



# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA

AULA 2



Prof. Luciano Frontino de Medeiros



## CONVERSA INICIAL

Nesta aula você estudará os agentes inteligentes. Estes conceitos iniciais dão subsídios para se entender as diferentes abordagens das linhas de pesquisa e o detalhamento de algumas implementações.

## TEMA 1: AGENTES INTELIGENTES

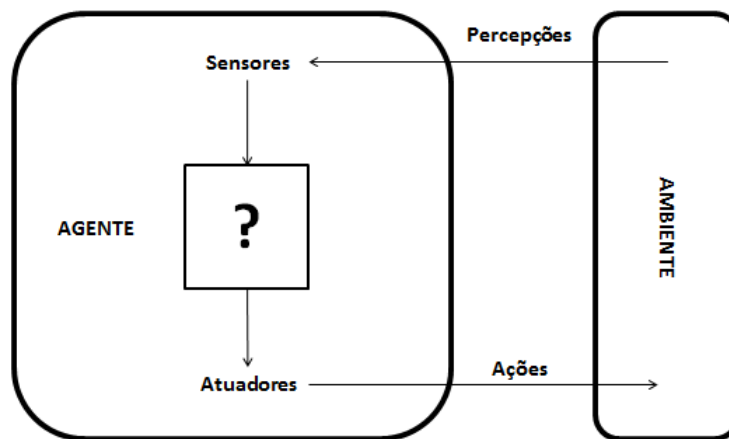
Na perspectiva da definição de IA do agir racionalmente, podemos definir um **agente** como sendo um artefato equipado com **sensores** com capacidade de perceber o ambiente e com capacidade de ação sobre o ambiente por meio de **atuadores** (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 33). Se compararmos com um ser humano, os sensores podem ser os olhos, ouvidos, nariz e aqueles que permitem o tato. Quanto aos atuadores, podemos relacionar as mãos, pernas e a boca, bem como outras partes.

Hoje em dia os robôs são construídos tendo sensores, tais como câmeras, dispositivos de infravermelho, de som e ultrassom, de gás, de temperatura e de umidade, dentre outros. Como atuadores, podemos relacionar os servomotores, motores de passo, pistões hidráulicos e relês. Mas um agente precisa também processar os sinais provenientes dos sensores para efetuar alguma ação que seja caracterizada como inteligente sobre o seu ambiente.

A interação do agente inteligente com o ambiente pode ser visualizada na Figura 1. Podemos definir, portanto, como **percepções** os sinais que são captados do ambiente pelos **sensores** do agente, que são processados em algum mecanismo de raciocínio, para depois transformarem-se em **ações** sobre o ambiente por meio dos **atuadores**. Contudo um agente não deve considerar apenas o que está sendo percebido no momento, mas também considerar a memória do que já foi percebido por ele, o que podemos definir como uma **sequência de percepções**. Dessa forma, uma ação a ser escolhida e executada irá depender da sequência completa de percepções que um agente observou até o momento presente. Em matemática, diz-se que o comportamento de um

agente é definido pela **função do agente**. A função do agente tem o objetivo de mapear as possíveis ações com as sequências de percepções disponíveis no armazenamento do agente (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 34).

**Figura 1:** Um agente inteligente e sua interação com o ambiente



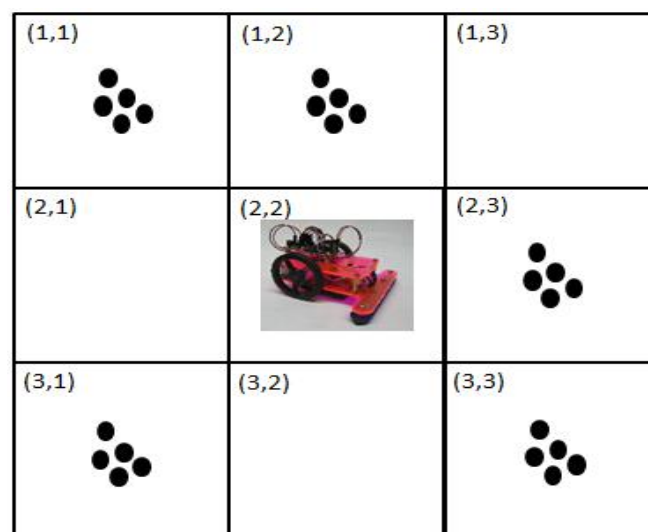
Uma das dificuldades de construção de agentes inteligentes está em quão completa pode ser a descrição do comportamento de um agente. Agentes que desenvolvem tarefas simples, como um robô aspirador, têm uma função de agente bem delimitada de forma a produzir um comportamento que pode ser aplicado a uma gama bem definida de ambientes sobre os quais pode fazer a limpeza. Por outro lado, um robô destinado a jogar xadrez representa um desafio, pois a quantidade de jogadas possíveis chega a valores astronômicos (aproximadamente  $10^{120}$  possibilidades – o número estimado de átomos no Universo chega a  $10^{80}$ ). Dessa forma, um agente inteligente para o jogo de xadrez deve ter a sua função de agente limitada, de forma que não leve milhões de anos para fazer uma jogada, e que tenha memória suficiente para armazenar jogadas possíveis considerando um horizonte de poucas jogadas à frente.

