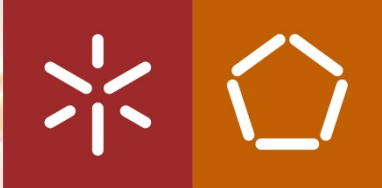




Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Redes Neurais Artificiais

Cesar Analide, Paulo Novais, José Neves



Redes Neurais Artificiais

Definição

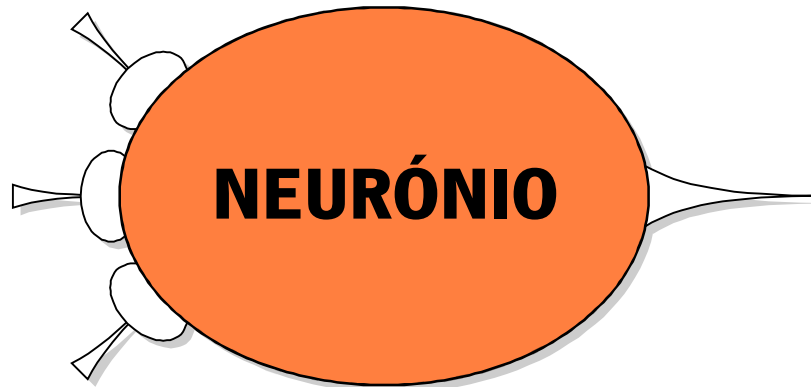
- Uma **Rede Neuronal Artificial** (RNA) é um sistema computacional de base conexionista para a resolução de problemas.
- Uma RNA é concebida com base num **modelo** simplificado **do sistema nervoso central** dos seres humanos.
- Uma RNA é definida por uma estrutura interligada de unidades computacionais,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

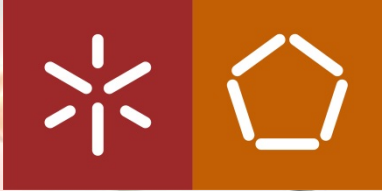


Redes Neuronais Artificiais

Neurónio

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

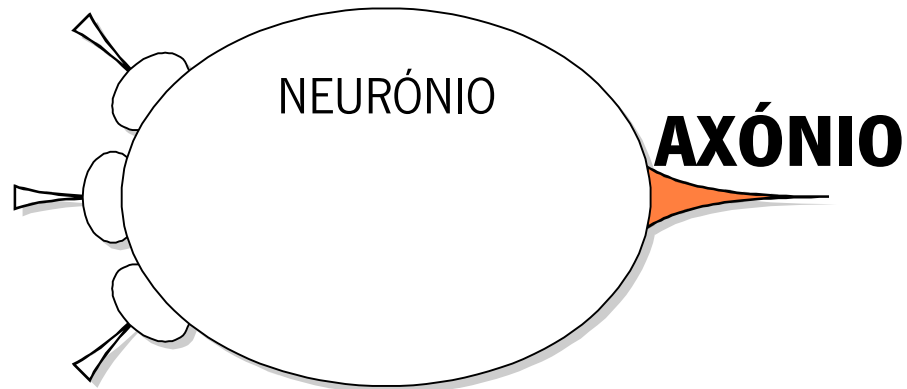




Redes Neurais Artificiais

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**.

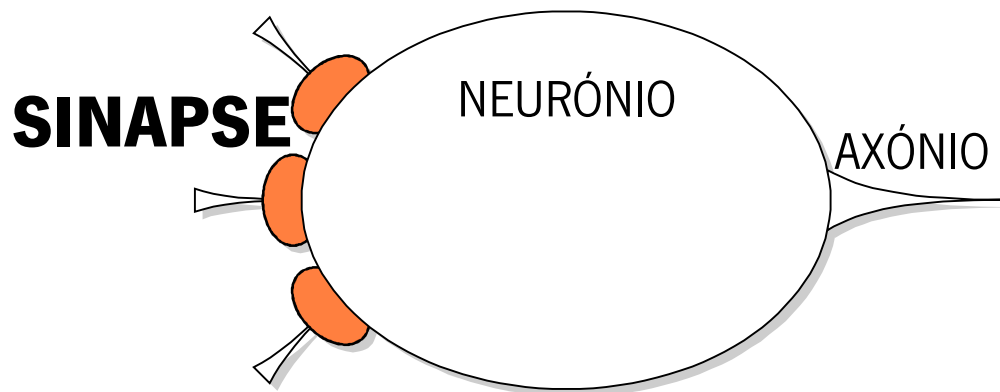




Redes Neurais Artificiais

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.



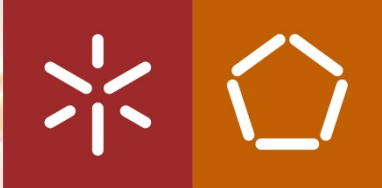


Redes Neurais Artificiais

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).

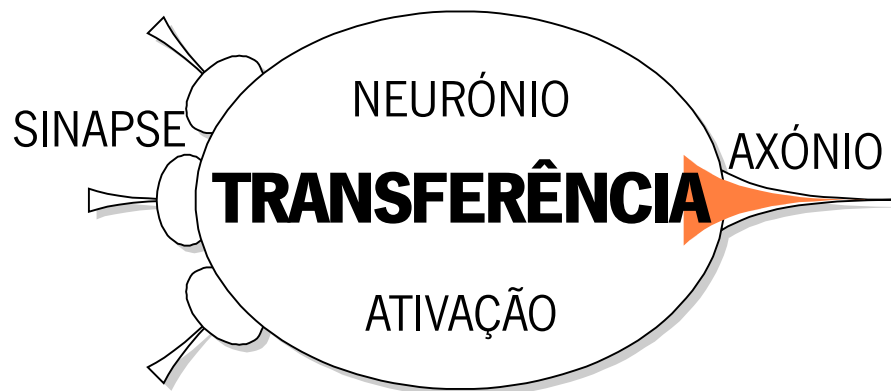




Redes Neurais Artificiais

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).



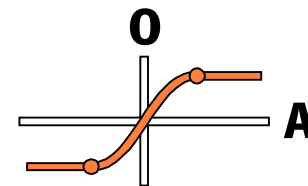
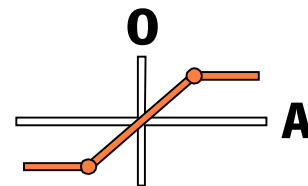
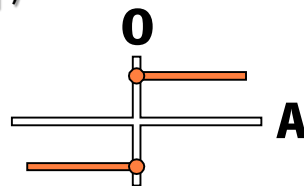


Redes Neurais Artificiais

Tarefas de um neurónio

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

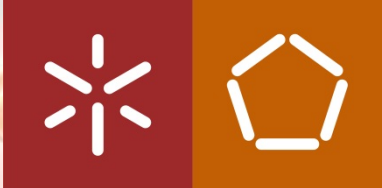
$$O_i = f_T (A_i)$$



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

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

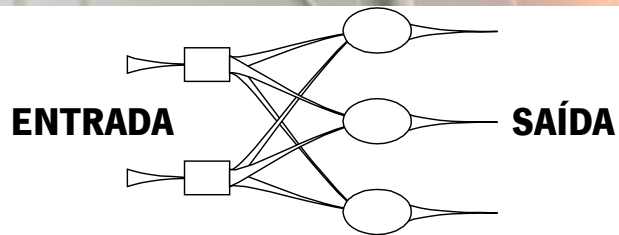
- **Aprendizagem:** regras de modificação dos pesos (w_i).



