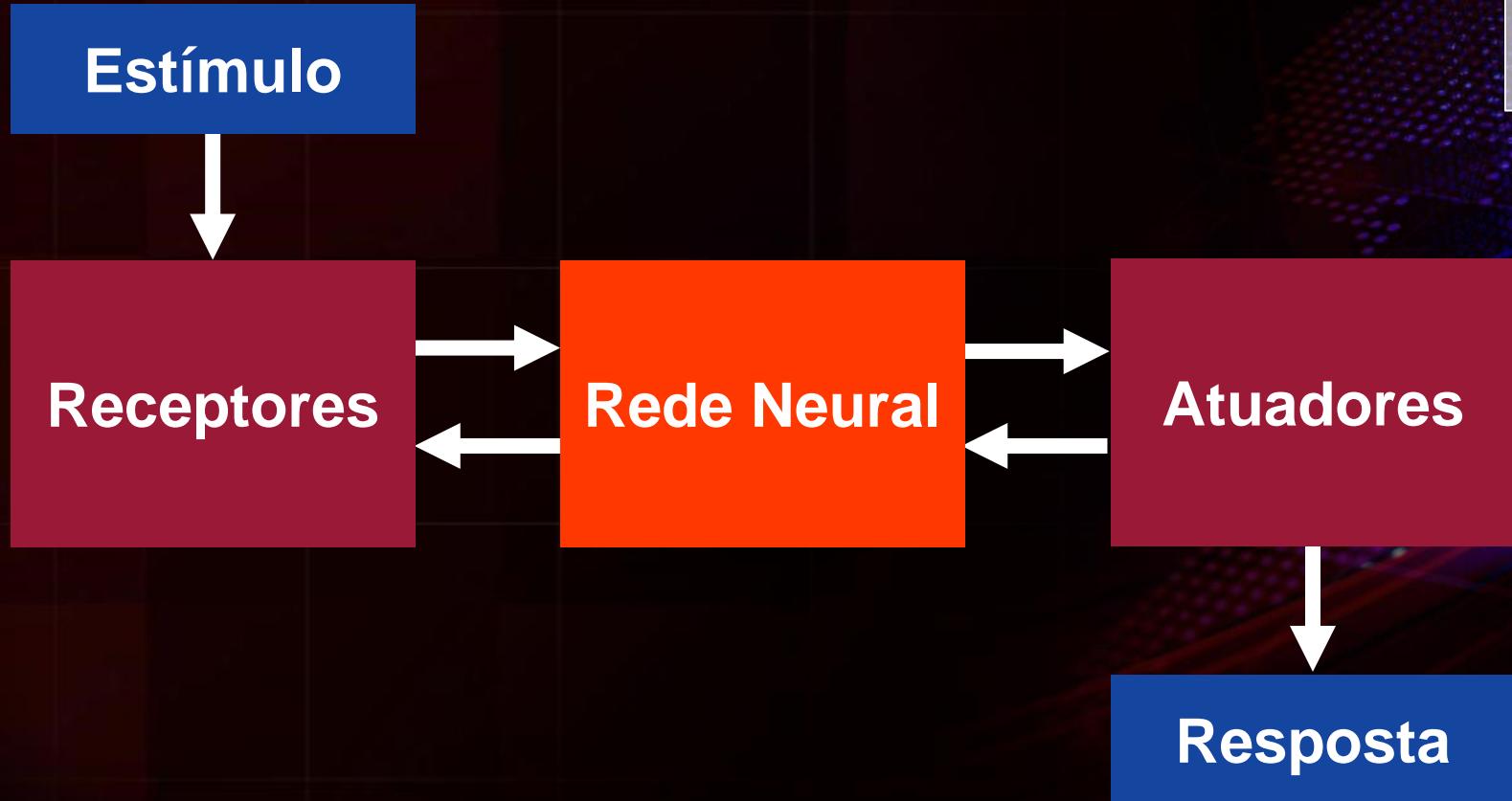
1. O cérebro (inspiração)

2. O neurônio biológico

3. O neurônio matemático



O CÉREBRO



O CÉREBRO

- 1. Aproximadamente 100 bilhões de neurônios**
- 2. Novas conexões podem ser criadas ou desfeitas (plasticidade)**
- 3. Diversas regiões especializadas (i.e. córtex visual)**
- 4. Alta eficiência energética**
- 5. Capaz de resolver problemas complexos**



O CÉREBRO

1. Segundo Kandel (1997), as principais semelhanças entre as RNs e o cérebro são:

1. Processamento paralelo

2. A operação em ambos os circuitos não dependem de um único elemento, mas é uma função do coletivo



O NEURÔNIO

O Neurônio é semelhante a qualquer célula do corpo

- Membrana, citoplasma e núcleo

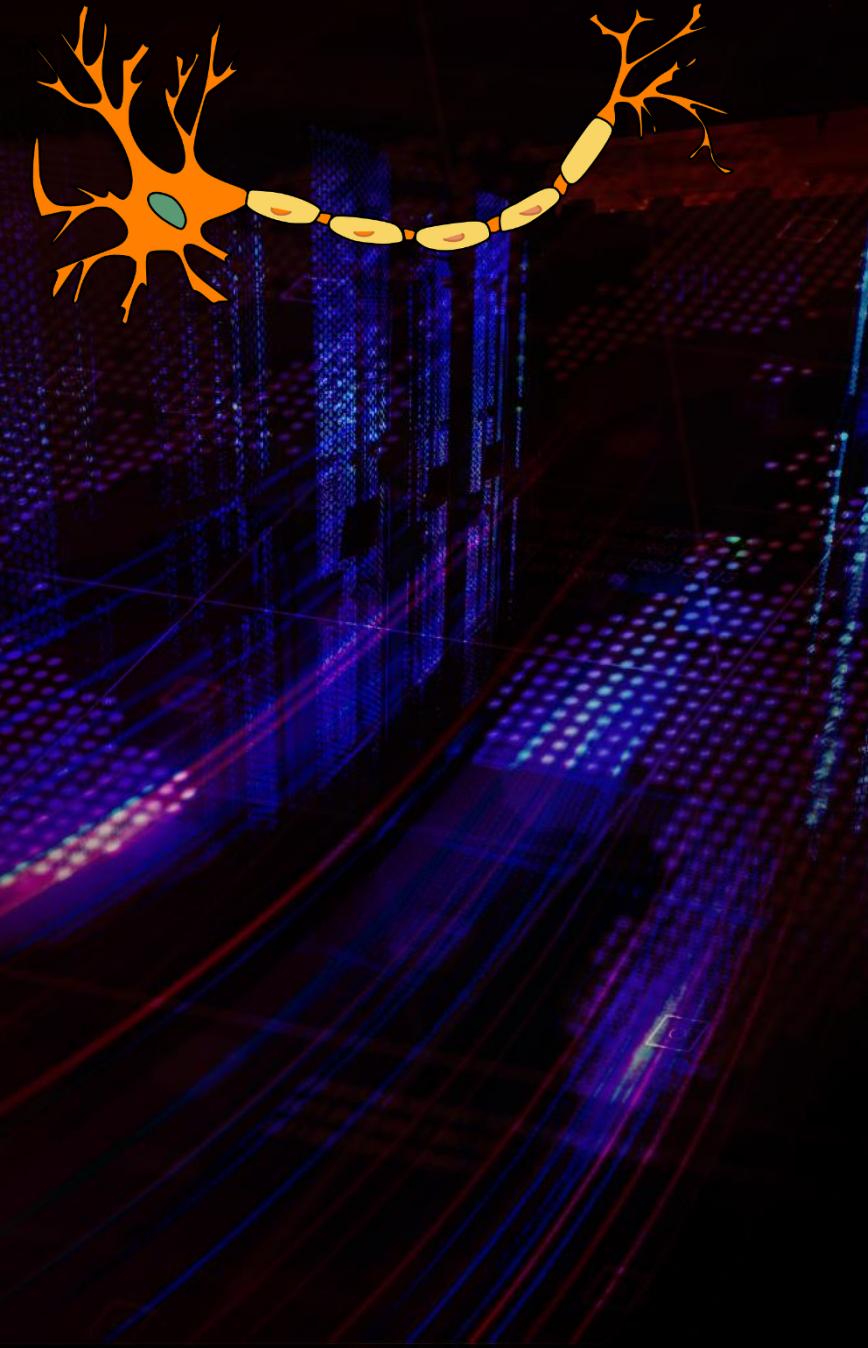
Apresenta algumas características particulares:

