

Modelos para a Cognição

Aula Inaugural PGEAS/UFSC - 1o trimestre 2009

04 de março de 2009

Guilherme Bittencourt

Departamento de Automação e Sistemas

Universidade Federal de Santa Catarina

88040-900 - Florianópolis - SC - Brazil

Internet: www.das.ufsc.br/~gb

E-mail: gb@das.ufsc.br

Sumário

- Introdução
- Cognitivo
- Reativo
- Um modelo cognitivo
- Conclusão

Introdução

O que é ciência?

$$F = m \cdot a$$

$$E = m \cdot c^2$$

Modelo
←

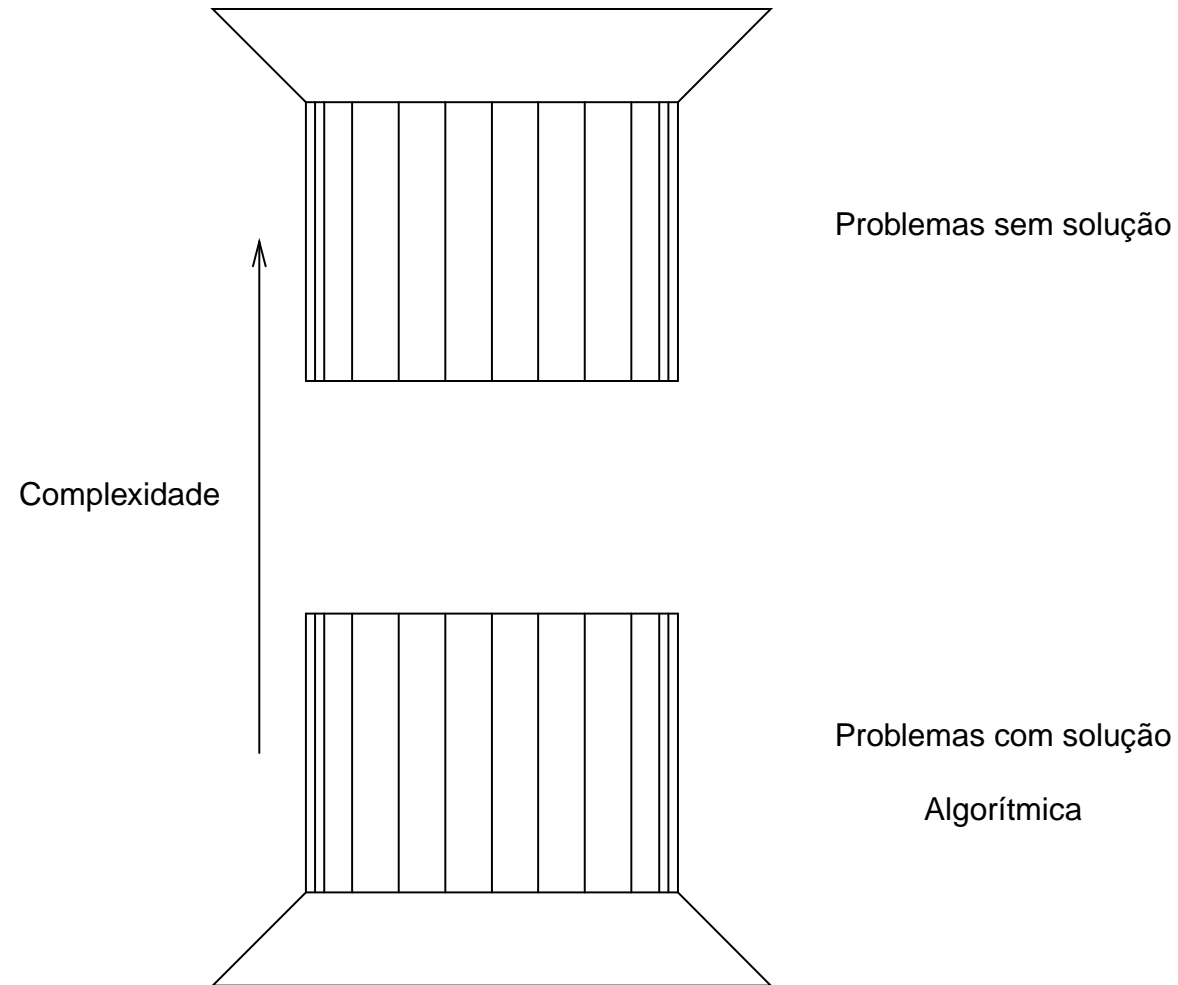
Predição
→



Introdução

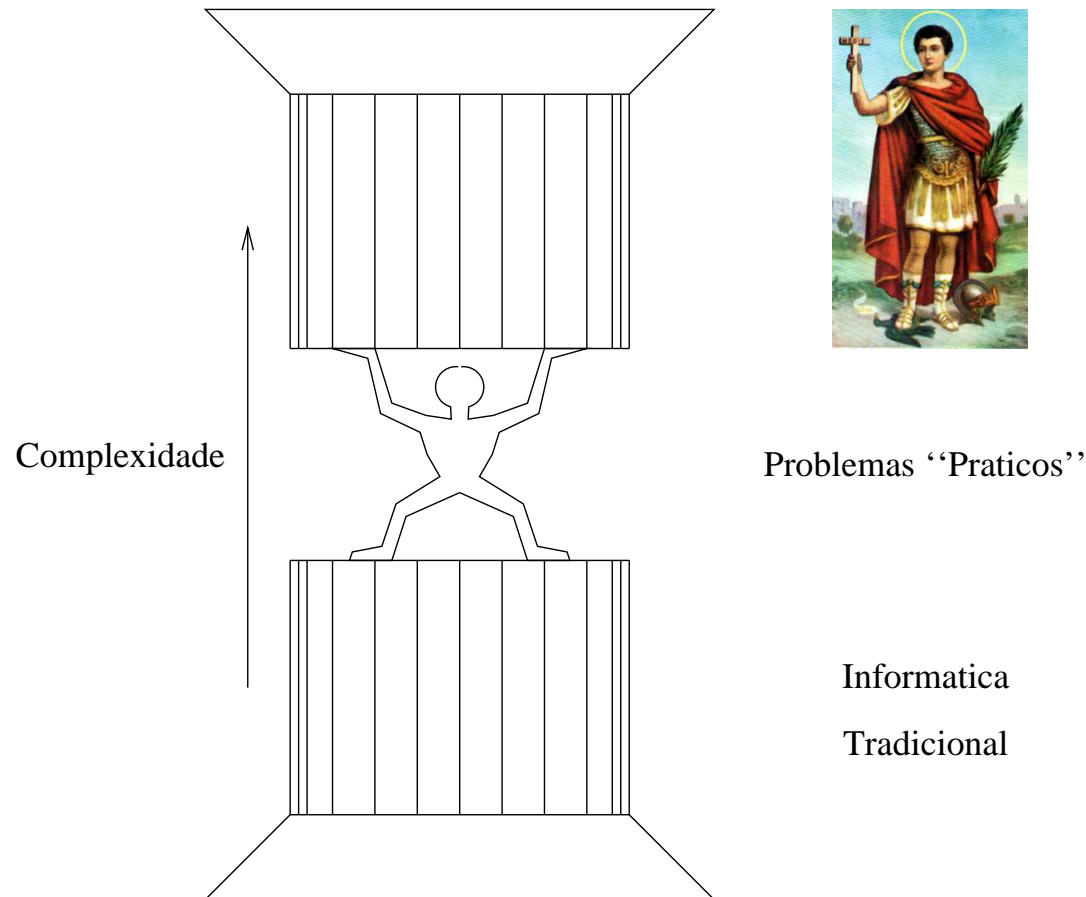
O que é Inteligência Artificial?

