



Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
*Departamento de Engenharia Informática*

Introdução à Inteligência Artificial  
2010/2011 - 2º Semestre

## Trabalho Prático Nº1: *Braitenberg Vehicles*

**Nota 1:** É obrigatório indicar no relatório **por cada aluno**:

- tempo de estudo
- tempo de implementação
- contributo para o trabalho

A omissão destes elementos implica a não consideração do trabalho prático para efeitos de avaliação.

**Nota 2:** A fraude denota uma grave falta de ética e constitui um comportamento inadmissível num estudante do ensino superior e futuro profissional licenciado. Qualquer tentativa de fraude levará à anulação da componente prática tanto do facilitador como do prevaricador, independentemente de acções disciplinares adicionais a que haja lugar nos termos da legislação em vigor. Caso haja recurso a material não original as **fontes** devem estar explicitamente indicadas.

# 1 Introdução

Em 1984 o neuro-anatomista Valentino Braitenberg publicou o livro “Vehicles – Experiments in Synthetic Psychology”, onde apresenta e analisa 14 veículos. A simplicidade dos veículos de Braitenberg contrasta com a complexidade dos comportamentos que estes exibem, dando pistas sobre a forma como comportamentos sofisticados podem ter surgido através da interacção com um meio ambiente, órgãos sensoriais básicos e processos evolucionários. De igual forma, ilustram uma série de questões na área da neuro-anatomia, por exemplo, quais os factores evolucionários que poderão ter levado a que os estímulos visuais sejam processado pelo hemisfério oposto e que o estímulo olfactivo seja processado pelo mesmo hemisfério.

O Breve é um ambiente de simulação gratuito, da autoria de Jon Klein e Lee Spector, desenvolvido com aplicações de Inteligência e Vida Artificial. Destaca-se, ainda, pela facilidade de utilização, por permitir o desenvolvimento de aplicações em Python e por disponibilizar um motor físico que permite a criação de simulações realistas. Desta forma, o Breve é uma plataforma poderosa para o desenvolvimento de aplicações de Inteligência Artificial. Em particular, permite a fácil implementação e teste em tempo real de diversos veículos de Braitenberg.

## 2 Objectivos Genéricos

O presente trabalho prático tem como objectivos genéricos:

1. A aquisição de competências de desenvolvimento de aplicações no ambiente de simulação Breve
2. O contacto com o trabalho de Valentino Braitenberg e aquisição de conhecimentos nesta área
3. A aquisição de competências relacionadas com a análise, desenvolvimento, implementação e teste de agentes reactivos autónomos

Estes objectivos genéricos serão alcançados através do trabalho em grupo e da experimentação, promovendo-se, assim, estas capacidades.

## 3 Enunciado

Conforme o nome do trabalho prático deixa adivinhar, pretende-se personalizar, tanto ao nível funcional como estético os veículos de Braitenberg. Tal implica expandir a biblioteca “Braitenberg.py”, distribuída com o Breve, por forma a acrescentar novos sensores, obstáculos, rodas, etc.

O presente trabalho prático encontra-se dividido em 3 metas distintas:

1. Meta 1 – Sense it
2. Meta 2 – Tune it & Test it
3. Meta Final – Take it for a Ride

### 3.1 Meta 1 – Sense it

A biblioteca “Braitenberg.py” apenas prevê um tipo de sensor (foto-sensor) e um tipo de objecto (fontes de luz). A primeira tarefa a desempenhar é expandir esta biblioteca de forma a permitir diversos tipos de sensores e de objectos. A nova biblioteca deve permitir os seguintes tipos de sensores:

1. Luz
2. Olfactivos
3. Som
4. Proximidade

Estes sensores devem responder, respectivamente, aos seguintes tipos de objectos:

1. Fontes de Luz
2. Fontes de Cheiro
3. Fontes de Som
4. Blocos

A saída dos foto-sensores, sensores olfactivos e sensores sonoros, deve ser calculado em função de todas as fontes de luz, cheiro e som (respectivamente) dentro do seu ângulo sensorial. O grau de activação do sensor de proximidade deve depender, exclusivamente, do bloco mais próximo no seu ângulo de visão.

