



INF 1771 – Inteligência Artificial

Aula 12 – Árvores de Decisão

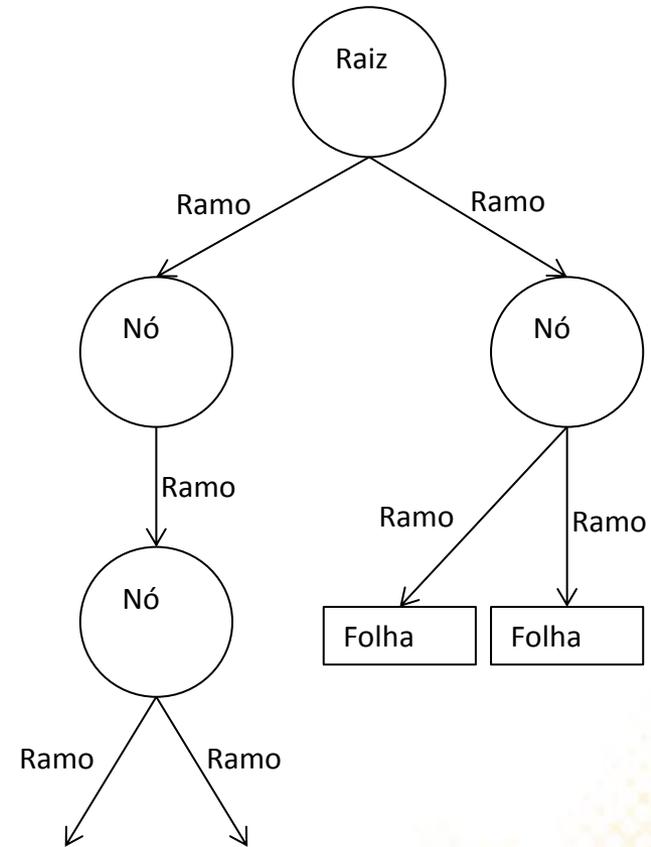
Edirlei Soares de Lima
<elima@inf.puc-rio.br>

Árvores de Decisão

- Uma das formas de algoritmo de aprendizado mais **simples** e de **maior sucesso**.
- Uma árvore de decisão tem como entrada um objeto ou situação descritos por um **conjunto de atributos** e como saída uma “**decisão**” (previsão do valor de saída dada a entrada).
- Uma árvore de decisão toma as suas decisões através de uma sequência de testes.

Árvores de Decisão

- Cada **nó** interno da árvore corresponde a um teste do valor de uma propriedade.
- Os **ramos** dos nós são rotulados com os resultados possíveis do teste.
- Cada **nó folha** da árvore especifica o valor a ser retornado se aquela folha for alcançada.
- A representação de uma árvore de decisão é bem natural para os seres humanos.



