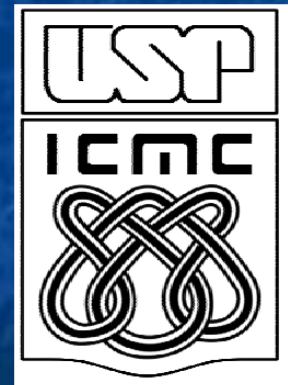


Aprendizado de Máquina para a Automação da Aquisição de Conhecimento

Maria Carolina Monard
mcmonard@icmc.usp.br



Laboratório de Inteligência Artificial (LABIC)
Instituto de Ciências Matemática e Computação (ICMC)
Universidade de São Paulo (USP)
Campus São Carlos



Tópicos

- Aprendizado de Máquina (AM)
- Paradigmas de AM
- Linguagens de Descrição
- Modos de Aprendizado
- AM Simbólico
- Exemplo - Árvore de Decisão
- Aplicações de AM

O que é IA?

Como o cérebro Humana funciona?

Como nós emulamos o cérebro humano?

O que é Inteligência?

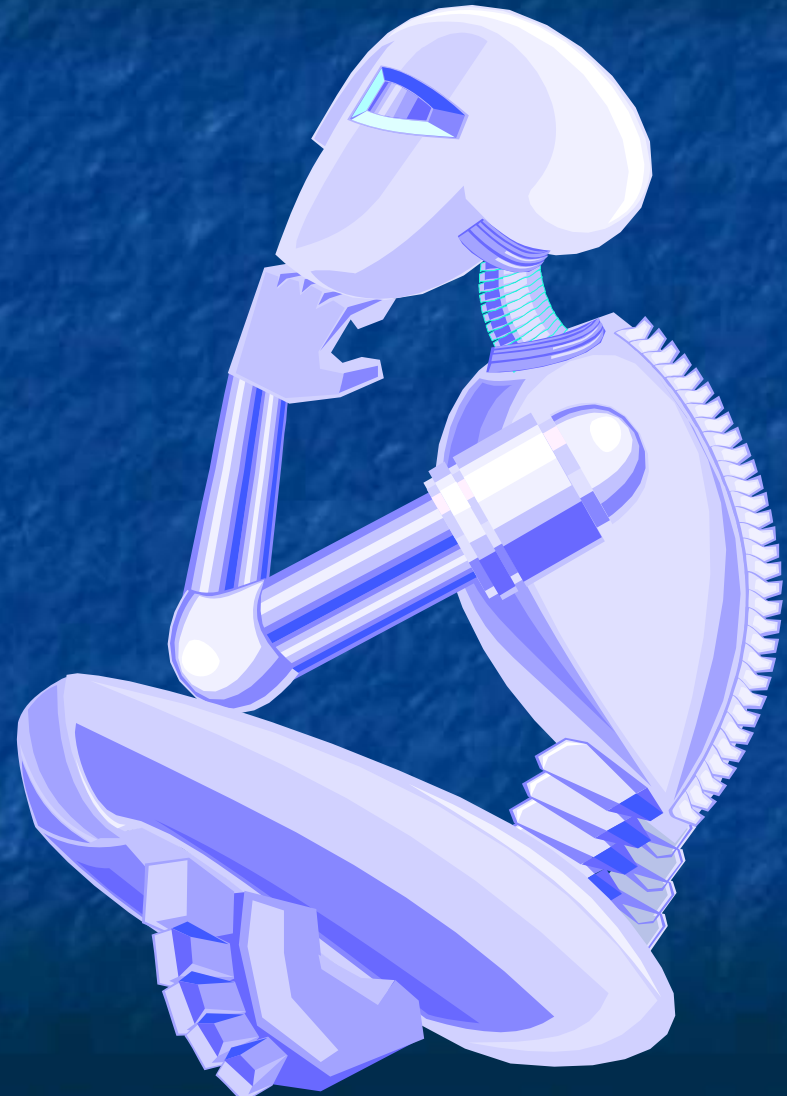
Como é que criamos inteligência?

Quem se importa? Vamos fazer alguma coisa legal e útil!



**O que é
inteligência?
Difícil....**

**Mas...
Se inteligente
então aprende**



Inteligência X Aprendizado

- Aprendizado é a chave da superioridade da inteligência humana
- Aprendizado é a essência da inteligência
- Para que uma máquina tenha **Comportamento Inteligente**, deve-se aumentar sua **Capacidade de Aprendizado**

Aprendizado

- O ser humano está pré-programado para o aprendizado. Aprende ampliando o alcance do conhecimento que já possui, através de reordenações sucessivas
- O computador não possui o programa inicial para procurar por informações e realizar aprendizado em geral
- Paradigmas e técnicas de Aprendizado de Máquina (AM) possuem um alvo **bem mais limitado** do que o aprendizado humano

Aprendizado de Máquina (AM)

- Sub-área da Inteligência Artificial que pesquisa métodos computacionais relacionados à aquisição de novos conhecimentos, novas habilidades e novas formas de organizar o conhecimento já existente.

AM incorpora várias técnicas de outras disciplinas



Aprendizado de Máquina

Pode ser utilizado como meio para vencer um dos maiores problemas de Sistemas de IA - o gargalo da aquisição de conhecimento



Sistemas de IA

Conceitos e técnicas de IA



Sistemas de IA

Conhecimento



**Aprendizado
de Máquina**

Aquisição

Representação

Manipulação

Paradigmas de AM

- Simbólico
- Conexionista
- Genético
- Estatístico
- Baseado em Casos
-

Características do Aprendizado Indutivo

Qualquer que seja o tipo de aprendizado, é necessário

- uma linguagem para descrever objetos (ou possíveis eventos), e
- uma linguagem para descrever conceitos.

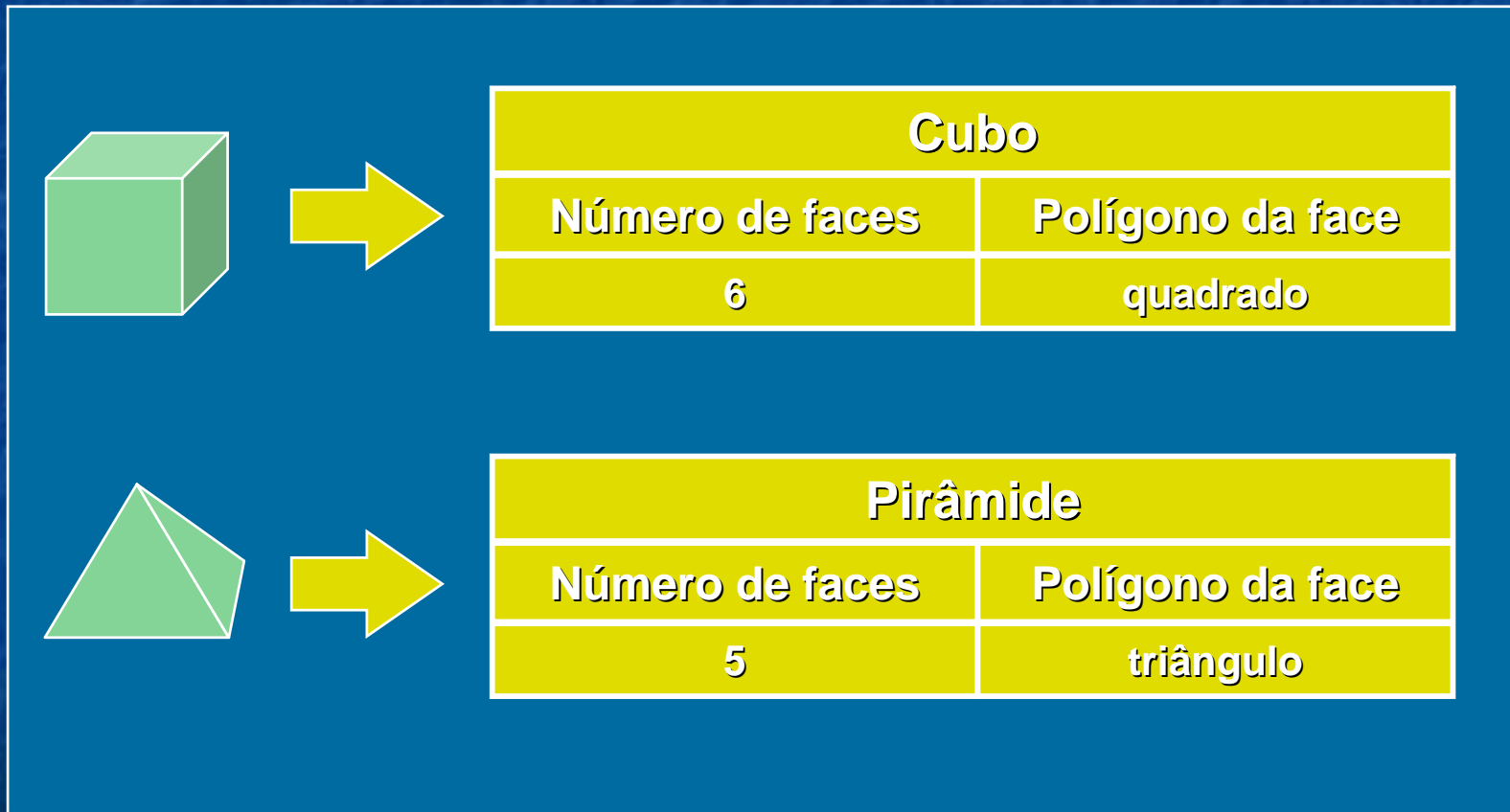
Sistemas de Aprendizado de Máquina

<i>Modos de Aprendizado</i>	<i>Paradigmas de Aprendizado</i>	<i>Linguagens de Descrição</i>	<i>Formas de Aprendizado</i>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Supervisionado ■ Não Supervisionado ■ Semi Supervisionado 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Simbólico ■ Estatístico ■ Baseado em Exemplos <i>(Instance-Based)</i> ■ Conexionista ■ Genético 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Instâncias ou Exemplos ■ Conceitos Aprendidos ou Hipóteses ■ Teoria de Domínio ou Conhecimento de Fundo 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Incremental ■ Não Incremental

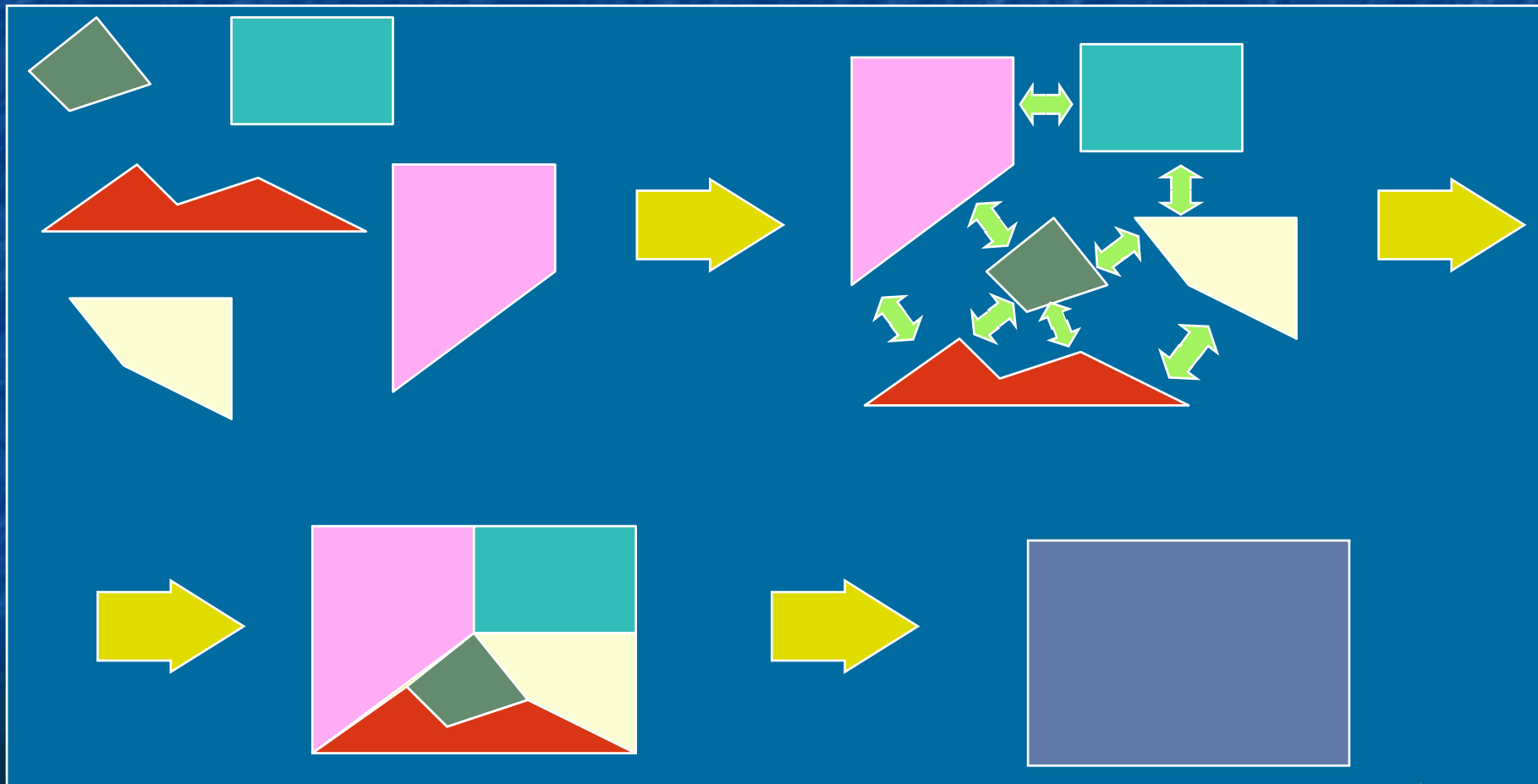
Sistemas de AM

- Qualquer tipo de aprendizado – necessário:
 - L_{ε} linguagem para descrição de objetos (ou possíveis eventos)
 - L_H linguagem para descrever conceitos ou hipóteses
- Em geral, tem-se dois tipos de descrições para objetos:

2. Descrições de atributos: um objeto é descrito em termos de suas características globais como um vetor de valores de atributos



1. Descrições estruturais: um objeto é descrito em termos de seus componentes e a relação entre eles



Labic



Linguagens Baseadas em Atributos

- equivalentes a linguagens proposicionais
- formato mais comum é o atributo-valor
- alguns problemas inerentes:
 - representação restrita, não suporta relacionamentos estruturais e/ou entre valores
 - em função do "bias" da linguagem, não permitem variáveis

Linguagens Relacionais

- objeto é descrito através de seus componentes e relações com outros objetos
- representação mais utilizada: lógica de primeira ordem
- conjunto maior de conceitos para aprender
- início dos anos 90: atraem atenção como representação interessante para aprendizado indutivo numa área chamada de

Programação Lógica Indutiva

Limitações do AM Proposicional

- Teoria do Domínio (Background Knowledge) pode ser expressa de uma forma limitada
- Impossibilidade de expressar descrições relacionais torna a linguagem de expressão inapropriada para alguns domínios

Uma descrição baseada em atributos
é equivalente a uma descrição em
Lógica Proposicional

Descrição Baseada em Atributo-Valor vs Descrição Relacional

Exemplo1: A, B: dois atributos booleanos

$$\text{domínio}(A) = \text{domínio}(B) = \{0, 1\}$$

- A = B em uma linguagem baseada em atributo-valor é expressa por

$$(A = 0) \text{and} (B = 0) \text{or} (A = 1) \text{and} (B = 1)$$

- A = B em uma linguagem de primeira ordem é expressa por

$$A=B$$

Descrição Baseada em Atributo-Valor vs Descrição Relacional (Cont)

Exemplo2: aprendizado de conceitos de pôquer

<i>Naipes1</i>	<i>Valor1</i>	<i>Naipes2</i>	<i>Valor2</i>	<i>Classe</i>
♦	7	♣	7	<i>par</i>
♠	Q	♥	Q	<i>par</i>
♣	A	♦	J	<i>não_par</i>



Descrição Baseada em Atributo-Valor *vs* Descrição Relacional (Cont)

- Em uma linguagem baseada em atributo-valor o conceito par é expresso por

par se (Valor1 = 7 and Valor2 = 7)
or
(Valor1 = Q and Valor2 = Q)
or
...

