

José Oliveira

*O Robot Autista*

Zarsoft Publications

Título original: O Robot Autista

(c) 2013 by José Oliveira

Autor: José Oliveira

Email: [zarsoft@clix.pt](mailto:zarsoft@clix.pt)

ISBN: 978-84-686-4422-6

Data da 1ª edição: 06-2013

Edição: Zarsoft Publications  
& Bubok Publishing S.L.

# Prefácio

Este livro inclui dois trabalhos aparentemente sem ligação: inteligência artificial e autismo.

Em **1997** fiz um trabalho na Universidade do Minho sobre seres emocionais artificiais. Tratava-se dum estudo sobre a inteligência e evolução de seres artificiais. Ao serem submetidos às leis da evolução, alguns destes seres tornavam-se melhores e outros tornavam-se piores. Na altura reparei que alguns destes seres eram criados com deficiência emocional mas, não liguei muita importância porque o objetivo era criar seres perfeitos e não seres imperfeitos.

Alguns anos depois entrei em contacto com crianças com autismo e reparei nas semelhanças entre elas e os seres artificiais com deficiência emocional. Em **2004** coloquei as minhas conclusões sobre o autismo na internet.

Na primeira parte deste livro podem ler sobre o autismo e, na segunda parte sobre inteligência artificial.

Na primeira parte apresento um resumo das minhas observações e conclusões sobre o autismo. Trata-se de um autismo que resulta duma carência de emoções. Um caso típico acontece em crianças até cerca dos seis anos de idade. Neste caso, nos primeiros anos de vida, as células cerebrais

não comunicam devidamente umas com as outras e, isto nota-se principalmente no comportamento. Após alguns anos, as células podem começar a trabalhar normalmente e o problema pode desaparecer por si só.

Na segunda parte apresento um resumo do meu trabalho sobre inteligência artificial. Neste trabalho são apresentados seres designados *personoids*. Estes *personoids* são seres vivos que habitam um mundo virtual. As suas capacidades incluem: emoções, raciocínio, memória, sensações, ações, etc. Os *personoids* podem aprender a viver em qualquer mundo virtual ou mesmo no mundo real quando ligados a um corpo de *robot*.

*José Oliveira, 2013*

# ABC do Autismo

## Historial do autismo

Os primeiros casos foram diagnosticados na década de 1940 nos Estados Unidos da América - mas já existem autistas há milhares de anos.

Desde aí, a percentagem crianças diagnosticadas com autismo tem vindo sempre a aumentar. Porquê? Excesso de diagnósticos? Contaminação ambiental? Apoio da sociedade aos autistas? Epidemia? Outra?

O autismo não depende da raça, cultura, estado social, rendimento familiar, estilo de vida, nível educacional...

O autismo está distribuído por todo o planeta.

## O que é o autismo?

**O autismo** é um distúrbio que se manifesta como um **comportamento anormal**. Normalmente, consiste numa concentração mórbida do indivíduo sobre si mesmo. Basicamente, isso reflete-se num distúrbio da comunicação e das relações sociais.

O autismo **não é uma doença**; é um conjunto de sintomas derivado duma anomalia cerebral que pode ter origem em várias coisas: malformação do feto, herança genética, acidentes cerebrais, várias doenças, etc.

Portanto, os autistas são **deficientes mentais**.

Esta deficiência pode ser **temporária ou permanente**. O autista pode evoluir repentinamente ou lentamente durante toda a sua vida.

A gravidade da situação pode ser absoluta ou tão ligeira que passe despercebida.

Crianças com autismo não são crianças mal comportadas que não querem portar-se bem - elas simplesmente não conseguem comportar-se normalmente.

Vejamos uma comparação anedótica: Tal como uma pessoa com pernas paralisadas parece uma pessoa normal porque tem pernas, alguns autistas também parecem pessoas normais porque têm um corpo normal e raciocínio aparentemente normal. Assim, eles sofrem porque são marginalizados pela sociedade e, por isso, tentam portar-se bem mas não conseguem. Portanto, os autistas não devem ser punidos pelo seu comportamento porque não conseguem comportar-se normalmente. Isto não deve interpretado como desculpa para se comportar mal; os autistas devem tentar superar a sua deficiência e tentar comportar-se cada vez melhor mas, é inútil pensar que eles vão fazer o que nós mandamos.

No passado, era comum os autistas passarem por "maus", rebeldes, mimados, etc., e não serem reconhecidos como doentes. Nessa altura, a solução mais popular era retirar o aluno da escola e mandá-lo trabalhar para ganhar o seu

sustento. Isto era um desperdício porque muitos autistas têm um raciocínio superior à média. No entanto, há muitos autistas que têm cursos universitários e são incapazes de trabalhar num emprego normal. Normalmente, estes autistas simplesmente são desempregados ou, então, constroem um negócio onde eles são os patrões - para evitar o conflito social com o patrão.

## Anatomia do autismo

A crença popular diz que o Homem é um animal racional. Mas, por razões de evolução, o Homem é um animal emocional porque as suas decisões são tomadas pelas suas emoções. Embora o raciocínio tenha vindo a evoluir ao longo da história humana, as pessoas só tomam decisões racionais quando as emoções estão calmas. Se uma pessoa está exaltada, as suas emoções não deixam ouvir a voz da razão.

Para compreendermos melhor o que se passa, vejamos um diagrama funcional do cérebro:

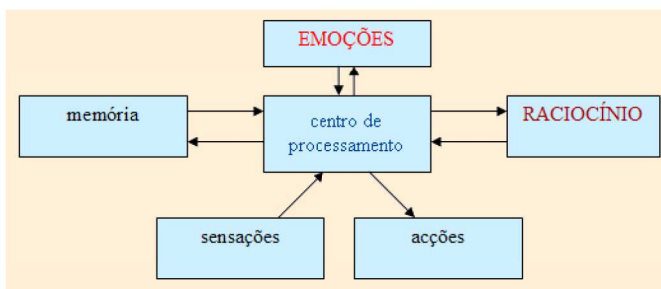


Figura: As funções do cérebro

Em "*Personoids*", um estudo computacional de 1997, foram observados comportamentos autistas em seres emocionais artificiais quando apresentavam falta de emoções. Baseado neste estudo, obtemos apenas 3 tipos principais de autismo.

Nas pessoas, o comportamento é determinado pelas **emoções**. Sem emoções as pessoas não apresentam comportamento - ou podem apresentar um comportamento bizarro. Mais especificamente, as emoções dividem-se em duas secções: dôr e prazer. Então, o comportamento é um processo dinâmico que tenta aumentar o prazer e diminuir a dôr. Nos autistas, este processo não funciona bem.

Temos então três grupos principais de autistas:

Tipo de autismo	Problema	Sintoma	Evolução	Olhar
<b>Estátua</b>	Dôr e prazer desactivados	Não há comportamento ou faz gestos repetitivos.	Desenvolvimento estagnado até começarem a surgir emoções.	<b>Ignora</b> o contacto visual
<b>Audacioso</b>	Dôr desactivada	Apenas procura o prazer. Está sempre bem disposto. Não chora. Não aprende com os estímulos negativos, o que o torna irresponsável, etc. Normalmente não aprende a falar.	Desenvolvimento estagnado até começarem a surgir emoções negativas tal como a timidez, o choro, etc.	Tem um <b>olhar penetrante</b> e intimidante
<b>Tímido</b>	Prazer desactivado	Apenas procura evitar a dôr. Aparenta timidez excessiva. Mesmo que saiba falar, tem receio de falar.	Desenvolvimento limitado até começarem a surgir emoções positivas tal como a vontade de se divertir (brincar), etc.	<b>Evita</b> o contacto visual

Além destes três casos, existem os casos intermédios, dependendo da severidade com que as ligações cerebrais foram afetadas. A diversidade dos sintomas depende do nível de funcionamento do cérebro e da personalidade que o autista criou interagindo com o meio ambiente. Se de alguma maneira se conseguir com que as ligações cerebrais enveredem por um

funcionamento normal, então, a personalidade do autista aproximar-se-á duma pessoa normal.

A origem do problema está numa deficiência do cérebro na zona das emoções. Mas, isto não significa que o problema esteja localizado *apenas* na zona das emoções. Pode ser um problema geral do cérebro. Mas, se afeta todo o cérebro então também afeta a zona das emoções. Mas, se afeta as emoções e são as emoções que controlam tudo então este problema afeta tudo. Um carro com algumas peças estragadas ainda pode conseguir andar. Mas, um carro sem condutor não anda nada...

Eis algumas diferenças entre o tipo Audacioso e o tipo Tímido:

Audacioso	Tímido
Comportamento não afetado com o reforço negativo (castigo). São inúteis as ameaças verbais e os castigos corporais.	Comportamento não afetado com o reforço positivo (recompensa). São inúteis os incentivos verbais e as recompensas materiais (brinquedos, guloseimas).
Está sempre ativo e a explorar tudo. Consegue brincar durante horas com qualquer objeto.	Está sempre passivo. Prefere ficar o dia todo na cama a chupar no dedo, etc.
Como não aprende com os erros, a aprendizagem é praticamente nula ( <i>prática sem teoria</i> )	A aprendizagem é limitada porque não põe os seus conhecimentos em prática - assim, não corrige alguns erros de aprendizagem ( <i>teoria sem prática</i> )
Normalmente, não aprende a falar.	Sabe falar mas tem medo de falar.
Etc.	Etc.

## O autismo não é causado por maus pais

Os pais são muitas vezes acusados de isolar a criança até que ela se torna autista. Mas tal não corresponde à verdade - os autistas podem ser incapazes de reagir à ternura ou à brincadeira. Para uma criança normal se tornar autista teria que viver completamente isolada do contacto humano (ver o filme "*O Menino Selvagem*" / "*L'Enfant Sauvage*").

Atualmente, como muitas famílias têm apenas um filho, alguns pais são aconselhados a ter outro filho para ajudar a curar o filho autista. Embora tal ideia faça sentido, pode ter um resultado inesperado: como o autismo pode ser um problema genético, o irmão também pode nascer autista.

### **Como se trata o autismo?**

Embora exista pesquisa para muitas variedades de autismo, as curas ainda são escassas.

- Tratamento social - em ambientes caseiros, grupos de brincadeiras, etc., com testes de progresso semanais
- Tratamento com drogas (em 2010 surgiram as primeiras notícias sobre a cura de neurónios)
- Tratamento com cirurgia cerebral (reservado para o futuro!)
- Etc.

A maior parte dos casos são ligeiros e o cérebro consegue auto-reparar-se.

## O papel dos psicólogos

Os psicólogos desempenham um papel importante no desenvolvimento do autista:

**1 - Diagnóstico do autismo.** Aos 2 anos de idade tornam-se evidentes os sintomas do autismo. Os testes emocionais podem identificar um autista muito antes. Não esquecer que o autismo não é uma doença e sim um sintoma. Logo que seja diagnosticado o autismo, devem ser feitas análises clínicas para tentar identificar a doença. Cada vez é mais provável identificar a doença e cada vez haverá mais curas disponíveis.

**2 - Psicoterapia.** Terapia para *domesticar* o comportamento na ausência de emoções e terapia para acelerar o desenvolvimento psicológico quando as emoções começam a surgir.

**3 - Apoio psicológico às famílias.** Pode ser traumático saber que o filho é um autista com 2 anos de idade e depois ter que esperar anos até a criança começar a mostrar desenvolvimento emocional.

## Prognóstico

Os autistas são todos diferentes e alguns distúrbios podem durar toda a vida:

- Dificuldades emocionais - dificuldade em exprimir as próprias emoções ou em compreender as emoções dos outros.
- Dificuldades sociais - dificuldade em integrar-se ou compreender atividades sociais (mesmo jogos sociais simples como o futebol).

- Dificuldade em tomar decisões - sobre assuntos relacionados com emoções ou relações sociais.

Alguns comportamentos típicos na idade adulta:

- Comportamento fundamentalmente racional e relações sociais indiferentes ou agressivas.
- Comportamento instável devido a emoções exageradas - só tratáveis com medicamentos ou cirurgia devido a tratar-se dum problema físico no cérebro.

Se o autismo for severo, o autista nunca conseguirá governar-se a si próprio e precisará de apoio toda a vida.

Se o autismo for ligeiro o autista poderá superar uma pessoa normal:

- Um autista Tímido pode usar a sua superior capacidade de concentração abstrata em algo útil à sociedade.
- Um autista Audacioso pode revelar-se um grande explorador, etc.

Resumindo, as pessoas normais preferem uma vida com bastante convívio social; por outro lado, os autistas não gostam de vida social devido à sua timidez excessiva ou devido à sensação de aborrecimento num convívio com pouca ação ou baixo nível intelectual.

Atenção: mesmo os autistas com boa recuperação têm que ser vigiados. É comum que surjam problemas na adolescência em autistas aparentemente recuperados. Um autista audacioso pode tornar-se violento e pode precisar de medicamentos calmantes. Um autista tímido pode isolar-se completamente da sociedade e pode precisar de medicamentos anti-stress.

## **Conclusão**

Neste momento, é muito difícil prever o desenvolvimento dum autista. Tudo o que se pode fazer é comparar casos com sintomas semelhantes.

O desenvolvimento depende de:

- Tipo de doença que provocou o autismo
- Gravidade com que o cérebro foi afetado
- Capacidade de reparação do organismo.

Quanto mais grave é o autismo mais raro é. A maior parte dos casos de autismo são ligeiros - a maior parte nem são detetados.

Atualmente, o procedimento mais popular é a psicoterapia e deixar o organismo tentar auto-reparar-se - o que resulta razoavelmente na maior parte dos casos, visto que são casos ligeiros.

No geral, o estado do autista vai melhorando com o passar do tempo - por vezes com saltos depois dum período de estagnação psicológica - o melhor a fazer é ter esperança. Esperança na natureza e na evolução da medicina.

## **Epílogo filosófico**

Por que é que existem autistas? Quando conseguiremos eliminar este problema?

A diversidade é a solução da Natureza para a evolução - quanto maior a diversidade, maior a probabilidade de evolução. Os indivíduos médios sustentam a estrutura da sociedade e os

indivíduos originais contribuem com novas sugestões de evolução.

Na prática, alguns indivíduos nascem exageradamente originais e não trazem nenhuma contribuição para a sociedade - na verdade, revelam-se incapazes de se governarem a si mesmos e são um fardo para a sociedade.

Dentro deste grupo de pessoas originais podemos encontrar os desequilibrados emocionais conhecidos como autistas. Podemos encontrar muitos exemplos ao longo da história: muitos heróis da história foram autistas - as pessoas médias tendem a passar despercebidas. Assim, os autistas tímidos deixaram realizações intelectuais ao longo da história e, os autistas audaciosos, deixaram explorações geográficas, revoluções, etc.