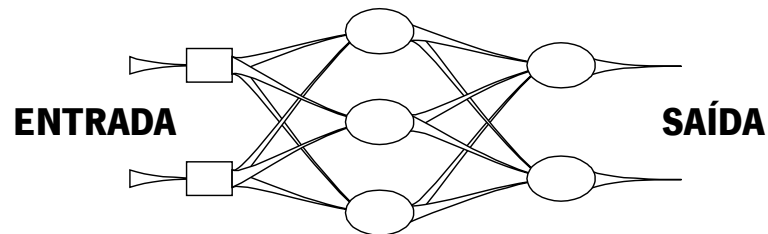
Redes Neurais Artificiais

Arquiteturas de RNAs

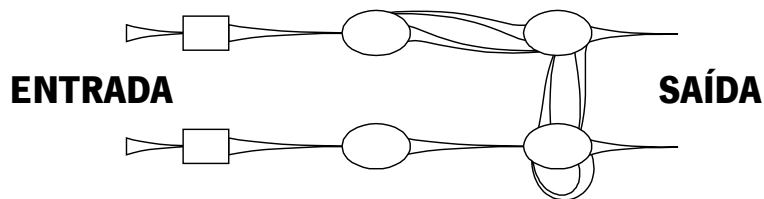
- *Feed forward*, de uma só camada:

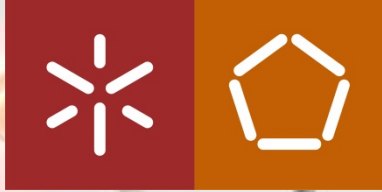


- *Feed forward*, multi-camada:



- Recorrente

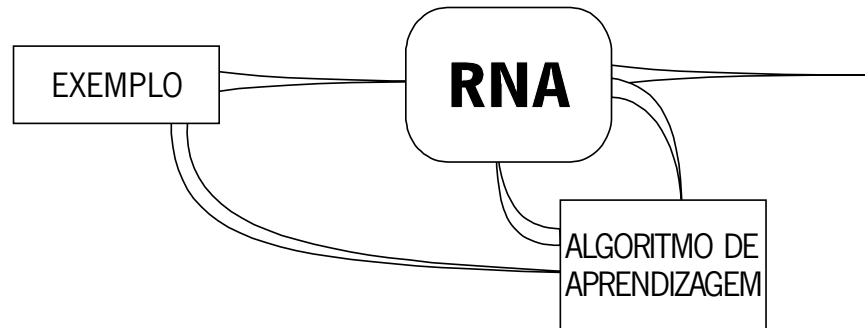




Redes Neuronais Artificiais

Paradigmas de aprendizagem

- Sem supervisão:



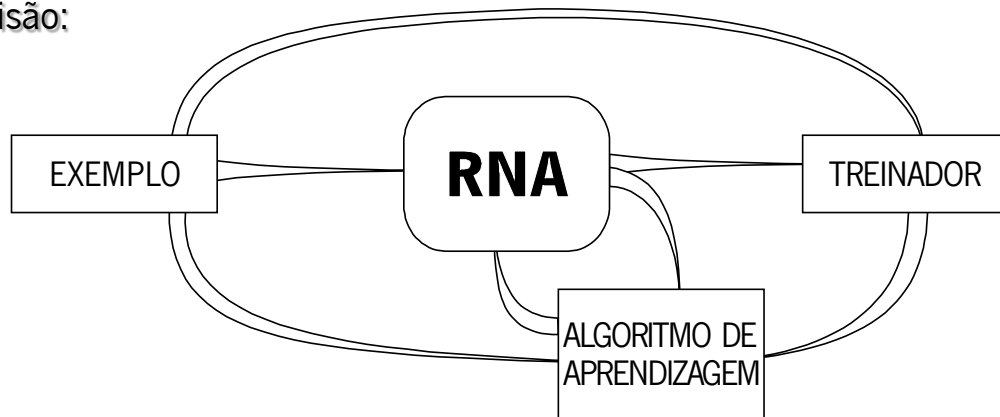
(p.ex., quando dois neurónios adjacentes têm variações da ativação no mesmo sentido, então o peso da ligação deve ser progressivamente aumentado.)



Redes Neuronais Artificiais

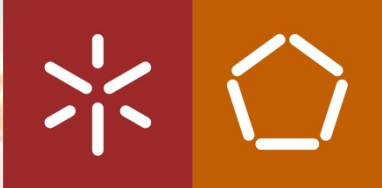
Paradigmas de aprendizagem

- Com supervisão:



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

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



Redes Neurais Artificiais

Regras de treino (aprendizagem)

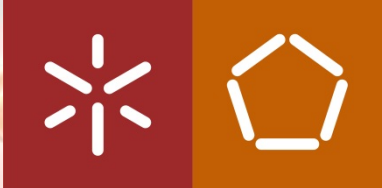
- O treino de uma RNA corresponde à aplicação de regras de aprendizagem, por forma a fazer variar os pesos das ligações (sinapses);
- Exemplos de regras de aprendizagem mais comuns são:
 - *Hebbian*;
 - Competitiva;
 - Estocástica;
 - Baseada na memória;
 - Gradiente decrescente.



Redes Neurais 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.



Redes Neurais Artificiais

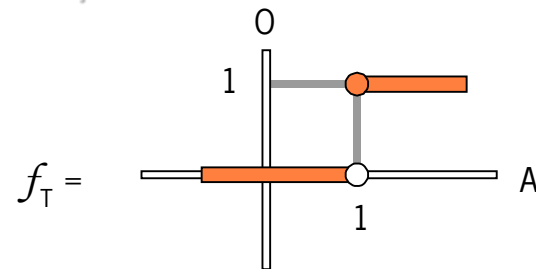
Resolução de problemas com RNA's

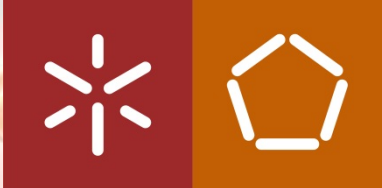
- Problema: XOR

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

- Função de ativação:
 $F_A = \sum \text{entradas} \times \text{pesos}$

- Função de transferência:

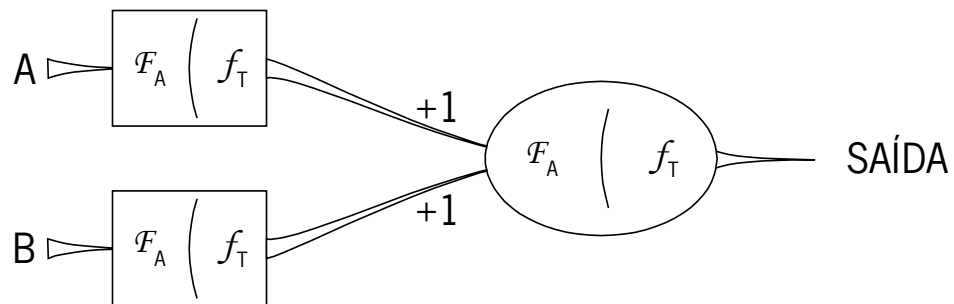




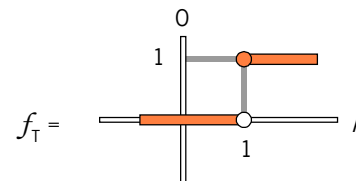
Redes Neurais Artificiais

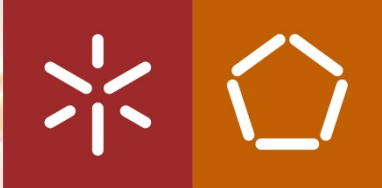
Resolução de problemas com RNA's

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



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

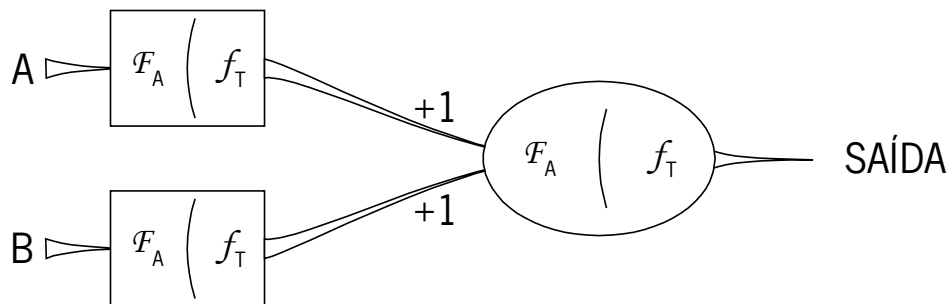




Redes Neurais Artificiais

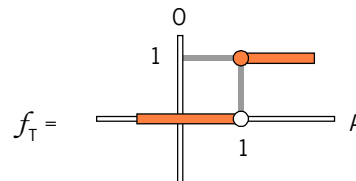
Resolução de problemas com RNA's

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



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

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

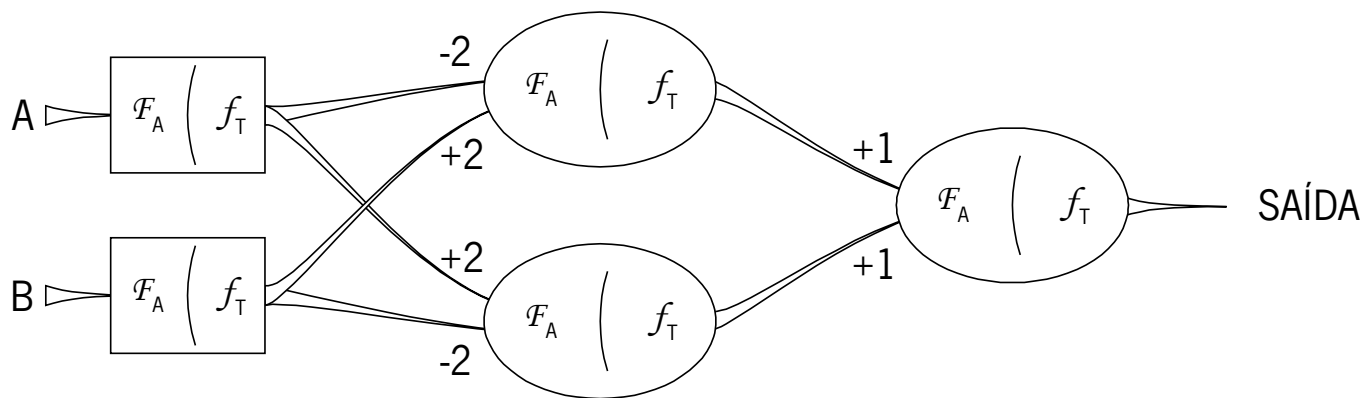




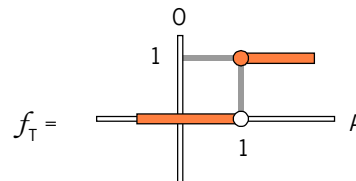
Redes Neurais Artificiais

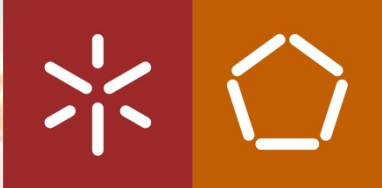
Resolução de problemas com RNA's

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



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

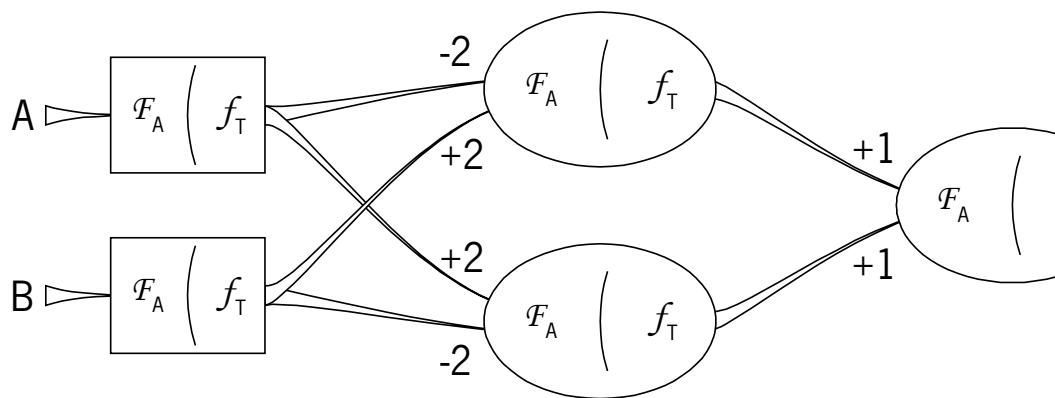




Redes Neurais Artificiais

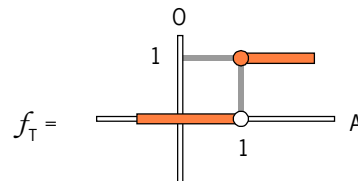
Resolução de problemas com RNA's

- 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 Neurais Artificiais

Treino de RNA's

- Considere-se uma Rede Neuronal Artificial...