- Em uma linguagem de primeira ordem é expresso por

***par se* Valor1 = Valor2**

Aprendizado Relacional

Exemplos de Treinamento

filha(maria,ana). +
filha(eva,antonio). +
filha(antonio,ana). -
filha(eva,ana). -

Teoria do Domínio

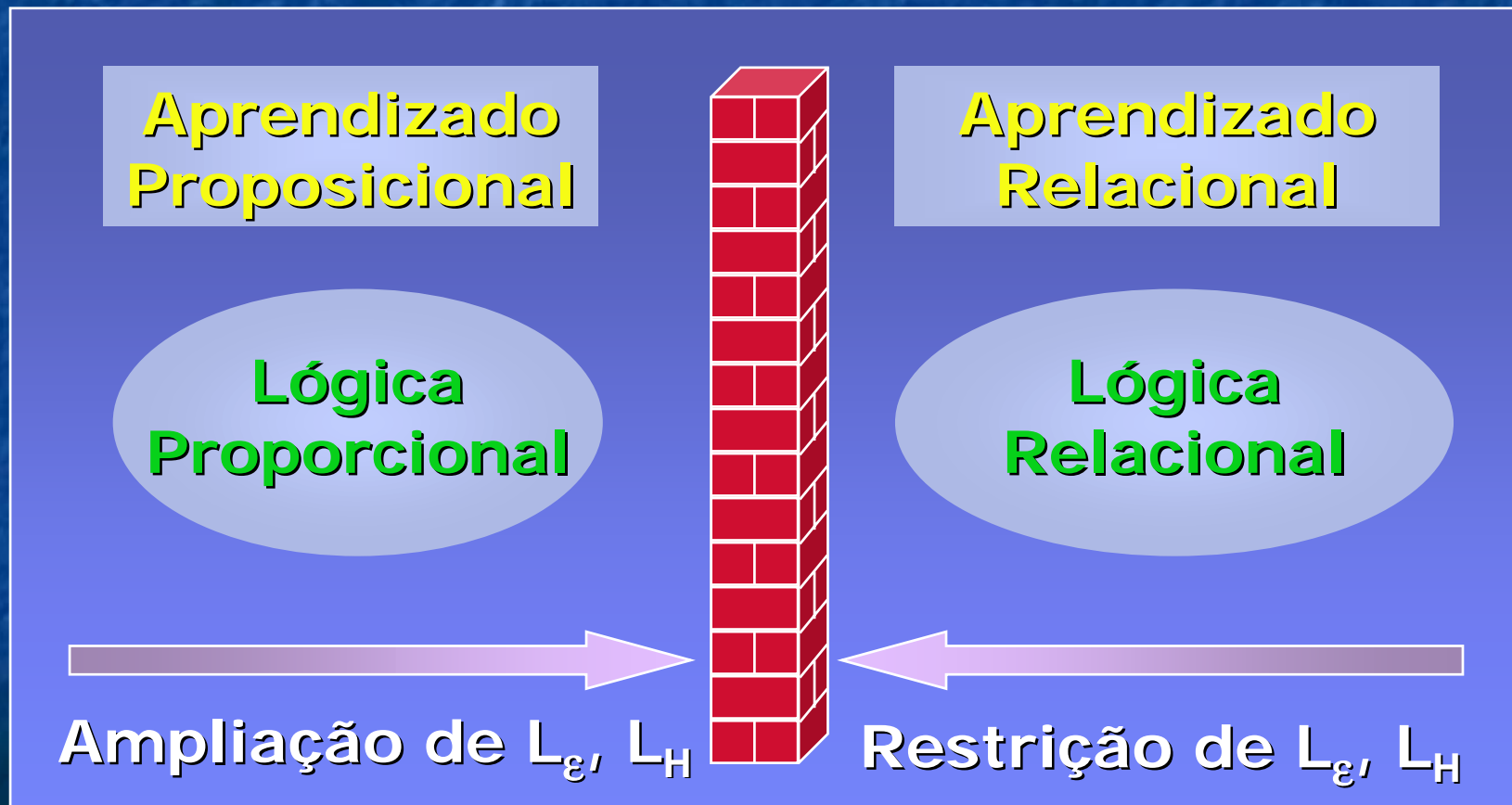
pais(ana,maria).
pais(ana,antonio).
pais(antonio,eva).
pais(antonio,joao).
mulher(ana).
mulher(maria).
mulher(eva).

$filha(X,Y) \leftarrow mulher(X), pais(X,Y).$

AM Construtivo (construção de atributos)



Aprendizado Proposicional vs Relacional



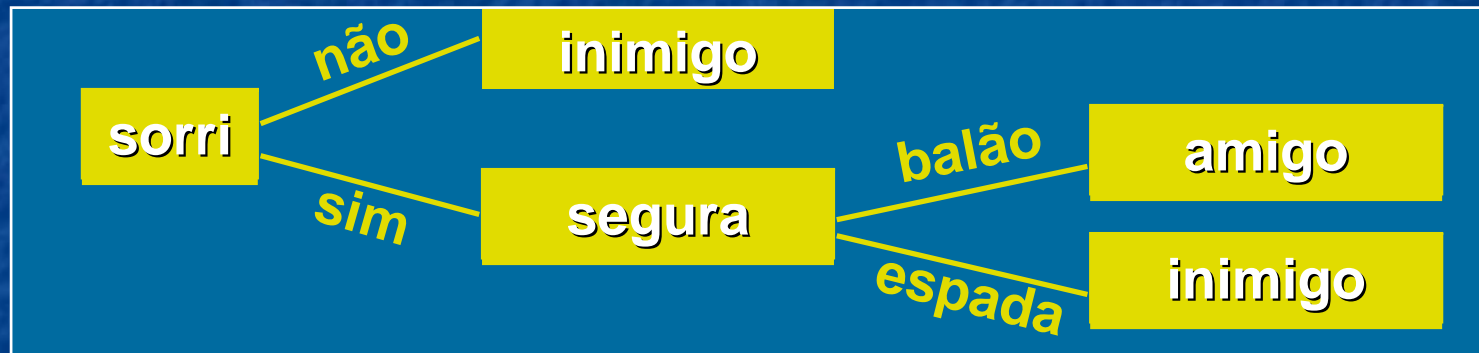
Formalismos usados em AM para descrever conceitos

- regras se-então (if-then) para representar conceitos

Se Nublado *ou* Chovendo
então Levar_Guarda-Chuva

Formalismos usados em AM para descrever conceitos

- árvores de decisão para representar conceitos

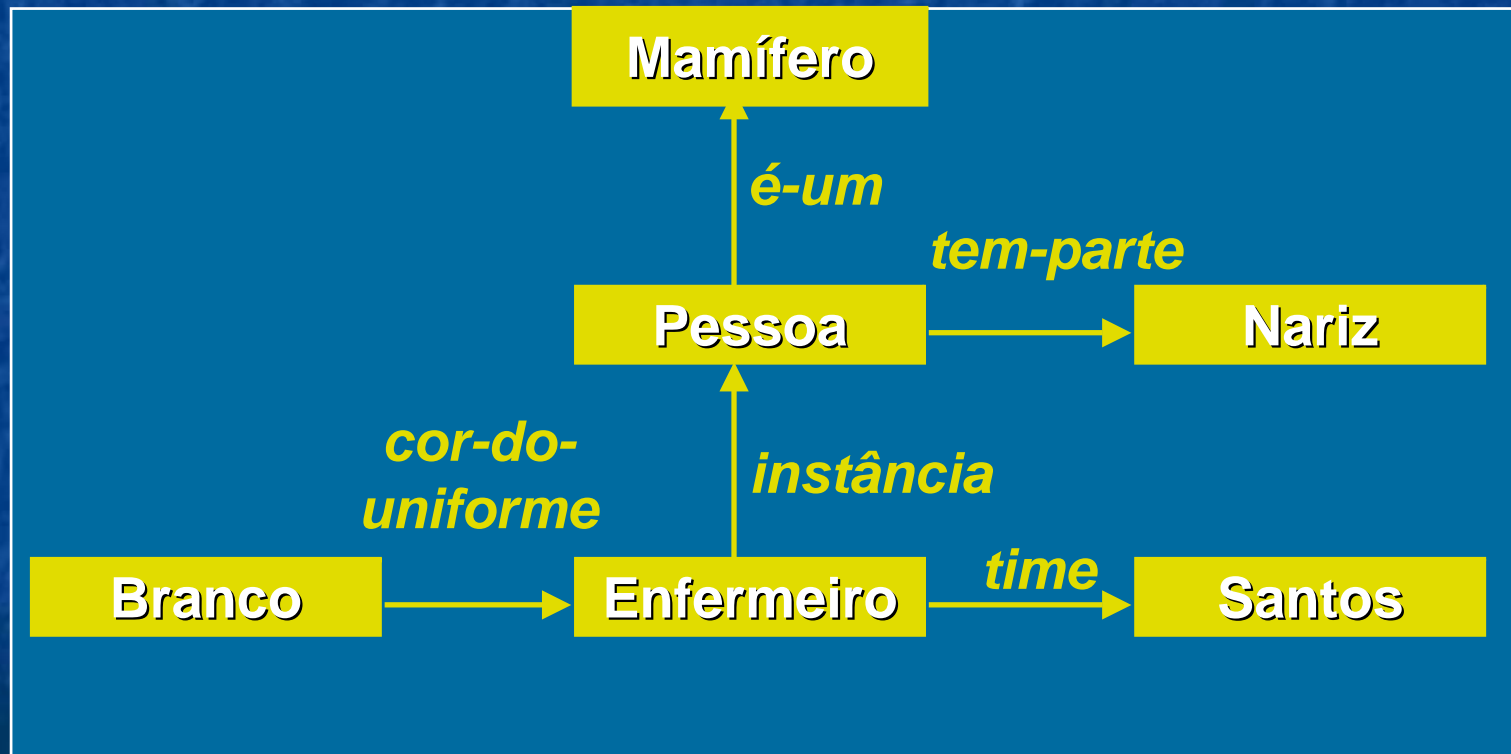


- lógica de predicados

```
filha(X, Y) <-- mulher(X), pais(X, Y).
```

Formalismos usados para descrever objetos e conceitos

- redes semânticas



Modos de Aprendizado

Obtém conclusões genéricas sobre um conjunto de exemplos

Aprendizado Indutivo

Classes são conhecidas

Aprendizado Supervisionado

Aprendizado Não Supervisionado

Aprendizado Semi-Supervisionado

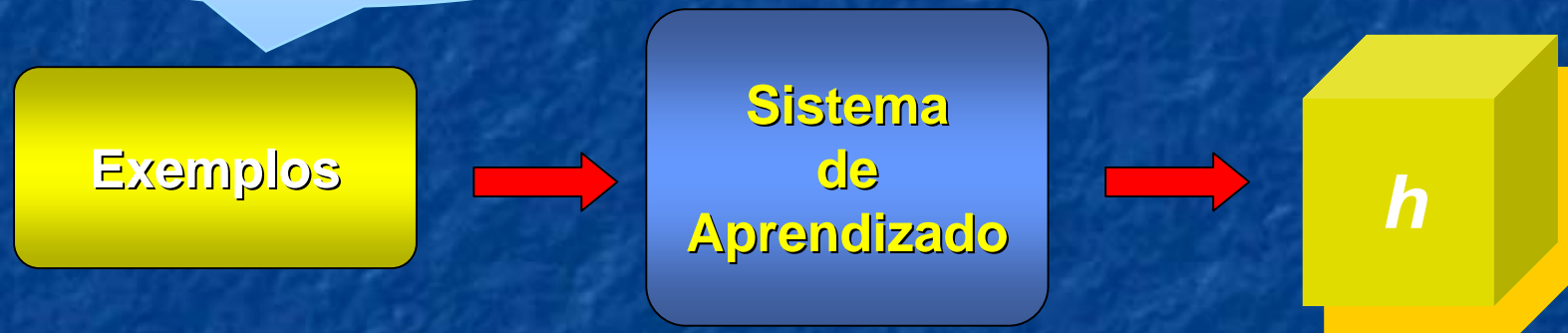
Classe discreta

Classificação

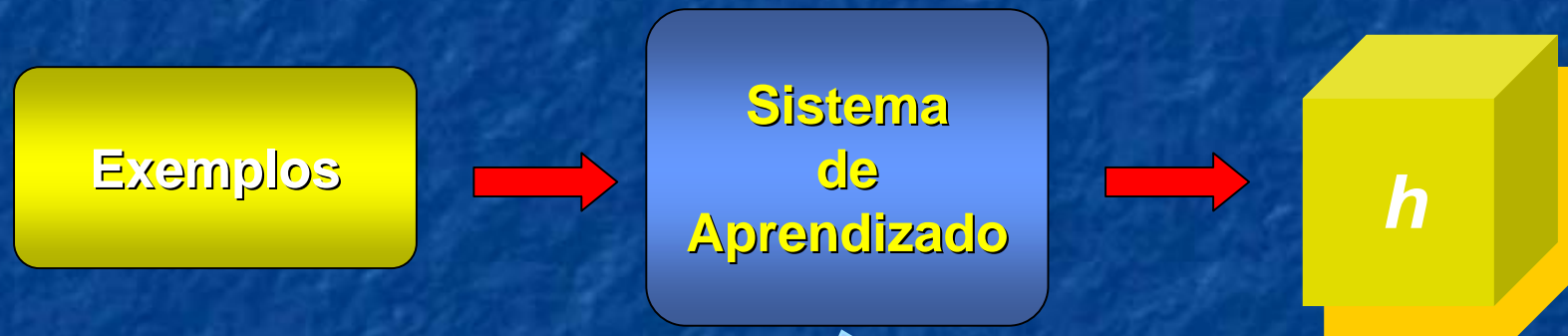
Regressão

Aprendizado Supervisionado

Cada exemplo é expresso por um conjunto de atributos

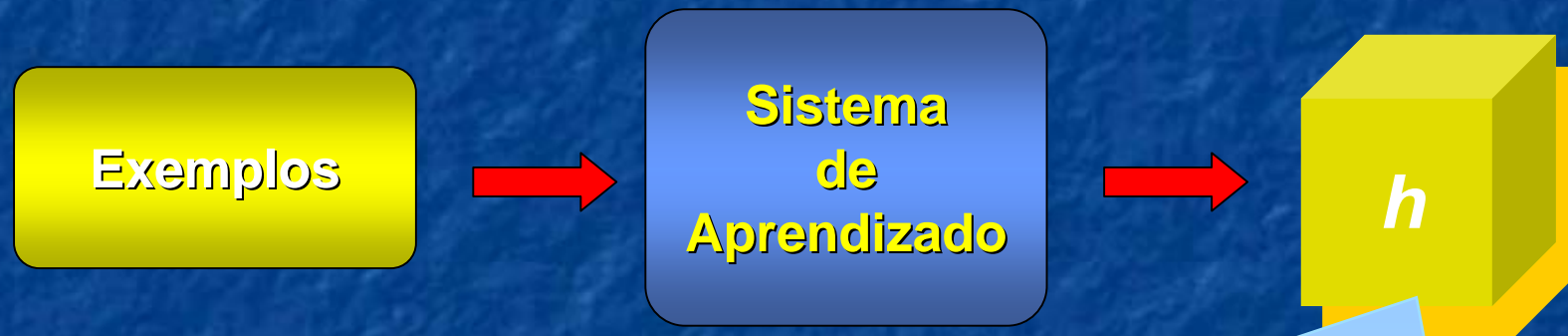


Aprendizado Supervisionado



O sistema de aprendizado objetiva criar um modelo para um problema específico, encontrando uma forma genérica de relatar um conceito.

Aprendizado Supervisionado



O modelo, hipótese ou classificador induzido pelo sistema de aprendizado pode ser utilizado para prever o comportamento futuro da classe de interesse

Classificação

Especialista

Conhecimento do Domínio

Conhecimento do Domínio

Dados Brutos

Espec. Problema

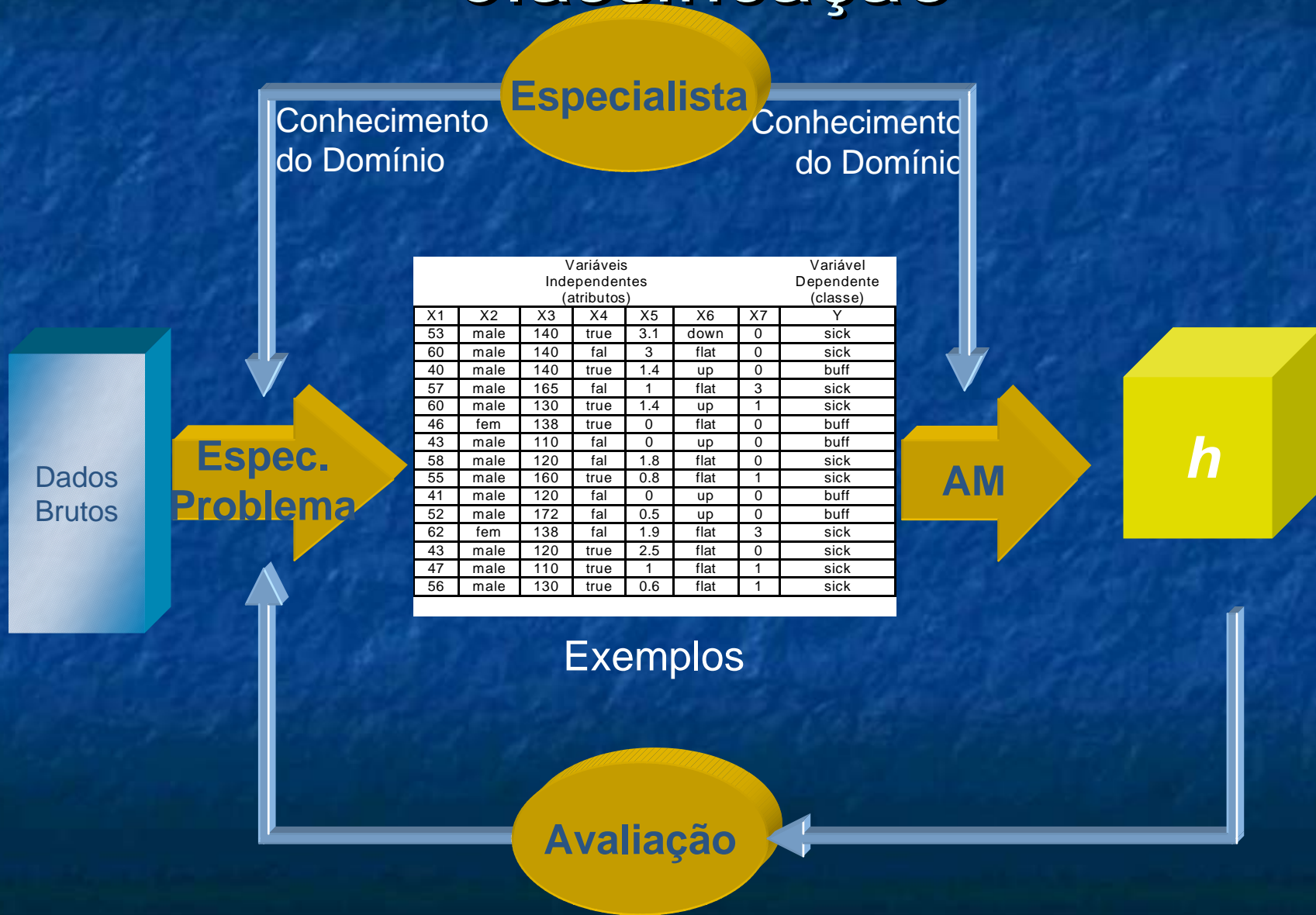
Variáveis Independentes (atributos)							Variável Dependente (classe)
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y
53	male	140	true	3.1	down	0	sick
60	male	140	false	3	flat	0	sick
40	male	140	true	1.4	up	0	buff
57	male	165	false	1	flat	3	sick
60	male	130	true	1.4	up	1	sick
46	fem	138	true	0	flat	0	buff
43	male	110	false	0	up	0	buff
58	male	120	false	1.8	flat	0	sick
55	male	160	true	0.8	flat	1	sick
41	male	120	false	0	up	0	buff
52	male	172	false	0.5	up	0	buff
62	fem	138	false	1.9	flat	3	sick
43	male	120	true	2.5	flat	0	sick
47	male	110	true	1	flat	1	sick
56	male	130	true	0.6	flat	1	sick