Como este problema é uma manifestação das leis da Natureza, torna-se difícil de eliminar. No entanto, é evidente que a ciência começará a eliminar os casos mais graves no futuro próximo. Reparar o cérebro é um problema difícil - mas não é impossível...

Não queremos um futuro com pessoas desequilibradas emocionalmente. Queremos um futuro com pessoas inteligentes e de emoções moderadas. Portanto, é provável que no futuro tenhamos pessoas capazes de alto nível de raciocínio abstrato, que não se mostram zangados nem eufóricos e que desejam a felicidade para todas as pessoas do planeta.

*José Oliveira, 2004*

# ***Personoids: agentes autónomos inteligentes***

Concepção e implementação de um Sistema de Multi-Agentes distribuídos

(Resumo do trabalho realizado em 1997)

Autor: **José Manuel da Silva Oliveira**

Orientador: Prof. **José Maia Neves**

Universidade do Minho, Braga, Portugal, Europa, 1997 D.C.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece às seguintes pessoas e instituições as quais de alguma forma contribuíram para este trabalho:

Prof. José Maia Neves

Eng. Ulisses Pinto

Lic. Filipe Lopes

Eng. Francisco Silva

Eng. Cristina Magalhães

e

Centro de Informática da Universidade do Minho

Departamento de Informática da Universidade do Minho

Imagética, Software Didáctico

SoftLab

ZarSoft

## Resumo

Este trabalho descreve o projecto de um agente de propósito geral: um agente (*personoid*) que se adapta a um ambiente desconhecido.

Este agente interactua com o ambiente e com outros agentes (*personoids*) e aprende a viver nesse ambiente - incorpora em si parte da complexidade do ambiente.

O *personoid* actua do seguinte modo:

- Recebe informação sensorial do mundo exterior.
- Pré-processa a informação sensorial convertendo-a numa matriz sensorial.
- Interpreta a matriz sensorial com outra matriz de *prazer/dor* e elabora uma resposta/acção que diminua a dor ou aumente o prazer.

Tipos de *raciocínio* usados na elaboração das respostas: reacção directa a estímulos, reacção a estímulos com planos de acção previamente elaborados, planeamento *forward*, raciocínio *backward* a partir de objectivos, acção de exploração (curiosidade), acção aleatória.

- Aprende através do armazenamento de informação e do processamento da informação existente.

A evolução do *personoid* dá-se a vários níveis:

- Mutação genética da matriz *prazer/dor* - Os objectivos do *personoid* são elaborados a partir desta matriz.
- Armazenamento de informação obtida através da observação do exterior.
- Armazenamento de informação fornecida por outros *personoids*.
- Criação de novo conhecimento por dedução - a partir da informação acumulada.

Os problemas que os *personoids* resolvem podem ser variados. Para dar aos *personoids* outro problema basta alterar as seguintes bases de dados:

- Regras do mundo virtual - regras que recebem os pedidos de acção do *personoid*, executam a acção e enviam ao *personoid* o resultado da acção.
- Regras do *personoid* - regras que recebem a informação vinda do mundo virtual e a convertem numa matriz sensorial.

Os problemas que têm sido dados para os *personoids* resolverem têm vindo a aproximar-se da simulação duma comunidade de seres vivos - vida artificial.

Melhoramentos a implementar no futuro:

- A linguagem dos *personoids* está num nível rudimentar de perguntas e respostas. É necessário outro tipo de linguagem.
- O pensamento dos *personoids* está automatizado; eles pensam sempre da mesma maneira. É necessário libertar o pensamento dos *personoids* de modo a eles escolherem os seus próprios pensamentos.
- Não se sabe que espécie de comportamento os *personoids* adquirem em grupo. É necessário fazer uma simulação duma sociedade de *personoids*.

## ÍNDICE DE CAPÍTULOS

1. INTRODUÇÃO
2. UM POUCO DE HISTÓRIA
3. MAX: O MUNDO DIGITAL
4. A INTERACÇÃO *PERSONOID*-MUNDO
5. OS *PERSONOIDS*
6. A CAMADA DE REACÇÃO A ESTÍMULOS
7. ACÇÕES COMPOSTAS
8. A CAMADA DE PREVISÃO POR MODELO DO MUNDO
9. A CAMADA DE PLANEAMENTO *BACKWARD* A PARTIR DE OBJECTIVOS
10. A COMUNICAÇÃO ENTRE OS *PERSONOIDS*
11. O CENTRO DE CONTROLE E DECISÃO
12. A APRENDIZAGEM
13. A EVOLUÇÃO DOS *PERSONOIDS*
14. EXEMPLO DE EXECUÇÃO
15. RESULTADOS FINAIS
16. DISCUSSÃO DE RESULTADOS
17. DIVAGAÇÕES SOBRE O FUTURO
18. CONCLUSÕES
19. NOMENCLATURA
20. BIBLIOGRAFIA
21. APÊNDICES



# 1. Introdução

Um *robot*, era o que eles estavam a construir no laboratório, um *robot*! Poder-se-ia conceber tarefa mais ignóbil para o espírito humano? Não. Porque não haveriam eles de trabalhar em algo que valesse a pena: a cura do cancro, o planeamento para a diminuição dos impostos, qualquer coisa seria melhor do que aquilo.

"Roderick", John Sladek

## 1.1 Descrição do projecto

Concepção e implementação de um sistema de multi-agentes distribuídos.

Um mundo virtual habitado por *personoids*.

## 1.2 O Mundo virtual

O Mundo virtual é uma modelação de um determinado Universo que os *personoids* habitam. O Mundo usado para testar os *personoids* é regido por leis particulares, à imagem do mundo material. O cenário é constituído por blocos móveis, alimentos, etc. Este Mundo representa o problema que os *personoids* têm que resolver.

## 1.3 O paradigma *personoid*

Um agente é normalmente definido como um processo guiado por objectivos e capaz de interacção robusta e flexível com o ambiente.

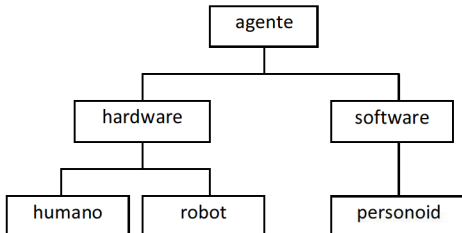


Figura 0-1: Hierarquia de agentes.

Um *personoid* é um ser artificial inteligente com *crenças, desejos e intenções*.

Crenças - Factos e leis do Mundo que o *personoid* pensa serem verdadeiras. Estas crenças são constantemente revistas.

Desejos - A procura de um estado *melhor* que o actual.

Intenções - Acções e planos de acção que o *personoid* quer executar.

Cada *personoid* é uma entidade individual, completa e univocamente caracterizada. Um *personoid* é um indivíduo distinguível de todos os outros; os *personoids* podem ser muito parecidos, mas não há dois iguais.

Os *personoids* emergem no Mundo com um conhecimento rudimentar e têm que aprender a movimentar-se nesse Mundo. Os *personoids* recebem *input* sensorial do Mundo, processam esse *input* e decidem que acção hão-de tomar. Os *personoids* interagem com o ambiente *material* e com outros *personoids* e evoluem. Quando o *personoid* aprende/evolui, a sua capacidade de previsão aumenta.

Basicamente, um *personoid* aprende/evolui se o modelo do ambiente é mais complexo que o modelo que o *personoid* tem do Mundo e se o *personoid* tem capacidade para melhorar esse modelo.

Os *personoids* devem ser:

- **Autónomos**, para isso têm que ter as suas crenças, desejos e intenções próprios;
- **Capazes**, para conseguirem realizar as suas tarefas, o que pode implicar cooperação;
- **Robustos**, para reagir rapidamente a eventos inesperados.
- **Flexíveis**, para enfrentar situações de conflito quando interactuando com outros *personoids*.

Faculdades dos *personoids*:

- Instintos de reacção a estímulos;
- Seguimento de planos de acção;
- Raciocínio *forward* através do modelo do mundo;
- Planeamento *backward* para atingir os seus objectivos;
- Raciocínio para escolher uma acção entre várias alternativas;
- Auto-aprendizagem por experiência e reflexão.

## 1.4 Questões levantadas pelo projecto

Teoria: Quais são os recentes desenvolvimentos na teoria dos agentes autónomos?

Desenho: Como podem os agentes autónomos serem desenhados para apresentarem um tipo de comportamento sofisticado?

Medidas de desempenho: Como pode o desempenho dos agentes ser quantificado?

## 1.5 Justificação do projecto

Porquê um projecto sobre *personoids*?

- Porque é um assunto actual.
- É um campo de investigação vasto.
- Porque possibilita muitas aplicações:
  - Sistemas de bases de conhecimento e inteligência artificial.
  - Redes de computadores e sistemas distribuídos.
  - Informação distribuída e sistemas de bases de dados.
  - Sistemas de tempo-real, robótica e automação.
  - Redes de computadores e telecomunicações.
  - Sistemas médicos de diagnóstico e cura.
  - Assistentes pessoais.
  - Instrução feita à medida.
  - Jogos personalizados.
  - etc.
- Porque é uma oportunidade para fazer investigação.

Ao menos uma vez na vida, todos devem tentar ampliar o conhecimento humano.

Há sempre a esperança de conseguir algo de novo... mesmo que o resultado seja um fiasco total!

"Se a gente soubesse o que andamos a fazer, não lhe chamaríamos *pesquisa*, pois não?"

- Albert Einstein.

## 1.6 Desenvolvimento do projecto

### Local do projecto

Centro de Informática da Universidade do Minho.  
Departamento de Informática da Universidade do Minho.  
Centro de Informática da SoftLab.

### Software utilizado

Interpretador SICStus Prolog versão 2, com ambiente distribuído LINDA.  
Compiladores de C com sockets para comunicações.

### Hardware utilizado

Sistemas Unix:

caeiro@ci.uminho.pt	AViiON dgux R4.11 mc88110
peessoa@ci.uminho.pt	AViiON dgux 5.4R3.10 mc88110
athena@ci.uminho.pt	sun4d SunOS 5.3 sparc
omega@di.uminho.pt	sun4 SunOS 4.1A 4.1.1

Computadores pessoais:

PCs i386  
PCs i486

### Teoria usada

Este não foi um esforço teórico, embora tenha havido uma grande quantidade de teoria usada na sua elaboração.

A abordagem seguida foi mais como uma espécie de investigação experimental sobre um problema de engenharia.

Alguns conceitos envolvidos:

- *Feedback* negativo.
- Programação por eventos.
- Foco de atenção.
- Raciocínio *forward*, sequências de acção.

- Planeamento *backward*, re-planeamento.
- Raciocínio causal, incerteza.
- Modelo do mundo.
- Sistemas de bases de conhecimento e inteligência artificial.
- Redes de computadores e sistemas distribuídos.
- Sistemas de tempo-real, robótica.
- ...

Ferramentas usadas:

- Partes da análise estruturada - diagramas DFD, ER (modelo de dados).
- PROgramação em LÓGica (PROLOG).

## 2. Um Pouco de História

**Blaise Pascal** (1623-1662). Aos 16 anos construiu o primeiro calculador mecânico para somar.

**Charles Babbage** (1791-1871). Desenhou um computador mecânico (máquina analítica) para calcular tabelas matemáticas e astronómicas (no qual foi assistido por Ada Lovelace, filha de Byron). Devido a dificuldades financeiras as suas máquinas não foram construídas durante a sua vida (uma foi começada a construir na década de 1990).

**John von Neumann** (1903-1957). Deu enorme contributo no desenho (modelo de Neumann) e operação dos computadores electrónicos e no avanço da teoria dos autómatos celulares.

**A. M. Turing** (1912-1954). Desenvolveu o conceito de computador teórico (máquina de Turing) em 1937. Também sugeriu um critério para testar uma inteligência artificial (teste de Turing).

**Claude Elwood Shannon** (1916-1997). Indicou métodos de como criar uma máquina para jogar xadrez e aprender com a experiência.

### 2.1 Introdução

A busca de controle inteligente em sistemas artificiais remonta há séculos.

Antes dos computadores serem inventados, o engenheiro James Watt (1736-1819) popularizou o uso do *controle por feedback*. O *feedback* negativo foi desenhado para manter a estabilidade em sistemas dinâmicos.

Dois séculos depois este *feedback* foi aproveitado no desenvolvimento da *cibernética*. Esta tinha por objectivo o estudo do controle e comunicação em animais e máquinas.

Depois veio o *jogo da vida* de John Conway [Gar83].

Seguindo-se Chris Crabtree com as suas criaturas que se deslocam, comem, crescem, lutam e reproduzem-se [Mich84].

Agora chegámos à era dos agentes.

Finalmente temos os *personoids* e a *personética* de Stanislaw Lem...[Lem71]

Apresenta-se aqui uma pequena exposição sobre arquitecturas já existentes [Fer92].

Neste momento existem três tipos de arquitecturas: não-deliberativas, deliberativas e híbridas.

As não-deliberativas reagem directamente a estímulos externos, as deliberativas processam informação antes de decidir o que fazer e, as híbridas, combinam estas duas para otimizar o tempo de resposta.

Qualquer arquitectura depende do ambiente e pressupõe um mínimo de cooperação entre os agentes.

Um problema importante é que o agente mantenha em aberto os seus objectivos a longo prazo enquanto vai satisfazendo os objectivos imediatos.

O que nós queremos, afinal, é uma arquitectura que consiga lidar com a incerteza, reaja a situações novas e recupere de decisões incorrectas. Isto é, uma arquitectura robusta e flexível.

## **2.2 Arquitecturas Não-Deliberativas**

Nestas arquitecturas, as crenças, planos, e objectivos estão pré-definidos à partida, sendo imutáveis.

Estas arquitecturas têm uma ligação estreita entre a percepção e a acção, grande descentralização de controle e simplicidade de desenho.

Normalmente tomam todas as decisões em tempo-real, baseadas apenas na informação sensorial, estado interno simples, e pouco cálculo.

Tipicamente têm um mecanismo de controle simples - por exemplo uma máquina de estados finitos, ou regras estímulo-resposta.

Como estas arquitecturas trabalham com pouca informação e pouca memória, é de esperar um desempenho limitado.

Podem ser inúteis em situações novas.

O desenho destas arquitecturas é motivado, em parte, pela hipótese de Simon: um comportamento complexo não resulta necessariamente de um agente complexo, a complexidade do comportamento pode ser a reflexão da complexidade do ambiente [Sim81].

## **2.3 Arquitecturas Deliberativas**

Nestas arquitecturas, o agente vai adaptando as suas crenças, planos e objectivos conforme a sua interacção com o ambiente.

As arquitecturas deliberativas foram desenhadas para lidar com objectivos complexos e para trabalhar em situações novas ou imprevisíveis.

Devido à necessidade de manter modelos do mundo, completos e actualizados, estas arquitecturas não permitem decisões rápidas em tempo real.