Exemplo – Restaurante

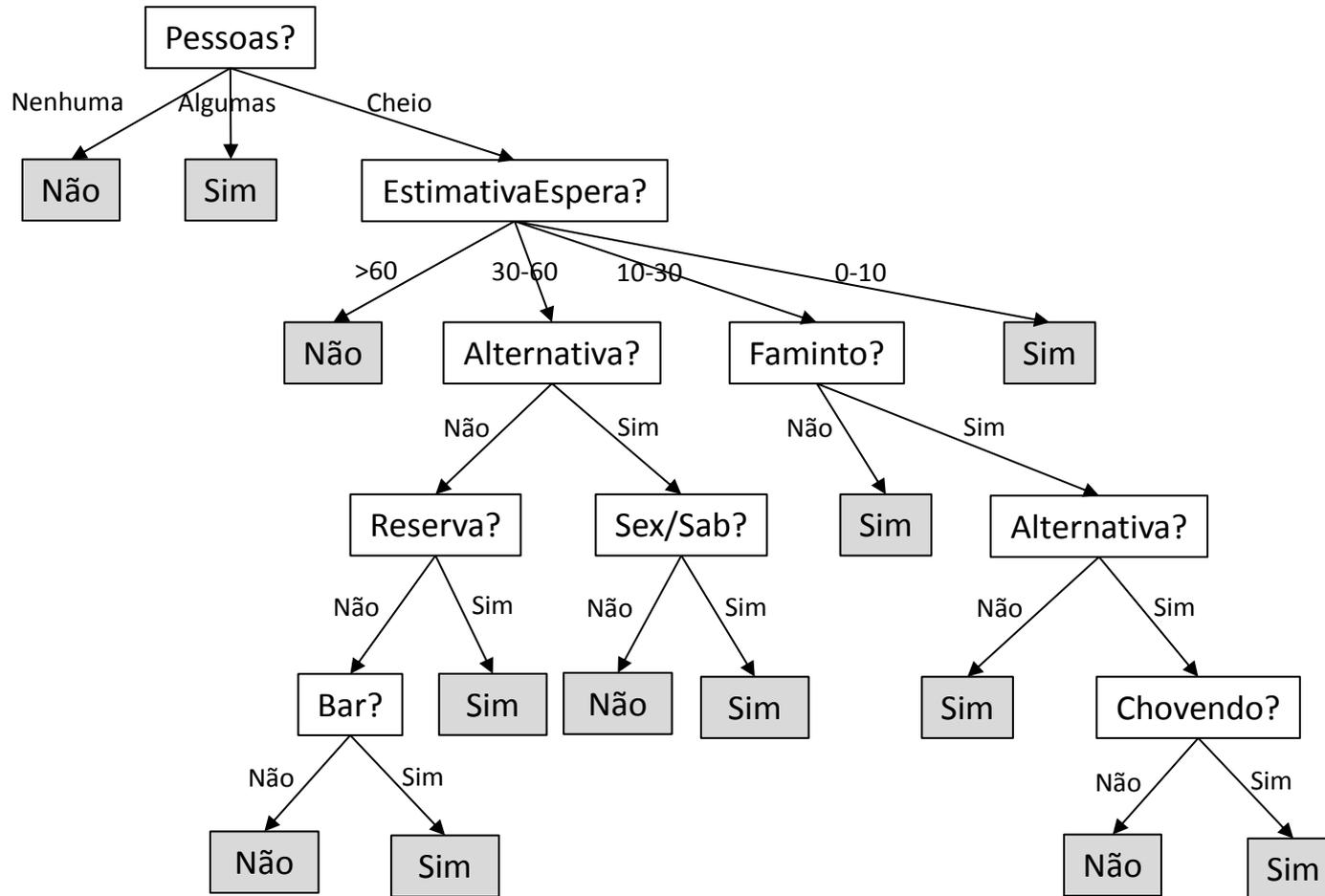
- **Problema:** Esperar por uma mesa em um restaurante.
- O **objetivo** é aprender uma definição para o predicado “vai esperar”.
- Primeiramente é necessário definir quais **atributos** estão disponíveis para descrever alguns exemplos nesse domínio.

Exemplo – Restaurante

- **Atributos:**

- **Alternativa:** Verdadeiro se existe um restaurante alternativo adequado nas proximidades.
- **Bar:** Verdadeiro se o restaurante tem uma área de bar confortável para ficar esperando.
- **Sex/Sab:** Verdadeiro se o dia da semana for sexta ou sábado.
- **Faminto:** Verdadeiro se estamos com fome.
- **Pessoas:** Quantas pessoas estão no restaurante (os valores são Nenhuma, Algumas e Cheio).
- **Preço:** Preço do restaurante de (\$, \$ \$, \$\$\$).
- **Chuva:** Verdadeiro se está chovendo lá fora.
- **Reserva:** Verdadeiro se nós fizemos uma reserva.
- **Tipo:** Tipo de restaurante (Francês, Italiano, Tailandês, Hambúrguer).
- **EstimativaEspera:** Tempo de espera estimado (00-10, 10-30, 30-60, > 60 minutos).

Exemplo – Restaurante



Gerando Árvores de Decisão a partir de Exemplos

- É possível gerar uma árvore de decisão a partir de um **conjunto de exemplos**.
- **Exemplos positivos** são aqueles que levam a uma resposta positiva.
Exemplo: “vai esperar” = Sim.
- **Exemplos negativos** são aqueles que levam a uma resposta negativa.
Exemplo: “vai esperar” = Não.