AM

h

Exemplos

Avaliação



Classificação

Especialista

Conhecimento do Domínio

Conhecimento do Domínio

Dados Brutos

Espec. Problema

Variáveis Independentes (atributos)							Variável Dependente (classe)
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y
53	male	140	true	3.1	down	0	sick
60	male	140	false	3	flat	0	sick
40	male	140	true	1.4	up	0	buff
57	male	165	false	1	flat	3	sick
60	male	130	true	1.4	up	1	sick
46	fem	138	true	0	flat	0	buff
43	male	110	false	0	up	0	buff
58	male	120	false	1.8	flat	0	sick
55	male	160	true	0.8	flat	1	sick
41	male	120	false	0	up	0	buff
52	male	172	false	0.5	up	0	buff
62	fem	138	false	1.9	flat	3	sick
43	male	120	true	2.5	flat	0	sick
47	male	110	true	1	flat	1	sick
56	male	130	true	0.6	flat	1	sick

AM

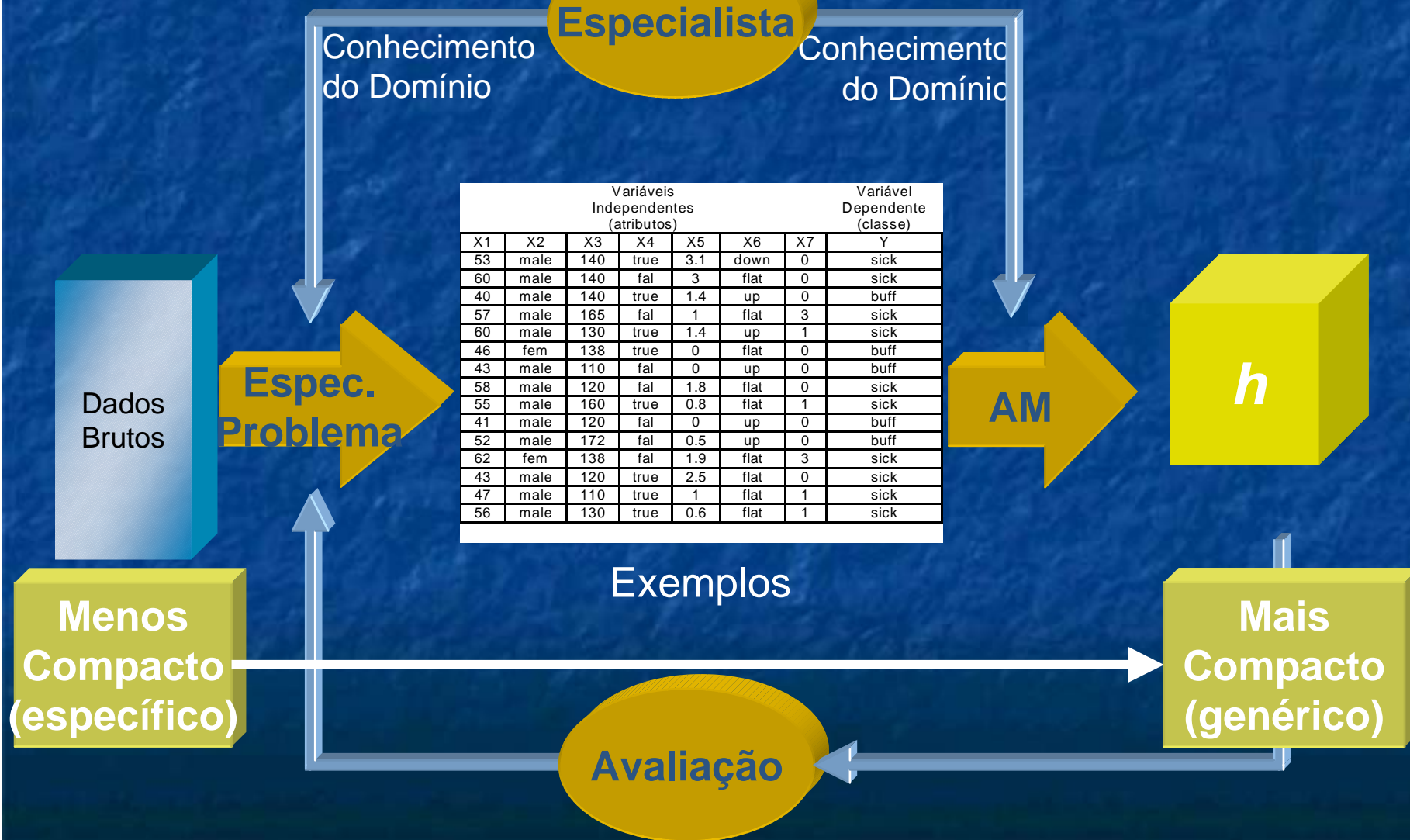
h

Exemplos

Menos Compacto (específico)

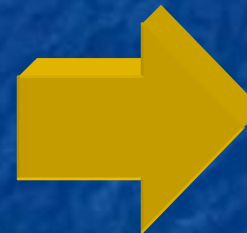
Mais Compacto (genérico)

Avaliação



Rotulando Novos Exemplos

Variáveis Independentes (atributos)						
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
53	male	140	true	3.1	down	0
60	male	140	false	3	flat	0
40	male	140	true	1.4	up	0
57	male	165	false	1	flat	3
60	male	130	true	1.4	up	1
46	fem	138	true	0	flat	0
43	male	110	false	0	up	0
58	male	120	false	1.8	flat	0
55	male	160	true	0.8	flat	1
41	male	120	false	0	up	0
52	male	172	false	0.5	up	0
62	fem	138	false	1.9	flat	3
43	male	120	true	2.5	flat	0
47	male	110	true	1	flat	1
56	male	130	true	0.6	flat	1



Variáveis Independentes (atributos)							Variável Dependente (classe)
X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	
53	male	140	true	3.1	down	0	
60	male	140	false	3	flat	0	
40	male	140	true	1.4	up	0	
57	male	165	false	1	flat	3	
60	male	130	true	1.4	up	1	
46	fem	138	true	0	flat	0	
43	male	110	false	0	up	0	
58	male	120	false	1.8	flat	0	
55	male	160	true	0.8	flat	1	
41	male	120	false	0	up	0	
52	male	172	false	0.5	up	0	
62	fem	138	false	1.9	flat	3	
43	male	120	true	2.5	flat	0	
47	male	110	true	1	flat	1	
56	male	130	true	0.6	flat	1	

Exemplos Não Rotulados (sem classe)

Exemplos Rotulados (com classe)

Dados

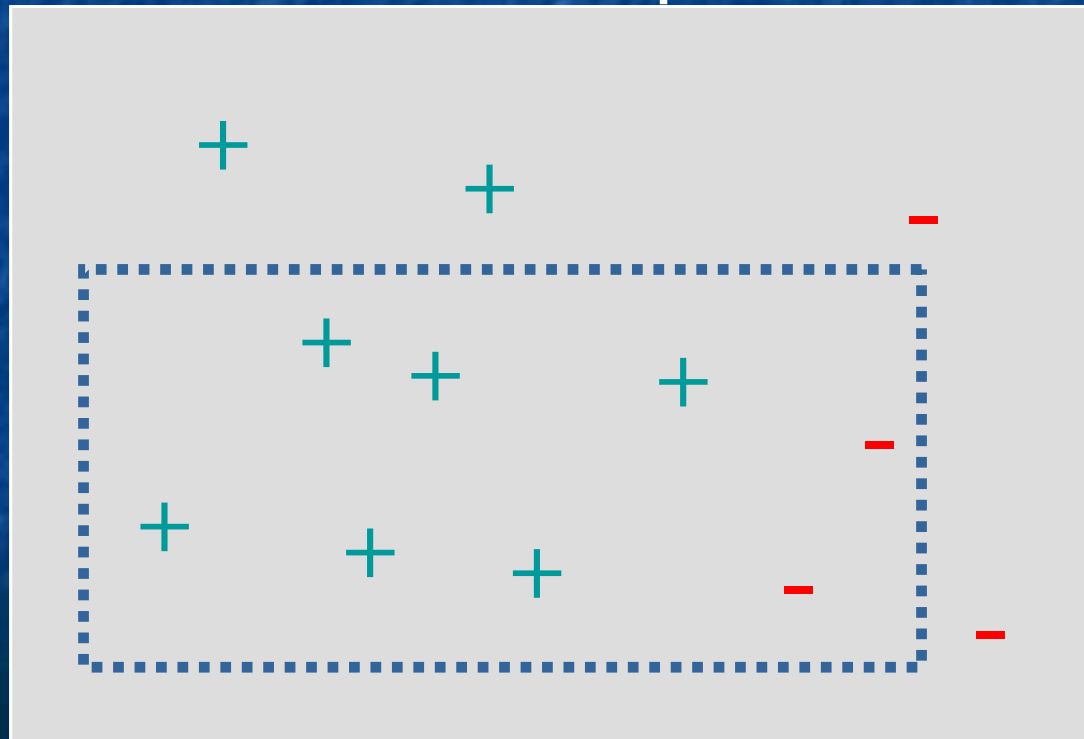
$\varepsilon = \varepsilon^+ \cup \varepsilon^-$ conjunto de exemplos de treinamento de um conceito C

encontrar uma hipótese h , expressa em uma linguagem de descrição L_h tal que:

- cada exemplo $e \in \varepsilon^+$ é coberto por h
- nenhum exemplo negativo $e \in \varepsilon^-$ é coberto por h

Consistência e Completeza de h

- h consistente e completa.
- h consistente e incompleta.
- h inconsistente e completa.
- h inconsistente e incompleta.



Labic

Escolha do Algoritmo

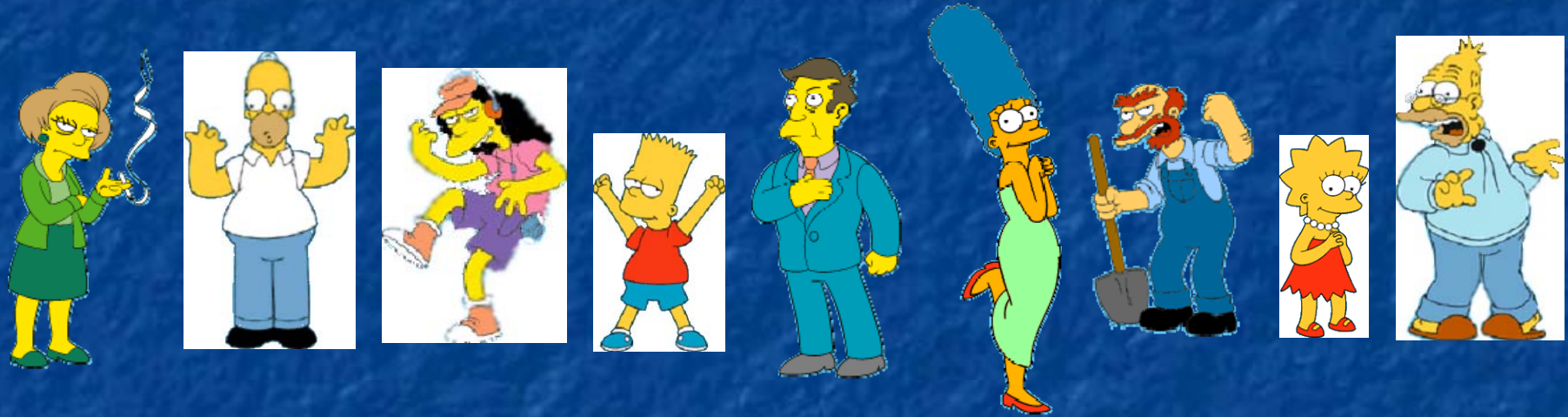
- **Vários algoritmos disponíveis ...**
- **Não existe um “melhor” algoritmo para todas as tarefas e domínios**
- **Avaliação experimental...**

Modos de Aprendizado

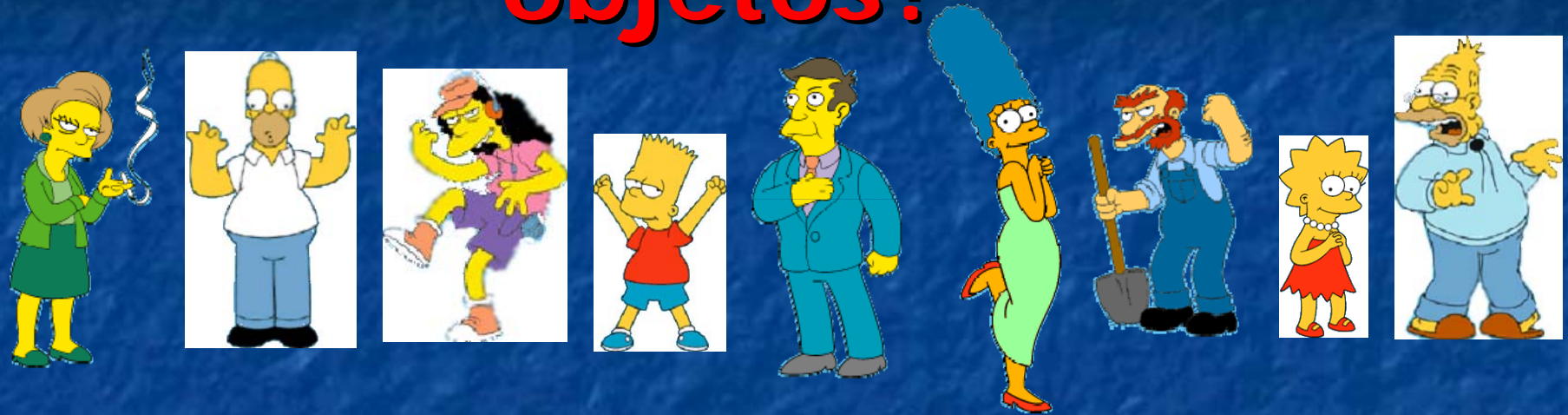


AM não supervisionado: agrupamento

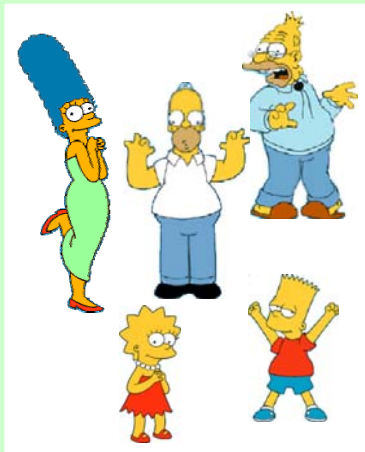
Como agrupar estes objetos?



Como agrupar estes objetos?



o agrupamento é subjetivo



Os Simpsons



Empregados da Escola



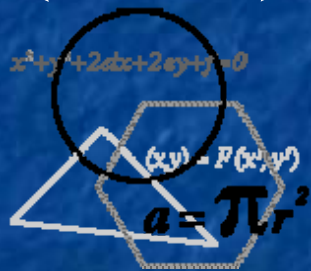
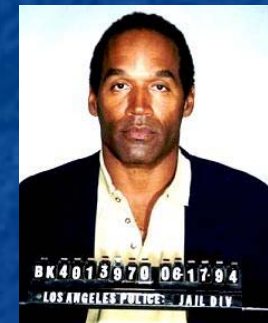
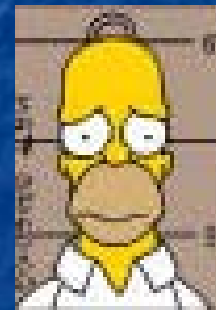
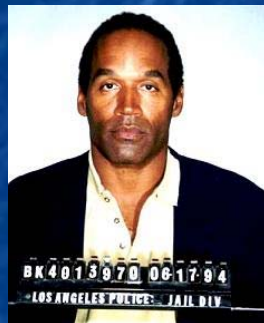
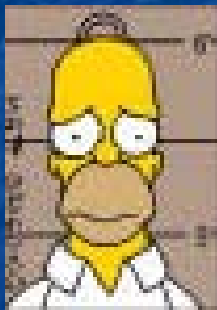
Mulheres



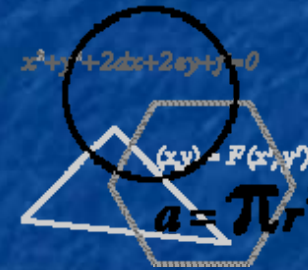
Homens

Como medir similaridade?

- Função de distância ou dissimilaridade



características = cor da pele, altura. Distância = 0.2



características = sobrenome, idade. Distância = 0.4

O que é similaridade?