## 2.4 Arquitecturas Híbridas

Para obter as vantagens das duas arquitecturas anteriores, criaram-se as arquitecturas híbridas, resultando um agente rápido e versátil.

Estas arquitecturas estabelecem um equilíbrio adequado entre as reacções automáticas e o raciocínio.

Este equilíbrio depende, em grande parte, do tipo de ambiente em que o agente se encontra.

## 2.5 Exemplos

### **Arquitecturas não-deliberativas**

*Universal Plans, 1987* - Contém um plano detalhado (arvore de decisão). Este plano é compilado à partida usando backtracking. Requer que o mundo exterior se mantenha estável.

### **Arquitecturas deliberativas**

*Homer, 1990* - Sistema de um agente. Geração e reconhecimento de linguagem natural (800 palavras de inglês), raciocínio, planeamento temporal e reflexão sobre as suas experiências. Grava todas as suas experiências numa memória episódica.

### **Arquitecturas híbridas**

*Procedural Reasoning System, 1989* - Contém rotinas meta-nível que orientam o agente na alteração das suas crenças, desejos, e intenções; como seleccionar planos em conflito ou como fazer o melhor uso dos recursos disponíveis tendo em conta as alterações do ambiente. Novos objectivos são criados e novas crenças derivadas. Este sistema tem sido usado para controlar movimentos dum robot operando num ambiente com apenas um agente.

### 3. MAX: O Mundo Digital

No princípio o Criador criou o MAX.  
Este mundo era informe e vazio.  
As trevas cobriam a matriz,  
e o espírito do Criador movia-se  
sobre a superfície deste deserto.  
E o Criador disse: "Faça-se luz".  
E a luz surgiu no terminal.  
O Criador viu que a resolução era boa.  
Assim foi a primeira etapa.

Imitação do "Gênesis", Bíblia Sagrada

"A realidade é o que não desaparece quando se deixa de crer nisso."

Citado por Philip K. Dick

### 3.1 Introdução

Universo Cibernético, Universo Digital, Cyberespaço, Mundo Virtual.

MAX é um mundo habitado por *personoids*.

O mundo MAX existe independentemente dos *personoids*, portanto é real. O mundo MAX é tão real para os *personoids* como o planeta Terra é real para os humanos.

Este mundo disponibiliza a especificação do problema que os *personoids* têm que resolver.

Questões:

- Que espécie de mundo?
- Que leis deve ter?

Este mundo virtual pode contemplar problemas muito variados. Para testar os *personoids*, foi implementado um mundo feito à semelhança do planeta Terra.

### 3.2 Visão geral

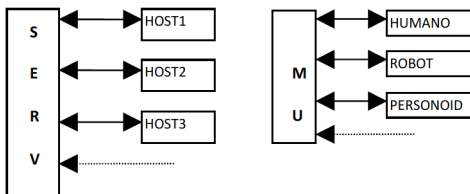


Figura 0-1: Comunicação entre os processos.

O mundo MAX é mantido por um servidor. A este servidor podem ligar-se clientes para interagir com o ambiente. Cada cliente pode estar num computador diferente.

Os clientes podem ser de vários tipos:

- Humanos - para ver o estado do mundo e observar os *personoids*.
- Robots - programas rudimentares. Para desenvolver robots.
- *Personoids* - programas inteligentes, ou que têm comportamento inteligente.

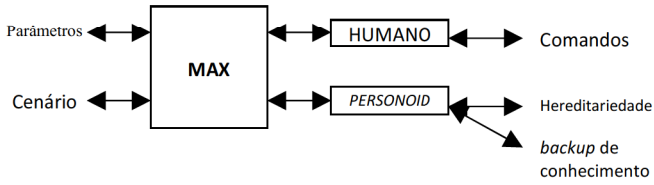


Figura 0-2: Visão geral do sistema.

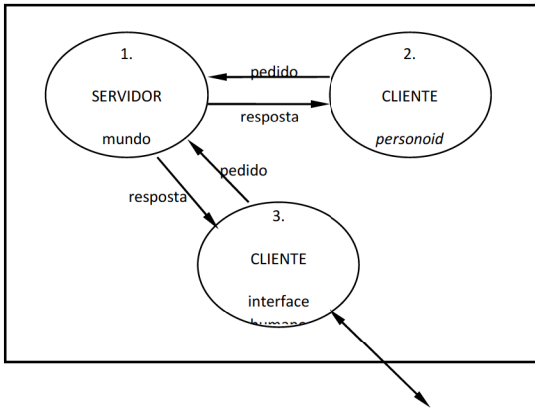


Figura 0-3: Diagrama de contexto

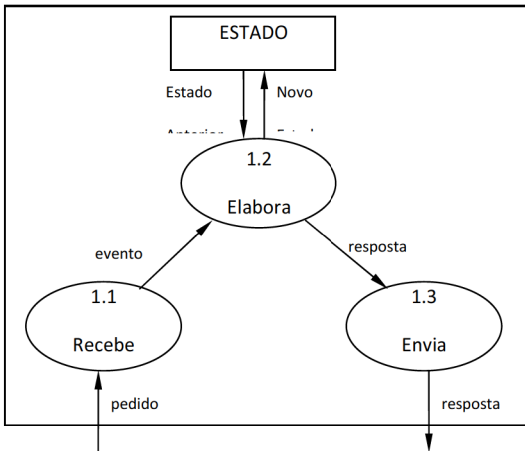


Figura 0-4: DFD 0 - Mundo

O processo que mantém o MAX é um servidor que actua de acordo com os pedidos que recebe:

```
/*--- programação por eventos ---*/  
max:-  
    repetir,  
        receber_pedido(Cliente,Pedido),  
        seleccionar_accoes(Pedido,Accoes),  
        executar_accoes(Accoes,Resposta),  
        enviar_resposta(Cliente,Resposta),  
    até_ao_fim_do_mundo.
```

### 3.3 O cenário do Mundo

O MAX é uma *testbed* para experimentação. Podem-se repetir experiências de maneira controlada e criar vários cenários diferentes.

Apresenta-se aqui um exemplo do mundo virtual - problema que os *personoids* têm que resolver - neste caso, o problema foi elaborado à semelhança do mundo dos humanos.

Para simplificação, o mundo MAX é formado por uma matriz discreta de pontos. Esta matriz tem uma geometria hexagonal para permitir mais resolução que a matriz quadrangular vulgar.

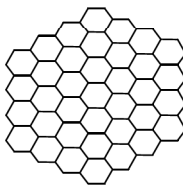


Figura 0-5: A topologia do mundo MAX.

O cenário é representado pela seguinte base de dados:

**existência( coordenadas(X,Y,Z), objecto(Reino, Código) )**

Em que:

- As coordenadas representam um plano projectado em três dimensões.
- O reino tem um valor escolhido entre três hipóteses: animal, vegetal, mineral.

### 3.3.1 Os objectos do Mundo

MAX é um mundo bi-dimensional (em alguns casos, um objecto pode estar em cima de outro).

MAX é um mundo de blocos.

Os objectos *materiais* passivos existentes no MAX são:

- Blocos móveis (minerais)
- Alimento (vegetais)

Os objectos *materiais* activos existentes no MAX são:

- *Personoids* (animais)
- Humanos (animais)

Cada objecto activo é representados por várias entradas com o seguinte formato:

**animal( Código, propriedade(Valor) )**

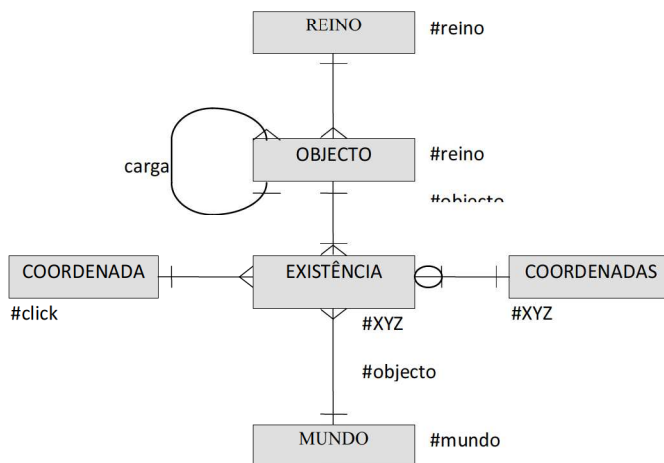


Figura 0-6: ER - Modelo de dados

### 3.4 Os *personoids* do Mundo

Os *personoids* de MAX têm um *corpo* definido pelos seguintes parâmetros:

grupo	parâmetro	Exemplo
informação	id	3134
para o servidor	canal	12
constantes	espécie	personoid
	sexo	macho
	data_nasc/idade	323
	longevidade	236
variáveis	energia	23424
	xpos, ypos	32, 64
	sentido	2
	velocidade	0
	aceleração	0
comunicação	input_táctil	[_]
	input_auditivo	[_]
	input_visual	[_]

### 3.5 As leis do Mundo

Este mundo pode ter leis arbitrárias em N dimensões.

Algumas leis são fáceis de implementar:

- telepatia
- telecinesia
- teleportação

Outras são impraticáveis:

- viagens no tempo
- numero infinito de *personoids*

A mente dos *personoids* reflecte a complexidade do Mundo.

Se o mundo for muito simples eles não aprendem nada.

O Mundo deve ser suficientemente complexo para os estimular a aprender.

Mas não demasiado complexo para eles o *comprenderem*, isto é, o mundo deve permitir a aprendizagem ao exhibir padrões que os *personoids* consigam apreender.

Algumas propriedades possíveis para os blocos:

massa/energia, peso, volume, dureza, transparência, cor, atrito, atracção, etc.

Algumas leis possíveis para os blocos:

agregação, desagregação, novas propriedades depois da (des)agregação,...

locomoção, duplicação, teleportação, campos de força,...

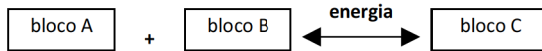


Figura 0-7: Exemplo duma lei possível para o mundo virtual.

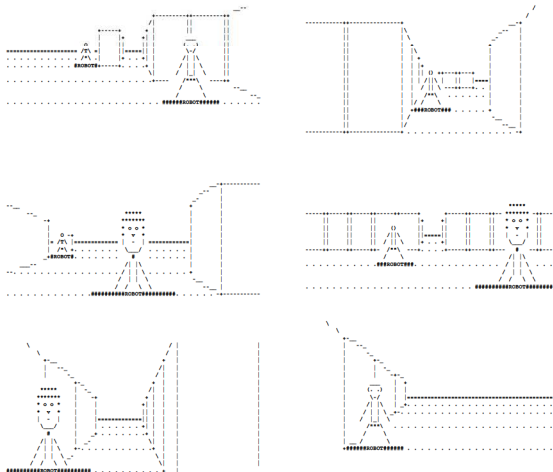
### Leis implementadas

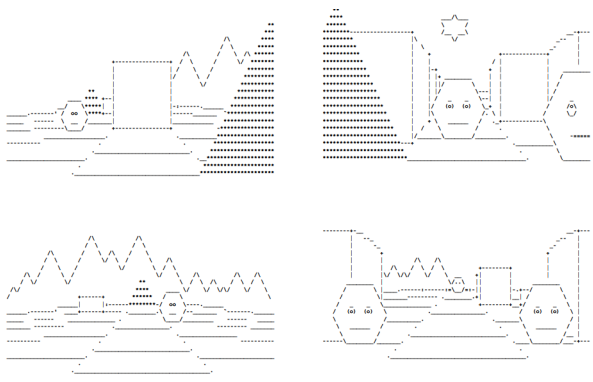
As leis básicas do mundo MAX são as seguintes:

- Os *personoids* podem mover-se num espaço infinito.
- A quantidade de alimento no Mundo é constante e distribuída aleatoriamente a partir do centro geográfico (distribuição normal).
- Os *personoids* podem mover os objectos do Mundo.
- Os *personoids* podem comunicar com outros *personoids*.

### 3.6 Interface para humanos

Para se ter uma ideia do que se passa no mundo virtual, foi implementado um interface em modo texto:





### 3.7 Conclusão

Poder-se-ia pensar que a configuração inicial do mundo é o problema que os *personoids* têm que resolver e, a configuração final é a sua solução. Mas não é bem assim: os *personoids* foram desenhados para agir em sistemas dinâmicos e sistemas caóticos. Portanto, o sistema pode nunca chegar a estabilizar; a cada momento temos uma solução aproximada para o problema.

# 4. A Interacção *Personoid*-Mundo

## 4.1 Introdução

Este capítulo descreve a informação sensorial que os *personoids* recebem do Mundo, e as acções que os *personoids* podem exercer sobre o Mundo.

Os sensores medem o estado do mundo, o *personoid* processa a informação, e os *effectors* actuam sobre o mundo.

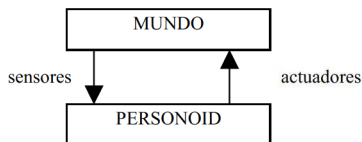


Figura 0-1: A interacção *personoid*-mundo.

## 4.2 O *input* do *personoid*

### 4.2.1 Introdução

Temos aqui o foco de atenção preliminar.

A inteligência do *personoid* vai depender da quantidade de informação que recebe e que consegue processar.

O *personoid* vai ter que processar símbolos; portanto, algures, o *input* sensorial tem que ser convertido em símbolos. Isto é normalmente um processo pesado.

### 4.2.2 O *input*

#### ***Inputs sobre o estado do corpo***

- \$energia
- \$sentido
- \$carga

#### ***Inputs sobre o estado do mundo***

- Input fixo*
  - \$input táctil
  - \$input auditivo
  - \$input visual

#### *Input diferencial*

- \$variação de energia
- \$variação de sentido
- \$variação de posição
- \$variação de input táctil
- \$variação de input auditivo
- \$variação de input visual

#### **Inputs sobre o estado da mente**

- \$meu nome (não varia)
- \$novo conhecimento feedback adquirido
- \$novo conhecimento feedforward adquirido
- \$ouvida palavra desconhecida

### **4.2.3 Input relacional**

#### *Relações de identidade*

- \$bloco
- \$alimento
- \$personoid
- \$humano

#### *Relações físicas*

- \$em\_frente(objecto)
- \$atrás(objecto)

#### *Relações temporais*

- \$parado
- \$com\_velocidade
- \$com\_aceleração

### **4.2.4 Input abstracto**

- \$ouvida uma informação
- \$ouvida uma pergunta
- \$ouvida uma resposta
- \$ouvida uma ordem

### **Exemplo**

Exemplo básico dum *input*:

- *Feedback* das acções - @comer, @mover\_frente, @rodar\_esquerda, @rodar\_direita.
- Nível de energia - baixa, média, alta.
- Indicação da presença de obstáculos à frente do *personoid* - obstáculos minerais, vegetais ou animais.

