



Neurônio Artificial

Professor Ciniro Nametala
Bacharelado em Engenharia de Computação
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí

Código da disciplina: BiSuCOM.553
Oferta: 2-2025



<https://tinyurl.com/aula2rnaciniro>

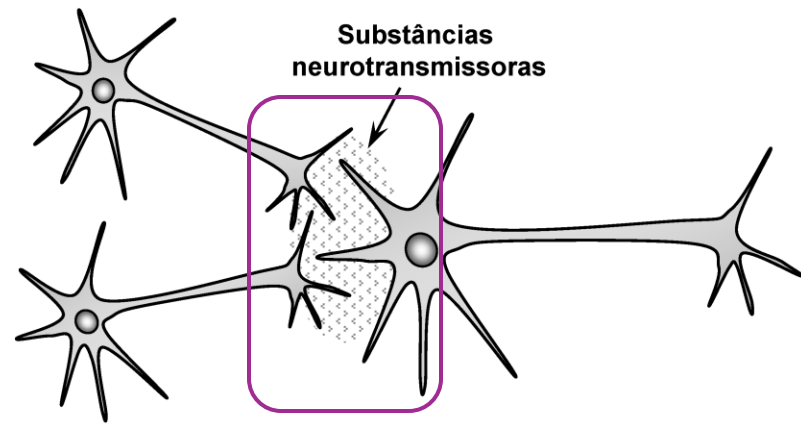
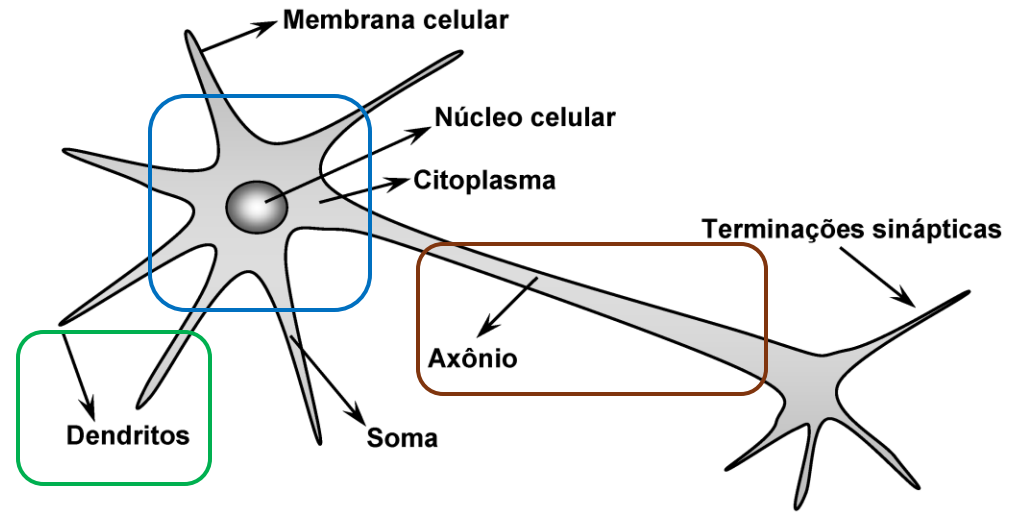
Agenda

1. Neurônio biológico
2. Neurônio artificial
3. Funções de ativação

Neurônio Biológico

Neurônio

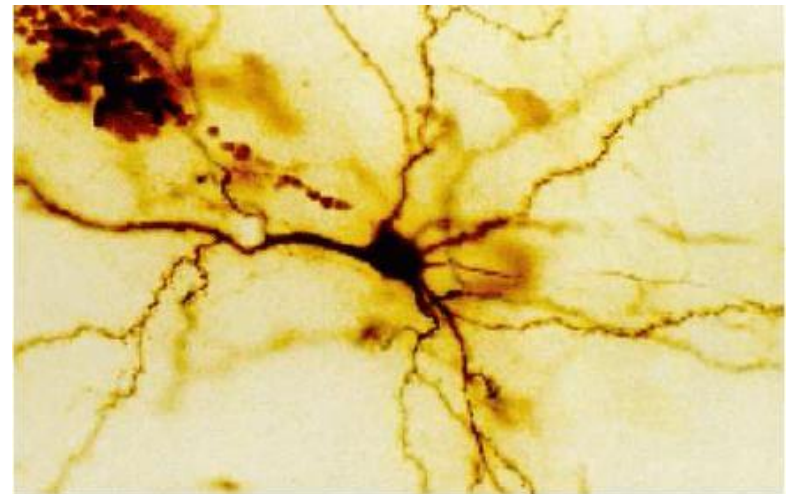
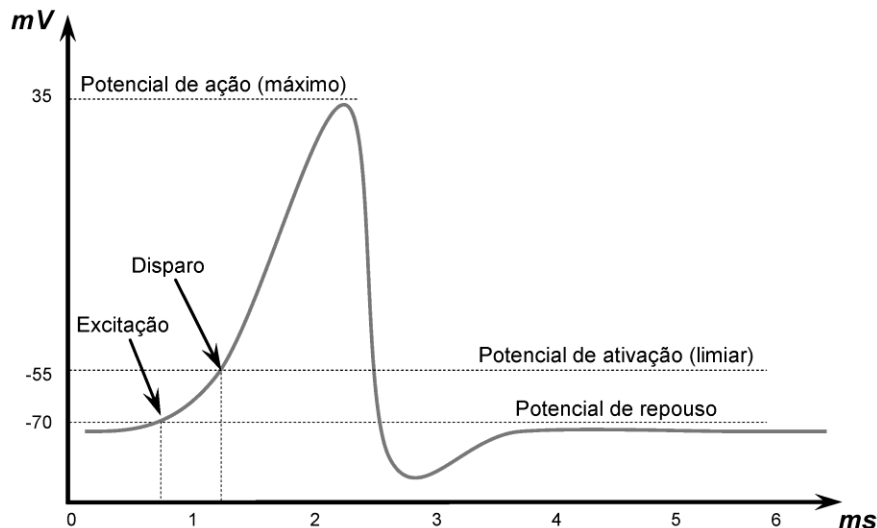
- 1. Dendritos:** Captam os estímulos elétricos conforme a composição química da área onde estão situados no cérebro.
- 2. Corpo celular:** Processa os sinais elétricos e químicos a fim de produzir um potencial de ativação que indicará se o neurônio poderá disparar um impulso no axônio.
- 3. Axônio:** Prolongamento que serve para conduzir as terminações do neurônios sinais elétricos e químicos.
- 4. Sinapse:** Um sinal elétrico seja transmitido entre de um para dois ou mais neurônios.



