

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

Redes Neuronais Artificiais

Cesar Analide, Paulo Novais, José Neves



Redes Neuronais Artificiais

Definição

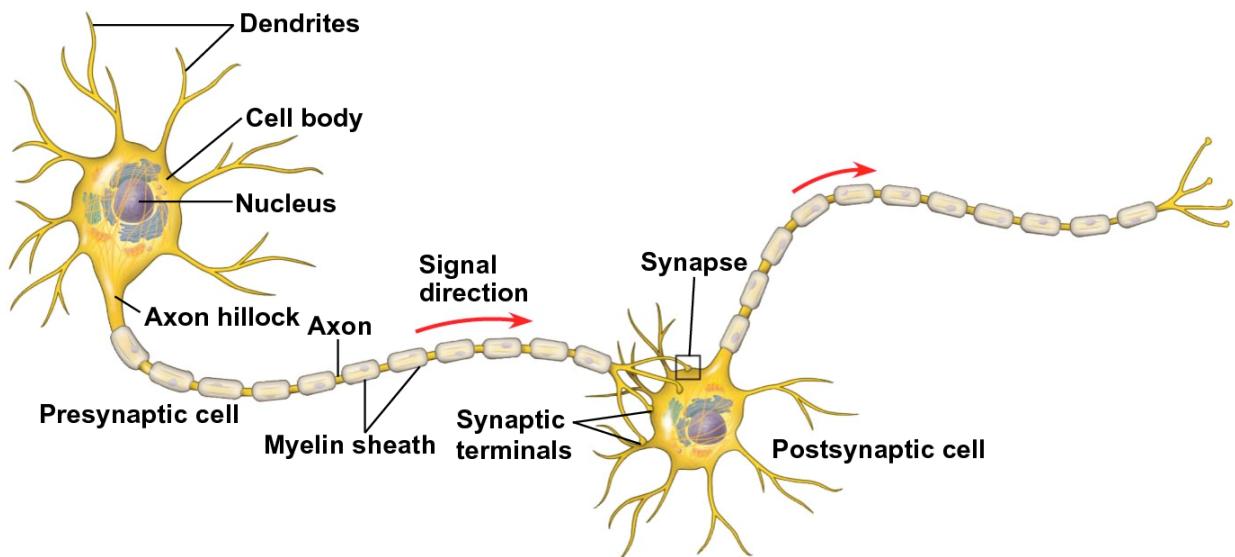
- Uma **Rede Neuronal Artificial** (RNA) é um sistema computacional de base conexionista para a resolução de problemas.
- Uma RNA é concebida com base num **modelo** simplificado **do sistema nervoso central** dos seres humanos.
- Uma RNA é definida por uma estrutura interligada de unidades computacionais, designadas **neurónios**, com capacidade de **aprendizagem**.



Redes Neuronais Artificiais

Definição

- Uma **Rede Neuronal Artificial (RNA)** é um sistema computacional de base conexionista para a resolução de problemas.
- Uma RNA é formada por uma rede de neurônios artificiais.
- Uma RNA é formada por uma rede de neurônios artificiais que processam informações.



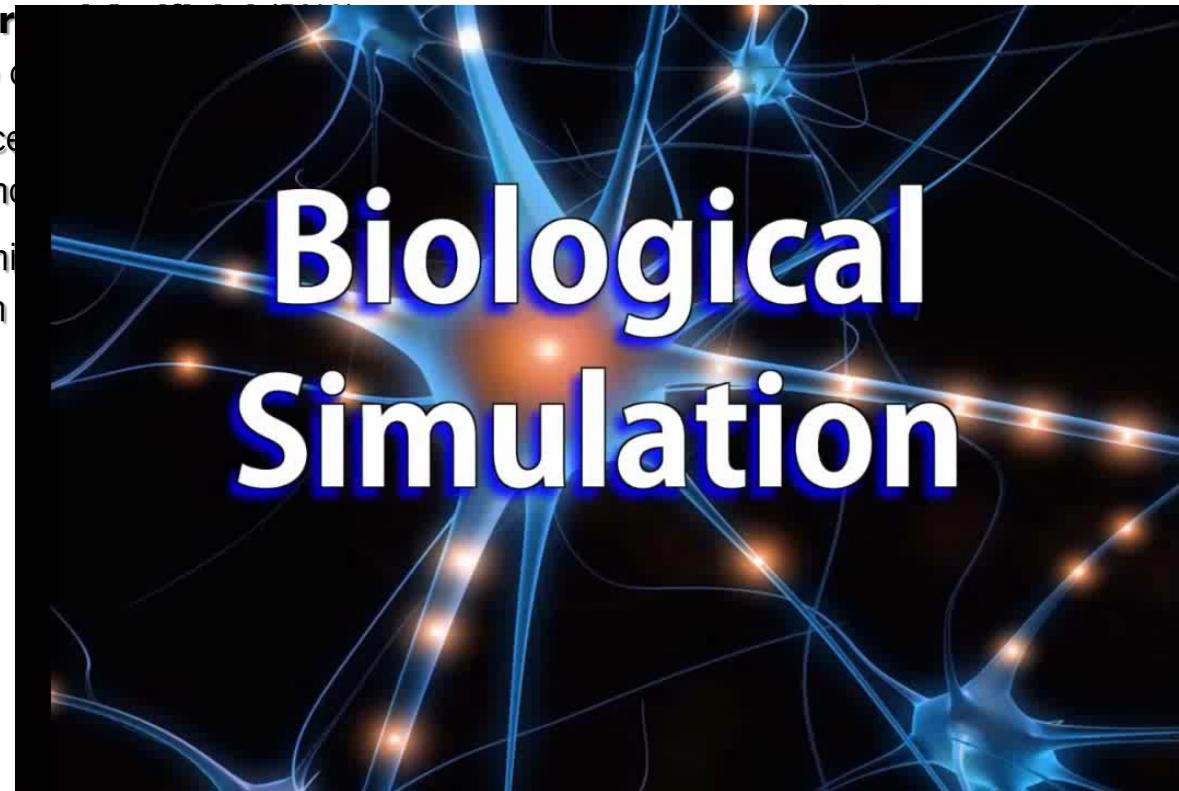
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.



Redes Neuronais Artificiais

Definição

- Uma **Rede Neuronal Artificial** (RNA) é uma estrutura de processamento de informação para a resolução de problemas complexos.
- Uma RNA é concebida para imitar a forma de funcionamento dos seres humanos.
- Uma RNA é definida por uma estrutura de processamento de informação composta por **neurónios**, com interconexões entre os mesmos.

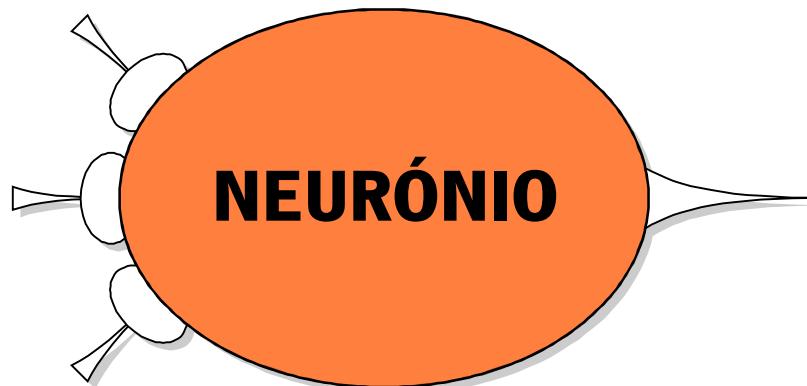




Redes Neuronais Artificiais

Neurónio

- **Unidade computacional** de composição da RNA.
- **Identificado** pela sua **posição** na rede.
- Caracterizado pelo **valor do estado**.

