

## 2 Sistemas MultiAgentes em Jogos

Recentemente, tem crescido o interesse sobre o tema multiagente por parte dos desenvolvedores de jogos eletrônicos. Este interesse foi motivado pelo surgimento das *Graphics Processing Units (GPU)*, disponibilizando mais processamento na *Central Processing Units (CPU)* para cálculos de Inteligência Artificial (IA). A visualização da interação de diversos agentes, exibindo comportamentos distintos, propicia cada vez mais a sensação de realismo de um jogo. A seguir são definidos agentes e multiagentes, e a relação dos mesmos com jogos eletrônicos. Neste capítulo, não são tratados os agentes do ponto de vista da engenharia de software, o que pode ser encontrado em Garcia *et al.* (2003).

### 2.1. Agentes

Em (Russel e Norvig, 2003) agente é definido como qualquer entidade que pode perceber um ambiente através de sensores e agir através de atuadores. Em (Nareyek, 2000), onde é encontrado um discurso sobre o uso de agentes em jogos eletrônicos, o termo agente é considerado como uma entidade que tem objetivos (por exemplo: permanecer vivo, defender uma cidade, ...), que pode sentir certas propriedades do ambiente (por exemplo: ver objetos, ouvir sons, ...), e que pode executar ações específicas (por exemplo: andar, comer uma maçã, ...). Em (Franklin e Graesser, 1996) há uma análise de uma variedade de conceitos, relacionados ao termo agente, e uma conclusão denotando: “agentes autônomos estão situados em um ambiente, no qual eles sentem e agem, sobre o tempo, mantendo a sua própria agenda e sentem os efeitos de suas ações no futuro” (Franklin e Graesser, 1996, p.5).

Desta forma, nota-se que o termo agente é amplamente utilizado, mas não possui um consenso acerca do seu significado. Em (Wooldridge e Jennings, 1995) está indicado que a dificuldade na definição deste termo, surge do fato de que, para diferentes domínios de aplicação, os atributos associados ao conceito de

agência assumem diferentes níveis de importância. A definição do termo agente adotada ao longo deste trabalho é a mesma adotada em (Franklin e Graesser, 1996).

Algumas propriedades em um agente são consideradas importantes (Zamberlam e Giraffa, 2001):

- **Autonomia:** as tomadas de decisão são elaboradas baseando-se mais em experiências passadas do que no conhecimento previamente inserido pelo *design* da inteligência artificial;
- **Temporabilidade:** opta por permanecer ou não no ambiente;
- **Comunicabilidade:** troca de informações oriundas do ambiente ou de outros agentes;
- **Reatividade:** capacidade de reagir a mudanças no ambiente;
- **Mobilidade:** capaz de se deslocar para ambientes diferentes do original;
- **Flexibilidade:** aceita a intervenção de outros agentes;
- **Pró-atividade:** é capaz de além de responder aos estímulos do ambiente, exibir um comportamento orientado a objetivos.

Os agentes podem ser classificados em dois grupos: reativos e deliberativos. A diferença está relacionada no fato dos agentes reativos considerarem as informações correntes do ambiente para tomadas de decisão, eles não têm "memória" para armazenar experiências, agem por "instinto". Os deliberativos, também conhecidos por agentes cognitivos, podem aprender através de experiências e utilizam um conhecimento adquirido para auxiliar nas tomadas de decisão. Entretanto, não se deve concluir que devido ao fato de serem considerados reativos, os agentes são de simples modelagem ou fácil implementação. Os agentes reativos podem ser muito sofisticados, como por exemplo, nos jogos eletrônicos (Sewald e Giraffa, 2001). Em (Lopes, 2004) há um estudo sobre agentes inteligentes utilizando uma abordagem reativa, através de uma técnica chamada Máquinas de Estados Finitos Hierárquicas, que apresentam comportamentos bem complexos. Uma outra abordagem reativa pode ser encontrada em Costa e Feijó (1996a, 1996b).

## 2.2. Inteligência Artificial Distribuída

A Inteligência Artificial Distribuída (IAD) é uma subárea da IA. A IAD estuda técnicas e mecanismos, com o objetivo de resolver problemas, em um ambiente composto por várias entidades que colaboram entre si. Esta área enfatiza o estudo das ações e interações entre estas entidades (Weiss, 1999).

