

ALEX DE FRANCISCHI COLETTA
FERNANDO MELLO DELGADO
GUILHERME CALIL DE MATTOS BARRETO
RICARDO HENRIQUE METRI VILLAGELIN
ROBERTO SORVILO
WILLIAM NAKAHARA TANGODA

O FUTURO E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Faculdade de Engenharia de Computação
Abril – 2005

Alex De Francischi Coletta	R.A.: 01066166
Fernando Mello Delgado	R.A.: 01053966
Guilherme Calil de Mattos Barreto	R.A.: 01001726
Ricardo Henrique Metri Villagelin	R.A.: 01056274
Roberto Sorvilo	R.A.: 01002831
William Nakahara Tangoda	R.A.: 01072917

O FUTURO E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

*Trabalho apresentado como exigência da
Disciplina de Tópicos em Engenharia de
Computação A, ministrada no Curso de
Engenharia de Computação na PUC-
Campinas, sob orientação do Professor
Ricardo Freitas.*

Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Faculdade de Engenharia de Computação

Abril – 2005



LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

I.A. – Inteligência Artificial

SUMÁRIO

Introdução.....	6
Capítulo 1 – O que é Inteligência Artificial?.....	7
Capítulo 2 – História da Inteligência Artificial.....	9
2.1 Anos 30.....	9
2.2 Anos 40.....	10
2.3 Anos 50.....	11
2.4 Anos 60.....	12
2.5 Anos 70.....	12
2.6 Anos 80.....	13
2.7 Anos 90.....	14
Capítulo 3 – Campos de Aplicação da I.A.	15
Capítulo 4 – Grupos de Pesquisas Atuais.....	18
Capítulo 5 – Exemplos de Aplicações.....	19
5.1 Sony AIBO.....	19
5.2 Rede neural imita córtex humano e ativa primeiro ser humano virtual.....	19
5.3 Rede Neural permite que robô evolua durante o jogo.....	21
5.4 Tivo – A sua TV a cabo inteligente.....	22
5.5 Robô movido pela força de músculos biológicos.....	23
5.6 iCat – Gato robô.....	23
5.7 Novo chip dará visão artificial quase humana.....	24
5.8 Menor submarino do mundo é um robô autônomo.....	25
5.9 Outros exemplos.....	26
Capítulo 6 – O Futuro e a I.A.	28
6.1 O que vem por aí.....	28
Conclusão.....	30
Referências Bibliográficas.....	31

INTRODUÇÃO

Esta monografia se baseia em uma breve visão sobre a história e o conceito de Inteligência Artificial. Tentaremos retratar o assunto de modo conceitual sem valer do modo sensacionalista de como a imprensa mundial a vem retratando, provocando na maioria das vezes, um certo sentimento de rejeição por parte das pessoas.

A I.A. está muito mais próxima da nossa realidade do que muitos imaginam. Ela vem para somar à força da informática facilitando e até substituindo trabalhos exaustivos de forma "inteligente" feitos até então por nós humanos.

Alguns dizem com uma certa base de argumentos coerentes, que os avanços na I.A. é o início de uma evolução perigosa, que dependendo de seu sucesso, um dia, provocará total dependência da humanidade às "máquinas inteligentes" na solução de problemas e tarefas do cotidiano, passando desta forma, o poder de "modelar o futuro" para as máquinas.

Este tema é um assunto que não nos cabe, agora, discutir com tanta sinergia, uma vez que primeiro é necessário uma maior base de conhecimentos sobre o tema explorado a seguir e também levar em conta opiniões de outras pessoas. Seria de bom senso discutir entre alunos e professores tal polêmica em sala de aula após a apresentação áudio e visual deste.

Portanto nosso trabalho, no momento, visa o fácil e breve entendimento através de uma análise geral, de um tópico tão explorado, muitas vezes erroneamente, no imaginário popular por parte da mídia, que é a Inteligência Artificial. Uma ciência relativamente nova, mas que já faz e inevitavelmente sempre fará, parte de nossas vidas devido ao seu grau de utilidade.

CAPÍTULO 1 – O QUE É INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL?

"Inteligência Artificial é o estudo de como fazer os computadores realizarem coisas que, no momento, as pessoas fazem melhores".¹

Inteligência Artificial é um assunto muito controverso, como toda ciência moderna. Ela não só engloba os conceitos de computação, como também de psicologia, filosofia, entre outras, para definir o que seria a inteligência.

Etimologicamente a palavra inteligência vem do latim *inter* (entre) e *legere* (escolher), inteligência significa aquilo que nos permite escolher entre uma coisa e outra. Inteligência é a habilidade de realizar de forma eficiente uma determinada tarefa. A palavra artificial vem do latim *artificiale*, significa algo não natural, isto é, produzido pelo homem. Portanto, inteligência artificial é um tipo de inteligência produzida pelo homem para dotar as máquinas de algum tipo de habilidade que simula a inteligência humana.

