

**Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP**  
**Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - FEEC**

**Tópicos em Engenharia de Computação VI**  
**Inteligência Artificial aplicada a Jogos Digitais**

**Autores:**

Paula Dornhofer Paro Costa  
Paulo Sergio Prampero  
Zady Castañeda Salazar

*Campinas, dezembro 2009*

# 1 Resumo

Este trabalho apresenta uma introdução sobre Inteligência Artificial (IA) e sua aplicação em jogos digitais. Inicialmente são apresentadas algumas definições encontradas na literatura para IA, seguidas de um breve histórico desta área de pesquisa. O trabalho procura apresentar um panorama das principais ramificações de estudo de IA e, em seguida, discorre sobre a distinção frequentemente mencionada na indústria de jogos da "IA para Jogos" versus "IA acadêmica". Devido à sua importância no desenvolvimento de jogos, uma breve introdução à teoria de agentes é apresentada. Finalmente, o trabalho apresenta algumas tendências das técnicas de inteligência artificial aplicadas a jogos.

## 2 Introdução

A introdução de algum tipo ou nível de inteligência em jogos digitais aconteceu juntamente com a origem dos vídeo-games na década de 70. No entanto, o estudo e evolução das técnicas de inteligência artificial (IA) aplicadas a jogos se deu de maneira humilde e lenta até meados da década de 90, período em que a revolução dos gráficos 3D em jogos atingia seu ápice, acompanhada pela evolução do hardware com capacidade de processamento para renderizá-los. Assim, é possível afirmar que apenas recentemente a inteligência artificial no contexto do desenvolvimento de jogos passou a ser encarada como um dos fatores de sucesso de um título, podendo definir o destino de um estúdio de desenvolvimento de jogos ou determinar se um jogo se tornará, ou não, um best-seller.

Por outro lado, é interessante notar que todas as aplicações atualmente existentes de inteligência artificial aplicadas a jogos podem ser consideradas ainda muito primitivas perto de toda a potencialidade que a IA pode oferecer à jogabilidade e aos paradigmas de jogos atualmente existentes, existindo um enorme espaço para inovações.

Este trabalho pode ser enxergado como um ponto de partida para o interessado em aprofundar seus estudos nas técnicas de inteligência artificial para jogos. Para isso o trabalho apresenta uma visão panorâmica introdutória da IA como matéria de estudo e como a indústria de jogos se relaciona com esta área.

Num trabalho deste tipo, a primeira grande tarefa é abordar o conceito de "inteligência" e procurar definir IA. Ambas tarefas são extremamente complicadas, uma vez que não existe definição única e universalmente aceita de "inteligência" que não suscite debates.

Desta maneira, na Seção 3, o trabalho apresenta algumas das definições de IA mais conhecidas na literatura relacionada, seguidas de um breve histórico esta área de pesquisa. Nesta seção são também apresentadas as principais ramificações de IA segundo a literatura.

Na Seção 4, discute-se a distinção frequentemente realizada entre "**IA para Jogos**" e "**IA acadêmica**", apresentando-se os principais motivos para a existência desta distinção e apontando-se porque ela não é apropriada, principalmente no cenário atual.

Na Seção 5, apresenta-se uma visão introdutória sobre a teoria de agentes, amplamente empregada no desenvolvimento de jogos.

Finalmente, na Seção 6, busca-se apresentar as tendências e o futuro visualizados para a IA em jogos.

## 3 Inteligência Artificial

A palavra inteligência, segundo a literatura consultada, vem do latim inter (entre) e legere (escolher). Inteligência significa aquilo que permite ao ser humano escolher entre uma coisa e outra. Inteligência é habilidade de realizar de forma eficiente uma determinada tarefa (1).

Associação de idéias e conceitos; concluir coisas; capacidade de aprendizado; acúmulo de conhecimentos; raciocínio; análise; uso de experiências e conhecimentos

passados; tomada de decisões; criar coisas novas (criatividade); capacidade de explicar algo; e comunicação entre outras, são aspectos da inteligência natural a considerar em as pessoas.

E a palavra artificial do latim artificiale, significa algo não natural isto é produzido pelo homem.

Então se considera inteligência artificial como um tipo de inteligência produzida pelo homem para dotar as máquinas de algum tipo de habilidade que simula a inteligência natural do homem.

No entanto, citaremos como outros autores definem a artificial intelligence (inteligência artificial, ou simplesmente IA)(2) .

*Feigenbaum (1981)* define IA como a parte da ciência da computação voltada para o desenvolvimento de sistemas de computadores inteligentes, isto é sistemas que exibem características, as quais associa-se com a inteligência no comportamento humano, por exemplo compreensão da linguagem, aprendizado, raciocínio, resolução de problemas, etc.

Para *Charniak & McDermott (1987)* IA é o estudo de faculdades mentais através do uso de modelos computacionais.

*Elaine Rich & Kevin Knight (1993)* IA é o estudo de como fazer os computadores realizarem coisas que, no momento, as pessoas fazem melhor.

*Luger & Stubblefield, (1993)* a considera como ramo da computação preocupada com a automação de comportamento inteligente.

O dicionário Oxford (2000), considera que corresponde a uma área de pesquisa sobre computadores simulando o comportamento humano inteligente e o dicionário The American Heritage Dictionary of the English Language como: A habilidade de um computador ou outra máquina executar atividades que normalmente se acredita requerer inteligência (3).

Segundo *Bourg e Seemann (2004)*, “é mais apropriado pensar que IA é o comportamento inteligente demonstrado pela máquina que foi criada, ou talvez o cérebro artificial por trás daquele comportamento inteligente.” Ainda eles citam que para outros estudiosos o estudo de IA não necessariamente tem o propósito de criar máquinas inteligentes, mas o propósito de conseguir o melhor entendimento da natureza da inteligência humana.

De acordo com essas definições mostradas podemos falar que elas variam ao longo de quatro categorias organizadas da maneira mostrada pelas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1**

Processos de Pensamento e Raciocínio	
Sistemas que pensam como seres humanos.	Sistemas que pensam racionalmente.
Sistemas que atuam como seres humanos.	Sistemas que atuam racionalmente.
Comportamento	

**Tabela 2**

Sucesso é avaliado em termos de fidelidade ao desempenho humano.	
Sistemas que pensam como seres humanos.	Sistemas que pensam racionalmente.
Sistemas que atuam como seres humanos.	Sistemas que atuam racionalmente.
	Sucesso é avaliado em termos de um conceito <i>ideal</i> de inteligência (racionalidade).

### 3.1 História da inteligência artificial

Apresentamos aqui um breve resumo da história da inteligência artificial, destacando os principais momentos de seu desenvolvimento até a atualidade.

O primeiro trabalho reconhecido como IA foi realizado por *Waren McCulloch e Walter Pitts (1943)*, eles se basearam em três fontes: conhecimento e função dos neurônios no cérebro, uma análise da lógica proposicional criada por Russell e Whitehead, e a teoria da computação de Turing.

Os pesquisadores propuseram um modelo de neurônio artificial, onde o neurônio se caracterizava por estar “ligado” ou “desligado”.

Em 1951 dois alunos da Universidade de Princeton, construíram o primeiro computador de rede neural pelo foi *Alan Turing* quem primeiro articulou uma visão completa da IA, apresentando o Teste de Turing (1950).

Seguiram depois anos de muita expectativa, surgiram programas de computador capaz de pensar não – numericamente (Logic Theorist ou LT), e Solucionador de Problemas Gerais (GPS) ambos criados por *Newell e Simon*.

Esse último programa foi projetado desde o início para imitar protocolos humanos de resolução de problemas. Dentro da classe de quebra-cabeças com a qual podia lidar, verificou-se que a ordem em que o programa considerava submeta e ações possíveis eram semelhantes à ordem em que os seres humanos abordavam os mesmos problemas, sendo talvez o primeiro programa a incorporar a abordagem de “pensar de forma humana”.

Esse último programa foi projetado desde o início para imitar protocolos humanos de resolução de problemas. Dentro da classe de quebra-cabeças, verificou-se que a ordem em que o programa considerava as ações era semelhante à ordem em que os seres humanos abordavam. Sende este talvez o primeiro programa a incorporar a abordagem de “pensar de forma humana”.

Em 1952, *Arthur Samuel* escreveu uma série de programas para jogos de damas, que eventualmente aprendiam a jogar. Ao mesmo tempo, ele contestou a idéia de que os computadores só podem realizar tarefas para as quais foram programados: seu programa aprendeu rapidamente a jogar melhor que seu criador.

