

# Sistemas Baseados em Conhecimento

Renata Wassermann

`renata@ime.usp.br`

2019

# Antes de começar

- ▶ Pré-requisito: lógica

# Antes de começar

- ▶ Pré-requisito: lógica
- ▶ Não se esqueçam de se inscrever no curso no PACA!!!

## Antes de começar

- ▶ Pré-requisito: lógica
- ▶ Não se esqueçam de se inscrever no curso no PACA!!!
- ▶ Monitor: Vinícius, plantões a combinar

## Antes de começar

- ▶ Pré-requisito: lógica
- ▶ Não se esqueçam de se inscrever no curso no PACA!!!
- ▶ Monitor: Vinícius, plantões a combinar
- ▶ Listas de exercício

## Antes de começar

- ▶ Pré-requisito: lógica
- ▶ Não se esqueçam de se inscrever no curso no PACA!!!
- ▶ Monitor: Vinícius, plantões a combinar
- ▶ Listas de exercício
- ▶ Duas provas - ?/10 e ?/11

# Antes de começar

- ▶ Pré-requisito: lógica
- ▶ Não se esqueçam de se inscrever no curso no PACA!!!
- ▶ Monitor: Vinícius, plantões a combinar
- ▶ Listas de exercício
- ▶ Duas provas - ?/10 e ?/11
- ▶ Um projeto na segunda parte do curso

## Antes de começar

Média de provas:  $MP = (P1+P2)/2$

Média aritmética das listas: L

Nota de projeto: E

Média Final:  $(2*MP + L + E)/4$   
(desde que MP, L e E  $\geq 5$ )



# Antes de começar

Não seguiremos nenhum livro à risca.

Primeira parte do curso:

*Ron Brachman e Hector Levesque*

*“Knowledge Representation and Reasoning”*

*Morgan Kaufman, 2004*

# O que é IA?

Algumas definições:

- ▶ “Estudo de como fazer com que computadores façam coisas nas quais hoje em dia pessoas são melhores que computadores.”
- ▶ “Estudo do funcionamento da mente através de modelos computacionais.”

# O que é IA?

Algumas definições:

- ▶ “Estudo de como fazer com que computadores façam coisas nas quais hoje em dia pessoas são melhores que computadores.”
- ▶ “Estudo do funcionamento da mente através de modelos computacionais.”
- ▶ “Arte de tratar problemas intratáveis.”

# Máquinas podem pensar?

- ▶ Máquinas podem voar?
  - ▶ avião, helicóptero
- ▶ Máquinas podem nadar?
  - ▶ navio?

# Máquinas podem pensar?

- ▶ Máquinas podem voar?
  - ▶ avião, helicóptero
- ▶ Máquinas podem nadar?
  - ▶ navio?

# Máquinas podem pensar?

- ▶ Máquinas podem voar?
  - ▶ avião, helicóptero
- ▶ Máquinas podem nadar?
  - ▶ navio? submarino?

# Máquinas podem pensar?

- ▶ Máquinas podem voar?
  - ▶ avião, helicóptero
- ▶ Máquinas podem nadar?
  - ▶ navio? submarino?
  - ▶ “Se mover na água com movimentos de partes do corpo”

# Máquinas podem pensar?

- ▶ Máquinas podem voar?
  - ▶ avião, helicóptero
- ▶ Máquinas podem nadar?
  - ▶ navio? submarino?
  - ▶ “Se mover na água com movimentos de partes do corpo”
- ▶ Pensar: efeito ou processo?



# O que é agir de forma inteligente?

- ▶ “IA Forte” × “IA Fraca”

# O que é agir de forma inteligente?

- ▶ “IA Forte” × “IA Fraca”
- ▶ Searl - quarto chinês

# O que é agir de forma inteligente?

- ▶ “IA Forte” × “IA Fraca”
- ▶ Searl - quarto chinês
- ▶ Usar um isqueiro para ver se ainda tem gasolina no tanque.

