



**UNINASSAU**

# **REDES NEURAIS ARTIFICIAIS**

**Professor:** André Guerra



*“Se fiz descobertas valiosas, foi mais por ter paciência do que qualquer outro talento.”*

Isaac Newton



# **Treinamento de Redes Neurais**

## **Objetivo da Aula:**

Estudar as redes de base radial

# Definição

Redes de Base Radial (RBF, do inglês *Radial Basis Function Networks*) são um tipo de rede neural artificial usada principalmente para tarefas de **classificação e regressão**. Elas se distinguem por sua arquitetura, que utiliza funções de base radial como unidades de ativação nos neurônios da camada intermediária.

- **Década de 1980:** As Redes de Base Radial foram introduzidas por **John Moody** e **Christian Darken** em 1989. Embora os conceitos por trás das funções de base radial já fossem usados anteriormente em interpolação multivariada, especialmente no campo da matemática aplicada, Moody e Darken foram os primeiros a aplicar essas ideias no contexto das redes neurais.
- **Interpolação Multivariada:** As RBFs têm raízes na interpolação multivariada, onde funções de base radial, como a função gaussiana, são usadas para interpolar dados em múltiplas dimensões. Um dos primeiros matemáticos a trabalhar com funções de base radial foi **Roland Hardy**, que desenvolveu técnicas para interpolação geométrica com base radial na década de 1970.

- **Década de 1990:** Durante essa década, as RBFs ganharam popularidade devido à sua simplicidade e poder de generalização, especialmente em tarefas de interpolação, previsão de séries temporais e problemas de controle. Elas eram frequentemente comparadas com redes feedforward tradicionais com funções de ativação como sigmoide e ReLU.
- **Desvantagens e Queda de Popularidade:** No entanto, as RBFs enfrentavam desafios relacionados ao seu custo computacional para grandes conjuntos de dados, pois cada neurônio da camada oculta exigia a computação de distâncias entre os vetores de entrada e os centros dos neurônios. Além disso, a necessidade de definir manualmente os centros das funções de base radial se mostrou uma desvantagem quando comparada com outras arquiteturas que podiam ajustar seus pesos de maneira mais flexível.