Conjunto de técnicas para resolver *problemas complexos*.



Introdução

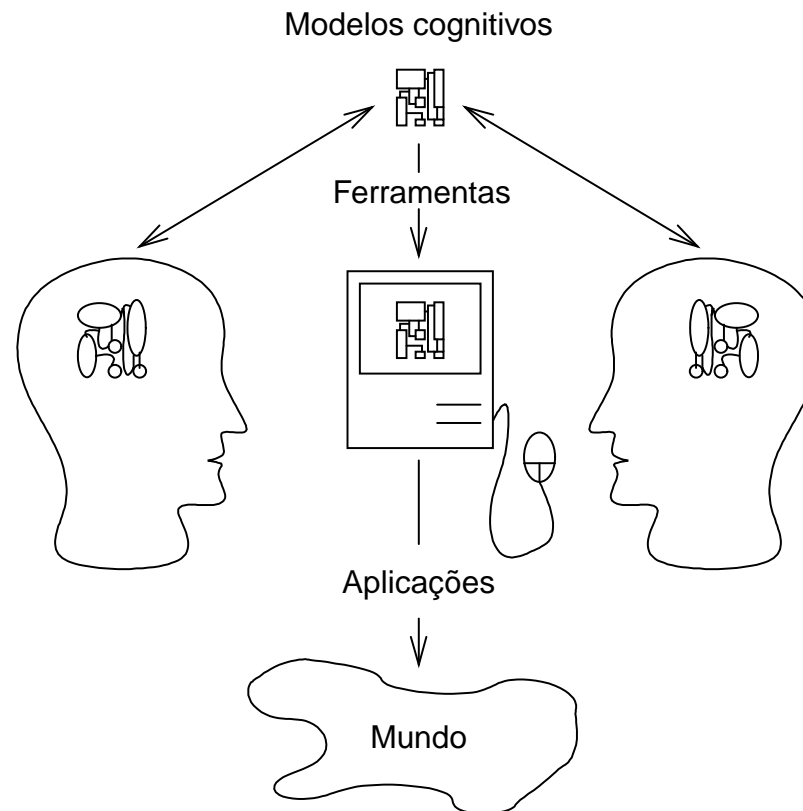
Conjunto de técnicas para resolver *problemas complexos*, isto é, problemas que, apesar de não ter solução *algorítmica*, são solucionados por *seres humanos*.



Introdução

Metodologia em IA:

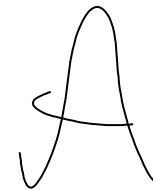
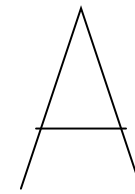
- Criação de teorias e modelos para a capacidade cognitiva.
- Implementação de sistemas computacionais baseados nestes modelos.



Introdução

Que tipo de modelos?

Todo homem é mortal.
Sócrates é homem.
Logo, Sócrates é mortal.



Introdução

Modelos em AI:

- modelos simbólicos (lógicos) “sense-model-plan-act”
 - representação de conhecimento, motores de inferência, planejamento (SAT), raciocínio sobre ações
 - “composicionalidade” (compositionality), modularidade, semântica explícita: **LINGUAGEM**
- modelos reativos “behavior-based artificial creatures situated in the world”
 - arquitetura de subsunção, connexionismo, controle nebuloso, computação evolutiva, algoritmos de enxame (swarm algorithms), aprendizado por reforço
 - auto-organização, “corporificação” (embodiment), aprendizado: **AÇÃO**

Simbólico

Máquinas podem pensar?

Alan Turing: *Computing Machinery and Intelligence*

“no jogo participam três pessoas, um homem, uma mulher e um interrogador que pode ser de qualquer sexo. O interrogador fica em uma sala à parte dos outros dois. O objetivo do jogo para o interrogador é determinar qual dos outros dois é o homem e qual é a mulher. Ao interrogador é permitido fazer perguntas quaisquer aos outros dois participantes.”



Definição totalmente operacional de inteligência cognitiva, independente do tipo de mecanismo que produz a inteligência.

Simbólico

Allen Newell, The Knowledge Level (1980)

Comportamento de um agente:

- O agente possui *conhecimento*.
- Parte do conhecimento consistem *objetivos*.
- O agente é capaz de executar certas *ações*
- O agente age de acordo com o *princípio da racionalidade*:

O agente seleciona a ação que, de acordo com seu conhecimento, leva a realização de um de seus objetivos.