Uma função de agente pode ser implementada por meio de uma tabela de possíveis ações relacionadas a uma sequência de percepções. Esta tabela é

pensada como uma caracterização externa do agente. Já dentro dos limites do agente, a sua função é implementada por meio de um programa de agente. Dessa forma, entende-se a **função do agente** como uma descrição matemática **abstrata**, enquanto que um **programa de agente** é uma **implementação concreta**, ligada à forma que o agente é construído, ou seja, à sua arquitetura (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 34).

Utilizando um exemplo bastante simples, na Figura 2 temos um robô aspirador e a representação do seu mundo. Esta abstração considera que o robô está em um quadrado central que se refere ao estado inicial. Nos quadrados restantes pode haver ou não sujeira. A partir daí uma sequência de ações deve ser pensada de forma que o robô cumpra o seu objetivo de limpar o ambiente. Note a identificação de cada quadrado como sendo um elemento de uma matriz.

**Figura 2:** Representação do ambiente de um robô aspirador, alguns quadrados contendo sujeira ou não



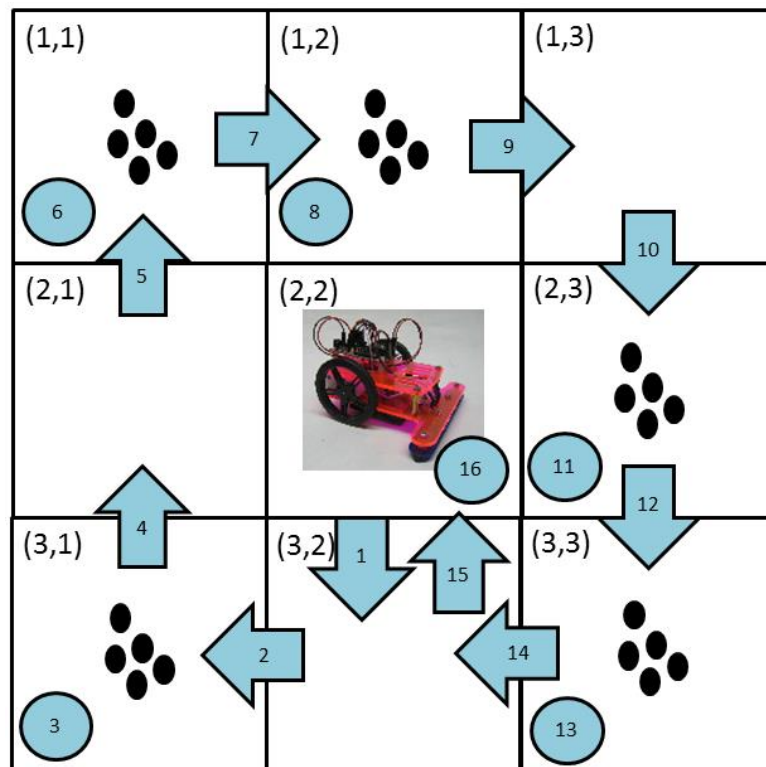
**Quadro 1:** Mapeamento de ações para as sequências de percepções do robô aspirador.

| Ord | Sequência de Percepções | Ação              |
|-----|-------------------------|-------------------|
| 1   | [(2,2),Limp]            | Mova-se em frente |
| 2   | [(3,2),Limp]            | Mova-se à direita |



|    |                |                   |
|----|----------------|-------------------|
| 3  | [(3,1), Sujo]  | Aspire a sujeira  |
| 4  | [(3,1), Limpo] | Mova-se à direita |
| 5  | [(2,1), Limpo] | Mova-se em frente |
| 6  | [(1,1), Sujo]  | Aspire a sujeira  |
| 7  | [(1,1), Limpo] | Mova-se à direita |
| 8  | [(1,2), Sujo]  | Aspire a sujeira  |
| 9  | [(1,2), Limpo] | Mova-se em frente |
| 10 | [(1,3), Limpo] | Mova-se à direita |
| 11 | [(2,3), Sujo]  | Aspire a sujeira  |
| 12 | [(2,3), Limpo] | Mova-se em frente |
| 13 | [(3,3), Sujo]  | Aspire a sujeira  |
| 14 | [(3,3), Limpo] | Mova-se à direita |
| 15 | [(3,2), Limpo] | Mova-se à direita |
| 16 | [(2,2), Limpo] | Pare              |

**Figura 3:** Representação do ambiente de um robô aspirador com as ações mapeadas de acordo com as sequências de percepções





É possível, com este exemplo de mundo do robô aspirador de pó, imaginar uma série de variações. Para a construção da tabela (a função do agente), foram escolhidas apenas quatro ações possíveis: mover-se para frente, mover-se à direita, aspirar o pó e parar. Pode-se conceber outra sequência que contemple mover-se à esquerda, ou mover-se aleatoriamente, etc.

