

Modelos de Plasticidade Sináptica em Redes Neurais

Antônio C. Roque
USP, Ribeirão Preto
Abril 2015

Aprendizado e plasticidade sináptica

- No cérebro, acredita-se que o **aprendizado** está relacionado a alterações nas **eficácias** das **sinapses** que conectam os neurônios;
- Eficácia sináptica pode ser definida como a capacidade que um neurônio pré-sináptico tem de influenciar um neurônio pós-sináptico;
- O nome genérico dado às alterações nas eficácias sinápticas é **plasticidade sináptica**.

Teoria de Hebb (1949)

(a mãe de todas as teorias de plasticidade sináptica)



Donald Hebb

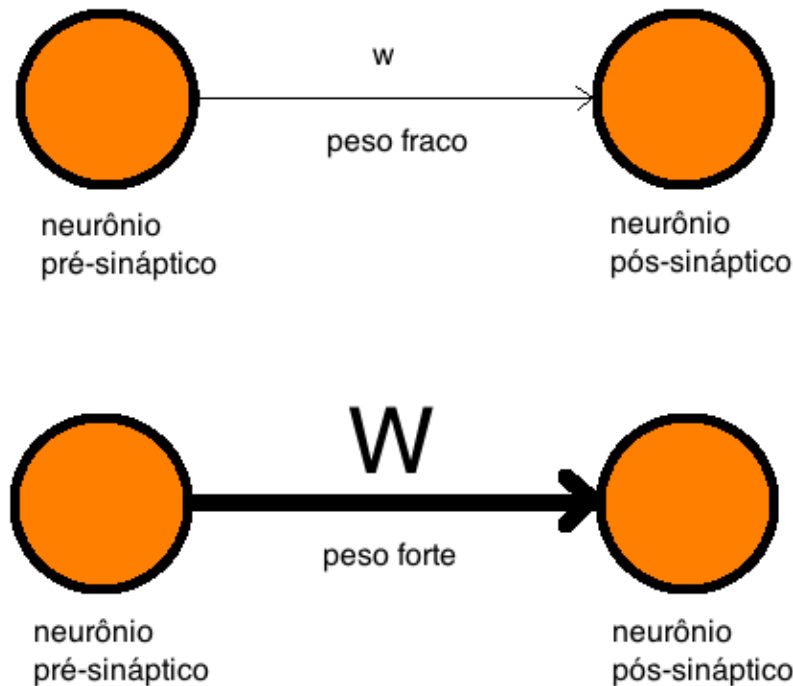
- “Quando um axônio de uma célula A está próximo o suficiente de uma célula B para excitá-la e, repetida e persistentemente, toma parte em fazê-la disparar, algum processo de crescimento ou mudança metabólica ocorre em uma ou ambas as células de maneira que a eficiência de A, como uma das células que fazem B disparar, é aumentada”.



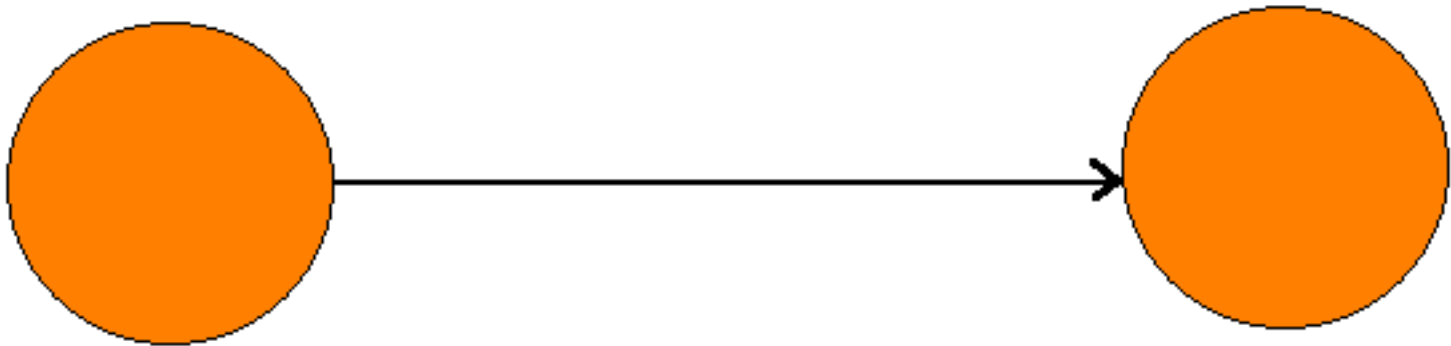
Diagrama do esquema proposto por Hebb para a mudança estrutural associada ao aumento da eficiência sináptica.

Peso sináptico

- Em modelos teóricos, uma maneira de representar a eficácia sináptica é pelo chamado **peso sináptico**