RNA

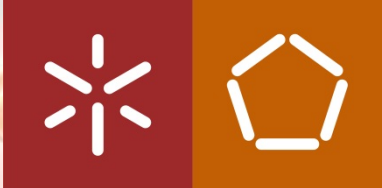


Redes Neuronais Artificiais

Treino de RNA's

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

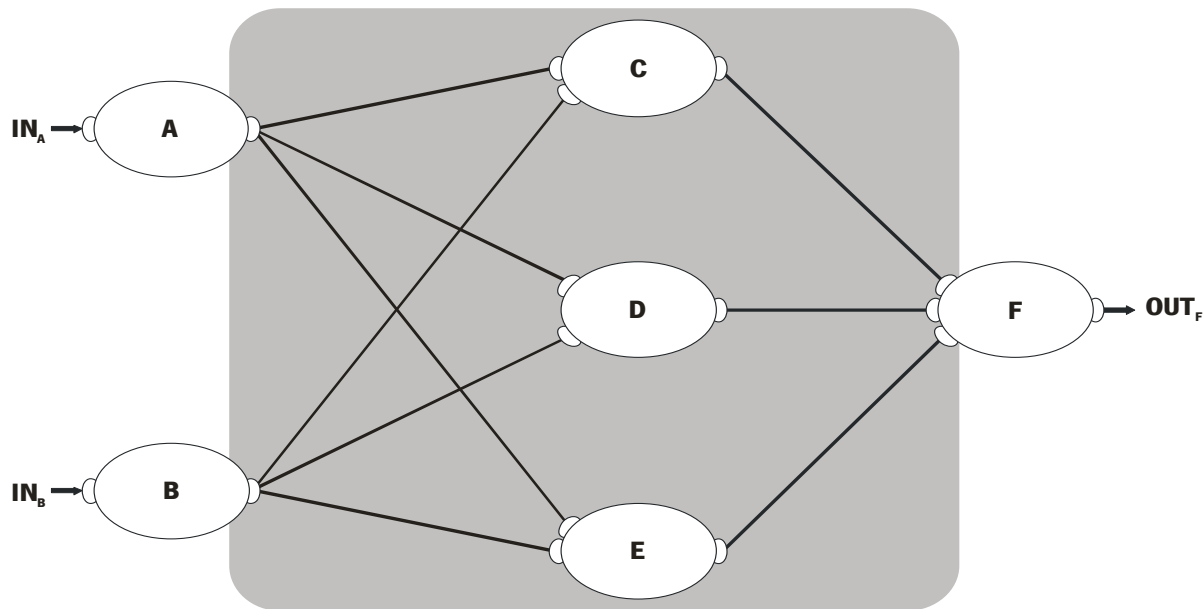


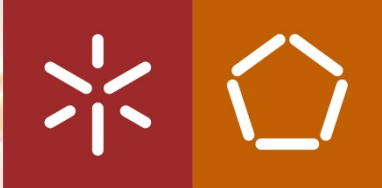


Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

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

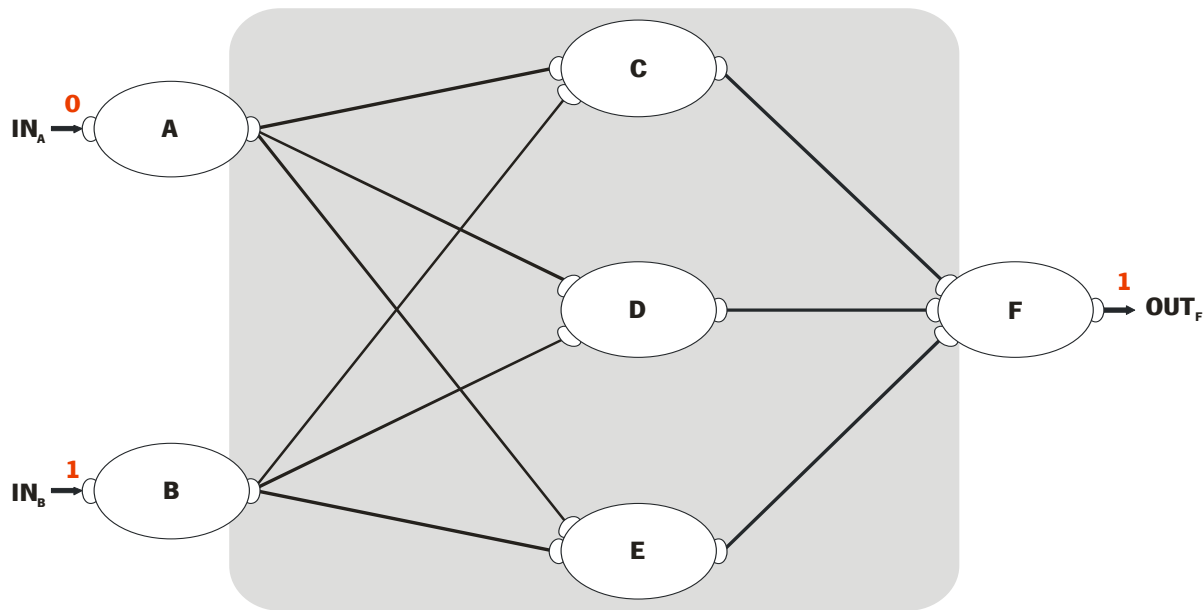




Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

- Os exemplos de treino contêm os resultados pretendidos.

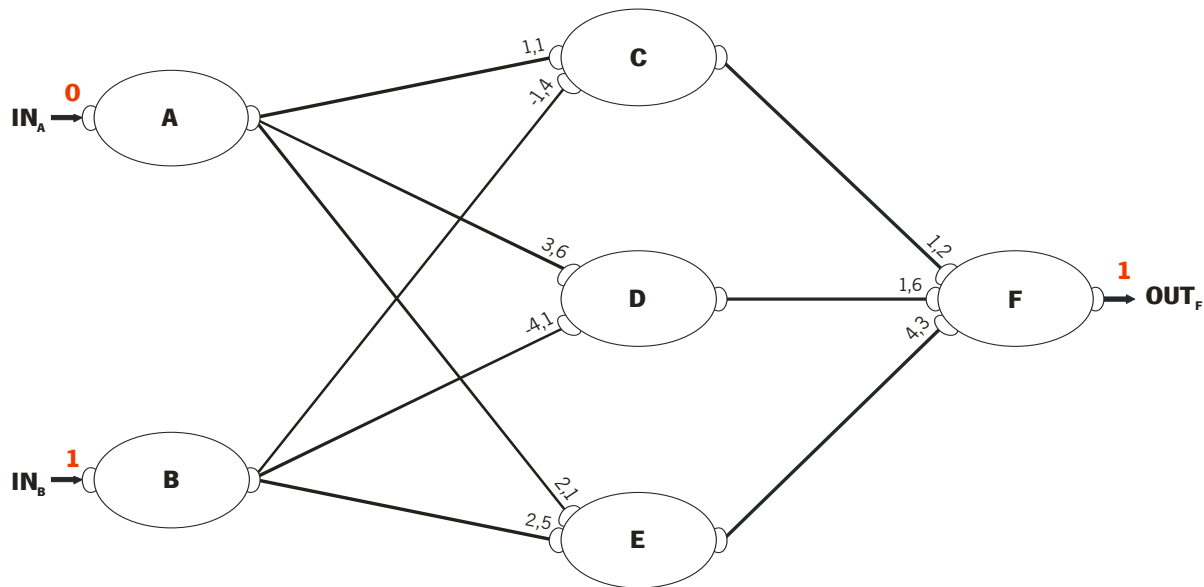




Redes Neurais Artificiais

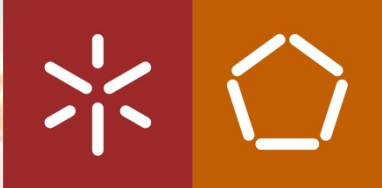
Treino de RNA's

- Atribuição aleatória dos pesos às sinapses.