Denomina-se inteligência artificial ao ramo da ciência da computação que trata dos meios de representar o conhecimento com símbolos - em lugar de números - e que utiliza métodos heurísticos - ou regras aproximadas - para o processamento da informação. O principal objetivo dessa disciplina é compreender a inteligência por meio da construção e programação de máquinas que procuram imitar o raciocínio humano.

A maior parte das definições sobre Inteligência Artificial podem ser categorizadas em Sistemas que:

Pensam como humanos - São sistemas que buscam resolver os problemas da mesma forma que os humanos resolveriam, usando uma abordagem cognitiva. Esta abordagem se baseia na aproximação dos modelos computacionais com técnicas experimentais da psicologia na tentativa da construção de teorias precisas e detalhadas da mente humana.

¹ Elaine Rich e Kevis Knight (1994)

Agem como humanos - São sistemas baseados no Teste de Turing (1950), de autoria do britânico Alan Turing's, e que foi desenvolvido para ser uma forma operacional de definição da inteligência. Antecipou todas as grandes questões da IA (processamento da linguagem natural, representação de conhecimento, automação do raciocínio, aprendizado de máquina). "Um computador deveria ser chamado de inteligente, se conseguir enganar um homem fazendo-se passar por outro humano".²

Pensam racionalmente - São sistemas providos de Inteligência Artificial que poderiam perceber um determinado problema, resolver, e agir de acordo com sua solução tomada. São sistemas baseados em raciocínio lógico, pois possuem seus fundamentos centrados na forma "correta" de pensar proposta por Aristóteles (Silogismos de Aristóteles). É uma conexão direta da matemática e da filosofia com a IA moderna.

Agem racionalmente - São sistemas que visam não só conceber a forma correta de tratar um problema, mas também analisar todas as formas de ação, seja ela a melhor ou não, o que o torna um sistema mais flexível e complexo do que o Pensamento Racional. Estes sistemas podem abranger todas as abordagens anteriores.

² Turing

CAPÍTULO 2 – HISTÓRIA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial não é recente, sua história inicia nos meados dos anos 40, onde havia alguma pesquisa em torno de seqüências de estratégias (bélicas) e análise do funcionamento do cérebro com objetivos de formalização de seu comportamento. Estes dois ramos de pesquisa eram dissociados entre si, sem nenhuma preocupação com a construção de uma Inteligência Artificial. Buscavam-se, apenas, novas alternativas de utilização do computador, ainda em projeto.

Mas, com o passar dos anos, foram sendo distinguidas duas linhas de pesquisa: uma biológica, calcada em torno do funcionamento do cérebro e dos neurônios; e outra, fruto do estudo da cognição, do raciocínio.

2.1 Anos 30

No final da década de 30, um engenheiro alemão descobrira e patenteara uma máquina de codificação de mensagens. As forças armadas alemãs compraram esse engenhoca aos milhares e em plena segunda guerra mundial ela codificava todo o tráfego de mensagens. O nome dessa máquina era ENIGMA (máquinas eletromecânicas produtoras de códigos cifrados) e por milagres da tecnologia, ela pode ser operada ainda hoje na Internet.³

Os alemães tinham garantia do fabricante de que as comunicações eram seguras e o tráfego secreto corria solto. Do lado inglês, o governo, preocupado, criou um centro de cifração convidando a trabalhar nele os melhores matemáticos disponíveis. O líder acabou sendo um inglês de 30 anos chamado Alan Turing, que foi convocado pelo Serviço de Inteligência britânico em 1939. Ele recebeu a incumbência de decifrar a Enigma e, nas melhores tradições da matemática inglesa, deu conta do recado maravilhosamente. Ele trabalhou sobre algumas idéias iniciais de um criptoanalista polonês que investigara a máquina no final dos anos 30.

³ <http://www.ugrad.cs.jhu.edu/~russell/classes/enigma>

Pois, a Polônia desconfiava já fazia tempo que quando a guerra começasse, ela ia ser a "bola da vez". Não deu outra, a guerra começou exatamente lá.

2.2 Anos 40

Turing descobriu que precisava de ajuda para analisar as combinações possíveis da Enigma e em 1943 ele projetou o primeiro computador da história (ENIAC). Turing tomou gosto pela coisa, sendo em 50, ele publicou um estudo (*Computing Machinery and Intelligence*, na revista MIND, 1950) que é considerado o *nascimento da IA*. Nesse estudo ele descreveu o assim chamado Teste de Turing para considerar um computador inteligente (ou não).