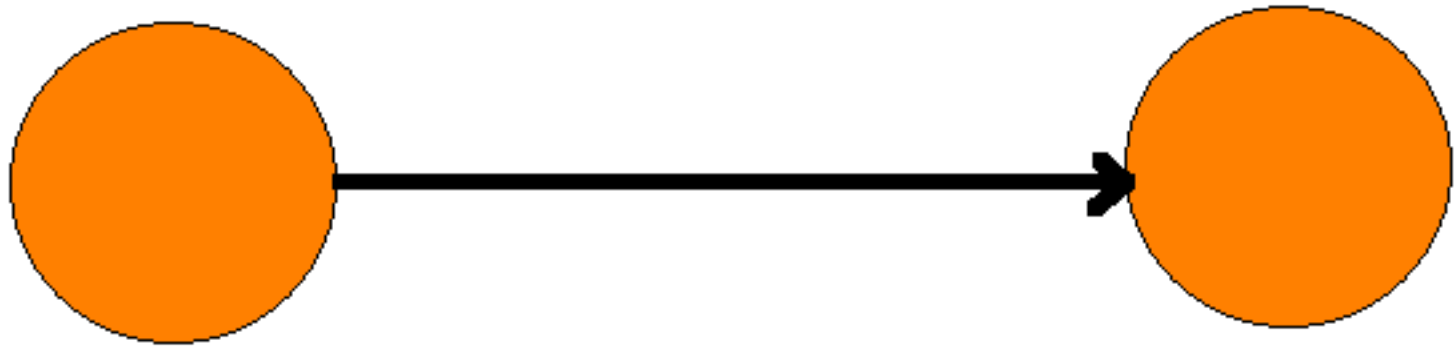
Plasticidade hebbiana



Plasticidade hebbiana



Plasticidade hebbiana



Plasticidade hebbiana



Plasticidade hebbiana