Neurônio Biológico

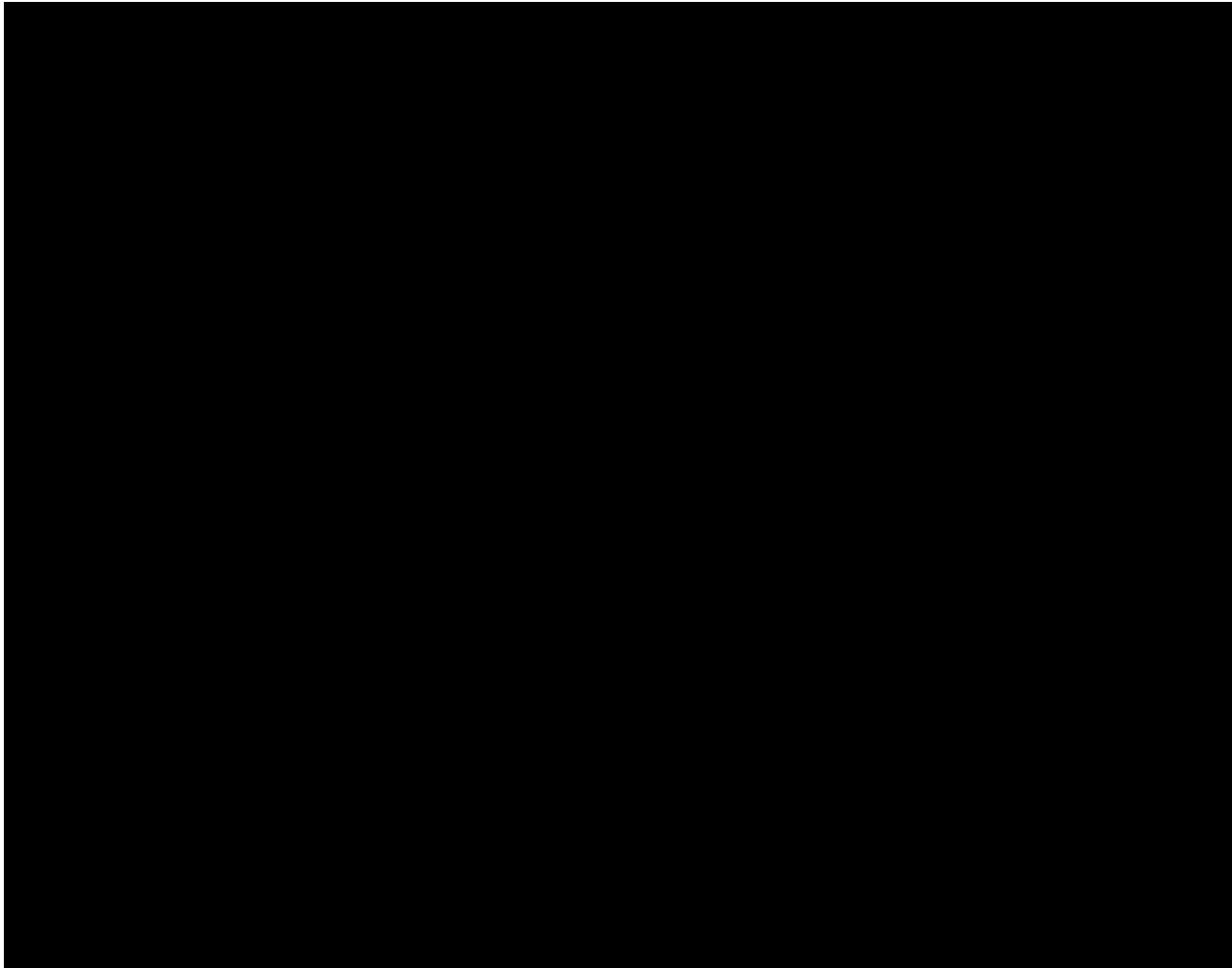
Sinapse

As **sinapses** ocorrem no momento em que uma célula nervosa é estimulada (despolarizada) além de um **limiar de ativação** (-55 mV), que é ocasionado pela variação da concentração interna de íons de sódio e potássio, há então o disparo de um **impulso elétrico que será propagado** ao longo de todo o seu axônio, cuja amplitude máxima alcançará o valor de 35 mV. Ao término do processo de excitação, como consequência, haverá a repolarização da membrana, isto é, o potencial de ação de neurônio retornará novamente ao seu patamar de potencial de repouso (-70 mV).