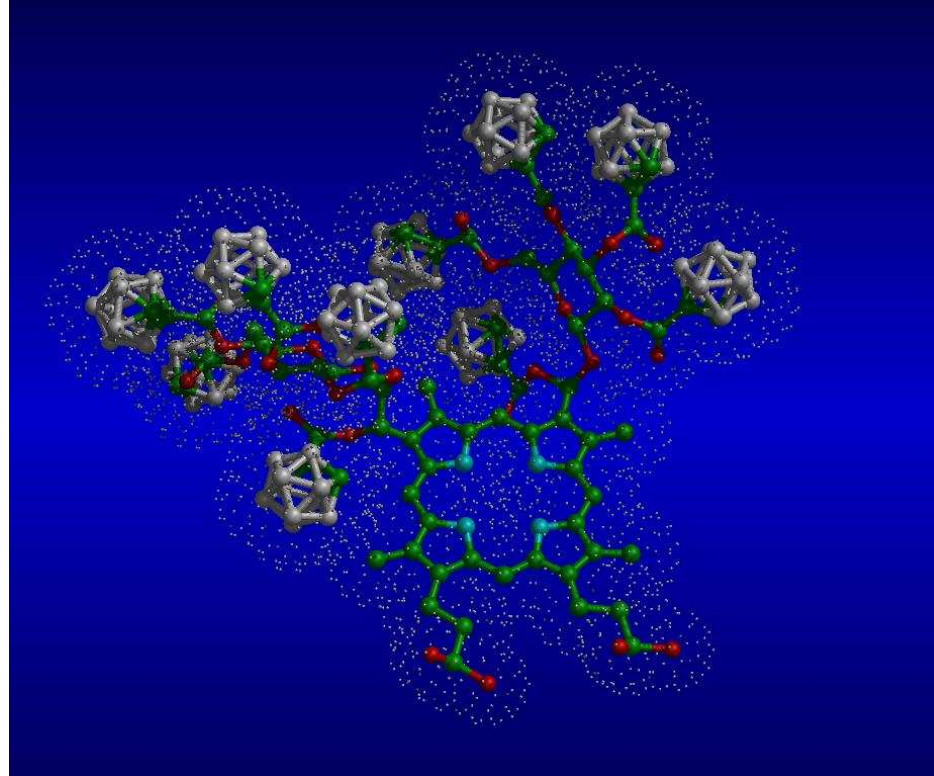
Simbólico - Fundamentos

Lógica, semântica e significado

Rosa



Simbólico - Fundamentos



Simbólico - Fundamentos

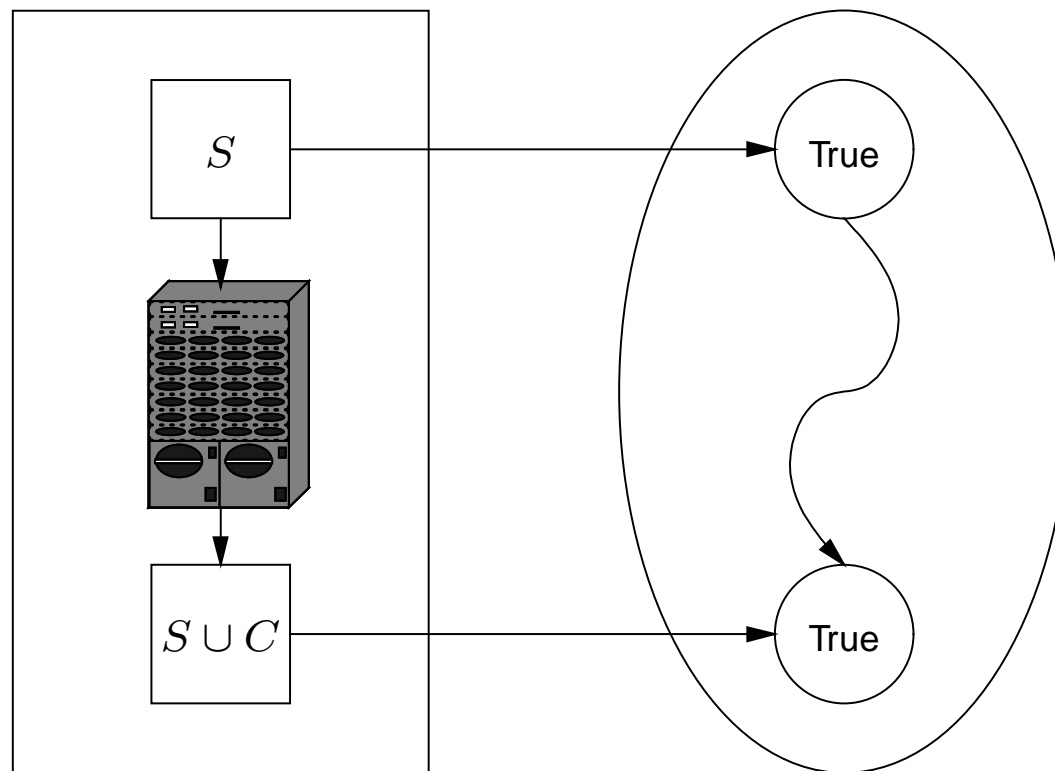
Lógica, semântica e significado

Logic

Set theory

syntactic language

abstract entities



Simbólico - Fundamentos

Teoria de modelos: estudo dos valores verdade.

Teoria de provas: estudo da estrutura dedutiva da linguagem lógica.

Resultados:

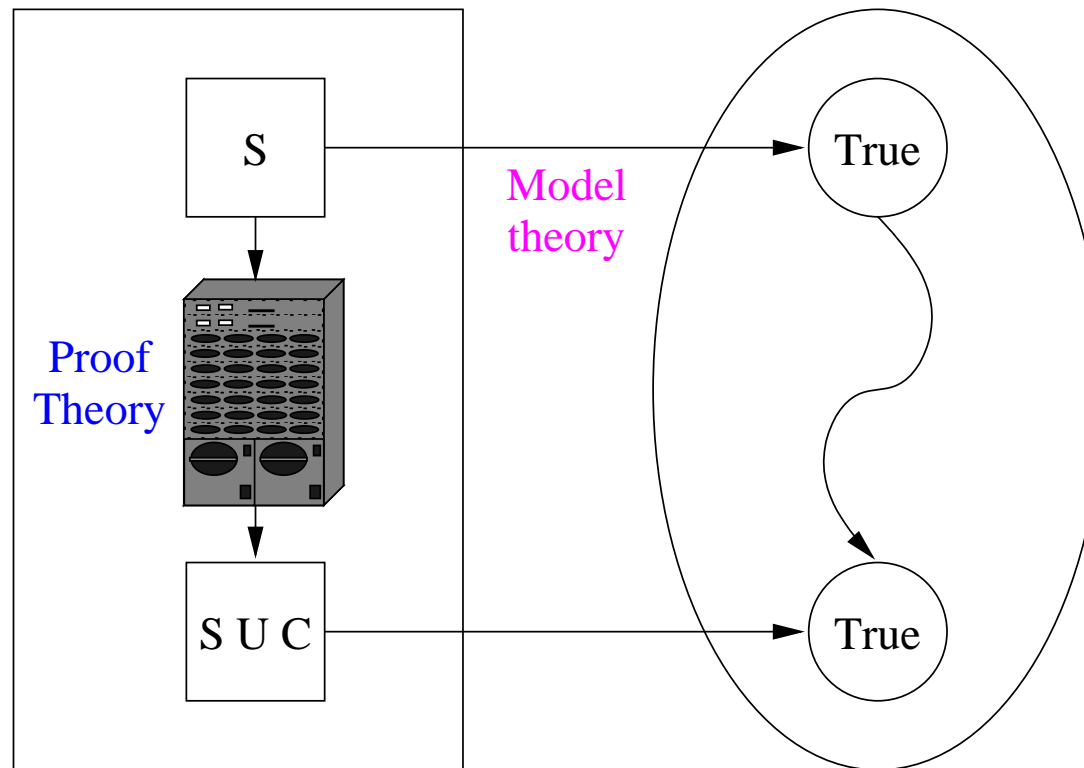
- Kurt Gödel e Jacques Herbrand (1930): existem sistemas lógicos de prova nos quais toda fórmula verdadeira pode ser provada, *completude*.
- Alfred Tarski (1934): maneira formal de realizar a associação entre fórmulas (e provas) e valores verdade, *semântica*.
- Alonzo Church e Alan Turing (1936): não existe um método geral capaz de decidir, em um número finito de passos, se uma fórmula é verdadeira, *semidecidibilidade*.

Simbólico - Fundamentos

Lógica, semântica e significado

Logic
syntactic language

Set theory
abstract entities



Simbólico

- *Teorias em nível de conhecimento*: especificação do conhecimento necessário a uma *capacidade cognitiva* (e.g., solução de problemas, uso de linguagem, tomada de decisões, percepção e alguns elementos de controle motor).

A capacidade cognitiva pode ser dividida em duas partes:

- uma *base de conhecimento* declarativa e
- um *motor de inferência*, i.e., um mecanismo capaz de, a partir da descrição de uma situação e da base de conhecimento, gerar novos conhecimentos declarativos que serão, por sua vez, armazenados na base de conhecimento e, eventualmente, utilizados como instruções para ação.

Simbólico - Limitações

Argumentos filosóficos contra a possibilidade de um mecanismo cognitivo totalmente abstrato:

- teorias axiomáticas que não levam em conta uma teoria da percepção e controle motor são excessivamente incompletas para servir de base para um modelo da cognição e
- conhecimento axiomático não é suficiente para capturar todo conhecimento que um agente pode ter sobre o mundo.
- Um planejador abstrato, incapaz de perceber o mundo ou agir sobre ele, mas informado sobre as propriedades do domínio, é capaz de fazer previsões e propor explicações?

Simbólico - Limitações

Argumentos filosóficos contra a possibilidade de um mecanismo cognitivo totalmente abstrato:

- A única maneira de dar sentido à linguagem de um tal planejador seria adotar uma interpretação em teoria dos modelos do possível significado dos termos que compõem a linguagem. Mas a teoria de modelos é uma teoria que trata da *validade* e das *conseqüências lógicas* e nada tem a dizer sobre intencionalidade e significado.



Asas do Desejo de Win Wenders

Simbólico - Limitações



J.R. Searle: *O problema da sala chinesa*

“suponha alguém trancado em uma sala com um manual de instruções, em sua língua de origem (que supõe-se não seja chinês), que informam como correlacionar certos símbolos em chinês de maneira a produzir novos símbolos em chinês. A pessoa ignora o significado dos símbolos e por isto não vê sentido nas regras, no entanto, para um observador externo que compreenda chinês a troca de símbolos simula uma conversa inteligente.”

Reativo

Elephants Don't Play Chess!



Exceto Elmer e Wilbur...

Reativo



Rodney A. Brooks (*roboticistas*):

- As capacidades dos sistemas inteligentes devem ser construídas incrementalmente.
- A cada passo deve resultar um sistema inteligente completo, capaz de atuar no mundo real através de percepção e ação.
- O mundo é um modelo melhor de si mesmo que qualquer representação.

Reativo

Suposições que levam a uma interpretação errônea da natureza das atividades cognitivas:

- a interface entre o sistema perceptivo e o mecanismo central da cognição pode ser descrita através de uma linguagem lógica;
- a atividade cognitiva é caracterizada pela atualização regular, através da percepção ou de inferência, de uma representação interna do estado do mundo;
- as seqüências de ações que permitem a um agente inteligente realizar tarefas são previamente planejadas através do exame das possibilidades e da escolha da melhor alternativa.

A complexidade do mundo não permite que este tipo de mecanismo cognitivo seja executado em tempo real.

Reativo

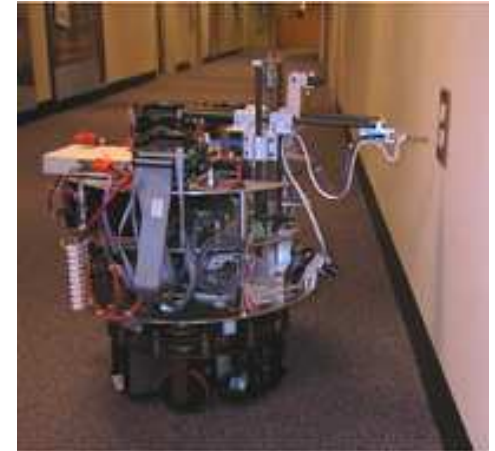
Sistemas inteligentes *sem representação*:



Hannibal



Attila



Seymour

Reativo - Fundamentos

Arquitetura de subsunção:

- Arquitetura sem controle centralizado.
- Arquitetura "bottom-up" construída apenas com máquinas de estado finitas.
- Módulos devem ser agrupados em camadas de competências.
- Módulos nas camadas superiores podem “controlar” os das camadas inferiores:
 - Supressão: entrada substituta para um módulo
 - Inibição: desligar a saída de um módulo.
- Não existem representações internas do mundo.
- Arquitetura baseada em tarefas.