Plasticidade hebbiana

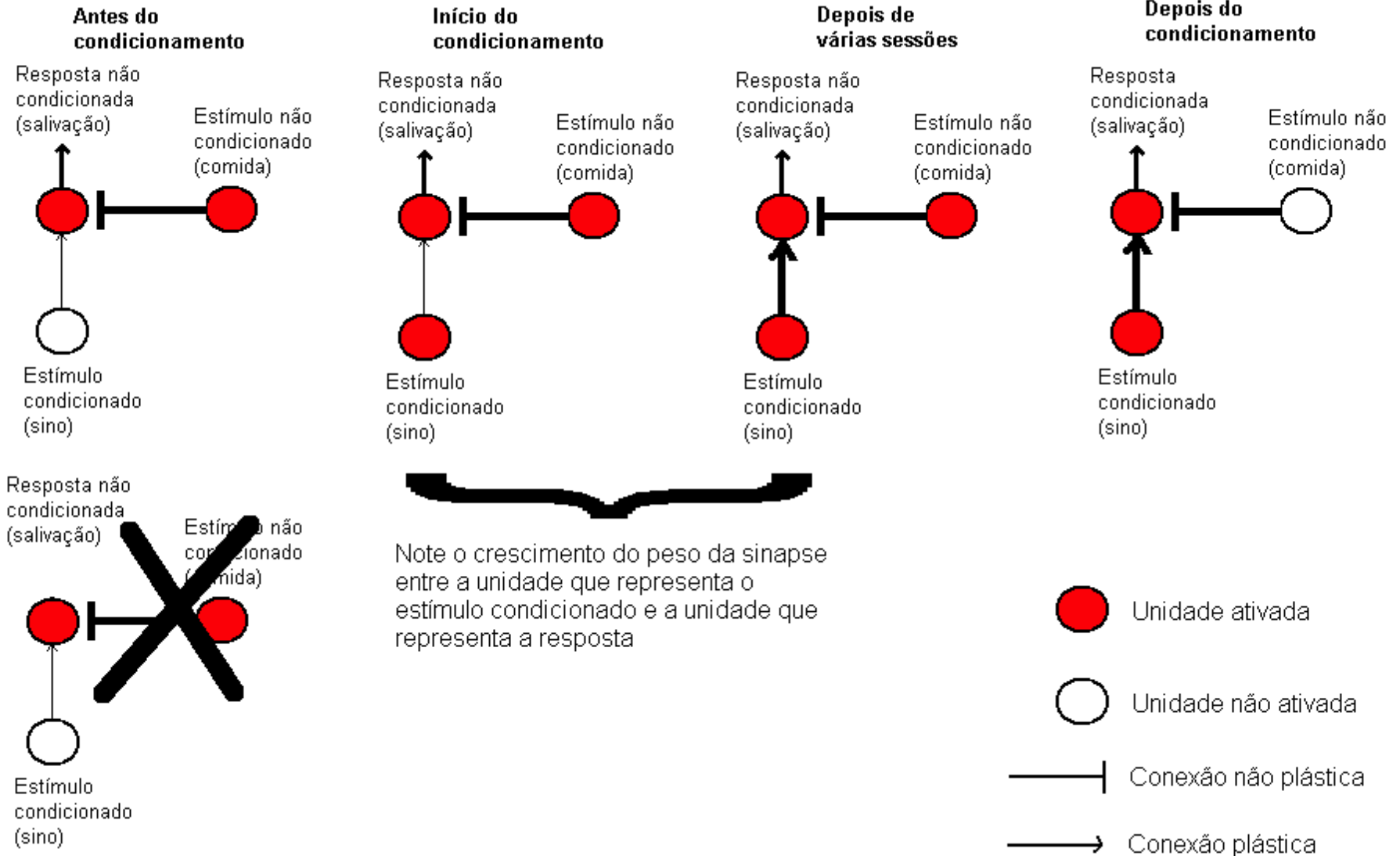


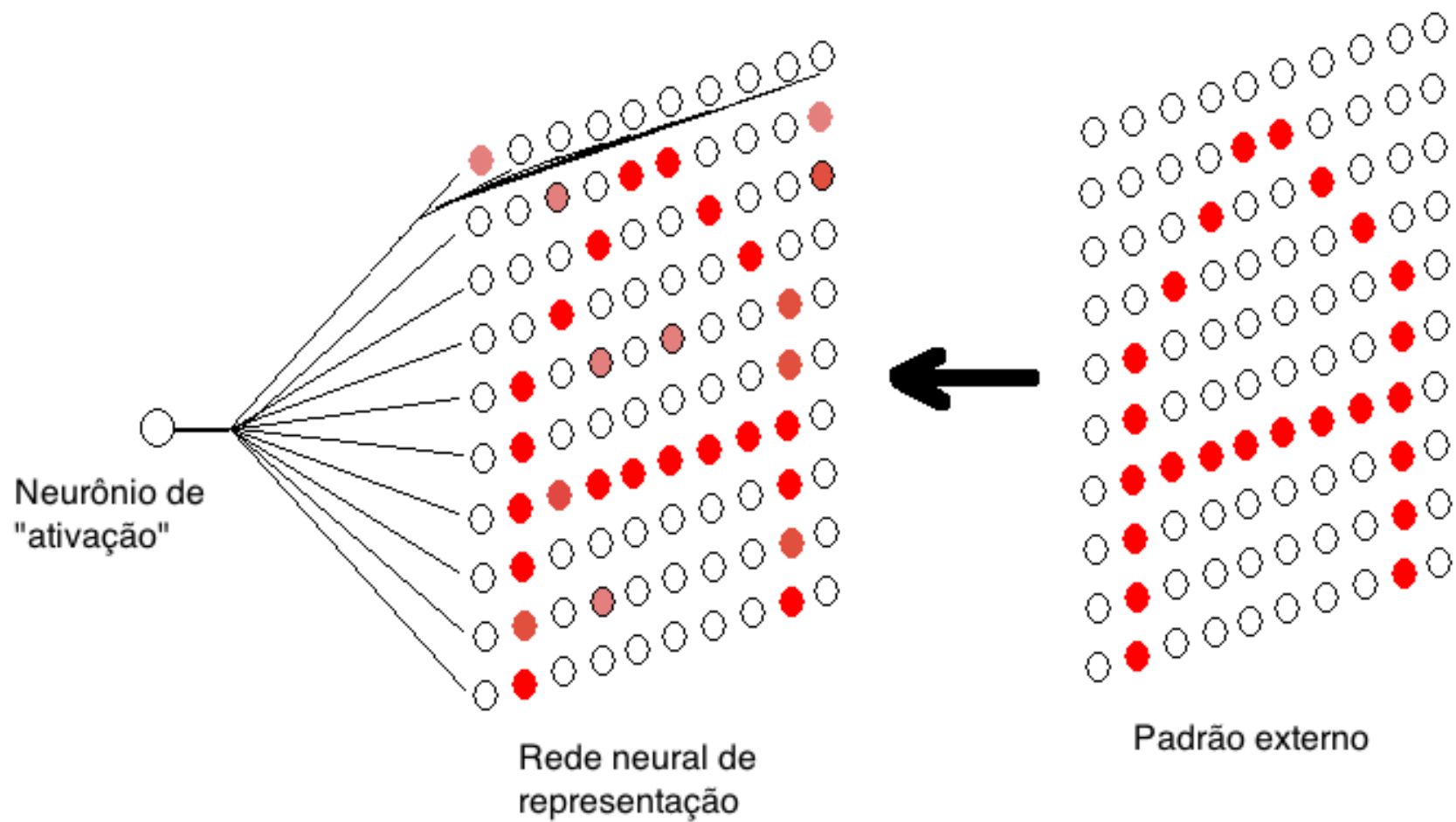
Plasticidade hebbiana



*Neurons that fire together
wire together*