Há uma maneira correta de se executar a tarefa? O que faz um agente ser bom ou não, que possa ser considerado “inteligente”? Para isso, precisamos conceituar o **agente racional**: o agente que, a partir das suas ações, obterá o maior sucesso. Assim, é necessário algum método para quantificar o sucesso de um agente.

Por meio de **medidas de desempenho**, pode-se verificar se um agente teve sucesso na execução da sua tarefa. Como visto na Figura 3 e no Quadro 1, a sequência de ações fez com que o robô aspirador passasse por uma sequência de estados. Se esta sequência é a desejável, então pode ser dito que o robô funcionou bem. A medida de desempenho precisa ser uma medida objetiva, que seja planejada pelo projetista na construção do robô (RUSSELL; NORVIG, 2004, p.36). Nem sempre a definição de uma medida de desempenho é uma tarefa fácil. Por exemplo, uma medida para o robô aspirador poderia ser o número de ações ou o tempo consumido para executar a tarefa ou a qualidade de limpeza em relação ao tempo consumido.

Com isso, podemos, agora, definir um agente racional da seguinte forma: “Para cada sequência de percepções possível, um agente racional deve selecionar uma ação que se espera venha a maximizar sua medida de desempenho, dada a evidência fornecida pela sequência de percepções e por qualquer conhecimento interno do agente” (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 36). Assim, a racionalidade em qualquer instante depende de quatro fatores (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 36):

- A **medida de desempenho** como critério para obtenção do sucesso da tarefa;
- O **conhecimento prévio** do agente com relação ao ambiente;



- As **ações** que o agente pode executar;
- A **sequência de percepções** que o agente tem até o momento.

Analisando-se o exemplo do robô aspirador, uma medida de desempenho pode ser feita a partir de uma pontuação para cada quadrado limpo em um período definido de tempo (por exemplo, 9 quadrados limpos a cada minuto). O ambiente do robô é previamente conhecido, ainda que a sujeira possa variar de quadro a quadro. As ações que o robô pode executar são: mover-se à frente, mover-se à direita, aspirar e parar. Na sequência de percepções, o robô percebe o quadrado no qual se encontra (a partir de um leitor de posição ou acelerômetro, por exemplo) e se neste há sujeira ou não (utilizando uma câmera). Assim, podemos definir o robô aspirador como um **agente racional**.

A racionalidade em um agente significa que ele buscará maximizar o **desempenho esperado**, não o desempenho real. Mas não quer dizer que ele realizará de fato a melhor ação quando esperado. As situações no ambiente podem mudar e outras variáveis que não sejam consideradas poderão interferir, modificando o comportamento. A racionalidade é uma medida de quão inteligente o agente poderá ser, mas não quer dizer que seu comportamento será robusto o bastante para abarcar todas as possibilidades, quando exigido o seu desempenho real.

Em outras situações, é necessário que o agente não reaja apenas às informações que são coletadas, mas também possa **aprender** a partir das suas percepções. O agente pode iniciar a sua tarefa tendo algum conhecimento prévio e, à medida que vai interagindo com o ambiente, vai adquirindo mais experiência. Nas situações em que o ambiente é completamente conhecido, o agente pode apenas agir de acordo com a sua função de agente. Em ambientes que mudam ao longo do tempo, é necessário projetar o agente de forma que esse possa guardar novas regras que venham surgir.

Aliado a isso, temos o conceito de **autonomia**. A autonomia significa o quanto o agente depende de um conhecimento prévio ou deve aprender ao longo da sua tarefa para compensar premissas incorretas que foram planejadas.



Um agente que aprende novas regras do ambiente demonstra a sua autonomia. Por exemplo, o robô aspirador, que prevê a probabilidade de aparecer mais sujeira trabalhará melhor do que aquele que tenha as regras de atuação predefinidas (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 38).

## TEMA 2: NATUREZA DOS AMBIENTES

A caracterização do ambiente no qual o agente irá atuar determinará o sucesso da sua execução. Quando o robô aspirador foi caracterizado como um agente racional, foi preciso especificar a medida de desempenho, o ambiente onde seria feita a limpeza e os sensores e atuadores do robô. Na modelagem de um agente racional, precisamos definir de maneira tão completa e precisa possível o **ambiente de tarefa** (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 39). O ambiente de tarefa pode ser definido por meio do **PEAS** (*Performance, Environment, Actuators and Sensors* – Desempenho, Ambiente, Atuadores e Sensores). No Quadro 2 estão descritos alguns exemplos de tipos de agentes e as descrições do PEAS.