Também nesta época, em 1958 surgiu à linguagem do alto nível LISP, que acabou por se tornar a linguagem de programação dominante na IA. Advice Taker, um programa

hipotético que poder ser considerado como o primeiro sistema de IA completo. O projeto de robótica Shaley demonstrou a integração do raciocínio lógico e da atividade física.

Os desempenhos promissores dos primeiros sistemas de IA em exemplos simples acabaram falhando quando foram experimentados em conjuntos de problemas mais extensos ou em problemas mais difíceis.

Os primeiros sistemas de IA, que apresentaram desempenhos promissores aplicados aos problemas simples ou lineares, acabaram falhando quando aplicados em problemas mais complexos ou não lineares.

Uma das dificuldades foi que a maioria dos primeiros programas continha pouco ou nenhum conhecimento de seu assunto. Os algoritmos obtinham sucesso por meio de manipulações sintáticas simples. Entretanto esta técnica não possibilita o tratamento de muitos dos problemas que a IA estava tentando resolver. As primeiras soluções eram obtidas através de diferentes combinações e passos que chegavam à solução. O comportamento inteligente era gerado mesmo com as limitações estruturais do algoritmo.

O quadro de resolução de problemas surgiu na década 70 foi o de um mecanismo de busca de uso geral que procurava reunir passos elementares de raciocínio para encontrar soluções completas chamadas métodos fracos, pois eles não podiam ter aumento de escala para instâncias de problemas grandes ou difíceis. Para solucionar isso devemos usar um conhecimento mais amplo e específico de domínio que permita passos de raciocínio maiores, tratando com mais facilidade casos que ocorrem em especialidades estritas.

Na década de 70 surgiram métodos de busca geral, que reuniam passos elementares do raciocínio para encontrar soluções. Estes métodos eram chamados de métodos fracos (4), uma vez que não podiam tratar problemas com muitas instâncias, grandes ou difíceis. Para resolver o problema do tamanho do espaço de busca, uma possibilidade é a limitação deste espaço com base no conhecimento prévio do problema em questão.

Um destes métodos foi implementado no programa DENDRAL, empregado para resolver o problema de inferir a estrutura molecular a partir das informações fornecidas por um espectrômetro de massa. É considerado o primeiro sistema bem sucedido de conhecimento intensivo: sua habilidade derivava de um grande número de regras de propósito específico.

Essa experiência serviu a pesquisadores de Stanford investigar até que ponto a nova metodologia de sistemas especialistas poderia ser aplicada a outras áreas do conhecimento humano, como a área de diagnóstico médico.

O MYCIN foi construído para diagnosticar infecções sanguíneas. Com aproximadamente 450 regras, este programa foi capaz de diagnosticar tão bem como um especialista, e muito melhor do que médicos recém-formados (4). O MYCIN não possuía nenhum modelo teórico geral a partir do qual as regras pudessem ser deduzidas. As regras tinham de ser adquiridas a partir de entrevistas com especialistas e incorporar um cálculo de incerteza chamado fatores de certeza.

PROSPECTOR, desenvolvido pela SRI International na década de 70, para a análise das possibilidades de se encontrar tipos específicos de depósitos minerais em uma dada área. O sistema possui cinco modelos montados com ajuda de cinco geólogos.

Um grande número de diferentes linguagens de representação e raciocínio foi desenvolvido, algumas se baseavam na lógica, como PROLOG. Em 1981 os japoneses anunciaram o projeto para montar computadores inteligentes que utilizassem esta linguagem.

Outros usavam as teorias existentes como base, e fundamentavam as afirmações em teoremas rigorosos, destacando a relevância de aplicações reais. A IA adotou com firmeza o método científico, para serem aceitas as hipóteses, estas devem ser submetidas a um rigoroso experimento empírico e os resultados devem ser analisados estatisticamente de acordo com sua importância.

Assim na última década a IA avançou mais rapidamente, caminha lado a lado com os avanços na capacidade dos sistemas reais, e encontrando uma área de concordância com outras disciplinas. Este é o caso de buscadores Inteligentes (aplicados principalmente à Web), reconhecimento de Voz, Robótica, Mineração de Dados e Casas Inteligentes.

Para um entendimento melhor na próxima seção analisaremos as principais ramificações da IA, como: Sistemas Especialistas, Robótica, Sistemas Visuais, Processamento de Linguagem Natural, Sistemas de Aprendizado e Redes Neurais Artificiais

### 3.2 Sistemas especialistas

Os sistemas especialistas podem ser definidos como programas de computador que utilizam técnicas de Inteligência Artificial (IA) criados para realizar e encontrar soluções para determinados problemas em diversas áreas de conhecimento, que podem ser resolvido da mesma maneira pelo ser humano especialista. Também são chamados sistemas baseados em conhecimentos ou sistemas especialistas de primeira geração.

Eles podem ser caracterizados como sistemas que reproduzem o conhecimento de um especialista adquirido ao longo de anos de trabalho (Kandel, 1992).

Os principais atributos dos sistemas especialistas são:

separa conhecimento do especialista e a metodologia;

transferência interativa de conhecimento;

o usuário é capaz de compreender os efeitos de alteração de regras nas base de conhecimento.

Uma estrutura de um sistema especialista é mostrada na figura seguinte. A base de conhecimento armazena fatos, regras e procedimentos, que o especialista humano utiliza na solução de problemas. A máquina de inferência toma decisões e julgamentos baseada na base de conhecimento. O subsistema de aquisição de conhecimento é utilizado para alimentar a base de conhecimento, e desta forma são adicionadas novas regras que modificam ou eliminam regras antigas. O subsistema de explicações designado para explicar ao usuário a linha de raciocínio que o sistema utilizou para encontrar a solução. Os usuários dos sistemas podem perguntar "Por quê?" ou "Como?" e o sistema deverá apresentar uma resposta.

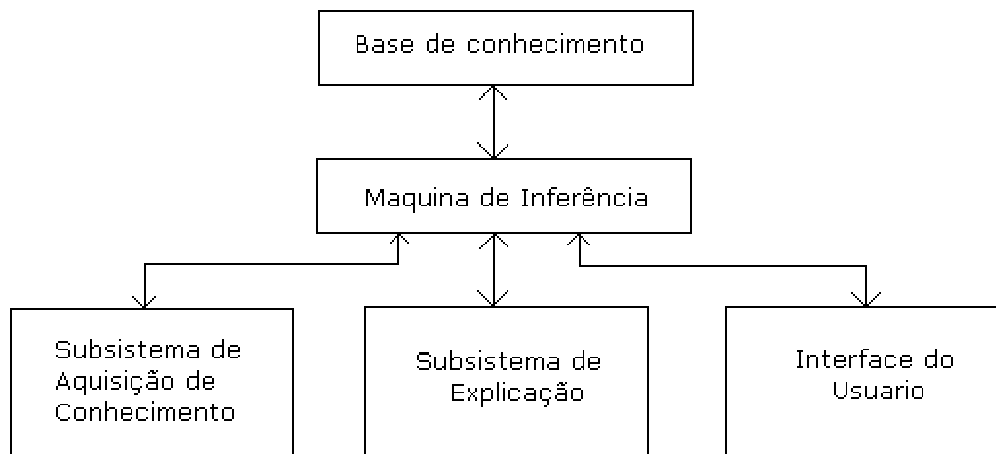


Figura 1

O problema destes sistemas é a aquisição de conhecimentos, que não era automática e dependia do especialista e/ou engenheiro de conhecimento durante a construção dele e logo para que fossem adicionados novos conhecimentos ao sistema.

Para solucionar isso surgem os sistemas especialistas de segunda geração que introduziram a aquisição automática de conhecimentos, utilizando o aprendizado de máquinas simbólico.

Um exemplo de sistemas especialistas aplicados a jogos é o Akinator, um gênio fictício da internet que tem a simples meta de descobrir todo e qualquer personagem ou pessoa na qual você está pensando. Ele vai filtrando suas respostas até que ache ter encontrado o personagem que você quer.

Outro exemplo é o sistema utilizado no Deep Blue, que foi capaz de derrotar o maior especialista do mundo, Kasparov. Este sistema utilizou uma base de dados enorme de jogos clássicos de Xadrez já disputados por ele e outros jogadores, onde podia prever muitas combinações possíveis da jogadas.

### 3.3 Robótica

Dentre suas várias definições, robótica é um ramo da tecnologia que inclui a mecânica, eletrônica e computação, e atualmente trata de sistemas compostos por máquinas e partes mecânicas automáticas e controladas por circuitos integrados, tornando sistemas mecânicos motorizados, controlados manualmente ou automaticamente por circuitos elétricos (7).

