

Baixo do Recife

Redes Neurais

(Conceitos Fundamentais)

Germano C. Vasconcelos
Centro de Informática - UFPE

Interdisciplinaridade

Redes Neurais é uma área de estudo interdisciplinar:

- Neurofisiologia
- Psicologia Cognitiva
- Matemática
- Física
- Medicina
- Percepção Humana
- Engenharias
- Ciência da Computação

Não é uma Área Nova ...

Trabalhos iniciais:

- McCulloch & Pitts (1943) - modelo de neurônio
- Donald Hebb (1949) - regra de aprendizagem
- Frank Rosenblatt (1962) - topologia de rede

Porque Parece Nova ?

- Aparecimento de novos paradigmas
- Análise fundamentada em métodos científicos
- Avanço tecnológico dos computadores
- Sucesso em aplicações do mundo real

O que são Redes Neurais ?

Sistemas paralelos distribuídos compostos por unidades de processamento simples interligadas entre si e com o ambiente por um número de conexões

De outra maneira...

São modelos inspirados na estrutura paralela do cérebro e que buscam reter algumas de suas propriedades...

Unidades



Neurônios

Interconexão

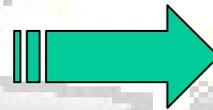


Redes Neurais

O que são Redes Neurais ?

Geralmente conexões estão associadas a pesos que armazenam o conhecimento da rede e servem para ponderar a entrada recebida pelo neurônio

Conhecimento



Aprendizagem

Semelhança em Relação ao Cérebro

- Elementos básicos (neurônios)
- Rede de processadores interconectados
- Conhecimento armazenado em conexões
- Conhecimento adquirido através de aprendizagem
- Estrutura inerentemente paralela
- Representações distribuídas

Elementos Básicos

Existe uma vasta quantidade de modelos de Redes Neurais, mas alguns elementos estão presentes em todos os modelos

- A *função* das unidades de processamento
- A *topologia* da rede
- A estratégia ou *algoritmo* de aprendizagem

A Função das Unidades

Caracterizado por três elementos básicos:

- Um conjunto de *conexões de entrada*
- Um *estado de ativação*
- Um *valor de saída (resposta)*

O comportamento do neurônio

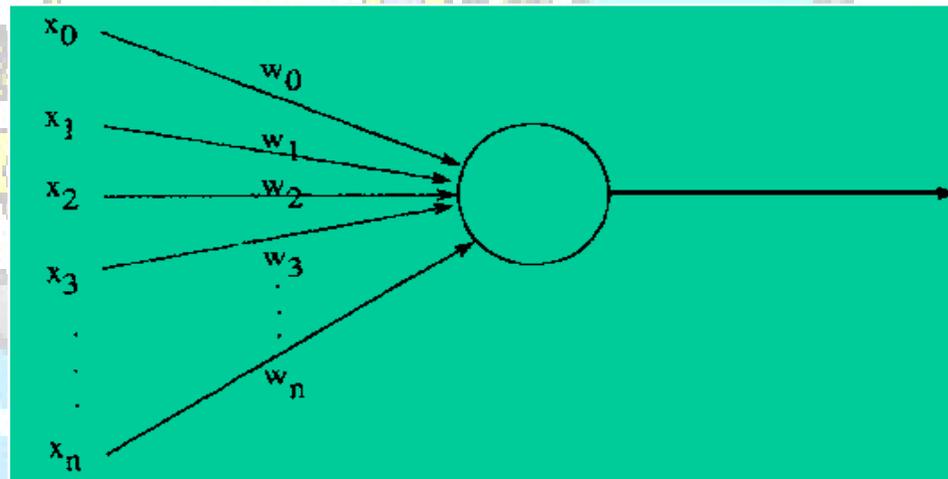
- Ocorre um *estímulo* como entrada
- Ocorre uma computação do *estado de ativação* em função do estímulo
- Ocorre uma *resposta* em função da ativação

Modelos para o Neurônio

A definição da unidade de processamento caracteriza-se por:

- Regra de Propagação (*estado de ativação*)
- Função de Ativação (*resposta do neurônio*)

Exemplo: Neurônio de McCulloch & Pitts (MCP)