**Quadro 2:** Exemplos de agentes racionais e as descrições do PEAS

| Tipo de Agente                       | Medida de desempenho                      | Ambiente   | Atuadores  | Sensores   |
|--------------------------------------|---|--|--|--|
| <b>Sistema de diagnóstico médico</b> | Paciente saudável, minimizar custos       | Quarto de hospital, paciente, equipe                                 | Mostrar perguntas, testes, diagnósticos, tratamentos | Entrada por teclado, voz, descoberta de informação |
| <b>Sistema de xadrez</b>             | Calcular a jogada ótima, ganhar a partida | Tabuleiro 8x8, peças de xadrez, posições iniciais, jogadas possíveis | Braço articulado para mover as peças                 | Câmera para ver as posições das peças              |
| <b>Tutor inteligente</b>             | Maximizar as notas dos alunos nos testes  | Área de interação do software, chat de mensagens                     | Mostrar conteúdos, exibir exercícios                 | Entrada pelo teclado                               |
| <b>Robô de solda</b>                 | Efetuar os pontos de solda no tempo       | Linha de montagem.   | Braço articulado para movimentos no                  | Identificação de novo objeto a ser soldado,        |





|                                 |    |                              |  |
|---------------------------------|----|------------------------------|--|
| previsto,<br>qualidade<br>solda | da | espaço, ponteira<br>de solda | quantidade de<br>solda,<br>temperatura de<br>solda |
|---------------------------------|----|------------------------------|--|

Fonte: adaptado de Russell e Norvig (2004, p. 40).

### TEMA 3: PROPRIEDADES DOS AMBIENTES DE TAREFAS

Em IA, a variedade de ambientes para atender a diferentes tipos de problemas é muito grande. Por isso, é interessante classificar os ambientes de tarefas conforme categorias que influenciam na definição dos parâmetros dos projetos. No Quadro 3, temos em detalhes a descrição de como os agentes podem ser classificados de acordo com diversos critérios. No Quadro 4, estão descritos alguns exemplos relativos a essas propriedades, que ilustram como diferentes agentes inteligentes podem ser caracterizados.

**Quadro 3:** Descrição das propriedades dos ambientes de tarefa

| Crítérios  | Descrição   | Exemplo  |
|--|---|--|
| <b>Completamente observável</b> x <b>parcialmente observável</b> | Se os sensores do agente acessam de forma completa os estados do ambiente em cada instante, o ambiente é completamente observável. Se houver ruído, sensoriamento impreciso ou lacunas nos estados, é parcialmente observável.  | Um jogo de xadrez á completamente observável. Um sistema de busca na internet é parcialmente observável. |
| <b>Determinístico</b> x <b>Estocástico</b>                       | Se o próximo estado é completamente determinado pelo estado atual e pela ação executada pelo agente, o ambiente é dito determinístico, senão, é estocástico. Se o sistema é determinístico mas apresenta elementos estocásticos, o ambiente é dito <b>estratégico</b> . | O exemplo do robô aspirador de pó é determinístico. Um carro com direção autônoma é estocástico.         |
| <b>Episódico</b> x <b>Sequencial</b>                             | Num ambiente de tarefa episódico, o agente experimenta os eventos de maneira atômica, com os episódios  | Um jogo de xadrez é sequencial. Um robô  |



|   |          |  |   |
|---|----------|--|---|
|   |          | começando com a percepção do agente e na execução de uma única ação. Num ambiente sequencial, há a dependência dos estados atuais com os estados anteriores.   | aspirador de movimento aleatório é episódico.   |
| <b>Estático</b><br><b>Dinâmico</b>      | <b>x</b> | Caso o ambiente se altere enquanto o agente está executando a tarefa, ele é dinâmico. Se o ambiente não se modifica ao longo da execução, é estático (Há situações em que os ambientes podem ser caracterizados como <b>semidinâmicos</b> )    | Um jogo de xadrez é estático. Um carro com direção autônoma é dinâmico (ou semidinâmico, considerando as rotas predefinidas).   |
| <b>Discreto</b><br><b>Contínuo</b>      | <b>x</b> | Refere-se ao modo como o tempo é considerado, e também ao estado do ambiente e das percepções e ações. Uma sequência de estados discretos muda de forma brusca de um estado para outro. Uma sequência de estados contínua muda de forma suave. | Um jogo de xadrez é considerado discreto. Um sistema de refrigeração de temperatura pode ser contínuo.  |
| <b>Individual</b><br><b>Multiagente</b> | <b>x</b> | Se no ambiente existe apenas um agente atuando para resolver o problema, ou se o sistema considerado é multiagente.  | Um jogo de xadrez pode ser um agente individual (Se um agente joga contra outro, é multiagente). Um sistema de busca na internet pode ser multiagente por utilizar vários <i>bots</i> que encontram e organizam a informação. |