Segunda guerra mundial - Houve a necessidade do avanço tecnológico para fornecer mais instrumentos para o combate bélico. O dinheiro de pesquisas científicas está à disposição dos cientistas que se preocupam em desenvolver mecanismos para a morte em massa, de modo a fazer com que a guerra seja ganha pelo poder tecnológico. A maior arma idealizada na época (que matava mais gente em menos tempo) era a bomba atômica, mas para seu desenvolvimento seria necessária uma quantidade gigantesca de cálculos, os quais deveriam ser precisos. Neste contexto, e para que fosse possível o cálculo da bomba atômica, foi desenvolvido o computador. Como diz seu nome, uma máquina de fazer cálculos (cálculos).

Mas não somente para cálculos, o computador foi utilizado também em outros recursos voltados à morte: o planejamento de ações estratégicas de exércitos, simulações do avanço de tropas. Era possível assim a elaboração automática de diversas hipóteses de estratégias. Foi então o início dos jogos por computador, utilizados também para situações mais reais além de jogos de dama e xadrez... Eis aí o início da inteligência artificial tradicional, baseada em regras.

Por outro lado, havia outro ramo de pesquisas interessado na realização da representação das células nervosas do ser humano no computador, uma vez que o cérebro é formado de neurônios e é ele que realiza o processamento das informações do corpo.

Esta linha de pesquisas motivou o desenvolvimento de uma formalização matemática para o neurônio, estabelecendo o neurônio formal. Esta formalização permitiu a realização de diversas concepções matemática sobre a forma de aprendizado dos neurônios, ou seja, como os neurônios armazenam informações. Isso derivou na década seguinte em modelos de redes de neurônios artificiais.

O primeiro trabalho de Inteligência Artificial foi creditado em 1943 a Warren McCulloch e Walter Pitts. Eles propuseram um modelo artificial de cadeia neural, onde cada neurônio poderia assumir o valor de "verdadeiro" ou "falso", e qualquer função computável poderia ser computada por uma rede de neurônios artificiais interligados. Ambos também sugeriram que determinadas redes poderiam aprender.

Durante os anos seguintes, a Inteligência Artificial começaria a dar seus primeiros passos, através de pesquisas quase que isoladas visando o seu desenvolvimento.

2.3 Anos 50

Nesta década iniciou-se o estudo, na linha de pesquisa psicológica, da utilização da lógica de estratégia para finalidades matemáticas, como a prova de teoremas. Iniciou-se também a modelagem através de regras de produção, regras estas baseadas na lógica de predicados.

A introdução da programação através de comandos de lógica de predicados proporcionou um grande avanço para a programação de sistemas que utilizassem esquemas de raciocínio. Daí foi possível o aperfeiçoamento do que já existia: jogos, aplicações matemática e simuladores. E o avanço foi tanto que nos anos 60 houve uma euforia diante do potencial tecnológico vislumbrado.

Mas, passando à história da linha biológica, esta década foi de grande sucesso dada a implementação do primeiro simulador de redes neurais artificiais e do primeiro neurocomputador. A partir do modelo matemático de MacCulloch e Pitts (1943) e da teoria de aprendizado de Donald Hebb (1949), foi possível nesta década a união desses conhecimentos no modelo de rede neural artificial chamado Perceptron.

Começavam a surgir os primeiros centros de desenvolvimento da área, como o Carnegie Mellon e o MIT. Os rumos da I.A. caminhavam agora para o desenvolvimento de sistemas que pudessem aprender por si só e o aprimoramento da Teoria Logística. Como no caso do programa *General Problem Solver* (1957), um programa que desenvolvia Teoria Logística capaz de resolver uma vasta quantidade de problemas de senso comum.

Foi também nesta década que John MacCarthy organizou no verão de 1956 um workshop abordando áreas como redes neurais e teoria da automação. Na verdade, o conferência de MacCarthy em si não trouxe nenhuma nova descoberta, mas serviu para apresentar todas as grandes cabeças da área, umas as outras e introduzir a nomenclatura Inteligência Artificial ao mundo acadêmico.

Em 1958, aconteceu o maior impacto na história da Inteligência Artificial moderna, o surgimento da linguagem de programação de alto nível desenvolvida por John MacCarthy, chamada Lisp e que se tornou a linguagem dominante no desenvolvimento da I.A. . Sendo a segunda linguagem de programação mais antiga, a Lisp continua em uso até hoje.

2.4 Anos 60

Na linha biológica, prosseguiram os desenvolvimentos de conceitos relativos às redes neurais artificiais com o aprimoramento do modelo Perceptron e o surgimento de uma variante, o Adaline. Ambos utilizavam as mesmas idéias de rede, porém a lógica de aprendizado os diferenciava.

Para a linha psicológica esta década foi à descoberta da Inteligência Artificial. Utopicamente, os pesquisadores desta linha acreditavam ser possível realizar tarefas humanas, tais como o pensamento e a compreensão da linguagem, através do computador. Realmente acreditava-se ser possível a reprodução pura e simplesmente do raciocínio humano no computador.