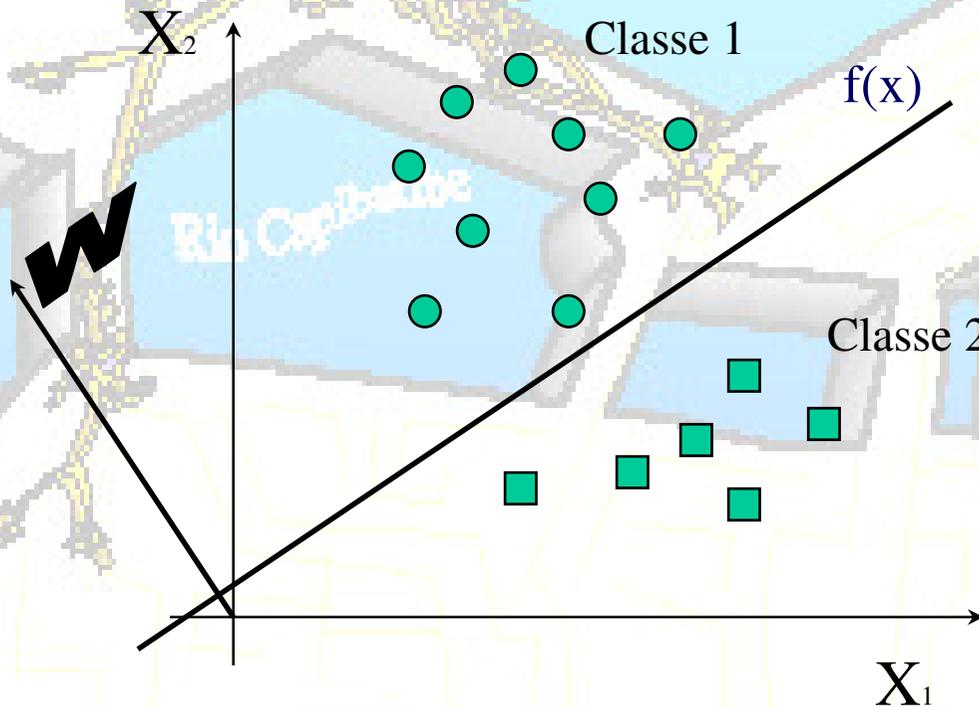


$$y = f_h \left[\sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta \right]$$

Função de Ativação

Regra de Propagação

Visão Matemática do MCP



$$f(x) = \sum w_i \cdot x_i - \theta$$

$$f(x) = (|W| \cdot |X| \cos \Phi) - \theta$$

Considere o ponto onde

$$f(x) = 0:$$

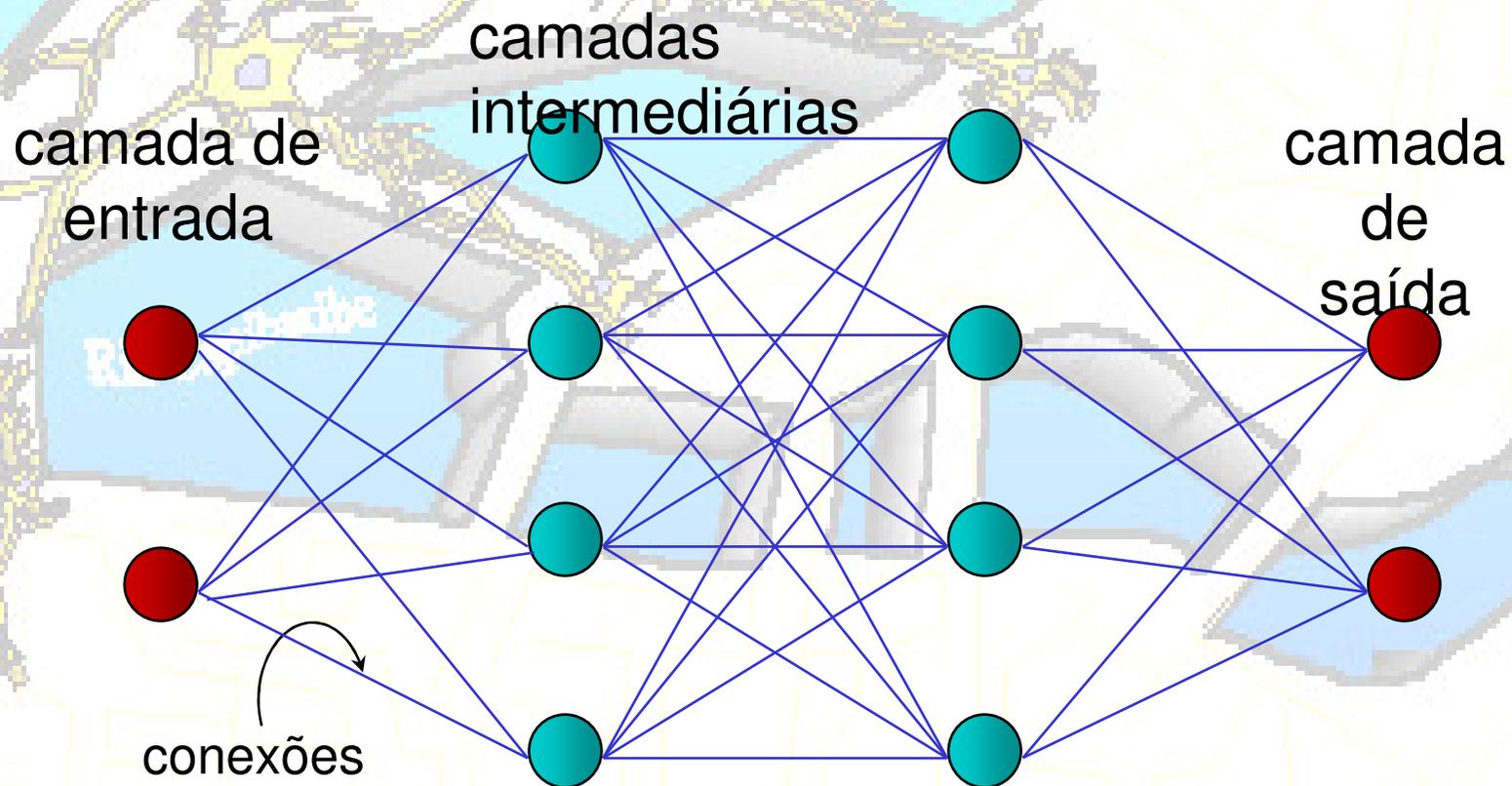
$$w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 - \theta = 0$$