A qualidade, caráter ou condição das coisas similares.
(*Dicionário Houaiss*)



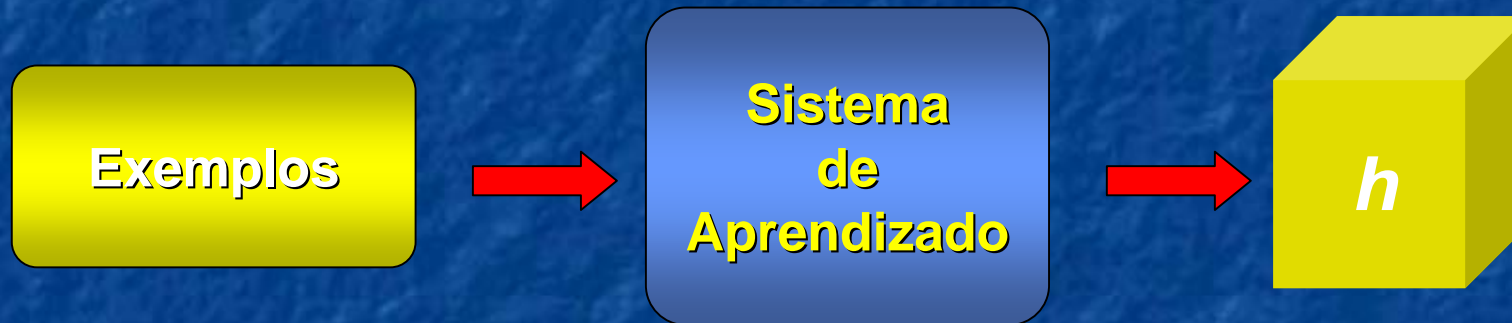
Similaridade é
difícil
de definir,
mas...
*Reconhecemos
quando a
vemos!*

Modos de Aprendizado

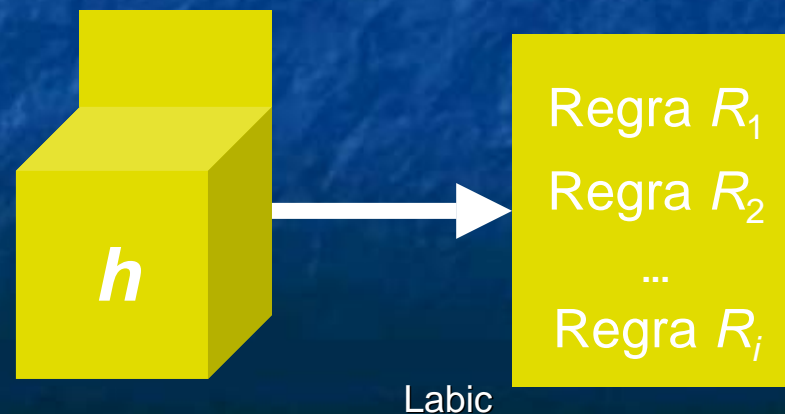


AM Simbólico (supervisionado)

- h vista como classificador



- h vista como conjunto de regras



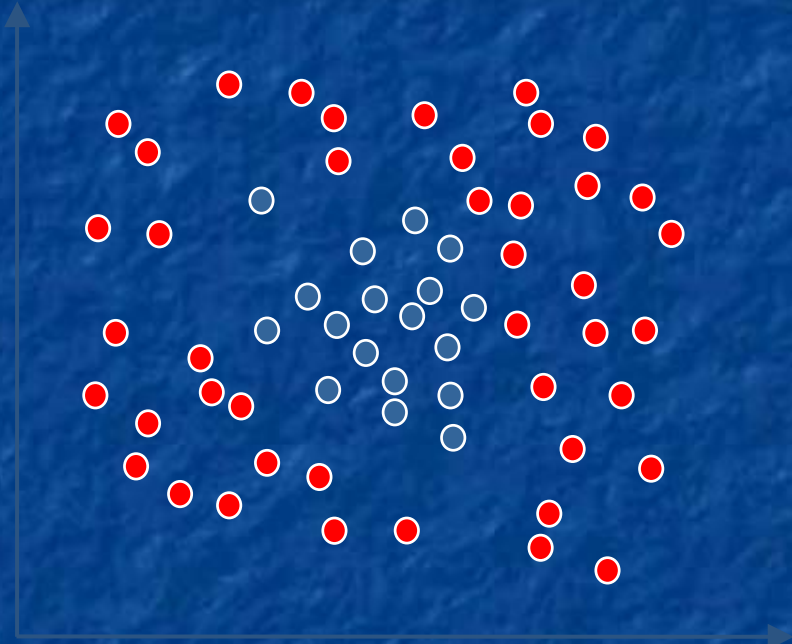
Exemplo de Construção de Árvore de Decisão com Interpretação Geométrica

Dados sobre Crédito Bancário

Idade	Renda	Classe
20	2000	Ruim
30	5100	Bom
60	5000	Ruim
40	6000	Bom
...