# O que é agir de forma inteligente?

- ▶ “IA Forte” × “IA Fraca”
- ▶ Searl - quarto chinês
- ▶ Usar um isqueiro para ver se ainda tem gasolina no tanque.
  - ▶ Falta de conhecimento × Falta de uso (raciocínio)

# O que é agir de forma inteligente?

- ▶ “IA Forte” × “IA Fraca”
- ▶ Searl - quarto chinês
- ▶ Usar um isqueiro para ver se ainda tem gasolina no tanque.
  - ▶ Falta de conhecimento × Falta de uso (raciocínio)
- ▶ Turing (1950): ao invés de perguntar se podem “pensar”, perguntar se podem “passar teste de comportamento”

# O Teste de Turing

- ▶ Computador considerado inteligente se consegue enganar um examinador.
- ▶ O examinador e o examinado “conversam” através de um teclado.
- ▶ Objetivo do examinador é descobrir se o examinado é humano ou um computador.
- ▶ Computador passa no teste se não for identificado.

# Habilidades Envolvidas

- ▶ Processamento de Linguagem Natural.
- ▶ Representação do Conhecimento.
- ▶ Raciocínio Automático.
- ▶ Aprendizado de Máquina.

## Bom Senso

- ▶ Na sala, Lisa pegou o jornal e caminhou até a cozinha. Onde está o jornal?



## Bom Senso

- ▶ Na sala, Lisa pegou o jornal e caminhou até a cozinha. Onde está o jornal?
- ▶ Marta deixou o livro na mesa da sala e foi para o quarto. Quando voltou o livro não estava. O que aconteceu com o livro?

## Bom Senso

- ▶ Na sala, Lisa pegou o jornal e caminhou até a cozinha. Onde está o jornal?
- ▶ Marta deixou o livro na mesa da sala e foi para o quarto. Quando voltou o livro não estava. O que aconteceu com o livro?
- ▶ Guilherme coloca uma tampa na pia da cozinha, abre a torneira e vem para a aula. O que vai acontecer?

## Bom Senso

- ▶ Na sala, Lisa pegou o jornal e caminhou até a cozinha. Onde está o jornal?
- ▶ Marta deixou o livro na mesa da sala e foi para o quarto. Quando voltou o livro não estava. O que aconteceu com o livro?
- ▶ Guilherme coloca uma tampa na pia da cozinha, abre a torneira e vem para a aula. O que vai acontecer?
- ▶ Sônia aperta a tecla ON do controle remoto da TV. O que vai acontecer?

## Bom Senso

- ▶ Na sala, Lisa pegou o jornal e caminhou até a cozinha. Onde está o jornal?
- ▶ Marta deixou o livro na mesa da sala e foi para o quarto. Quando voltou o livro não estava. O que aconteceu com o livro?
- ▶ Guilherme coloca uma tampa na pia da cozinha, abre a torneira e vem para a aula. O que vai acontecer?
- ▶ Sônia aperta a tecla ON do controle remoto da TV. O que vai acontecer?
- ▶ Um gato esfomeado vê comida em cima de uma mesa. O gato pula para a mesa. O que ele pensa fazer?

# Bom Senso

Dois aspectos do bom senso que temos de considerar especialmente:

- ▶ Representação: Para poder aplicar o raciocínio nos exemplos anteriores, precisamos de um cenário que possamos manipular.
- ▶ Raciocínio: Uma vez que temos o cenário representado, podemos realizar inferências a partir dele.

# Commonsense

- ▶ Conferência bianual.
- ▶ Problema de 1998: como quebrar um ovo.
- ▶ Quatro soluções.
- ▶ Ao menos dois artigos em revista.

# Uma formalização

- ▶ Leora Morgenstern, “Mid-sized axiomatizations of commonsense problems: A case study in egg cracking”, *Studia Logica*, 2001.
- ▶ Axiomas
  1. Objetos podem ser sólidos ou líquidos.
  2. Objetos podem ser macios ou rígidos, quebráveis ou inquebráveis.
  - ...

# Uma formalização

- ▶ Leora Morgenstern, “Mid-sized axiomatizations of commonsense problems: A case study in egg cracking”, *Studia Logica*, 2001.
- ▶ Axiomas
  1. Objetos podem ser sólidos ou líquidos.
  2. Objetos podem ser macios ou rígidos, quebráveis ou inquebráveis.
  - ...
  36. Se a capacidade do recipiente não é suficiente para conter um líquido, ele transborda.
  - ...



► 66 axiomas.

- ▶ 66 axiomas.
- ▶ Lógica de primeira ordem e circunscrição.