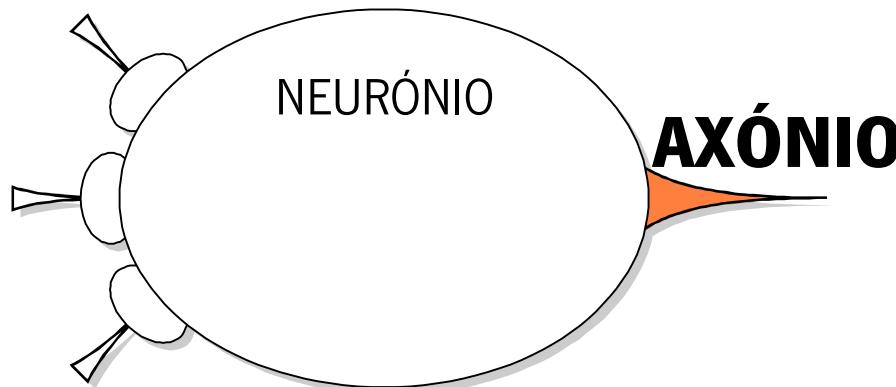




Redes Neuronais Artificiais

Axónio

- **Via de comunicação** entre os neurónios.
- Pode **ligar qualquer neurónio**, incluindo o próprio.
- As ligações podem **variar** ao longo do **tempo**.
- A informação circula em **um só sentido**.

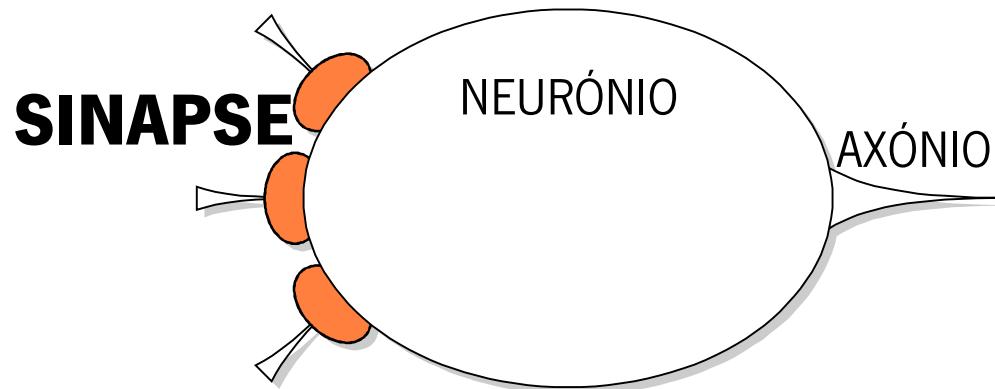




Redes Neuronais Artificiais

Sinapse

- **Ponto de ligação** entre axónios e neurónios.
- O **valor da sinapse** determina o **peso** (importância) do sinal a entrar no neurónio: excitativo, inibidor ou nulo.
- A **variação no tempo determina a aprendizagem** da RNA.





Redes Neuronais Artificiais

Ativação

- O valor de ativação é representado por **um único valor**.
- O valor de ativação **varia com o tempo**.
- A gama de valores varia com o modelo adotado
(normalmente está dependente das entradas e de algum efeito de memória).





Redes Neuronais Artificiais

Transferência

- O valor de transferência de um neurónio determina **o valor** que é **colocado na saída** (transferido através do axónio).
- É calculado como uma função do valor de ativação (eventualmente com algum efeito de memória).



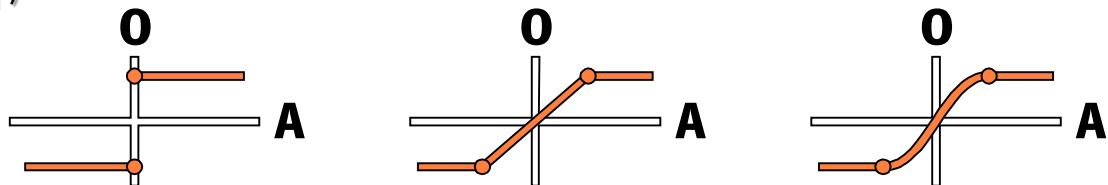


Redes Neuronais Artificiais

Tarefas de um neurónio

- Cálculo do valor de saída (output = O_i), função do valor de ativação:

$$O_i = f_T(A_i)$$



- Cálculo do valor de ativação (A_j).
- Varia no tempo com o seu próprio valor e o de outras entradas (w_i ; I):

$$A_j = F(A_{j-1}; I_j; \sum w_{i,j} \times O_i)$$

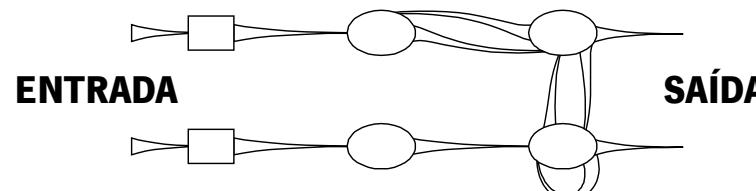
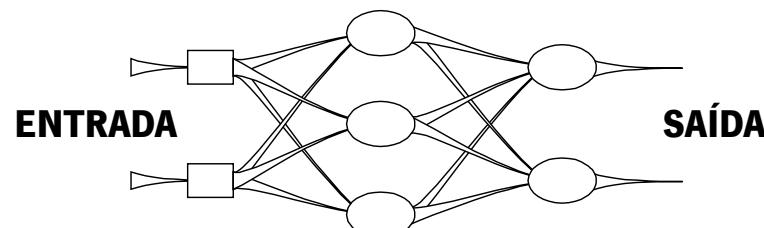
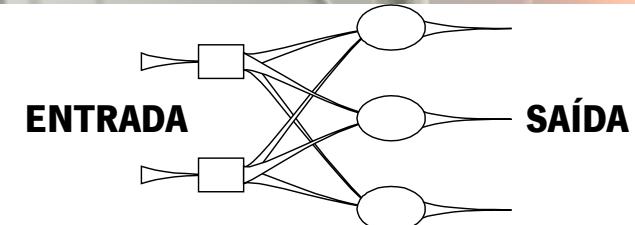
- **Aprendizagem:** regras de modificação dos pesos (w_i).

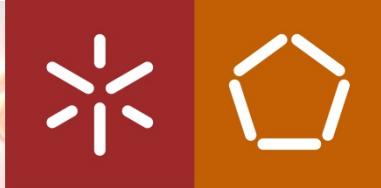


Redes Neuronais Artificiais

Arquiteturas de RNAs

- *Feed forward*, de uma só camada:
- *Feed forward*, multi-camada:
- Recorrente

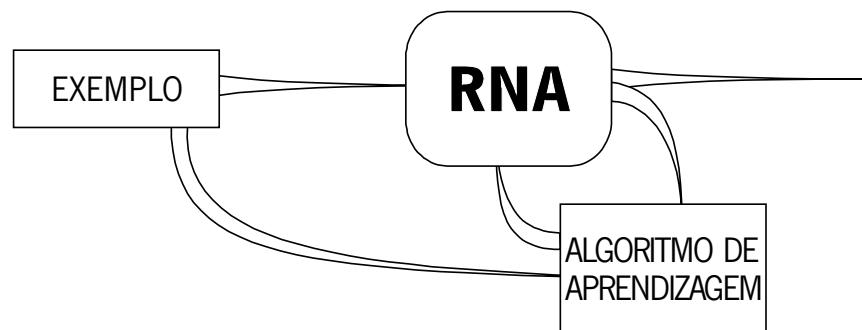




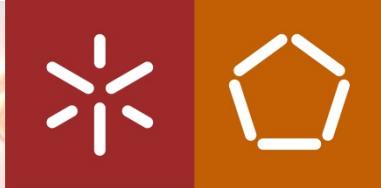
Redes Neuronais Artificiais

Paradigmas de aprendizagem

- Sem supervisão:



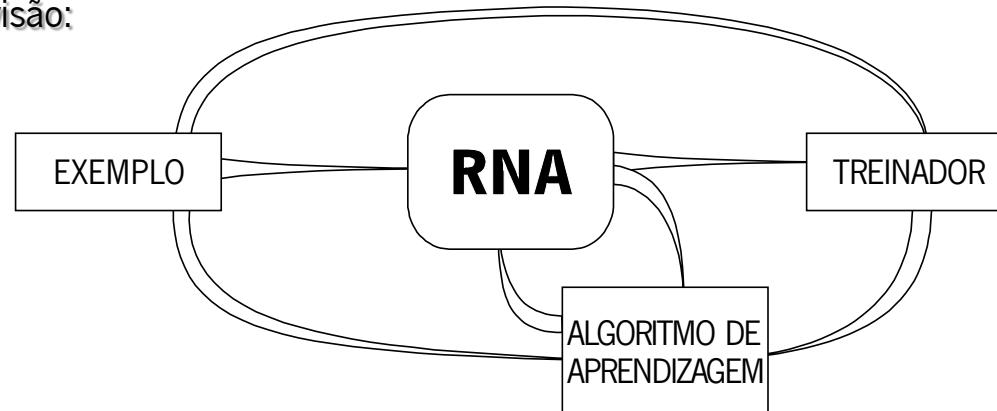
(p.ex., quando dois neurónios adjacentes têm variações da ativação no mesmo sentido, então o peso da ligação deve ser progressivamente aumentado.)