$$x_2 = -w_1/w_2 \cdot x_1 + \theta/w_2$$

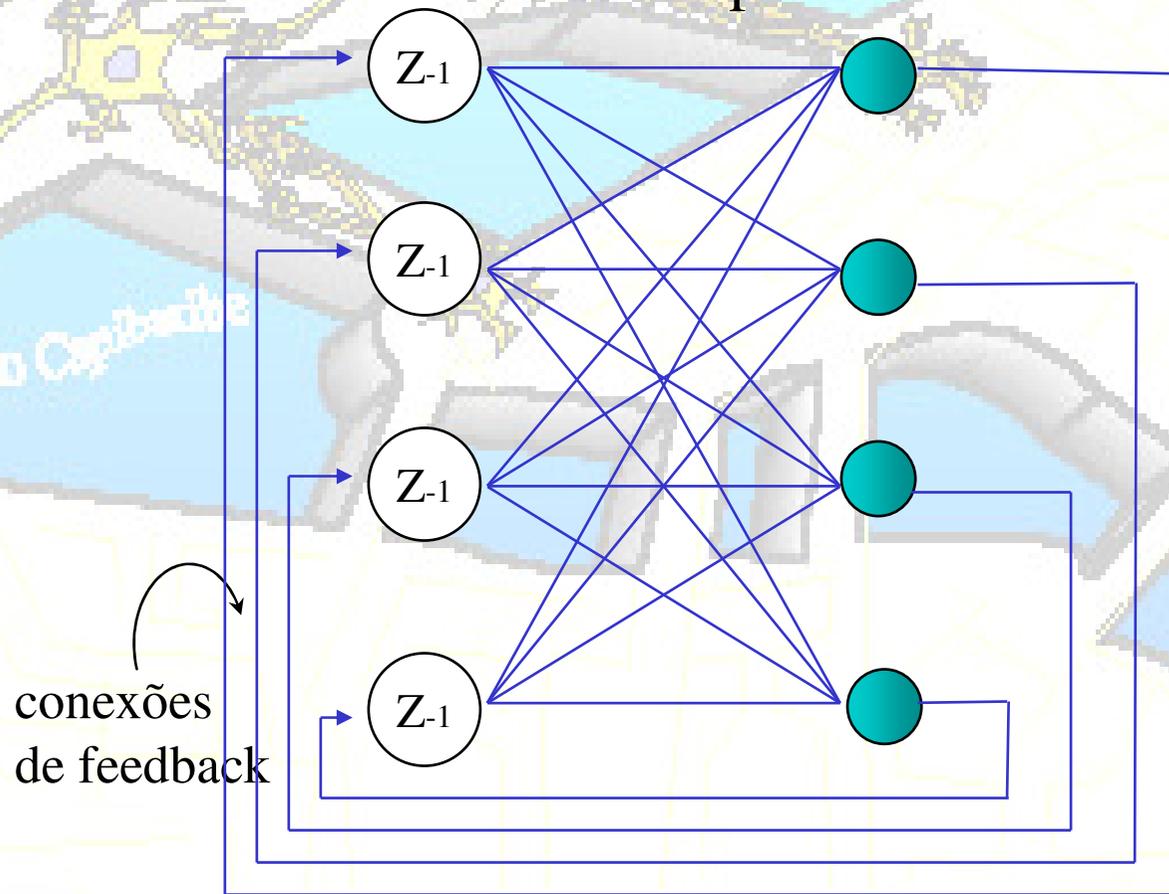
$$(y = m \cdot x + c)$$

Topologias de Redes: Feedforward

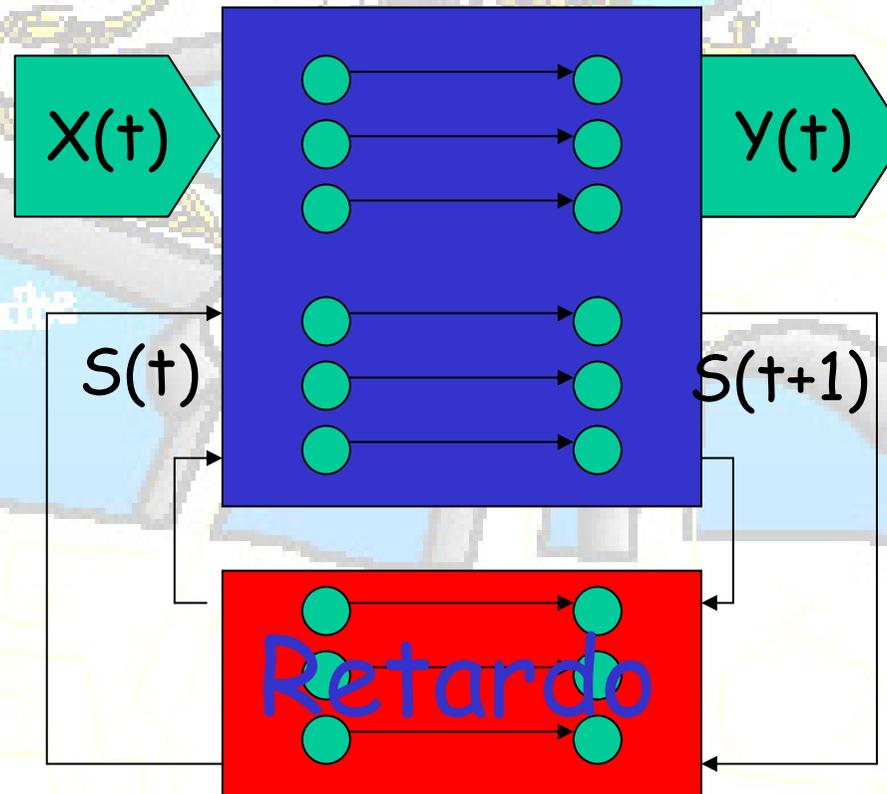


Topologias de Redes: Recorrente I

camada de
processamento

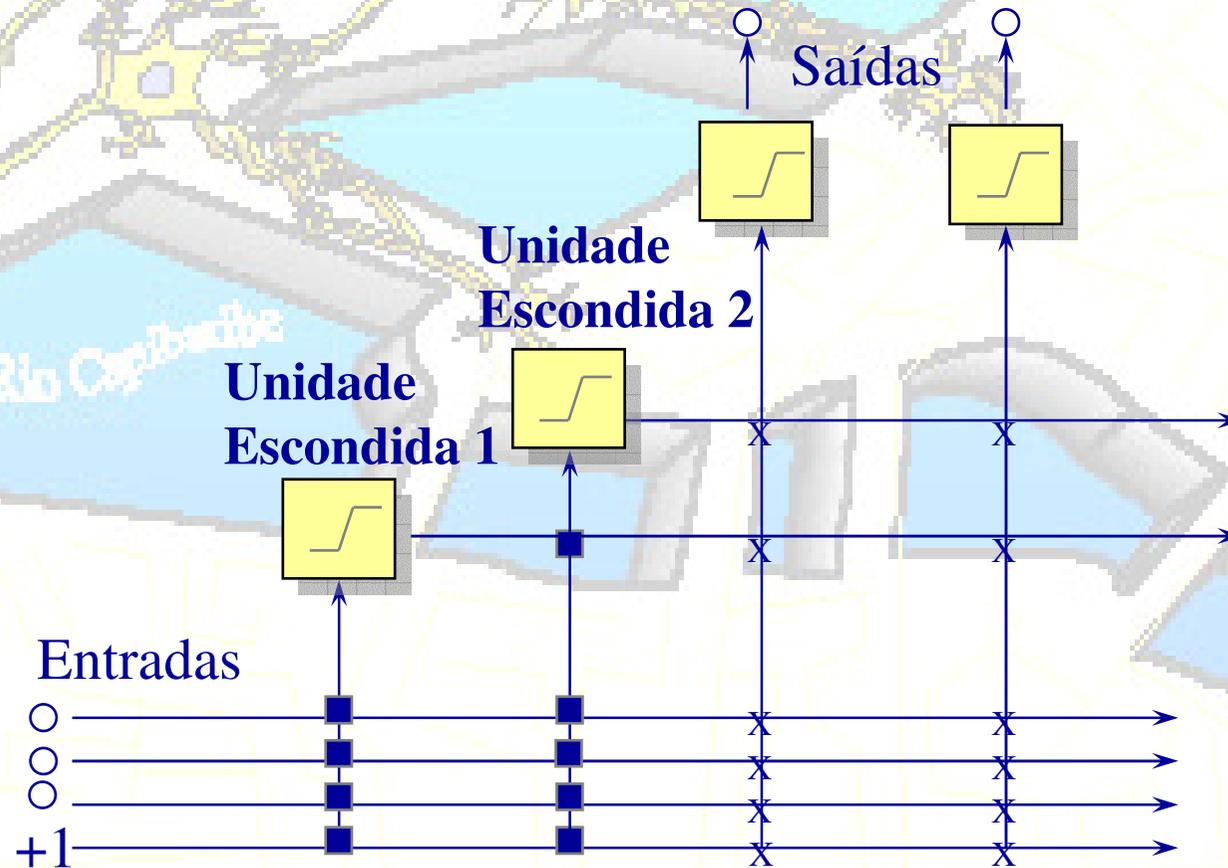


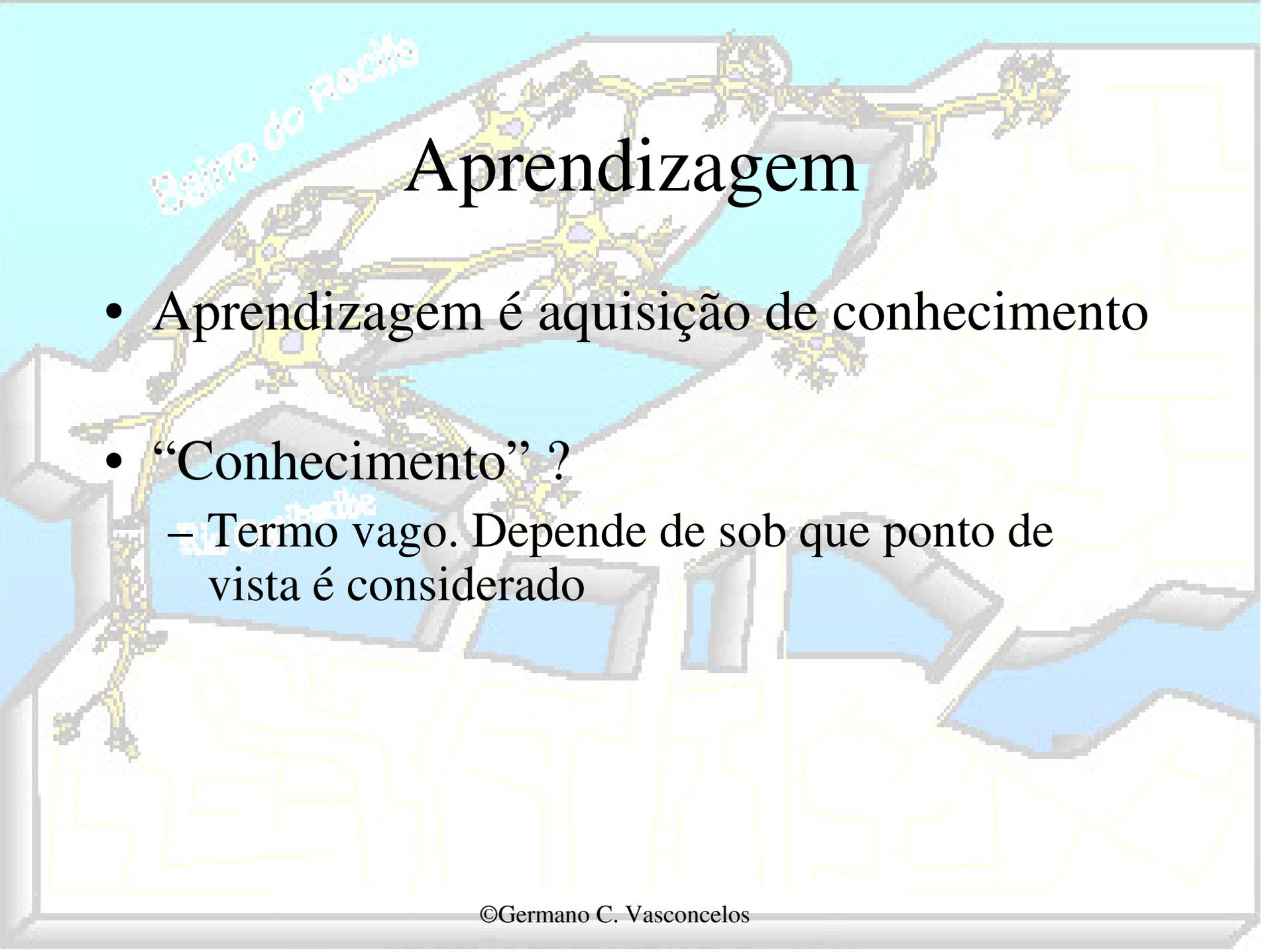
Topologias de Redes: Recorrente II



Topologias de Redes: Construtiva

$$C = \sum_o |\sum_p (y_{po} - \bar{y}_o)(e_{po} - \bar{e}_o)|$$





Aprendizagem

- Aprendizagem é aquisição de conhecimento
- “Conhecimento” ?
 - Termo vago. Depende de sob que ponto de vista é considerado

Rio do Rocio

Diferentes Pontos de Vista

- Psicologia Cognitiva
- Psicologia Experimental
- Ciências Exatas

Rio Capivara

Aprendizagem nas Ciências Exatas

- Aprendizagem é aquisição e processamento de dados para aproximar e/ou representar funções (conhecimento)