As máquinas chamadas robôs são agentes físicos que executam tarefas manipulando o mundo físico. Para isso, efetadores (dispositivos físicos capazes de executar uma tarefa) como pernas, rodas, articulações e garras são utilizados.

Atualmente, os robôs estão sendo muito mais utilizados, com enfoque nas tarefas que o homem de dificuldade ou impossibilidade de executar, caminhar sobre Marte.

Esta tecnologia é muito adotada por muitas fábricas e indústrias, com excelentes resultados de forma gera. Além disso, o uso de robôs no sistema produtivo, normammente, reduz custos, aumenta a produtividade, e melhorar a qualidade dos produtos.

Os robôs atuais se encontram divididos em três categorias diferentes (4):

Manipuladores;

Robô Móvel;

Robô Humanóide.

Os manipuladores, conhecidos como braços robôs, estão fisicamente ancorados (ou fixos) no local de trabalho como em uma linha de montagem ou na estação espacial internacional. Seus movimentos são produzidos por diversas articulações controláveis, permitindo que o robô alcance qualquer posição dentro do local de trabalho. Este é o tipo mais comum de robôs, utilizados em hospitais para auxiliar os cirurgões, fábricas de carro, soldagem, pintura, etc.

Os Robôs Móveis se deslocam pelo ambiente através de rodas, pernas ou mecanismos semelhantes. Eles foram projetados para uso na entrega de alimentos em hospitais, movimento de containers nos portos e tarefas similares nos mais variados ambientes.

Porém há três diferentes tipos entre os robôs móveis:

ULV (unmanned land vehicle) capaz de navegar de forma autônoma em altas estradas.

UAV (unmanned air vehicle) usados para vigilância, pulverização e operações militares.

AUV (autonomous underwater vehicle) usados em explorações submarinas e os viajantes exploratórios como o Sojourner.

O robô Humanóide, que é considerado um robô híbrido, um robô móvel equipado com manipuladores, cuja estrutura imita o torso humano. Eles podem aplicar seus efetadores em um campo mais amplo, porém pelo fato de não possuírem uma rigidez física do ponto de fixação, as tarefas se tornam mais difíceis.

Considera-se também que a robótica inclui dispositivos protéticos como membros artificiais, olhos e orelhas para seres humanos. Ambientes inteligentes como casas equipadas com sensores, efetadores e sistemas com vários corpos, são foco de muita atividade robótica e funcionam pela atuação de vários pequenos robôs.

Sistemas Visuais

Com o desenvolvimento da IA a implementação de sistemas que emulam a visão humana ou mesmo a superem em determinadas aplicações é uma realidade.

Um sistema de visão robótica que imita as principais funções visuais do cérebro humano está fornecendo aos robôs uma maior capacidade de manobra, com maior velocidade e segurança para andar em ambientes desorganizados, além de ajudar a guiar pessoas com deficiências visuais.

Softwares desenvolvidos a partir da integração entre componentes de software e hardware, que possibilitam a captura, armazenamento e manipulação de imagens e fotos são chamados sistemas visuais.

Ele tem sido aplicado em diversas situações. Uma delas é a análise de impressões digitais no processo de tomada de decisão, com a vantagem da grande velocidade de pesquisa em um banco de dados. Outra aplicação é a interpretação de fotos aéreas e visualização de imagens para diagnósticos médicos.

Na indústria para o reconhecimento de objetos em diversas áreas, em especial em sistemas de montagem automatizada, utilizando robôs. Em tais sistemas, o uso da visão artificial permite contornar problemas relacionados à tolerância e imperfeições nas peças a serem manipuladas, além de erros em seu posicionamento.

#### Processamento de Linguagem Natural

Generalmente computadores estão aptos a compreender instruções escritas em linguagens de programação, mas possuem muita dificuldade em entender comandos escritos em uma linguagem humana.

Isso se deve ao fato das linguagens de programação serem extremamente precisas, contendo regras fixas e estruturas lógicas bem definidas, que permitem ao computador saber exatamente como deve proceder a cada comando recebido. Já no idioma humano, uma simples frase normalmente contém conhecimento do mundo, dados com ambiguidade, uso de contexto, informações culturais e de conceitos abstratos, inteligível apenas para quem está no ambiente e conhece do assunto tratado.

O Processamento de linguagem natural (PLN) é uma subárea da inteligência artificial e da lingüística que estuda os problemas da compreensão automática de línguas humanas naturais. Ela permite ao computador reconhecer comandos de voz em uma linguagem natural, então seu objetivo final é fornecer aos computadores a capacidade de entender e compor textos.

Neste caso, "entender" um texto significa reconhecer o contexto, fazer análise sintática, semântica, léxica e morfológica, criar resumos, extrair informação, interpretar os sentidos e até aprender conceitos com os textos processados.

Existem muitas aplicações para o processamento de linguagem natural, as mais comuns são: área de biometria como os sistemas visuais, para o reconhecimento de voz; corretoras de ações utilizam para o reconhecimento de seu cliente e outras funcionalidades; aplicações de chatting conhecido como chatbot, chatterbot ou mesmo chatting robot, essas aplicações podem ser usadas de diversas formas, desde um serviço de atendimento ao consumidor automatizado a um sistema de identificação e tratamento de problemas de saúde. Também na educação, por meio de um possível tutor inteligente, por exemplo, e nos jogos, oferecendo um ambiente com maior interação com o jogador.

O grupo de Lingüística da Insite desenvolveu um sistema de IA que permite simular uma pessoa conversando com o usuário. A Petrobras utiliza esse software para construir um robô capaz de conversar com os usuários como se fosse um atendente humano e falar sobre assuntos ligados ao uso racional de energia, derivados de petróleo, meio ambiente, gás natural, dicas de economia, qualidade do ar, biocombustíveis, programas educacionais e fontes alternativas de energia. Também a Gessy Lever criou o Sete Zoom, o projeto consistiu na criação da inteligência e uma base de conhecimento com a função de interagir com os internautas que acessarem o site da Close Up.(8)

#### Sistemas de aprendizado

A aprendizagem humana é um processo de mudança de comportamento obtido através da experiência construída por fatores emocionais, neurológicos, relacionais e ambientais. Aprender é um fato do resultado da interação entre estruturas mentais e o meio ambiente que é construído e reconstruído continuamente.



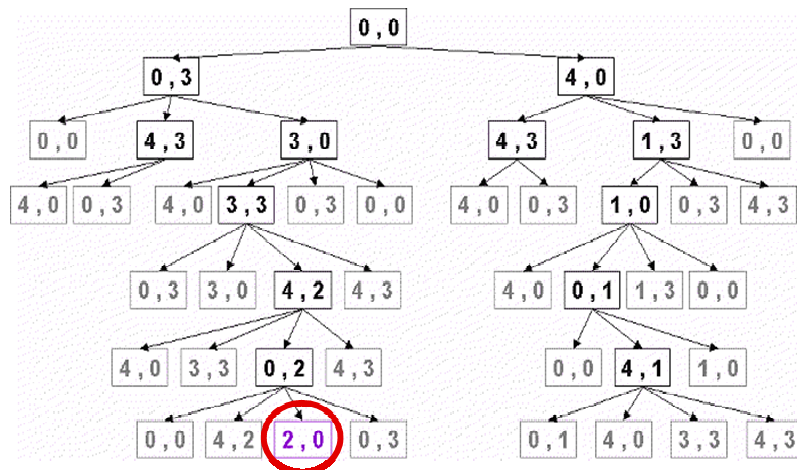
Atualmente as máquinas computadores são capazes de aprender e exibem uma forma de aprendizado peculiar, diferente do aprendizado humano, por esta razão denominada aprendizado de máquina.

Existem diferentes tipos de realimentação para o aprendizado:

- Aprendizagem supervisionada
- Aprendizagem não supervisionada
- Aprendizagem por reforço

O problema da aprendizagem supervisionada envolve aprendizagem de uma função a partir de exemplos de suas entradas e saídas. No caso de ambientes completamente observáveis, um agente sempre poderá observar os efeitos de suas ações e conseqüentemente aprender a prever-los. Não sendo assim para ambientes parcialmente observáveis, porque os efeitos imediatos podem ser invisíveis.