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

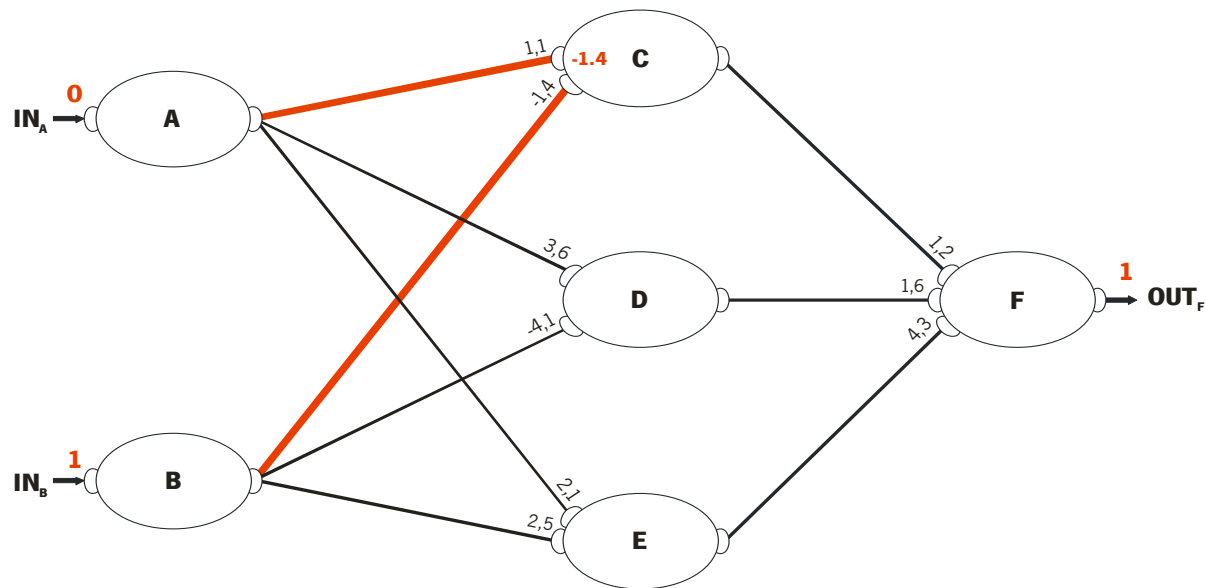
$$f_r(A) = A$$



Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

- Cálculo do valor de ativação...



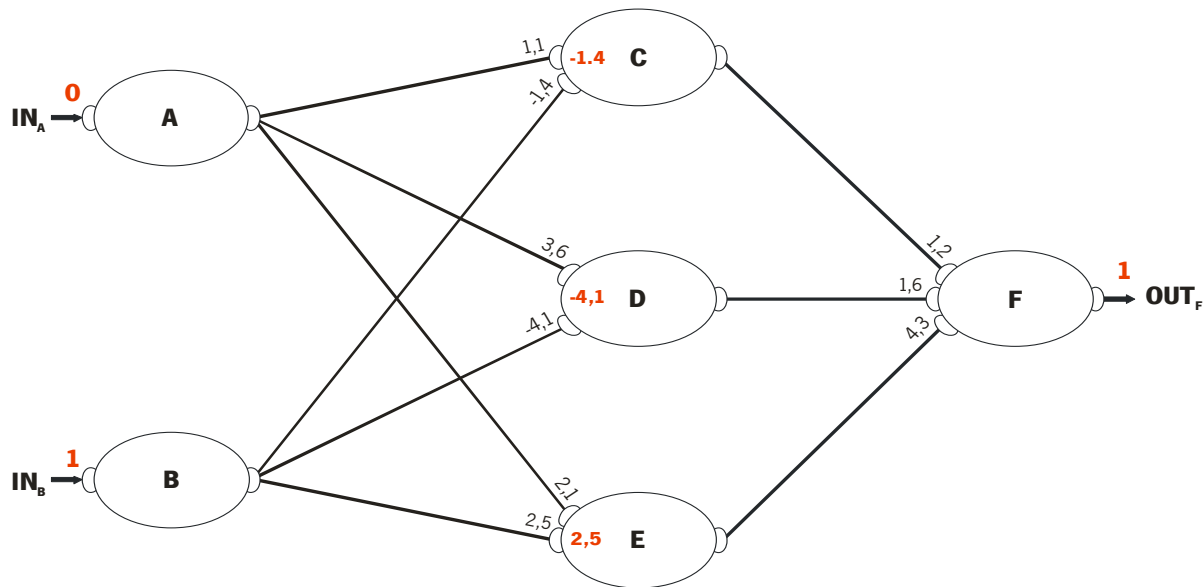
$$f_A(P,E) = \sum P \times E$$
$$f_r(A) = A$$



Redes Neurais Artificiais

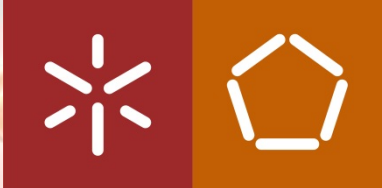
Treino de RNA's

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



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

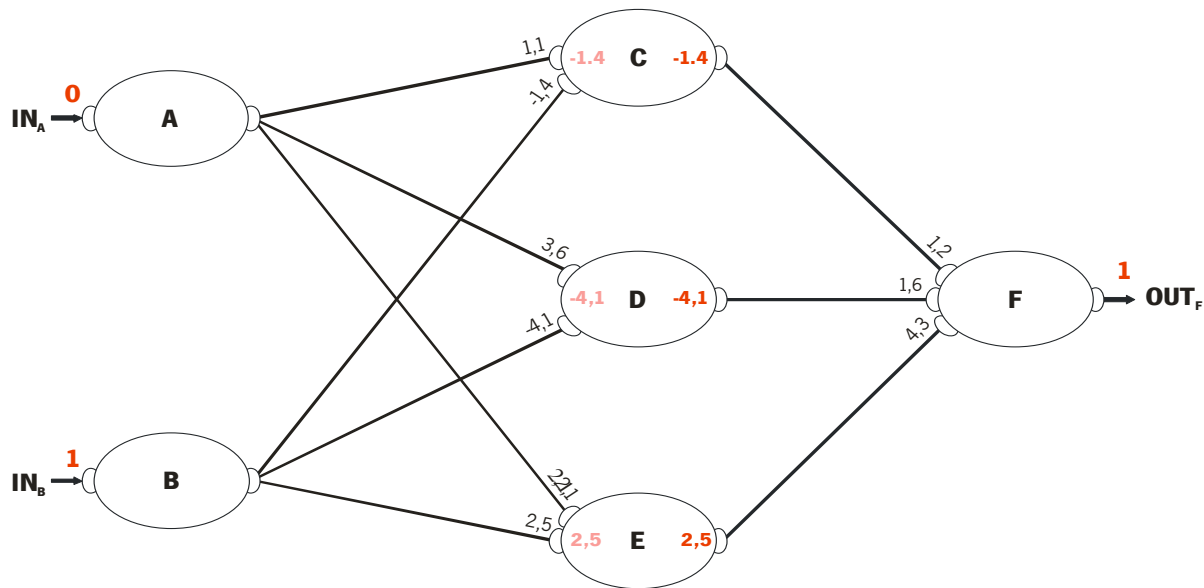
$$f_r(A) = A$$



Redes Neurais Artificiais

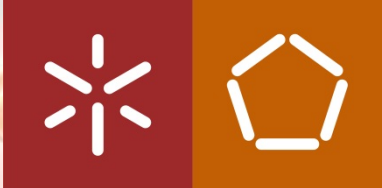
Treino de RNA's

- Cálculo do valor de transferência.