Conjunto de Treinamento

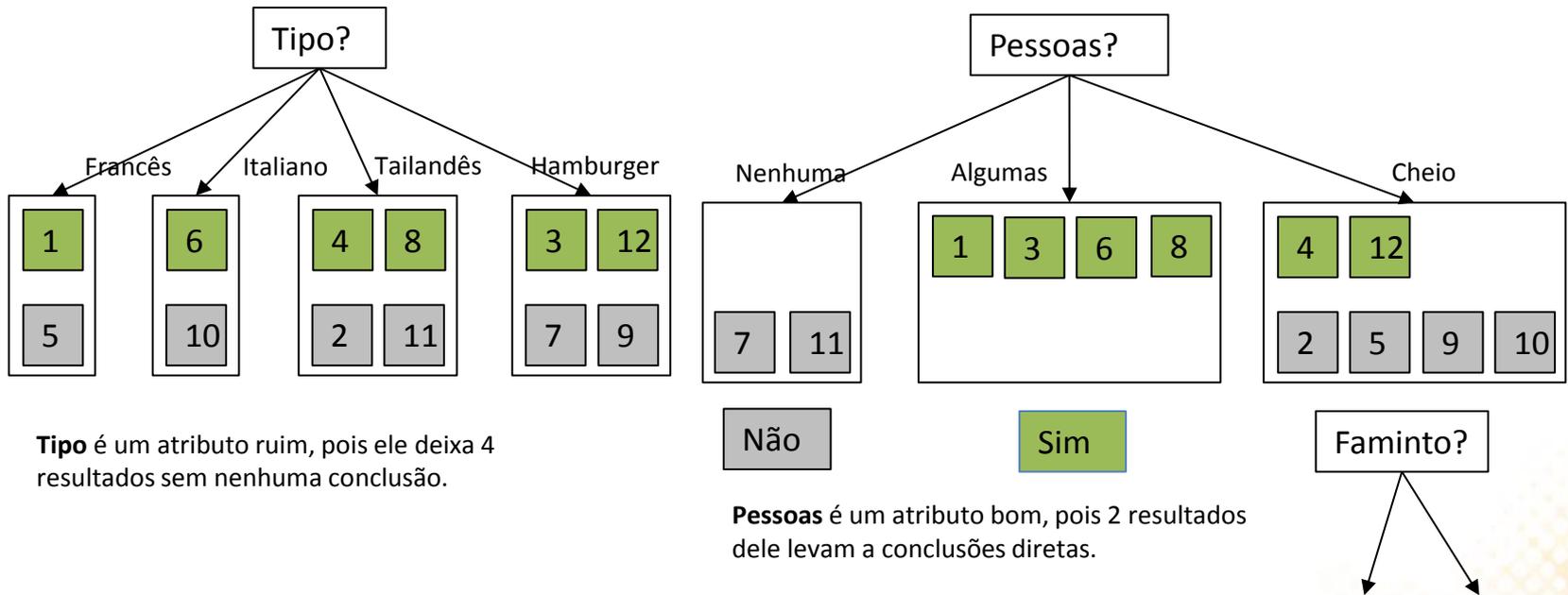
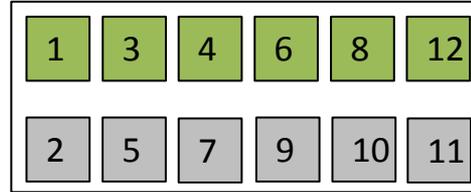
	Atributos										Obj.
Exemplo	Alt.	Bar	S/S	Fam.	Pes.	Pre.	Chov.	Res.	Tipo	Est.	Esp.
X_1	Sim	Não	Não	Sim	Algumas	\$\$\$	Não	Sim	Fran.	0-10	Sim
X_2	Sim	Não	Não	Sim	Cheio	\$	Não	Não	Tai.	30-60	Não
X_3	Não	Sim	Não	Não	Algumas	\$	Não	Não	Ham.	0-10	Sim
X_4	Sim	Não	Sim	Sim	Cheio	\$	Sim	Não	Tai.	10-30	Sim
X_5	Sim	Não	Sim	Não	Cheio	\$\$\$	Não	Sim	Fran.	>60	Não
X_6	Não	Sim	Não	Sim	Algumas	\$\$	Sim	Sim	Ital.	0-10	Sim
X_7	Não	Sim	Não	Não	Nenhuma	\$	Sim	Não	Ham.	0-10	Não
X_8	Não	Não	Não	Sim	Algumas	\$\$	Sim	Sim	Tai.	0-10	Sim
X_9	Não	Sim	Sim	Não	Cheio	\$	Sim	Não	Ham.	>60	Não
X_{10}	Sim	Sim	Sim	Sim	Cheio	\$\$\$	Não	Sim	Ital.	10-30	Não
X_{11}	Não	Não	Não	Não	Nenhuma	\$	Não	Não	Tai.	0-10	Não
X_{12}	Sim	Sim	Sim	Sim	Cheio	\$	Não	Não	Ham.	30-60	Sim