**Fonte:** adaptado de Russell e Norvig (2004, p. 41-42).

**Quadro 4:** Alguns exemplos com ambientes de tarefa e as propriedades

| Ambientes                | Observável    | Determinístico | Episódico  | Estático | Discreto | Agentes    |
|--------------------------|---------------|----------------|------------|----------|----------|------------|
| <b>Palavras Cruzadas</b> | Completamente | Determinístico | Sequencial | Estático | Discreto | Individual |
|                          |               |                |            |          |          |            |



|  |               |                |            |          |          |            |
|--|---------------|----------------|------------|----------|----------|------------|
| <b>Jogo de Xadrez</b>                    | Completamente | Estratégico    | Sequencial | Semi     | Discreto | Multi      |
| <b>Jogo de pôquer</b>                    | Parcialmente  | Estratégico    | Sequencial | Estático | Discreto | Multi      |
| <b>Carro autônomo</b>                    | Parcialmente  | Estocástico    | Sequencial | Dinâmico | Contínuo | Multi      |
| <b>Diagnóstico médico</b>                | Parcialmente  | Estocástico    | Sequencial | Dinâmico | Contínuo | Individual |
| <b>Analista de imagens</b>               | Completamente | Determinístico | Episódico  | Semi     | Contínuo | Individual |
| <b>Robô seletor de peças</b>             | Parcialmente  | Estocástico    | Episódico  | Dinâmico | Contínuo | Individual |
| <b>Controlador de manufatura química</b> | Parcialmente  | Estocástico    | Sequencial | Dinâmico | Contínuo | Individual |
| <b>Sistema Tutorial Inteligente</b>      | Parcialmente  | Estocástico    | Sequencial | Dinâmico | Discreto | Multi      |

Fonte: Russell e Norvig (2004, p. 44).

#### TEMA 4: ESTRUTURAS DE AGENTES

O estudo da natureza do ambiente de tarefa e as suas propriedades envolveu apenas as questões de comportamento, ou seja, as ações que são executadas para uma sequência de percepções determinada. A partir de agora, é necessário estudar o funcionamento interno dos agentes. O **programa do agente** faz parte do trabalho envolvendo IA, que implementa a função do agente por meio do mapeamento das percepções com as ações. Assim, o agente funciona por meio de uma **arquitetura** que implementa os sensores e atuadores com algum processador que executa o programa do agente (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 44).



Os agentes podem ser classificados em quatro tipos (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 48):

- Agentes reativos simples;
- Agentes reativos baseados em modelo;
- Agentes baseados em objetivos;
- Agentes baseados na utilidade.

### Agentes reativos simples

Os agentes reativos simples selecionam as ações a serem executadas com base na percepção atual, desconsiderando o histórico de percepções. No exemplo do robô aspirador de pó, o agente se baseia na sua posição atual após o movimento e verifica se existe ou não sujeira.

Agentes reativos podem ser implementados utilizando as **regras de produção** ou **regras se-então** (BITTENCOURT, 1998, p. 252). Uma regra faz o teste de uma condição envolvendo as variáveis alimentadas pelos sensores e executa uma ação específica quando esta condição é verdadeira.

**SE** <condição> **ENTÃO** <ação>

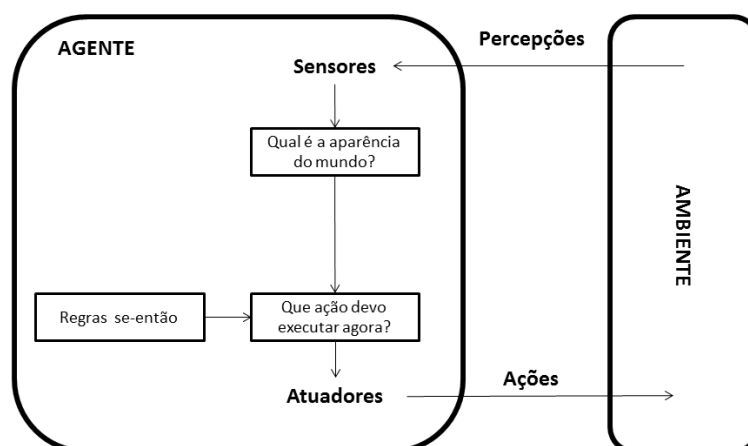
Por exemplo, o robô aspirador mostrado anteriormente pode possuir 4 (quatro) regras quanto à execução da limpeza e da movimentação:

1. **SE** *estado = Sujo* **ENTÃO** *Aspirar*
2. **SE** *estado = Limpo* **ENTÃO** *faça movimento = SIM* **SENÃO** *faça movimento = NÃO*
3. **SE** *faça movimento = SIM* **E** *quadrado na frente = SIM* **ENTÃO** *direção do movimento = FRENTE*
4. **SE** *faça movimento = SIM* **E** *quadrado na frente = NÃO* **ENTÃO** *direção do movimento = DIREITA*

Neste sistema de quatro regras, a regra 1 se encarrega da limpeza do quadrado por meio da variável *estado*. No caso de o quadrado estar limpo, então a variável *faça movimento* recebe o valor SIM, o que é feito pela regra 2. Com isso, as regras 3 e 4 ficam habilitadas para operarem. É testada então a variável *quadrado na frente* (ou seja, armazena o valor do sensor que identifica o quadrado). Se houver um quadrado à frente, então a variável de ação *direção do movimento* recebe o valor FRENTE. Caso não houver (ou seja, o quadrado estará à direita), então a variável *direção de movimento* recebe o valor DIREITA.