- Dendrito, Soma e Axônio
- Os neurônios se comunicam através de neurotransmissores pela fenda sináptica
- O neurônio é excitável



O NEURÔNIO

- **Dendritos:** Recebem as informações de outras células ou neurônios
- **Soma:** “Processa a informação”
- **Axônio:** conduz a informação do soma até a extremidade do neurônio (**sinapses**) onde são liberados os neurotransmissores
 - Potencial de ação
- **Sinapses:** medeiam as conexões entre neurônios



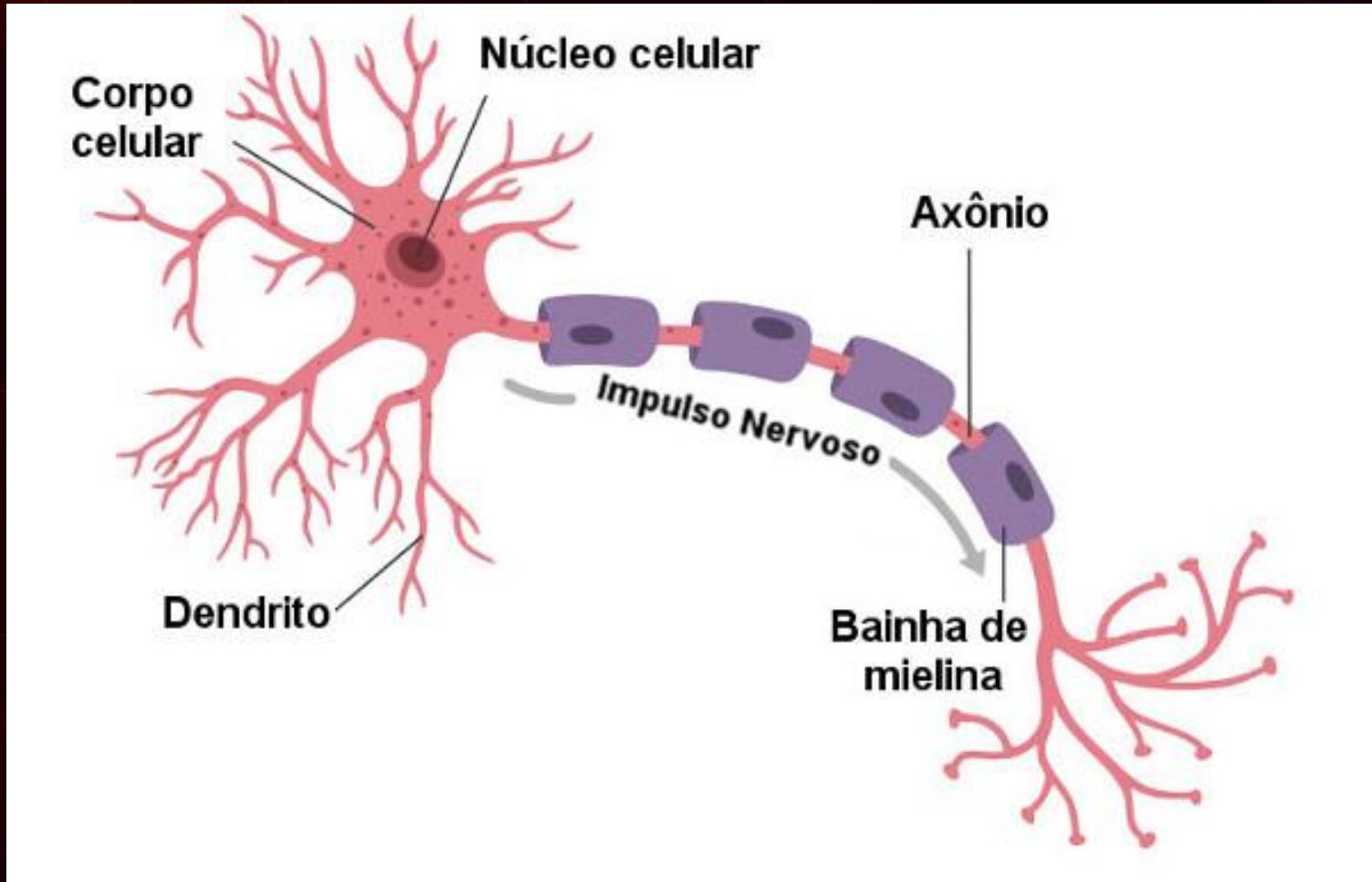
O NEURÔNIO

- Sinapses liberam os neurotransmissores
 - Sinal Elétrico → Químico → Elétrico

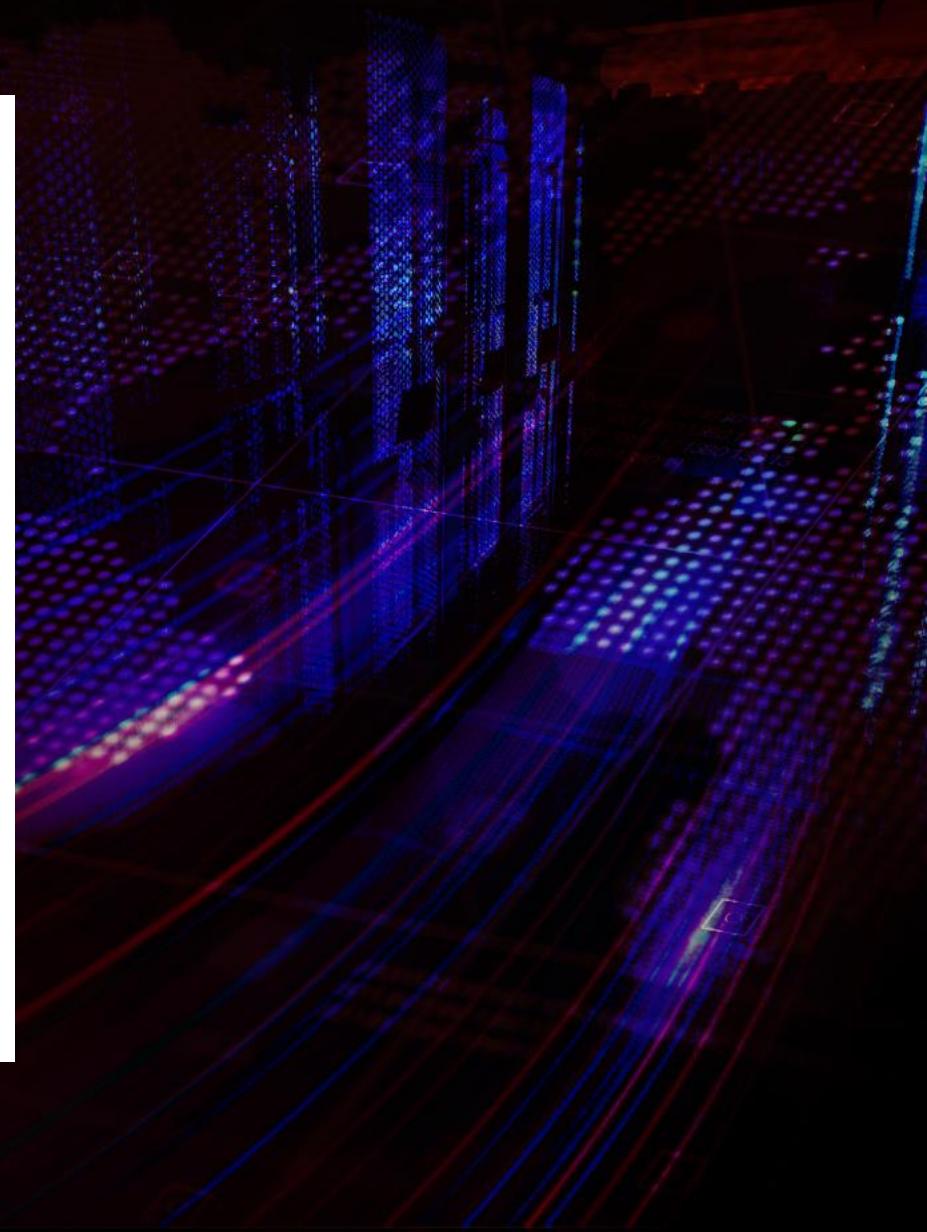
- Plasticidade do neurônio
 - Criação de novas conexões sinápticas
 - Modificação das sinapses existentes



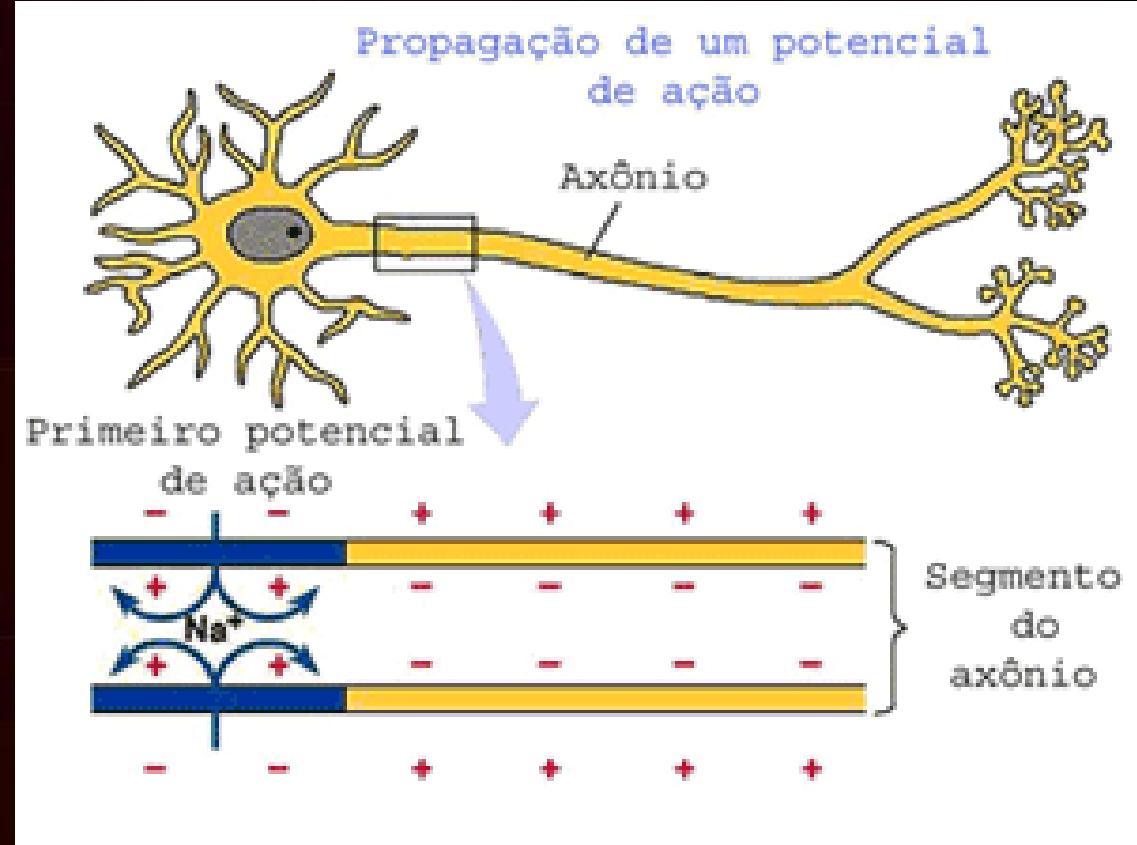
O NEURÔNIO



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/neuronios.htm>



O NEURÔNIO



- O Neurônio se mantém em um estado de repouso (aprox. -70mv)