- Aproximação de funções :
 - Respostas no domínio **discreto**: Classificação (e. g. decisão de conceder ou não crédito ao consumidor)
 - Respostas no domínio **contínuo**: Regressão (e. g. previsão do limite de crédito a ser concedido)

Computability x Learnability

- **Computability (Computabilidade):** é o poder computacional de um sistema, expresso em termos do universo de funções que ele é capaz de computar. (Requisitos)
 - MLP, RBF
 - pRAM
- **Learnability:** é o poder computacional que os algoritmos de aprendizagem oferecem a um sistema adaptativo expresso em termos do universo de funções que eles são capazes de fazer o sistema efetivamente computar. (Requisitos)
 - MLP, RBF
 - pRAM

Tipos de Aprendizagem I

(pelo grau de feedback)

- ***Supervisionada:*** um “professor” diz quanto a resposta fornecida pelo sistema se aproxima da resposta desejada (e. g. nota de um aluno numa prova)
- ***Por Reforço:*** um “crítico” diz apenas se a resposta dada pelo sistema está certa ou errada (e. g. punição/recompensa no treinamento de animais)
- ***Não-Supervisionada:*** o sistema tenta se auto-organizar baseado nas similaridades entre os exemplos apresentados (e. g. desenvolvimento das células simples do córtex visual estriado)

Tipos de Aprendizagem II

(pelo grau de feedback)

- ***Supervisionada:***

- Conjunto de treinamento $s = \{(x_1, f(x_1)), (x_2, f(x_2)), \dots, (x_n, f(x_n))\}$
- Convergência rápida

- ***Por Reforço:***

- Conjunto de treinamento $s = \{(x_1, \text{sgn}[f(x_1)]), (x_2, \text{sgn}[f(x_2)]), \dots, (x_n, \text{sgn}[f(x_n)])\}$
- Convergência média

- ***Não-Supervisionada:***

- Conjunto de treinamento $s = \{(x_1,), (x_2,), \dots, (x_n,)\}$
- Convergência lenta

Exemplo de Classificação Supervisionada



Espaço de Conceitos
 $c \in C$

Espaço de Hipóteses
 $h \in H$

Exemplo de Classificação Supervisionada

- CASO ESPECÍFICO

Aprendizagem é o processo de modificação do estado da máquina M com base nos exemplos apresentados visando a deixá-la apta a classificar exemplos não-vistos do mesmo problema

- CASO GERAL

Aprendizagem é o processo de escolha da função $h \in H$ que melhor aproxime a função $c \in C$ a partir dos exemplos contidos no conjunto de treinamento

Algoritmos de Aprendizagem

- **DEFINIÇÃO**

Algoritmo de aprendizagem é a função L que, a partir dos exemplos da amostra s , seleciona uma função $h \in H$ para aproximar o conceito $c \in C$

- **CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO**

Consistência:

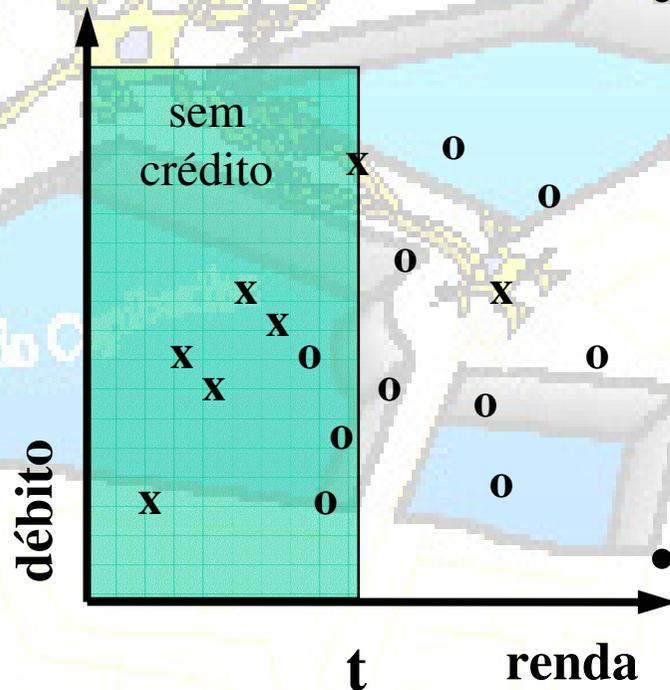
$$h(x_i) = f(x_i) \quad \forall (x_i, f(x_i)) \in s$$

Convergência:

Melhora da aproximação com o aumento do número de exemplos no conjunto de treinamento

Exemplo de Análise de Crédito (I)

Análise de crédito

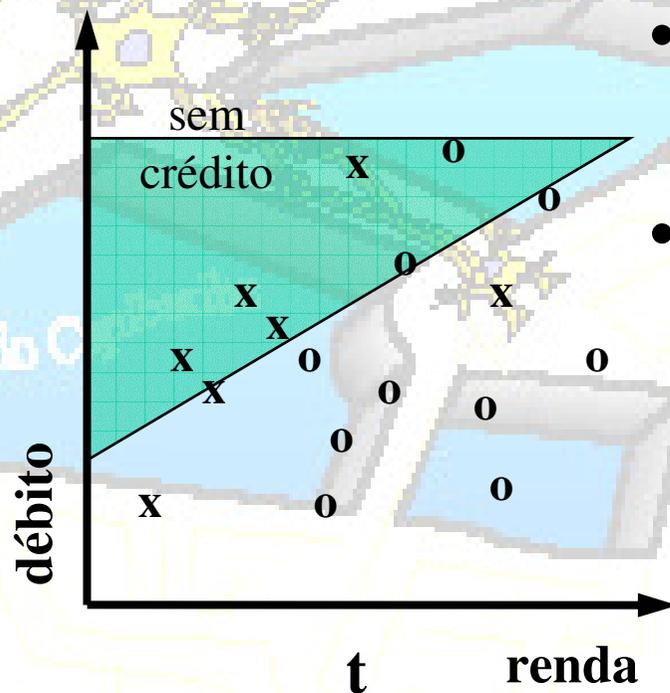


x: exemplo recusado
o: exemplo aceito

- Hiperplano paralelo: pode ser interpretado diretamente como uma regra:
 - se a renda é menor que t , então o crédito não deve ser liberado
- Exemplo:
 - árvores de decisão
 - indução de regras

Exemplo de Análise de Crédito (II)

Análise de crédito

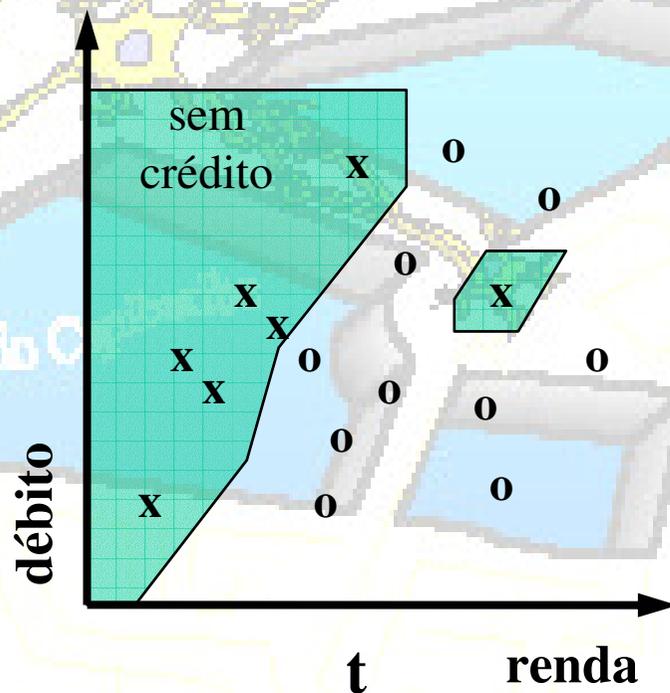


x: exemplo recusado
o: exemplo aceito

- Hiperplano oblíquo: melhor separação:
- Exemplos:
 - Perceptron
 - regressão linear