É claro que essas regras são simples e presumem outras situações. Uma destas pode ser quando o robô não encontra um quadrado à frente e assim ele vai primeiro para a direita, para depois ficar na mesma direção do movimento. Porém, servem para demonstrar de forma clara o agente reativo simples. O programa do agente fica explícito na forma de regras que são executadas durante a movimentação do robô. Entretanto, o robô deve ficar em constante movimentação para fazer a limpeza, continuando a executar os movimentos mesmo quando não existir sujeira. Se o robô puder manter um estado interno relativo a todas as posições (ou seja, puder fazer uma varredura antes do movimento), ele pode se movimentar de forma mais eficiente para executar a tarefa de limpeza.

**Figura 4:** Esquema de um agente reativo simples



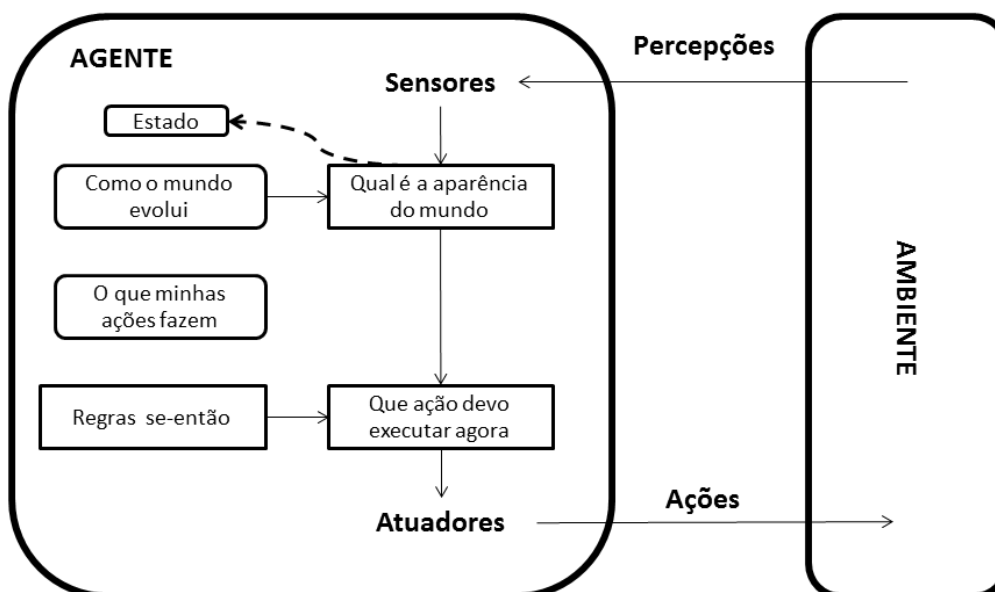
**Fonte:** adaptado de Russell e Norvig (2004, p. 47).

## Agentes reativos baseados em modelos

Em um ambiente caracterizado por ser observável parcialmente, se o agente puder manter internamente estados internos que sejam dependentes da sequência de percepções, ele pode lidar de forma mais efetiva na resolução do problema. Nesse caso, o agente trabalha com um estado interno que é dependente das informações sobre como o mundo (ambiente) evolui. Voltando ao robô aspirador, se ele tiver uma forma de armazenar o histórico das percepções dos quadrados que ficam mais sujos que outros, então o programa pode ser melhorado no sentido de o robô se movimentar mais pelos quadrados nos quais é mais provável de aparecer sujeira. Outra situação é fazer com que o robô consiga se atualizar, em um único momento, com relação à informação de todos os quadrados.

Um agente que tem o conhecimento de “como o mundo funciona”, possui o que se denomina de **modelo** do mundo. Assim, o agente que utiliza este modelo é chamado de **agente reativo baseado em modelo**.