Neste sentido, foi tentada a interpretação da linguagem no computador, tal como compreendida pelo ser humano. No ímpeto da racionalização imposta pelo desenvolvimento de suas pesquisas, acreditaram que apenas através do raciocínio seria possível a interpretação da linguagem. Obviamente a linguagem humana não é fruto apenas da razão, mas de todo o aparato sensorial e lógico do ser humano.

Por outro lado, em 1969, Marvin Minsky e Sigmour Papert publicaram um livro denominado Perceptrons, o qual destinava-se a ridicularizar as pesquisas em torno das redes neurais artificiais. Os autores sustentavam a hipótese de que os modelos apresentados não tinham sustentação matemática para terem credibilidade. Tiveram êxito na sua empreitada, levando ao ostracismo os pesquisadores da linha biológica.

2.5 Anos 70

Para a linha biológica, esta foi uma década negra. Apesar disso, houve pesquisadores que, por outros caminhos, chegaram a novas concepções de redes neurais artificiais. Estas concepções analisavam o aprendizado de informações como sendo fruto de uma união das potencialidades de redes de neurônios interagindo entre si. Nasceram as redes neurais represen-

tadas na forma de mapas cerebrais, onde não havia o aprendizado de um neurônio, mas de toda uma rede, através do compartilhamento de recursos.

Já na linha psicológica, estudos mais aprofundados demonstraram o óbvio: que não seria possível a representação numa máquina dos estados mentais humanos responsáveis pelo pensamento. Ao menos naquele estado da tecnologia.

A saída para esta linha de desenvolvimento era dada por uma empresa: a Rand Corporation. Foi de sua equipe de pesquisa que partiram os sistemas especialistas, os quais foram responsáveis pela ampliação da Inteligência Artificial Tradicional.

Nos anos 70, o desenvolvimento da I.A. foi o advento do conceito de Sistema Expert. O Sistema Expert interpreta estatísticas formulando assim regras para a solução de um problema. São os mesmos conceitos de Sistemas Expert daquela época, que hoje são empregados em programas de análise de crédito através de redes neurais, e sistema de apoio ao diagnóstico de doenças em pacientes. Essas mutações de regras usadas nos Sistemas Expert, não são exclusividade desse tipo de programa. Tais conceitos já haviam sido anteriormente estudados (1958) e resultaram no que hoje chamamos de Algoritmo Genético. Conceito que sustenta que pequenas mutações no código podem resultar num melhoramento de performance para qualquer tarefa simples. Foi nesta época também, que surgiu o Prolog (1972), uma das linguagens de programação mais usadas hoje em dia na I.A.

2.6 Anos 80

As redes neurais artificiais tiveram seu reconhecimento recuperado através do físico John Hopfield, que em 1982 provou ser possível a simulação de um sistema físico através de um modelo matemático baseado na teoria das redes neurais.

Assim, em 1986, uma equipe de especialistas das mais diversas áreas reuniu-se para validar as pesquisas em torno das redes neurais, possibilitando a volta da pesquisa nesta linha. Uma das formas de recuperação do prestígio das redes neurais foi à proposta de um modelo, chamado Backpropagation, que ampliava o potencial do Perceptron de modo a permitir a superação das limitações do modelo primitivo.

Enquanto isso, na IA Tradicional, ampliavam-se as técnicas e aplicações dos sistemas especialistas. Além disso, houve o interesse de trabalho conjunto com outras áreas, tais como interfaces inteligentes, sistemas de apoio à decisão, controle de robôs, etc.

Os anos 80 foram a de abertura da Inteligência artificial ao mercado comercial. O que antes estava apenas recluso a um nicho acadêmico, agora se tornara parte do lucrativo da computação no mundo capitalista. Com o sucesso dos programas de Sistemas Expert, sendo vendidos a grandes empresas tais como a Boing e General Motors os programas baseados em I.A. faturaram por volta de meio bilhão de dólares nesta década. Paralelo a tudo isto, veio o desenvolvimento de uma padronização da arquitetura da I.A. onde, ao contrário da grande variedade de modelos usados na década de 70, a arquitetura mais usada tem sido a Hidden Markov Models (HMMs), um método baseado em uma teoria matemática rigorosa.

2.7 Anos 90

Nesta década, as redes neurais tiveram uma explosão exponencial de aplicações e desenvolvimento de modelos. São centenas de propostas de novos ou aperfeiçoamento de modelos a cada ano, tal o interesse pela área. A partir daí, consolidam-se as redes neurais como parte integrante do estudo da Inteligência Artificial propriamente dita.