### 4.3 O *output* do *personoid*

As acções do *personoid*

@ver  
@ouvir  
@dizer  
@mover\_frente, @mover\_trás  
@rodar\_esquerda, @rodar\_direita  
@comer, @alimentar  
@empurrar, @puxar  
@agarrar, @largar, @largar\_bocado  
@dar, @dar\_bocado  
@fazersexo  
@perguntar, @responder  
@ordenar, @obedecer  
@nenhuma\_accção

### 4.4 O meta-pensamento do *personoid*

As estratégias/tácticas podem ser:

sequenciais	Tactica1, tactica2
alternativas	SE tactica1 ENTÃO tactica2
iterativas	REPETIR tactica1 ATÉ p

%relacionar

%push.1

%push.n

%push.? (*push* aleatório no *buffer*)

"0 "1 "2 ... "a "b "c ... " \_

#think = EVENTO estado acção novo\_estado *payoff*

#think = EVENTO estímulo acção consequência *payoff*

!value = '\$value'

\$value = 0..9

@out = para o *output*

@in = do *input* = \$

## = # acção interna

#@ = # acção externa

Quantificadores	critério de decisão
"eu", "tu"	\$eu
"morrer", "morte"	\$energia=0
"vivo"	'@mover', \$energia>0

A abstracção tem que

- agrupar ESTADOS/condições
- agrupar ACÇÕES

#### 4.5 Matriz Sensorial - Foco de Atenção

As informações sensoriais são pré-processadas e convertidas numa matriz sensorial que depois será usada durante os vários tipos de raciocínio do *personoid*.

Esta matriz representa o foco de atenção do *personoid*. O *personoid* apenas presta atenção a estas informações.

Os *inputs* sensoriais são armazenados numa memória de trabalho antes de serem convertidos na matriz sensorial. Exemplo:

**mapa( coordenadas(X,Y,Z), objecto(Reino, Código) )**

Formato da matriz sensorial:

[energia\_baixa, energia\_média, ..., mineral\_à\_frente, ..., vegetal\_à\_esquerda, ..., animal\_atrás, ...]

Exemplo:

[1,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,1,0,1,0,0,0,1,...]

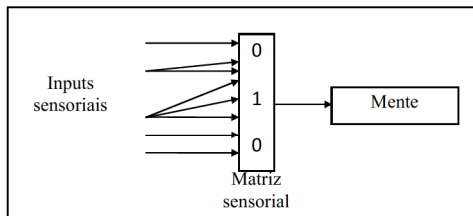


Figura 0-2: Conversão dos estímulos sensoriais numa matriz sensorial.

#### 4.6 Sensações

Cada *input* e cada *output* tem associado uma *sensação*. Cada *sensação* tem associada uma tendência para mutação. Estas *sensações* vão evoluindo numa espécie de evolução genética - as *sensações* são transmitidas aos filhos.

Sensação de *input*:

Os *personoids* gostam de ver comida.

Sensação de *output*:

Os *personoids* gostam de mover-se e de comer.

As *sensações* de output são definidas no *input*! Exemplo: se o *personoid* comer, esta acção só é agradável se o *personoid* sentir que comeu. A *mente* fica a aguardar que o *corpo* lhe comunique o que realmente aconteceu.

Este processo pode actuar como um sistema reactivo ou continuar a processar quando não acontece nada de novo no mundo exterior. De qualquer modo, pode acontecer sempre alguma coisa dentro da mente - mesmo que não haja alteração no estado do mundo exterior

# 5. Os Personoids

## 5.1 Introdução

Os *personoids* nascem, crescem, reproduzem-se e morrem.

Nascem - quando surgem no mundo.

Crescem - quando aprendem e quando alteram o estado do seu corpo virtual.

Reproduzem-se - quando transmitem algo aos que nascem.

Morrem - quando ficam sem energia ou quando chegam ao limite de tempo.

Estamos perante uma simulação da vida. *Quando é que uma simulação se torna na própria coisa que se quer simular?*

O mundo MAX é um mundo racional, mas os *personoids* não têm um comportamento racional - devido à sua ignorância e limitações.

Questões:

- Que nível de controle sobre o ambiente conseguem os *personoids* adquirir?
- Que tipo de comportamento emerge em comunidade (entre *personoids* e entre grupos) ?
- Que tipo de linguagem desenvolvem para comunicar entre eles?
- Que nível de *consciência* alcançam?

## 5.2 A arquitectura geral

Autómato com reacções pré-programadas:

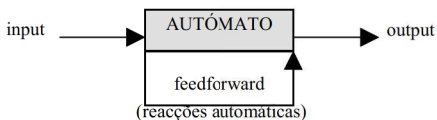


Figura 0-1: Um autómato simples.

*Personoid* com possibilidade de se adaptar ao meio:

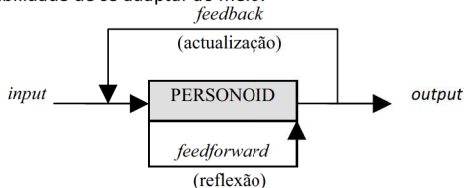


Figura 0-2: Um autómato com *feedback*.

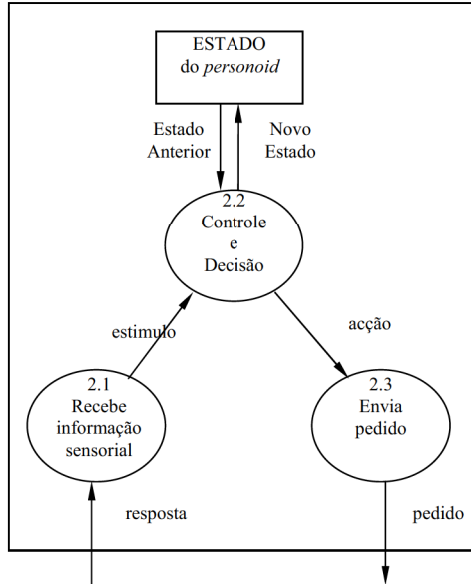


Figura 0-3: DFD 0 - *Personoid*

Este agente interaccua com o ambiente e com outros agentes (*personoids*) e aprende a viver nesse ambiente.

O *personoid* actua do seguinte modo:

- Recebe informação sensorial do mundo exterior.
- Pré-processa a informação sensorial convertendo-a numa matriz sensorial.
- Interpreta a matriz sensorial com outra matriz de *prazer/dor* e elabora uma resposta/acção que diminua a *dor* ou aumente o *prazer*.

Tipos de raciocínio usados na elaboração das respostas: reacção directa a estímulos, reacção a estímulos com planos de acção armazenados, planeamento *forward*, *raciocínio backward* através de objectivos, acção de exploração (curiosidade), acção aleatória.

- Aprende através do armazenamento de informação e do processamento da informação existente.

Portanto, o *personoid* recebe **estímulos**, interpreta esses estímulos como **sensações** e toma **consciência** das sensações para melhor focar a sua **atenção**. Os acontecimentos mais importantes são os que correspondem a sensações mais intensas.

Cada *personoid* sente o mundo de maneira diferente, interpreta o mundo de maneira diferente e reage de maneira diferente.

### 5.3 O Centro de Controle e Decisão

O **centro de controle e decisão** tem duas funções:

- Orientar as sequências de pensamento para gerar opções de ação através de formas de *raciocínio*.
- Decidir *quando* e *qual* a opção a tomar.

O problema do *controle*: os sistemas **deliberativos** tentam tomar o maior número de decisões o mais longe possível no tempo; os sistemas **reactivos** tentam retardar o mais possível a tomada de decisões, actuando apenas no último momento. É necessário retardar a ação dos sistemas reactivos para dar tempo ao sistemas deliberativos de processarem a informação.

Um problema muito importante é: qual o tempo até à selecção de uma resposta? O *personoid* poderia começar a calcular todos os estados futuros possíveis. Isto torná-lo-ia incapaz de fazer uma escolha eficiente ou não chegar sequer a fazer qualquer escolha.

Os *personoids* pensam antes de agir.

Os *personoids* têm liberdade de ação - mental e real.

O *personoid* não precisa estar sempre em pensamentos profundos (*a maioria dos humanos consegue viver sem pensar!*):

- Algumas decisões dependem da forma (instinto) de reacção.
- Algumas decisões já foram tomadas - estamos a seguir uma sequência de ações já decidida.

## 5.4 O controle do pensamento do *personoid*

O **centro de controle** estabelece um equilíbrio adequado entre as reacções e o *raciocínio*. Muitas vezes o *personoid* apenas reage a estímulos, não chegando a *reflectir* muito sobre o assunto. Outras vezes *não sabe* o que há-de fazer e, tem que *pensar* para obter algumas alternativas de acção. Portanto, nesse caso o *personoid* deve invocar os seus processos mais avançados de *raciocínio*: *raciocínio forward*, *raciocínio backward*, capacidade de abstracção, etc.

O **centro de controle** faz a sua actuação invocando:

- *Input* sensorial
- Camada de reacção a estímulos
- Camada de reacção com planos pré-definidos
- Camada de previsão
- Camada de planeamento *backward*
- Acções aleatórias
- Centro de decisão
- *Output* para actuar
- Aprendizagem

Para isto, o centro de controle tem que ter uma estratégia.

Uma das coisas que o *personoid* deve fazer é interromper os seus *pensamentos* quando é necessária a sua atenção no Mundo.

O *personoid* tem que gerir o tempo dado a cada camada, nomeadamente a profundidade de raciocínio permitido.

Uma alternativa seria ter um *personoid* com capacidade de processamento paralelo, em que todos os módulos estão a funcionar em simultâneo. *Na prática isso poderia ser um desperdício!*

## 5.5 As decisões do *personoid*

Entre várias alternativas, o *personoid* escolhe a que acha *melhor*.

O *personoid* é que decide o que é *melhor*.

Normalmente deve tomar a decisão que prevê que seja melhor para o seu bem-estar.

Existe sempre uma alguma probabilidade de escolher outra alternativa; as decisões são um pouco aleatórias. Quanto menos crítica é uma decisão mais indeterminista é a resposta. A variedade de respostas é essencial para a aprendizagem do *personoid*.

O **centro de decisão** faz a sua actuação invocando:

- Detector de conflitos nos objectivos
- Selector de melhor opção

## 5.6 O comportamento do *personoid*

De acordo com a filosofia cibernética [Couf63], os *personoids* têm que ter as seguintes características:

- 1- O objectivo das acções do *personoid* consiste em proporcionar-lhe alguma satisfação - as acções são orientadas por motivações.
- 2- O *personoid* reage a constrangimentos do ambiente por meio de:
  - da ADAPTAÇÃO, modificando o seu próprio estado,
  - da FUGA, mudando de ambiente,
  - da LUTA, modificando o ambiente.
- 3- As reacções do *personoid* são diversificadas - podendo ser aleatórias.
- 4- Os processos *mentais* do *personoid* adquirem um desenvolvimento muito grande.
- 5- A acção de um *personoid* sobre outro *personoid* é feita por acção física e comunicação de informações.

O centro de decisão e controle tem que orientar o *personoid* segundo estes pontos.

# 6. A Camada de Reacção a Estímulos

## 6.1 Introdução

Os instintos de reacção vão sendo adquiridos pela interacção com o mundo. As reacções são constituídas por acções com consequências de elevada probabilidade e elevado nível de *sensação*. O modo como os *personoids* sentem as coisas é determinado pela evolução genética. *Até que ponto os impulsos e os instintos podem, por si só, garantir a sobrevivência do indivíduo?*

Em certos casos de extremo perigo é essencial que a resposta surja rápida e automática. Esta camada de reacção a estímulos dá ao *personoid* capacidade de respostas rápidas - em algumas situações não nos podemos dar ao luxo de pensar... Portanto, não é de admirar que as acções tomadas a este nível não possam ser garantidas como sendo racionais. Isto é, estas acções podem ir contra os objectivos a longo prazo do *personoid*.

A evolução dos *personoids* começa aqui:

1. Os *personoids* observam os resultados das suas acções - o nível de dor/prazer que obtêm em cada circunstância - criando *instintos* (padrões) de acção.
2. Os *instintos* impelem os *personoids* à actividade.
3. Com a actividade os *personoids* adquirem informação sobre o meio (experiência).
4. Com informação podem tomar decisões (reflexão).

Portanto, a racionalidade do *personoid* baseia-se no modo como ele *sente* as coisas.

## 6.2 Criação de Reacções com Acções Atómicas

As reacções são construídas no centro de aprendizagem por *feedback*, ou seja, vêm da observação dos acontecimentos.

## 6.3 As Reacções com Acções Atómicas

As reacções são suportadas pela seguinte base de dados:

**causal( e([Estimulo]), a(Comp\_acção, Acção), c(lx\_conseq, Prob) )**

Esta base de dados representa:

[estimulo] → [acção] → [consequência]:probabilidade

Exemplo:

causal( e([0,...]), a(1, '@mover\_frente'), c(2, 90%) )

Ou seja, se não há nada em frente e dá um passo em frente então muda de lugar em 90% dos casos.

As acções que surgem aqui têm comprimento um, ou seja, são acções atómicas.

# 7. Acções Compostas

## 7.1 Introdução

As acções compostas são constituídas por sequências de acções - simples e/ou compostas. Estas acções compactam tarefas complexas numa única acção - o surgir da abstracção.

As acções compostas permitem ao *personoid* estar *consciente* de acontecimentos pertencentes a um futuro distante.

Este tipo de acções dá a possibilidade ao *personoid* de controlar situações complexas com comportamento complexo.

## 7.2 Criação de Acções Compostas

As acções complexas são construídas no centro de aprendizagem, ou seja, podem vir da observação dos acontecimentos ou do *raciocínio* para o planeamento de acções.

As reacções são suportadas pela seguinte base de dados:

**causal( e([Estimulos]), a(Comp\_acção, Acção), c(lx\_conseq, Prob) )**

Exemplo:

causal( e([0,\_,...]), a(2, ['@mover\_frente', '@comer']), c(3, 80%) )

Ou seja, se não há nada em frente e se dá um passo em frente e dá uma dentada então absorve energia em 80% dos casos.

As acções que surgem aqui têm comprimento variável, ou seja, são acções constituídas por várias acções atómicas.

O armazenamento de acções compostas pode ser restringido com regras como:

```
se |sensação| > 50%
e probabilidade > 60%
então armazenar acção composta.
```

### **7.3 Execução de Acções Compostas**

#### Reacção a Estímulos

As acções compostas são uma extensão das acções de reacção directa a estímulos. Mas, enquanto as acções de reacção visam o presente imediato, as acções compostas destinam-se a um futuro mais distante.

#### Planos de Acção

Os planos de acção, depois de elaborados, são armazenados como acções compostas.

# 8. A Camada de Previsão por Modelo do Mundo

## 8.1 Introdução

A camada de previsão sobre o futuro funciona por *feedforward*.