**Figura 5:** Esquema de um agente reativo baseado em modelo



**Fonte:** adaptado de Russell e Norvig (2004, p. 49).



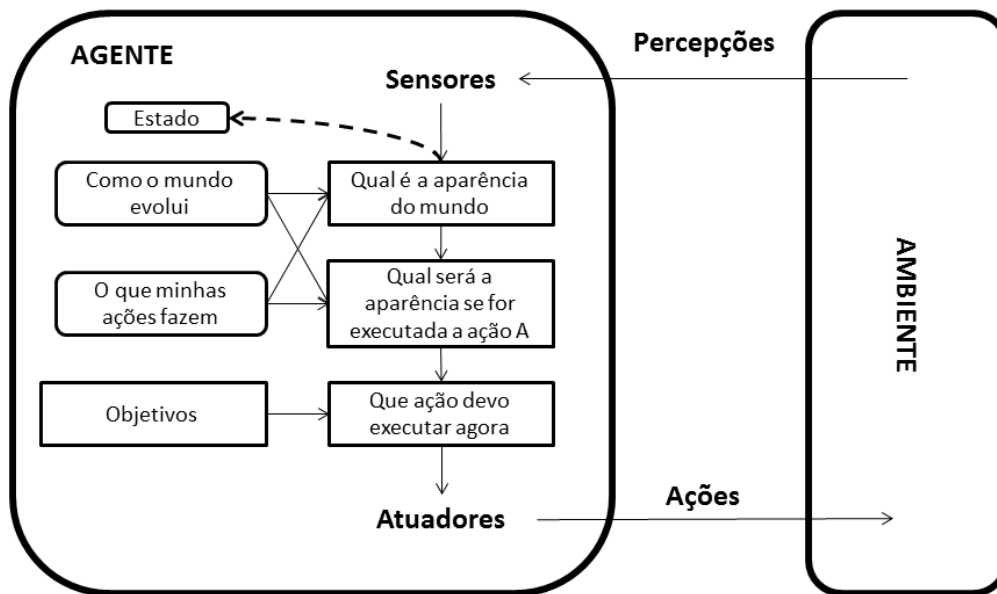
## Agentes baseados em objetivos

Ter o conhecimento do estado atual do ambiente não é condição suficiente para que se decida o que fazer. Além de o agente saber uma descrição do estado atual, é necessário ainda alguma informação quanto aos **objetivos** que se relacionam a situações ou cenários desejáveis. Uma tomada de decisão baseada em objetivos é diferente da utilização de regras se-então, por envolver uma consideração sobre o futuro. O agente então se pergunta: “o que vai acontecer se eu fizer esta ação ou aquela outra?” ou “isso irá me fazer feliz?”. Tais informações nos agentes reativos não são representadas de maneira explícita, devido ao mapeamento direto das percepções para as ações. Ainda que o agente baseado em objetivos possa parecer menos eficiente, ele tende a ser mais flexível. O conhecimento que dá o suporte às suas decisões é representado explicitamente, podendo ser atualizado ou modificado (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 49).

Aprimorando o exemplo um pouco mais, o robô aspirador pode ter um objetivo de executar a sua tarefa, porém levando em consideração o custo de operação ou consumo de energia. Com a execução ao longo do tempo, o robô pode calcular a frequência com que as limpezas são feitas, e nos intervalos ele pode entrar em modo de economia de energia para alcançar este objetivo.

Os objetivos permitem que se distingam entre estados “felizes e “infelizes” de forma binária. Quando um agente precisa lidar com mais de um objetivo, diferentes objetivos podem entrar em contradição ou nenhum deles pode ser alcançado com certeza, então é necessário especificar o programa com uma função que possa lidar com situações de forma mais adequada ou útil (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 50).

**Figura 6:** Esquema de um agente baseado em objetivo



**Fonte:** adaptado de Russell e Norvig (2004, p. 50).

## Agentes baseados em utilidade

Uma função de utilidade permite quantificar o mapeamento de um estado ou uma sequência de estados em um número que descreve o grau de “felicidade” alcançado. Dessa forma, uma especificação de uma função de utilidade permite a tomada de decisões racionais em dois casos em que os objetivos são inadequados (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 50):

- Quando são contraditórios e apenas alguns deles podem ser alcançados;
- Quando há vários objetivos e nenhum deles pode ser alcançado com certeza.

No primeiro caso, uma função de utilidade pode especificar o grau de compromisso mais apropriado. No segundo caso, uma função de utilidade pode





fornecer um número que expresse um grau de probabilidade de sucesso que possa ponderar a importância dos objetivos.