Reconhece-se, também, que os paradigmas biológico e psicológico são complementares e necessários para sistemas mais evoluídos. Desta forma, começam nesta década a serem construídos os chamados Sistemas Híbridos. Estes sistemas são a união das concepções das duas linhas de pesquisa, permitindo a construção de grandes sistemas que pretendem abranger uma forma mais completa de representação do comportamento humano. Ideal este da própria Inteligência Artificial.

CAPÍTULO 3 – CAMPOS DE APLICAÇÃO DA I.A.

Diversos são os campos de estudo dentro da IA com o propósito de capacitar a máquina de possuir raciocínio, aprendizado e auto-aperfeiçoamento. Alguns desses campos são:

Reconhecimento de Padrões - A capacidade de reconhecimento de padrões permite ao programa reconhecer a fala em linguagem natural, os caracteres digitados e a escrita (ex.: assinatura). Esta é uma área importante, já que quase tudo em nosso entorno é formado por padrões. Poderia citar diversos exemplos, mas fico com um bem recente: Foram instaladas algumas câmeras de captura de imagens em pontos de alto tráfego em Curitiba. O Objetivo é apenas reconhecer quais (e quantos) carros estão trafegando. É um sistema parecido com o das multas, mas apenas até a captura da imagem. No de multas, um ser humano lê a placa e digita-a num computador qualquer. O sistema de captura automática perscruta a imagem até localizar a placa e depois ele mesmo reconhece e apropria a placa. Londres usa um sistema semelhante desde 1997 (http://www.cityoflondon.police.uk/level1/crime/auto_main.html), em 12 de abril de 2002).

Visão de Computador - Busca desenvolver formas do computador trabalhar com a visão bidimensional e tridimensional. Alguns pesquisadores dizem que um computador que não possua mecanismos sensoriais como visão e/ou audição, dificilmente conseguiriam ser tão “inteligentes” quanto os humanos, pois ele não reconheceria todos os tipos de padrões.

Processamento de Linguagem Natural - É o estudo voltado para a construção de programas capazes de compreender a linguagem natural (interpretação) e gerar textos. A Geração de linguagem Natural é a produção de textos por um programa a partir de um conteúdo semântico representado internamente no próprio programa. Objetiva aperfeiçoar a comunicação entre as pessoas e os computadores.

Programação de Jogos - É o estudo voltado para a construção de programas de jogos envolvendo raciocínio. Os jogos computadorizados são um grande sucesso, ainda mais quando exibem um tipo de inteligência capaz de desafiar as habilidades do jogador. O jogo de xadrez, por exemplo, foi utilizado para as primeiras experiências em programação do raciocínio artificial, onde o computador se tornou capaz de analisar milhões de jogadas por segundo para tentar derrotar o adversário.

Robótica - É o campo de estudo voltado para desenvolver meios de construir máquinas que possam interagir com o meio (ver, ouvir e reagir aos estímulos sensoriais). O primeiro robô industrial do mundo, batizado de UNIMATE, surgiu em 1962.

Aprendizado - a aprendizagem é uma atividade de resolução de problemas baseada no conhecimento. O problema que o programa de aprendizagem deve resolver é a modificação de outro programa, chamado de execução (por exemplo, um programa que joga damas), para melhorar seu desempenho. No que respeita aos jogos, a execução é medida, em geral, pela porcentagem de vitórias e derrotas.

Algoritmos Genéticos - Charles Darwin(1809 - 1882) escritor inglês escreveu o livro Origem das Espécies, onde somente os mais capazes sobreviveriam. Este livro deu asas a imaginação que gerou uma realidade, os algoritmos genéticos. Jonh Holland (1975) criou os algoritmos genéticos, com objetivo de emular operadores genéticos (Mutação e reprodução) similar ao observado na natureza. De maneira mais simples seria a criação dentro de uma máquina, de uma população representada por cromossomos, onde iriam evoluir, passar por uma seleção e gerar nova população.

Programação Evolutiva - Lawrence J. Fogel (1960) criou este campo da IA, parecidos com os algoritmos genéticos, todavia a importância maior é dada a relação comportamental entre os parentes e descendentes. Simulada em programas, soluções de problemas eram conseguidas através de tentativas e transmitidas.

Lógica FUZZY - (Conjuntos Difusos ou Lógica Nebulosa) Estruturada por Lofti Zadeh da University of Califórnia, no ano de 1965. Método que representa, modela e manipula informações caracterizadas como incertas.

Sistemas Baseados em Conhecimento - Específicos para implementar sistemas de comportamentos inteligentes sobre especialidades dos humanos..

Raciocínio Baseado em Casos - Programas para vários setores que utilizam bibliotecas, nas áreas de consultas e resolução de problemas.. Como exemplo temos o Sistema CASEY, executando diagnósticos em pacientes cardíacos, tomando como base em dados de casos anteriores armazenados para diagnósticos.