Gerando Árvores de Decisão a partir de Exemplos

- Seguindo o **princípio de Ockham**, devemos encontrar a menor árvore de decisão que seja consistente com os exemplos de treinamento.
 - “Qualquer fenômeno deve assumir apenas as premissas estritamente necessárias à explicação do fenômeno e eliminar todas as que não causariam qualquer diferença aparente nas previsões da hipótese ou teoria.”
- A ideia básica do algoritmo é testar os **atributos mais importantes** primeiro.
 - O atributo mais importante é aquele que faz mais diferença para a classificação de um exemplo.
- Dessa forma, esperamos conseguir a classificação correta com um pequeno número de testes.

Gerando Árvores de Decisão a partir de Exemplos

Conjunto de Treinamento



Tipo é um atributo ruim, pois ele deixa 4 resultados sem nenhuma conclusão.

Pessoas é um atributo bom, pois 2 resultados dele levam a conclusões diretas.

Gerando Árvores de Decisão a partir de Exemplos

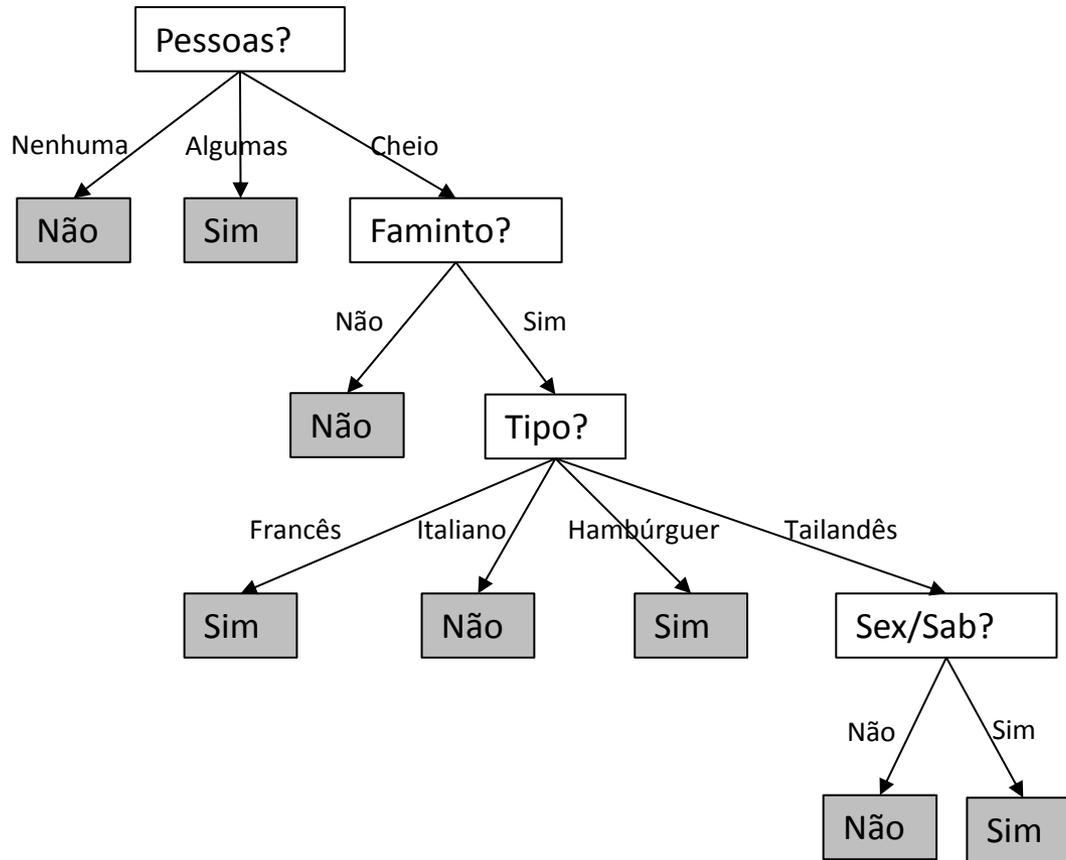
- **Algoritmo:**

- **(1)** Enquanto existirem exemplos positivos e negativos, deve-se escolher o melhor atributo para dividi-los.
- **(2)** Se todos os exemplos restantes forem positivos (ou todos negativos), então podemos responder Sim ou Não.
- **(3)** Se não existirem exemplos restantes, retorna um valor padrão calculado a partir da classificação da maioria dos atributos do nó pai.
- **(4)** Se não existirem atributo restantes, mas ainda existirem exemplos positivos e negativos temos um problema.

Gerando Árvores de Decisão a partir de Exemplos

