

# Sistemas Baseados em Conhecimento

Renata Wassermann

`renata@ime.usp.br`

## 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.”

“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.”

“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.”

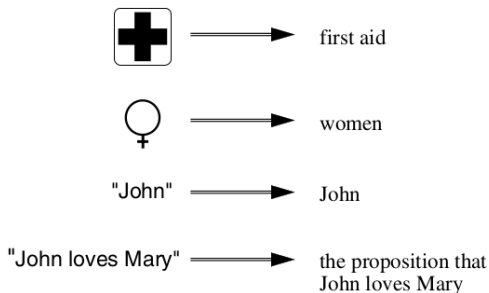
R1D2: Sentado na porta do quarto, pensativo, no estilo Hamlet.  
“Estou ocupado ignorando as implicações irrelevantes. Cada vez que eu faço uma dedução, eu verifico se ela é irrelevante, se for, coloco na lista das que eu devo ignorar e...”

**BUM!**



# O que é Representação de Conhecimento

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



## 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:

- “1011” + “10”  $\implies$  “1101”
- “loves(J,M)” + “comes(M,Party)”  $\implies$   
“ $\exists x$ loves(J,x) $\wedge$ comes(x,Party)”

## 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

# 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...

# DENDRAL (Buchanan, Feigenbaum & Lederberg) ~ 1965

## Primeiro “sistema especialista”

- Objetivo: descobrir a estrutura de moléculas orgânicas.
- Dados de espectrômetros.
- Tinha aprendizado indutivo! (analisando moléculas conhecidas e gerando regras)
- Conhecimento sobre química representado reduzia as combinações possíveis.

# MYCIN (Shortliffe & Buchanan) ~ 1975

Identificação de bactérias e sugestão de antibióticos.

- Cerca de 600 regras.
- Mecanismo de inferência simples
- Uso de probabilidades
- Série de perguntas levando a um diagnóstico.

# MYCIN

Exemplo de regra:

IF: 1) The stain of the organism is gram positive, and  
2) The morphology of the organism is coccus, and  
3) The growth conformation of the organism is chains  
THEN: There is suggestive evidence (.7) that the identity  
of the organism is streptococcus

# MYCIN

- Diagnóstico correto em 69% dos casos.

# MYCIN

- Diagnóstico correto em 69% dos casos.
- Melhor do que vários especialistas em infecções avaliados em Stanford.

# MYCIN

- Diagnóstico correto em 69% dos casos.
- Melhor do que vários especialistas em infecções avaliados em Stanford.
- No entanto, não foi usado na prática por duas razões:



# MYCIN

- Diagnóstico correto em 69% dos casos.
- Melhor do que vários especialistas em infecções avaliados em Stanford.
- No entanto, não foi usado na prática por duas razões:
  - Ética

# MYCIN

- Diagnóstico correto em 69% dos casos.
- Melhor do que vários especialistas em infecções avaliados em Stanford.
- No entanto, não foi usado na prática por duas razões:
  - Ética
  - Tempo de uma sessão típica  $\geq 30$  minutos.

# Problemas

- Aquisição de conhecimento
- Capacidade de inferência e memória (RAM era medida em Kb!!!)

## Hoje em dia...

- Máquinas substituem trabalhadores no serviço físico.

## Hoje em dia...

- Máquinas substituem trabalhadores no serviço físico.
- Conhecimento é o que importa.

## Hoje em dia...

- Máquinas substituem trabalhadores no serviço físico.
- Conhecimento é o que importa.
  - Dado: não interpretado (...—...)

## Hoje em dia...

- Máquinas substituem trabalhadores no serviço físico.
- Conhecimento é o que importa.
  - Dado: não interpretado (...—...)
  - Informação: semântica atribuída ao dado (SOS)

## Hoje em dia...

- Máquinas substituem trabalhadores no serviço físico.
- Conhecimento é o que importa.
  - Dado: não interpretado (...—...)
  - Informação: semântica atribuída ao dado (SOS)
  - Conhecimento: propósito atribuído (alerta – > iniciar resgate)



## Hoje em dia...

- Máquinas substituem trabalhadores no serviço físico.
- Conhecimento é o que importa.
  - Dado: não interpretado (...—...)
  - Informação: semântica atribuída ao dado (SOS)
  - Conhecimento: propósito atribuído (alerta – > iniciar resgate)
- Aquisição de conhecimento: modelagem de domínio.

# Conhecimento ontológico

Sowa:  $KR = \text{Lógica} + \text{Ontologia} + \text{Computação}$

- Lógica: Estrutura formal + regras de inferência
- Ontologia: O que existe no domínio
- Computação: Distingue da filosofia...

## The Naïve Physics Manifesto (Hayes, 1978, 1983)

*I propose the construction of a formalization of a sizable portion of common-sense knowledge about the everyday physical world: about objects, shape, space, movement, substances (solids and liquids), time, etc.*

# The Naïve Physics Manifesto (Hayes, 1978, 1983)

- Proposta: desenvolver uma teoria formal englobando todo o conhecimento de física de leigos.

# The Naïve Physics Manifesto (Hayes, 1978, 1983)

- Proposta: desenvolver uma teoria formal englobando todo o conhecimento de física de leigos.
- Conhecimento expresso de forma declarativa.

# The Naïve Physics Manifesto (Hayes, 1978, 1983)

- Proposta: desenvolver uma teoria formal englobando todo o conhecimento de física de leigos.
- Conhecimento expresso de forma declarativa.
- Teoria organizada em clusters de conceitos e axiomas.

# The Naïve Physics Manifesto (Hayes, 1978, 1983)

- Proposta: desenvolver uma teoria formal englobando todo o conhecimento de física de leigos.
- Conhecimento expresso de forma declarativa.
- Teoria organizada em clusters de conceitos e axiomas.
- Fugir dos “toy examples” de IA.

# CYC

- Iniciado em 1984, por Doug Lenat



# CYC

- Iniciado em 1984, por Doug Lenat
- Objetivo: formalizar conhecimento necessário para raciocínio envolvendo bom senso.

# CYC

- Iniciado em 1984, por Doug Lenat
- Objetivo: formalizar conhecimento necessário para raciocínio envolvendo bom senso.
- Ainda em andamento...

# CYC

- Iniciado em 1984, por Doug Lenat
- Objetivo: formalizar conhecimento necessário para raciocínio envolvendo bom senso.
- Ainda em andamento...
- Originou uma empresa, Cycorp, em 1994

# CYC

- Iniciado em 1984, por Doug Lenat
- Objetivo: formalizar conhecimento necessário para raciocínio envolvendo bom senso.
- Ainda em andamento...
- Originou uma empresa, Cycorp, em 1994
- Open CYC

# CYC

- Ideia: formalizar micromundos

# CYC

- Ideia: formalizar micromundos
- Dificuldade: muitos pesquisadores envolvidos, inconsistências

# CYC

- Ideia: formalizar micromundos
- Dificuldade: muitos pesquisadores envolvidos, inconsistências
- Uso não é trivial