A árvore de decisão é uma das formas mais simples de algoritmos de aprendizagem e uma maneira gráfica de visualizar as conseqüências de decisões atuais e futuras bem como os eventos aleatórios relacionados. Ela permite a conceptualização e o controle de um bom número de problemas de investimentos sujeitos a riscos pelo tem o seguinte problema, quando a árvore de decisão é exponencialmente grande a tabela-verdade tem muitas linhas e existe um numero muito grande para definir a função.



**Figura 2**

Uma solução a esse inconveniente é testar primeiro o atributo mais importante, aquele que faz a maior diferença para a classificação, assim os caminhos na árvore serão curtos e a árvore como um todo será pequena.

Aprendizagem não supervisionada envolve aprendizagem de padrões na entrada, quando não são fornecidos valores de saída específicos. Um agente de aprendizagem puramente não supervisionada não pode aprender o que fazer, porque não tem nenhuma informação sobre o que constitui uma ação correta ou estado desejável.

E por último aprendizagem por reforço é caracterizado porque o agente deve de aprender a partir do reforço, no tem informação previa do que fazer.

No fator importante no projeto de sistemas de aprendizagem é a disponibilidade de conhecimento anterior, não existe nenhuma dúvida de que algum conhecimento anterior pode ajudar enormemente na aprendizagem.

### 3.4 Redes Neurais Artificiais

Um neurônio é uma célula no cérebro cuja principal função é coletar, processar e disseminar sinais elétricos. Acredita-se que a capacidade de processamento de informações do cérebro emerge principalmente de redes de neurônios e por isso uma parte de trabalho inicial da IA foi criar redes neurais artificiais

As redes neurais artificiais surgem como um método de solução para problemas de inteligência artificial, construindo um sistema que tenha circuitos que simulem o cérebro humano, inclusive seu comportamento, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas.

Segundo a literatura (4) as Redes Neurais Artificiais são definidas como redes massivamente paralelas e interconectadas, de neurônios, com organização hierárquica. Onde esses neurônios são conectados por canais de comunicação que estão associados a determinados pesos. Os neurônios fazem operações sobre entrada recebidas pelas suas conexões.

Uma rede neural pode possuir uma ou múltiplas camadas. Por exemplo, ou caso com três camadas, poderíamos ter a camada de entrada, em que as unidades recebem os padrões; a camada intermediária, onde é feito processamento e a extração de características; e a camada de saída, que conclui e apresenta o resultado final. Quanto maior o número de camadas, melhor a capacidade de aprendizado.

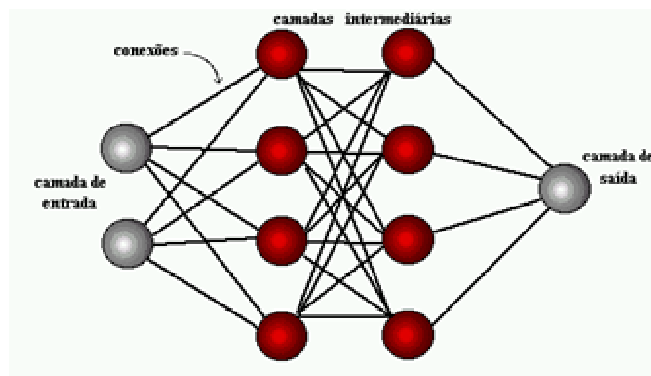


Figura 3

De forma geral, a operação de um neurônio se resume em:

Dados são entregues à entrada;

Cada dado é multiplicado por um número, ou peso, que indica a sua influência na saída da unidade;

É feita a soma ponderada dos produtos, resultando em um nível de atividade;

Se este nível de atividade exceder certo limite (threshold) a unidade produz uma determinada resposta de saída.

Estas unidades são conectadas por canais de comunicação que estão associados a determinado peso.

A propriedade mais importante das Redes Neurais é a habilidade de “aprender seu ambiente” e melhorar ainda o ambiente. Essa habilidade de aprender ocorre através de um processo de ajustes aplicados a seus pesos. O aprendizado chega ao fim quando a rede neural atinge uma solução generalizada para o problema.

## 4 Técnicas de IA utilizadas no desenvolvimento de jogos digitais

Na literatura associada ao estudo das técnicas de inteligência artificial aplicadas no desenvolvimento de jogos digitais, frequentemente nos deparamos com o termo IA para Jogos e a distinção da denominada IA acadêmica. Esta distinção sugere que a IA acadêmica, como definido nas seções anteriores, representa uma área mais abrangente de pesquisa e desenvolvimento de sistemas inteligentes cujas técnicas não são de interesse, não podem ser diretamente aplicadas ou não correspondem exatamente às técnicas abordadas pela IA para Jogos (10), (11), (12), (13), (14), (15).

Se num primeiro momento esta distinção causa estranheza por implicar na existência de "dois tipos diferentes de inteligência artificial", o surgimento do termo IA para Jogos pode ser melhor compreendido se forem analisados dois pontos principais:

- a origem das técnicas empregadas para fazerem com que os jogos parecessem mais "inteligentes";
- o contexto e o perfil dos desenvolvedores de jogos.

Na Tabela 3 encontra-se uma adaptação da cronologia apresentada por Schwab (2004) das técnicas de inteligência empregadas por jogos digitais.

Os primeiros jogos digitais foram projetados como jogos para 2 jogadores, não existindo a possibilidade de se jogar contra a "máquina". Nestes jogos, tipicamente implementados em lógica TTL, o hardware era apenas um intermediário que interpretava e apresentava em uma tela o resultado das ações dos jogadores segundo a lógica e regras impostas pelo jogo. Desta maneira, do ponto de vista dos jogadores, não era possível atribuir nenhuma intenção "inteligente" no papel desempenhado pelo hardware que interferisse na dificuldade ou no resultado do jogo.

Juntamente com a popularização dos vídeo-games, o hardware dos consoles e máquinas de fliperama passou a incluir geradores pseudo-aleatórios e posteriormente evoluíram para plataformas microprocessadas com maior capacidade de computação e armazenamento de dados em memória. A partir deste momento, o elemento "inimigo" foi introduzido aos jogos e o jogador passou a ser desafiado pela "máquina" no papel do oponente a ser vencido.

Os primeiros jogos a apresentarem esta inovação possuíam inimigos que se movimentavam segundo padrões pré-programados. Nestes jogos, o principal desafio para o jogador era identificar tais padrões e atacar nos momentos oportunos. Um exemplo clássico deste tipo de jogo é o *Space Invaders*.

Nesta época (década de 70), o desafio principal dos desenvolvedores de jogos era: como tornar os jogos mais desafiadores e atraentes partindo-se de um hardware limitado? De fato, nesta época, atribuir "mais inteligência" aos NPCs (non-player characters) dos jogos, caracterizava um tipo de problema bem diferente do estudado pela pesquisa acadêmica de IA. Naquele contexto, Schwab (2004) aponta que a programação da inteligência dos jogos resumia-se à programação do "gameplay" do jogo ou, como enfatizado por Millington (2006), como implementar algoritmos que causassem a ilusão de um comportamento mais inteligente dos NPCs.

Surge assim o termo IA para Jogos, utilizado na indústria de jogos para designar o conjunto de técnicas e algoritmos empregados para iludir, de maneira equilibrada, o jogador, fazendo-o acreditar que seus oponentes (controlados pela "máquina") são

suficientemente espertos para tornar o jogo desafiador, mas que podem ser derrotados após uma certa dose de observação, raciocínio e/ou treino.