Deve ainda acrescentar funcionalidades que permitam:

1. orientar os sensores numa direcção específica;
2. especificar a intensidade de cada fonte de luz, cheiro e som;
3. especificar o índice de reflexão de cada bloco.

Finalmente, deve testar as novas funcionalidades através da construção de: variantes dos veículos de Braitenberg que tirem partido destes sensores; ambiente(s) que, através da inclusão dos novos tipos de objecto e de veículos, ilustrem as diferentes funcionalidades.

## 3.2 Meta 2 – Tune it & Test it

### 3.2.1 Tune it

Na versão original da biblioteca “Braitenberg.py” a função de activação dos sensores é, por omissão, linear. Desta forma o método `iterate`:

1. Calcula a **energia** total recebida pelo sensor:

$$total = \sum_{\substack{i \in light_{source} \\ with\ i\ in\ range(sensor)}} 1/distance(i, sensor)^2$$

2. Divide a energia total pelo número de fontes de luz no campo de visão do sensor;
3. Multiplica-a pelo *bias* e transmite a energia às rodas a que o sensor está ligado.

Uma função de activação linear impõe restrições sérias e impossibilita a implementação de uma vários de comportamentos interessantes. Deve, como tal, proceder às alterações necessárias por forma a que seja possível especificar, **para cada sensor**:

1. A função de activação desejada (linear, logarítmica ou gaussiana);
2. Limite superior e inferior;
3. Limiar (*threshold*) de activação inferior e superior.

Na figura 1 apresentam-se exemplos destas funções.