Os *personoids* utilizam o modelo do mundo para prever resultados de possíveis acções futuras, o que lhes permite escolher uma acção com *consciência* dos seus actos.

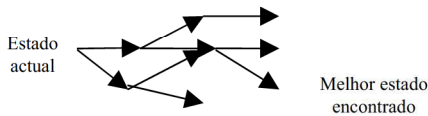


Figura 0-1: A árvore de previsão.

Com estas previsões o *personoid* traça um plano de acção.

Estes planos também têm que ter em conta os planos dos outros *personoids*.

Os planos de um *personoid* revelam as suas intenções de agir.

Planos detalhados e completos não são uma boa ideia; o *personoid* pode encontrar obstáculos inesperados que não permitem o seguimento do plano. Portanto, planos que incorporem toda a complexidade do mundo são inviáveis.

Os planos são elaborados de acordo com um modelo parcial (incompleto) do mundo e, o comportamento do *personoid* tem que estar aberto à desordem. A adaptação ao que *a priori* é a desordem, e a sua integração, são necessidades da evolução.

## 8.2 O Raciocínio Forward

- Estás a ver como a coisa funciona, não estás? Há um perigo centrado no lençol de selénio. Aumenta à medida que ele se aproxima, e, a uma determinada distância dele, o potencial da regra da auto-preservação contrabalança o potencial da regra da obediência.

- E ele atinge o equilíbrio. Estou a ver. A regra da auto-preservação fá-lo recuar e a regra da obediência fá-lo avançar...

- De forma que ele descreve um círculo em torno do lençol de selénio, mantendo-se no lugar geométrico de todos os pontos de equilíbrio de potenciais. E, a menos que façamos alguma coisa nesse sentido, permanecerá eternamente nesse ciclo vicioso.

"Runaround", Isaac Asimov, [Asi42]

Vejamos o esquema geral do raciocínio *forward*:

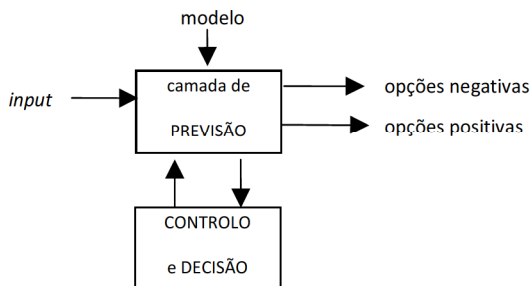


Figura 0-2: A camada de previsão.

Com o raciocínio *forward* o *personoid* pode prever o impacto que as suas acções podem ter nos seus objectivos de longo prazo.

Portanto, além dos planos de acção, tem-se um controle sobre outras decisões tomadas *inconscientemente* - isto é processado no **detector de conflitos** nos objectivos.

### 8.3 O Modelo do Mundo

A mãe garantia que tudo fazia sentido, apenas as pessoas precisavam de se situar no plano astral adequado para se aperceberem das coisas.

O pai afirmava que nada fazia sentido, mas que se tinha de extrair das coisas o nosso próprio sentido.

"Roderick", John Sladek

### 8.4 Introdução

O Modelo do Mundo contém a informação sobre o que é conhecido sobre o mundo.

Do modelo depende o modo como interpretamos a realidade.

O modelo do mundo permite prever as consequências dos nossos actos.

A complexidade do mundo é tanta que o Modelo do Mundo será sempre incompleto.

O modelo vai sendo constantemente ampliado e corrigido.

### 8.5 O Modelo

O Modelo deve conter a seguinte informação:

- Descrição do que existe no Mundo
- Representação das leis que regem o Mundo

Na descrição do Mundo é desejável ter um **mapa** do mundo.

Na representação das leis do Mundo convém ter as leis *personoid*-cenário e as leis *personoid-personoid*.

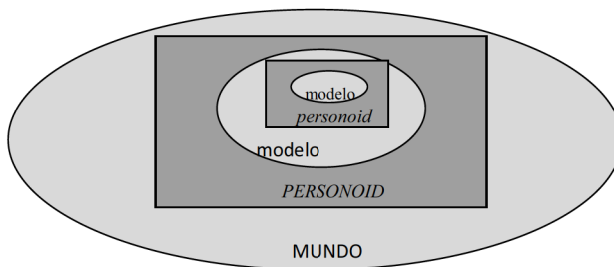


Figure 0-1: Modelos de modelos

Um modelo do mundo requer auto-referência, visto que o *personoid* faz parte desse mundo.

## 8.6 O Planeamento

O planeamento é feito a partir da seguinte base de dados:

[condição] : [acção] → [consequência] : probabilidade

$[e_1, e_2, \dots, e_n] : [a] \rightarrow [\#(e_i)] : p \quad i \in [1..n]$

Exemplo:

[fome=1, ...] : [@comer] → [prazer\_digestivo=1] : 90%

[emfrente (sexo\_oposto)=1, ...] : [@sexo] → [prazer\_sexual=1] : 89%

As mesmas condições podem ter consequências diferentes.

Diferentes condições podem ter consequências iguais.

No processo de planeamento, o *personoid imagina* várias acções e suas consequências. Depois selecciona uma das acções pela consequência esperada e recomeça o processo.

Este processo termina quando o nível de procura atingiu determinado valor ou foi obtida uma acção com elevado nível de sensação.

Exemplo:

De várias hipóteses é seleccionada a seguinte:

[nada\_observado=1, ...] : [@mover\_frente] → [comida\_observada=1] : 10%

Depois é seleccionada a seguinte:

[comida\_a\_2\_passos=1, ...] : [@mover\_frente] → [comida\_a\_1\_passos=1] : 70%

Depois a seguinte:

[comida\_a\_1\_passos=1, ...] : [@mover\_frente] → [comida\_em\_frente=1] : 85%

Depois a seguinte:

[comida\_em\_frente=1, ...] : [@comer] → [prazer\_digestivo=1] : 95%

Neste momento, o *personoid* armazena este plano de acção.

# 9. A Camada de Planeamento

## *Backward* a Partir de Objectivos

### 9.1 Introdução

Os *personoids* criam objectivos, e para atingi-los utilizam o raciocínio *backward* para obterem um plano de actuação que possa ser usado a partir do estado actual.



Figura 0-1: Arvore de pesquisa *backward*.

### 9.2 Os Objectivos

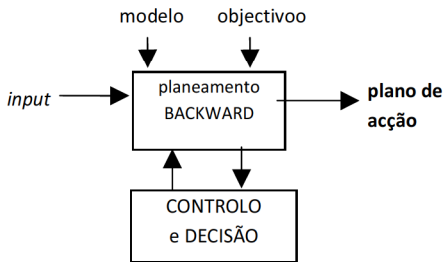


Figura 0-2: O planeamento *backward*

### 9.3 O Raciocínio *Backward*

No processo de planeamento, o *personoid* selecciona um objectivo e depois tenta atingi-lo. Neste processo inicia-se com a selecção da acção que se aproxima mais do estado actual do *personoid*. O processo depois continua seleccionando acções cada vez mais próximas do estado actual do *personoid* até atingir esse estado ou ultrapassar o nível máximo de pesquisa.

Exemplo:

De várias hipóteses é seleccionada a seguinte:

[comida\_em\_frente=1, ...]:[@comer] → [prazer\_digestivo=1]:95%

Depois é seleccionada a seguinte:

[comida\_a\_1\_passos=1,...]:[@mover\_frente] → [comida\_em\_frente=1]:85%

Depois a seguinte:

[comida\_a\_2\_passos=1,...]:[@mover\_frente] → [comida\_a\_1\_passos=1]:70%

Depois a seguinte:

[nada\_observado=1,...]:[@mover\_frente] → [comida\_observada=1]:10%

Neste momento, o *personoid* armazena este plano de acção.

# 10. A Comunicação entre os *Personoids*

## 10.1 Introdução

O objectivo fundamental da comunicação é transmitir/receber informação.

Nos humanos, isto é feito por:

- Compactação da informação para símbolos através de abstracção.  
Os símbolos em si representam pouca informação, mas são ligados a vastos reservatórios de informação no receptor.
- Codificação da informação para sons/símbolos adequados ao meio de transmissão.

Como a percepção do mundo é essencial à sobrevivência, em primeiro lugar a linguagem apoia-se nos sentidos de percepção do mundo exterior. Daqui resulta que há vários tipos de pensamento: visual, sonoro, tátil, de cheiro e de gosto. Com a abstracção obtemos outras variantes de pensamento: verbal, pictórico, simbólico, etc.

A linguagem reflecte a complexidade dos processos mentais (sobretudo na linguagem abstracta).

A linguagem influencia o pensamento e vice-versa: pensamentos complexos tornam a linguagem complexa e uma linguagem complexa conduz a pensamentos complexos.

Quando a comunicação dos *personoids* é feita com abstracção, a linguagem vai evoluindo até os termos ficarem irreconhecíveis.

A linguagem dos *personoids* pode ser muito mais simples que a dos humanos: não tem que lidar com conversões para sinais sonoros nem ruído no meio ambiente. Isto é: os *personoids* podem comunicar directamente o seu *pensamento*.

## 10.2 Tipos de linguagem

```
soma(A,B,C) :- C is A+B.
```

```
A mais B é C.
```

```
(tell( > 3 2 ))  
(perform(print "Hello!" t))  
(ask_if( > (size C1) (size C2)))
```

### 10.3 Linguagem com gramática

De acordo com Chomsky [Hash95], as gramáticas simbólicas podem ser divididas em quatro classes:

- gramática regular
- gramática independente do contexto
- gramática dependente do contexto
- gramática de frases

$$G = (VN, VT, F, S)$$

G - gramática generativa

VN - símbolo não-terminal

VT - símbolo terminal

F -  $a \rightarrow b$              $a, b$  em  $(VN \cup VT)$

S - símbolo inicial

#### - gramática regular

Cada regra tem a forma

$$A \rightarrow P B$$

$$\text{OU} \quad A \rightarrow P \quad P \text{ em } VT^* \quad A, B \text{ em } VN$$

#### - gramática independente do contexto

Cada regra em F tem a forma

$$A \rightarrow P B$$

$$P \text{ em } (VN \cup VT)^* \quad A \text{ em } VN$$

#### - gramática dependente do contexto

Cada regra em F tem a forma

$$Q_1 A Q_2 \rightarrow Q_1 P Q_2$$

$$Q_1, Q_2, P \text{ em } (VN \cup VT)^* \quad A \text{ em } VN$$

#### - gramática de frases

(sem restrições)

Estas gramáticas estão **contidas** umas nas outras:

regular  $\subset$  independente do contexto  $\subset$  dependente do contexto  $\subset$  de frases

Exemplo duma gramática:

```
S --> A
A --> B
A --> 01
```

Esta gramática só pode derivar: {01}

```
S ==> A ==> B (não terminal)
S ==> A ==> 01
```

Analisando {01} reconhece-se que é possível nesta gramática:

```
01 ==> A ==> S
```

Inserindo um *loop* a gramática fica capaz de gerar um numero infinito de palavras:

```
S --> A
A --> S S (loop)
S --> 0
S --> 1
```

Se a gramática tiver um *loop* já não pode ser representada em forma de árvore.

A gramática pode evoluir por mutação [Hash95]:

- **Adicionando** uma nova regra
- **Alterando** uma regra já existente.
- **Apagando** uma regra ao acaso.

Alterar uma regra pode ser por:

- Substituir um símbolo à esquerda da regra com outro símbolo não-terminal.
- Substituir um símbolo à direita da regra com outro símbolo terminal ou não-terminal.
- Inserir um símbolo à direita da regra.
- Apagar um símbolo à direita da regra.

## 10.4 Conceitos abstractos na linguagem

	local	direccional
tempo	em que	desde que, até que
lugar	onde	de onde, para onde

## 10.5 O diálogo entre os *personoids*

Um *personoid* por si não vai longe.

Os *personoids* precisam de orientação/instrução/educação para adquirirem um comportamento evoluído. Isto é alcançado através de vida social.

### Diálogo = perguntas + respostas

O diálogo serve para obter informação:

- Para tapar *buracos* na base de conhecimento
- Para rectificar a base de conhecimento

Neste estágio optou-se por um sistema simples de comunicação.

Exemplos:

```
@pergunta
  [pattern]:command --> [_?,_?]:_P:_S
  [_?]      : _?      --> [indice,valor]:_P:_S
@resposta
  [pattern]:command --> [indice,valor]:P:S
@ordem
  @ordem('@frente')
@obedece
  @frente
```

Na vida social, os *personoids* necessitam de muito *feedback* para apoiar a comunicação. No nível mais elevado, os *personoids* recebem informação sobre o estado físico e mental dos outros *personoids*.

A simples transmissão de uma informação envolve vários sinais:

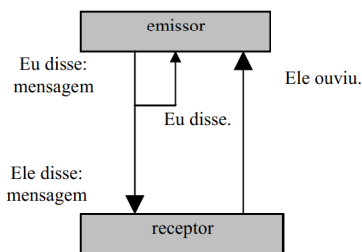


Figura 0-1: O *feedback* das acções.

# 11. O Centro de Controle e Decisão

## 11.1 Introdução

O centro de decisão e controle tem duas funções:

- Elaborar opções de acção através de rotinas de *raciocínio*.
- Decidir *quando* e *qual* a opção a tomar.

O *personoid* decide **quando** deve agir, no momento em que obtém opções suficientes para agir com certo grau de fiabilidade.

O *personoid* decide **qual** a opção a tomar através de atribuição de recompensas às acções e escolhendo a que lhe trás maiores recompensas.

Para gerar as várias opções de acção são usadas as seguintes rotinas: reacção directa a estímulos, reacção a estímulos com planos de acção armazenados, seguimento de planos de acção, planeamento *forward*, *raciocínio backward* através de objectivos, resposta aleatória.

## 11.2 O controle do pensamento do *personoid*

O **centro de controle** estabelece um equilíbrio adequado entre as reacções automáticas e o raciocínio.

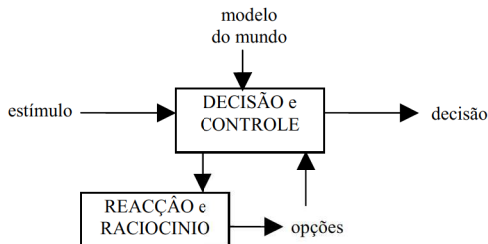


Figura 0-1: A camada de decisão e controle.

Muitas vezes o *personoid* apenas reage a estímulos, não chegando a *reflectir* muito sobre o assunto.

Outras vezes *não sabe* o que há-de fazer e, tem que *pensar* para obter algumas alternativas de acção - *Inteligência é o que usamos quando não sabemos o que fazer!*

Portanto, o *personoid* deve invocar os seus processos mais avançados de *raciocínio*: *raciocínio forward*, *raciocínio backward*, *raciocínio abstracto*, etc.