Redes Neuronais Artificiais

Paradigmas de aprendizagem

- Com supervisão:



(p.ex., os ajustes nos pesos das ligações são efetuados de forma a minimizar o erro produzido pelos resultados da RNA.)

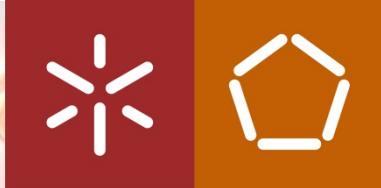
- De reforço: o exemplo contém, apenas, uma indicação sobre a correção do resultado.



Redes Neuronais Artificiais

Regras de treino (aprendizagem)

- O treino de uma RNA corresponde à aplicação de regras de aprendizagem, por forma a fazer variar os pesos das ligações (sinapses);
- Exemplos de regras de aprendizagem mais comuns são:
 - *Hebbian*;
 - Competitiva;
 - Estocástica;
 - Baseada na memória;
 - Gradiente decrescente.



Redes Neuronais Artificiais

Especificação

- Quantidade de neurónios:
 - na camada de entrada;
 - na camada de saída;
 - nas camadas intermédias;
- Níveis (ou camadas) da RNA;
- Ligações entre neurónios;
- Topologia das ligações;
- Esquema de atribuição e atualização dos pesos;
- Funções:
 - de transferência;
 - de ativação;
 - de aprendizagem;
- Métodos de Treino.



Resolução de problemas com RNA's

- Problema: XOR

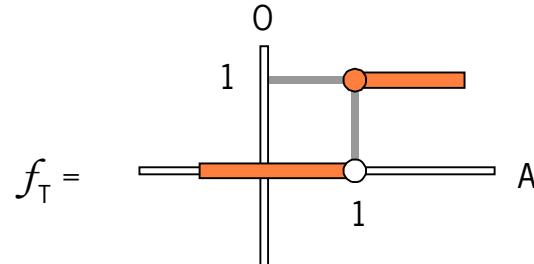
A	B	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

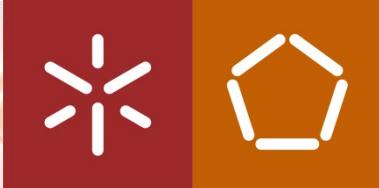
Redes Neuronais Artificiais

- Função de ativação:

$$F_A = \sum \text{entradas} \times \text{pesos}$$

- Função de transferência:

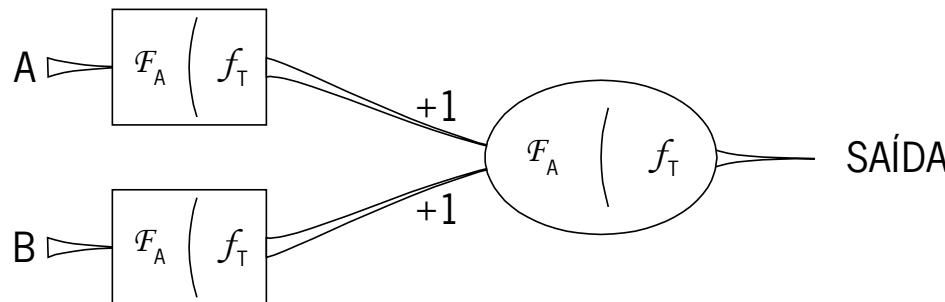




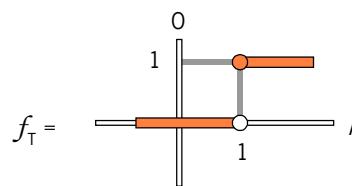
Redes Neuronais Artificiais

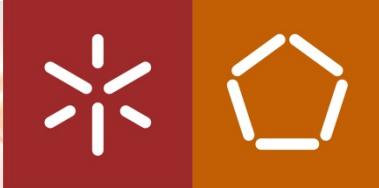
Resolução de problemas com RNA's

- RNA *feed forward*, completamente ligada, com camadas 2-1;
- Assumir o resultado de treino dado por:



$$F_A = \sum \text{entradas} \times \text{pesos}$$

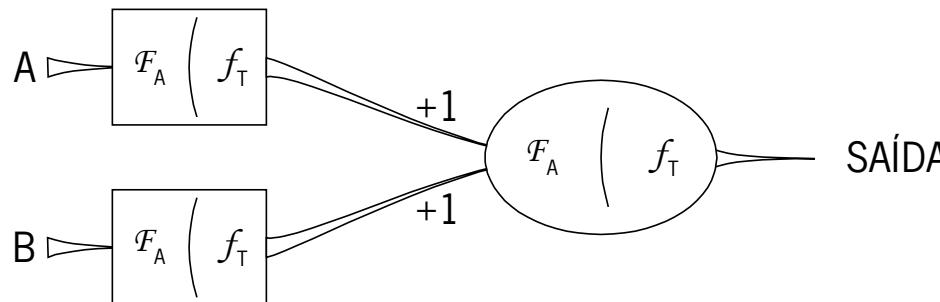




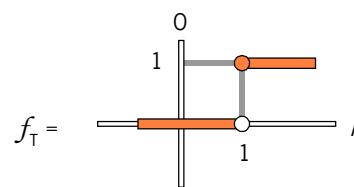
Redes Neuronais Artificiais

Resolução de problemas com RNA's

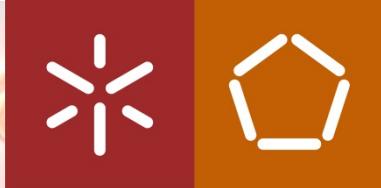
- RNA *feed forward*, completamente ligada, com camadas 2-1;
- Assumir o resultado de treino dado por:



$$F_A = \sum \text{entradas} \times \text{pesos}$$



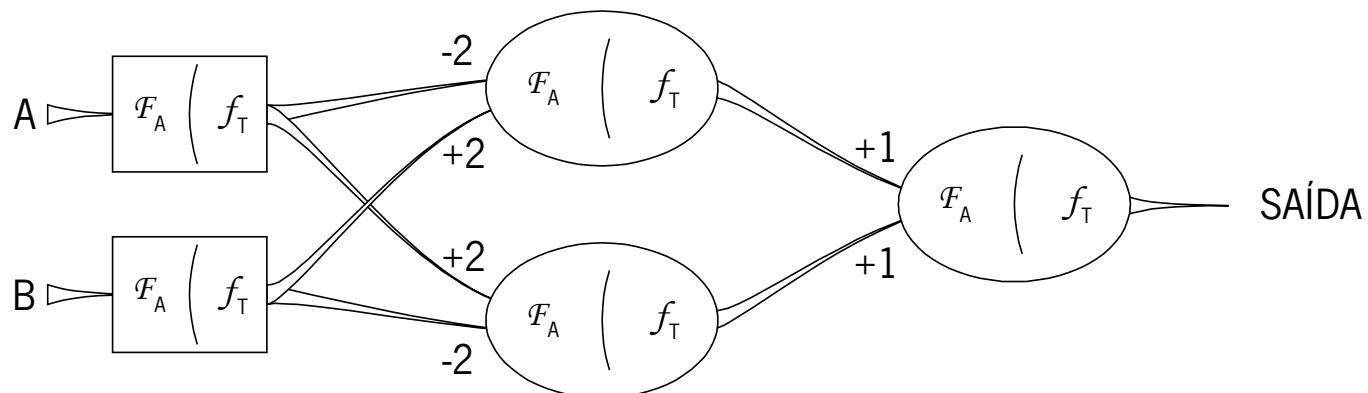
A	B	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