Neurônio Biológico

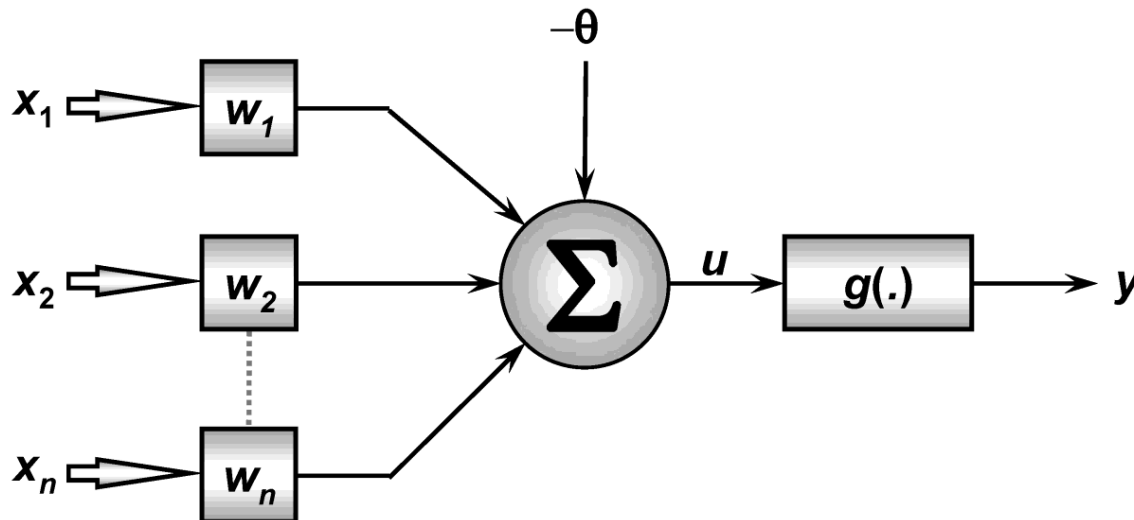
Sinapses biológicas



Neurons under microscope

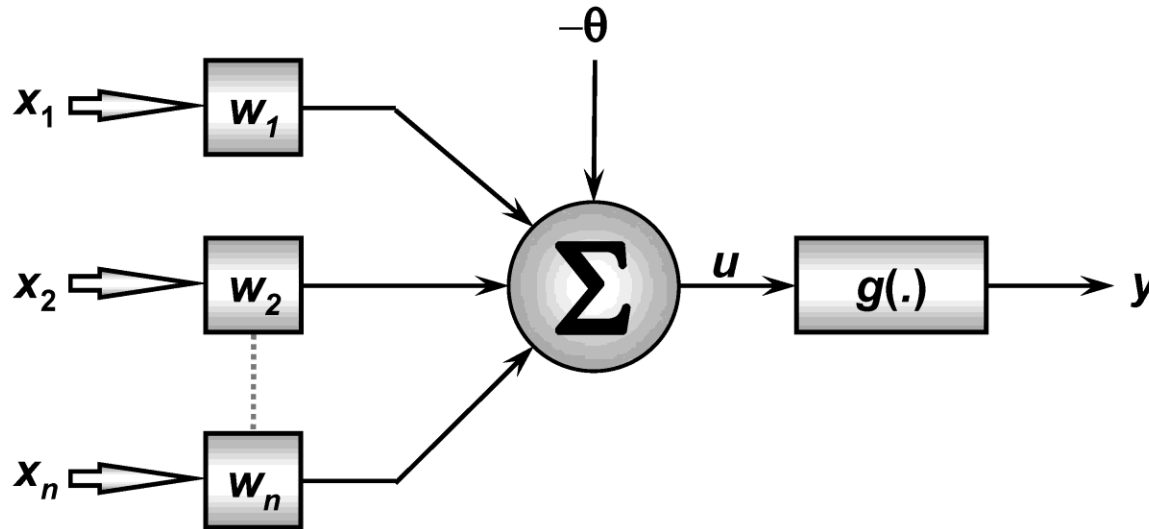
Neurônio Artificial

Os **neurônios artificiais** utilizados nos modelos de Redes Neurais Artificiais são **não-lineares**, fornecem **saídas tipicamente contínuas**, e realizam **funções simples**, como coletar os sinais existentes em suas entradas, agregá-los de acordo com sua função operacional e produzir uma resposta, levando em consideração sua função de ativação inerente.



Neurônio Artificial

Equação básica



$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta \qquad y = g(u)$$

Neurônio Artificial

Equação básica

Sinais de entrada:

$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

Valores vindos do meio externo ao neurônio (exemplos do dataset).

Pesos sinápticos:

$\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$

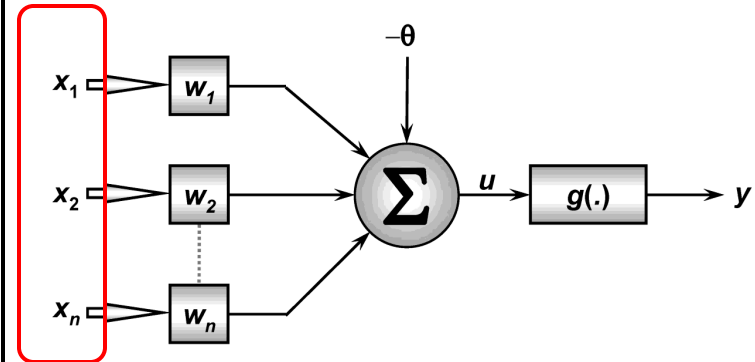
Quantificar a relevância das entradas.

Combinador linear: $\sum_{i=1}^n$ (expressão)

Agregar sinais ponderados a fim de produzir um potencial de ativação.

Limiar de ativação: Θ

Variável que especifica o patamar adequado para um disparo na saída.



$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta$$

$$y = g(u)$$

Neurônio Artificial

Equação básica

Sinais de entrada:

$$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

Valores vindos do meio externo ao neurônio (exemplos do dataset).

Pesos sinápticos:

$$\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$$

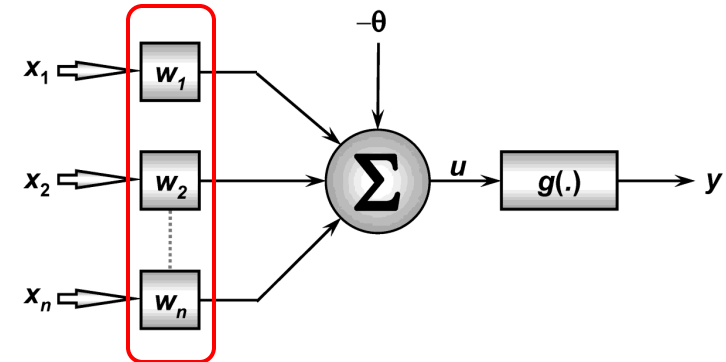
Quantificar a relevância das entradas.

Combinador linear: $\sum_{i=1}^n$ (expressão)

Agregar sinais ponderados a fim de produzir um potencial de ativação.

Limiar de ativação: Θ

Variável que especifica o patamar adequado para um disparo na saída.



$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta$$

$$y = g(u)$$

Neurônio Artificial

Equação básica

Sinais de entrada:

$$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

Valores vindos do meio externo ao neurônio (exemplos do dataset).