Árvore de Decisão

Renda

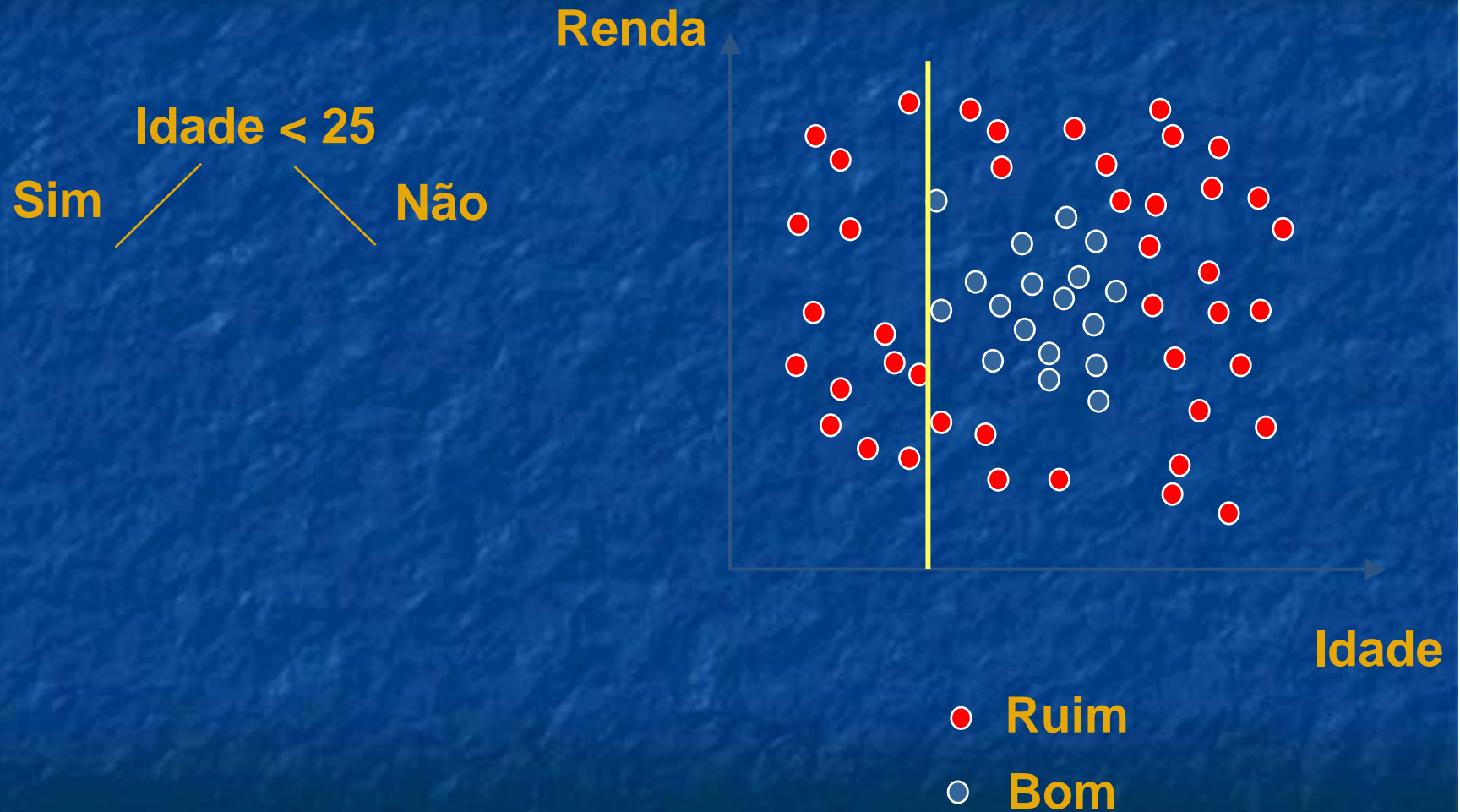


Idade

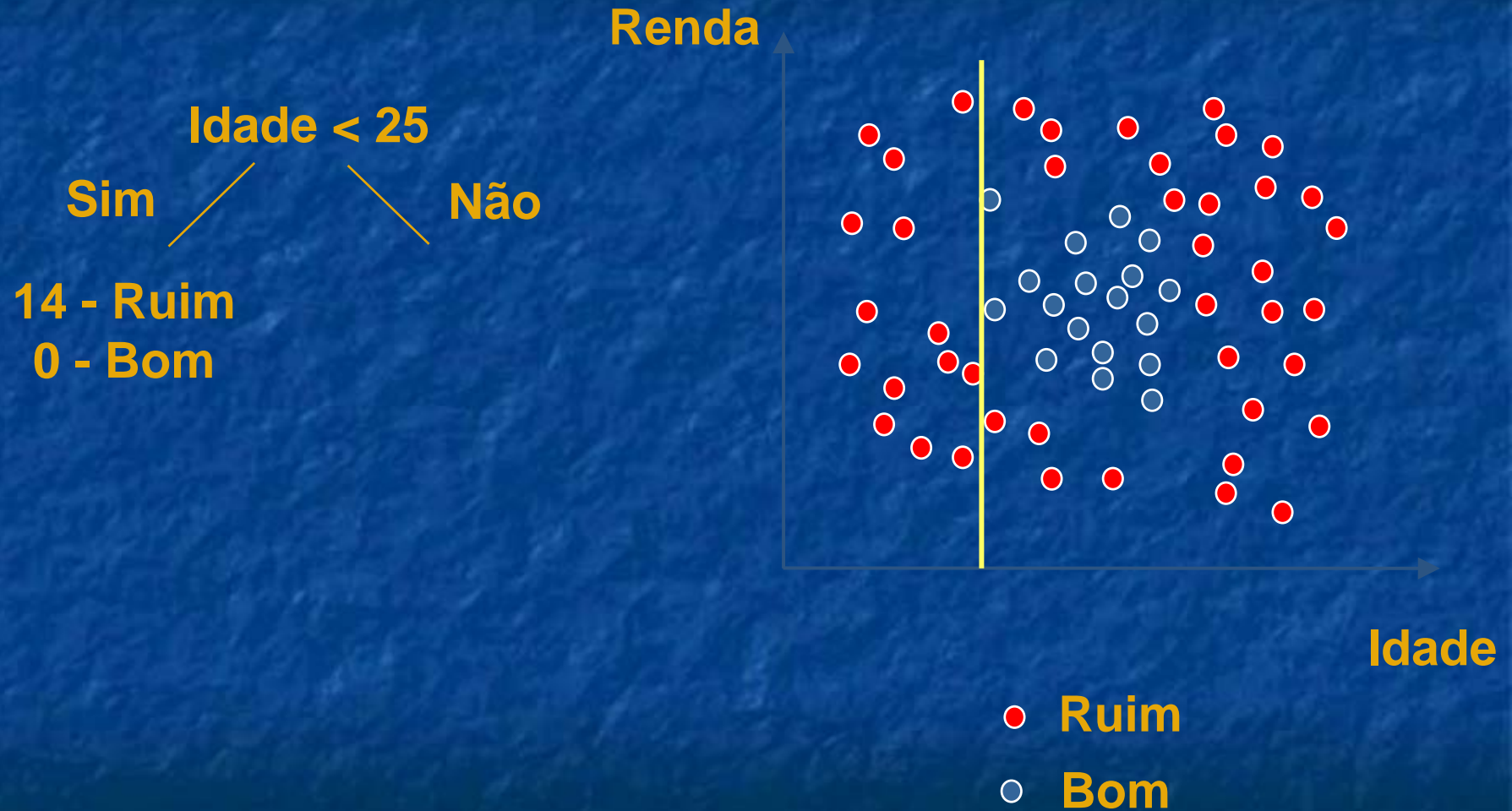
● Ruim

○ Bom

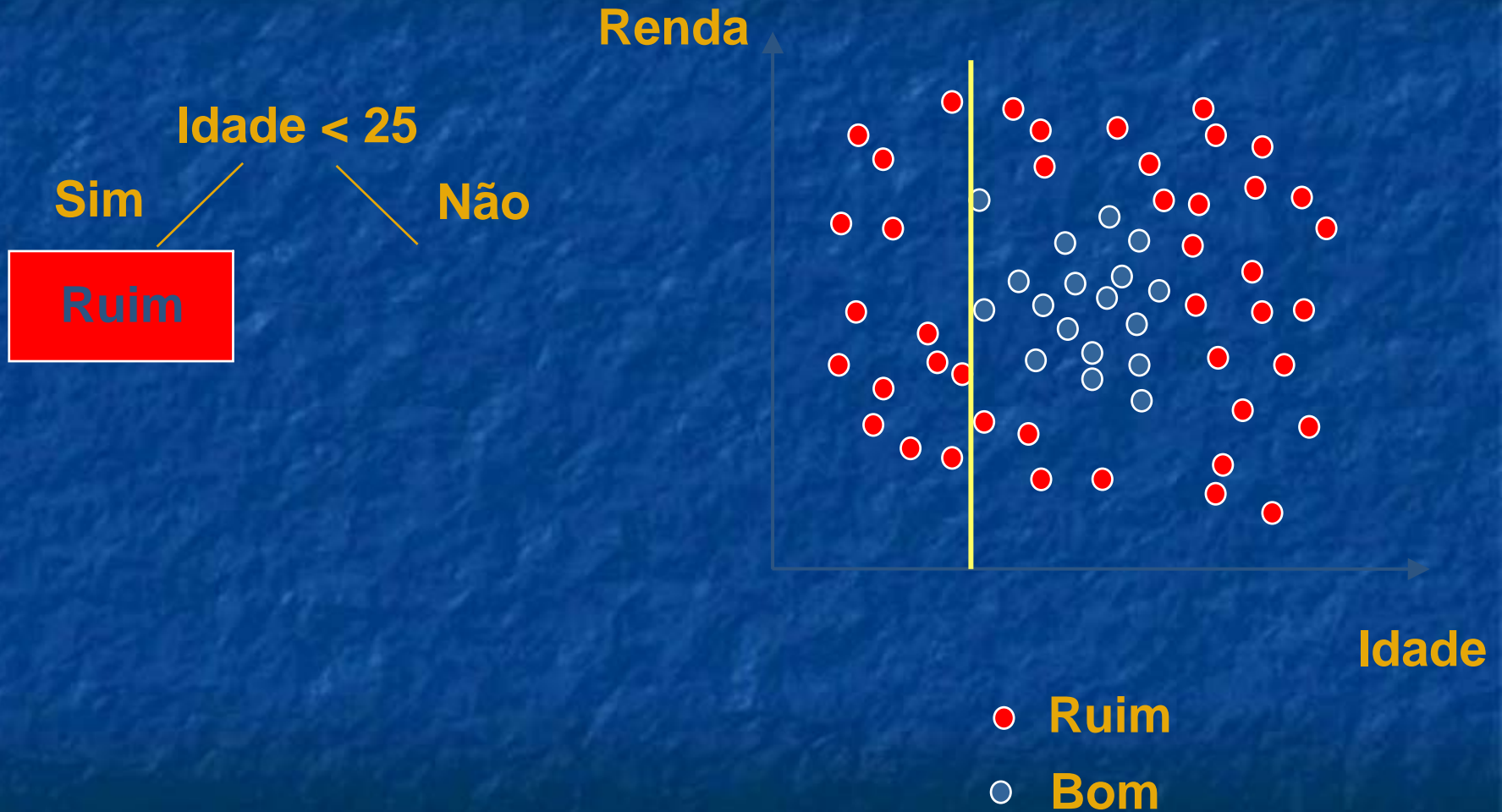
Árvore de Decisão



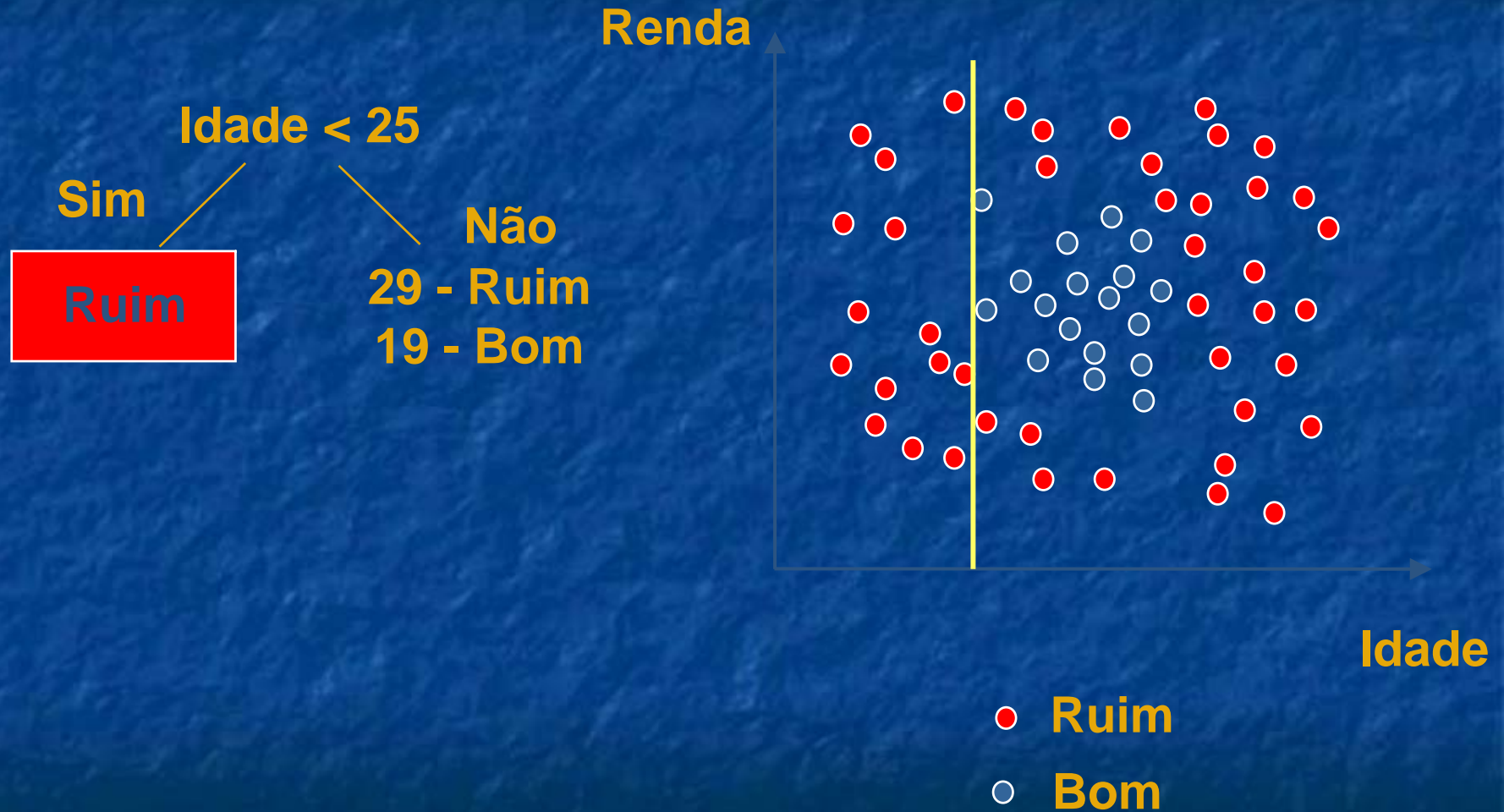
Árvore de Decisão



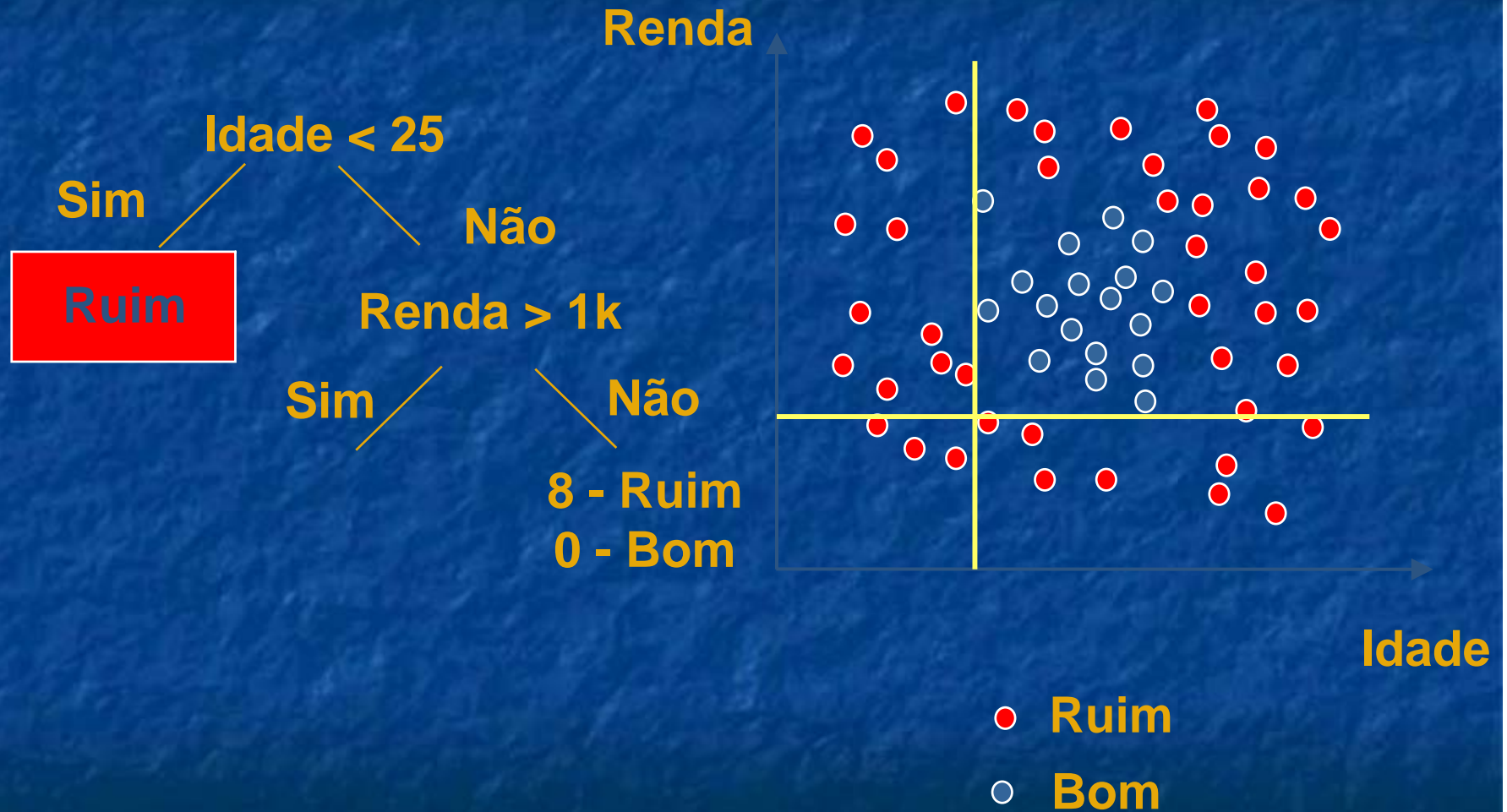
Árvore de Decisão



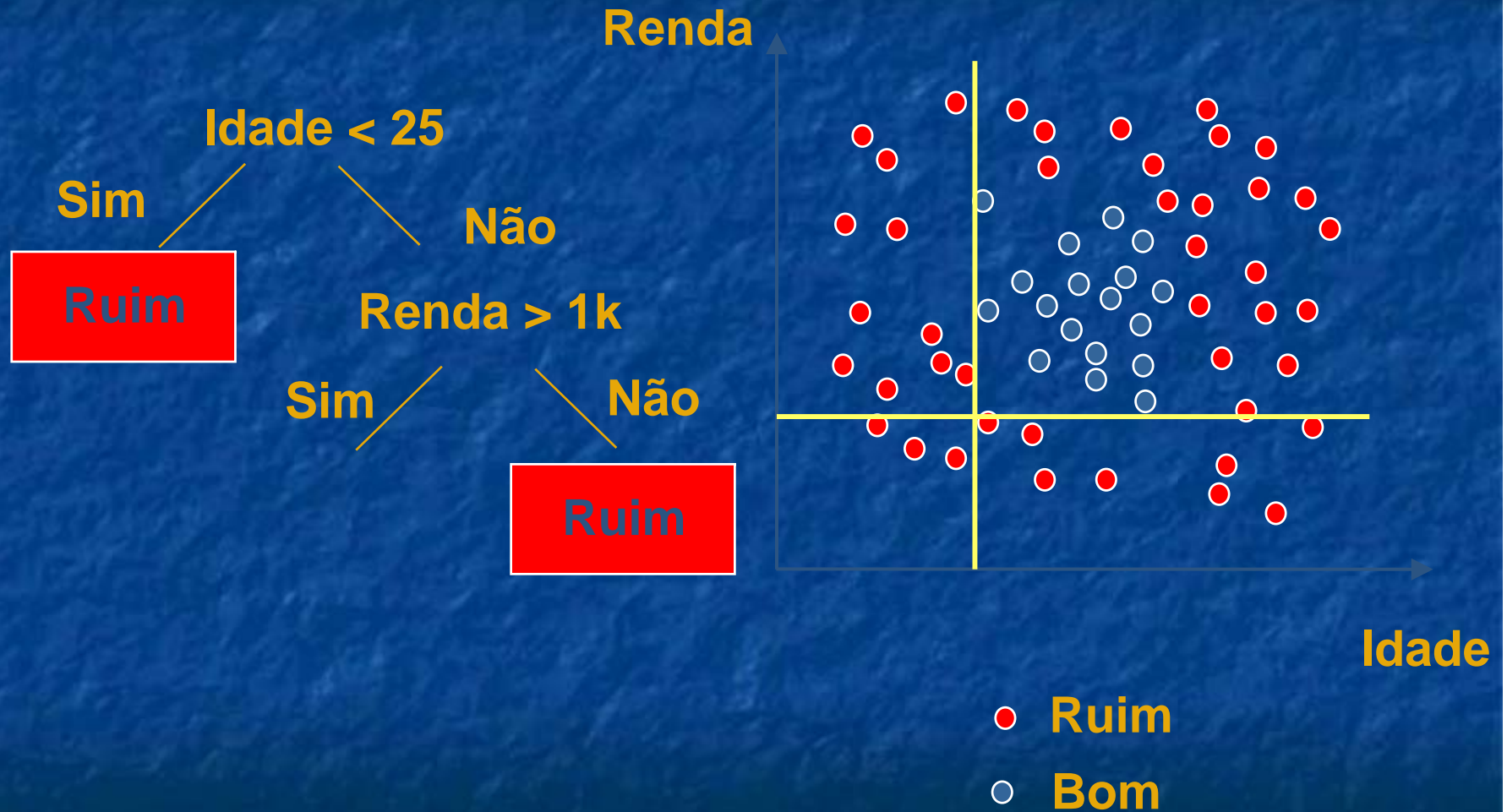
Árvore de Decisão



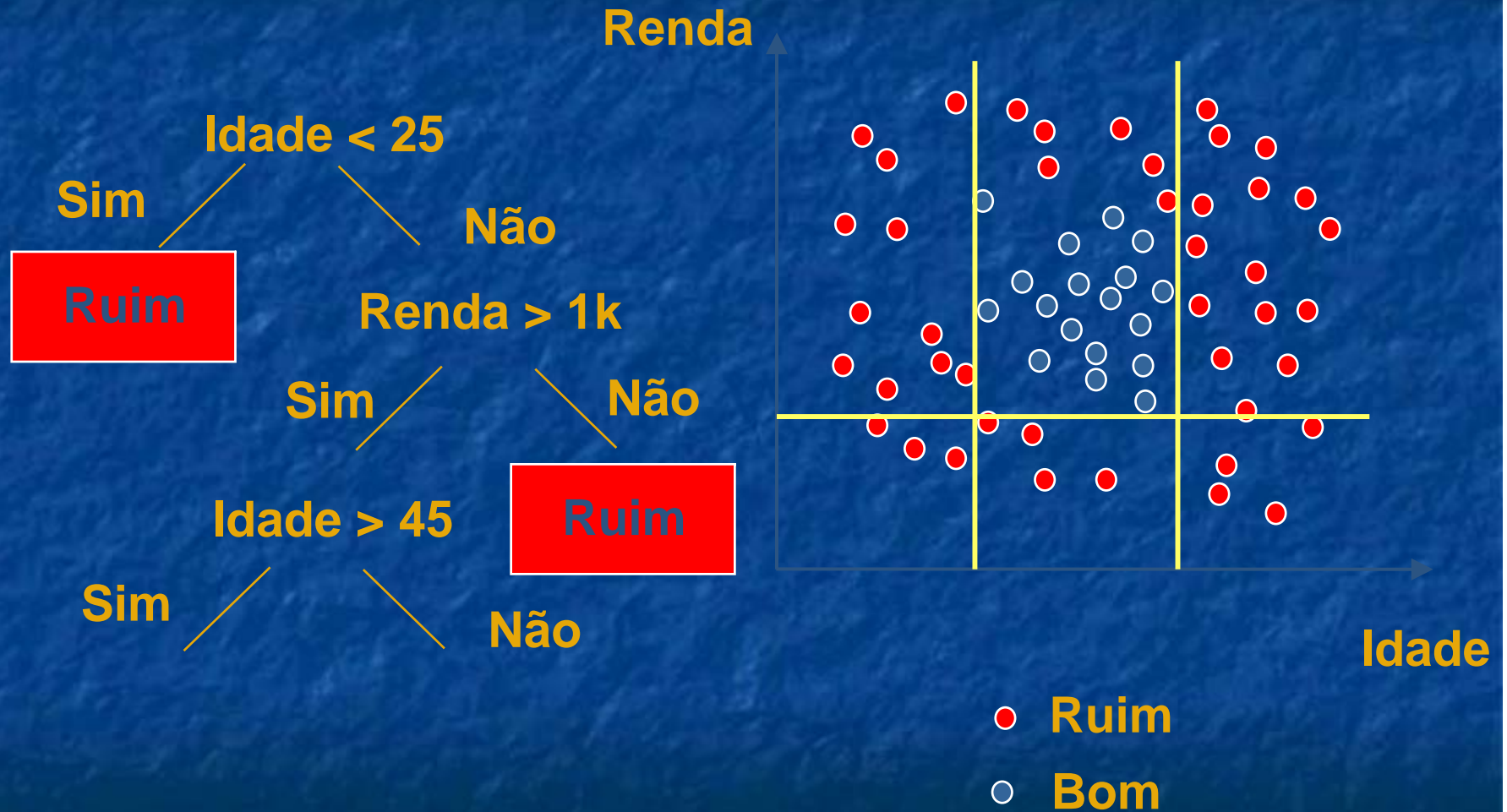
Árvore de Decisão