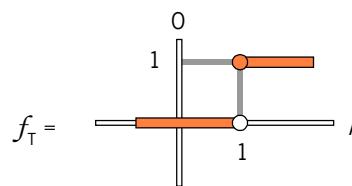
Redes Neuronais Artificiais

Resolução de problemas com RNA's

- RNA *feed forward*, completamente ligada, com **camadas 2-2-1**;
- Assumir o resultado de treino dado por:



$$F_A = \sum \text{entradas} \times \text{pesos}$$

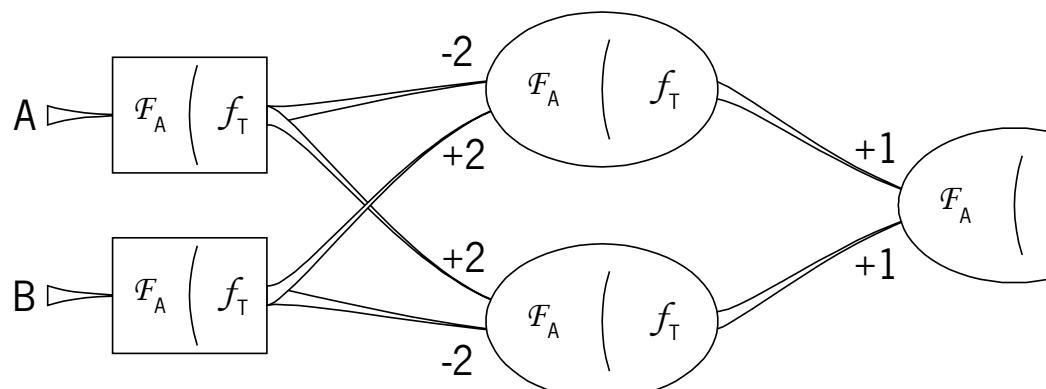




Redes Neuronais Artificiais

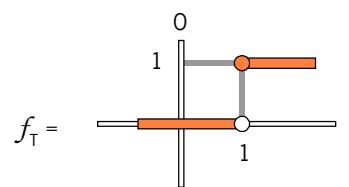
Resolução de problemas com RNA's

- RNA *feed forward*, completamente ligada, com **camadas 2-2-1**;
- Assumir o resultado de treino dado por:



A	B	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$F_A = \sum \text{entradas} \times \text{pesos}$$





Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

- Considere-se uma Rede Neuronal Artificial...

RNA



Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

- ... composta por 2 neurónios à entrada e 1 à saída...

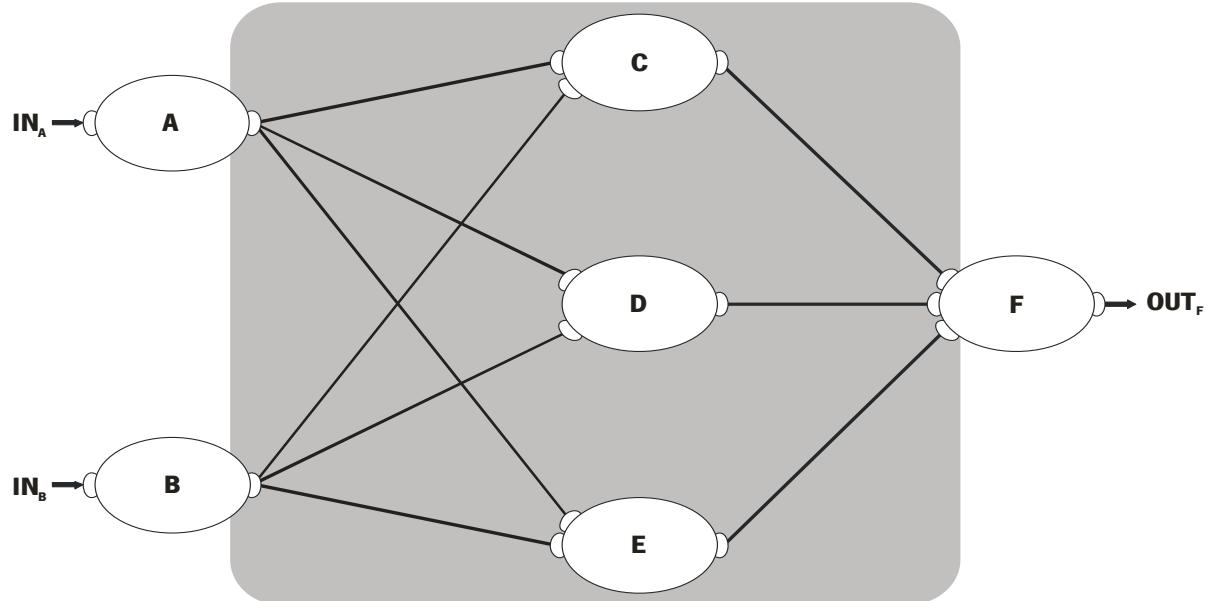




Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

- ... *feed forward*, completamente ligada.

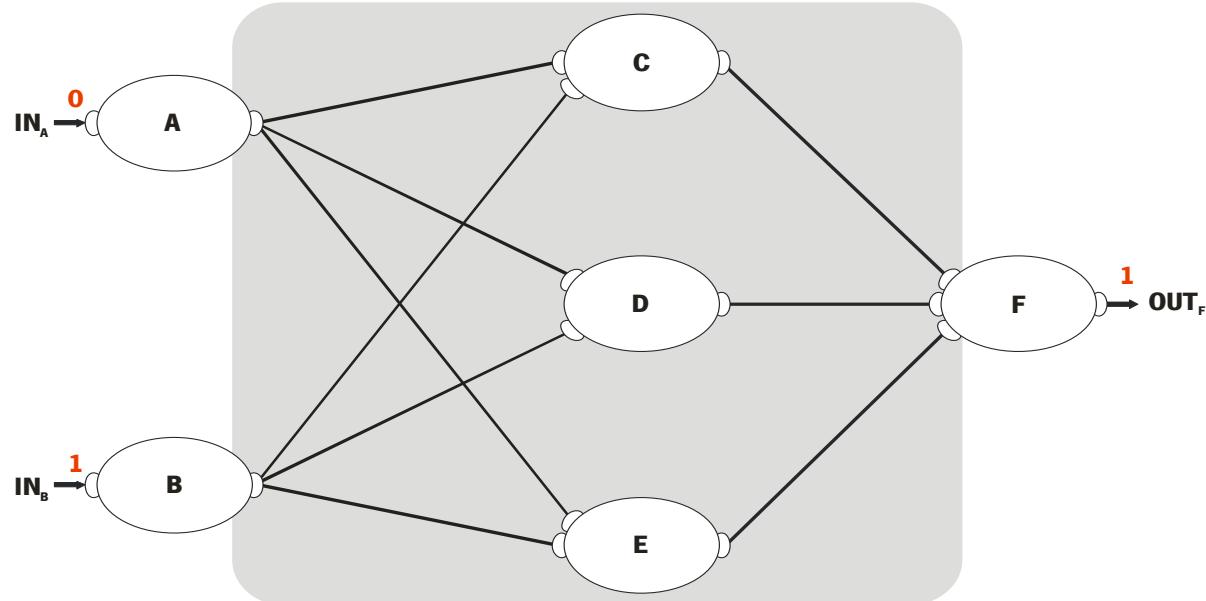


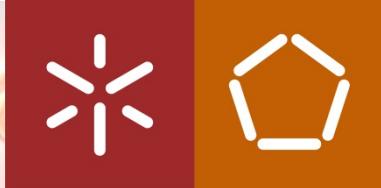


Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

- Os exemplos de treino contêm os resultados pretendidos.