Pesos sinápticos:

$$\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$$

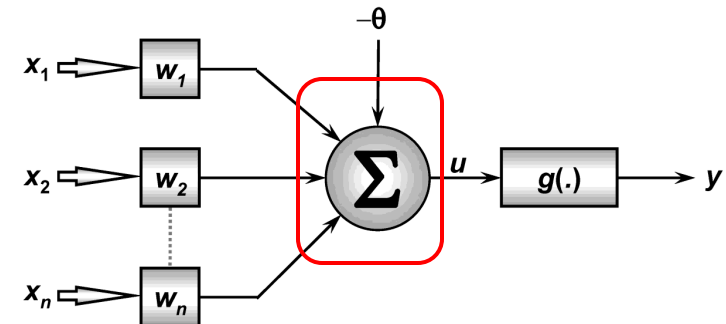
Quantificar a relevância das entradas.

Combinador linear: $\sum_{i=1}^n$ (expressão)

Agregar sinais ponderados a fim de produzir um potencial de ativação.

Limiar de ativação: Θ

Variável que especifica o patamar adequado para um disparo na saída.



$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta$$

$$y = g(u)$$

Neurônio Artificial

Equação básica

Sinais de entrada:

$$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

Valores vindos do meio externo ao neurônio (exemplos do dataset).

Pesos sinápticos:

$$\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$$

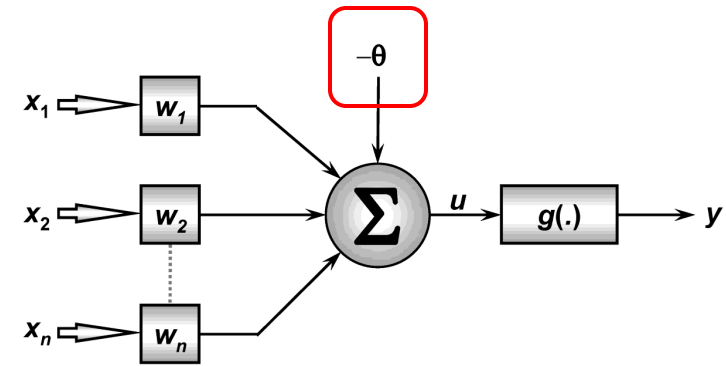
Quantificar a relevância das entradas.

Combinador linear: $\sum_{i=1}^n$ (expressão)

Agregar sinais ponderados a fim de produzir um potencial de ativação.

Limiar de ativação: Θ

Variável que especifica o patamar adequado para um disparo na saída.



$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta$$

$$y = g(u)$$

Neurônio Artificial

Equação básica

Potencial de ativação: u

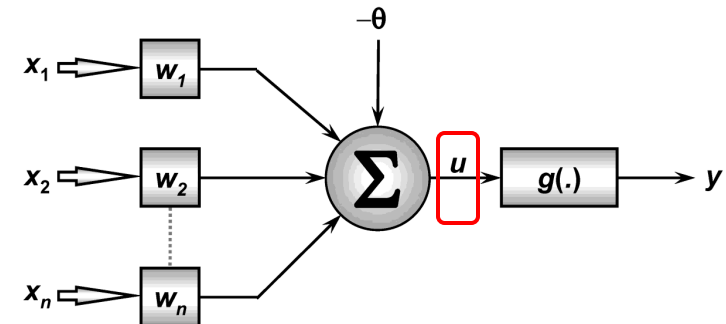
Produz um potencial excitatório (se $u > \Theta$) ou inibitório (se $u < \Theta$).

Função de ativação: $g(.)$

Limitar a saída do neurônio num intervalo de interesse.

Sinal de saída: y

Valor produzido após o processamento que pode ser utilizado ou repassado a novos neurônios.



$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta$$

$$y = g(u)$$

Neurônio Artificial

Equação básica

Potencial de ativação: u

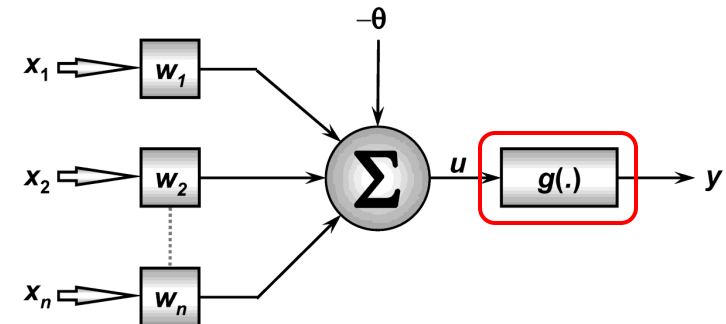
Produz um potencial excitatório (se $u > \Theta$) ou inibitório (se $u < \Theta$).

Função de ativação: $g(.)$

Limitar a saída do neurônio num intervalo de interesse.

Sinal de saída: y

Valor produzido após o processamento que pode ser utilizado ou repassado a novos neurônios.



$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta$$

$$y = g(u)$$

Neurônio Artificial

Equação básica

Potencial de ativação: u

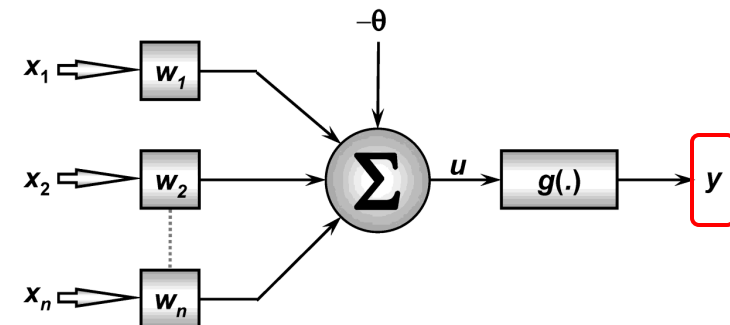
Produz um potencial excitatório (se $u > \Theta$) ou inibitório (se $u < \Theta$).

Função de ativação: $g(.)$

Limitar a saída do neurônio num intervalo de interesse.

Sinal de saída: y

Valor produzido após o processamento que pode ser utilizado ou repassado a novos neurônios.