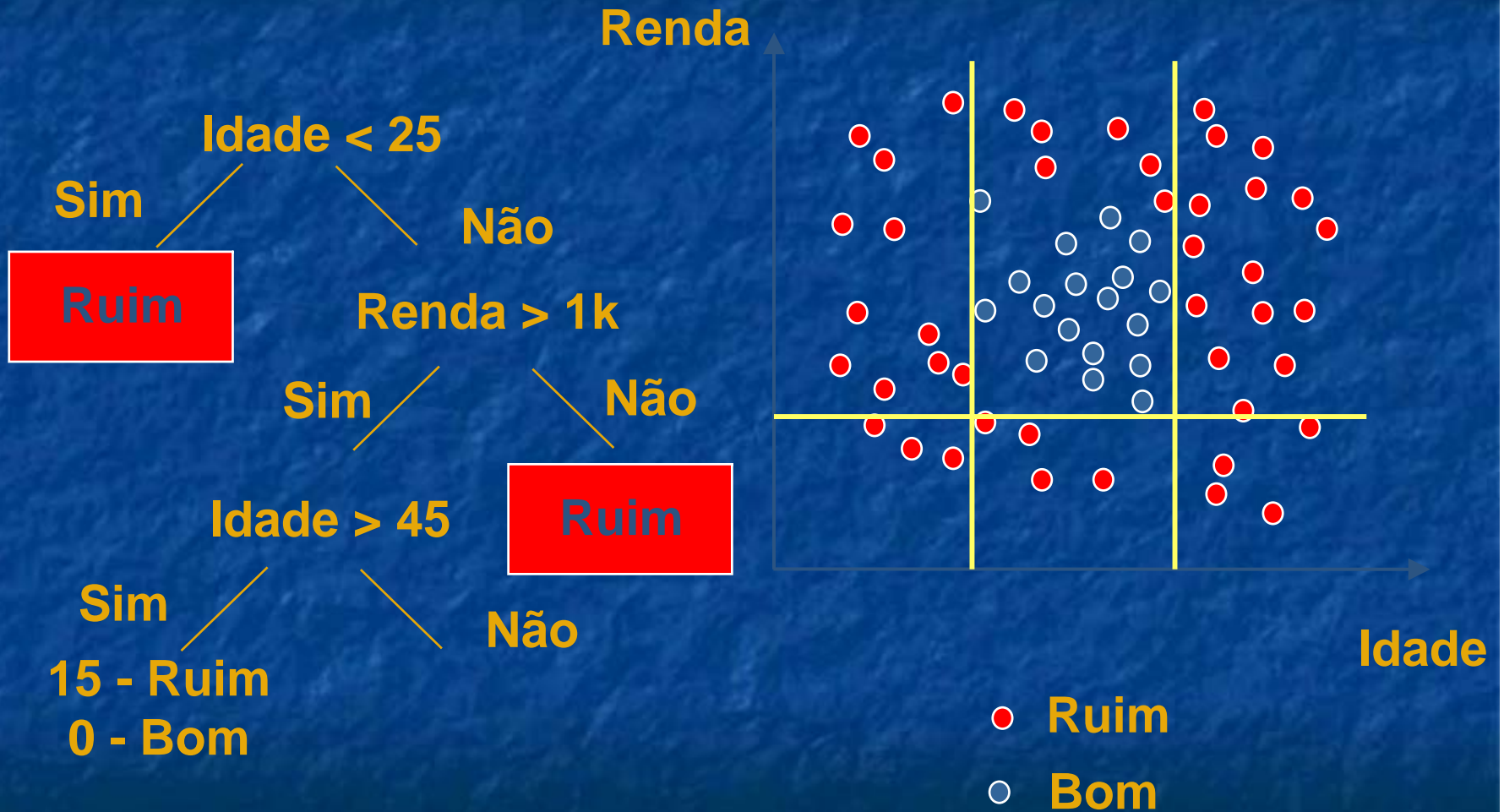
Árvore de Decisão



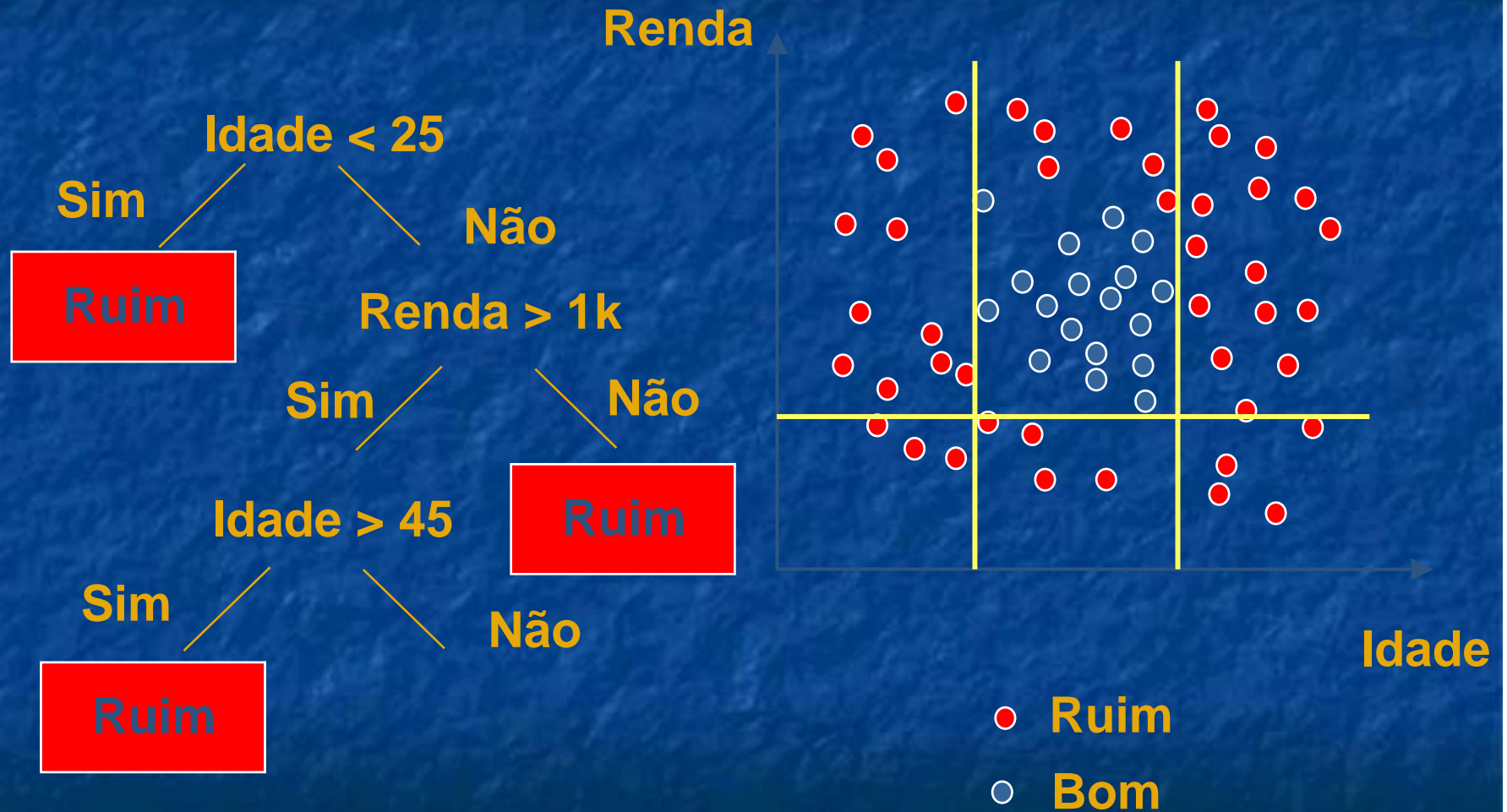
Árvore de Decisão



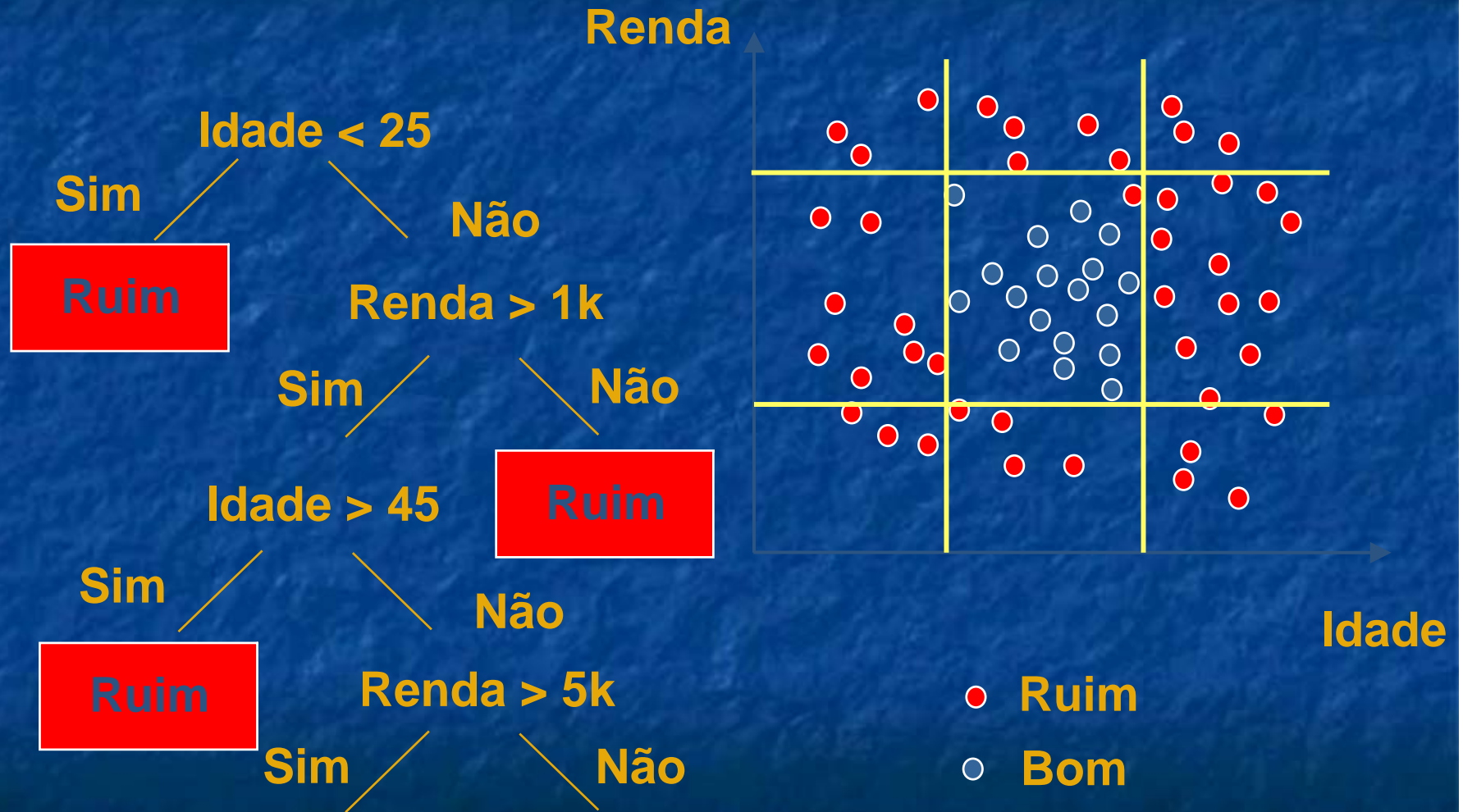
Árvore de Decisão



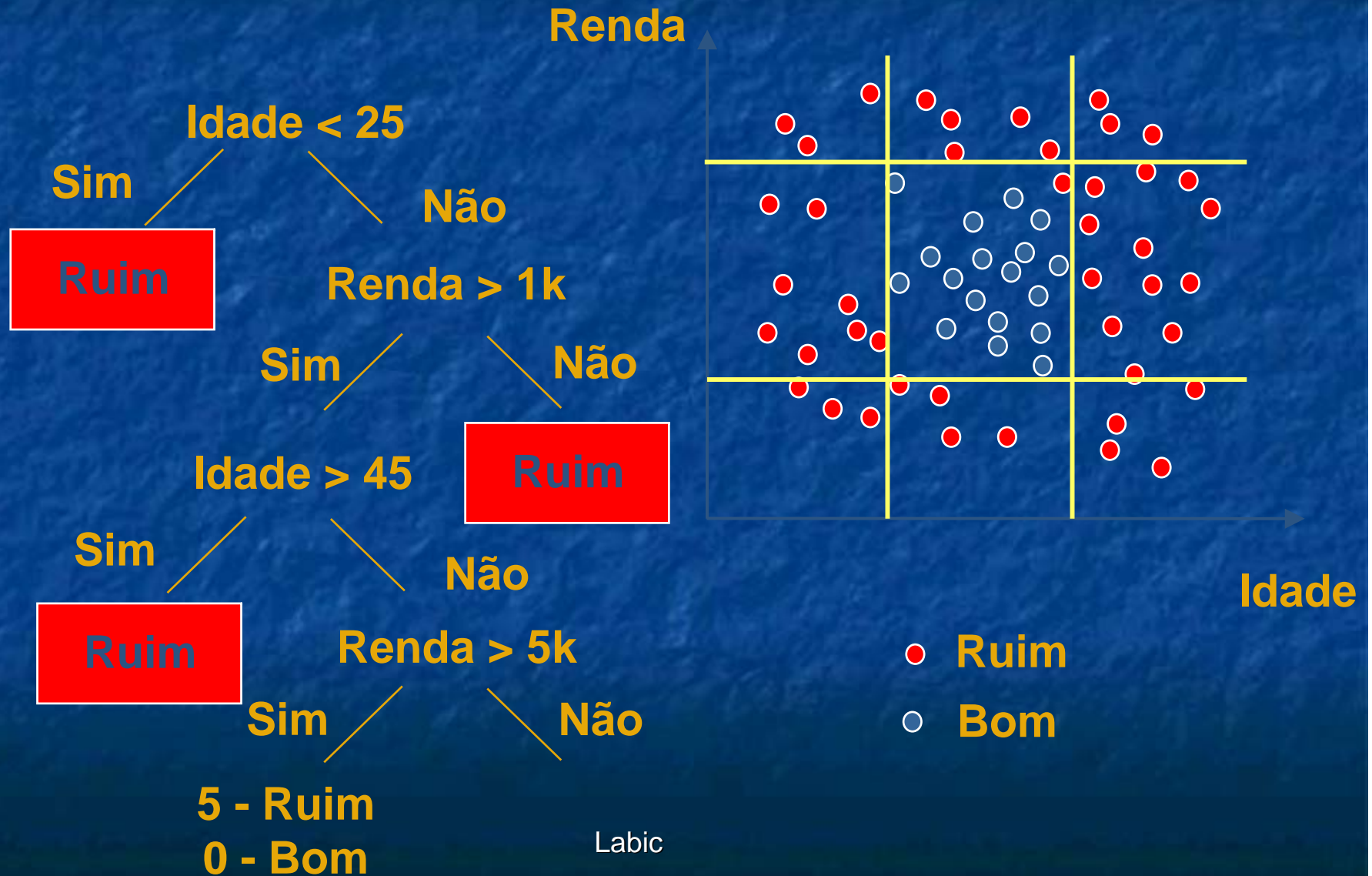
Árvore de Decisão



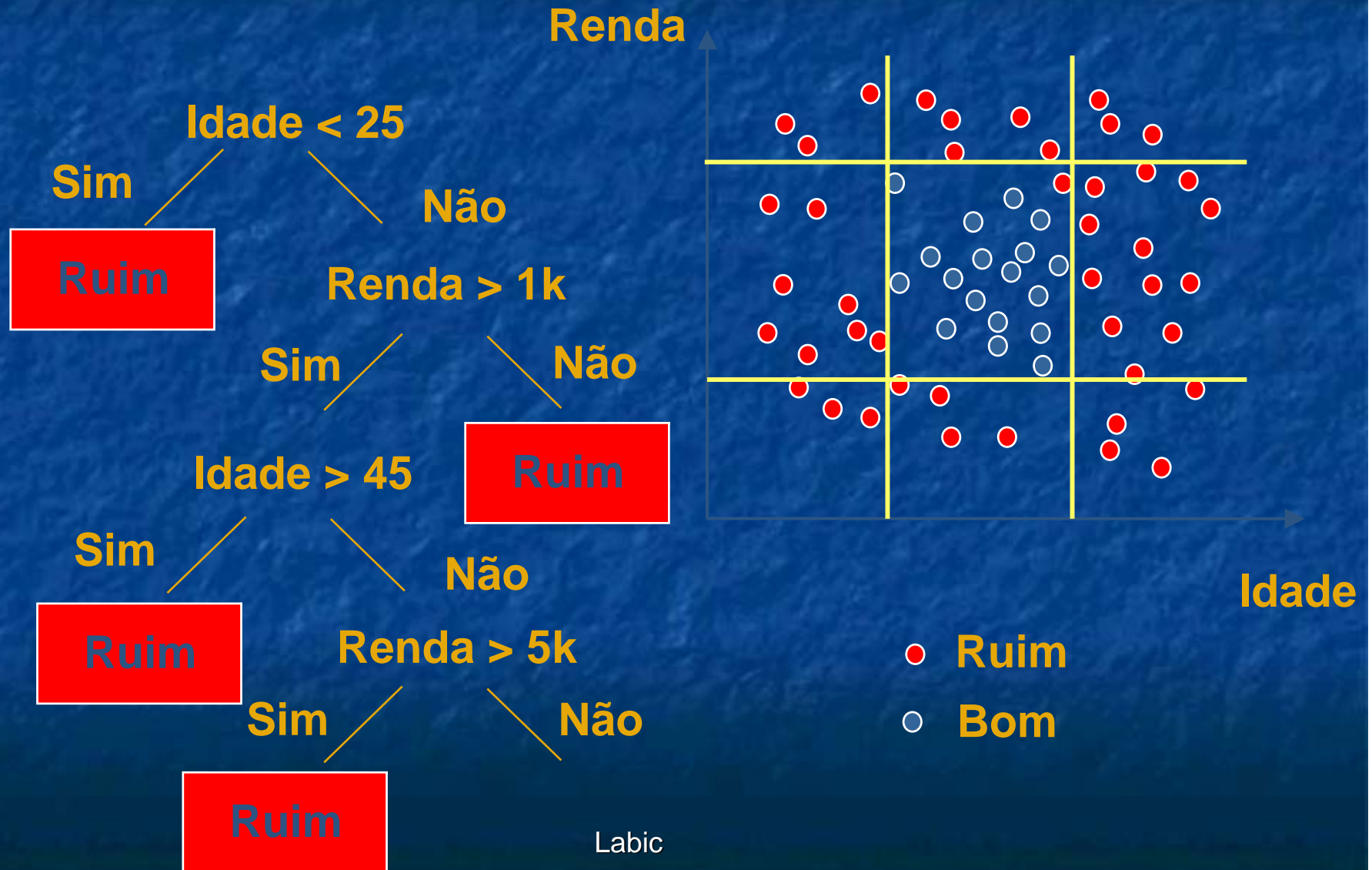
Árvore de Decisão



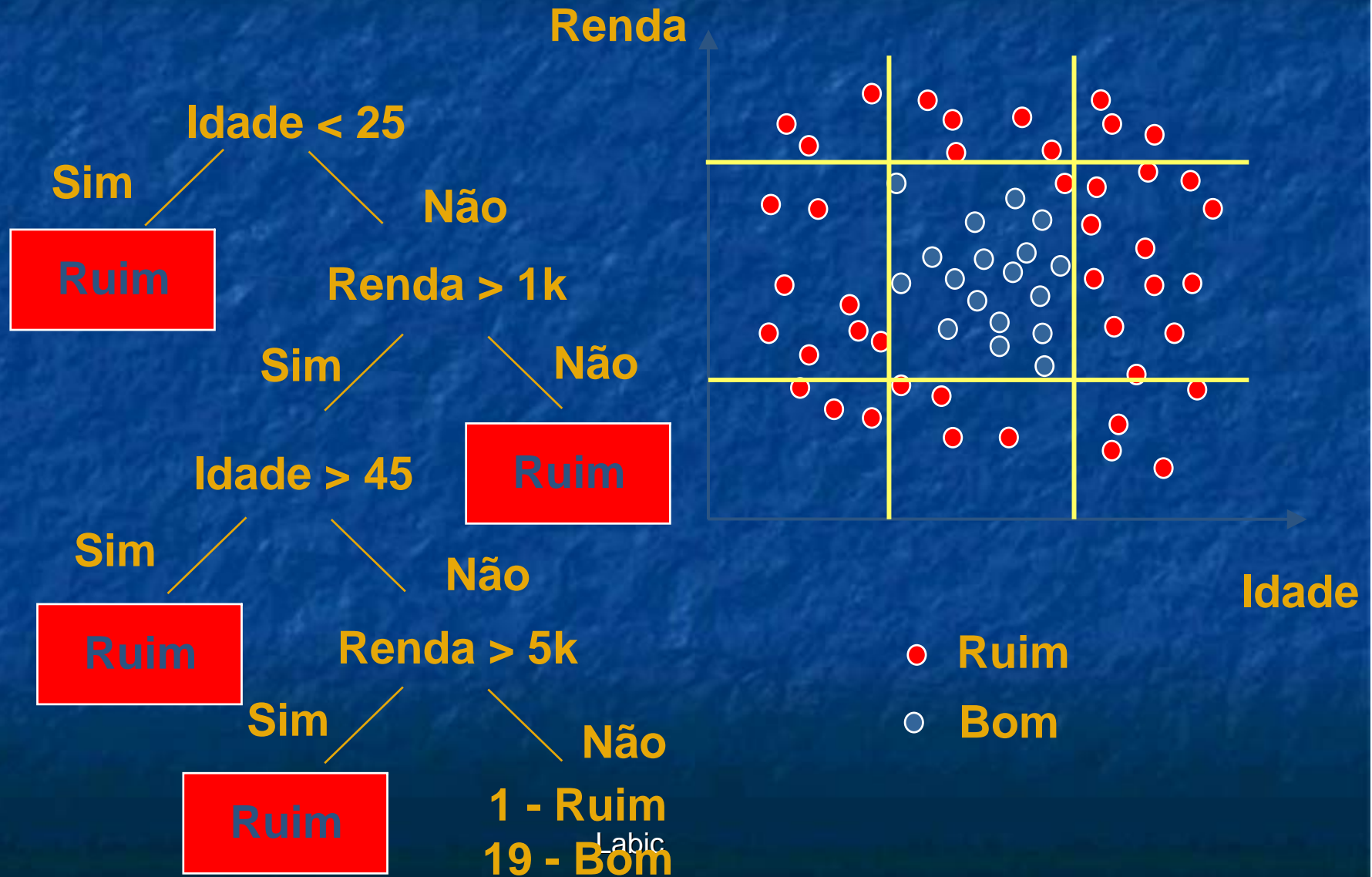
Árvore de Decisão



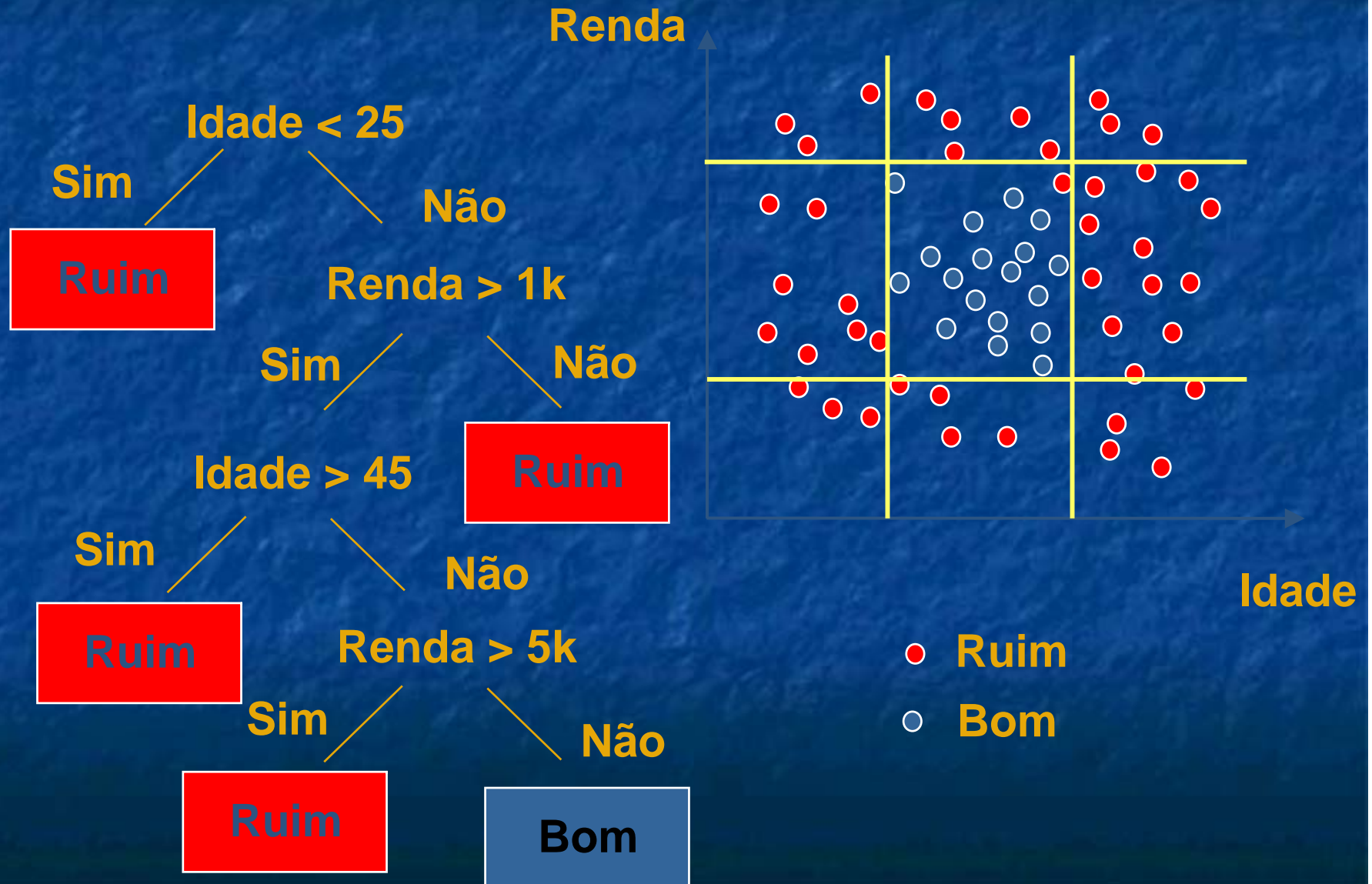
Árvore de Decisão