Exemplo: condicionamento pavloviano



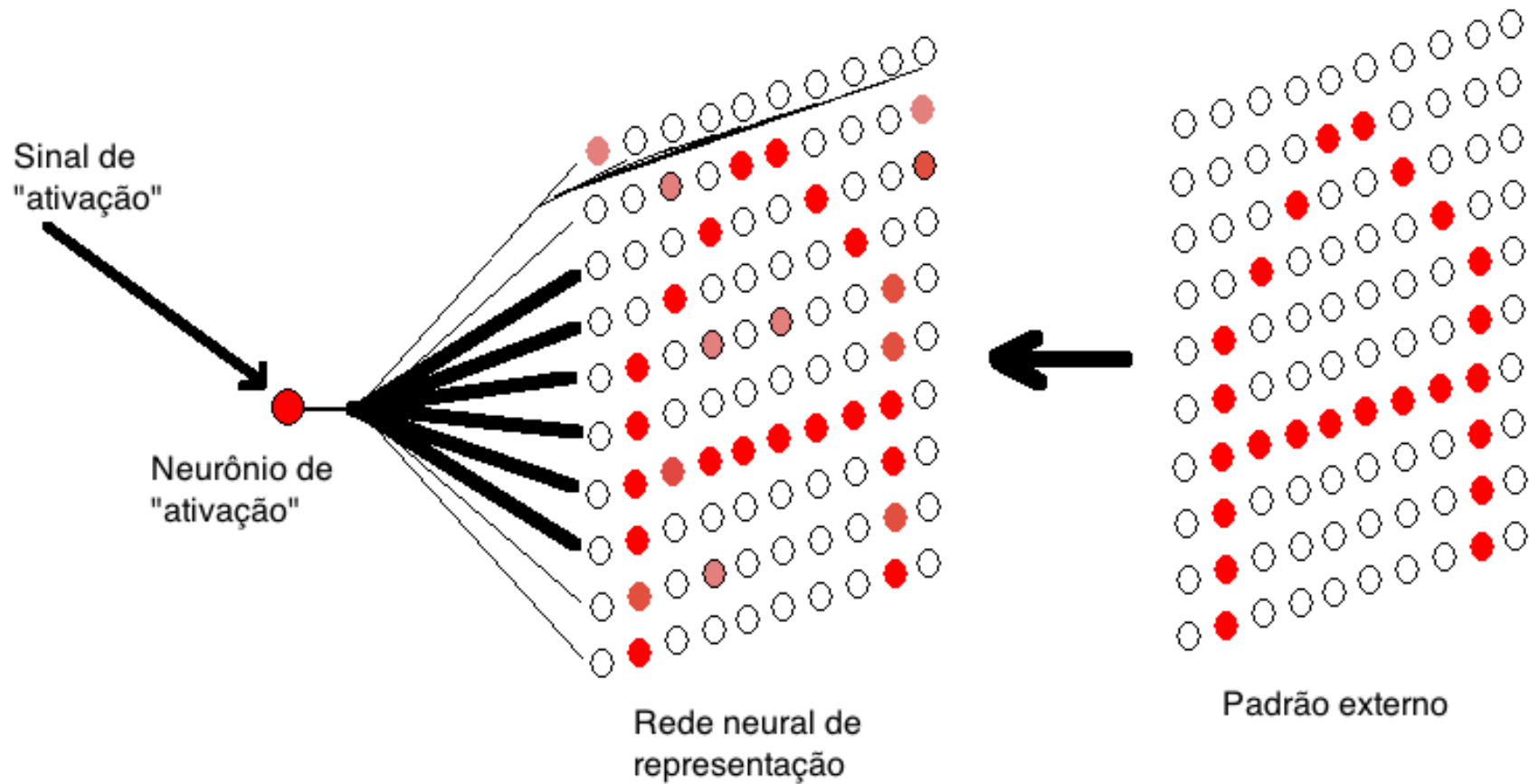


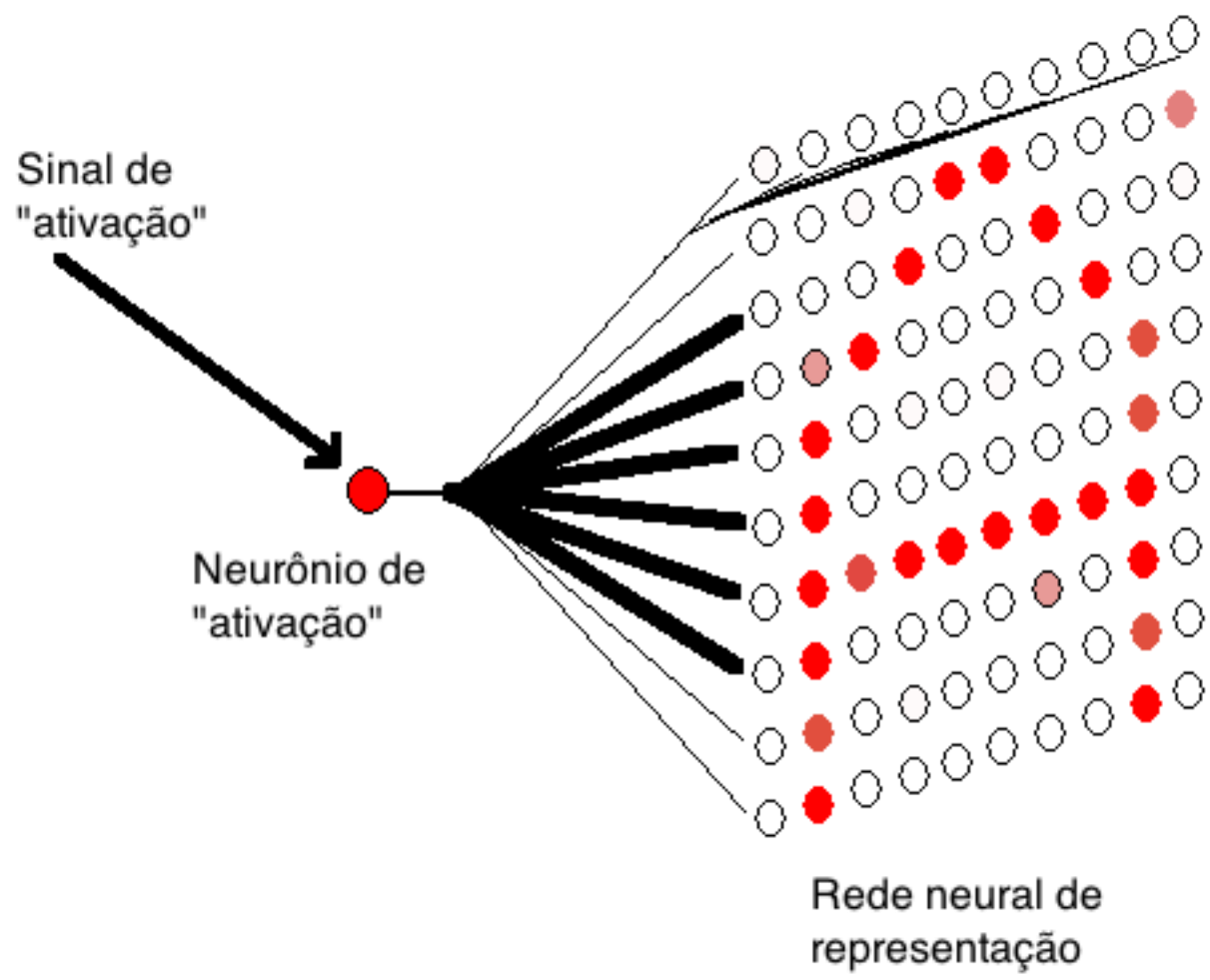
Sinal de "ativação"

Neurônio de "ativação"