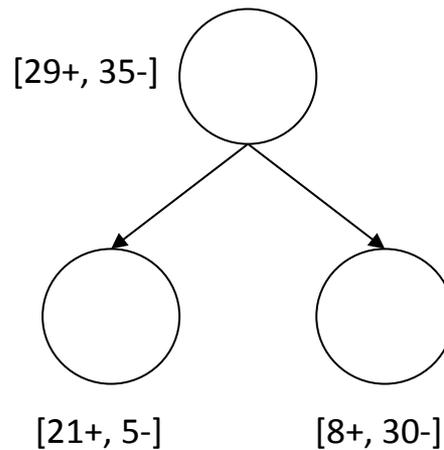
- Quando não existem atributos restantes, mas ainda existem exemplos positivos e negativos significa que:
 - Esses exemplos têm exatamente a **mesma descrição**, mas **classificações diferentes**. Isso acontece quando alguns dos dados estão incorretos, ou seja há **ruído nos dados**.
 - Também acontece quando os atributos **não dão informação suficiente** para descrever a situação completamente, ou quando o domínio é realmente **não-determinístico**.
 - Uma saída simples do problema é a utilização de uma **votação majoritária**.

Gerando Árvores de Decisão a partir de Exemplos



Escolhendo os Melhores Atributos

- Qual é o melhor atributo?



Escolhendo os Melhores Atributos

- **Entropia**

- Caracteriza a (im)pureza de uma coleção arbitrária de exemplos.
- Dado uma coleção S contendo exemplos positivos (+) e negativos (–) de algum conceito alvo, a entropia de S relativa a esta classificação booleana é:

$$\text{Entropia}(S) = -p_+ \log_2 p_+ - p_- \log_2 p_-$$

- p_+ é a proporção de exemplos positivos em S .
- p_- é a proporção de exemplos negativos em S .

Escolhendo os Melhores Atributos

- **Exemplo:** Sendo S uma coleção de 14 exemplos de treinamento de algum conceito booleano, incluindo 9 exemplos positivos e 5 negativos [9+, 5-].
- A entropia de S relativa a classificação é:

$$\text{Entropia}([9+, 5-]) = -\left(\frac{9}{14} \log_2 \frac{9}{14} - \frac{5}{14} \log_2 \frac{5}{14}\right) = 0.940$$

- A função entropia relativa a uma classificação varia entre 0 e 1.