**Tabela 3**

Nenhuma Inteligência	<b>SpaceWar!</b> - 2 Jogadores	1962
	<b>Pong</b> – 2 Jogadores	1972
Padrões	Primeiros jogos com a existência de “inimigos” em que o jogador deve atingir alvos que se movem em padrões pré-determinados ( <b>Pursuit, Qwak</b> ).	1974
	Primeiro jogo executado em microprocessador (maiores possibilidades de aleatoriedade e computação): <b>GunFight</b> .	1975
	<b>Space Invaders</b> : os inimigos se movem padrões definidos e atiram de voltam. Considerado um jogo “clássico” por ter pontuação, crescentes níveis de dificuldade e controles simples.	1979
	<b>Pac-Man</b> : os “fantasmas” possuem estados e se movimentam de acordo com padrões pseudo-aleatórios e cada um aparenta ter uma “personalidade”.	1980
Máquina Finita de Estados	Lançado <b>Wolfenstein 3D</b> (FPS).	1992
	Lançado <b>Doom</b> (FPS).	1993
	Lançado <b>Warcraft</b> (FPS).	1994
Outras Técnicas	<b>BattleCruiser: 3000AD</b> é o primeiro jogo comercial a empregar redes neurais.	1996
	Deep Blue derrota o campeão mundial de xadrez, Gary Kasparov.	1997
	Lançado <b>Half-Life</b> , que é tido como o jogo com melhor IA até o momento (baseado em scripts).	1998
	<b>The Sims</b> é considerado notável pela profundidade emocional de seus agentes e sua implementação emprega FuSM. Mostra o potencial A-life para jogos.	2000
	Lançado <b>Black &amp; White</b> , com criaturas que podem ser “treinadas”.	2001

O jogo *Pac-Man* (1980) caracteriza um dos primeiros exemplos de como este equilíbrio pode ser obtido a partir de recursos bem simples. Neste jogo o jogador caminha por um labirinto e seu objetivo é comer todas as “pastilhas” espalhadas pelo caminho, enquanto quatro fantasmas o perseguem. O jogo é baseado em uma máquina de estados com dois estados: no estado normal, o jogador percorre o labirinto em busca de pastilhas enquanto foge dos fantasmas que o perseguem; no segundo estado, o jogador acabou de coletar uma pastilha especial e passa a poder perseguir e capturar os fantasmas. No estado normal, os fantasmas percorrem uma linha reta no corredor do labirinto até atingir uma esquina, ou junção. Na junção, cada fantasma escolhe semi-aleatoriamente uma rota até a próxima junção. Cada fantasma possui duas escolhas: ir na direção do jogador ou escolher

uma rota aleatória. O que define a escolha depende do fantasma. Cada um dos quatro fantasmas é programado com uma probabilidade diferente de escolha, o que atribui uma sensação de "personalidade" aos fantasmas.

A década de 90 na indústria dos jogos foi marcada pela popularização dos gráficos 3D. Dentre os títulos lançados nesta época, os jogos do gênero "tiro em primeira pessoa" (FPS - first person shooters), como *Wolfenstein 3D* (1992) e *Doom* (1993), e "estratégia em tempo real" (RTS - real time strategy), como *Warcraft: Orcs and Humans* (1994), merecem atenção especial por terem introduzido características de jogabilidade que exigiram e impulsionaram o desenvolvimento de algoritmos voltados para a solução de problemas como:

- movimentação em cenário e seus diversos aspectos relacionados;
- determinação e planejamento de rota (pathfinding e pathplanning) de personagens;
- tomada de decisão;
- estratégia e tática.

Visando atender estas necessidades, o termo IA para Jogos passou a ser um jargão amplamente e, por que não dizer, confusamente utilizado por desenvolvedores de jogos como referência aos componentes de software e implementação de algoritmos dedicados a solucionar problemas bastante específicos da realidade dos jogos. Exemplos típicos de assuntos frequentemente tratados pelos textos de IA para Jogos incluem (10), (11), (12), (13), (15):

- algoritmos de movimentação incluindo tratamento de colisão, manipulação de objetos do cenário, padrões de movimentação e animações associadas;
- algoritmos de planejamento rota de personagens até um objetivo/alvo como Dijkstra e A\* (10);
- tomada de decisão a partir de máquinas de estado ou árvores de decisão;
- scripting para programação de jogos.

Como é possível observar, muitos destes assuntos consistem, na melhor das hipóteses, em instruções de uso de ferramentas utilizadas para a implementação de NPCs que iludem o jogador com a idéia de um comportamento inteligente mas que dificilmente podem ser considerados sistemas que visam modelar os processos de pensamento e raciocínio ou comportamento humanos (Tabela 1).

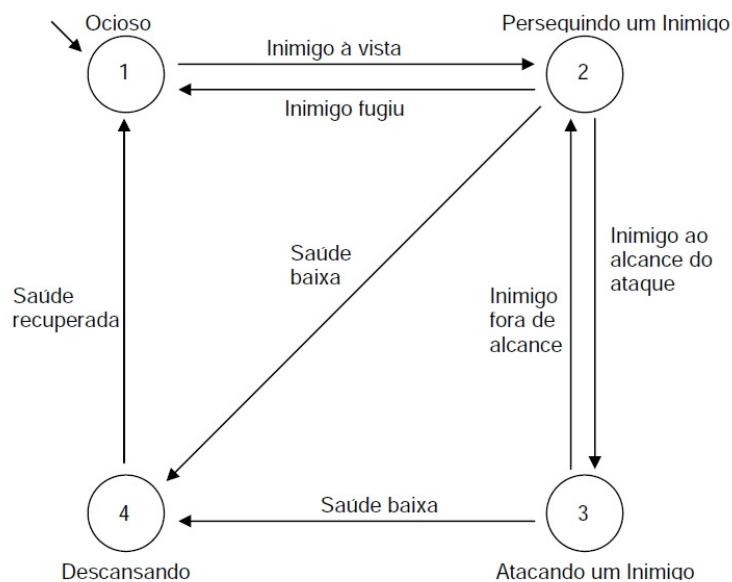
Como apontado por *Anderson (2003)*, talvez o termo "estupidez artificial" (AS - artificial stupidity) representasse uma melhor descrição do nível de inteligência encontrado nos títulos que empregam tais algoritmos. A simplicidade da IA aplicada em jogos se aproveita da facilidade de se administrar a percepção do jogador e enganar o cérebro humano. *Tozour*, em sua contribuição para o livro "*AI Game Wisdom*" (2002), vai ainda mais longe, afirmando que é uma vergonha que o termo "inteligência" esteja associado a estes algoritmos. Ele ainda adiciona que, se não fosse tarde demais, o termo IA para Jogos deveria ser substituído por "projeto de agentes" ou "modelagem de comportamento". Finalmente, *Tozour* ressalta que, em se tratando do desenvolvimento de jogos, reproduzir a adaptabilidade da inteligência humana, na maioria das vezes não é necessário e nem sempre é desejável.

De fato, ainda na década de 90, a grande maioria dos títulos tinham sua inteligência baseada em sistemas baseados em regras simples (como máquinas de estados finitos) e árvores de decisão. O foco principal dos times de desenvolvimento de jogos ainda estava voltado para exploração da revolução proporcionada pelos gráficos 3D.

Uma máquina de estados finitos (FSM - Finite State Machine) é uma estrutura lógica composta por um conjunto de estados finitos e um conjunto de regras de transição entre os

estados. Em um dado momento, a máquina pode estar somente em um único estado. Através do processamento de uma entrada na máquina, o estado atual define o comportamento da máquina e quais ações devem ser tomadas pela mesma (incluindo se há a necessidade de mudar de estado). Cada transição define de qual estado para qual estado a máquina deve mudar. FSMs são muito utilizadas em jogos, pois elas são simples e rápidas de serem implementadas (uma prática comum é a utilização de linguagens script para implementação das ações associadas a cada estado), além de serem flexíveis (novos estados e transições podem ser adicionados às FSMs).

Uma FSM pode ser determinística, significando que dados uma entrada e o estado atual, é possível prever o estado seguinte, ou não-determinística, em que não é possível prever para qual estado uma máquina transicionará. Na implementação de jogos, é desejável que a "sequência" de estados de uma máquina de estados seja óbvia. Uma das abordagens para implementação de máquinas de estado não-determinísticas em jogos é a utilização de lógica Fuzzy, criando-se máquinas de estados Fuzzy (FuSM - Fuzzy State Machines).



**Figura 4 - Exemplo de FSM**

Árvores de decisão são conceitualmente mais simples que FSMs e são representadas por estruturas ramificadas, tipicamente utilizadas para tomadas de decisões estratégicas de mais alto-nível como, por exemplo, se um oponente controlado pelo computador em um jogo RTS deve se preparar para um ataque ou continuar acumulando recursos. Os nós de uma árvore de decisão representam as condições de teste, que levam a diferentes sub-árvores. A decisão final é representada por uma das "folhas" da árvore. Similares a FSMs, as árvores de decisão podem ser facilmente implementadas a partir de estruturas do tipo *if-then*.

Com a evolução do hardware dos computadores e consoles de vídeo-games e o surgimento de placas gráficas capazes de processar com qualidade e velocidade os gráficos dos jogos, a programação da inteligência dos jogos passou a ganhar atenção. Este movimento da indústria pode ser ilustrado, por exemplo, pelo Gráfico 1. O gráfico mostra o resultado da pesquisa entre desenvolvedores de jogos realizada nas edições de 1997 a 2000 da "Game Developers Conference", indicando o aumento no número de desenvolvedores dedicados a IA nos projetos de jogos e na porcentagem de CPU dedicada ao jogos reservada para o processamento da IA.