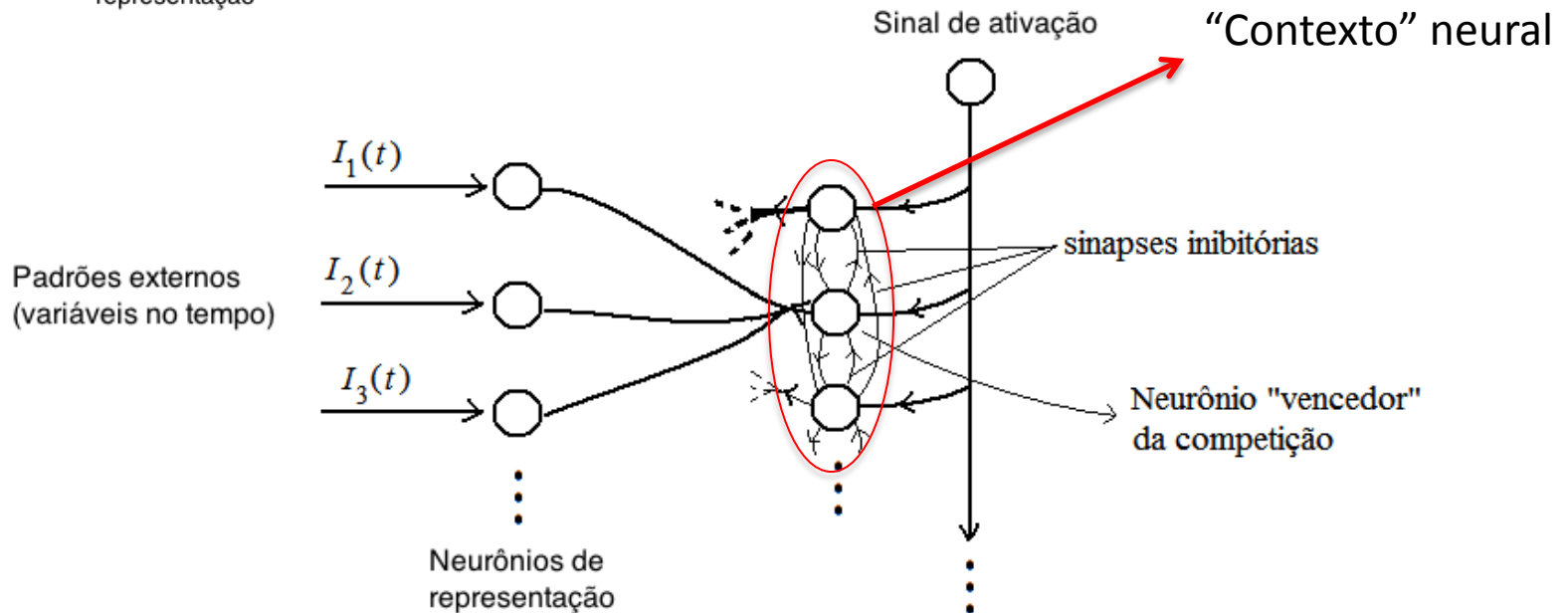
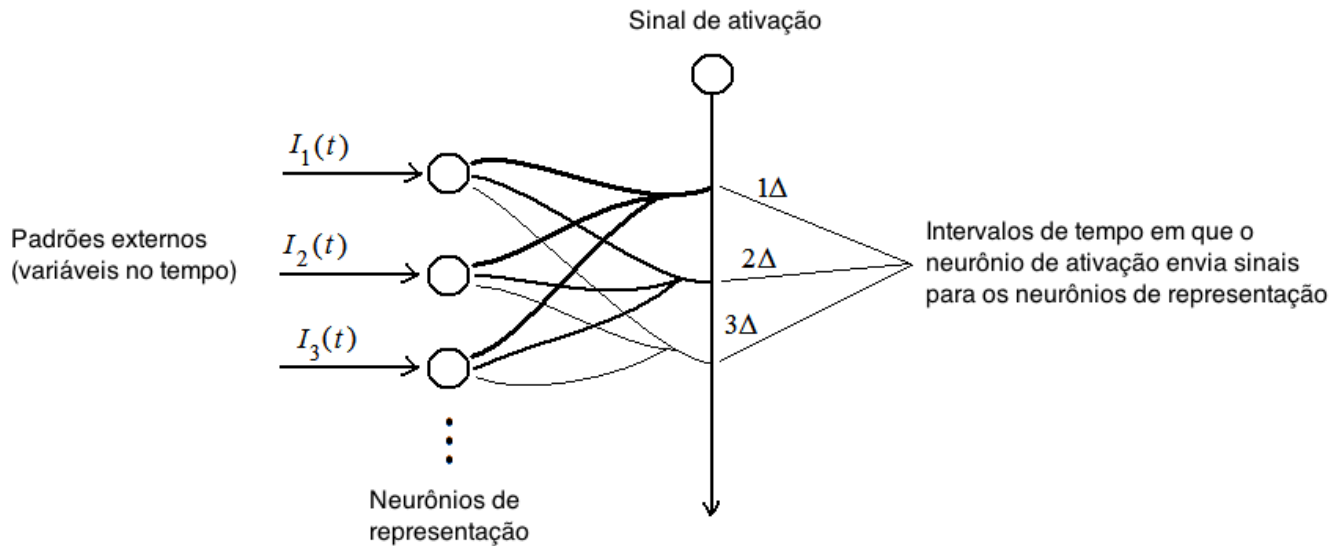
Rede neural de representação