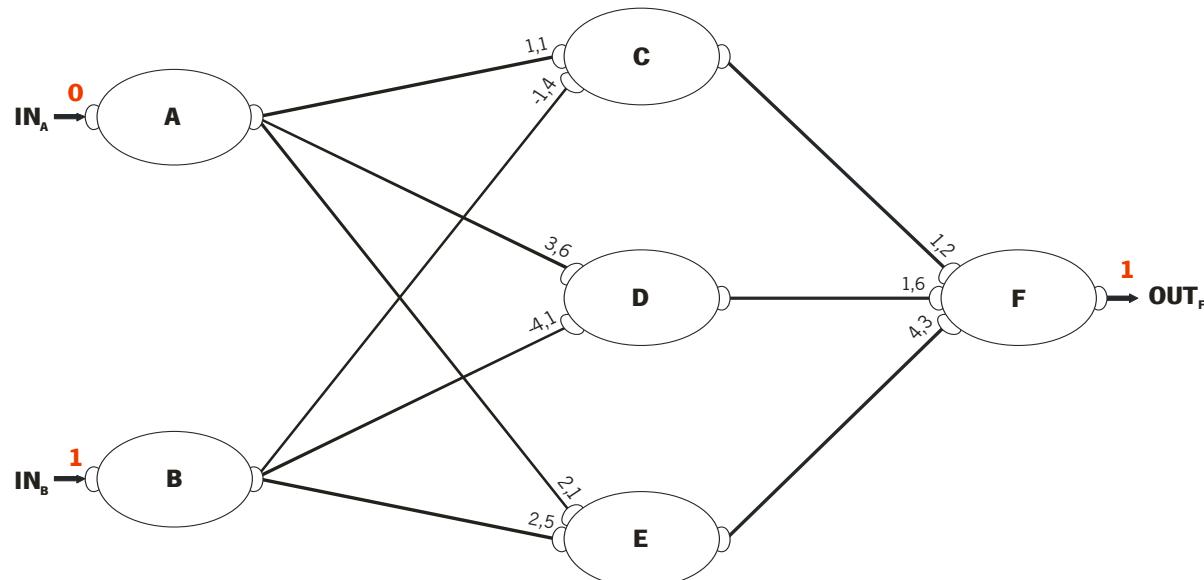




Redes Neuronais Artificiais

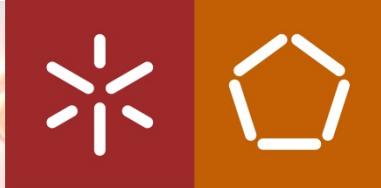
Treino de RNA's

- Atribuição aleatória dos pesos às sinapses.



$$f_A(P, E) = \sum P \times E$$

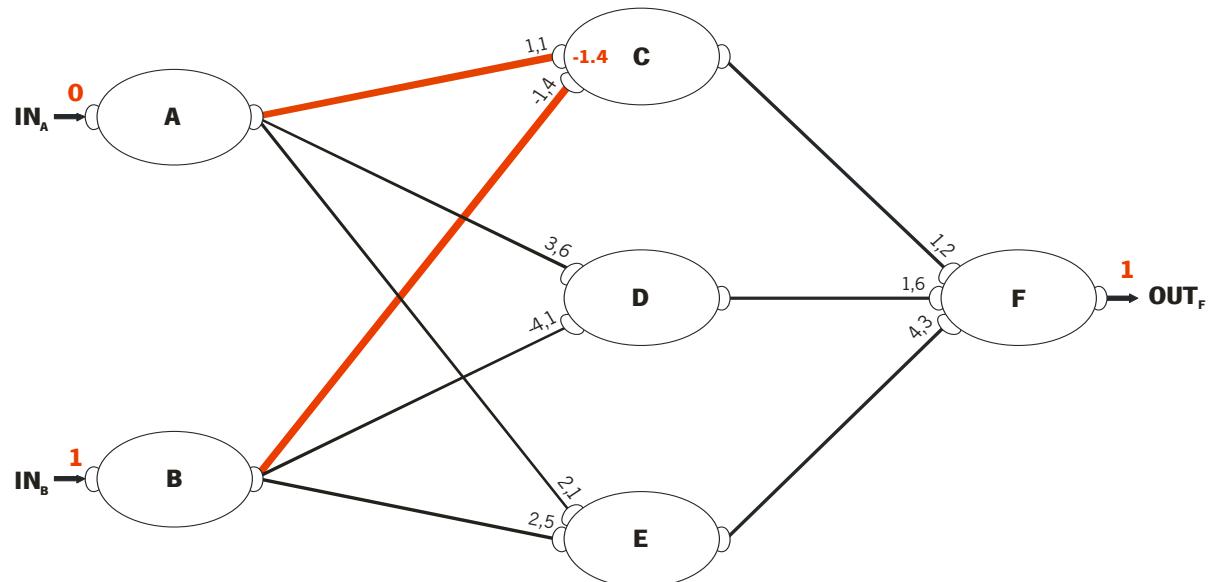
$$f_r(A) = A$$



Redes Neuronais Artificiais

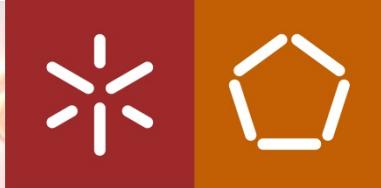
Treino de RNA's

- Cálculo do valor de ativação...



$$f_A(P, E) = \sum P \times E$$

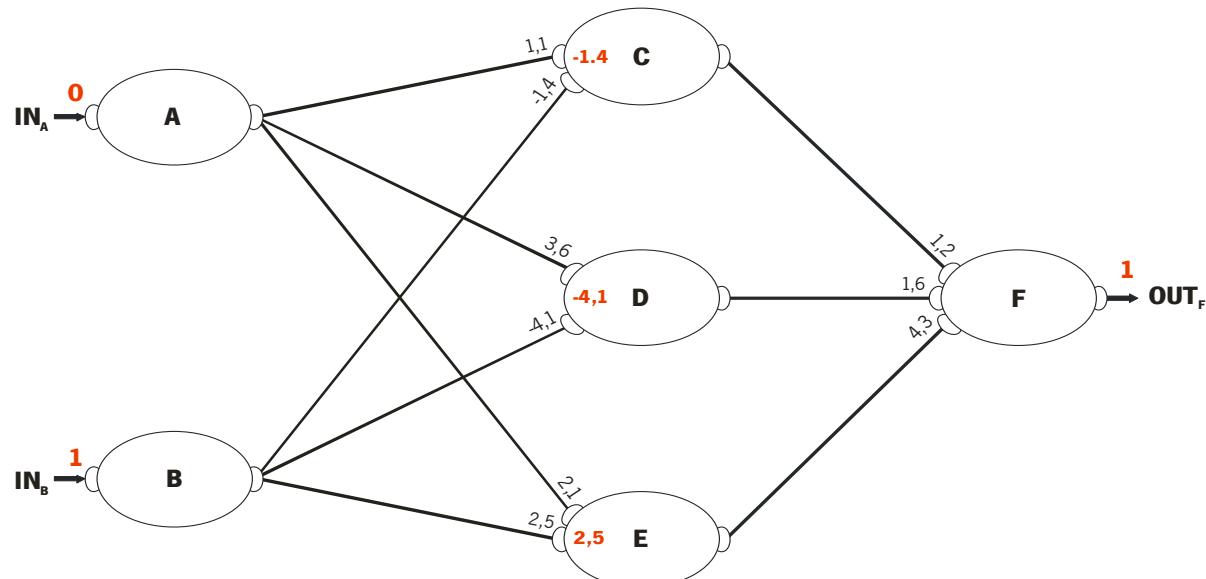
$$f_r(A) = A$$



Redes Neuronais Artificiais

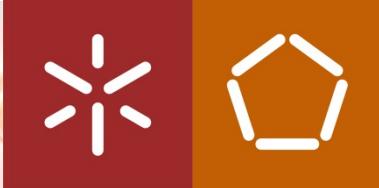
Treino de RNA's

- ... para todos os neurónios da camada intermédia.