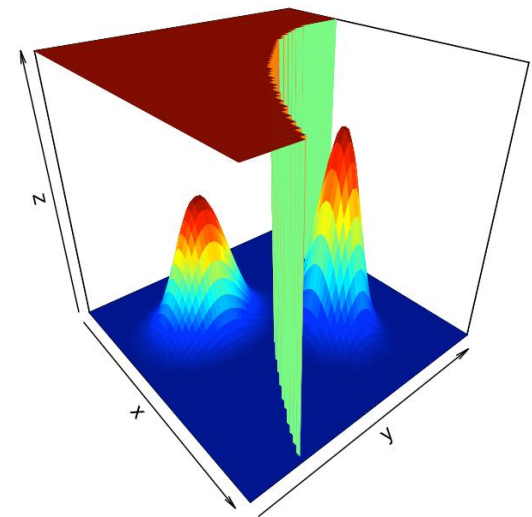
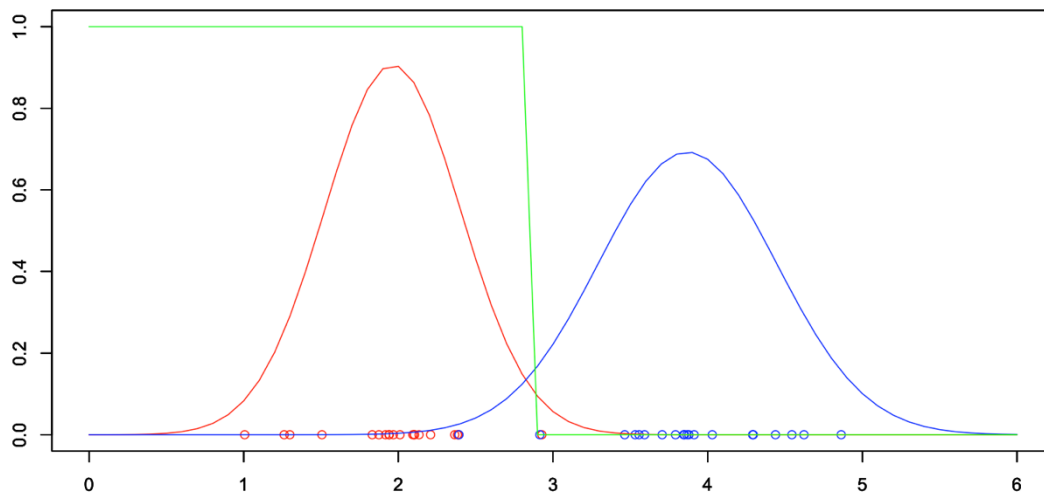
$$u = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i - \theta$$

$$y = g(u)$$

Neurônio Artificial

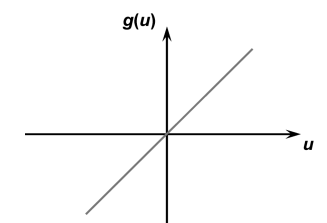
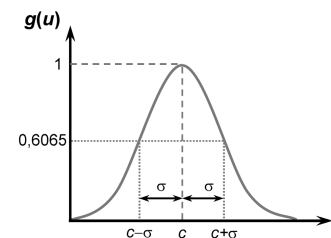
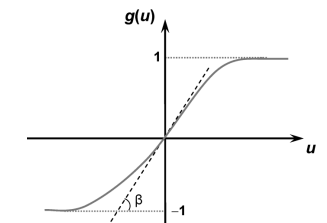
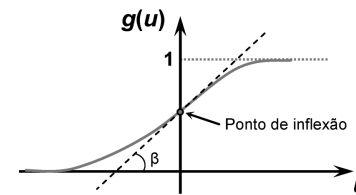
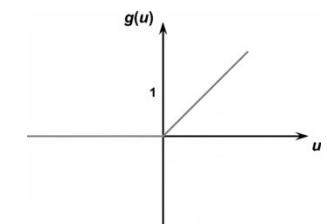
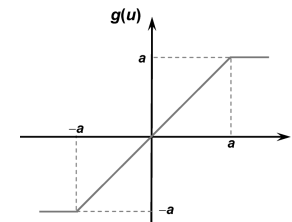
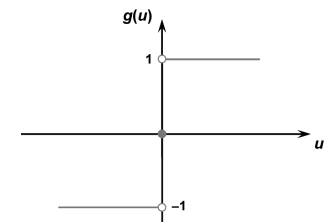
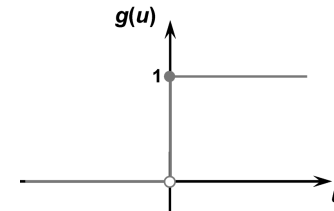
Equação básica

Um **neurônio artificial**, mesmo que simples, se estiver ajustado com os **pesos corretos** é capaz de realizar a classificação de dados linearmente separáveis.



Funções de ativação

As **funções de ativação** são componentes matemáticos aplicados à saída de cada neurônio artificial em uma rede neural. Seu objetivo principal é **introduzir não linearidade** no modelo, permitindo que a rede consiga aproximar funções complexas e resolver problemas que não podem ser modelados apenas por **combinações lineares de entradas**.



Funções de ativação

Classificações

Parcialmente diferenciáveis:

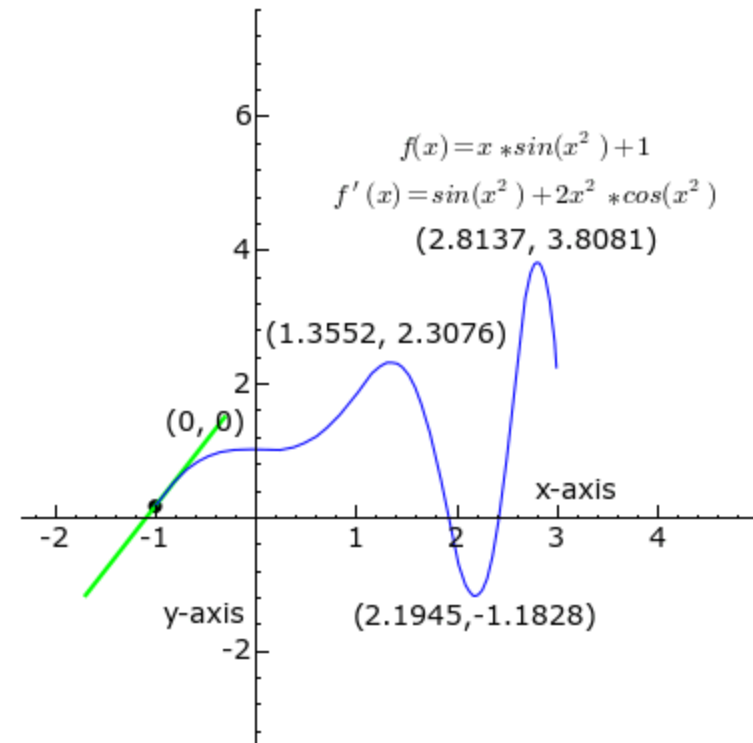
Possuem pontos onde as derivadas de primeira ordem não existem.