Reativo - Fundamentos

Conexionismo:

Objetivo: simulação de comportamentos inteligentes através de modelos baseados na estrutura e funcionamento do cérebro humano.

Primeiros trabalhos: 1943, Warren McCulloch e Walter Pitts.

Características:

- capacidade de “aprender” através de exemplos e de generalizar este aprendizado;
- bom desempenho em tarefas mal definidas, pois não requer conhecimento sobre modelos matemáticos dos domínios de aplicação;
- alta imunidade ao ruído.

Reativo - Fundamentos

Funcionamento básico:

Lei de Hebb: inspiração para a maioria dos algoritmos de treinamento de rede neurais:

A intensidade de uma ligação sináptica entre dois neurônios aumenta se ambos são excitados simultaneamente.

Localidade da Lei de Hebb: a variação do peso de uma sinapse depende apenas de informações locais à sinapse.

Regra delta:

Variação da lei de Hebb para levar em conta o valor desejado para a atividade do neurônio (d_i):

$$\Delta\omega_{ij} = \eta(d_i - x_i)x_j.$$

Reativo - Fundamentos

Conexionismo:

Domínios de aplicação:

- reconhecimento de padrões (visão computacional, reconhecimento de voz, etc.),
- processamento de sinais,
- previsão (desde variação de carga elétrica até cotações da bolsa de valores), diagnóstico de falhas e identificação e controle de processos.

Reativo - Fundamentos

Computação evolutiva (CE):

Ramo da ciência da computação que propõe um paradigma alternativo ao processamento de dados convencional: simular o processo de seleção natural, descrito por Darwin em *A origem das espécies* visando a solução de problemas complexos.

- Não exige, para resolver um problema, o conhecimento prévio de uma maneira de encontrar uma solução ou qualquer tipo de modelo matemático do problema.
- Primeiros trabalhos: 1960, Holland e outros biólogos e geneticistas interessados em simular os processos vitais em computador.
- Aplicações: otimização, sistemas classificadores.

Reativo - Fundamentos

Funcionamento básico:

- Codificação das soluções para o problema, usualmente na forma de uma cadeia de “bits”.
- Definição de uma população inicial de soluções.
- Definição de uma *função de avaliação* capaz de julgar a aptidão de cada um dos indivíduos.
- Definição de uma série de operadores capazes de gerar a próxima geração a partir da atual.
- Evolução, ao longo das gerações que são simuladas no processo, de soluções “melhores”, através de um processo de *Adaptação*.

Reativo - Fundamentos

Exemplos de aplicações:

- Otimização de funções numéricas descontínuas, multimodais e ruidosas: são as aplicações mais tradicionais.
- Processamento de imagens: alinhamento de imagens (médicas, de satélite, etc) da mesma área obtidas em momentos diferentes, geração de retratos falados.
- Otimização combinatória: caixeiro viajante, problema da mochila (aplicações em VLSI), escalonamento de tarefas em fábricas.

Reativo - Limitações

- Formalismos reativos têm dificuldade em manipular *símbolos*.
- Modularização e generalização são difíceis de obter.
- O comportamento inteligente do agente deve ser programado a mão, pois não há busca nem planejamento.
- Módulos de comportamento são fáceis de programar, mas combiná-los em comportamentos mais gerais é muito difícil.

Thus the two approaches appear somewhat complementary. It is worth addressing the question of whether more power may be gotten by combining the two approaches.

Rodney Brooks

Um modelo cognitivo

- A Connectionist-Symbolic Model for Cognition. In: “Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems (ISMIS’93), Trondheim, Norway, June 15-18, 1993.
“Very bizarre, almost science-fiction, but intriguing enough to merit wider dissemination.” De um revisor anônimo.
- In the Quest of the Missing Link. “Proceedings of the 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI’97), Nagoya, Japan, August 23-29, 1997.
- An Embodied Model for Higher-Level Cognition. Proceedings of the 29th Annual Cognitive Science Society (CogSci2007), Nashville, Tennessee, USA, August 1-4, 2007.
“I personally found this article to be fascinating.” De um revisor anônimo.

Principles

In the quest of the missing link

- Cognition is an emergent property of a cyclic dynamic self-organizing process (Autopoiesis).
- Any model of the cognitive activity should be epistemologically compatible with the Theory of Evolution.
- Learning and cognitive activity are closely related and, therefore, the cognitive modeling process should strongly depend on the cognitive agent's particular history.