Gráfico 1

Desta maneira, nesta primeira década do século 21, observa-se o movimento de introdução das técnicas de inteligência artificial pesquisadas pela "academia" no mundo dos jogos digitais.

Em *The Sims (2000)*, por exemplo, observa-se a interessante implementação de um jogo baseado no conceito de vida artificial (A-Life, artificial intelligence) por meio de redes neurais. Neste jogo, o software é baseado em agentes que são abstrações dos personagens, controlados pelo jogador, mas que simulam comportamentos semelhantes aos observados na vida real.

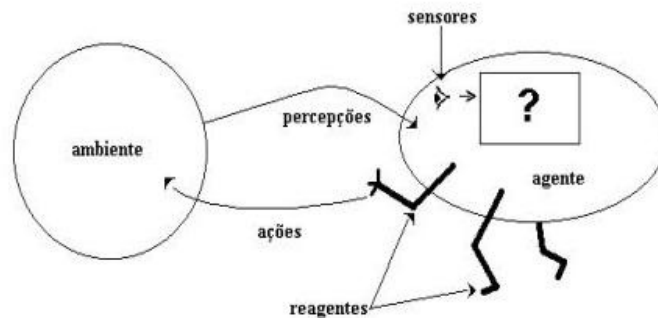
O jogo *Black & White (2001)* é frequentemente citado como um projeto bem sucedido de implementação de jogo que emprega técnicas de machine learning, introduzindo uma nova dimensão na inteligência dos jogos e desviando a atenção do comportamento. O jogo consiste em moldar um mundo e seus habitantes segundo os desejos do jogador (god game). As tribos de aldeões que povoam o mundo possuem dois níveis de inteligência: a inteligência de grupo da tribo, que decide quais tarefas cada aldeão deve executar e a inteligência individual de cada aldeão, que deve tomar decisões como dormir, comer ou reunir-se com outros aldeões. No entanto, a maior complexidade da inteligência do jogo está na implementação do avatar que representa o jogador e a divindade do mundo do jogo. O avatar deve ser ensinado a fim de realizar tarefas, moldando-se de acordo com os ensinamentos realizados pelo jogador. O avatar é constituído por uma rede neural e por uma árvore de decisão, possuindo vários parâmetros responsáveis por modelar as necessidades e emoções do avatar.

## 5 Agentes em jogos

Um agente pode ser um programa de computador que recebe estímulos do mundo externo e atua neste mundo de alguma forma, entretanto não precisa necessariamente apresentar comportamento "inteligente", termo que é alvo de muita controvérsia (FERNANDES, 2003).

Em (Russel, 2004) “um agente é qualquer coisa que pode ser vista como percebendo seu ambiente por meio de sensores e atuando sobre esse ambiente por meio de atuadores”.

Com estas definições é possível enquadrar um grande número de entidades como um agente.



**Figura 5 - Modelo de agente**

A classificação de um agente pode ser feita tendo como base suas características ou propriedades básicas, sendo que quanto mais propriedades o agente possuir, maiores serão suas capacidades. As principais propriedades atribuídas aos agentes são (FERNANDES, 2003):

- Autonomia: o agente deve poder funcionar sem intervenção humana, baseando suas ações em seu conhecimento armazenado sobre o ambiente;
- Habilidade social: o agente interage com outros agentes através de uma linguagem comum;
- Reatividade: o agente deve ser capaz de perceber mudanças em seu ambiente e atuar de acordo com estas mudanças;
- Proatividade: o agente não deve apenas atuar por percepção, mas deve procurar alcançar uma meta, apresentando iniciativa.

Russel (2004) também classifica os agentes segundo sua arquitetura nos seguintes tipos:

- Agente reflexivo ou reativo: é o mais simples de todos e simplesmente reage as alterações do ambiente segundo suas regras internas;
- Agente com estado: é um agente reflexivo que leva em consideração o histórico das percepções;
- Agente com objetivo: possui característica adicional de selecionar a regra que mais o aproxima de cumprir um determinado objetivo;
- Agente baseado em utilidade: procura maximizar sua medida de utilidade.

Os pesquisadores de IA trabalham principalmente em um tipo particular de agentes, capazes de realizar ações racionais. Para cada possível sequência de percepções, um agente ideal deve fazer as ações que se espera maximizar sua medida de desempenho, com base nas evidências fornecidas pela sequência de percepções e pelo conhecimento embutido no agente.



## 5.1 Agentes Inteligentes

Atualmente os Agentes Inteligentes são pesquisados em vários campos, como: Psicologia, Sociologia e Ciência da Computação. Um agente inteligente é um sistema de computador que seja implementado utilizando conceitos que são mais bem aplicáveis aos humanos. Os agentes que se enquadram nesse grupo têm uma ou mais das seguintes características:

- Adaptabilidade: um agente deve ser capaz de ajustar-se aos hábitos, métodos de trabalho e preferências de seus usuários (aprendizado, aquisição de conhecimento e uso deste conhecimento);
- Colaboração: um agente não deve aceitar (e executar) instruções sem considerações, ele deve levar em conta que o usuário humano comete erros, omite informações importantes e/ou fornece informações ambíguas. Neste caso, um agente deve checar estas ocorrências fazendo perguntas ao usuário. Deve ser permitido a um agente recusar executar certas tarefas que possam sobrecarregar a rede ou causar danos a outros usuários;
- Degradação Gradual: é a capacidade do agente executar parte de uma tarefa quando existe incompatibilidade na comunicação ou domínio. No contexto das noções de risco, agentes trabalham melhor quando apresentam esta característica;
- Flexibilidade: um agente deve ser capaz de fazer uma escolha dinâmica das ações e da seqüência de execução das mesmas, em um determinado estado do ambiente;
- Inteligência: é o conjunto de recursos, atributos e características que habilitam o agente a decidir que ações executar, bem como a capacidade de tratar ambigüidades. O raciocínio desenvolve-se através de regras, conhecimento e evolução artificial;
- Planejamento: é a habilidade de sintetizar e escolher entre diferentes opções de ações desejadas para atingir os objetivos;
- Representabilidade: um agente deve representar o usuário em suas ações.

Conforme SOUZA (1996), as aplicações com agentes apresentam diferentes níveis de inteligência, podendo ser classificados nos seguintes níveis:

- Baixo: neste nível, os softwares agentes desempenham tarefas rotineiras, disparadas por eventos externos. Estes agentes executam redes de regras complexas, não se adaptam a mudanças e não demonstram oportunismo com o passar do tempo;
- Médio: estes agentes utilizam uma base de conhecimento para desenvolver raciocínio em eventos monitorados. Podem adaptar-se a mudanças de condições na base de conhecimento e manipular as novas condições, porém, normalmente não demonstram oportunismo;
- Alto: neste nível de inteligência, os software de agentes utilizam tanto aprendizado quanto raciocínio na base de conhecimento. Aprendem com o comportamento do usuário, podem adaptar-se à mudanças e demonstram oportunismo com o passar do tempo.

## 5.2 Tipos de Agentes

Como apresentado anteriormente existem diversas classificações de agentes. Dentro de cada classificação, um tipo de agente.

Um agente autônomo está situado em um ambiente, sente e age sob este durante o tempo, sendo que suas ações são determinadas por um controle próprio e o agente sentirá os efeitos de suas ações presentes no futuro. O aspecto inteligente dos agentes é como sendo a maneira de atingir metas de forma flexível, ou seja, sem utilizar uma abordagem pré-determinada (estática).

Entretanto, no contexto de jogos, quanto à aquisição de inteligência, vale ressaltar a existência de duas classes importantes. Os agentes reativos e os cognitivos.

### 5.2.1 Agentes Reativos

Os agentes reativos consideram somente os dados disponíveis naquele momento, ou seja, eles não possuem memórias. Apesar de sua simplicidade, esses tipos de agentes possuem uma ampla gama de aplicações, principalmente em ambientes dinâmicos, que demandam respostas rápidas, como é o caso de ambientes de jogos e simuladores.

Agentes reativos executam apenas quando estimulados, em resposta ao estado atual do ambiente no qual estão inseridos. Eles não possuem um modelo simbólico e interno dos ambientes. Atuam de acordo com um comportamento estímulo/resposta. Eles também são denominados reflexivos.

Estes agentes selecionam ações com base na percepção atual, ignorando o restante do histórico de percepções. Uma estrutura simples deste agente é baseado em regras: Se condição então ação. A vantagem é que são rápidos, e o jogador não deve ficar esperando muito uma resposta do sistema inteligente, caso isto aconteça o jogo pode tornar-se enfadonho. O tempo é um fator muito importante no ambiente dos jogos.