Escolhendo os Melhores Atributos

- Generalizando para o caso de um atributo alvo aceitar n diferentes valores, a entropia de S relativa a esta classificação de n -classes é definida como:

$$\text{Entropia}(S) = \sum_{i=1}^n -p_i \log_2 p_i$$

Medindo Desempenho

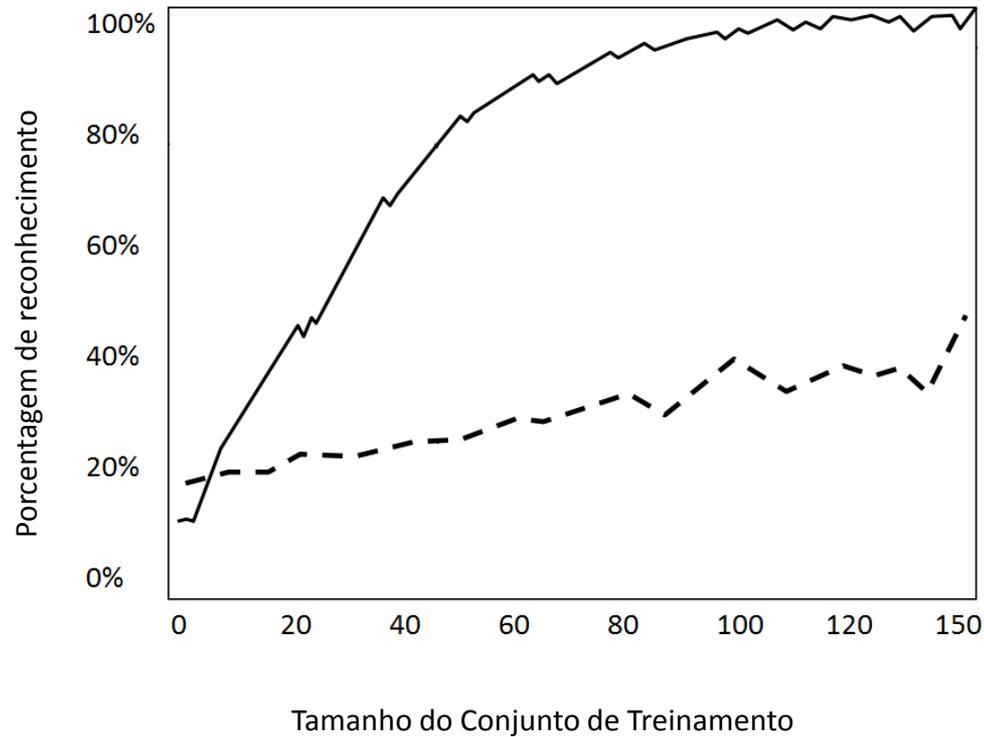
- Um algoritmo de aprendizado é **bom** se ele produz hipóteses que conseguem **prever a classificação** de exemplos **não vistos**.
- A maneira mais simples de se medir o desempenho de um método de aprendizado é realizando a classificação de um conjunto de **exemplos de teste**.

Medindo Desempenho

- **Processo de avaliação:**

- **(1)** Divide-se o conjunto total de exemplos conhecidos em dois conjuntos:
 - Conjunto de Treinamento.
 - Conjunto de Teste.
- **(2)** Gera-se uma hipótese h (árvore de decisão) com base no Conjunto de Treinamento.
- **(3)** Para cada exemplo do Conjunto de Teste, classifica-se o exemplo utilizando a árvore de decisão criada a partir do conjunto de treinamento.
- **(4)** Verifica-se a quantidade de exemplos de teste classificados corretamente e calcula-se a porcentagem de acertos.
- **(5)** Escolhe-se aleatoriamente um novo conjunto de exemplos de treinamento (normalmente com um número maior de exemplos) e repete-se novamente o processo.

Medindo Desempenho



Leitura Complementar

- Russell, S. and Norvig, P. **Artificial Intelligence: a Modern Approach**, 2nd Edition, Prentice-Hall, 2003.
- **Capítulo 18: Learning from Observations**