$$f_A(P, E) = \sum P \times E$$

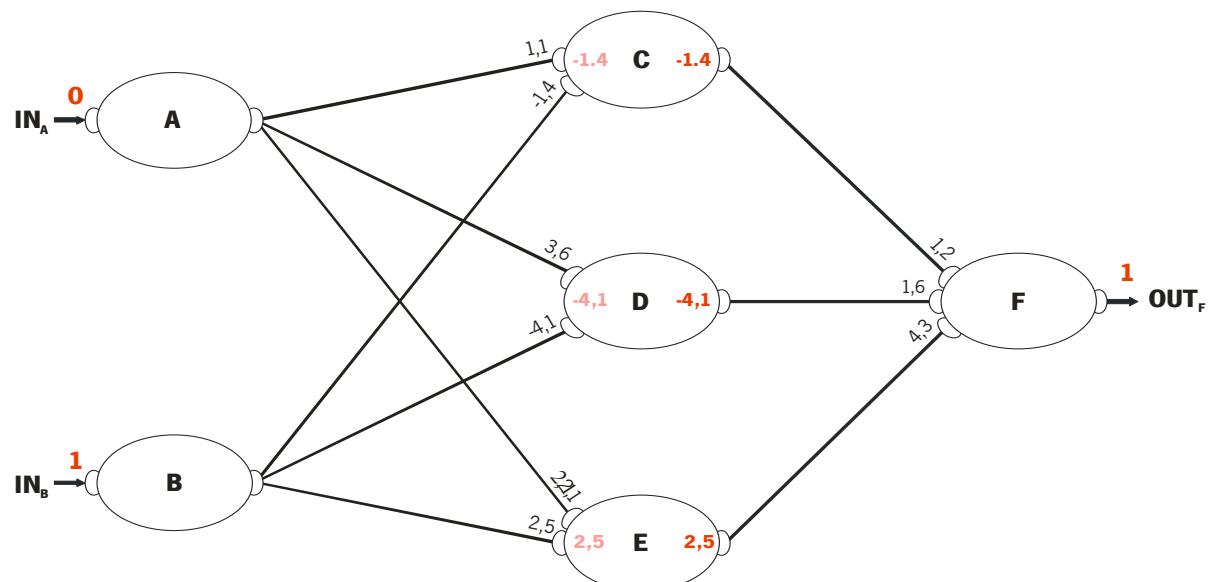
$$f_r(A) = A$$



Redes Neuronais Artificiais

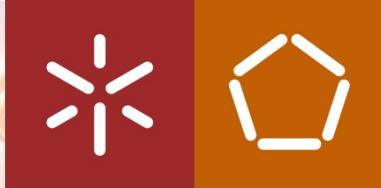
Treino de RNA's

- Cálculo do valor de transferência.



$$f_A(P, E) = \sum P \times E$$

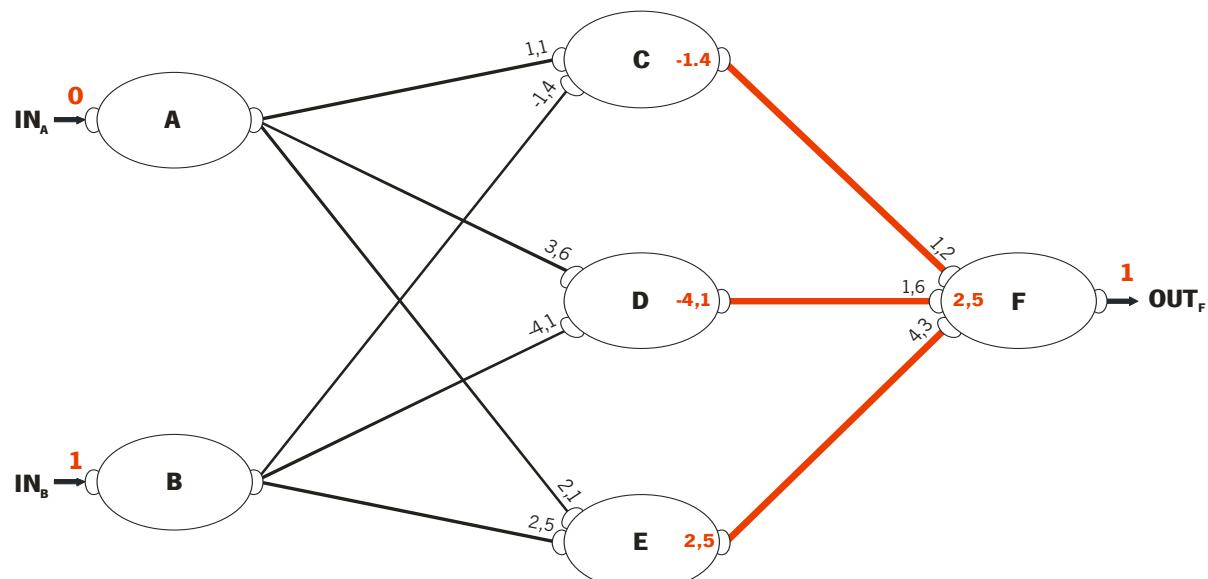
$$f_r(A) = A$$



Redes Neuronais Artificiais

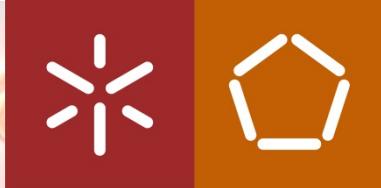
Treino de RNA's

- Valor de ativação na camada de saída...



$$f_A(P, E) = \sum P \times E$$

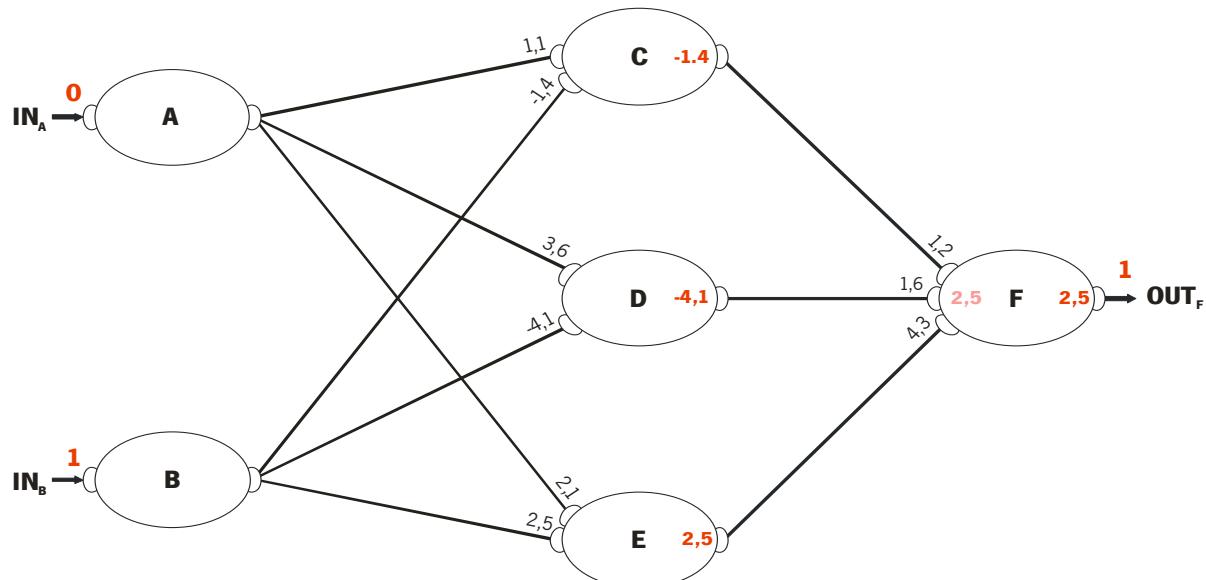
$$f_r(A) = A$$



Redes Neuronais Artificiais

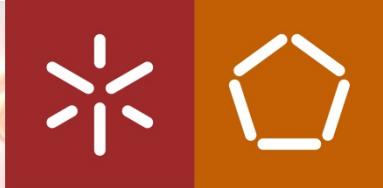
Treino de RNA's

- ... e respetivo valor de transferência.