Padrão externo

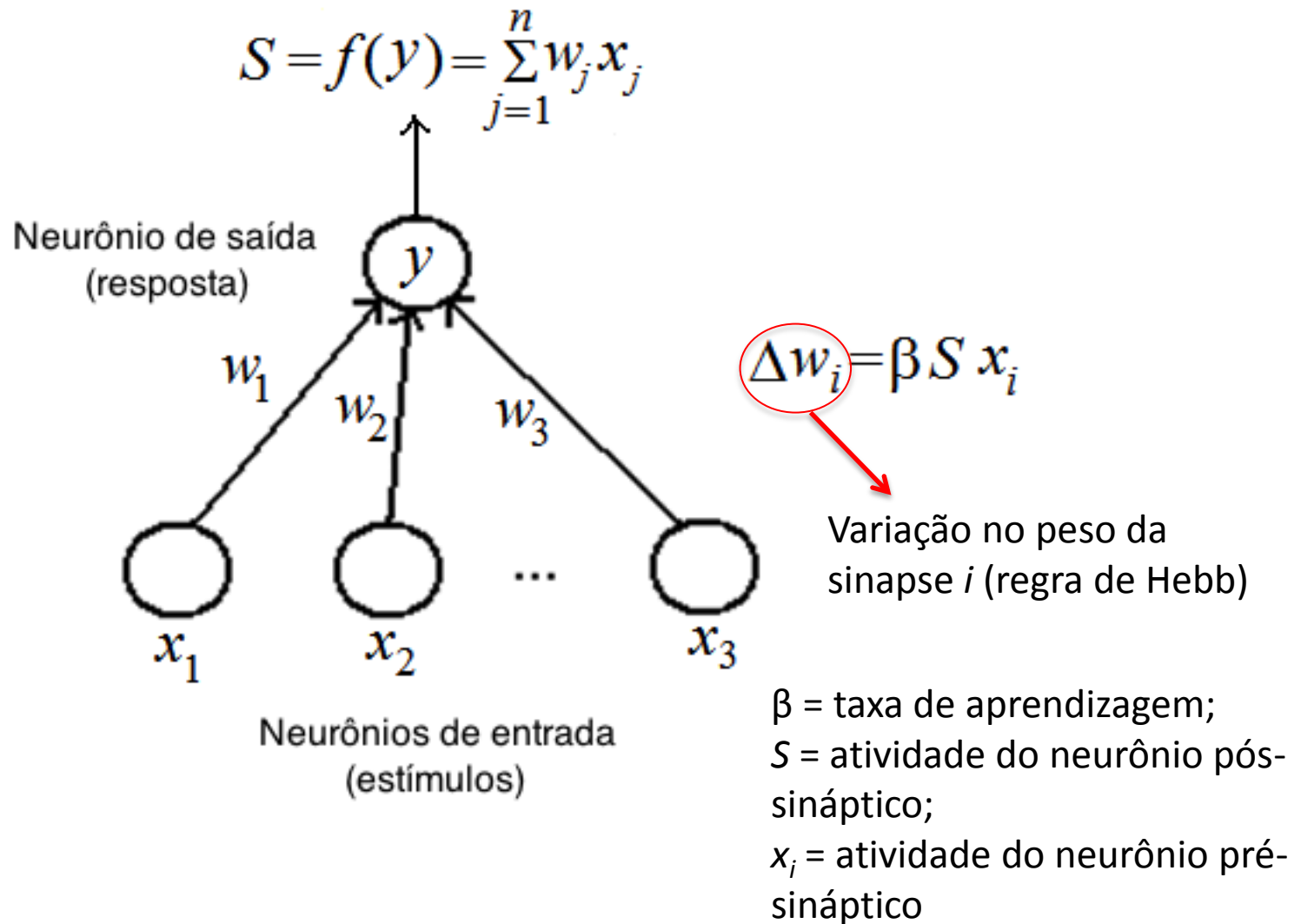




Há muitas variações possíveis



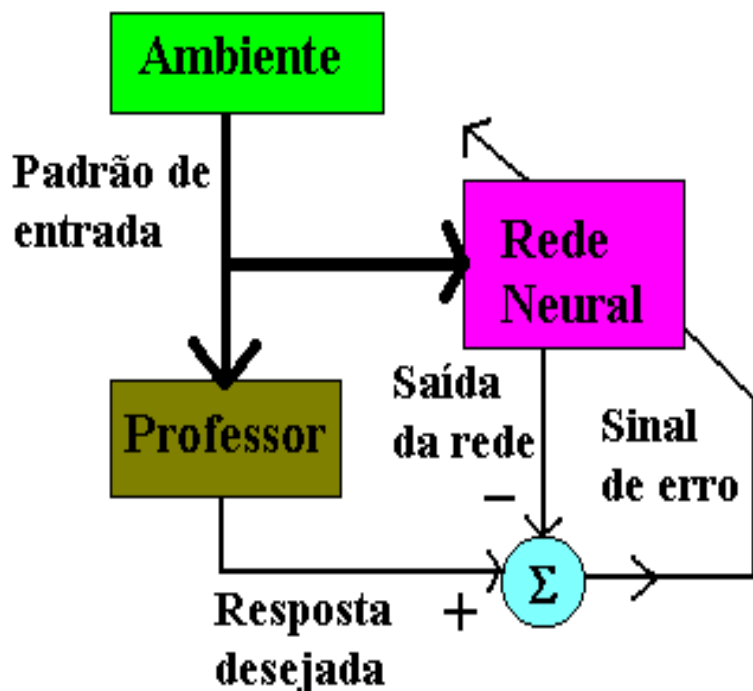
Versão matemática (regra de Hebb)



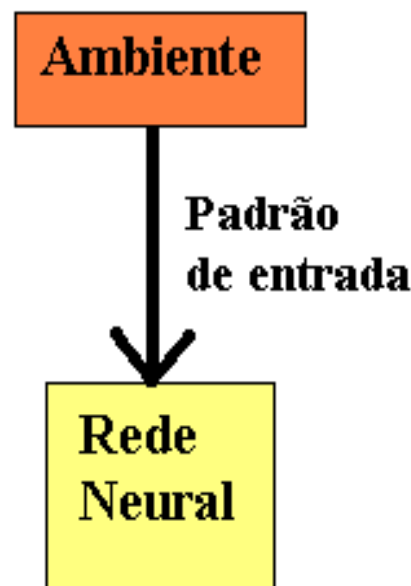
Da plasticidade sináptica para o aprendizado

Ninguém sabe bem como isto funciona

Formas de aprendizagem



Aprendizado supervisionado
(há um professor que conhece
exemplos de entrada-saída)



Aprendizado não-supervisionado
ou auto-organizado
(sem professor)

- A plasticidade hebbiana é um mecanismo de aprendizado não-supervisionado;
- Darei a seguir um exemplo de aprendizado supervisionado.