Fonte: [https://cienciascognicao.org/
neuroemdebate/arquivos/3333](https://cienciascognicao.org/neuroemdebate/arquivos/3333)

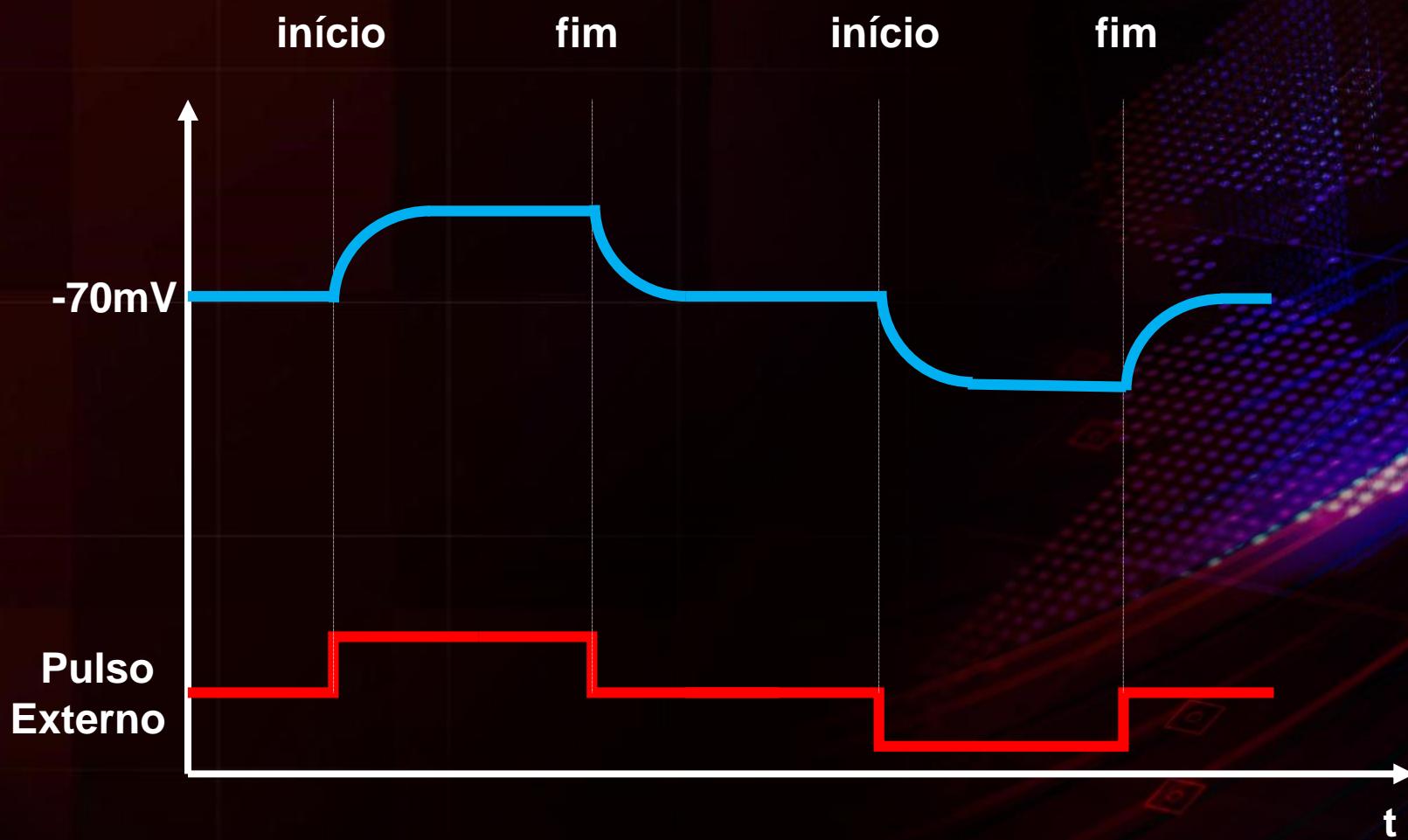
O NEURÔNIO

- Sempre que o neurônio recebe um sinal o seu potencial de repouso sofre pequenas alterações
 - Despolarização (sinal excitatório)
 - Hiperpolarização (sinal inibitório)