Redes Neurais Artificiais (RNA) - Com varias denominações, podemos citar neuro-computação, redes neurais, modelo conectista, paralelo distribuído, modelo de processamento, sistemas neuromórficos e computadores biológicos. São técnicas de aprendizado que possuem o cérebro humano como modelo.

Existem muitos outros campos de estudo que são englobados no desenvolvimento da IA. Por ser uma ciência relativamente nova possui um potencial muito grande inexplorado, certamente muitas outras áreas de pesquisa e de aplicações deverão surgir nas próximas décadas.

CAPÍTULO 4 – GRUPO DE PESQUISAS ATUAIS

Nos últimos anos tivemos um imenso avanço nos pesquisas de Inteligência Artificial. Atualmente temos diversos grupos de pesquisas no ramo de IA, sendo que todos eles têm um objetivo em comum, que é pesquisar técnicas de implementação de algumas características que até hoje foram desprezadas e que não estão nos computadores.

Existem várias associações científicas de IA que tratam de novas abordagens. Entre os Grupos de Pesquisas Existentes, podemos citar o Grupo da Universidade de Tsukuba no Japão, o grupo do Centro Europeu de Mecatrônica na Alemanha, o grupo Lyon na França. A linha atual de pesquisa mais desenvolvida é para a criação de robôs que possam fazer tarefas domésticas. E já temos, por exemplo, robôs que limpam o chão.

Nas várias ciências envolvidas, como por exemplo Filosofia, Linguística, Neurologia e Antropologia, há duas vertentes: um grupo que é radicalmente contra a idéia de que se consiga fazer uma máquina com comportamento igual ao do humano e outro que defende que seria fácil fazer com os recursos atuais máquinas que fossem correspondentes ao que esperamos de um ser humano.

No Brasil, podemos citar o ITA e a Unicamp como duas grandes Universidades que contam com pesquisas no ramo da IA. No ITA foram desenvolvidos robôs móveis para vigilância de ambientes, que consiste em um conjunto de robôs que por troca informações utilizando câmeras, realizam vigilância em ambientes internos ou externos. Na Unicamp, há robôs que foram desenvolvidos por alunos que identificam e resgatam “humanos amigos”, que são blocos de isopor coloridos para auxiliar o robô na identificação do interior de uma arena onde há “humanos inimigos” e outros robôs que precisam enfrentar.

CAPÍTULO 5 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

5.1 Sony AIBO

A capacidade de robôs de se adaptar a estímulos externos é possível devido a técnicas que permitem a um sistema artificial se adaptar em seu comportamento a estímulos externos de maneira autônoma. Este tipo de robô é chamado de equipamento adaptativo-inteligente, ou seja se um robô estiver em uma nova situação, essa nova situação vai gerar novos dados e ele vai acumular esses dados na memória.

O cachorro-robô AIBO projetado pela Sony no Japão, tem várias capacidades que foram implementadas a partir desse avanço do poder computacional. Por exemplo, eles sabem quando o dono está nervoso através de sensores que captam a vibração do som do coração que de acordo com sua característica, indica um estado.

O AIBO foi projetado para ser um amigo artificial. Com o Aibo é possível brincar, fazê-lo dançar ou olhar seu diário fotográfico usando imagens tiradas com seus olhos-câmera. Dependendo da atenção e carinho dado pelo dono o AIBO pode até se tornar um cachorro mais feliz, a comunicação e a atenção diária determinam como ele será quando crescer, ou seja, quanto mais se interage com o robô, mais rápido ele cresce. Lançado recentemente a segunda versão do AIBO, agora um gato-robô, o AIBO 2, quando primeiramente ligado, ele não reconhece quase nenhuma palavra de seu dono, mas com o tempo o gato-robô consegue reconhecer até 50 comandos distintos através de nossa voz.

O AIBO 2, possui uma câmera digital integrada em seus olhos, possui vinte graus de movimento e expressa seis tipos de sentimentos: felicidade, surpresa, tristeza, raiva, medo e antipatia. Os sentimentos são expressos por movimentos, luzes e sons emitidos pelo robô.

5.2 Rede neural imita córtex humano e ativa primeiro ser humano virtual

As Redes Neurais Artificiais, visa, a partir dos componentes eletrônicos imitar os neurônios biológicos de forma simples. O cérebro humano tem uma organização topológica, por-

tanto ele pode ser visto como uma rede neural, já que possui um monte de neurônios emendados uns aos outros. A organização topológica do cérebro humano, faz com que haja conexões entre áreas do cérebro especializadas na realização de tarefas diferentes.

Os processadores existentes nos computadores atuais são muito mais rápidos que o cérebro humano para a transmissão de impulsos elétricos, porém há uma diferença que faz com que o cérebro humano, seja melhor que as máquinas.