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

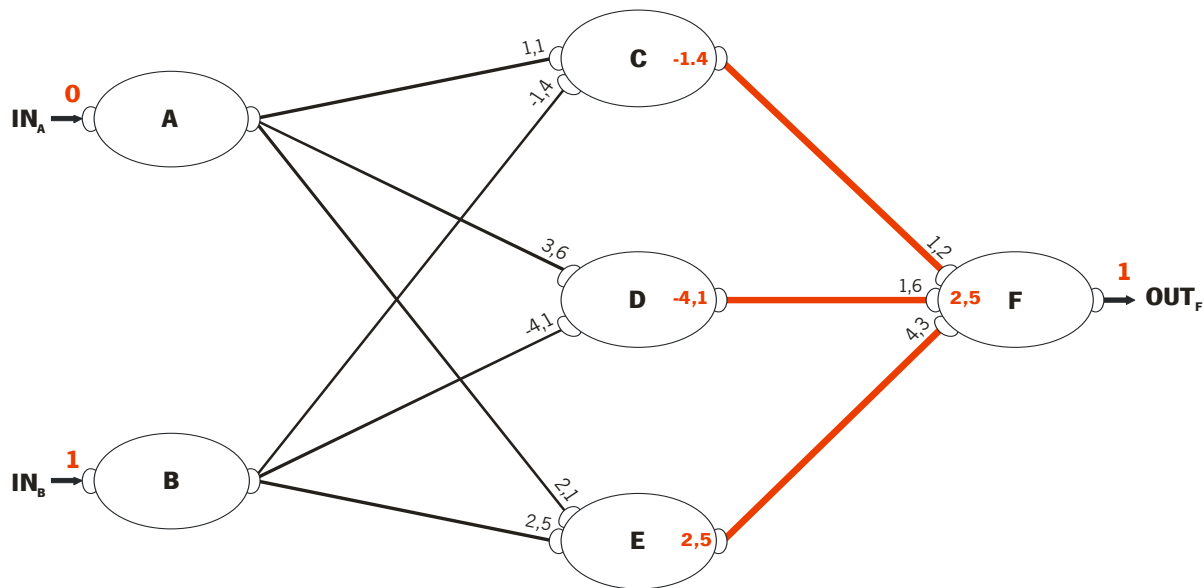
$$f_r(A) = A$$



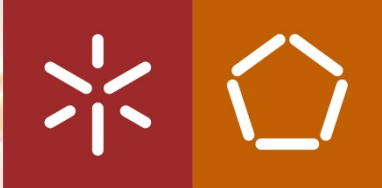
Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

- Valor de ativação na camada de saída...



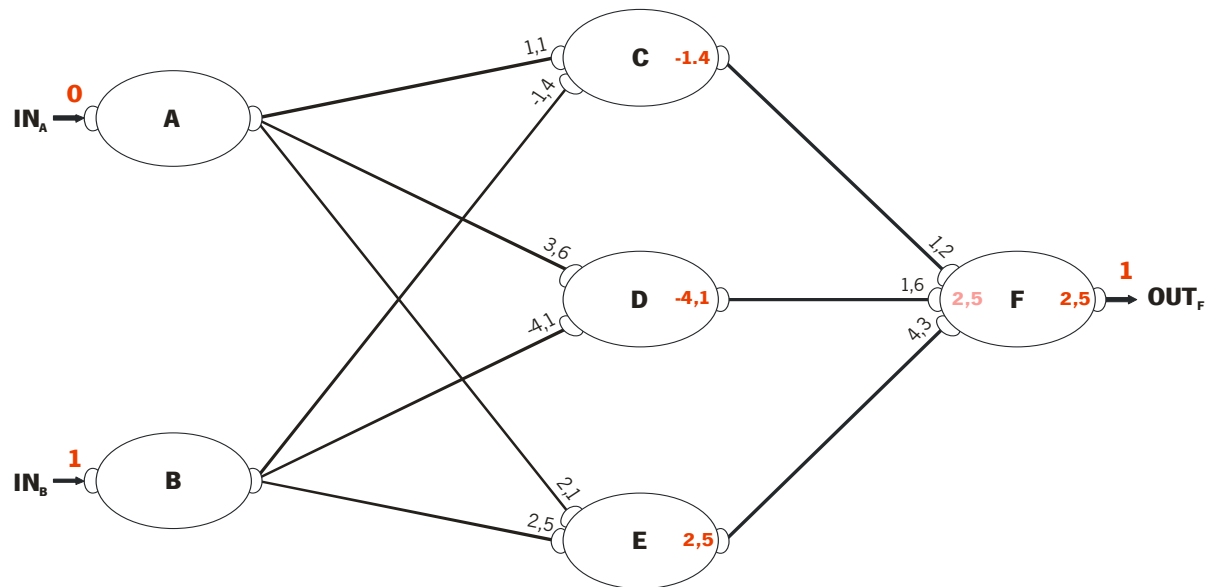
$$f_A(P,E) = \sum P \times E$$
$$f_r(A) = A$$



Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

- ... e respectivo valor de transferência.