- O potencial retorna ao repouso logo após a oscilação
 - circuito RC



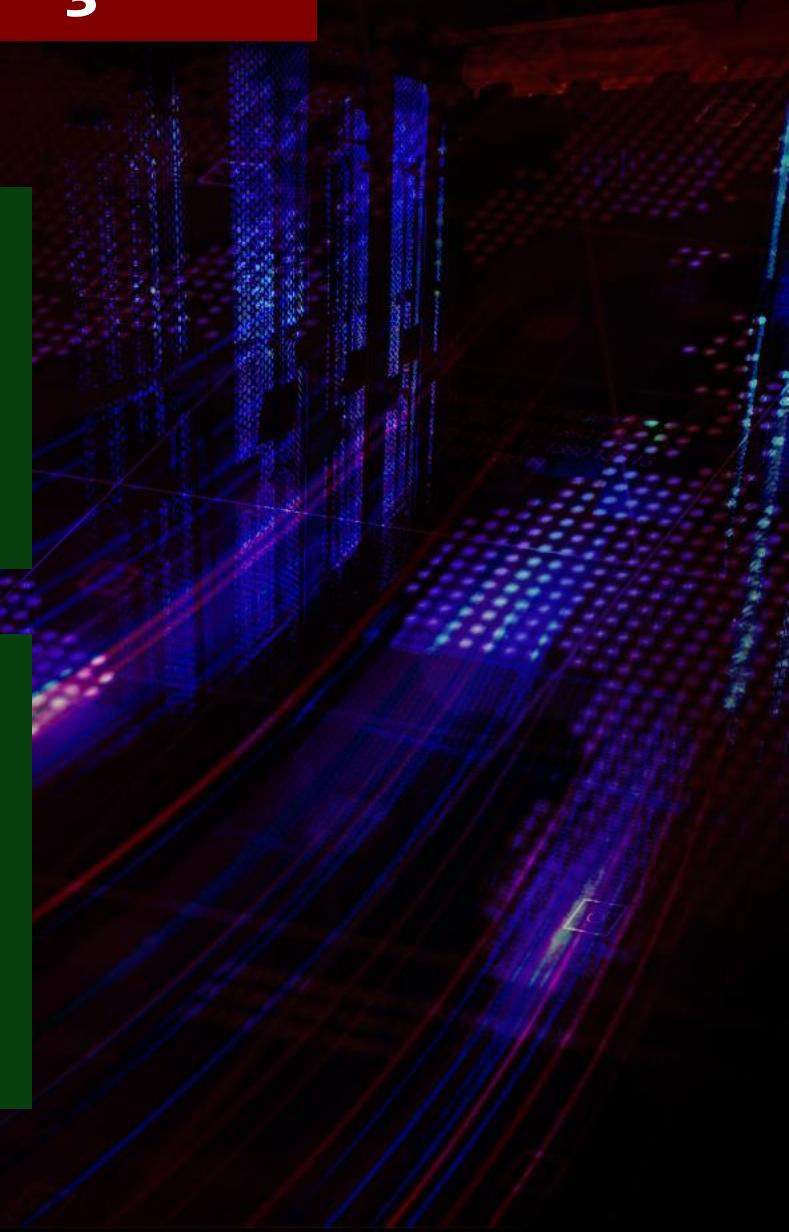
O NEURÔNIO



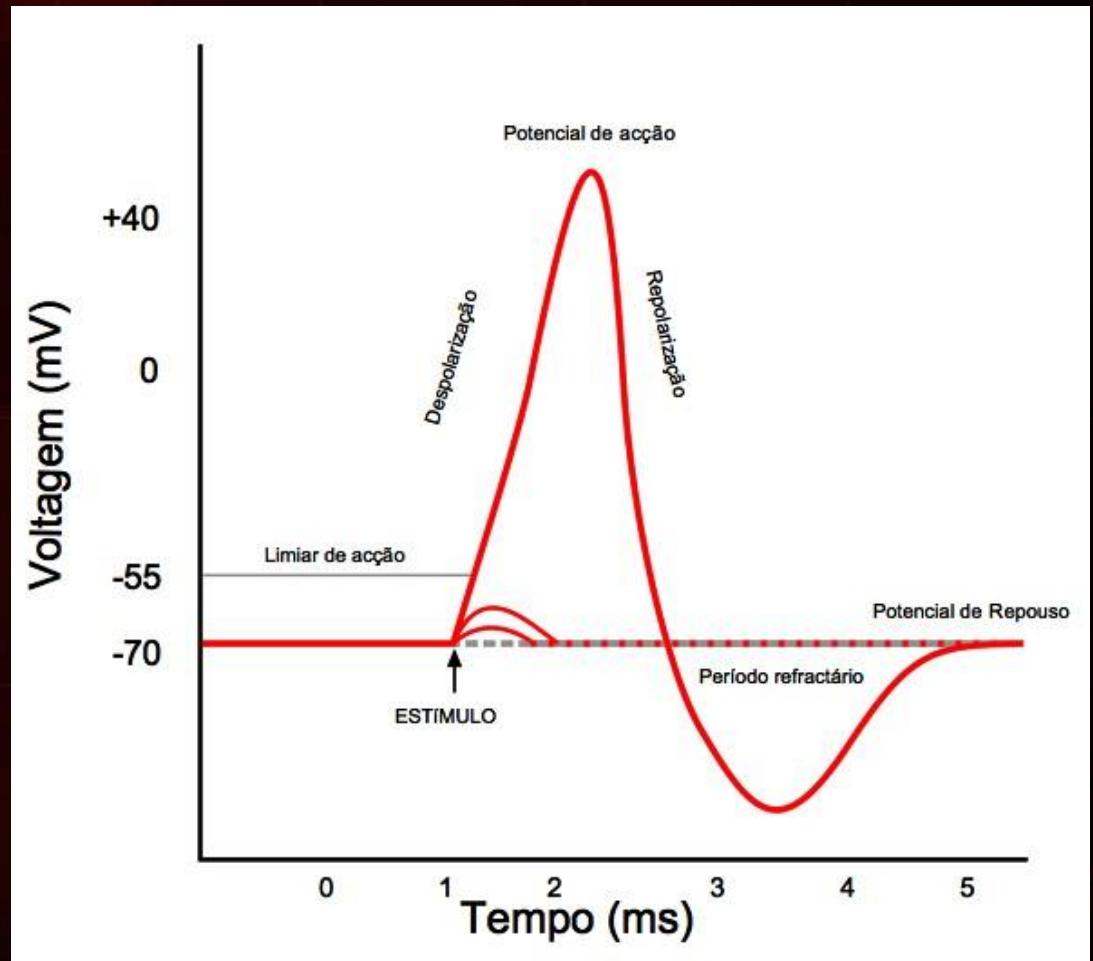
O NEURÔNIO: POTENCIAL DE AÇÃO

➤ Quando o potencial do neurônio sofre uma despolarização ultrapassando um determinado **limiar**, um Potencial de Ação é gerado

- Efeito tudo ou nada
- Sinais com amplitudes constantes
- São utilizados pelo cérebro para receber, analisar e transmitir informação (Kandel, 1997)



O NEURÔNIO: POTENCIAL DE AÇÃO



Fonte: [https://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Potencial_de_Ação](https://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/Potencial_de_Acción)

MODELAGEM

Como modelar o neurônio biológico?

Considerações:

- Unidade com entradas ponderadas (sinapses)
- Pode ou não disparar

Qual é o propósito da modelagem?



O NEURÔNIO MATEMÁTICO

No início da década de 40, alguns pesquisadores começaram a desenvolver modelos matemáticos para descrever o comportamento dos neurônios.

O Neurônio MCP (“Reproduzir”)

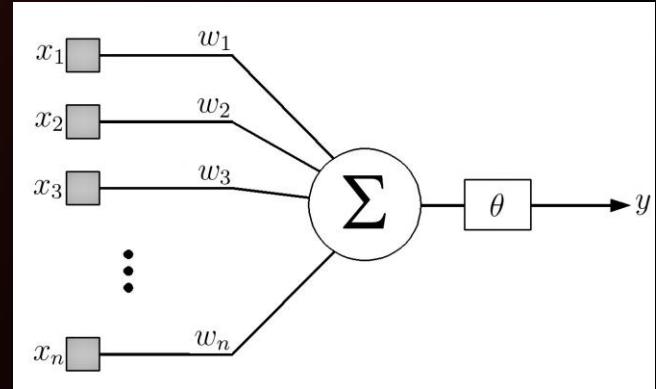
- Abordagem Qualitativa
- Usado em redes neurais

O Modelo Hodgkin-Huxley (“Entender”)

- Abordagem Quantitativa
- Usado em neurociência computacional

O NEURÔNIO MCP

- Considerando o que se conhecia até o momento (década de 40) os pesquisadores McCulloch e Pitts propuseram o primeiro modelo matemático para um neurônio artificial