- Degrau
- Degrau bipolar
- Rampa simétrica
- ReLU (Rectified Linear Unit)

Totalmente diferenciáveis:

Derivadas conhecidas em todos os pontos da função.

- Sigmoides
 - Logística
 - Tangente hiperbólica
- Gaussiana
- Linear (identidade)

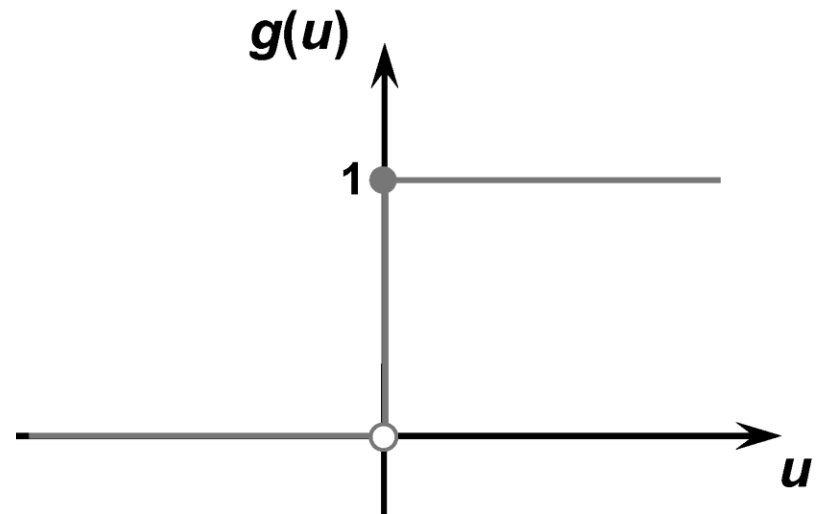


Funções de ativação

Degrau

A **função degrau** assume valor um quando o potencial de ativação for maior ou igual a zero, caso contrário, assumirá valor zero.

$$g(u) = \begin{cases} 1, & \text{se } u \geq 0 \\ 0, & \text{se } u < 0 \end{cases}$$



Funções de ativação

Degrau bipolar

A **função degrau bipolar** assume valores discretos -1, 0 ou 1 a depender da regra adotada.

Normal:

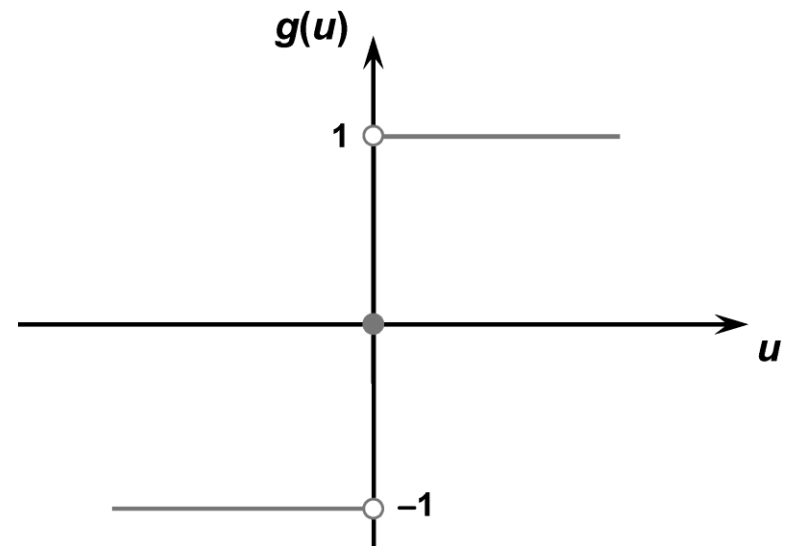
$$g(u) = \begin{cases} 1, & \text{se } u > 0 \\ 0, & \text{se } u = 0 \\ -1, & \text{se } u < 0 \end{cases}$$

Classificação:

$$g(u) = \begin{cases} 1, & \text{se } u \geq 0 \\ -1, & \text{se } u < 0 \end{cases}$$

Saída inalterada:

$$g(u) = \begin{cases} 1, & \text{se } u > 0 \\ \text{saida anterior}, & \text{se } u = 0 \\ -1, & \text{se } u < 0 \end{cases}$$

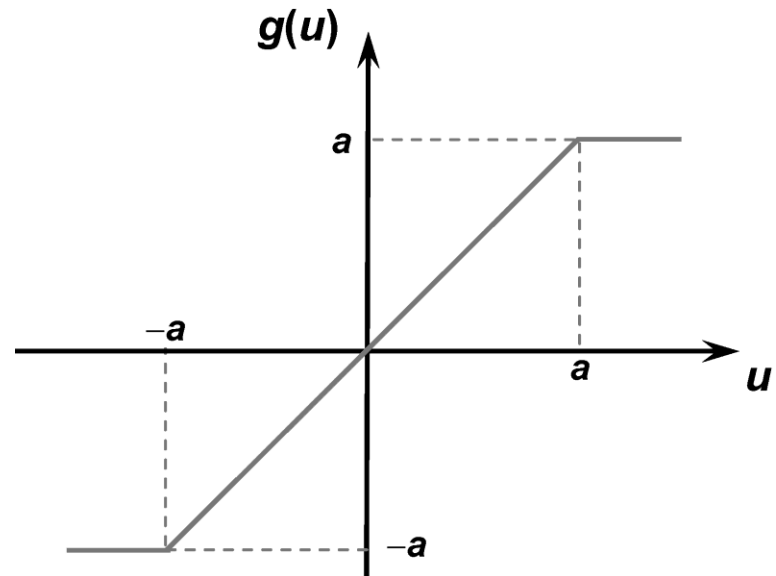


Funções de ativação

Rampa simétrica

A **função rampa simétrica** retorna valor igual ao potencial de ativação u quando este estiver dentro do intervalo $[-a, a]$, restringindo-se aos limites, caso contrário.