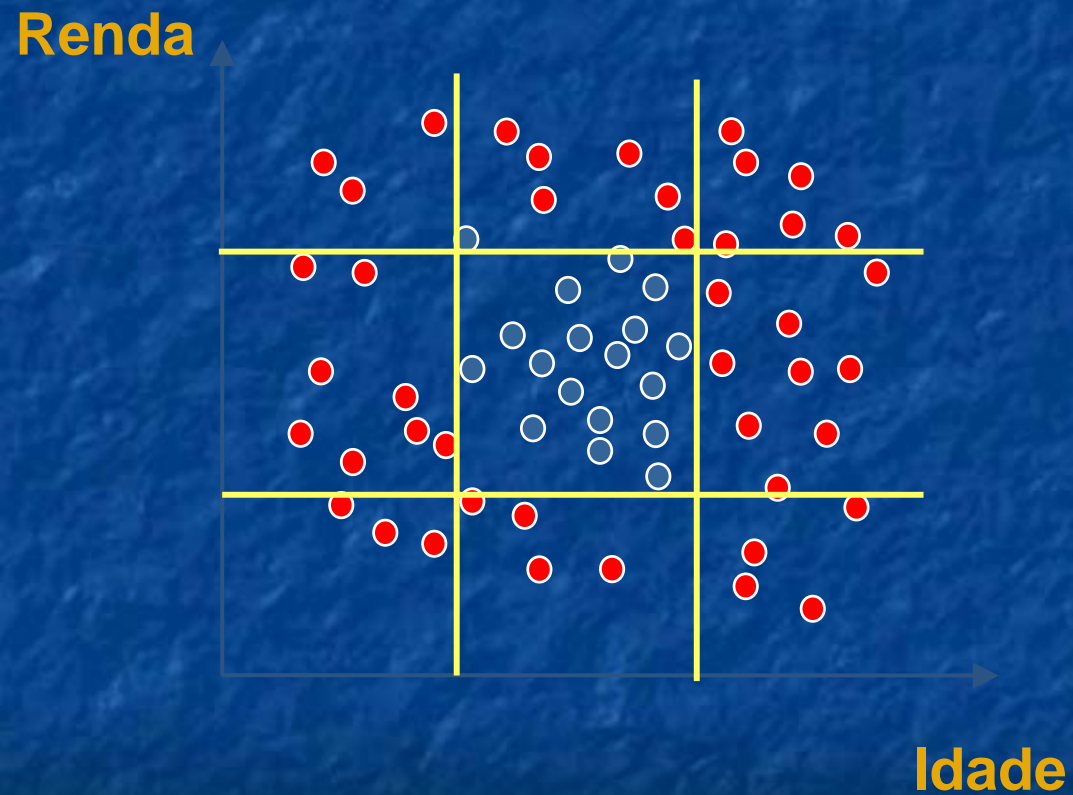
Árvore de Decisão



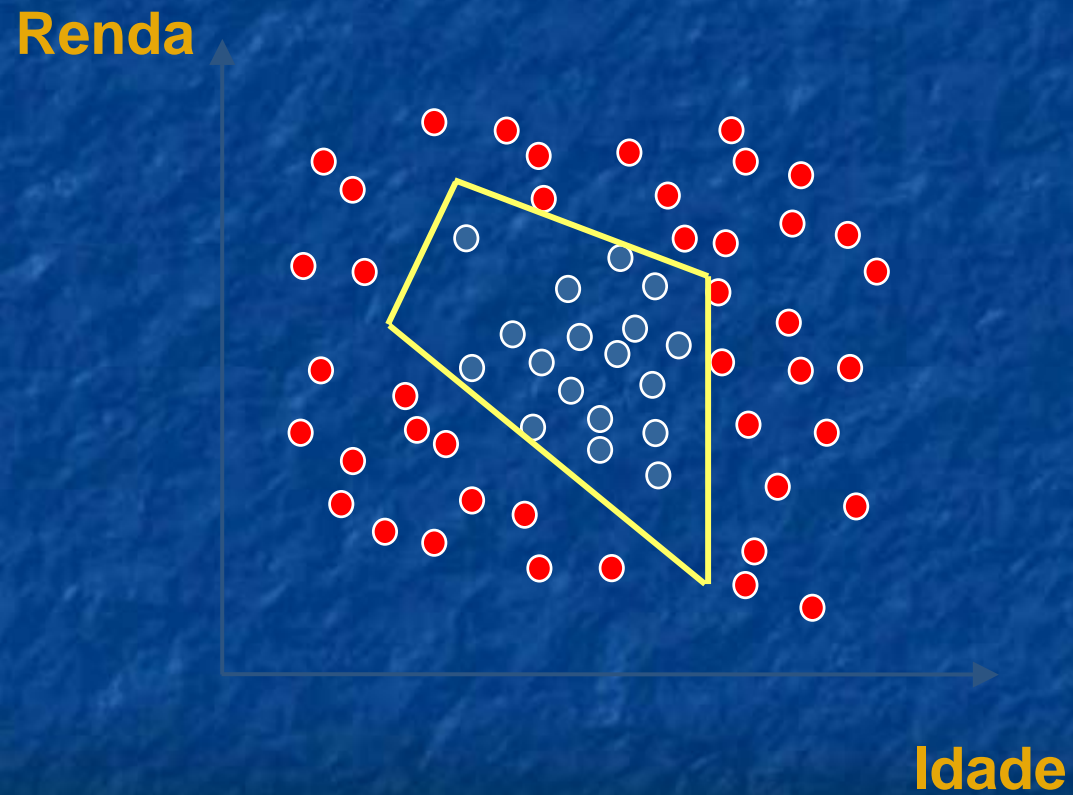
Árvore de Decisão



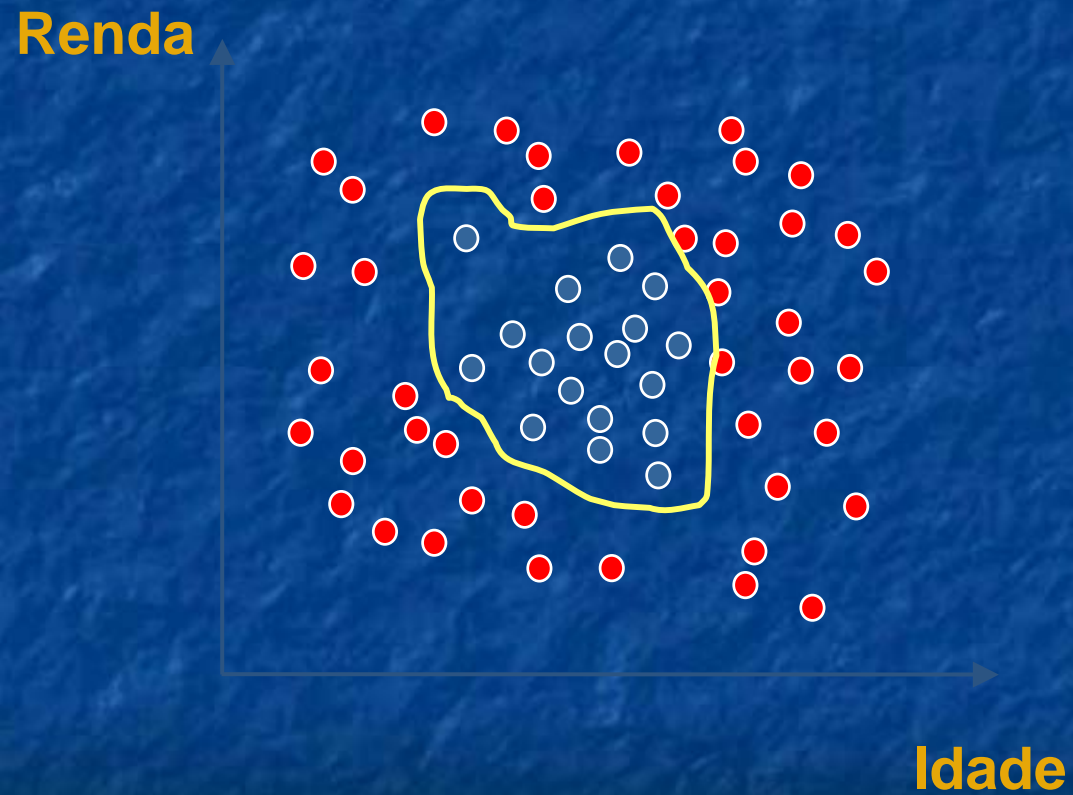
Árvore de Decisão (H1)



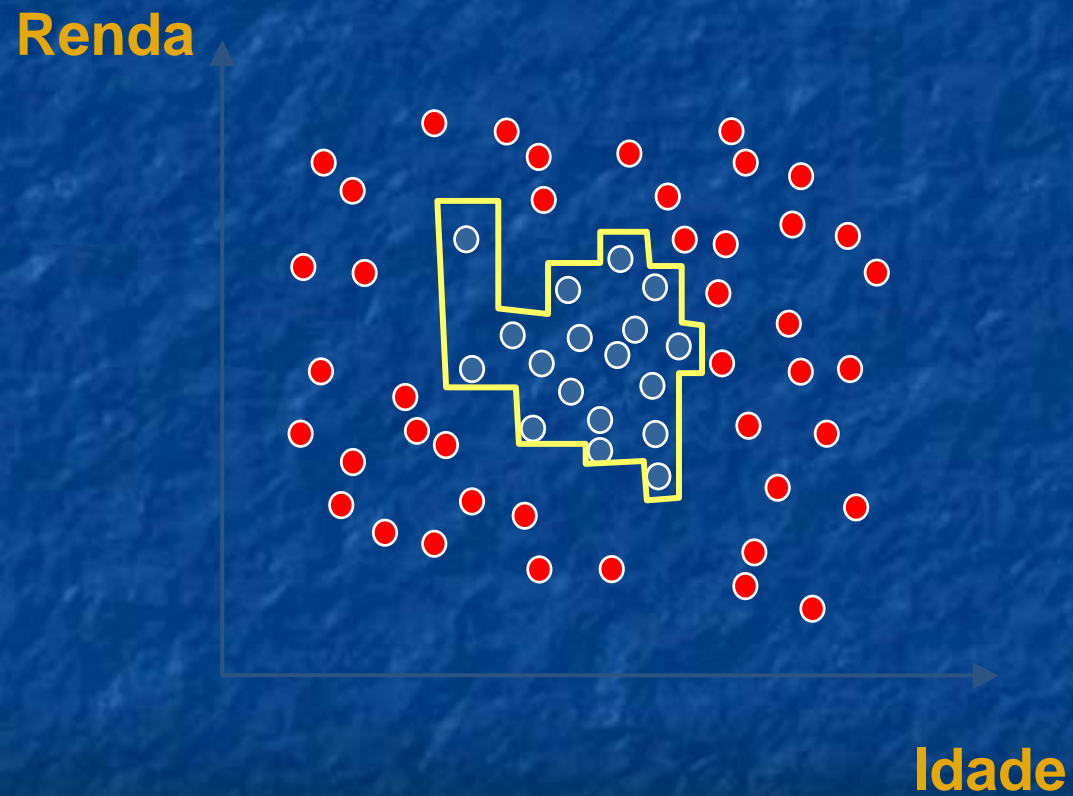
...Outra Possível H2



...Outra Possível H3

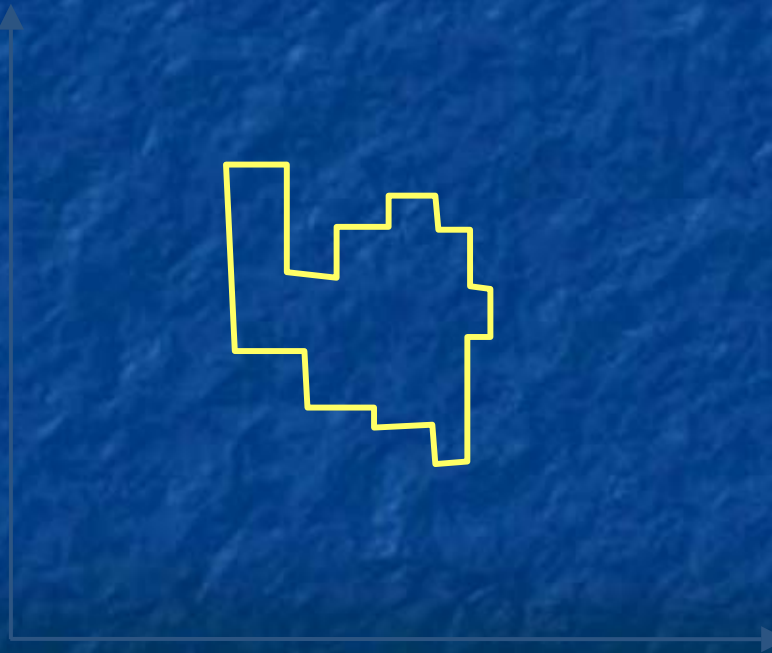


...Outra Possível H4



H4...

Renda



Idade

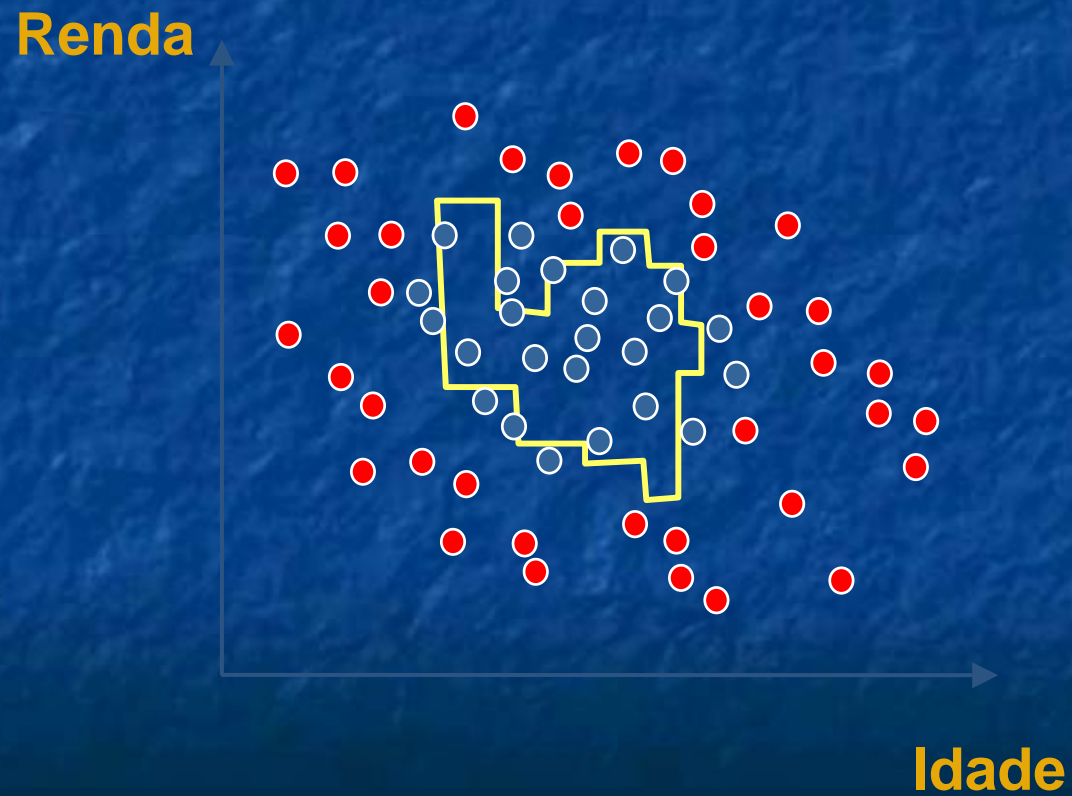
Labic

Qual a melhor H ??