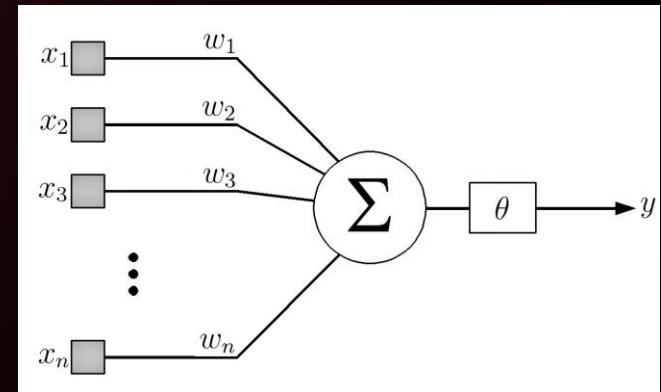


- Pode ser visto como uma simplificação do que já havia sido descoberto a respeito do neurônio biológico

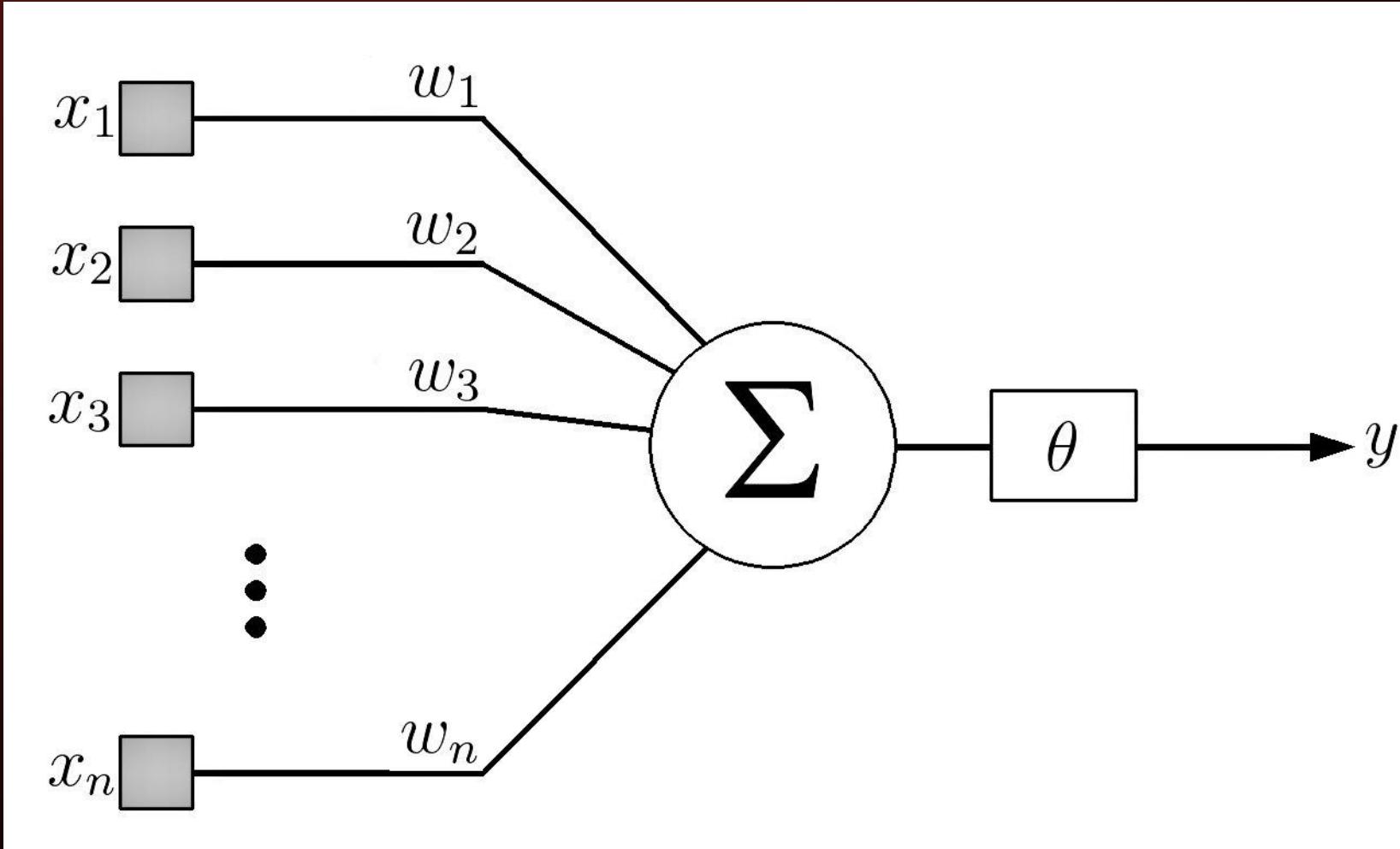
O NEURÔNIO MCP

O Neurônio MCP é composto por:

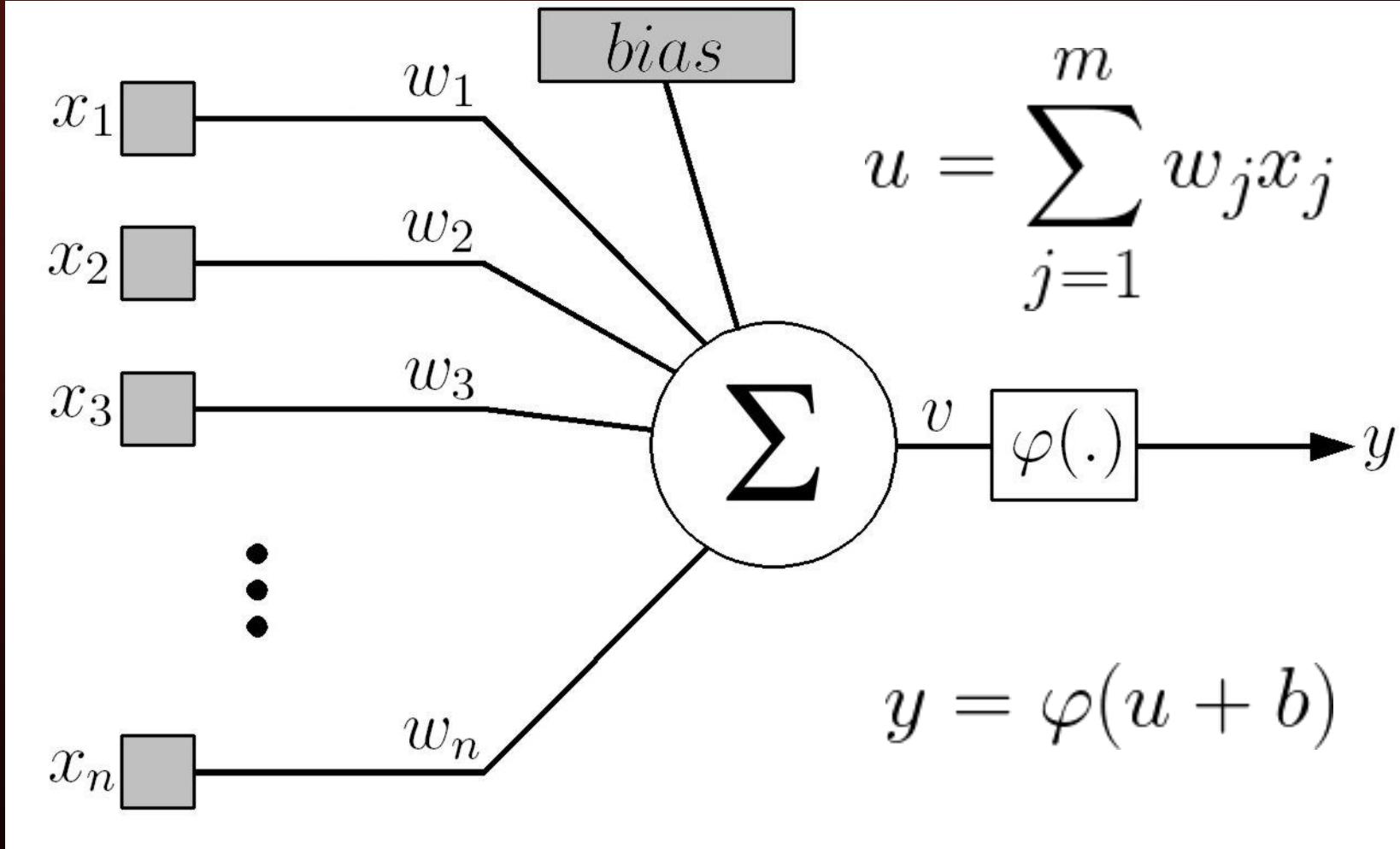
- As Sinapses (dendritos)
- O corpo celular (somatório ponderado)
- E uma saída (axônio) que representa quando o neurônio está ativo ou não (função de ativação)
 - Saída binária
 - Ou está disparando potenciais de ação ou está em repouso