# Diferença das Redes Neurais mais comuns



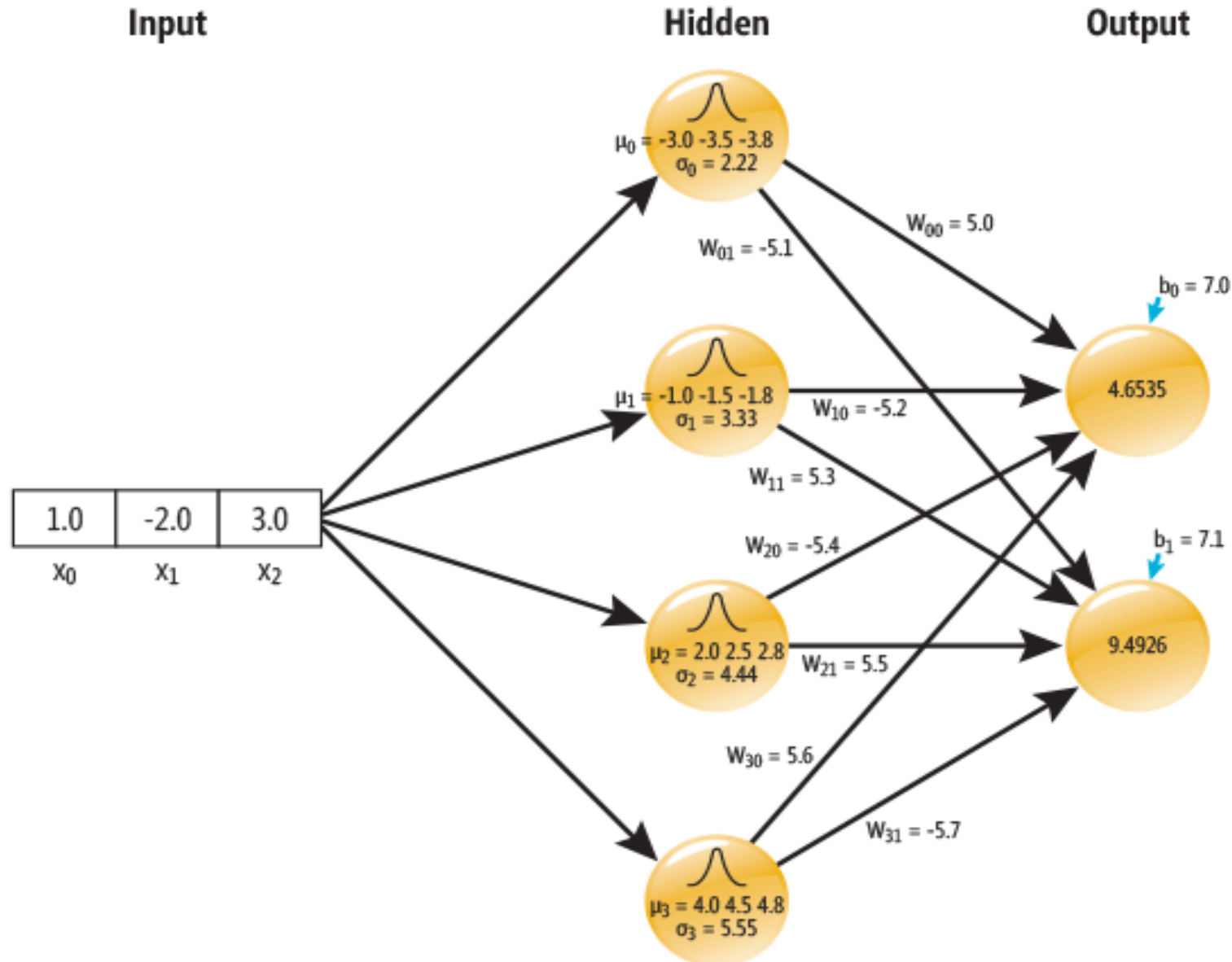
**UNINASSAU**

- A arquitetura clássica de uma **RBF** tem apenas **uma camada oculta**.
- A camada oculta usa **funções de base radial** (como a função gaussiana) para capturar padrões e relações nos dados de entrada.
- Essa arquitetura é suficiente para muitas tarefas de **classificação** e **regressão**, devido à capacidade das RBFs de modelar funções não lineares de maneira eficiente.
- Embora seja possível adicionar mais camadas, a simplicidade e o poder das RBFs geralmente tornam essa única camada oculta suficiente para muitos problemas.

# Arquitetura RFB



UNINASSAU



# O que precisamos saber

## Função de ativação Gaussiana

$$\phi_j(x) = e^{-\frac{\|x - \mu_j\|^2}{2\sigma_j^2}}$$

## Distância Euclidiana

$$r = \sqrt{(x_1 - c_1)^2 + (x_2 - c_2)^2}$$

## Distância Manhattan

$$r = \sum_{j=1}^n |x_j - c_{ij}|$$

# O treinamento



UNINASSAU

## Passos:

1. Definir os dados de entrada e saídas esperadas.
2. Escolher os centros das funções de base radial.
3. Calcular a matriz RBF.
4. Calcular os pesos usando a pseudoinversa.

# Exemplo

## Dados de treino

| Entrada $x_1$ | Entrada $x_2$ | Saída Esperada $y$ |
|---------------|---------------|--------------------|
| 1.0           | 2.0           | 0.5                |
| 2.0           | 3.0           | 1.0                |
| 3.0           | 4.0           | 1.5                |

## Definição dos centros dos neurônios escondidos

- Centro 1: (1.0, 2.0)
- Centro 2: (3.0, 4.0)

# Exemplo

## Calculo da Matriz RBF

A matriz RBF é calculada aplicando uma função de base radial (normalmente uma Gaussiana) aos dados de entrada e aos centros. A função de base radial gaussiana é dada por:

$$\phi(\mathbf{x}, \mathbf{c}) = \exp \left( -\frac{\|\mathbf{x} - \mathbf{c}\|^2}{2\sigma^2} \right)$$

Onde:

- $\mathbf{x}$  é o vetor de entrada.
- $\mathbf{c}$  é o vetor do centro.
- $\sigma$  é o parâmetro de largura da função Gaussiana.



**UNINASSAU**

# **Demonstração prática**



## **Conclusão e próximos passos**

Recapitulação dos pontos principais e introdução aos temas da próxima aula