Summary

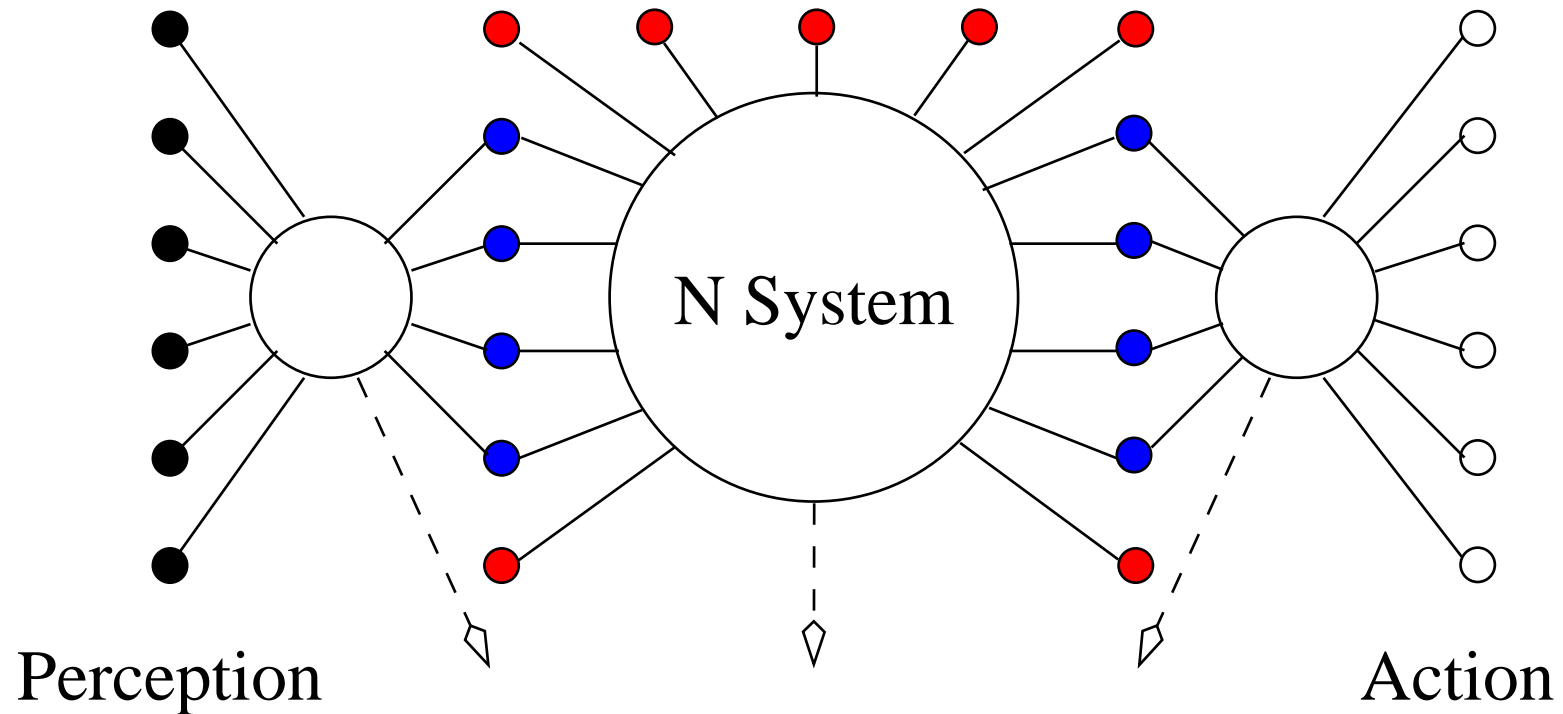
- Sketch of a cognitive model
- A minimal higher-level cognitive model
- An example
- Conclusion

Sketch of a Model

An Embodied Model for Higher-Level Cognition needs a body and lower levels.

- A three-level cognitive architecture: *reactive, instinctive* and *cognitive*.
- Each of the three levels models a complete operational cognitive system.
- Higher levels are intended to have evolved after and upon the lower ones.