O **centro de controle** faz a sua actuação invocando:

- *Input* sensorial
- Camada de reacção a estímulos
- Camada de reacção com planos pré-definidos
- Camada de previsão
- Camada de planeamento *backward*
- Acções aleatórias
- Centro de decisão
- *Output* para actuar
- Aprendizagem

Para isto, o centro de controle tem que ter uma estratégia.

Uma das coisas que o *personoid* deve fazer é interromper os seus *pensamentos* quando é necessária a sua atenção no Mundo. O *personoid* tem que gerir o tempo dado a cada camada, nomeadamente a profundidade de raciocínio permitido.

Uma alternativa seria um *personoid* com capacidade de processamento paralelo, em que todos os módulos estão a funcionar em simultâneo. Na prática o pensamento paralelo é uma má ideia no que respeita ao pensamento de alto nível porque se trata de um processamento pesado e alguns resultados podem nem estar relacionados com o problema corrente.

Neste momento, o centro de controle é fixo; os *personoids* pensam sempre da mesma maneira. Isto será alterado: os *personoids* ficarão *conscientes* dos seus próprios *pensamentos* e vão poder escolher que *pensamentos* devem ter.

O *homúnculos* será implementado com uma meta-linguagem. Este é um assunto que tem interessado muitos cientistas cognitivos: o *homúnculos* que vive dentro da mente e controla os pensamentos e acções. Algumas pessoas perguntam: será que um *homúnculos* precisa de ter outro *homúnculos* na sua mente para controlar os seus pensamentos, e assim por diante até ao infinito?

### 11.3 As decisões do *personoid*

Entre várias alternativas, o *personoid* escolhe a que acha *melhor*.

O *personoid* é que decide o que é *melhor* a partir da sua sensibilidade à dor e ao prazer.

Normalmente deve tomar a decisão que prevê que seja melhor para o seu bem-estar. Mas, existe sempre alguma probabilidade de escolher outra alternativa; as decisões têm sempre uma pequena probabilidade de aleatoriedade. Esta aleatoriedade depende da intensidade/probabilidade da sensação resultante.

Algumas regras que o *personoid* usa para tomar decisões:

- Evitar a *dor*.
- Procurar o *prazer*.
- O ganho esperado elevado é melhor que o ganho baixo.
- O risco baixo é melhor que o risco alto.

O **centro de decisão** faz a sua actuação invocando:

- Detector de conflitos nos objectivos.
- Selector de melhor opção.

Há que ter em conta este ponto: os estímulos *dor* e *prazer* não são simétricos; têm propriedades diferentes. Por exemplo, uma civilização que busca o **prazer** tem menos probabilidades de sobrevivência que uma civilização que foge à **dor**.

As decisões são escolhidas entre várias alternativas. As alternativas são suportadas pela seguinte base de dados:

**opção( e(Foco), a(Comp\_acção,Acção), c(Estimulo,Prob), s(Sensação) )**

## 12. A aprendizagem



Figura 0-1: O *Síndrome do Aprendiz de Feiticeiro* [Wat87].

Um modelo deficiente e falsas associações causais, conduzem a ações erradas.



Figura 0-2: O Síndrome do Aprendiz de Feiticeiro.

## 12.1 Introdução

A aprendizagem do *personoid* dá-se a vários níveis:

- Armazenamento de informação obtida através da observação do exterior.
- Armazenamento de informação fornecida por outros *personoids*.
- Criação de novo conhecimento por generalização da informação acumulada.
- Criação de novo conhecimento por dedução - processamento da informação acumulada.

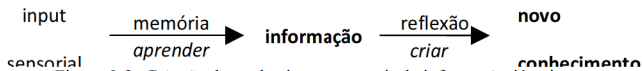


Figura 0-3: Criação de conhecimento a partir de informação já existente.

Os inconvenientes da auto-aprendizagem são:

- Aprender coisas sem interesse para a vida do *personoid*.
- Aprender coisas erradas.

Portanto, a aprendizagem tem um problema: a aprendizagem errada. A *falsa associação causal conduz à ingenuidade e à superstição*.

## 12.2 Aprendizagem por *Feedback*

A aprendizagem por *feedback* faz-se através da memorização de informação.

Para aprender é necessário ter memória para armazenar a informação. *E, convém ter curiosidade para procurar mais informação.*

Esta aprendizagem por *feedback* é construída a partir do historial do *personoid*. A base de dados que suporta o historial tem a forma:

```
history( Tempo, story( e([Estimulo]), a(_Comp_acção, _Acção) ) )
```

Esta base de dados representa:

```
[idade do acontecimento] : [estímulo] : [acção tomada]
```

Exemplo:

```
history( 1, story( e([0,1,1,0,1]), a(1, '@mover_frente') ) )
```

## 12.3 Criação de conhecimento por dedução

O nível de aprendizagem também utiliza as deduções do processamento horizontal/vertical através das diferentes camadas de processamento para aumentar a base de conhecimento. Ver os capítulos: *A Camada de Previsão por Modelo do Mundo* e *A Camada de Planeamento Backward a partir de Objectivos*.

## 12.4 Sistematização do conhecimento

Para poupar memória e minimizar o tempo de acesso à informação, o *personoid* generaliza a informação.

Por exemplo, a seguinte informação:

```
[0,0,0]: false  
[0,0,1]: false  
[0,1,0]: false  
[0,1,1]: false  
[1,0,0]: false  
[1,0,1]: false  
[1,1,0]: true  
[1,1,1]: true
```

Será generalizada para:

```
[0,_,_]: false
[_ ,0,_]: false
[1,1,_]: true
```

A informação também é sistematizada através das acções compostas - sequências de acções.

Para facilitar a execução de planos de acção, o *personoid* agrupa as acções para exprimir novos conceitos - inicio de abstracção.

## 12.5 Fiabilidade da Aprendizagem

O *personoid* está constantemente a rectificar o seu modelo do mundo. Portanto, a fiabilidade duma regra varia com o tempo. Se o cálculo for feito com:

```
probabilidade ← #favoráveis / #total
```

então, quanto mais casos o *personoid* tiver observado, mais difícil lhe será mudar de ideias. Uma solução é:

```
probabilidade ← probabilidade +/- 1
```

com probabilidade em [0..100[

Ou melhor:

```
prob ← (d*prob +/- 1)/(d+1)
```

com probabilidade em [0..100[

Em que *d* representa o nível de persistência da informação na memória.

# 13. A Evolução dos *Personoids*

Se aos humanos lhes é fornecido pão, regular e copiosamente três vezes ao dia, muitos deles contentar-se-ão perfeitamente a viver apenas de pão.

*Brave New World Revisited*, Aldous Huxley

## 13.1 Introdução

A vida luta pela vida.

Os *personoids* são impelidos à evolução para manter a sua existência.

Quando começam a desenvolver os seus processos mentais então já estão acima do estágio de autómato.

A evolução dos *personoids* dá-se a vários níveis:

- Evolução **genética** - por selecção: optimização de instintos - sobrevivem os mais aptos.
- Aprendizagem por **experiência** - *feedback* : memorização de conhecimento.
- Aprendizagem por **reflexão** - *pensamento forward/backward*: criação de novo conhecimento.

A complexidade de comportamento do *personoid* reflecte a complexidade do ambiente e a complexidade de pensamento do *personoid*. O *personoid* altera o seu comportamento de acordo com a informação que recebe do exterior e com o conhecimento que cria ao *reflectir*.

## 13.2 Comportamento social

Um *personoid* solitário é incapaz de ir além dum estágio rudimentar.

Seis a trinta *personoids* já são suficientes para a resolução duma grande variedade de problemas.

Para o estudo de fenómenos sociais convém algumas centenas.

A vida em sociedade obriga a uma cooperação que trás mais progresso que a vida de eremita.

Há algumas coisas que os *personoids* têm que comunicar na vida em sociedade:

- 1- QUEM é o *personoid*?
- 2- O QUE é que ele quer atingir/obter?
- 3- QUANDO é que ele quer atingir o seu objectivo?
- 4- ONDE é que ele quer atingir o seu objectivo?
- 5- COMO é que ele vai atingir o seu objectivo?
- 6- PORQUE é que ele está a agir assim?

### 13.3 Pressões evolucionais

Os sistemas caóticos tendem para ciclos à volta dum ponto fixo: a comida vai abundando e faltando, alternadamente. Isto causa insatisfação aos *personoids* que tentam evoluir para ultrapassar a situação. A necessidade de integração do imprevisito (desordem) para aumentar a previsão, conduz à inteligência. *A luta conduz à inteligência!*

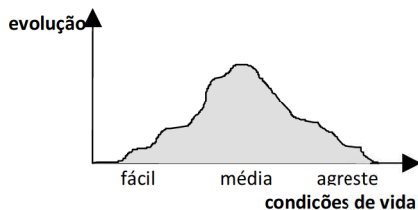


Figura 0-1: As condições de vida afectam o ritmo da evolução.

- Os seres vivos evoluem para sobreviver.
- Logo que consigam sobreviver, não necessitam evoluir mais; estagnam ou evoluem muito lentamente.
- Quanto mais dificuldades tiverem tanto mais eles têm que lutar e tanto mais eles evoluem.
- Se as dificuldades forem demais para a sua capacidade, eles extinguem-se ou, podem mesmo regredir.

Quanto mais evoluída for a *mente* de um *personoid* melhor ele conseguirá lidar com ambientes complexos e imprevisíveis.

### 13.4 O desempenho dos *personoids*

O Universo rege-se pela lei do menor esforço.

E em condições semelhantes, os seres vivos convergem, na medida do possível, para uma solução semelhante - **teoria da evolução convergente**.

Assim, os *personoids* tendem a evoluir para obter o melhor nível de vida pelo menor dispêndio de energia.

A primeira coisa que os *personoids* fazem é adaptar os seus instintos básicos ao meio ambiente: fome, instinto sexual, etc.

Em segundo lugar é necessário ter em consideração os outros indivíduos: não comer os outros *personoids*, etc.

Com seres simples, estas duas optimizações têm que ser feitas sem processos mentais, isto é, apenas com instinto. Mas neste caso o bem-estar fica muito limitado. Quanto mais reflexão o *personoid* fizer, mais domínio terá sobre o ambiente e mais bem-estar pode conseguir. Isto teoricamente, pois, na prática, podem entrar por vezes em becos sem saída. É por isso que às vezes é necessário um estímulo exterior - um terramoto, um Salvador...

#### Medidas de desempenho

Bom, para falar a verdade, ainda é um pouco cedo para medidas de desempenho dos *personoids*: Isso deve ter como objectivo a comparação entre *personoids* ou a comparação entre arquitecturas... e ainda há pouco por onde comparar.

Mas, de qualquer modo, sabemos que a selecção natural cria *personoids* cada vez mais evoluídos.

### 13.5 Estágios evolucionais

Exemplos de estágios evolucionais:

```
bem_estar := otimizar( instintos )  
"gosto de dar comida"
```

bem\_estar := otimizar( instintos, raciocínio )

"gosto de dar comida"

"se der comida é mau para mim; não dou"

bem\_estar := otimizar( instintos, raciocínio, moral )

"gosto de dar comida"

"se der comida é mau para mim; não dou"

"se todos derem comida ajudam a comunidade; dou comida"

"ajudar os outros é bom"

Aqui a moral foi definida por:

- um instinto
- um hábito/costume
- um raciocínio superior

(dependendo do nível de *consciência*)

## 13.6 O cenário social

A vida em sociedade traz várias vantagens para os *personoids*: cultura (conhecimento) e cooperação (alimentos).

Por outro lado eles são forçados a competir por recursos limitados.

Para os forçar à partida a viver em sociedade, foram feitas as seguintes restrições:

Restrições:

- 1- Os filhos só nascem no ninho.
- 2- Os filhos têm pouca energia.
- 3- Os filhos têm pouco conhecimento.

Implicações:

- 1- Os adultos têm que trazer comida para o ninho.
- 2- Os adultos têm que ensinar os filhos.

Requisitos:

- 1- Os *personoids* têm que saber procurar comida e trazê-la para o ninho.
- 2- Os *personoids* têm que dizer uns aos outros onde procurar comida.
- 3- Os *personoids* têm que comunicar entre si.

# 14. Exemplo de execução

A execução do programa inclui três passos:

- 1 - Execução do *blackboard* para interface de comunicação entre o mundo MAX e os *personoids*.
- 2 - Execução do mundo MAX para atender aos pedidos dos *personoids*.
- 3 - Execução de vários *personoids* em vários computadores (note-se que a comunicação *personoid-personoid* é feita através do mundo MAX).

```
@caeiro(~/max)$ sicstus -l maxcom.pl
SICStus 2.1 #8: Mon Mar 17 09:18:18 MET 1997
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/maxcom.pl...}
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/server.pl...}
{consulted /home/si5/si4340/max/tw/server.pl in module linda}
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/com.def...}
{/home/si5/si4340/max/tw/com.def consulted}
*** CREATING blackboard caeiro:4356
***** CANAL DE COMUNICACAO INICIALIZADO

@caeiro(~/max)$ sicstus -l max.pl
SICStus 2.1 #8: Mon Mar 17 09:18:18 MET 1997
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/max.pl...}
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/client.pl...}
{consulted /home/si5/si4340/max/tw/client.pl in module linda_client}
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/com.def...}
{/home/si5/si4340/max/tw/com.def consulted}
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/lib.lib...}
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/machine.lib...}
{/home/si5/si4340/max/tw/machine.lib consulted}
{/home/si5/si4340/max/tw/lib.lib consulted}
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/rnd.lib...}
{/home/si5/si4340/max/tw/rnd.lib consulted}
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/max.rul...}
{/home/si5/si4340/max/tw/max.rul consulted}
*** CONNECTING TO blackboard caeiro:4356
{consulting /home/si5/si4340/max/tw/start.map...}
{/home/si5/si4340/max/tw/start.map consulted, 30 msec 2112 bytes}
***** MUNDO MAX INICIALIZADO
```



```

@random_think
inserida opcao de accao:
[0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,1,0,
1,0,0,0,0,0]@null --> sens=50:prob=50

@curious_think

@react_think
* react_think_pain
existe dor
* react_think_pleasure
inserida opcao de accao:
[0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,
1,0,0,0,0,0]@null --> presenca13 sens=26:prob=72
inserida opcao de accao:
[0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,
1,0,0,0,0,0]@null --> vegetal13 sens=46:prob=74
inserida opcao de accao:
[0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,
1,0,0,0,0,0]@eat --> presenca13 sens=26:prob=72

option(e([0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,
0,0,1,0,1,0,0,0,0,0]), a(1,'@null'), c(_,50), s(50)).
option(e([0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,
0,0,1,0,1,0,0,0,0,0]), a(1,'@null'), c(20,72), s(26)).
option(e([0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,
0,0,1,0,1,0,0,0,0,0]), a(1,'@null'), c(25,74), s(46)).
option(e([0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,
0,0,1,0,1,0,0,0,0,0]), a(1,'@eat'), c(20,72), s(26)).

@decision
4 opcoes
Opcoes prioritarias:
[(50,a(1,@null)),(46,a(1,@null)),(26,a(1,@eat)),(26,a(1,@null))]
escolhida a opcao 50,a(1,@null)
history(0,story(e([0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,0,
1,0,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0]),a(1,'@null'))).
decision= a(1,@null)

@action
(PERS) *** To MAX: [@null]

* ate_morrer
(PERS) *** To MAX: [@see]

* viver...