Exemplo de Análise de Crédito (III)

Análise de crédito



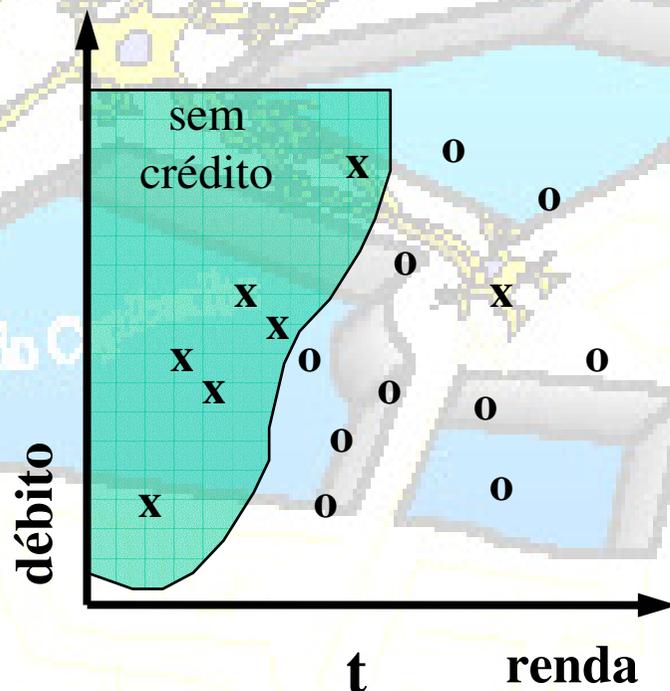
x: exemplo recusado
o: exemplo aceito

- Superfícies lineares por partes não contíguas
- Exemplos:
 - raciocínio baseado em casos
 - MLP-perceptrons multicamadas com função de saída sigmóide (squashing)
 - regressão linear por partes

Exemplo de Análise de Crédito

(IV)

Análise de crédito

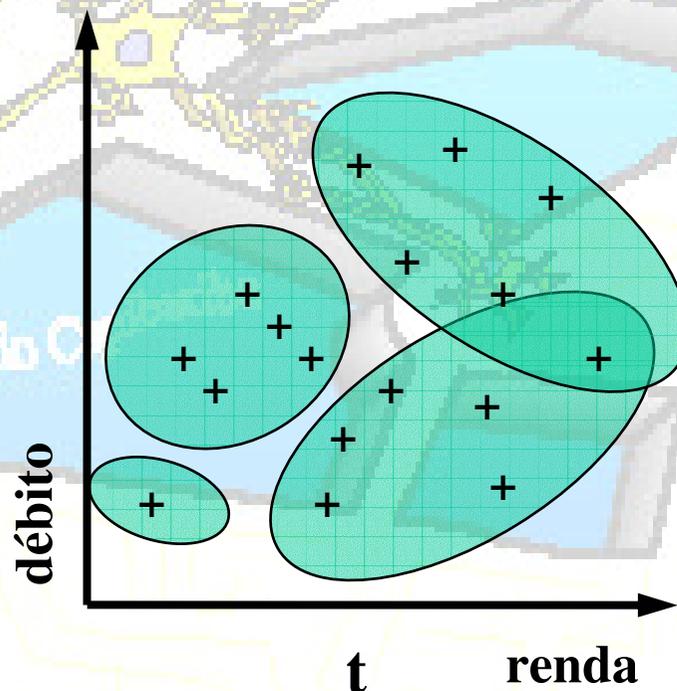


x: exemplo recusado
o: exemplo aceito

- Superfície não linear: melhor poder de classificação, pior interpretação
- Exemplos:
 - MLP perceptrons
 - Cascade Correlation
 - k-vizinhos mais próximos
 - regressão não-linear

Exemplo de Análise de Crédito (V)

Análise de crédito



+: exemplo

- Superfícies Elípticas
- Exemplos:
 - MLP com função de saída gaussiana
 - *RBF-Radial Basis Functions*
- Agrupamento
- Exemplos:
 - *Kohonen-vector quantization*
 - *Adaptive Resonance Theory (ART)*