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

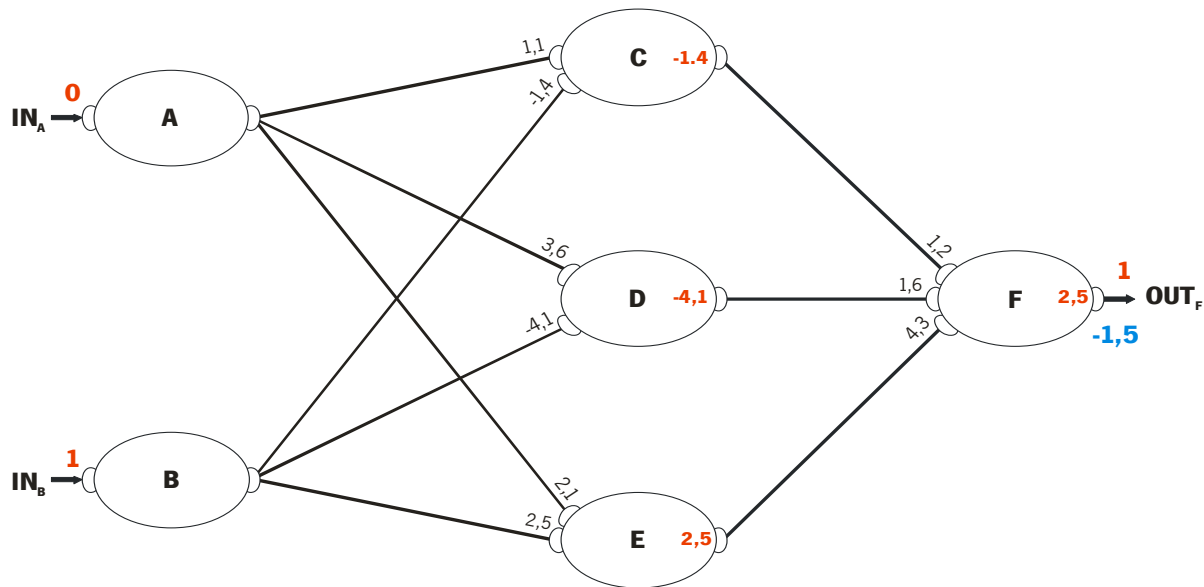
$$f_r(A) = A$$



Redes Neurais Artificiais

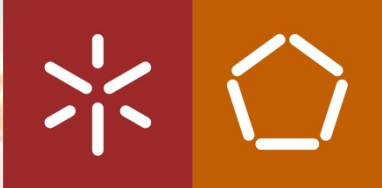
Treino de RNA's

- Cálculo do erro na camada de saída...



$$\mathcal{E} = OUT_F - OUT_C$$

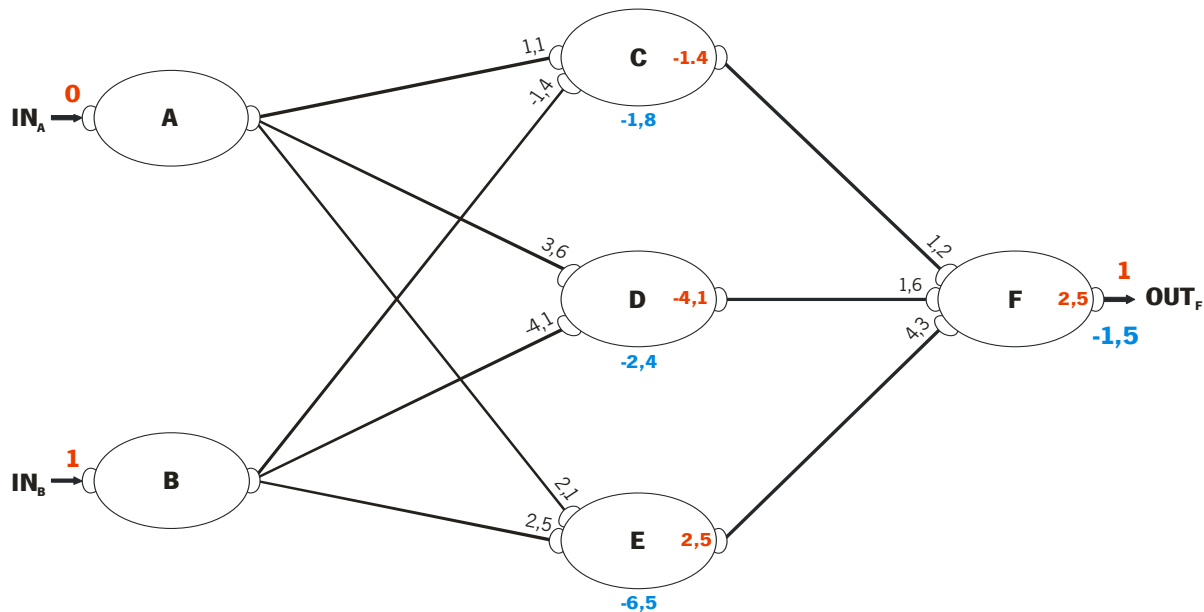
$$\mathcal{E}_{\leftarrow} = \mathcal{E} \times P$$



Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

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



$$\mathcal{E} = OUT_D - OUT_C$$

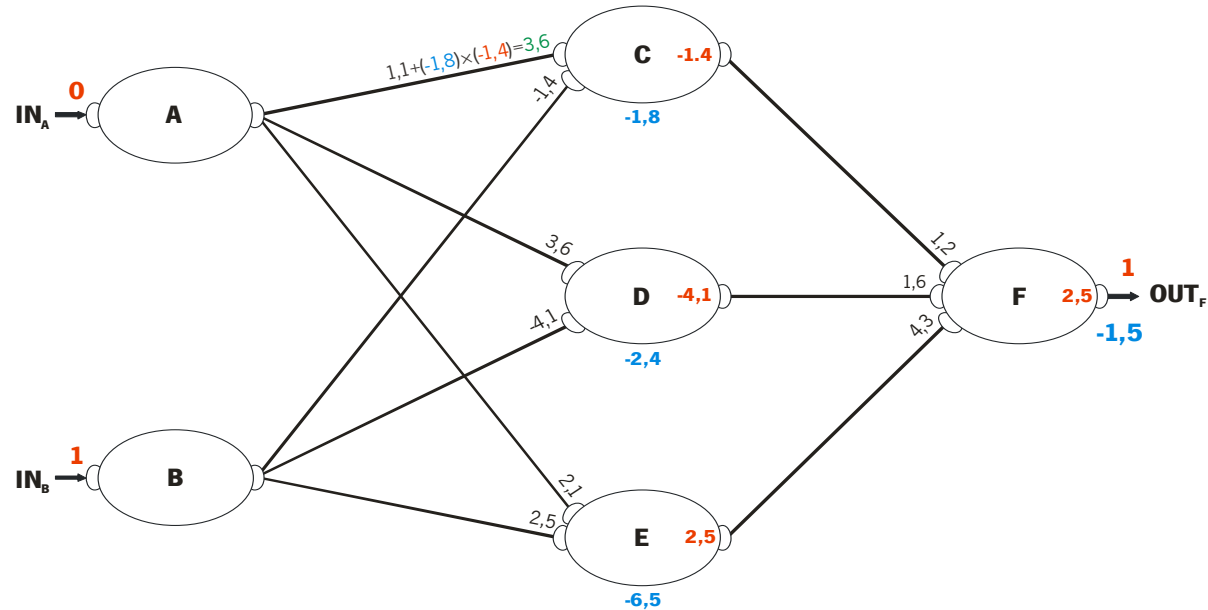
$$\mathcal{E}_{\leftarrow} = \mathcal{E} \times P$$



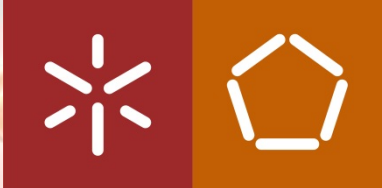
Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