$$f_A(P, E) = \sum P \times E$$

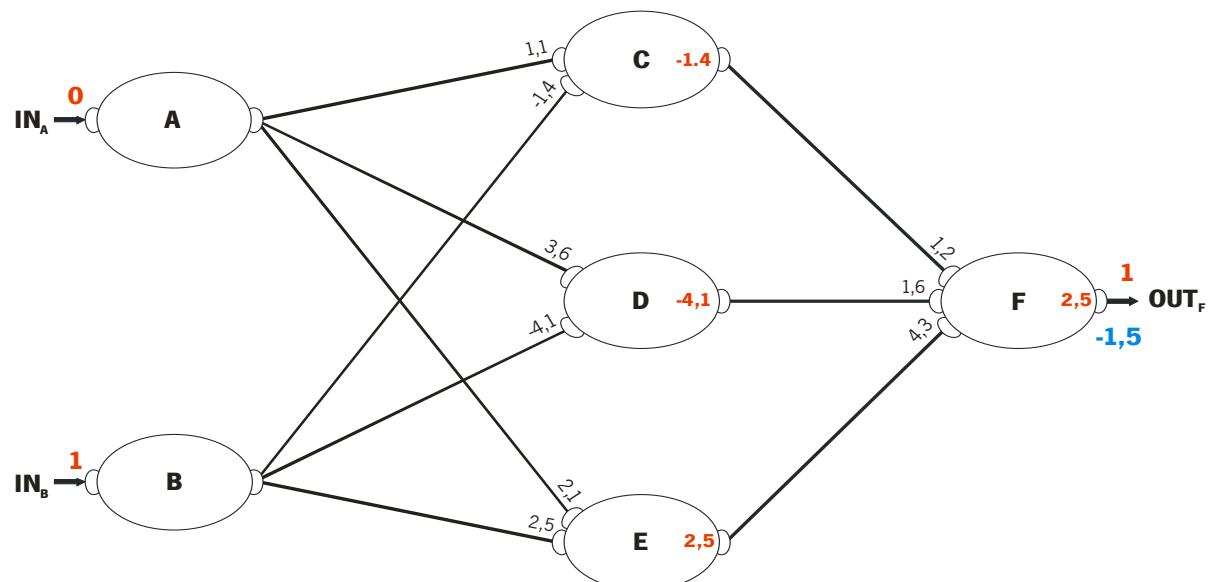
$$f_r(A) = A$$



Redes Neuronais Artificiais

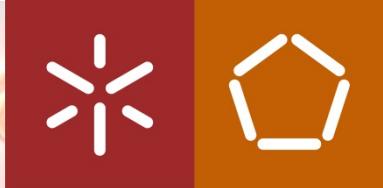
Treino de RNA's

- Cálculo do erro na camada de saída...



$$\epsilon = OUT_D - OUT_C$$

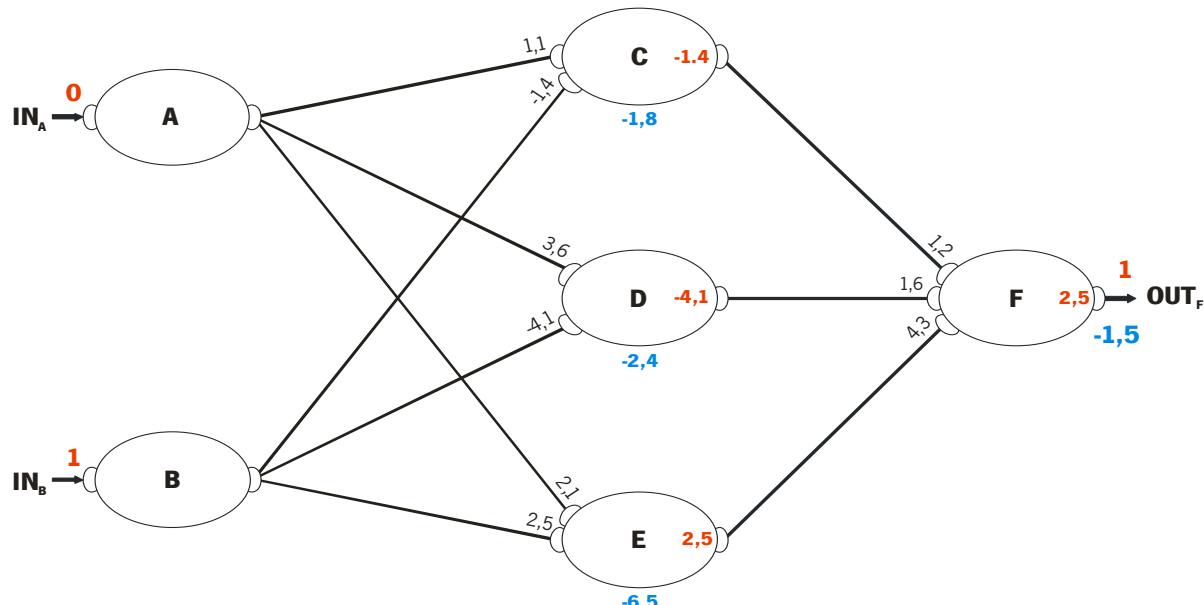
$$\epsilon_{\leftarrow} = \epsilon \times P$$



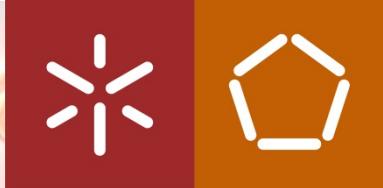
Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

- ... e cálculo do valor estimado do erro na camada intermédia.



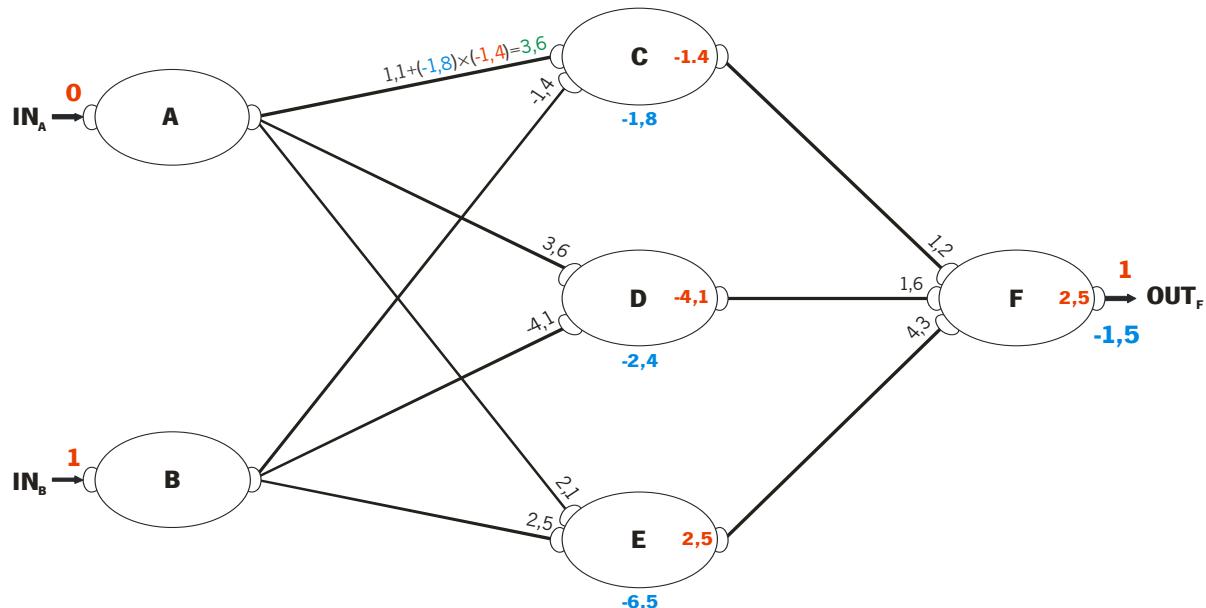
$$\mathcal{E}_{\leftarrow} = \mathcal{E} \times P$$



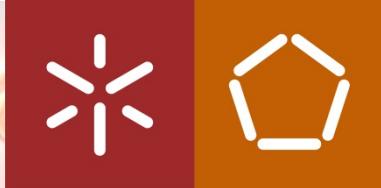
Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

- Aplicação de uma regra de atualização dos pesos das sinapses...