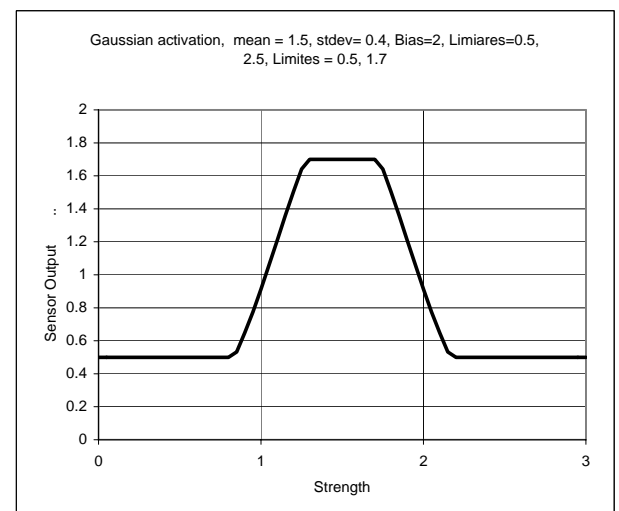
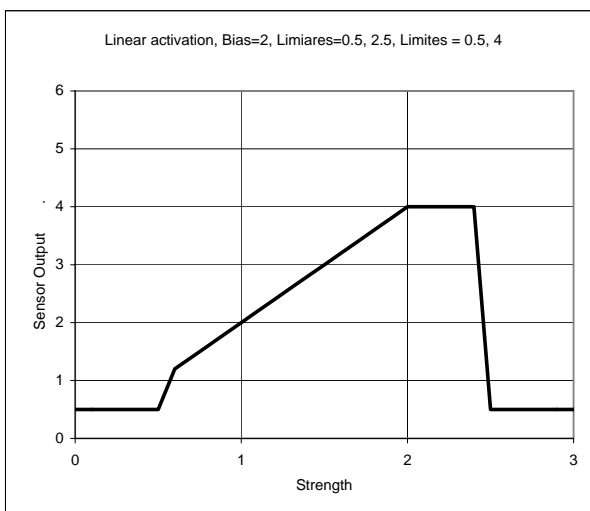
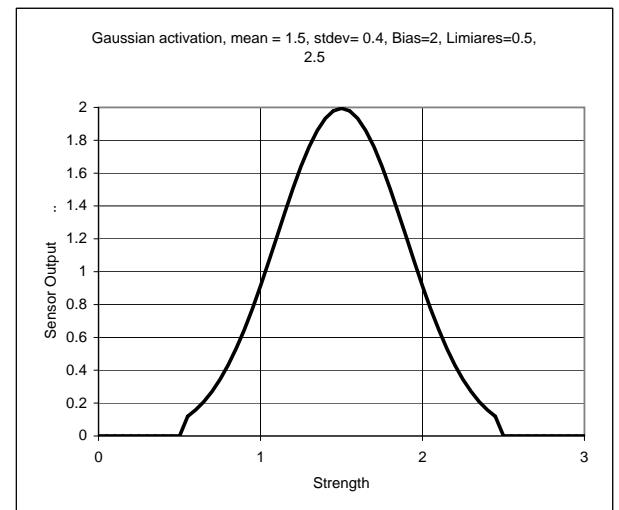
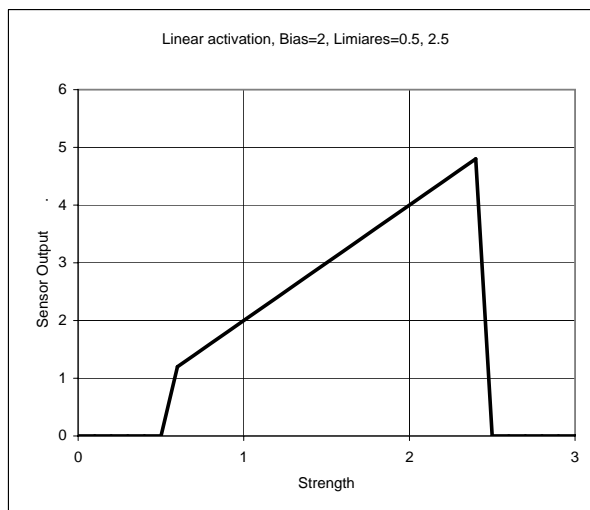
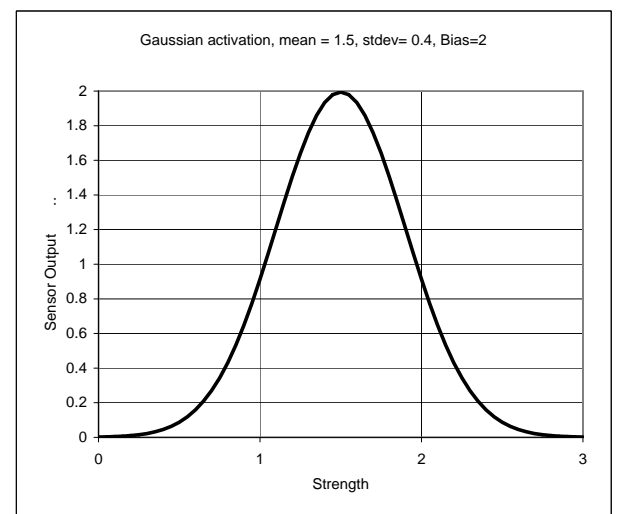
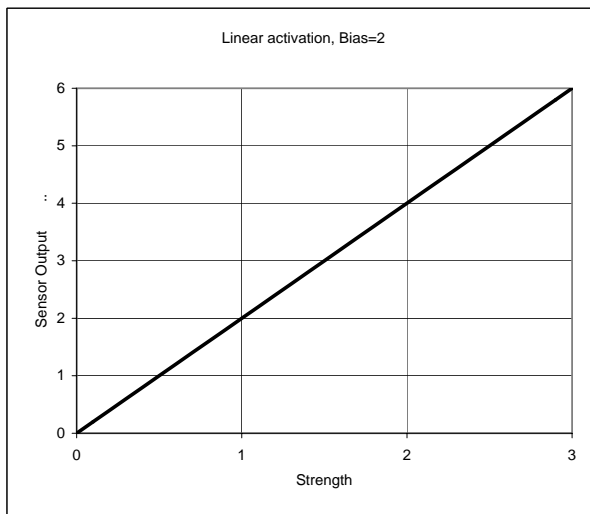


Figura 1: Exemplos de funções de activação, com diferentes parâmetros.