Robert Rescorla

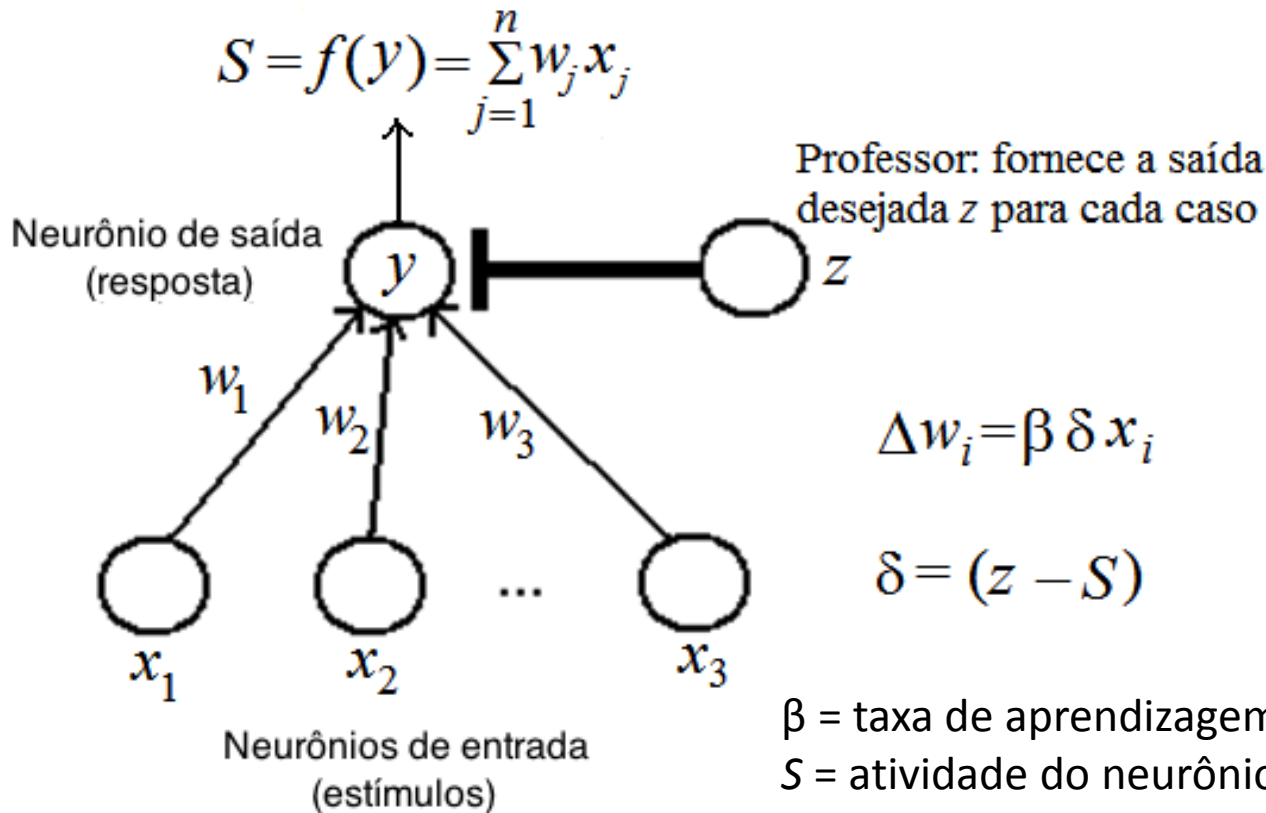


Allan Wagner

Teoria de Rescorla-Wagner (1972)

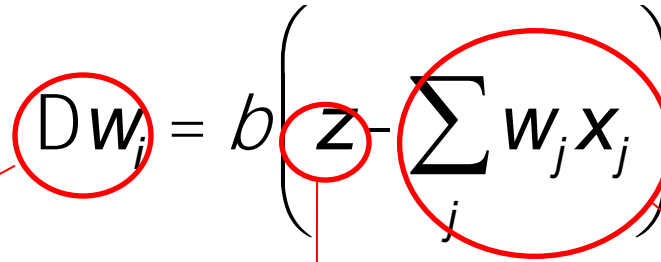
- “Os organismos só aprendem quando os eventos violam as suas expectativas. Quando um complexo de estímulos ocorre, certas expectativas são construídas sobre os eventos que se seguem a ele; as expectativas iniciadas pelo complexo e seus estímulos componentes só são modificadas quando os eventos consequentes não concordam com a expectativa composta”.

Regra de Rescorla-Wagner



β = taxa de aprendizagem;
 S = atividade do neurônio pós-sináptico;
 x_i = atividade do neurônio pré-sináptico;
 z = saída desejada fornecida pelo “professor”;
 δ = **erro** entre a saída desejada e a saída do sistema.

Interpretação

$$Dw_i = b \left(z - \sum_j w_j x_j \right)$$


Varição na força de associação do estímulo i com o evento que se segue ao complexo de estímulos. Representa a *expectativa* iniciada pelo estímulo i presente no complexo de estímulos.

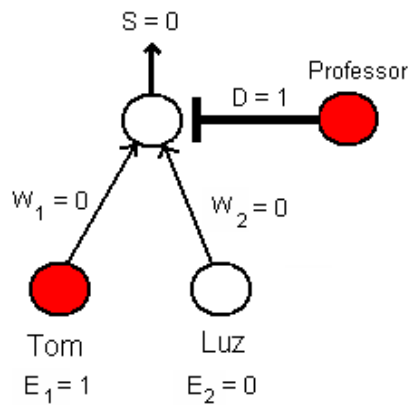
Representa o evento que se segue ao complexo de estímulos.

Soma das forças de associação de todos os estímulos presentes no ensaio. Representa a *expectativa* composta iniciada pelo complexo de estímulos.