O Cérebro humano tem um alto grau de paralelismo, ou seja, há conexões múltiplas em todo o cérebro e isso não ocorre no processador, já que processadores trabalham com processamento sequencial da informação. A solução de seres humanos aos problemas, é algo que se constrói sempre, ele se adapta, permitindo a interação a novos ambientes. O cérebro humano possui cerca de cem bilhões de neurônios e isso é impossível reproduzir com a tecnologia atual existente. Recentemente, uma “pessoa virtual” foi ativada em Junho de 2004.

O robô, está em estágios iniciais de testes e tem como "corpo" um supercomputador de processamento paralelo, rodando o programa CCortex sobre o sistema operacional Linux. O CCortex é um sistema que tem como objetivo imitar a estrutura do cérebro humano, com uma distribuição em camadas de redes neurais e detalhadas interconexões.

O sistema roda em um supercomputador paralelo com mil processadores, um terabyte de memória RAM e duzentos terabytes de disco rígido. Com vinte bilhões de neurônios e vinte trilhões de conexões, o CCortex é mais de dez mil vezes maior do que qualquer tentativa anterior de replicar, parcial ou totalmente, as características primárias da inteligência humana e é o primeiro sistema neural a atingir um nível de complexidade capaz de rivalizar com o cérebro de um mamífero.

O ser virtual interage com os engenheiros por meio de uma tela de texto, lendo as instruções dos operadores através de um teclado e respondendo diretamente na tela, de modo muito parecido com uma sala de bate-papo. O Modelo Cognitivo Autônomo utiliza o córtex associativo para desenvolver possíveis respostas antagônicas. Grandes populações de neurônios competem por sua própria resposta até que o grupo mais forte vença os demais.

Quando um vencedor finalmente emerge, ele toma o controle motor da resposta. A resposta "vencedora" é testada e então encorajada ou desestimulada, dependendo da sua validade. Os neurônios tomam nota do resultado para futuras 'votações'.

Em última instância, somente as melhores respostas sobrevivem ao processo.

A capacidade de robôs de se adaptar a estímulos externos é possível devido a técnicas que permitem a um sistema artificial se adaptar em seu comportamento a estímulos externos de maneira autônoma. Este tipo de robô é chamado de equipamento adaptativo-inteligente, ou seja se um robô estiver em uma nova situação, essa nova situação vai gerar novos dados e ele vai acumular esses dados na memória.

O cachorro-robô AIBO projetado pela Sony no Japão, tem várias capacidades que foram implementadas a partir desse avanço do poder computacional. Por exemplo, eles sabem quando o dono está nervoso através de sensores que captam a vibração do som do coração que de acordo com sua característica, indica um estado. O AIBO foi projetado para ser um amigo artificial.

Com o Aibo é possível brincar, fazê-lo dançar ou olhar seu diário fotográfico usando imagens tiradas com seus olhos-câmera. Dependendo da atenção e carinho dado pelo dono o AIBO pode até se tornar um cachorro mais feliz, a comunicação e a atenção diária determinam como ele será quando crescer, ou seja, quanto mais se interage com o robô, mais rápido ele cresce. Lançado recentemente a segunda versão do AIBO, agora um gato-robô, o AIBO 2, quando primeiramente ligado, ele não reconhece quase nenhuma palavra de seu dono, mas com o tempo o gato-robô consegue reconhecer até 50 comandos distintos através de nossa voz.

O AIBO 2, possui uma câmera digital integrada em seus olhos, possui vinte graus de movimento e expressa seis tipos de sentimentos: felicidade, surpresa, tristeza, raiva, medo e antipatia. Os sentimentos são expressos por movimentos, luzes e sons emitidos pelo robô.

5.3 Rede Neural permite que robô evolua durante o jogo

Engenheiros das Universidades de Utah e Carolina do Norte (Estados Unidos), trabalhando conjuntamente, desenvolveram um sistema que permitiu que uma equipe de robôs aprendesse a participar de um jogo e evoluísse durante a realização da partida, cooperando entre si à medida em que o jogo se desenrolava.

Dois times de pequenos robôs dotados de câmeras receberam um programa baseado em redes neurais e foram postos em uma disputa de um jogo muito conhecido das crianças do interior, chamado "bandeirinhas". Nele, cada time deve tentar capturar a bandeira do outro time, ao mesmo tempo em que defende sua própria bandeira.

Os cientistas conseguiram fazer com que os robôs aprendessem a jogar sem a inclusão de nenhum passo intermediário no programa. Apenas as metas foram programadas e os robôs conseguiram aprender todo o restante sozinhos como, por exemplo, desviar dos adversários e percorrer o labirinto do jogo.

Os robôs, batizados de EVBOT ("EVolutionary roBOTs": robôs que evoluem), basearam todo o seu comportamento unicamente nas imagens obtidas por suas câmeras de vídeo, sem nenhum outro sensor.