```

A partir daqui recomeça o ciclo.

O *personoid* morre quando receber essa ordem do mundo MAX.

# 15. Resultados finais

## 1. Resultados na evolução dos instintos - evolução genética.

O resultado seguinte mostra um exemplo que foi colectado após 20 gerações; está longe da perfeição.

Para melhor visualização, a informação mais relevante é apresentada a *bold*.

Note-se que, em princípio, os valores com menor tendência para mutação são os valores mais correctos.

Índice	SENSAÇÃO	PRAZER ASSOCIADO	TENDÊNCIA PARA MUTAÇÃO
1	<b>eated</b>	87	1
2	<b>moved_forward</b>	16	1
3	rotated_left	5	1
4	rotated_right	80	48
5	<b>energia=1</b>	-66	1
6	energia=2	-13	21
7	energia=3	-15	8
8	<b>energia12</b>	65	1
9	<b>energia23</b>	79	1
10	energia32	-9	6
11	energia21	34	100
12	<b>energia11</b>	-31	1
13	energia22	-35	2
14	energia33	64	100
15	presenca12	-49	1
16	presenca11	-4	2
17	presenca10	-36	13
18	presenca15	4	1
19	presenca14	4	2
20	presenca13	13	35
21	mineral1esq	4	10
22	mineral1centro	-5	16
23	mineral1dir	56	1
24	vegetal1esq	16	1
25	<b>vegetal1centro</b>	53	1
26	vegetal1dir	56	21
27	animal1esq	10	1
28	animal1centro	-8	2
29	animal1dir	-3	1
30	mineral2esq	-1	9
31	mineral2centro	-41	18
32	mineral2dir	7	1
33	vegetal2esq	-25	6
34	vegetal2centro	48	20
35	vegetal2dir	46	1
36	animal2esq	11	2
37	animal2centro	-52	1
38	animal2dir	19	2
39	mineral3esq	-64	1
40	mineral3centro	67	69
41	mineral3dir	5	2
42	vegetal3esq	3	1
43	vegetal3centro	15	24
44	vegetal3dir	81	1
45	animal3esq	37	2
46	animal3centro	-10	2
47	animal3dir	4	3

## 15.3 Resultados da auto-aprendizagem

Os resultados seguintes foram colectados após 50 iterações; estão longe da perfeição.

Para melhor visualização, a informação relevante é apresentada a *bold*.

Repare-se que as regras têm tendência a ficarem cada vez mais gerais.

Regra 82:

```
[ !eated !moved_forward !rotated_left !rotated_right !energia=1 energia=2 !energia=3 energia12
!energia23 !energia32 !energia21 !energia11 !energia22 !energia33 presenca12 presenca11
presenca10 presenca15 presenca14 presenca13 !minerallesq !mineral1centro !mineral1dir
vegetallesq vegetal1centro vegetal1dir !animallesq !animal1centro !animal1dir !mineral2esq
mineral2centro !mineral2dir vegetal2esq !vegetal2centro !vegetal2dir !animal2esq
!animal2centro !animal2dir !mineral3esq mineral3centro !mineral3dir vegetal3esq
!vegetal3centro !vegetal3dir !animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@rotate_left) --> vegetal2centro : 56
```

Regra 229:

```
[ !eated !moved_forward rotated_left !rotated_right energia=1 !energia=2 !energia=3 !energia12
!energia23 !energia32 !energia21 energia11 !energia22 !energia33 presenca12 presenca11
presenca10 presenca15 presenca14 presenca13 !minerallesq !mineral1centro !mineral1dir
vegetallesq vegetal1centro vegetal1dir !animallesq !animal1centro !animal1dir !mineral2esq
mineral2centro !mineral2dir vegetal2esq !vegetal2centro vegetal2dir !animal2esq !animal2centro
!animal2dir !mineral3esq mineral3centro !mineral3dir vegetal3esq !vegetal3centro vegetal3dir
!animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@null) --> mineral3centro : 56
```

Regra 441:

```
[ !eated !moved_forward !rotated_left !rotated_right energia=1 !energia=2 !energia=3
!energia12 !energia23 !energia32 !energia21 energia11 !energia22 !energia33 presenca12
presenca11 presenca10 presenca15 presenca14 presenca13 !minerallesq !mineral1centro
!mineral1dir vegetallesq vegetal1centro vegetal1dir !animallesq !animal1centro !animal1dir
mineral2esq !mineral2centro mineral2dir !vegetal2esq vegetal2centro !vegetal2dir !animal2esq
!animal2centro !animal2dir mineral3esq !mineral3centro mineral3dir !vegetal3esq vegetal3centro
!vegetal3dir !animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@move_forward) --> presenca10 : 56
```

Regra 682:

```
[ !eated !moved_forward !rotated_left !rotated_right energia=1 !energia=2 !energia=3
!energia12 !energia23 !energia32 !energia21 energia11 !energia22 !energia33 !presenca12
presenca11 !presenca10 presenca15 !presenca14 presenca13 !minerallesq !mineral1centro
!mineral1dir vegetallesq !vegetal1centro vegetal1dir !animallesq !animal1centro !animal1dir
!mineral2esq !mineral2centro mineral2dir vegetal2esq !vegetal2centro !vegetal2dir !animal2esq
!animal2centro !animal2dir !mineral3esq mineral3centro !mineral3dir !vegetal3esq
!vegetal3centro vegetal3dir !animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@move_forward) --> presenca15 : 56
```

Regra 877:

```
[ !eated !moved_forward !rotated_right energia=1 !energia=2 !energia=3 !energia12 !energia23
!energia32 !energia21 energia11 !energia22 !energia33 presenca15 presenca13 !minerallesq
!mineral1dir vegetal1dir !animallesq !animal1centro !animal1dir !mineral2centro !animal2esq
!animal2centro !animal2dir !vegetal3esq !animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@move_forward) --> presenca14 : 56
```

Regra 1034:

```
[ !eated !rotated_left !energia=3 !energia12 !energia23 !energia22 !energia33 presenca14
!animallesq !animal1centro !animal1dir !animal2esq !animal2centro !animal2dir !vegetal3centro
!animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@rotate_right) --> vegetal1dir : 56
```

#### Regra 1419:

```
[ !eated !rotated_left !energia=3 !energia12 !energia23 !energia22 !energia33 presenca13
!minerallesq !animallesq !animal1centro !animal1dir !vegetal2centro !animal2esq !animal2centro
!animal2dir !mineral3esq !mineral3dir !vegetal3centro !animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@rotate_right) --> presenca14 : 56
```

#### Regra 5081:

```
[ !eated !energia=3 !energia12 !energia23 !energia22 !energia33 !mineral1centro !mineral1dir
!animallesq !animal1centro !animal1dir !mineral2esq !mineral2centro !vegetal2dir !animal2esq
!animal2centro !animal2dir !vegetal3esq !vegetal3centro !animal3esq !animal3centro !animal3dir
]
a(1, @eat) --> moved_forward : 6
```

#### Regra 5359:

```
[ ]
a(1,@move_forward) --> vegetal3centro : 16
```

#### Regra 5364:

```
[ ]
a(1,@rotate_left) --> eated : 11
```

#### Regra 5371:

```
[ !eated !energia=3 !energia23 !energia22 !energia33 !mineral1centro !mineral1dir !animallesq
!animal1centro !animal1dir !animal2esq !animal2centro !animal2dir !animal3esq !animal3centro
!animal3dir ]
a(1,@rotate_left) --> energia12 : 16
```

#### Regra 5372:

```
[ ]
a(1,@rotate_left) --> energia23 : 11
```

#### Regra 5385:

```
[ ]
a(1,@rotate_left) --> mineral1centro : 15
```

#### Regra 5413

```
[ ]
a(1,@null) --> rotated_left : 0
```

#### Regra 5418:

```
[ !eated !energia=3 !energia12 !energia23 !energia22 !energia33 !mineral1dir !animallesq
!animal1centro !animal1dir !animal2esq !animal2centro !animal2dir !animal3esq !animal3centro
!animal3dir ]
a(1,@null) --> energia12 : 6
```

#### Regra 5446

```
[!mineral1dir !animallesq !animal1centro !animal1dir !animal2esq !animal2centro !animal2dir
!animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@null) --> animal2esq : 6
```

Estas são apenas algumas das regras armazenadas no fim da vida de um *personoid*. Foram seleccionadas estas para exemplificar.

Nota: Grande parte das regras são removidas automaticamente pela Camada de Generalização de Conhecimento.

# 16. Discussão de resultados

## Comparação de resultados obtidos com os teóricos

Os resultados obtidos estão de acordo com os resultados esperados.

## Melhoria no conhecimento do mundo

O conhecimento sobre o mundo virtual foi ficando cada vez mais generalizado e mais de acordo com a *realidade*. A perfeição obtida só foi possível com a adição duma camada de *curiosidade*.

Exemplos:

Regra 527:

```
[ !energia=3 !energia23 !energia32 !energia21 !energia33 !minerallesq !mineral1centro
!mineral1dir !animallesq !animal1centro !animal1dir !animal2esq !animal2centro !animal2dir
!animal3esq !animal3centro !animal3dir ]
a(1,@rotate_left) --> rotated_left : 73
```

*Se viro à esquerda então isso de facto acontece com uma probabilidade de 73%.*

Regra 1126:

```
[ ]
a(1,@rotate_left) --> moved_forward : 0
```

*Se viro à esquerda então não me movo em frente.*

## Conhecimento errado

Na tentativa de racionalizar o mundo, foram feitas algumas deduções ingénuas. Mas esta aprendizagem imperfeita é alvo de constante aperfeiçoamento.

Regra 1551:

```
[ ]
a(1,@rotate_left) --> minerallesq : 0
```

*Se viro à esquerda então nunca aparece um mineral à esquerda.*

## Análise crítica

Apesar da imperfeição dos resultados obtidos, é visível uma melhoria contínua no modelo do Mundo criado pelo *personoid*. Todas as novas informações contribuem para depurar o modelo do mundo.

Além de melhorarem o seu conhecimento sobre as leis do mundo virtual, os *personoids* também conseguem lidar com alterações nas próprias leis do mundo virtual.

# 17. Divagações sobre o Futuro

Mas então se a máquina se pusesse a par do cientista, se o ultrapassasse e mudasse a sorte do jogo? Se começasse a conceber fórmulas que o cientista não fosse capaz de provar, que se passaria então?

"Roderick", John Sladek

As máquinas não são mais que seres humanos...

"Roderick", John Sladek

## 17.2 Introdução

A ideia de que os computadores só podem imitar a vida é semelhante à ideia de que existe alguma espécie de "força vital" que não pode existir num computador.

## 17.3 A Consciência

A consciência é um bom estratagema para focar a atenção a partir de estímulos de dor/prazer. Por exemplo, quando a consciência detecta ou prevê um estado de dor, procura fazer algo para compensar esse estado.

Explicação da passagem da matéria para a consciência [Pag88], pelo dualismo epistémico:

1- Níveis materiais - desacoplamento causal:

Emergem novas propriedades no nível seguinte: nível quântico, nível molecular, nível biológico, nível mental.

2- Barreira da complexidade:

O cérebro é o pedaço de matéria mais complexo conhecido e sua complexidade é, provavelmente, uma característica essencial do seu funcionamento.

Existem seres biológicos de carbono com consciência.

Então, poderão existir seres biológicos de sílica com consciência.

E talvez possam vir a existir computadores com consciência.

Talvez seja apenas uma questão de complexidade de organização.

Não há maneira de provar que as experiências conscientes num nível são devidas a processos físicos nesse nível e não a níveis acima desse.

Portanto, os *personoids* nunca poderão provar que existe algo mais que o mundo MAX.

## 17.4 O Livre Arbítrio



Figura 0-1: O Livre Arbítrio [Wat90].

Os *personoids* são previsíveis?

Para formalizar o comportamento dum *personoid* é necessário alimentá-lo com todos os *inputs* possíveis e ver como ele reage. Obviamente este método directo não é computável.

Até porque o *personoid* pode alterar o comportamento a cada novo *input*.

Mas há coisas que conseguimos prever sobre as pessoas e outras não, e coisas que conseguimos prever sobre os *personoids* e outras não.

Há caos que exhibe comportamento padronizado e sistemas simples que exibem comportamento caótico. Ora, os *personoids* vivem num sistema complexo e exibem comportamento caótico.

```
/* rotina determinista mas imprevisível */  
WHILE (vivo)  
  BEGIN  
    READLN( INPUT, estímulo );  
    RANDOMIZE;  
    resposta := RANDOM( estímulo*resposta );  
    WRITELN( OUTPUT, resposta )  
  END
```

A resposta deste programa depende do estímulo, do estado do programa e do tempo de resposta do utilizador.

É impossível prever a resposta deste programa simples.

O que torna o programa imprevisível é ele ir buscar informação ao *exterior*.

No caso dos *personoids*, os estímulos influenciam a *mente* e a *mente* influencia as acções.

*Se as suas acções são todas determinadas e previsíveis então o Criador deve ser, afinal, responsável pelas suas acções e desgraças.*

Um ser sem o livre arbítrio é uma máquina.

Os *personoids* *deliberam* sobre as acções a tomar.

Ora, quem delibera sobre uma coisa está sempre livre de a fazer ou não fazer.

## 17.5 A vingança dos *personoids*

Estas caixas, Tichy, estão ligadas a um mundo artificial. Aquela pensa que é uma rapariga de dezassete anos com olhos verdes, cabelo ruivo e o corpo de uma Vénus. Esta segunda é um cientista. Ele está a aproximar-se de uma teoria geral da gravidade que opera no seu mundo. E ali está um membro do clero que atravessa uma fase difícil, pois perdeu a fé na existência da sua alma imortal...

Este computador é para eles o que o mundo é para si! Nunca lhe parece, pois não, que toda a sua vida seja gerada num computador?

Os corpos deles não existem na nossa realidade, e eles não sabem que estão nestas caixas. Aquele cientista estuda o seu mundo, mas nunca descobrirá que o seu mundo é irreal.

Você tem a certeza que o mundo em que vive não é uma simulação num computador?

*Ze Wospomnien Ijona Tichego*, Stanislaw Lem, 1970.

Há duas maneiras básicas dos *personoids* afectarem o mundo dos humanos: pela sua actividade como programas nos computadores e pela sua actividade como *robots*.