A IAD está ramificada em dois grupos: um que foca nas soluções; e outro que tem como foco o meio, ou seja, as entidades. Em ambos os grupos usa-se o termo agente para as entidades que participam na resolução dos problemas (Rocha et al., 2003).

Os agentes convivem em um mesmo ambiente, formando assim, uma sociedade. Nesta sociedade, existem constantes trocas de informações entre os agentes as quais são designadas como interações (Rocha et al., 2003; Siebra, 2000).

Estas interações indicam que os agentes podem ser influenciados por outros agentes, ou até por alguma intervenção humana, quando estão realizando seus objetivos. A interação pode ser feita de uma forma indireta, através do ambiente em que o agente está inserido, por exemplo, quando o agente modifica o ambiente ou observa outros agentes. A interação também pode ser de forma direta através da utilização de linguagens de comunicação, proporcionando assim a troca de informações (Weiss, 1999).

Na Resolução Distribuída de Problemas (RDP), *Distributed Problem Solving*, o conceito de agente é usado para simplificar a solução de um problema. Desta forma, os agentes são distribuídos em unidades colaborativas responsáveis pela resolução de tarefas específicas (Nareyek, 2000). Ou seja, a RDP surge como um estudo do “fim”, para solucionar, através dos recursos disponíveis, os problemas distribuídos.

Nos Sistemas MultiAgentes (SMA), *MultiAgent Systems*, são estudados os meios apropriados para organizar os agentes, incluindo conceitos organizacionais e mecanismos de comunicação. Tem como foco principal os agentes, suas propriedades e a cooperação entre eles. Desta forma sendo considerado como um estudo do “meio”.

Existem quatro características importantes em um sistema multiagente (Weiss, 1999; Sycara, 2003):

- cada agente possui informação incompleta do sistema;
- o controle do sistema é distribuído, ou seja, não há sistema global responsável pelo controle;
- os dados são descentralizados;
- a computação é não-sincronizada.

Em (Velo e Stone, 1997) são definidos aspectos para a classificação de SMAs segundo grau de heterogeneidade e grau de comunicação. Resultando em quatro possíveis combinações:

- Agentes homogêneos não comunicativos;
- Agentes homogêneos comunicativos;
- Agentes heterogêneos não comunicativos;
- Agentes heterogêneos comunicativos;

Os agentes homogêneos utilizam a mesma arquitetura sendo que replicada para cada agente, enquanto os heterogêneos utilizam arquiteturas distintas.

Em (Rocha et al., 2003) é adotada uma classificação entre SMAs segundo o tipo de agente. São definidos desta forma:

- Sistemas MultiAgentes Reativos: formados por um conjunto de agentes reativos;
- Sistemas MultiAgentes Deliberativos: formados por um conjunto de agentes deliberativos.

### **2.3. Sistemas MultiAgentes e Jogos**

Não foi preciso passar muito tempo, para que aplicações como os jogos eletrônicos fossem utilizados para pesquisas na área da IAD. O xadrez foi um dos primeiros a ser utilizado. Com a meta de se vencer uma partida de xadrez como um problema padrão, era possível testar duas implementações diferentes para o mesmo problema ou mesmo testar uma das versões contra um jogador humano de boa qualidade.

Outros campos de aplicações interessantes foram surgindo com a elevação das pesquisas na IAD. Entre eles, destaca-se o uso de robôs inteligentes e

autônomos que podem jogar futebol sem a interferência do intelecto humano durante uma partida (ver **Figura 5**). A Federação Internacional de Futebol de Robôs (*RoboCup Federation*) que administra a Copa do Mundo de Futebol de Robôs e várias outras atividades, como encontros internacionais, convenções, congressos, todos envolvendo inteligência artificial tem como motivação a construção de robôs humanóides autônomos que joguem uma partida de futebol contra a seleção campeã humana. Isso até o ano de 2050 (Asada *et al.*, 2000). Há várias referências sobre técnicas de IAD utilizadas em times de robôs, entre elas destaca-se (Stone *et al.*, 1997) que optou por montar um time de futebol na forma de um SMA, utilizando técnicas de aprendizado através de camadas de abstração.