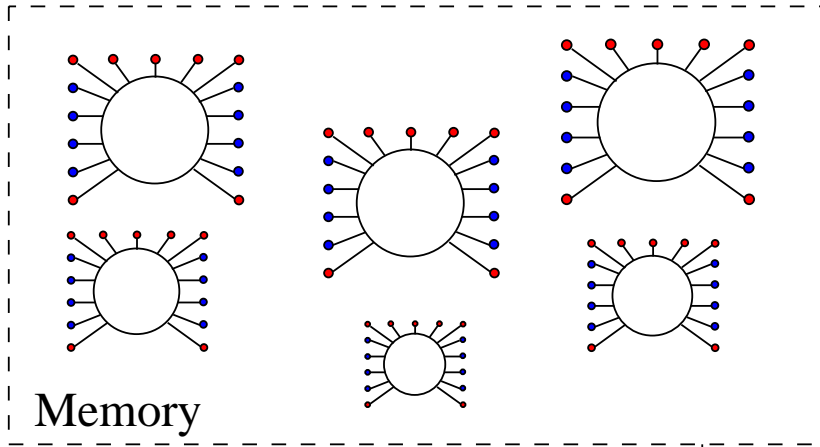
Reactive



Genetically determined
by the environment

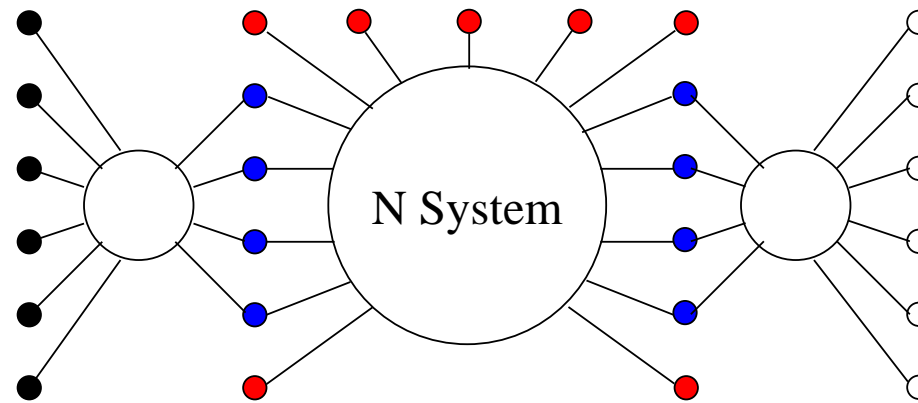
What an ANT do

Memory

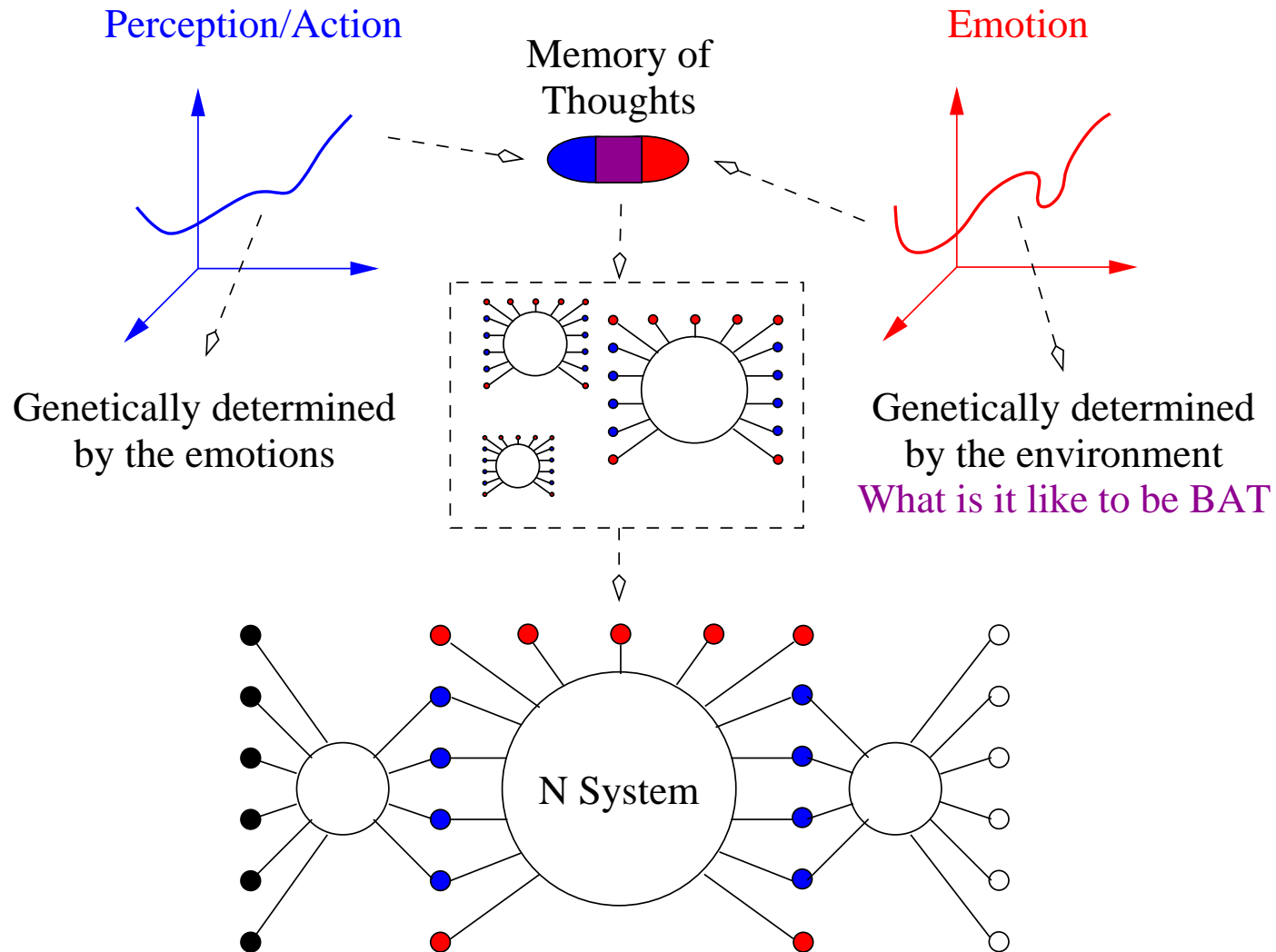


Genetically determined
by the environment

What is it like to be BAT



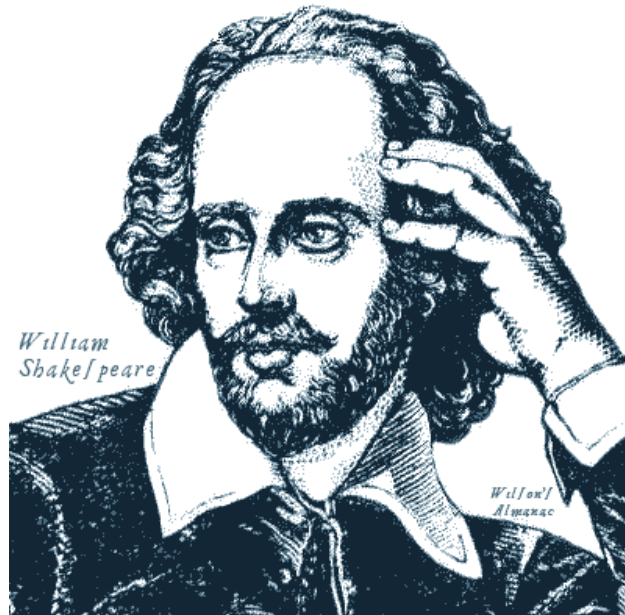
Instinctive



Cognitive

“What’s in a name? that which we call a rose
By any other word would smell as sweet.”

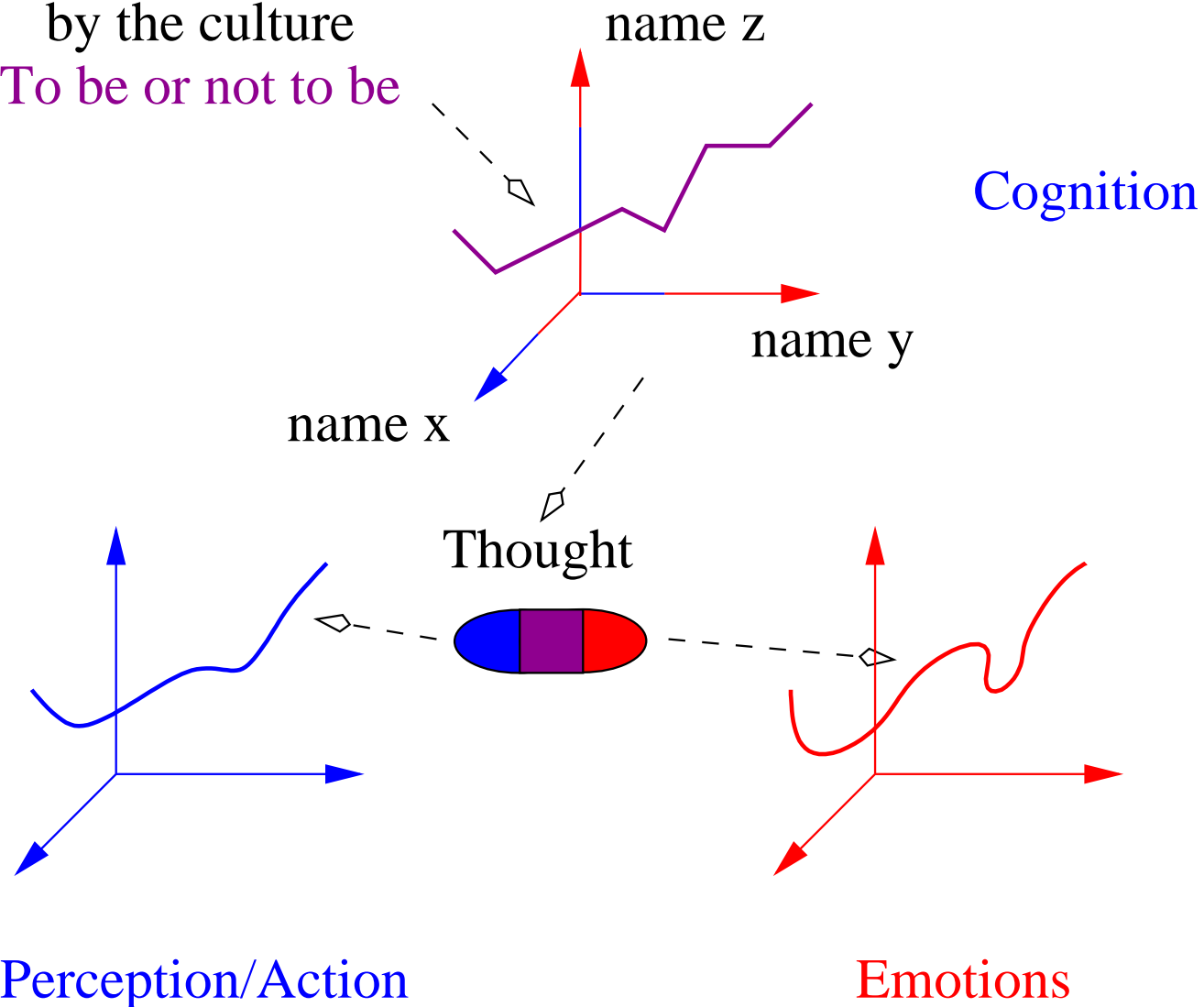
Romeo and Juliet, Act II, Scene I,
William Shakespeare.