Avaliação em um
conjunto de teste

Erro de H4

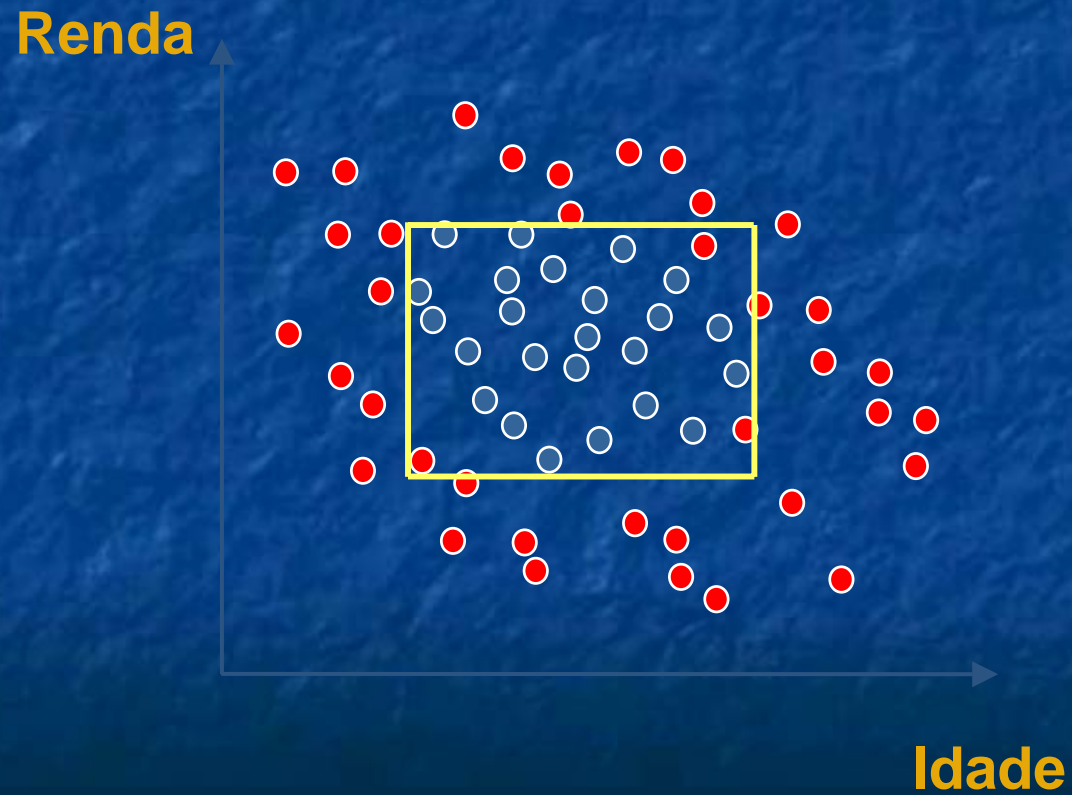
Conjunto de Teste



Labic

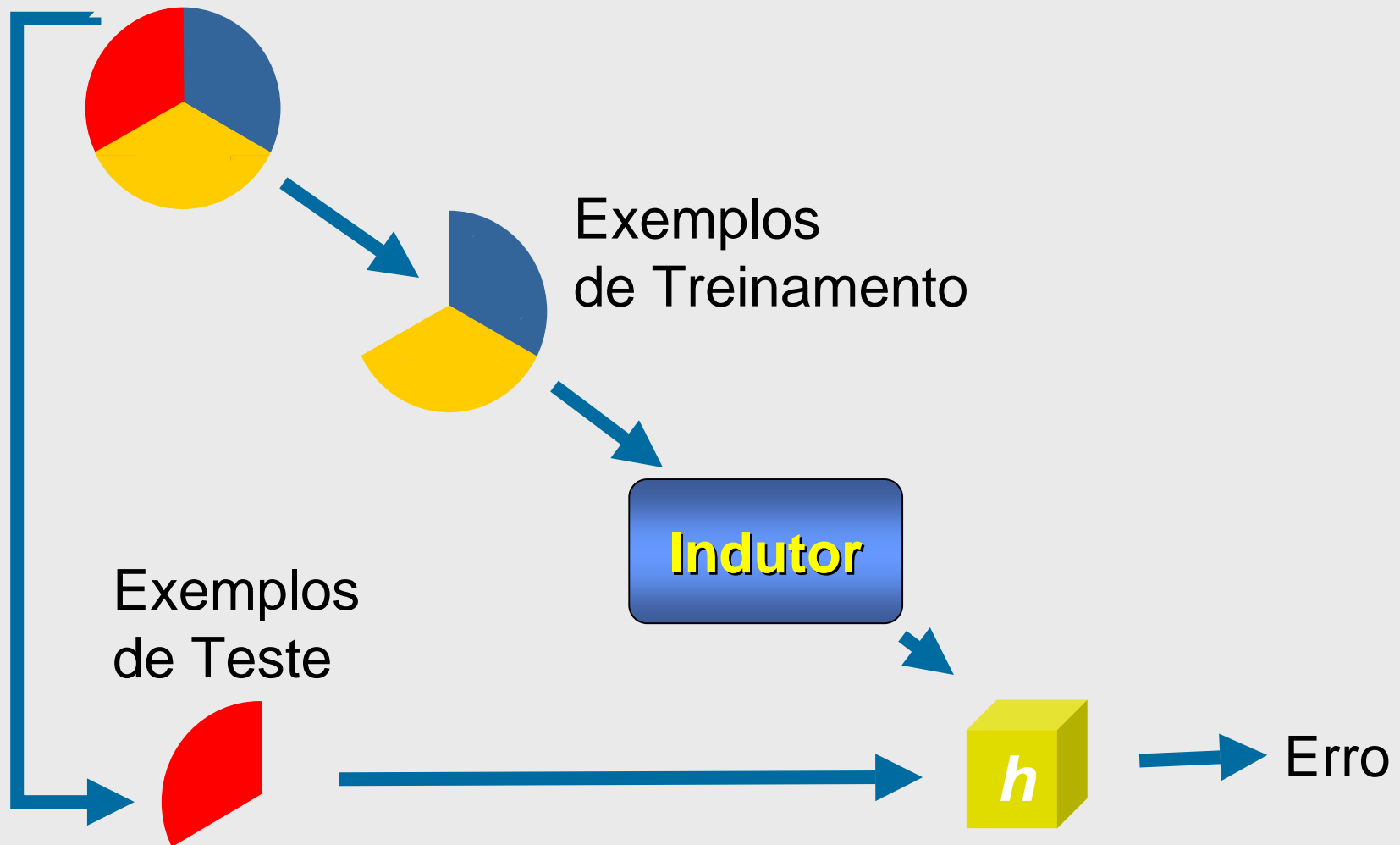
Erro de H1

Conjunto de Teste



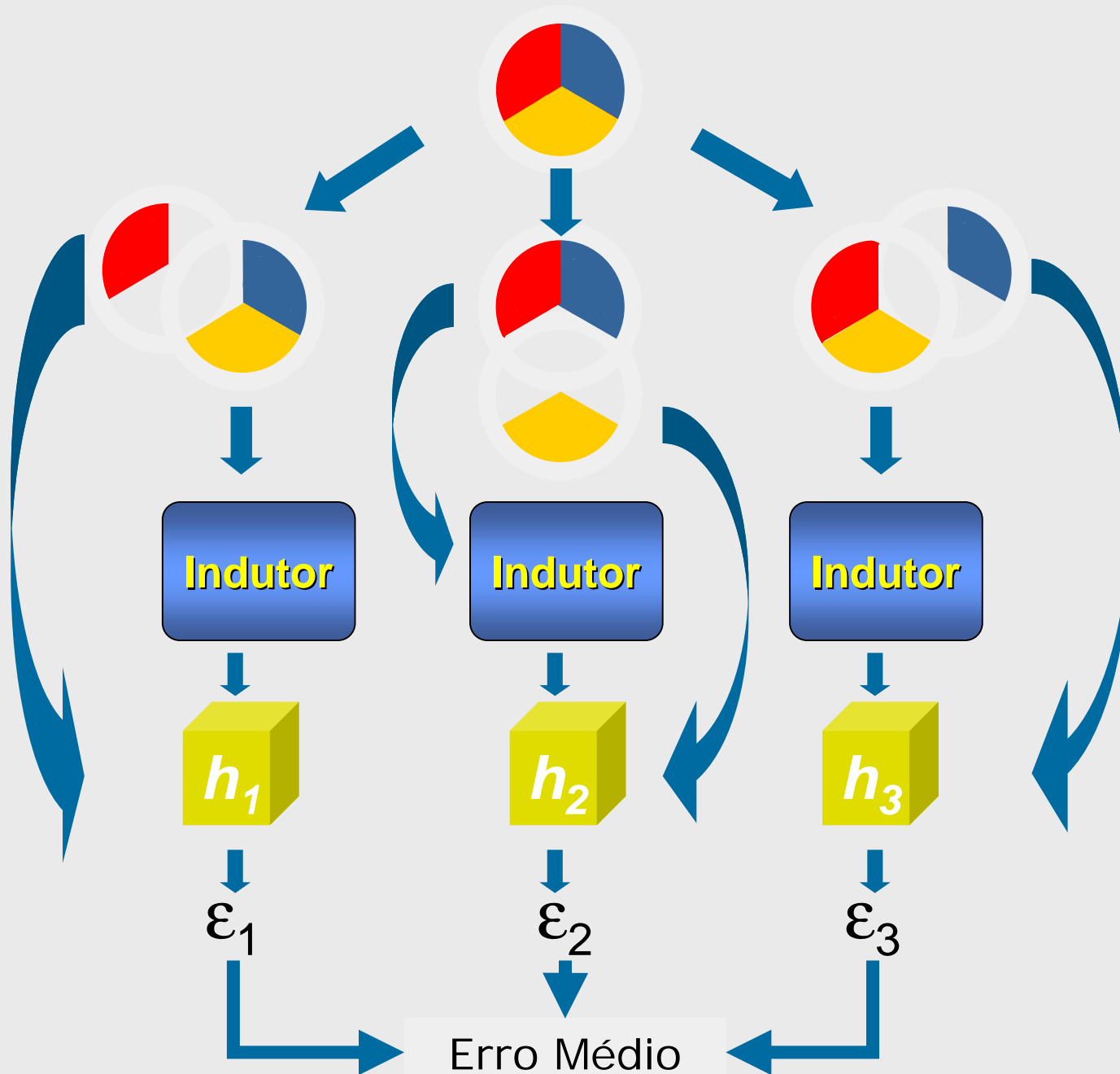
Labic

Avaliação de Modelos



Validação Cruzada

Validação cruzada com 3 folds



IMPORTANTE

- Todo algoritmo indutivo tem um bias
- Desempenho de um algoritmo varia com o domínio
- Análise experimental é fundamental!!!

Mineração de Dados

- Avanço da tecnologia de armazenamento de dados

Extração de Conhecimento
de Bases de Dados



MD x AM

Mineração de Dados

Aprendizado
de Máquina

Muitos
Exemplos

Poucos

Poucos

Muitos
Atributos

AM geralmente (mas não sempre)
trabalha com pequena quantidade
de dados (em geral relevantes)



MD x AM

Mineração de Dados

MD trabalha com grandes bases de dados



Aplicações



Sub-áreas de IA complementam-se e, assim, podem ser combinadas produzindo resultados surpreendentes

Buscadores Inteligentes



The screenshot shows the Google News interface. At the top, there's the Google logo and navigation links for 'Web', 'Imagens', 'Grupos', 'Notícias', and 'mais'. Below the logo is the text 'Notícias Brasil BETA' and a search bar with the text 'Pesquise e navegue por 200 fontes de notícias atualizadas continuamente.' To the right of the search bar are buttons for 'Pesquisar notícias' and 'Pesquisar na Web'. Below the search bar, there's a dropdown menu for 'Últimas notícias' set to 'Brasil' and a 'Gerada automaticamente 13 minutos' indicator.

The main content area displays several news articles:

- Aldo diz que não tem 'relação de subordinação' com Lula**
estadão.com.br - 1 hora atrás
BRASILIA - Durante o debate transmitido ao vivo pela TV Câmara entre os candidatos à presidência da Câmara, o presidente da Casa Aldo Rebelo (PCdoB) discordou das críticas do candidato Gustavo Fruet (PSDB) ao fato de dois ex-líderes do governo - o ...
[Anistia política a Dirceu opõe Chinaglia e Rebelo](#) Paraná-Online (Assinatura)
[Debate na Câmara alimenta racha na base governista](#) JC OnLine
[Jornal da Mídia - veja on-line \(Assinatura\) - DCI - Bondenews](#)
[todos os 313 relacionados »](#)
- Taça de Inglaterra: Chelsea com sorte no sorteio**
Mais Futebol - 3 horas atrás
O Chelsea foi feliz no sorteio para os oitavos-de-final da Taça de Inglaterra. A equipa treinada por José Mourinho irá jogar com uma equipa da II ou da III Divisão.
[Copa da Inglaterra: sorteadas as oitavas-de-final](#) Trivela.com
[Chelsea e Manchester United com sorte na Taça de Inglaterra](#) Diário Digital
[Gazeta Esportiva - O POVO Online - Record - A Bola](#)
[todos os 13 relacionados »](#)

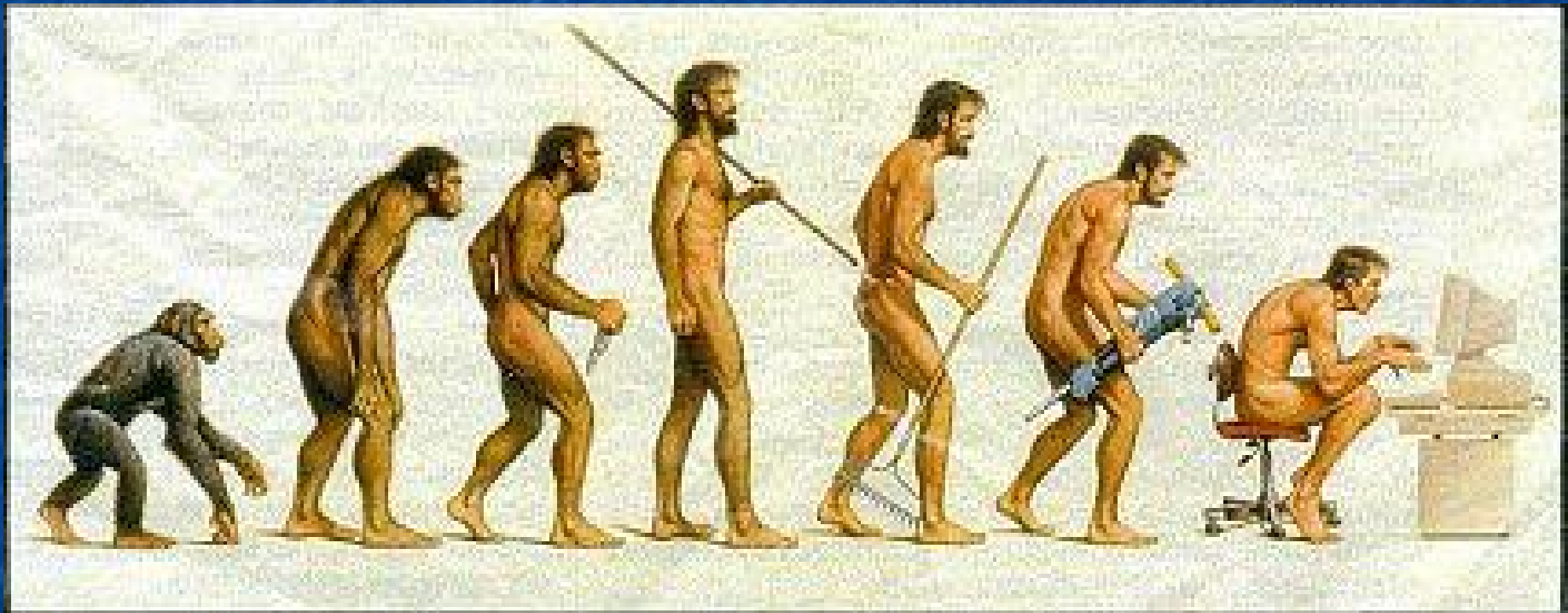
On the right side, there's a 'Personalizar esta página' section with several news snippets:

- Bandidos obriga família de gerente a sacar dinheiro em banco**
estadão.com.br - [todos os 8 relacionados »](#)
- Oito mil caminharam pelo "não"**
O Primeiro de Janeiro - [todos os 18 relacionados »](#)
- Noroeste só empata e mantém topo embolado**
Gazeta Esportiva - [todos os 30 relacionados »](#)
- Íris e Alan disputam o quarto paredão do BBB**
estadão.com.br - [todos os 30 relacionados »](#)
- SES realiza atualização clínica contra o saram**
Pernambuco.com - [todos os 3 relacionados »](#)

At the bottom right, there's a 'Notícias em Destaques' section with links to various news items like 'Roger Federer', 'Michel Platini', 'Aberto da Austrália', 'Grand Slam', 'American Airlines', 'Red Bull', 'Serena Williams', 'Campeonato Carioca', 'Taiza Thomsen', and 'Sul-Americano Sub-20'.

- Google News: Busca de Notícias
- Aprendizado de Máquina Não Supervisionado: Clustering

FIM...



Labic