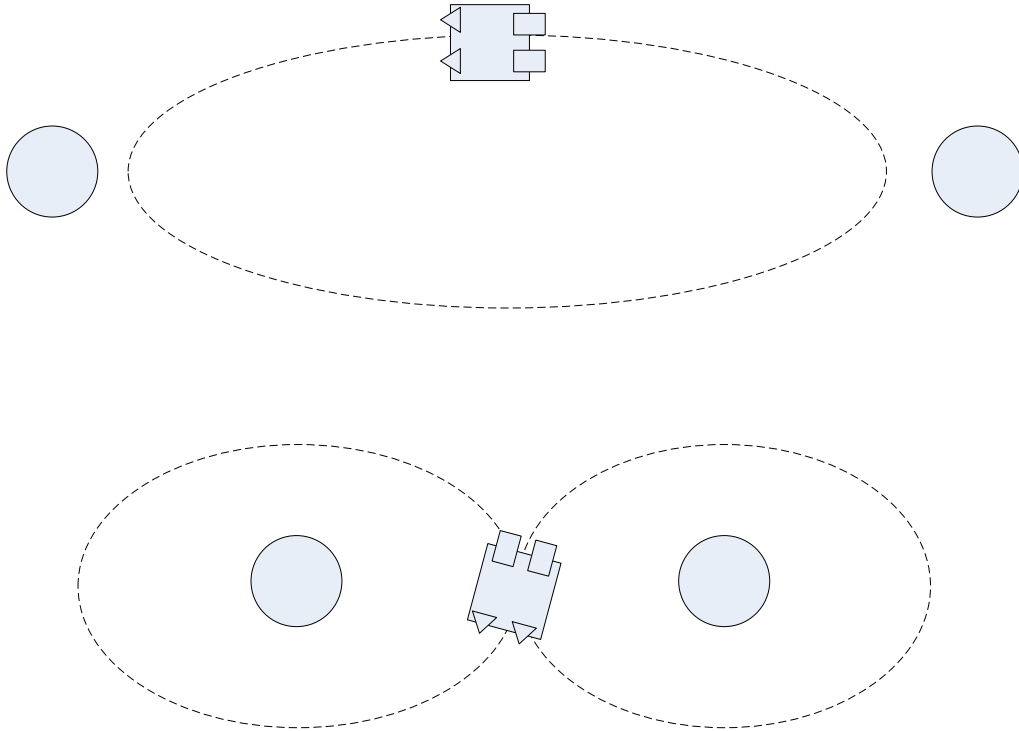


Figura 2: Adaptado de “Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology”, Braitenberg, V.

### 3.2.2 Test it

Tirando partido dos diferentes tipos de funções de activação, limiares e limites, crie veículos que repliquem as trajectórias apresentadas na figura 2

Implemente o veículo de Braitenberg 3c. Este veículo tem 4 pares de sensores (um par de cada tipo) ligados conforme se descreve na tabela 1

Finalmente, crie um veículo que explore o meio ambiente sem colidir com os blocos existentes. Não existe qualquer restrição quanto ao número de sensores ou funções de activação, deve no entanto tentar encontrar um bom compromisso entre desempenho e economia.

Construa mundos que permitam ilustrar as propriedades dos quatro veículos e que ponham à prova as suas capacidades. Analise o comportamento dos veículos indicando as suas forças e fraquezas.

Par de Sensores	Ligação	Bias
Luz	Cruzada	Negativo
Som	Directa	Positivo
Olfacto	Cruzada	Positivo
Proximidade	Cruzada	Negativo

Tabela 1: Veículo 3c.

### 3.3 Meta Final – Take it for a Ride

Nesta meta deve dar asas à sua imaginação. Acrescente funcionalidades que permitam, por exemplo, alterar:

- A forma do veículo;
- Os pneus;
- As jantes;
- A pintura;
- A dimensão;
- O peso;

Também pode considerar funcionalidades como:

- Sistema de som;
- Faróis
- Etc.