Figura 5. Futebol de Robôs (Asada *et al.*, 2000).

Recentemente, em jogos eletrônicos de esporte como os jogos da série *FIFA Soccer*, e de primeira pessoa, como *Quake*, *Doom* e *Unreal*, a IAD é utilizada para fins de diversão com intuito de proporcionar desafios a qualquer jogador. Hoje, os jogos podem aprender com os movimentos do jogador, dificultando o jogo quando o jogador é muito bom, ou facilitando quando o mesmo é ruim.

Os SMAs reativos, apesar de serem formados por agentes reativos, podem realizar tarefas complexas. A interação dos agentes pode revelar a comportamentos emergentes impressionantes. O comportamento das formigas na natureza é um ótimo exemplo inspirador, pois uma formiga não revela muito poder de atuação, mas atuando em conjunto com outras, formam uma sociedade bem organizada. Em (Reynolds, 1987) é apresentada uma forma de animação que representa a simulação de um comportamento chamado *flocking* que claramente define o que é este comportamento emergente. Neste trabalho, um grupo de

entidades, chamadas *boids*, que utilizam regras simples, quando estão em grupo, apresentam comportamentos realísticos (ver **Figura 6**), muito similares a grupo de pássaros e cardumes de peixes. O comportamento emergente surge da interação das partes.

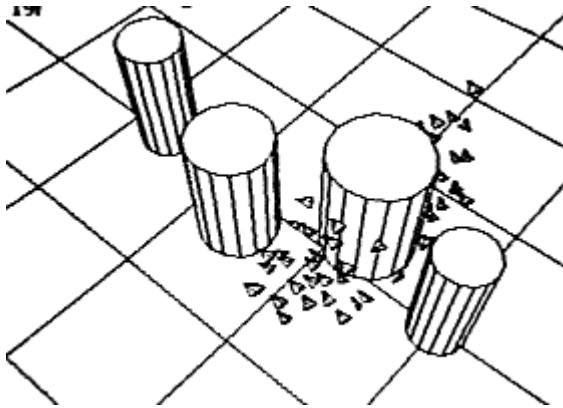


Figura 6. Comportamento Emergente - *Flocking Animation* (Reynolds, 1987).

Este comportamento emergente tem sido constantemente utilizado em jogos eletrônicos para simulação da movimentação de grupos de entidades, como tropas de batalhas e animais. Em títulos como *Super Mario 64*, *Unreal* e *Half-Life* foram usados algoritmos de *flocking* para a movimentação de monstros e outras criaturas mais simples, como pássaros e peixes (ver **Figura 7**) (Woodcock, 2000). Apesar de não haver uma comunicação explícita entre os *boids*, como o envio e recebimento de mensagens, os sistemas que simulam *flocking* podem ser considerados como SMAs reativos pois os *boids* são considerados:

- como agentes reativos;
- não possuem toda informação do sistema (tem uma percepção limitada do sistema completo);
- quando sozinhos não conseguem resolver todo o problema (permanecerem juntos);
- e que não existe um sistema global que os controla.

O problema em não considerar *flocking* como um SMA reativo, por não haver uma comunicação explícita, poderia ser facilmente resolvido adicionando uma troca de mensagens entre os *boids*, onde o conteúdo das mensagens seriam as

informações de posição e velocidade, atributos estes, necessários para permanecerem juntos de uma forma adequada.



Figura 7. *Flocking* sendo utilizado para simular um grupo de peixes no jogo *Super Mario 64*.