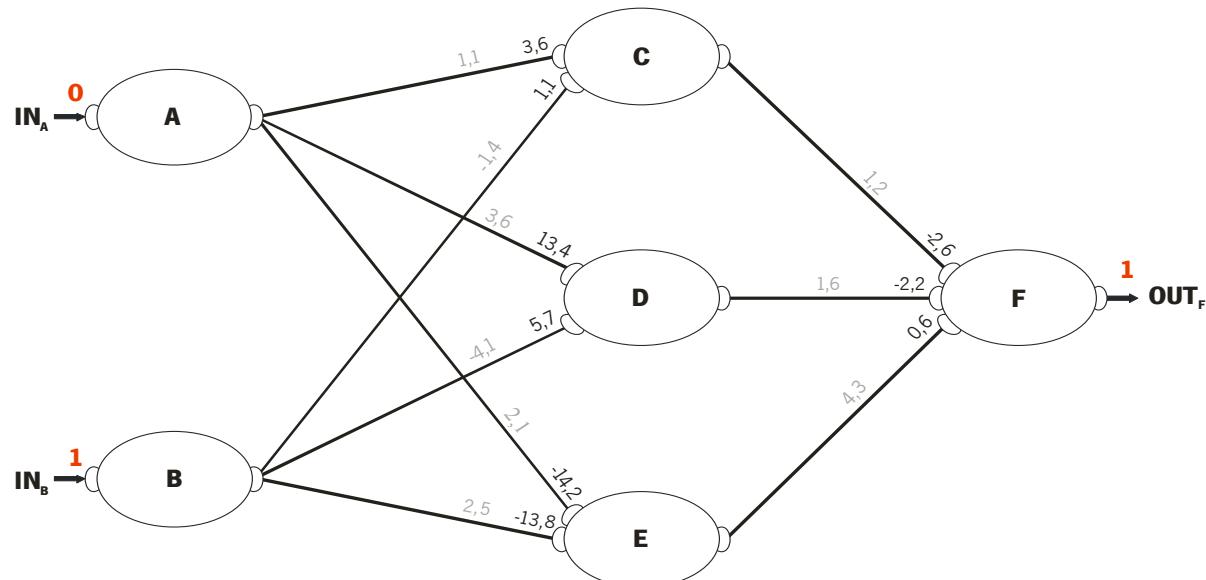
$$P_{i+1} = P_i + \mathcal{E} \times f_T$$



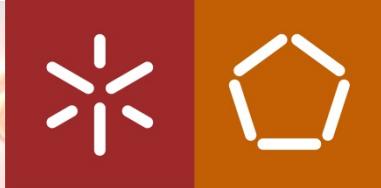
Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

- ... para atualizar os valores das sinapses de todos os neurónios.



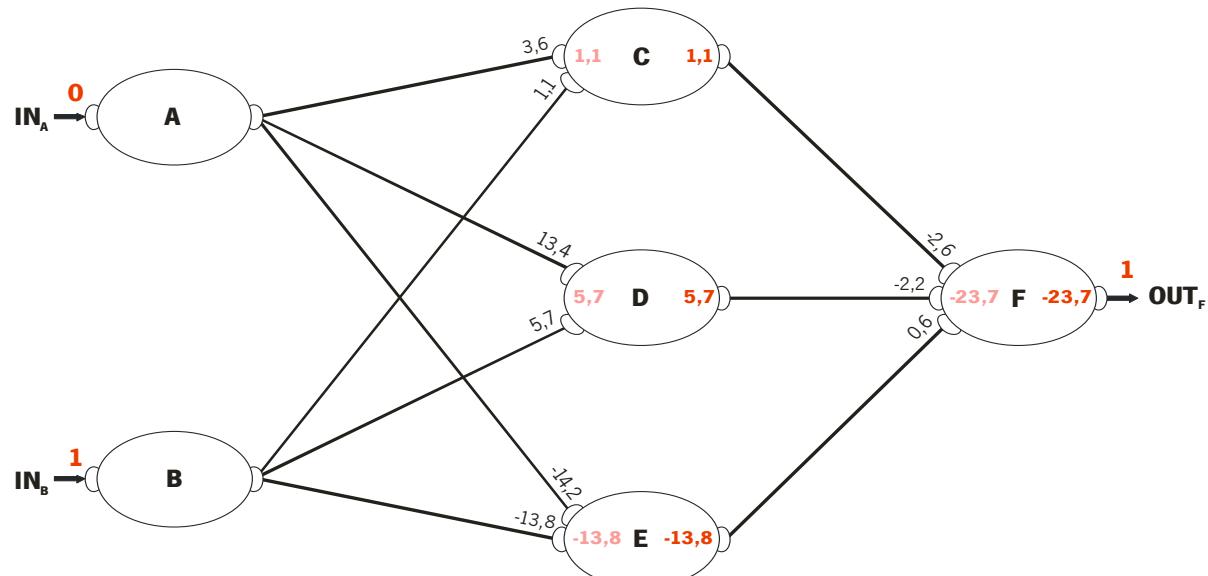
$$P_{i+I} = P_i + \mathcal{E} \times f_r$$



Redes Neuronais Artificiais

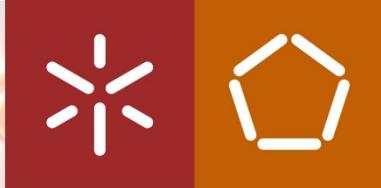
Treino de RNA's

- Segunda iteração da propagação do caso de treino...



$$f_A(P, E) = \sum P \times E$$

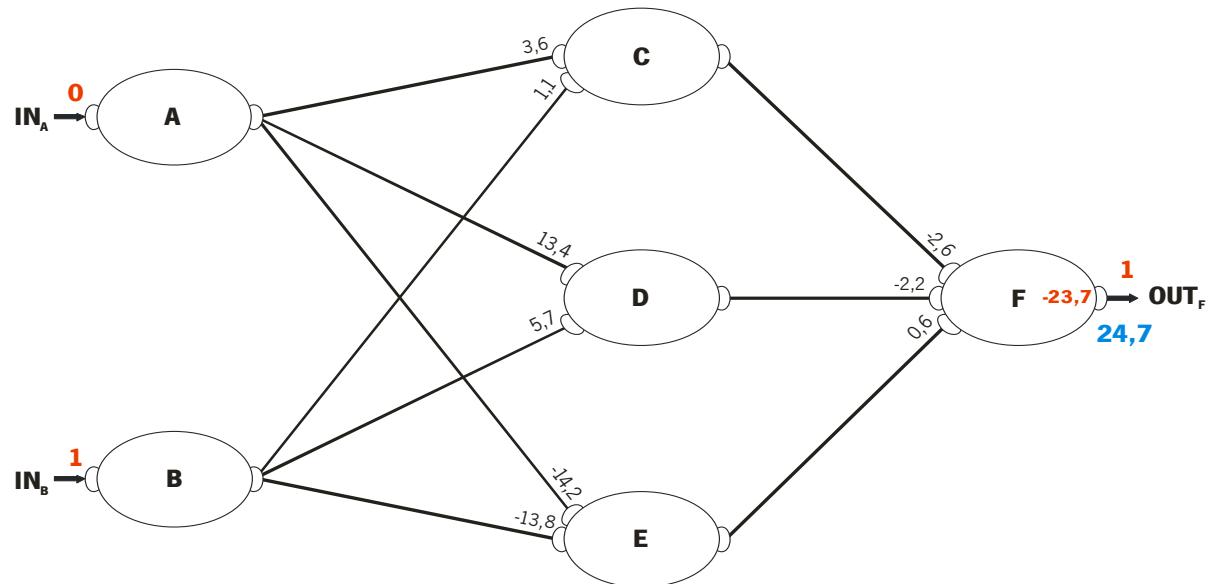
$$f_r(A) = A$$



Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

- ... e cálculo do erro produzido pela RNA na segunda iteração.





Redes Neuronais Artificiais

Referências bibliográficas

- Cortez, P., Neves, J., “Redes Neuronais Artificiais”, Unidade de Ensino, Departamento de Informática, Universidade do Minho, 2000;
- Haykin, S., “Neural Networks – A Comprehensive Foundation”, Prentice-Hall, New Jersey, 2nd Edition, 1999.

Intelligent Systems Lab

Contactos

- Universidade do Minho
- Escola de Engenharia
- Departamento de Informática
- <http://islab.di.uminho.pt>
- DI-3.22