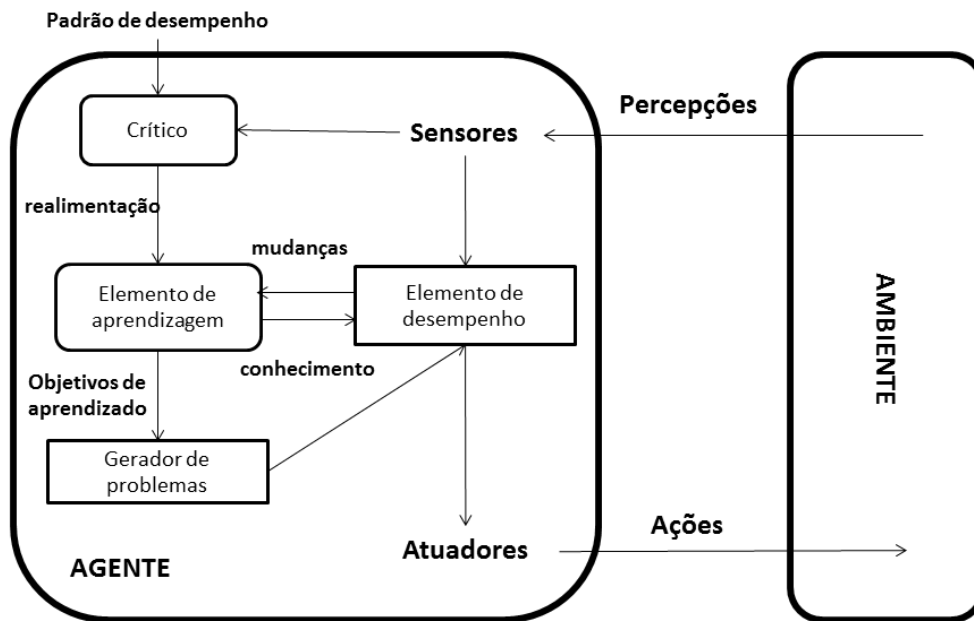
## TEMA 5: AGENTES COM APRENDIZAGEM

Até agora, temos visto a estrutura de diferentes agentes, alguns cujos programas respondem diretamente às percepções, e outros com estados internos que permitem a representação de algum conhecimento da evolução do ambiente, tornando os agentes mais flexíveis às variações externas. Estes agentes são criados com conhecimento prévio. Porém, é possível imaginar uma situação na qual o agente possa atuar em um ambiente que seja desconhecido inicialmente e ao longo do tempo ele possa adquirir conhecimento?

O **agente com aprendizagem** permite ir além do conhecimento prévio na construção do agente, dotando-o de mecanismos para que possa aprender na experiência com o ambiente, tornando-se mais competente ao longo da sua operação. Um agente de aprendizado pode ser dividido em quatro elementos conceituais (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 51-52):

- **Elemento de desempenho:** é a parte considerada até agora sobre agentes, que recebe as percepções e decide qual ação executar.
- **Crítico:** elemento do agente que informa como o agente está se comportando em relação ao seu padrão constante de desempenho.
- **Elemento de aprendizado:** utiliza a informação proveniente do crítico para modificar o elemento de desempenho em direção a um melhor funcionamento no futuro.
- **Gerador de problemas:** elemento responsável para sugestão de novas regras e ações que podem levar a novas experiências.

**Figura 7:** Esquema de um agente com aprendizagem



**Fonte:** adaptado de Russell e Norvig (2004, p. 52).

Por exemplo, um carro autônomo pode dirigir numa estrada de acordo com o elemento de desempenho embutido em sua programação, numa velocidade definida e em uma faixa à esquerda. O crítico recebe informações do mundo e vai repassando-as ao elemento de aprendizado. Caso algum carro que está posicionado logo atrás esteja buzinando, o elemento de aprendizado pode formular uma regra definindo que este cenário de direção em uma faixa central ou à esquerda seja uma situação ruim, e assim o elemento de desempenho é modificado para fazer com que o carro autônomo siga na faixa da direita.

## SÍNTESE

O conceito de agente inteligente é um dos mais importantes, pois é por meio dele que iremos executar alguma tarefa que necessite de um processo de



pensamento ou de ação inteligente. Vimos também que um agente possui sensores para monitorar o ambiente e atuadores para agir sobre ele. Assim, um agente trabalha com percepções e ações. O comportamento do agente é definido pela função do agente, a qual mapeia as possíveis ações com as sequências de percepções à disposição no armazenamento de memória do agente. A função do agente é entendida como o mapeamento abstrato, enquanto que o programa do agente é uma implementação concreta deste mapeamento. Foi estudado também que a racionalidade do agente depende da medida de desempenho, do conhecimento prévio que este possui, da sequência de percepções e das ações que o agente está apto a executar. Vimos também que os ambientes possuem diferentes naturezas e propriedades que os definem. De acordo com a estrutura, os agentes podem ser classificados em reativos simples, reativos baseados em modelo, baseados em objetivos e baseados na utilidade. Os agentes com aprendizagem podem ampliar o seu conhecimento prévio de forma que ele tenha capacidade de aprender conforme executa a sua operação.

## REFERÊNCIAS

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial** – tradução da 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

MEDEIROS, L. F. **Redes Neurais em Delphi**. 2. ed. Florianópolis: Visualbooks, 2007.

LINDEN, R. **Algoritmos Genéticos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2012.

BITTENCOURT, G. **Inteligência Artificial – Ferramentas e Teorias**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.

PALAZZO, L. A. M. **Introdução a Prolog**. Pelotas: Editora UCPel, 1997.

MEADOWS, M. S. **Nós, Robôs**: Como a ficção científica se torna realidade. São Paulo: Cultrix, 2011.