$$g(u) = \begin{cases} a, & \text{se } u > a \\ u, & \text{se } -a \leq u \leq a \\ -a, & \text{se } u < -a \end{cases}$$



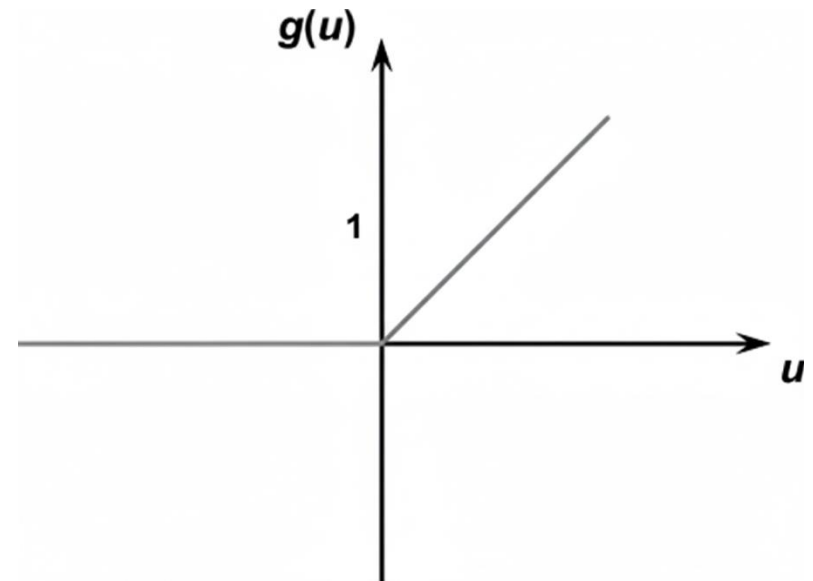
Funções de ativação

ReLU (Rectified Linear Unit)

A **função ReLU** é diferenciável em todo seu domínio, menos quando o valor do potencial de ativação $u = 0$. Nesse caso, geralmente adotasse como saída 0 ou 1. É uma das funções de ativação não diferenciáveis mais utilizadas.

$$g(u) = \max(0, u)$$

$$g(u) = \begin{cases} 0 & \text{se } u < 0 \\ 1 & \text{se } u > 0 \\ \text{indefinida} & \text{em } u = 0 \end{cases}$$

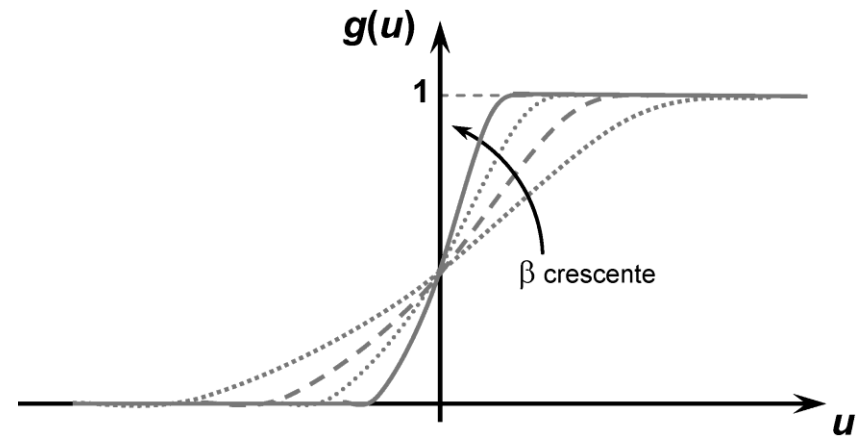
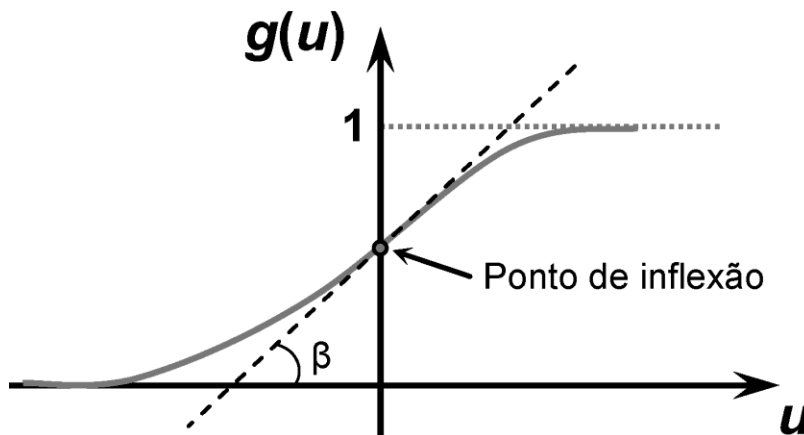


Funções de ativação

Sigmoide logística

A **função logística** produz valores no intervalo $[0, 1]$ considerando um **fator de inclinação** β que toma como referência um **ponto de inflexão**. Ele pode convergir para a função degrau, mas sempre mantendo-se diferenciável.