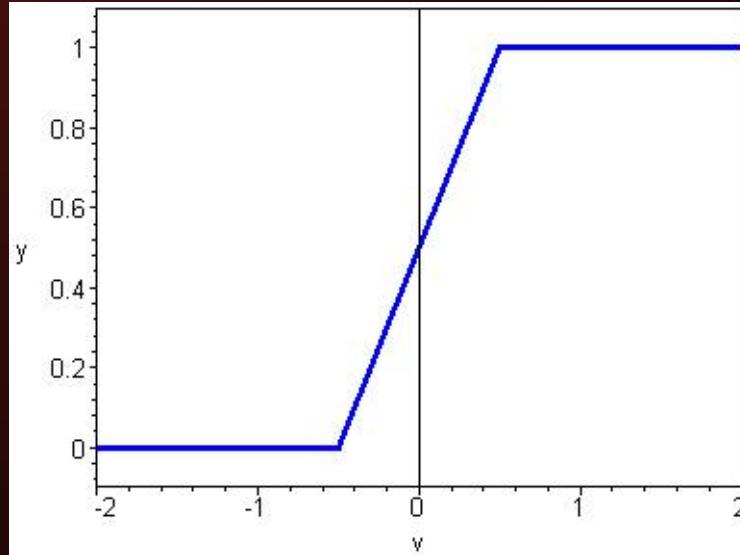
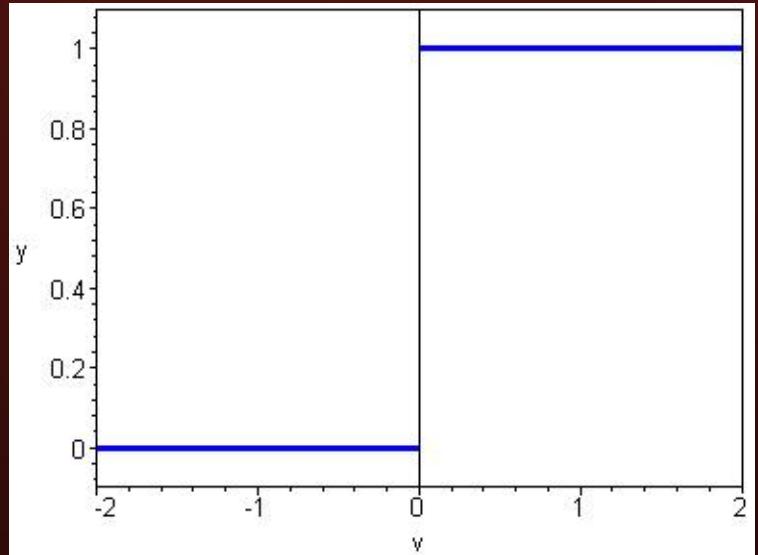
O NEURÔNIO MCP