Cognitive

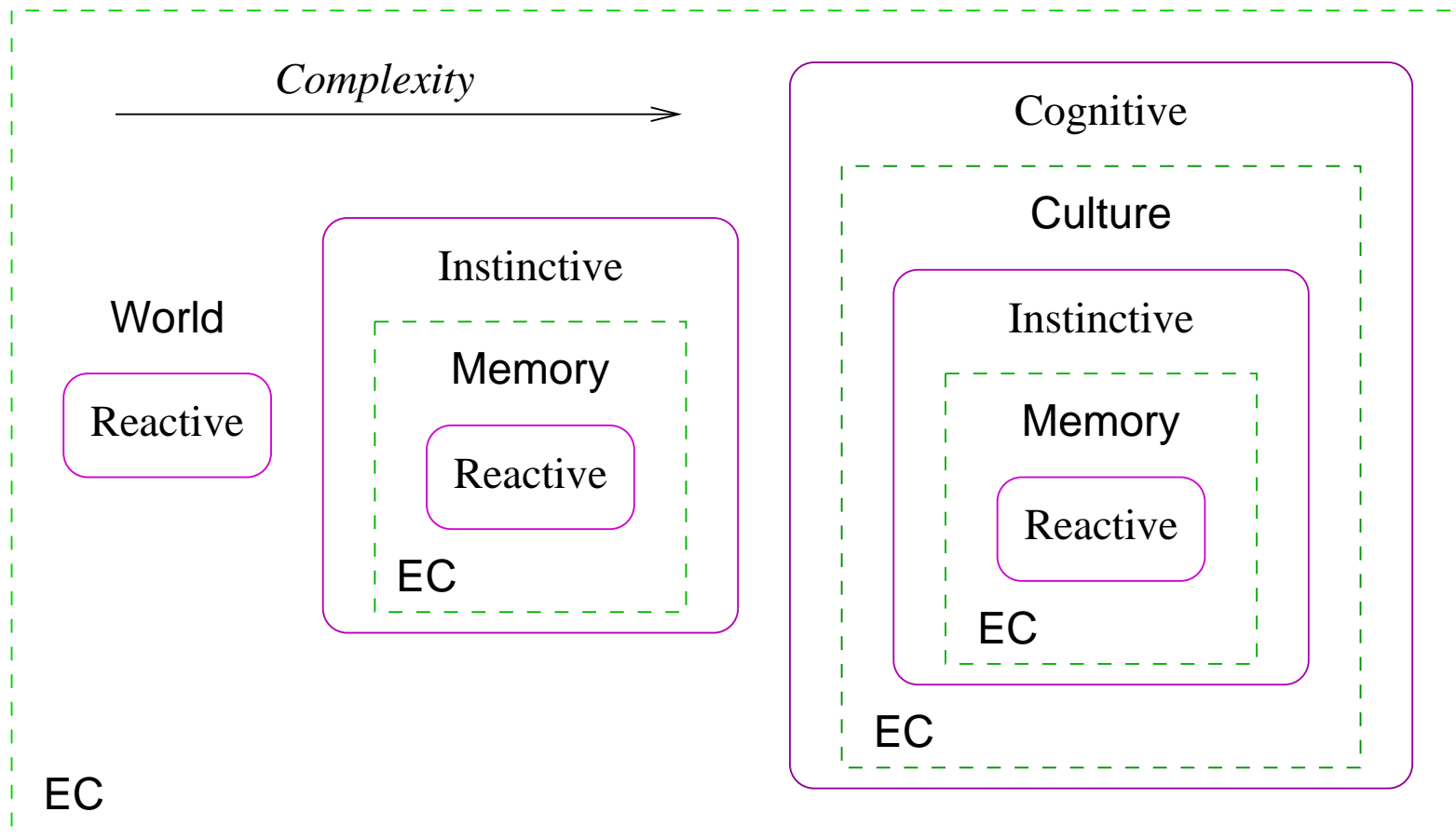
Genetically determined
by the culture

To be or not to be



Sketch of a Model

The Cognitive System Evolution



Conclusão



“We can only see a short distance ahead, but we can see plenty there that needs to be done.” Alan Turing (1950)



Conclusão

FIM

Guilherme Bittencourt

Departamento de Automação e Sistemas
Universidade Federal de Santa Catarina
88040-900 - Florianópolis - SC - Brazil
Internet: www.das.ufsc.br/~gb/Uber
E-mail: gb@das.ufsc.br