$$g(u) = \frac{1}{1 + e^{-\beta u}}$$

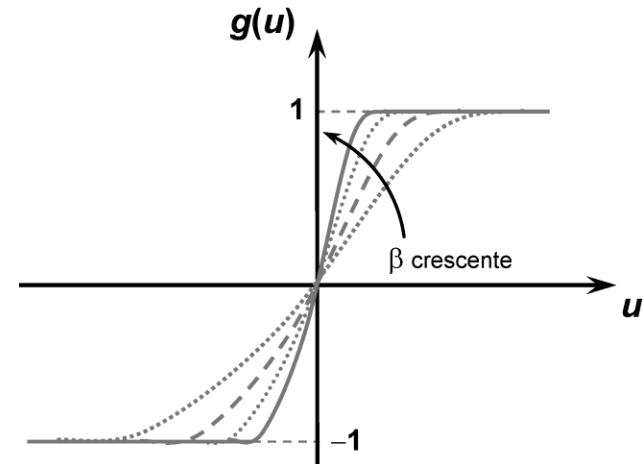
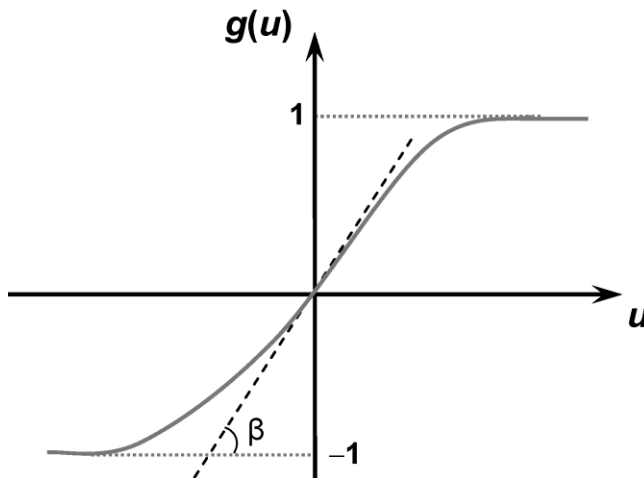


Funções de ativação

Tangente hiperbólica

A **função tangente hiperbólica** tem o mesmo comportamento da função logística, no entanto com variação de valores no intervalo $[-1, 1]$. Essa é uma das funções de ativação mais utilizadas.

$$g(u) = \frac{1 - e^{-\beta \cdot u}}{1 + e^{-\beta \cdot u}}$$

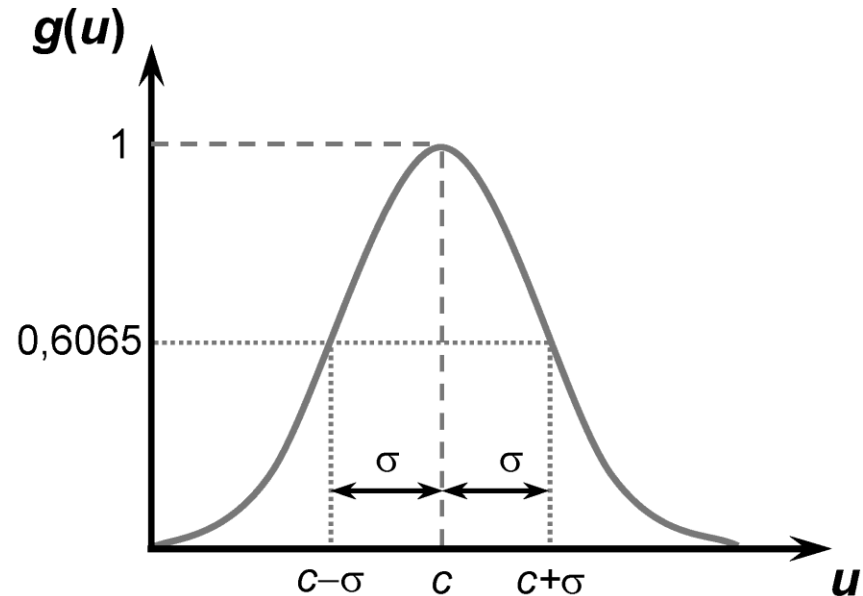


Funções de ativação

Gaussiana

A **função gaussiana** é baseada no cálculo da densidade abaixo de uma curva que segue uma distribuição normal. Ela possui um termo c que define o **centro da função** e um termo σ define o **desvio padrão** a partir do centro.

$$g(u) = e^{-\frac{(u-c)^2}{2\sigma^2}}$$

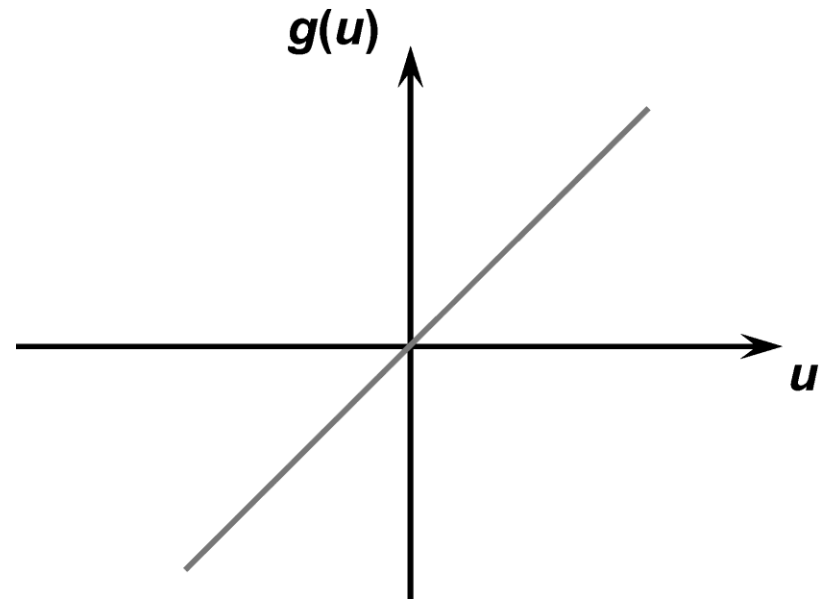


Funções de ativação

Identidade

A **função identidade** apenas replica o valor do potencial de ativação u na saída.

$$g(u) = u$$



Atividade: Neurônio Artificial

1. **Implemente um neurônio artificial com duas entradas.** Utilize o dataset sintético fornecido. Estime os valores dos pesos sinápticos manualmente. Realize algumas operações e observe se, com a função escolhida, é possível classificar corretamente as observações do dataset tornando-as separáveis. Caso contrário, altere os pesos inicialmente escolhidos. Mudou alguma coisa? Você conseguiu balancear o neurônio? Ajuste os pesos até obter uma reta de separação que coloque os pontos da amostra em grupos distintos.
2. Gere um vetor com valores sequenciais de um em um indo de 1 a 100. Crie funções que recebam com parâmetro este vetor e retornem o cálculo dos valores de saída para cada uma das **8 funções de ativação vistas nesta aula**. Crie uma rotina para plotar o gráfico da função de ativação, sendo que:
 - Eixo x: vetor [1, ..., 100]
 - Eixo y: saída da função de ativação
3. **Entregar o notebook em formato PDF no AVA.**