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



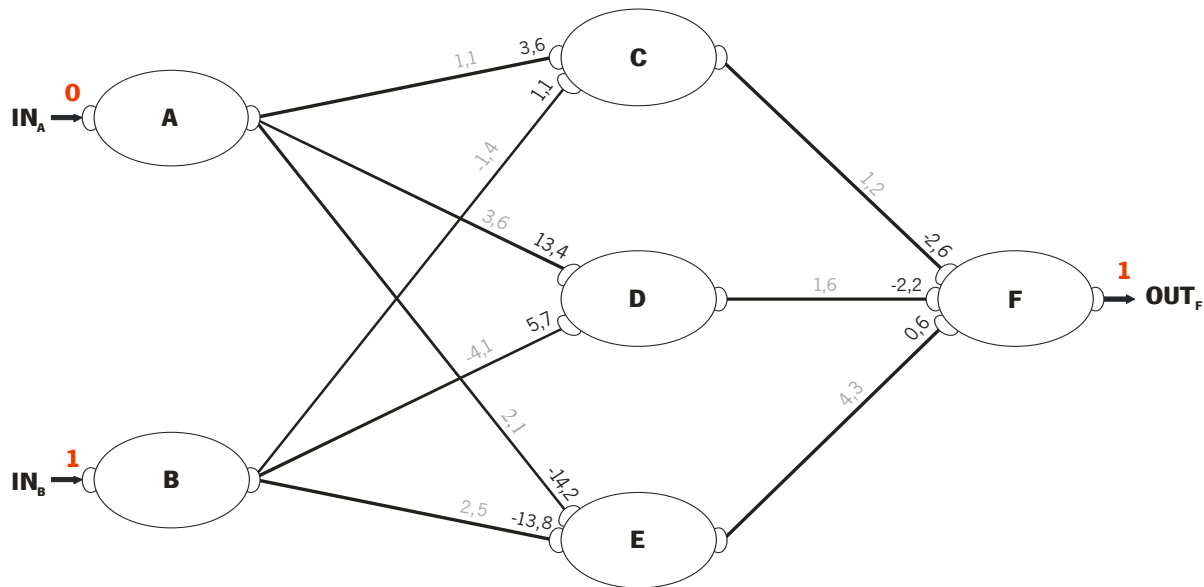
$$P_{i+1} = P_i + \epsilon \times f_T$$



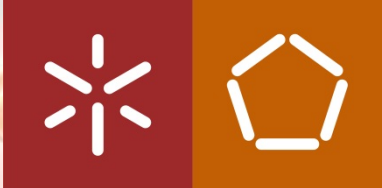
Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

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



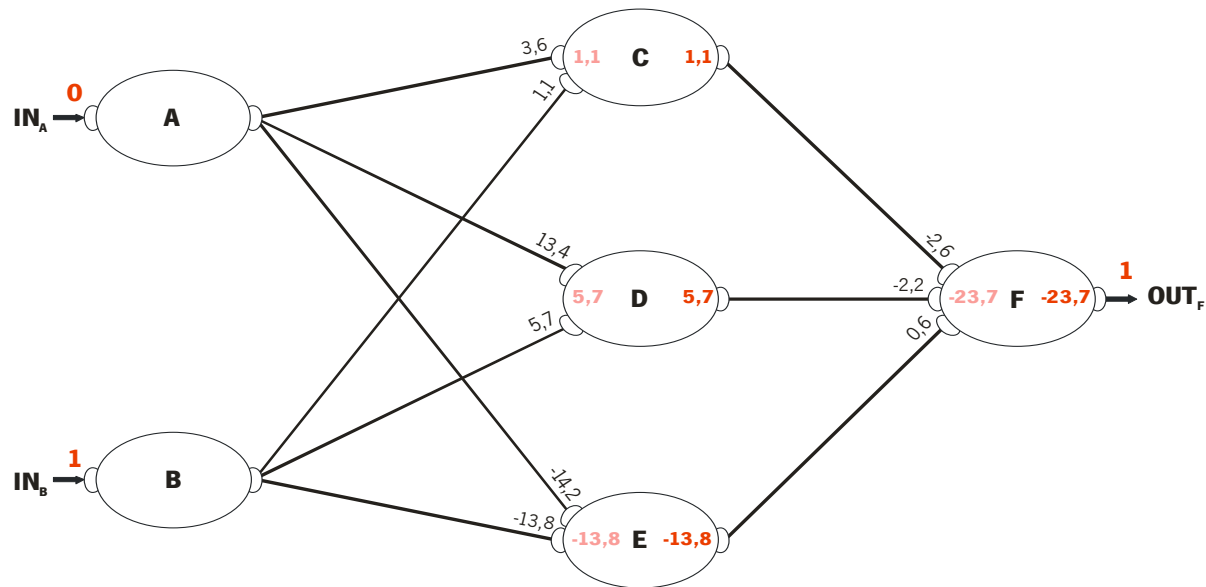
$$P_{i+1} = P_i + \epsilon \times f_T$$



Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

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



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

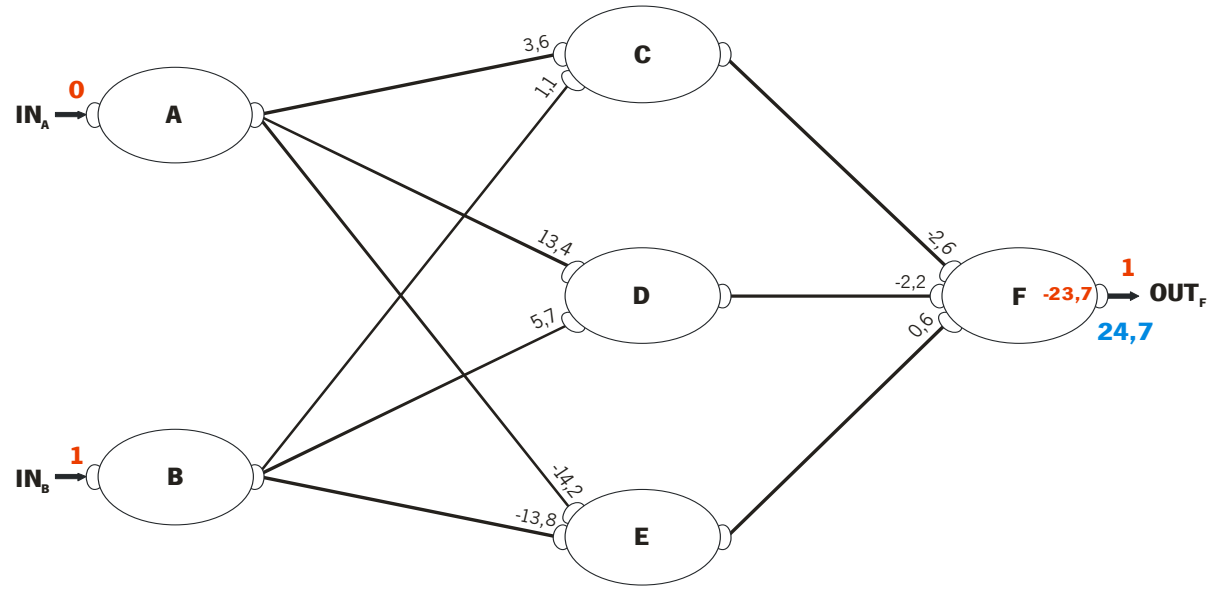
$$f_r(A) = A$$



Redes Neurais Artificiais

Treino de RNA's

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





Redes Neurais Artificiais

Referências bibliográficas

- Cortez, P., Neves, J., “Redes Neurais 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



Universidade do Minho
Escola de Engenharia
Departamento de Informática

Redes Neurais Artificiais

Cesar Analide, Paulo Novais, José Neves