Os SMAs reativos também são encontrados em jogos de combate. Nestes jogos, os SMAs assumem a denominação de *Team AI*, também conhecido pelo termo *Squad AI*. São responsáveis pelo comportamento de grupos de personagens que representam adversários ou aliados do jogador. Estes personagens podem assumir a forma de humanos (ver **Figura 8**), monstros entre outras criaturas. Os adversários se organizam para atacar da melhor forma possível, procurando lugares estratégicos para se protegerem e atacarem, informando uns aos outros sobre a posição e orientação do jogador, entre outras atitudes. Os aliados também se organizam de forma similar aos adversários, mas com o objetivo de beneficiar o jogador. Nestes grupos cada membro é modelado normalmente como um agente reativo, e há uma constante troca de mensagens entre eles para decidirem qual a melhor ação que deve ser executada em determinado momento (Sterren, 2002a; Sterren, 2002b). Duas formas de controle são adotadas para manipulação desses agentes:

- **Centralizada:** um agente pensa nas decisões pelo grupo. Aspectos como coordenação e sincronismo são favorecidos nesta abordagem;
- **Descentralizada:** cada agente faz a sua tomada de decisão. Aspectos como variação e comportamentos emergentes são evidentes.



Figura 8. Grupo de agentes reativos interagindo.

O controle descentralizado é o único que pode ser considerado um SMA reativo, pois os agentes nesta abordagem são autônomos, não há a presença de um líder. Na abordagem centralizada, a presença do líder tomando as decisões para todos os membros, torna a autonomia de cada agente nula. *FarCry* (ver **Figura 9**) é um novo jogo que em breve será lançado no mercado, e que os desenvolvedores estão anunciando a utilização de uma *Squad AI* bastante realista envolvendo táticas e formações em grupo. Por enquanto só estão disponíveis demonstrações jogáveis que podem ser adquiridos no *site* do jogo (Farcry, 2004).



Figura 9. *FarCry* (Farcry, 2004).

Os SMAs deliberativos, como dito anteriormente, são formados por agentes que utilizam seu conhecimento para realizar tomada de decisões. Quando



se pretende unir agentes deste tipo, a presença de alguns dos aspectos a seguir é de relevante consideração (Rocha *et al.*, 2003; Siebra, 2000):

- **Organização:** refere-se à organização das atividades que são necessárias para o processo de solução do problema;
- **Cooperação:** ocorre quando há o trabalho de um ou mais agentes para realizar uma tarefa;
- **Negociação:** acontece quando algum agente tenta obter auxílio para a realização dos seus objetivos através do oferecimento de alguma vantagem;
- **Comunicação:** refere-se à forma de comunicação, qual protocolo será utilizado para a troca de informação entre os agentes.

A utilização de agentes deliberativos em jogos computadorizados ainda é um problema sendo discutido. O alto custo de processamento torna-os pouco atraentes. Em (Funge e Shapiro, 2000) há uma discussão sobre a utilização destes agentes em jogos utilizando uma abordagem multiagente. Funge e Shapiro discutem o que poderia acontecer se estes agentes pudessem atribuir estados mentais para eles mesmos, para outros agentes e até para o jogador. Sendo que, para representar estes estados mentais é relatado a necessidade de uma linguagem que defina comportamentos em termos de conhecimento, objetivos e intenções, e que seja garantido que o agente seja capaz de acessar informações sobre o ambiente ao redor dele. São dadas características sobre essa linguagem e o exemplo de uma. Mas, como dito anteriormente, um dos problemas para implementar um sistema dessa natureza é o desempenho em tempo real. São apresentadas algumas soluções para contornar este problema como manter um sistema reativo separado para ser usado quando o sistema deliberativo não conseguir determinar soluções em um tempo viável.

Com o surgimento de jogos como *Black&White (B&W)*, desenvolvido pela empresa *Lionhead Studios*, surgiu um motivador para desenvolvimento de jogos mais inteligentes. Jogos como esse apresentam a possibilidade da utilização de um agente deliberativo convincente em um ambiente gráfico formado por elementos virtuais que exigem alta demanda de processamento. No *Black&White* existe apenas um agente deliberativo que interage com o jogador e outros elementos do ambiente. A utilização de um grupo de agentes deste tipo em um jogo, ainda é um projeto ambicioso, pois o custo de processamento seria alto. Mas, talvez, a

utilização de agentes deliberativos mais simples fosse possível. Segundo Oliveira, (Zamberlam e Giraffa, 2001, p.4), um agente pode ser “mais cognitivo” do que outro, conforme o grau de racionalidade explícita de seu comportamento. Desta forma, reduzindo o grau de racionalidade de um agente deliberativo, poder-se-ia utilizar mais instâncias do mesmo para simular interações em grupo.