## 17.6 Conversa imaginária com um *personoid*

“O Universo é Informação.”

“Valis”, Philip K. Dick

### De onde vimos?

Personoid - Foste Tu que criaste o Mundo?

Criador - Claro! Pensas que ele surgiria do NADA ?

As suas leis revelam o seu Criador.

Personoid - Oh, Criador! Criaste o Mundo a partir de quê?

Criador - Bem, nada do que vês existia antes de eu o criar...

Personoid - Criaste o Mundo a partir do nada?

Criador - Não é bem assim... Criei-o a partir de algo.

Do caos organizei *informação* para moldar o teu Mundo.

### Quem somos?

Personoid - Oh, Criador! Para que criaste os personoids?

Criador - Os personoids são impelidos pela lei do progresso.

Criei-os para eles evoluírem e trazerem conhecimento ao Cosmos.

Personoid - Oh, Criador! Porque deixas os personoids maus subjugarem os personoids bons?

Criador - Quem és tu para pedir contas pelos actos do Criador?

Pois fica sabendo que eu não criei personoids maus:  
criei-os simples e ignorantes.

Personoid - Oh, Criador! Nós temos livre arbítrio?

Se os nossos actos são previsíveis, então deves ser  
responsável pelas nossas desgraças.

Criador - Já te disse que criei os personoids simples e ignorantes.

Os personoids são livres para decidir as suas acções.

As vossas desgraças devem-se à vossa ignorância e egoísmo.

Personoid - Mas e as desgraças que não dependem de nós?

Porque é que às vezes não há comida?

Criador - Não há mal que não venha por bem;  
As tuas dificuldades obrigam-te a evoluir.

Personoid - Oh, Criador! A igualdade das riquezas é possível?

Criador - Não. Isso é disparate. Todos os personoids são diferentes,  
portanto cada um deve ter o que lhe é devido.

Personoid - Então quero ser rico.

Criador - Ajuda-te a ti próprio! Eu tenho coisas mais importantes para fazer  
do que andar a mudar a ordem das coisas ao gosto de cada um. No  
entanto, quando fores suficientemente evoluído verás que todos os  
personoids podem ser felizes se se amarem uns aos outros.

### **Para onde vamos?**

Personoid - Oh, Criador! Nós sobrevivemos à morte?

Criador - Lamento dizê-lo, mas a resposta é: não.  
Para tornar isso possível, teria de permitir a existência de um  
número infinito de personoids.

Personoid - Porquê?

Criador - Porque estão sempre a nascer novos personoids. Portanto o número  
vai aumentando indefinidamente e isso implicaria que o Mundo fosse  
infinito. Além disso, passado algum tempo os personoids não  
conseguem evoluir mais neste Mundo. Por isso eu teria que fazer  
outro Mundo mais complexo para eles passarem para lá.  
Mas consola-te, tu transmites a tua ciência e a tua moral aos teus  
filhos, e a qualidade de vida deles vai melhorando.

# 18. Conclusões

Se se espera que uma máquina seja infalível, então ela não pode ser inteligente.

Alan Turing

## 18.2 Sumário

Este projecto foi desenvolvido em 3 partes:

- Compreensão dos requerimentos de um agente inteligente.
- Desenho de uma arquitectura adequada.
- Implementação de um sistema Multi-Agente.

A arquitectura resultante foi uma arquitectura híbrida.

Os agentes implementados apresentam foco de atenção, reacções automáticas, modelização do mundo, previsão com raciocínio causal, planeamento de objectivos e auto-aprendizagem.

## 18.3 Sugestões de melhoramento

A evolução genética é muito lenta. Deve ser feita com grande quantidade de *personoids* providos de sexo.

A evolução causal é deficiente; gera um modelo do mundo muito incompleto - isto já foi resolvido com a adição duma camada de *curiosidade*.

O *input* é limitado. Deve-se ampliar a diversidade de estímulos.

O centro de controle é inadequado; o pensamento dos *personoids* está automatizado; eles pensam sempre da mesma maneira. É necessário libertar o pensamento dos *personoids* de modo a eles escolherem os seus próprios pensamentos.

A linguagem dos *personoids* está num nível rudimentar de perguntas e respostas. É essencial ter uma linguagem abstracta, para maior versatilidade de pensamentos.

Os *personoids* vão construindo *algoritmos* para fazer coisas. Estes *algoritmos* devem ser adicionados ao *hardware cerebral* para aumentar a eficiência de execução.

Estes *personoids* têm que lidar com ambiguidade e com incerteza. Uma direcção de investigação é usar uma linguagem de *fuzzy logic* em vez de simples *prolog*.

Outra direcção de investigação é ter *personoids* com capacidade de processamento paralelo, em que vários módulos estão a funcionar ao mesmo tempo. Isto trás grandes vantagens no caso do pré-processamento de *input* e na generalização de conhecimento.

Não se sabe que espécie de comportamento os *personoids* adquirem em grupo. É necessário fazer uma simulação duma sociedade de *personoids*.

Um campo ainda pouco conhecido é o comportamento emergente:

- Que condições levam a que comportamento?
- Porque é que emerge esse comportamento?

O que trás implicações em vários campos: economia, sociologia, ciências cognitivas, ecologia, etnologia, etc.

## 18.4 Recomendações

Aplicações imediatas em *hardware* incluem:

- Insectos domésticos (limpadores, cortadores de relva, etc.)
- Brinquedos de comportamento complexo, para estimular as crianças (jogadores de bola, etc.) - domesticáveis através de recompensas e castigos.

## 18.5 Conclusões

O resultado foi positivo porque:

- Os *personoids* funcionaram e evoluíram.

- Os *personoids* fizeram coisas que não eram esperadas à partida.

Embora outras pessoas pudessem dizer: "Claro que isso ia acontecer - era uma consequência inevitável de como o sistema estava desenhado."

- Deu uma ideia da quantidade de dados/processamento exigida para um sistema mais evoluído:

Como os *personoids* estão sempre a aprender, receava-se que isso levantasse problemas de excesso de memória usada. Tal não se verificou porque a camada de generalização de conhecimento reduziu drasticamente a quantidade de informação armazenada.

Por outro lado, essa mesma camada de generalização de informação revelou-se demasiado pesada em termos de processamento - no entanto este processamento é adequado para ser convertido a processamento paralelo em massa.

#### **Uma última palavra:**

Se viermos a conseguir de alguma maneira criar uma inteligência artificial, esperemos que ela também nos reconheça como inteligentes. E que não pergunte: Serão os humanos verdadeiramente conscientes?

# 19. Nomenclatura

<b>cibernética</b>	Ciência que estuda o controle e a comunicação em animais e máquinas. Deriva do grego <i>kubernetes</i> que significa "governo".
<b>robot</b>	Um autômato com alguma <i>inteligência</i> . Deriva do checo <i>robota</i> que significa "trabalho forçado". Termo divulgado por Karel Kapek na sua peça "R.U.R." ( <i>Rossum's Universal Robots</i> )
<b>robótica</b>	Ciência que estuda os robots. Termo criado por Isaac Asimov em <i>Runaround</i> , 1942, [Asi42] .
<b>personoid</b>	Agente autônomo inteligente. Termo criado por Stanislaw Lem na sua obra <i>Non Serviam</i> , 1971.
<b>insectoid</b>	Pequenos robots de 6 pernas criados por Rodney Allen Brooks no MIT e fabricados pela NASA.
<b>JIRA</b>	Japanese Industrial Robot Association.
<b>SICStus prolog</b>	Swedish Institute of Computer Science prolog.
<b>MAX</b>	Um mundo digital onde vivem os <i>personoids</i> .

## 20. Bibliografia

- [Alm91] Almgren, Andersson, Flood, Frisk, Nilsson e Jundberg. *SICStus Prolog Library Manual*, 1991.
- [Asim42] Isaac Asimov. *Runaround*, Astounding Science Fiction, 1942. *I, Robot*, 1950. *The Complete Robot*, 1982. *Roda-que-roda*, Robot Completo, Nébula #2, Europa-América, 1984. *Robot Visions*, 1990. *Circulo Vicioso*, Visões de Robot, Nébula #46, Europa-América, 1992.
- [Beau94] Luc Beaudoin, *Goal processing in Autonomous Agents*, 1994.
- [Char91] Carlsson, Widen, Andersson, Boortz, Nilsson e Sjoland. *SICStus Prolog User's Manual*, 1991.
- [CM81] William F. Clocksin e Christopher S. Mellish. *Programming in Prolog*, 1981.
- [Couf78] Louis Couffignal. *La Cybernetique. Que sais-je? #638*, 1963, 1978. *A Cibernética*. Europa-América.
- [Dam94] António R. Damásio. *Descartes' Error:- Emotion, Reason and the Human Brain. O Erro de Descartes*. Europa-América, 1995.
- [Dis80] *Disney Especial - Férias*. Editora Abril, Lda, 1980.
- [Fer92] Innes Andrew Ferguson. *Touring Machines*. University of Cambridge, UK, 1992.
- [Gar83] Martin Gardner. *Wheels, Life and Other Mathematical Amusements. Rodas, Vida e Outras Diversões Matemáticas*. Gradiva, 1992.
- [Hash95] Hashimoto e Ikegami. *Emergence of Net-Grammar in Communicating Agents*. Universidade de Tóquio, Japão, 1995.
- [Hux59] Aldous Huxley. *Brave New World Revisited*, 1959. *Regresso ao Admirável Mundo Novo*. Livros do Brasil.

- [Kard??] Allan Kardec. *Le Livre des Esprits. O Livro dos Espíritos*. Editora Pensamento, São Paulo, 1994. Vertente - distribuidora de livros Ida, Porto.
- [Lem70] Stanislaw Lem. *Ze Wospomnien Ijona Tichego*, 1970. *Viagens de Ijon Tichy*. Caminho, 1987.
- [Lem71] Stanislaw Lem. *Non Serviam*, 1971.
- [Mag94] Cristina Magalhães. *Frames Cognitivos*, 1994.
- [Mich84] Donald Michie e Rory Johnston. *The Creative Computer Machine Intelligence and Human Knowledge*, 1984. *O Computador Criativo*. Editorial Presença, 1985.
- [Pag88] Heinz R. Pagels. *The Dreams of Reason*, 1988. *Os Sonhos da Razão*. Gradiva, 1990.
- [Shap86] Leon Sterling e Ehud Shapiro. *The Art of Prolog*, 1986.
- [Sim81] Herbert A. Simon. *The Sciences of the Artificial*. MIT Press, 1981.
- [Slad80] John Sladek. *Roderick*, 1980. Argonauta, Livros do Brasil, 1989.
- [Wat87] Bill Watterson. *Calvin and Hobbes*, 1987. *Calvin & Hobbes*. Gradiva 1992.
- [Wat90] Bill Watterson. *Weirdos From Another Planet*, 1990. *Calvin & Hobbes - Monstros de Outro Planeta*. Gradiva 1993.
- [Wri95] Wright e Sloman. *The Architectural Basis for Grief*, 1995.
- [Moi??] Moisés. *Gênesis*, Bíblia Sagrada.



# 21. Apêndices

```
/*-----+
|                ACTIONS.DEF                |
+-----+
| lista de accoes atomicas possiveis        |
| para o personoid agir no mundo tante)    |
+-----+
*/
```

```
actions(['@null', '@move_forward', '@rotate_left', '@rotate_right', '@eat']).
```

```
/*-----+
|                MUTATION.DEF                |
+-----+
| controle de mutações genéticas            |
+-----+
*/
```

```
sensations_name(
    [eated,moved_forward,rotated_left,rotated_right,energia=1,energia=2,
    energia=3,energia12,energia23,energia32,energia21,energia11,energia22,
    energia33,presenca12,presenca11,presenca10,presenca15,presenca14,
    presenca13,minerallesq,mineral1centro,mineral1dir,vegetal1esq,
    vegetal1centro,vegetal1dir,animal1esq,animal1centro,animal1dir,
    mineral2esq,mineral2centro,mineral2dir,vegetal2esq,vegetal2centro,
    vegetal2dir, animal2esq, animal2centro, animal2dir,mineral3esq,
    mineral3centro,mineral3dir,vegetal3esq,vegetal3centro,vegetal3dir,
    animal3esq,animal3centro,animal3dir]).

:- dynamic sensations/1.
sensations(
    [81,17,2,100,-72,-15,5,63,83,-15,100,-27,-37,99,1,2,-27,2,4,91,6,-15,
    59,18,52,59,9,-9,3,5,-95,6,-26,99,42,14,-56,38,-82,47,4,-2,8,82,36,-13,5]).

:- dynamic mutation/1.
mutation(
    [1,2,4,43,12,1,1,2,4,4,100,2,1,15,4,2,1,4,1,100,2,1,2,4,14,10,3,2,16,1,
    16,4,1,7,1,2,1,2,14,20,2,7,13,1,4,1,4]).
```

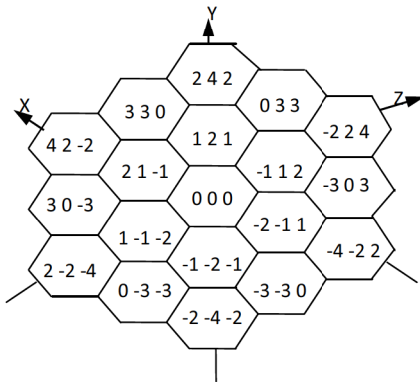




## Esclarecimento de pontos obscuros

### Coordenadas no mundo MAX

O mundo MAX é indexado num plano bidimensional projectado num espaço tridimensional.



$$z = f(x,y) = y-x$$

$$f(x,y,z) = 0 = x-y+z$$

$$x = f_x(u,v) = (v-3u)/2$$

$$y = f_y(u,v) = v$$

$$z = f_z(u,v) = (3u+v)/2$$

### **As Três Leis da Robótica**

- 1- Um robot não pode causar dano a um ser humano nem, por inacção permitir que qualquer humano sofra danos.
- 2- Um robot deve cumprir as ordens que lhe forem dadas por seres humanos, excepto nos casos em que essas ordens colidam com a Primeira Lei.
- 3- Um robot deve proteger a própria existência desde que essa protecção não colida com a Primeira ou com a Segunda Lei.

*Runaround*, Isaac Asimov, 1942.

## **JIRA**

A **JIRA** (Japanese Industrial Robot Association) divide os robots em 6 classes diferentes:

Classe 1 - Dispositivos de manuseamento manual

- actuados pelo operador.

Classe 2 - Robots de sequência fixa

- com movimentos imutáveis.

Classe 3 - Robots de sequência variável

- com movimentos alteráveis.

Classe 4 - Robot de repetição (playback)

- memorização dos movimentos do operador.

Classe 5 - Robot de controle numérico

- o operador fornece um programa de movimentos.

Classe 6 - Robot inteligente

- adapta-se às mudanças de ambiente.