- ▶ 66 axiomas.
- ▶ Lógica de primeira ordem e circunscrição.
- ▶ Teoremas:

- ▶ 66 axiomas.
  - ▶ Lógica de primeira ordem e circunscrição.
  - ▶ Teoremas:
    1. Se um objeto líquido é derramado de um recipiente aberto para um segundo recipiente aberto e a capacidade disponível do segundo recipiente é maior que o volume do objeto líquido, então o segundo recipiente irá conter o líquido no final da ação de derramar.
- ...

# Frame Problem

“COGNITIVE WHEELS: THE FRAME PROBLEM OF AI”  
DANIEL C. DENNETT

O contexto:

Um robô deve defender sua existência.

A bateria que ele precisa está presa em um quarto, com uma bomba que explodirá em breve.

R1: o robô encontra o quarto, a chave, entra no quarto. Verifica que a bateria está em um carrinho e decide que deve empurrar o carrinho para fora para remover a bateria do quarto. Tudo certo, mas...

R1: o robô encontra o quarto, a chave, entra no quarto. Verifica que a bateria está em um carrinho e decide que deve empurrar o carrinho para fora para remover a bateria do quarto. Tudo certo, mas...

... a bomba também estava no carrinho. R1 sabia disso, mas não inferiu que empurrar o carrinho para fora também traria a bomba junto.

R1: o robô encontra o quarto, a chave, entra no quarto. Verifica que a bateria está em um carrinho e decide que deve empurrar o carrinho para fora para remover a bateria do quarto. Tudo certo, mas...

... a bomba também estava no carrinho. R1 sabia disso, mas não inferiu que empurrar o carrinho para fora também traria a bomba junto.

Faltou inferir consequências da ação planejada.



“Nosso próximo robô deve ser capaz de reconhecer os efeitos colaterais das ações planejadas.”

R1D1: O robô chega ao quarto, planeja empurrar o carrinho para fora e começa a considerar as implicações desta ação. Depois de resolver que empurrar o carrinho não vai mudar a cor das paredes, o robô está quase verificando que ao empurrar o carrinho as rodas dele vão dar mais voltas do que o número de rodas do carrinho quando a bomba explode...

“Nosso próximo robô deve ser capaz de reconhecer os efeitos colaterais das ações planejadas.”

R1D1: O robô chega ao quarto, planeja empurrar o carrinho para fora e começa a considerar as implicações desta ação. Depois de resolver que empurrar o carrinho não vai mudar a cor das paredes, o robô está quase verificando que ao empurrar o carrinho as rodas dele vão dar mais voltas do que o número de rodas do carrinho quando a bomba explode...

Não dá para perder tempo com todas as consequências.

“Nosso robô deve ser capaz de separar as inferências relevantes das irrelevantes e ignorar as irrelevantes.”

R1D2: Sentado na porta do quarto, pensativo, no estilo Hamlet.  
“Estou ocupado ignorando as implicações irrelevantes. Cada vez que eu faço uma dedução, eu verifico se ela é irrelevante, se for, coloco na lista das que eu devo ignorar e...”

“Nosso robô deve ser capaz de separar as inferências relevantes das irrelevantes e ignorar as irrelevantes.”

R1D2: Sentado na porta do quarto, pensativo, no estilo Hamlet.  
“Estou ocupado ignorando as implicações irrelevantes. Cada vez que eu faço uma dedução, eu verifico se ela é irrelevante, se for, coloco na lista das que eu devo ignorar e...”

**BUM!**

# O que é Representação de Conhecimento

**Representação:** Símbolos no lugar de coisas no “mundo”.



"John"  $\longrightarrow$  John

"John loves Mary"  $\longrightarrow$  the proposition that  
John loves Mary

**Representação de conhecimento:**

- codificação simbólica de proposições conhecidas/acreditadas.

# O que é raciocínio?

Manipulação de símbolos que codificam proposições para produzir representações de novas proposições:

- ▶  $\text{"1011"} + \text{"10"} \Rightarrow \text{"1101"}$
- ▶  $\text{"loves(J,M)"} + \text{"comes(M,Party)"} \Rightarrow \text{"}\exists x \text{loves(J,x)} \wedge \text{comes(x,Party)"} \Rightarrow$

# KR Hypothesis

*Any mechanically embodied intelligent process will be comprised of structural ingredients that (a) we as external observers naturally take to represent a propositional account of the knowledge that the overall process exhibits, and (b) independent of such external semantic attribution, play a formal but causal and essential role in engendering the behaviour that manifests that knowledge.*