O NEURÔNIO MCP: GENERALIZAÇÃO

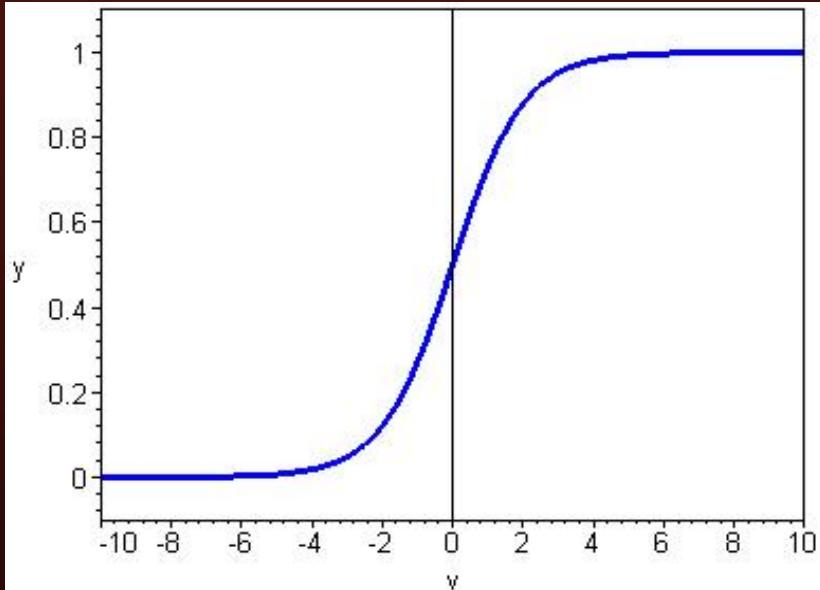


FUNÇÕES DE ATIVAÇÃO

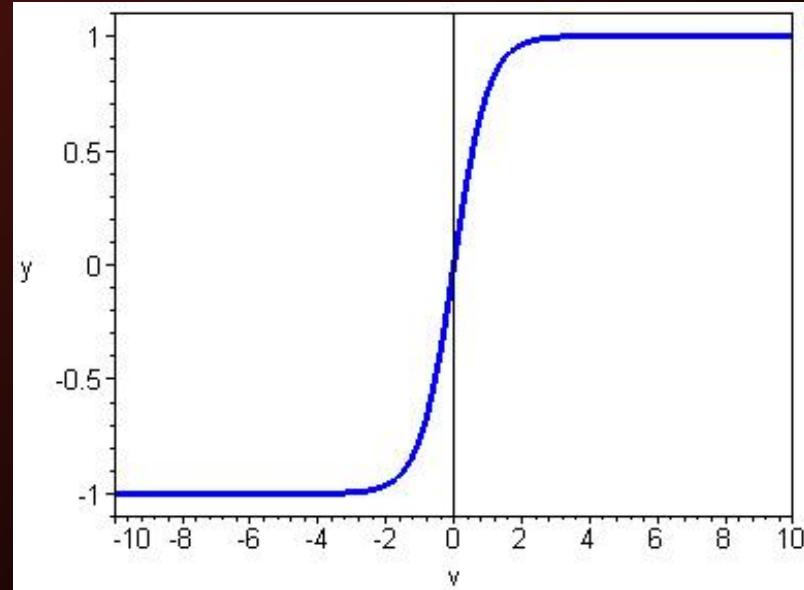


$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 & \text{se } v \geq 0 \\ 0 & \text{se } v < 0 \end{cases} \quad \varphi(v) = \begin{cases} 1, & v \geq \frac{1}{2} \\ v, & -\frac{1}{2} < v < \frac{1}{2} \\ 0, & v \leq -\frac{1}{2} \end{cases}$$

FUNÇÕES DE ATIVAÇÃO

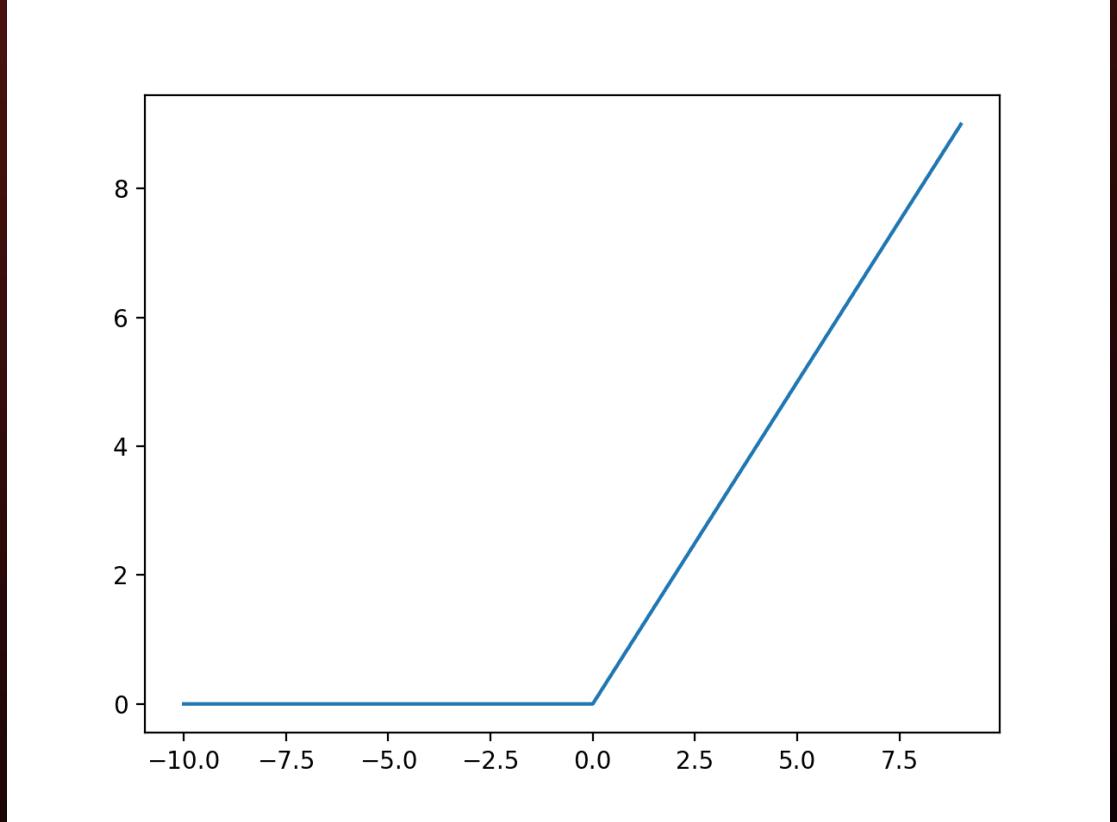


$$\varphi(v) = \frac{1}{1 + \exp(-av)}$$



$$\varphi(v) = \tanh(v)$$

FUNÇÕES DE ATIVAÇÃO: RELU



$$\varphi(v) = \max(0, v)$$

Fonte: <https://machinelearningmastery.com/rectified-linear-activation-function-for-deep-learning-neural-networks/>

NEURÔNIO ESTOCÁSTICO

Resposta probabilística

$$x = \begin{cases} +1 & \text{com probabilidade } P(v) \\ -1 & \text{com probabilidade } 1 - P(v) \end{cases}$$

$$P(v) = \frac{1}{1 + \exp(-v/T)}$$

O MODELO DE HODGKIN-HUXLEY

- Desenvolvido quase em paralelo ao nó MCP
- Modelo matemático que descreve fielmente o comportamento eletrofisiológico do neurônio biológico
- Enfoque fisiológico e não computacional (potencial de ação)
- Formado por equações diferenciais

O MODELO DE HODGKIN-HUXLEY

- Um dos mais importantes modelos utilizados em simulações em Neurociência Computacional (Izhikevich, 2004)
- Autores foram contemplados com o prêmio **Nobel** em fisiologia (1963) pelo desenvolvimento deste modelo
- Diversas variações/simplificações

OUTROS MODELOS DE NEURÔNIOS

- Variações do MCP
- Neurônios RBF
- Unidades LSTM/GRU
- Unidades Convolutivas
- Neurônios Pulsados (Spiking)



O QUE VIMOS?

- Recordamos as funções do cérebro
- Revisitamos o neurônio biológico
- Conhecemos a modelagem matemática do neurônio
 - Neurônio MCP

PRÓXIMA VIDEOAULA

- O que é o aprendizado em redes neurais?
- Técnicas de aprendizagem
- Paradigmas de aprendizagem



REDES NEURAIS

O neurônio biológico e sua
modelagem matemática