### 5.2.2 Agentes Cognitivos

Os agentes cognitivos aprendem com as suas experiências, tendo a oportunidade de trocar informações de histórico e planos de ataque com outros agentes, criando um sistema mais inteligente.

Agentes cognitivos são aqueles que possuem um modelo de raciocínio e um modelo simbólico e interno, utilizado para tomar decisões e executar tarefas necessárias para alcançar seus objetivos. Estes agentes também são chamados de simbólicos ou deliberativos.

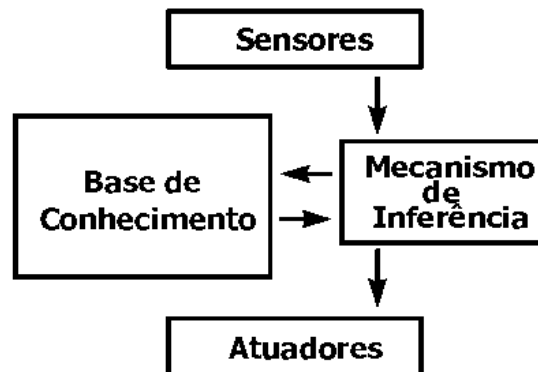


Figura 6 – Modelos de um agente cognitivo

No contexto de jogos, o problema deste agente é o tempo de inferência. Este tempo, de preferência, deve ser um tempo para um Humano realizar a tarefa. Naturalmente, com o avanço do hardware, o problema minimiza, mas não extingue.

### 5.3 Sistemas Multiagentes

Um sistema multiagente é definido como um conjunto de agentes capazes de interagirem entre si em um ambiente, possivelmente formando uma organização (FERNANDES, 2003). Os sistemas multiagentes possuem inúmeras áreas de aplicação, uma delas os jogos eletrônicos.

Uma das características fundamentais dos sistemas multiagentes é a comunicação, a qual permite a colaboração, negociação e a cooperação entre entidades independentes, a fim de realizar um determinado conjunto de tarefas ou objetivos.

Esses objetivos podem ser comuns a todos os agentes ou não. Nos sistemas multiagentes, é necessário que a comunicação seja disciplinada para que os objetivos sejam alcançados de forma efetiva e eficientemente. Para isso, pode ser necessário que um dos agentes seja responsável pela coordenação do grupo, resultando assim, em um sistema coerente.

Agentes podem trocar mensagens diretamente, podem comunicar-se através de um agente “facilitador” especial através de um sistema “federado” (comunicação assistida), podem também utilizar uma comunicação por difusão de mensagens (broadcast).

Os agentes, dentro de um sistema multiagente, podem ser heterogêneos ou homogêneos, colaborativos ou competitivos. A definição dos tipos de agentes depende da finalidade da aplicação que o sistema está inserido.

Os sistemas multiagentes tem como cerne a inteligência emergente das interações entre os agentes, sendo o estudo da inteligência proveniente do comportamento social. Sendo assim, uma linguagem de comunicação é muito importante.

Os sistemas multiagentes originaram-se da área de Inteligência Artificial Distribuída e têm como foco o estabelecimento de modelos, arquiteturas e implementações que possibilitem que entidades inteligentes, em conjunto, possam executar ações de um modo coordenado.

Aplicações de sistemas multiagentes em jogos podem ser feitos em situações que necessitem de um time, que aja em conjunto e de maneira coordenada (um jogo de futebol). Isto se deve ao fato dos sistemas multiagentes serem compostos por diversos agentes que possuam a capacidade de reatividade, adaptabilidade, comunicabilidade e sociabilidade.

### 5.4 Implementações de agentes nos jogos

Um passo importante na implementação de um agente em um jogo é definir quais eventos o agente deve tratar. O próximo passo é definir quais ações o agente deve realizar. Agora o problema é como implementar um agente que recebe os estímulos definidos e produz as ações esperadas.

Algumas perguntas são importantes no processo, tais como: Estas ações são fixas ou devem mudar ao longo do tempo? Para um único estímulo existe apenas uma única ação a ser tomada ou um conjunto de ações, e como escolher esta ação? Este conjunto de ações pode aumentar ao longo do tempo, ou permanece constante? São ações coletivas ou individuais?

Com as estas repostas é possível definir um conjunto de técnicas de IA para obter a ação esperada, ou algo próximo do esperado. No caso da ação ser única para um ou mais estímulos, existem as seguintes possibilidades:

- Sistema de regras (clássicas ou fuzzy)
- Busca em árvore, onde cada nó é um estado do jogo ( busca cega ou busca heurística, neste caso como suporte de uma função heurística);
- Autômato finito, dado um estado recebe um estímulo e muda o estado do jogo.

Normalmente, este comportamento repetitivo não acontece com Humanos que mudam seu comportamento, evoluem e melhoram a cada jogo, pelo menos é o que espera do ser Humano.

As técnicas descritas para agentes reativos podem ser alteradas e receberem mecanismos de aquisição de conhecimento, representação de conhecimento, e inferência. Agora passam a serem técnicas de agentes cognitivos.

Para implementar um caso em que a ação produzida pelo agente modifica-se ao longo do tempo, é necessário a construção de uma base de conhecimento.

Esta base de conhecimento pode ser representada de várias formas, dependendo da técnica que se deseja utilizar. Algumas técnicas de aprendizado de máquina que utilizam base de conhecimento são:

- Extração de conhecimentos baseados em regras;
- Redes neurais artificiais supervisionadas;
- Raciocínio baseado em casos.

Para que estas bases de dados possam ser utilizadas nas modificações do comportamento do agente é necessário um sistema de inferência. Este sistema analisa a base gerada e faz deduções, extração de conhecimento a partir das informações contidas na base. Com isto é possível resolver problemas que não estavam necessariamente descritos na base, ou seja, fazer uma jogada que não tinha sido feita anteriormente nas mesmas condições.

As ações de um agente cognitivo estão baseadas nas hipóteses de que o agente possui um conhecimento do ambiente, e em certos casos, sobre os outros agentes. Ambiente pode ser um sistema de informações completas ou incompletas, e a técnica empregada deverá levar isto em consideração.

Os agentes cognitivos raciocinam e decidem sobre quais objetivos devem alcançar, que planos seguir e quais ações devem ser executadas em um determinado momento. Deste modo, um agente executa uma ação inteligente quando, possuindo um objetivo e o conhecimento de que uma certa ação o conduzirá a este objetivo, seleciona esta ação.

## 5.5 Sistemas Multiagentes em Jogos

Os jogos onde temos vários agentes que interagem entre si e com o ambiente devem possuir um controle que leve em consideração os seguintes elementos: comunicação, coordenação e cooperação. Existem diversas técnicas de I.A. que buscam promover este tipo de comportamento coletivo, conhecida como IA distribuída.

Podemos imaginar um jogo onde um agente defende um espaço enquanto outro ataca o jogador. Ou ainda, ambos os agentes atacam o jogador utilizando estratégias diferentes e cooperativas, realizando um comportamento de forma organizada e coordenada.

O comportamento coletivo em jogos é um tema bastante complexo e exige muitas vezes soluções específicas, que incluem diferentes técnicas de coordenação, organização e cooperação entre os agentes.

Um jogo de futebol é um sistema de multiagentes. Existem agentes cooperadores, que jogam junto com o jogador e entre si, e existem agentes competitivos que jogam contra o jogador. O agente pode ter um sistema de informações completas sobre o estado do jogo,

mas cada agente toma uma decisão com base nos seus conhecimentos e nas decisões dos adversários e dos parceiros.

O agente goleiro não pode saber em qual canto o jogador deverá chutar a bola, mas pode saber se este está se aproximando da bola. Além disso, o goleiro pode saber em que ponto do gol o determinado jogador chuta com mais frequência.

Os sistemas multiagentes são muito úteis em jogos coletivos, e o gerenciamento da informação é muito importante para exibir inteligência coletiva perante os olhos do jogador.

## 6 Tendências e Futuro da IA aplicada a jogos digitais

Escrever sobre o futuro é ato de risco, o futuro é incerto e ainda será construído com base nas decisões do presente. Em relações aos jogos digitais, a sociedade determinará uma direção, mas quem não perceber esta direção antes da sociedade sairá atrasado no processo.

A IA precisa evoluir nos processos de tratamento de linguagem natural, e também no tratamento de contexto da informação recebida. Jogos que conversam com o jogador caracterizam um ambiente futurista, muitas pessoas solitárias anseiam por companhia que insiste em não chegar. O diálogo é importante neste caso.