Usando estas funcionalidades construa veículos personalizados e mundos que permitam exhibir as capacidades dos seus veículos. Tire partido do facto dos veículos poderem emitir luz e som para construir uma simulação interessante.

Tem total liberdade portanto seja criativo!

## 4 Datas, Modo de Entrega e Outras Regras

Os grupos têm uma dimensão máxima de 3 alunos. A defesa é obrigatória, bem como a presença de todos os elementos do grupo na mesma.

As entregas associadas às metas intermédias têm por objectivo promover a boa gestão do tempo, não têm influência na nota final. Para efeitos de nota apenas será considerada a entrega final e a defesa.

### 4.1 Meta 1 – Sense it

**Material a entregar:**

- O código desenvolvido, devidamente comentado;
- Um breve documento (max. 3 páginas), em formato pdf, com a seguinte informação:
  - Identificação dos elementos do grupo (Nomes, Números de Estudante, e-mails, Turma(s) Prática(s))
  - Esforço: tempo de estudo, tempo de implementação, contributo para o trabalho (por aluno)
  - Informação pertinente relativamente a esta meta

**Modo de Entrega:**

Entrega electrónica através do envio de e-mail para todos os docentes de Práticas Laboratoriais e Teórico-Práticas cadeira. O e-mail deverá ter como *subject* “IIA-TP1-Meta1-Entrega” e deverá conter um ficheiro zip com o material acima indicado.

**Data Limite: 14 de Março de 2011**

### 4.2 Meta 2 – Tune it & Test it

Idêntico à Meta 1 excepto no que diz respeito à data de entrega.

**Data Limite: 21 de Março de 2011**



### 4.3 Meta Final – Take it for a Ride

Tal como indicado anteriormente, esta entrega será a única que tem um impacto directo na nota. O relatório deve conter informação relativa a **todo** o trabalho realizado. Ou seja, o trabalho realizado no âmbito das metas 1 e 2 deve ser **inteiramente descrito**, por forma a possibilitar a avaliação.

#### Material a entregar:

- CD contendo o código desenvolvido, devidamente comentado, para cada uma das metas;
- Um relatório (max. 20 páginas), em formato pdf, com a seguinte informação:
  - Identificação dos elementos do grupo (Nomes, Números de Estudante, e-mails, Turma(s) Prática(s))
  - Esforço: tempo de estudo, tempo de implementação, contributo para o trabalho (por aluno e por meta)
  - Informação pertinente relativamente à globalidade do trabalho realizado

Num trabalho desta natureza o relatório assume um papel importante. Deve ter o cuidado de descrever detalhadamente todas as funcionalidades implementadas, dando particular destaque aos problemas e soluções encontradas. Deve ser fácil ao leitor compreender o que foi feito e ter por isso capacidade de adaptar / modificar o código.

Para cada veículo desenvolvido, deve descrever o comportamento esperado e a forma como esse comportamento foi alcançado.

A **experimentação** é uma parte essencial do desenvolvimento de aplicações de IA. Assim, deve descrever detalhadamente as experiências realizadas, analisar os resultados, extrair conclusões e efectuar alterações (caso se justifique) em função dos resultados experimentais, por forma a optimizar o desempenho dos seus veículos.

O relatório deve conter informação relevante tanto da perspectiva do utilizador como do programador. Não deve ultrapassar as 20 páginas, formato A4. Todas as opções tomadas deverão ser devidamente justificadas e explicadas.

### Modo de Entrega:

- Deve entregar **cópia em papel** do respectivo relatório.
- Deve ser entregue em suporte electrónico os seguintes elementos: um ficheiro (PDF) com o respectivo relatório, o código.
- O CD e relatório impresso devem ser entregues no dia especificado **na secretaria do DEI** até ao fecho desta.

**Data Limite: 4 de Abril de 2011**

## 5 Bibliografia

- **Inteligência Artificial: Fundamentos e Aplicações**  
*Ernesto Costa, Anabela Simões*
- **Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology**  
*Valentino Braitenberg*

**Ernesto Costa e Penousal Machado – 2010/2011**