Exemplo: condicionamento pavloviano

Primeira sessão

Tom + Comida



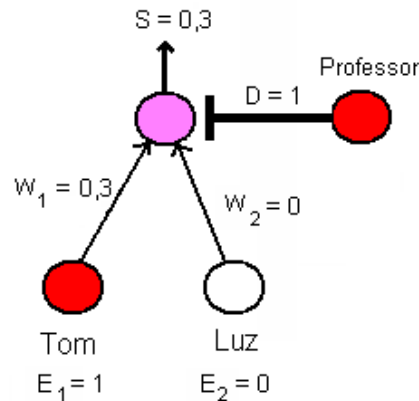
$$\delta = D - S = 1 - 0 = 1$$

$$\Delta w_1 = \beta \delta E_1 = 0,3$$

$$\Delta w_2 = \beta \delta E_2 = 0$$

Segunda sessão

Tom + Comida



$$\delta = D - S = 1 - 0,3 = 0,7$$

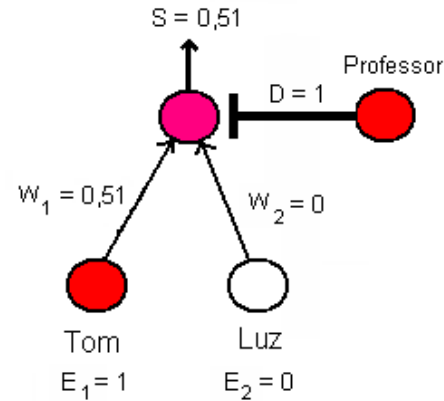
$$\Delta w_1 = \beta \delta E_1 = 0,3 \cdot 0,7 = 0,21$$

$$\Delta w_2 = \beta \delta E_2 = 0$$

$$\beta = 0,3$$

Terceira sessão

Tom + Comida

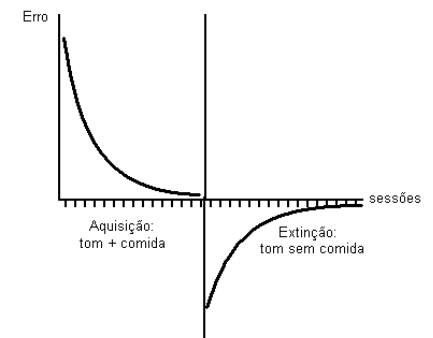
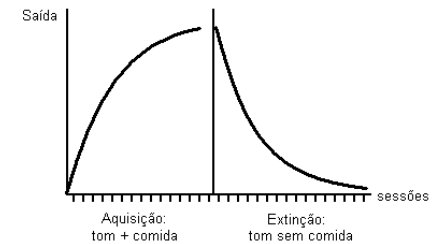


$$\delta = D - S = 1 - 0,51 = 0,49$$

$$\Delta w_1 = \beta \delta E_1 = 0,3 \cdot 0,49 = 0,147$$

$$\Delta w_2 = \beta \delta E_2 = 0$$

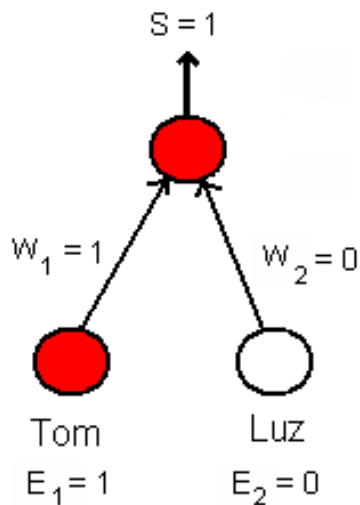
...



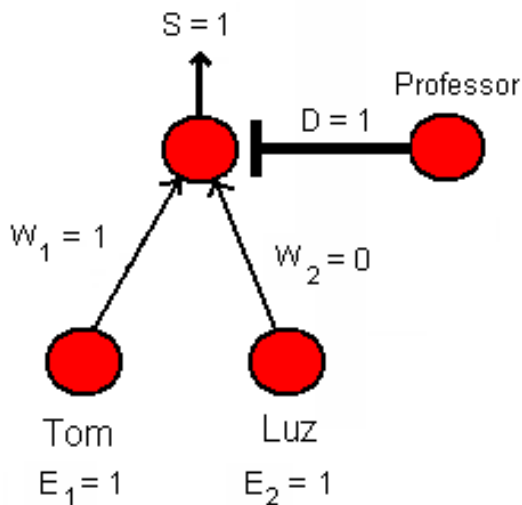
Exemplo: condicionamento pavloviano (efeito de *blocking*)

Após o condicionamento
de tom + comida

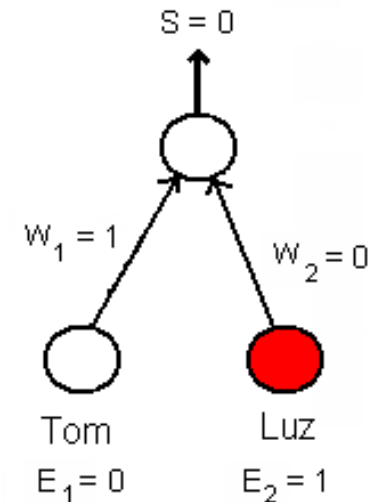
Apenas tom



Sessões com apresentação de
tom + luz pareados com comida



Apenas luz



$$\delta = D - S = 0$$

$$\Delta W_1 = \beta \delta E_1 = 0$$

$$\Delta W_2 = \beta \delta E_2 = 0$$

Discussão

- Há muito mais do que foi possível contar nesta apresentação.
- Modelos biofísicos: próximos da biologia, mas de difícil transposição para o caso do aprendizado humano (dificuldade de modelar todo o organismo).
- Modelos abstratos: próximos da psicologia, mas nem sempre baseados em correlatos neurais.