Outro ponto importante é a explicação de decisões. Os jogos deverão explicar seus comportamentos, justificar porque executou uma jogada e não outra. Por exemplo, no xadrez, o que levou a máquina a realizar aquela operação. Quais os conhecimentos utilizados?

A educação está passando e precisa passar por modificações. Ambientes virtuais com jogos educativos, parecem ser uma boa saída para esta reviravolta. O indivíduo aprende se divertindo, jogando em um ambiente virtual, que pode ser tão real quanto a computação gráfica permita. Neste contexto os tutores inteligentes são importantes para esta aplicação.

Os jogos de coalizão, nos quais agentes cooperam com o jogador. O trabalho em equipe do jogador com agentes inteligentes. Estes agentes poderão ser configuráveis, serem parecidos ou até absorverem o comportamento do jogador. Para isto os sistemas multiagentes desempenham um papel importante. IA distribuída, a inteligência coletiva, e até a Computação Natural tem muito a contribuir.

Já existem alguns trabalhos sobre agentes afetivos, que modelam comportamento emocional. Jogos com agentes afetivos parecem ser muito interessantes, o comportamento dos agentes do jogo modificam-se com base na situação emocional estimada.

Orgulho, vergonha, gostar ou não de uma ação, ser prazeroso ou não tal comportamento. Agentes que levem em conta tais emoções para decidir qual ação realizar.

A IA em jogos deverá ficar o mais Humano possível, na falta de um irmão ou amigo, a máquina inteligente, que instrui, diverte e se relaciona emocionalmente.

## 7 Conclusões

A inteligência é uma capacidade humana muito discutida ao longo dos tempos. Um fator estimulante é que a inteligência é a força propulsora da evolução humana. Com ela amanhã seremos melhores do que hoje, e assim por diante. Com ela é possível fazer uma autoanálise, detectar as próprias fraquezas, e desenvolver processos de melhoria.

Um ponto importante é definir o que é um comportamento inteligente, e se todo comportamento humano é inteligente. Nem todo comportamento humano pode ser classificado como inteligente, pois pelo atual nível de evolução da sociedade, ainda são noticiados muitos comportamentos sem explicações e desnecessários. Normalmente, quando um indivíduo fica tomado por emoções menos favoráveis, tende a apresentar um comportamento impulsivo e irracional, do que um comportamento inteligente. Por exemplo: um indivíduo tomado pela raiva e pelo ódio, pode praticar uma ato impensado. Neste caso quando este indivíduo vai prestar seu depoimento, não consegue explicar porque praticou a ação.

Sendo assim, o comportamento inteligente passa por um filtro importante, as emoções. Por estas e outras que a inteligência é tão fascinante e abrangente. Gardner apresentou a teoria das múltiplas inteligências, abrindo o campo de discussões sobre o tema.

No princípio a inteligência artificial estava destinada a resolver problemas, que no momento, os seres humanos resolviam com mais competência. Dentro desta linha de pensamento, a inteligência artificial estava mais preocupada em reproduzir comportamento humano do que comportamento puramente inteligente, comportamento racional, explicável.

Analisando a inteligência artificial no contexto de jogos, é muito mais importante para o jogador detectar comportamento humano no jogo, do que comportamento puramente inteligente. O jogo não será de grande interesse para a maioria dos jogadores, caso este jogo sempre vença, caso ele seja portador de um excelente algoritmo que massacre o jogador no início da partida.

Em jogos, casos interessantes de aplicações de inteligência artificial, são caso em que o jogo comporta-se como humano e com níveis de inteligência, ou que o jogo absorve conhecimento e altera comportamento (aprendizado), ou que o jogo detecta comportamento e desenvolve estratégias. O mais importante não é o algoritmo, mas o resultado que este algoritmo proporciona.

Neste artigo será apresentada uma apresentação da inteligência artificial, com um breve histórico seguido de algumas ramificações da IA. Depois, as aplicações de inteligência artificial no contexto, e como implementá-las. Por fim o futuro da IA no contexto de jogos e as conclusões finais.

No processo de evolução humana, o animal passa a ser humano quando toma consciência de si mesmo, quando se reconhece como indivíduo. Sendo a inteligência a força propulsora desta evolução, o que fará a inteligência artificial com as máquinas?

Certamente deverá causar evolução comportamental, a máquina deverá resolver problemas que não foi programada diretamente para fazê-lo. Nos últimos 50 anos muitas técnicas foram desenvolvidas, e isto em apenas 50 anos. Nos próximos 50 anos muito mais acontecerá, entretanto as previsões computacionais, normalmente caem por terra muito antes do fim do prazo.

Na questão dos jogos, a IA está em sua década, este é o começo dos jogos inteligentes. A diversão será pautada por máquinas muito interativas, que melhoram seu desempenho, ou melhor, estimulam o jogador, dentro de seu perfil, a se divertir cada vez mais.

Tudo conspira para a grande evolução dos jogos inteligentes. O processador evoluiu, está mais rápido e é capaz de executar algoritmos mais complexos e apresentar respostas em tempo hábil. As placas gráficas também melhoram, podem apresentar imagens de ótima

qualidade. Muitos algoritmos eficientes de inteligência artificial foram desenvolvidos. O desafio é encontrar a adequada aplicação destes algoritmos dentro dos jogos digitais.

A IA bem aplicada nos jogos digitais, causa surpresa, aventura, desafio e um forte estímulo ao jogador para continuar jogando. A IA pode fazer a diferença de tal forma que o jogo continua sendo interessante, apesar de muito tempo jogado.

Quem sabe daqui alguns anos, o jogo que absorveu o comportamento do jogador A jogue com o jogo que absorveu o comportamento do jogador B. Depois, o jogo do jogador A, que agora aprendeu as técnicas do jogador B, pois jogou uma ou várias partidas com o jogo do jogador B, ensine estas técnicas ao jogador A.

Quando fala-se de IA aplicada à jogos, o futuro é incerto e estimulante. Este é um dos fascínios da vida. A grande certeza é que tudo vai melhorar, e evoluir sempre, tal é a lei.

## 8 Referências bibliográficas

- (1) Da Rocha Fernandes, Anita Maria. Inteligência Artificial: noções gerais. março 2003.
- (2) Lisbôa da Silva, Alexandre, Outros autores; Cognição e inteligência artificial. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia
- (3) Tengan de Santana, Roberto; I.A. EM JOGOS: A BUSCA COMPETITIVA ENTRE O HOMEM E A MÁQUINA. Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Praia Grande, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Informática. 2006
- (4) RUSSELL, S.; NORVIG, P. Inteligência Artificial. 2º ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2004.
- (5) Xavier Py, Mônica; Sistemas Especialistas: uma introdução. Instituto de Informática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- (6) FLORES, C. D. Fundamentos dos Sistemas Especialistas. In: BARONE, D. A. C. (Ed.). Sociedades Artificiais: a nova fronteira da inteligência nas máquinas. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- (7) Consultado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>
- (8) Consultado de <http://www.inbot.com.br/novo/cases.php#ed>
- (9) Consultado de <http://www.din.uem.br/~ia/neurais/#indice>.
- (10) Millington, Ian. *Artificial Intelligence for Games*. Morgan Kaufmann Publishers. 2006.
- (11) David Bourg e Glenn Seeman. *AI for Game Developers*. O'Reilly. 2004.
- (12) Alexander Nareyek. Ai in computer games. *Queue*, 1(10):58–65, 2004.
- (13) Mat Buckland. *Programming Game AI by Example*. Wordware Publishing, Inc., 2004.
- (14) Paul Tozour. *The Evolution of Game AI* (AI Game Programming Wisdom editado por Steve Rabin). 2002
- (15) Brian Schwab. *AI Game Engine Programming*. Charles River Inc. 2004.
- (16) Goodson-Espy, Tracy.; Espy, Samuel.; Cifarelli, Victor Warrick's Secrets: Teaching Middle School Mathematics through an Internet based 3D Massively Multiplayer Role Playing Game In: Society for Information Technology and Teacher Education International Conference. 2002, num. 1, 1080-1084p.
- (17) KNIGHT, K.; RICH, E. Inteligência Artificial. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1994.
- (18) FERNANDES, A. M. R. Inteligência Artificial: noções gerais. Santa Catarina: Visual Books, 2003.
- (19) SOUZA, E. M. S. – Uma Estrutura de Agentes para Assessoria na Internet. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de



Santa Catarina. Florianópolis, 1996. Disponível em 11/2009:  
<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/eliane/index/> .