(Brian Smith, 1982)

Em outras palavras, existência de estruturas que

- ▶ podem ser interpretadas de forma proposicional
- ▶ determinam o comportamento do sistema

**Sistema baseado em conhecimento:** sistema desenvolvido de acordo com estes princípios



## Exemplo (Brachman & Levesque)

```
printColour(snow) :- !, write("It's white.").  
printColour(grass) :- !, write("It's green.").  
printColour(sky) :- !, write("It's yellow.").  
printColour(X) :- write("Beats me.").
```

## Exemplo (Brachman & Levesque)

```
printColour(X) :- colour(X,Y), !,  
                  write("It's "), write(Y), write(".").  
printColour(X) :- write("Beats me.").
```

```
colour(snow,white).  
colour(sky,yellow).  
colour(vegetation,green).  
colour(X,Y) :- madeof(X,Z), colour(Z,Y).  
  
madeof(grass,vegetation).
```

## Exemplo (Brachman & Levesque)

```
printColour(X) :- colour(X,Y), !,  
                  write("It's "), write(Y), write(".").  
printColour(X) :- write("Beats me.").
```

```
colour(snow,white).  
colour(sky,yellow).  
colour(vegetation,green).  
colour(X,Y) :- madeof(X,Z), colour(Z,Y).
```

```
madeof(grass,vegetation).
```

```
madeof(field,grass).
```

# Adequação da linguagem

Representação de números:

- ▶ romanos - difíceis para operações aritméticas
- ▶ arábicos decimais - bons para compreensão humana
- ▶ binários - bons para computação

## Por que usar lógica?

- ▶ Linguagem formal já bem conhecida e desenvolvida

## Por que usar lógica?

- ▶ Linguagem formal já bem conhecida e desenvolvida
- ▶ Já vem com o aparato para raciocínio.

## Por que usar lógica?

- ▶ Linguagem formal já bem conhecida e desenvolvida
- ▶ Já vem com o aparato para raciocínio.

# Por que usar lógica?

- ▶ Linguagem formal já bem conhecida e desenvolvida
- ▶ Já vem com o aparato para raciocínio.

Raciocínio = calcular consequências?



# Por que usar lógica?

- ▶ Linguagem formal já bem conhecida e desenvolvida
- ▶ Já vem com o aparato para raciocínio.

Raciocínio = calcular consequências?

Nem sempre é possível/útil calcular todas...

Digressão - para onde estamos indo?

GOFAI - “Good old-fashioned AI”

## Digressão - para onde estamos indo?

GOFAI - “Good old-fashioned AI”

Deep Learning

## Digressão - para onde estamos indo?

GOFAI - “Good old-fashioned AI”

Deep Learning

## Digressão - para onde estamos indo?

GOFAI - “Good old-fashioned AI”

Deep Learning (Caixas Pretas)

Weapons for Math Destruction

## Digressão - para onde estamos indo?

GOFAI - “Good old-fashioned AI”

Deep Learning (Caixas Pretas)

Weapons for Math Destruction

Explainable AI

## Digressão - para onde estamos indo?

GOFAI - “Good old-fashioned AI”

Deep Learning (Caixas Pretas)

Weapons for Math Destruction

Explainable AI

**... o retorno da Lógica!!!**

# Cenas dos próximos capítulos

- ▶ Um pouco de história de SBC



# Cenas dos próximos capítulos

- ▶ Um pouco de história de SBC
- ▶ Lógica de primeira ordem (LPO) como linguagem de representação e raciocínio

# Cenas dos próximos capítulos

- ▶ Um pouco de história de SBC
- ▶ Lógica de primeira ordem (LPO) como linguagem de representação e raciocínio
- ▶ Engenharia de conhecimento

# Cenas dos próximos capítulos

- ▶ Um pouco de história de SBC
- ▶ Lógica de primeira ordem (LPO) como linguagem de representação e raciocínio
- ▶ Engenharia de conhecimento
- ▶ Fragmentos: Horn, Lógicas de descrição

# Cenas dos próximos capítulos

- ▶ Um pouco de história de SBC
- ▶ Lógica de primeira ordem (LPO) como linguagem de representação e raciocínio
- ▶ Engenharia de conhecimento
- ▶ Fragmentos: Horn, Lógicas de descrição
- ▶ Ontologias