Os controladores neurais foram inicialmente selecionados em um torneio simulado em computador. Baseando-se na informação de quem ganhava e quem perdia o jogo, os comportamentos mais eficientes foram selecionados e implantados em robôs reais. Os robôs então continuaram o processo de aprendizado, propagando comportamentos mais eficientes para os demais robôs utilizando uma estratégia de mutação e substituição de atitudes.

5.4 Tivo - a sua TV a cabo inteligente

Atualmente temos 50-60 canais de TV Cabo, mas viremos a ter centenas de canais e poderemos além disso fazer "download" de vídeos em arquivo que desejamos ver. Portanto o número de possibilidades de programa vai a crescer, e nós já não teremos tempo nem paciência para procurar e escolher.

Todo mundo tem essa experiência, de chegar a casa e ter que ver as várias páginas de jornal mais a revista da TV Cabo para saber o que vai estar passando. Este problema foi resolvido com um sistema dotado de inteligência artificial que já está no mercado que nos ajuda a escolher programação permitindo explicitar do que gostamos informando o computador do nosso gosto.

Por exemplo, se estiver em pensar viajar para um certo país, você estará muito interessado se aparecer um documentário sobre esse país, e vai querer vê-lo. Ou então porque os seus filhos estão precisando estudar sobre um assunto para um trabalho escolar vai ter interesse em programas que tenha como conteúdo assuntos que abranjam aquele assunto, sendo assim diremos ao nosso computador, que estará ligado à televisão, as nossas preferências e as nossas regras e com isso os programas do seu interesse serão selecionados ou até mesmo gravados.

Temos hoje como exemplo disso a Tivo, uma empresa americana que já dispõem deste sistema acoplado a um aparelho de DVD dotado de inteligência artificial. O aparelho chega a custar \$200 com 140Hrs de gravação + a assinatura de \$12,95 por mês.

5.5 Robô movido pela força de músculos biológicos

Um microrrobô de silício medindo apenas metade do diâmetro de um fio de cabelo humano começou a rastejar em um laboratório de Los Angeles, Estados Unidos, utilizando pernas acionadas pela pulsação de células vivas de um coração de rato. Esta é a primeira vez que tecido muscular vivo foi utilizado para movimentar uma micromáquina.

Este desenvolvimento tipicamente futurista poderá levar a estimuladores nervosos construídos com células musculares que irão permitir que pessoas paralisadas respirem sem a ajuda de respiradores artificiais. E a NASA, que está financiando a pesquisa, espera que enxames de "musclebots" - robôs musculares - possam um dia ajudar a fazer a manutenção em espaçonaves, tapando buracos feitos por micrometeoritos.

O aparelho consiste num arco de silício de 50 micra de largura. Conectado ao lado de baixo do arco, a equipe fez crescer um cordão de fibras musculares de coração. É a contração e o relaxamento desse tecido cardíaco que faz com que o arco se curve e se expanda para produzir o movimento de arrastamento do robô. E o músculo é abastecido por um nutriente simples de glucose em um disco de Petri.

5.6 iCat – Gato Robô

Quase todo mundo gostaria de ter em casa um pequeno robô-mascote, que pudesse ajudar nas tarefas mais rotineiras. Embora a Sony já tenha lançado o Aibo há vários anos, nem todos gostam de cães. Para esses, a Philips lançou agora o seu iCat. O iCat é menos um robô e mais uma interface que promete uma interação quase humana para que se possa executar tarefas como enviar e-mails, acessar as notícias do dia, selecionar suas músicas favoritas, fotos e vídeos. Mas ele é capaz também de guardar sua casa. Já pensou? - um gato de guarda?

O iCat é o primeiro protótipo de um conceito que a Philips está desenvolvendo, chamado "Companheiro Inteligente", que irá funcionar como um acompanhante em casa e facilitar o acesso dos moradores às facilidades do mundo digital da mesma forma que o mouse facilita o acesso a um PC. Empregando tecnologias como reconhecimento de voz, visão artificial, robótica e animatrônica, o iCat foi construído de forma a ter uma personalidade própria. Ele interage com o usuário de forma natural, entendendo solicitações verbais, dando respostas e reconhecendo rostos e objetos.

Apesar da última palavra em cada uma dessas tecnologias, o que realmente distingue o iCat dos outros robôs de companhia são as suas "expressões faciais". Quando perguntado sobre o paradeiro de um objeto, por exemplo, ele é capaz de indicá-lo com um movimento de cabeça. E, é claro, ele sorri, fica triste, preocupado...

O iCat, que ainda não está à venda, não é um robô autônomo: ele deve ser conectado a um PC pela porta USB. Toda a sua inteligência está em um programa rodando no computador, utilizando também o disco do PC para armazenar seus dados.

5.7 Novo chip dará aos robôs visão artificial quase humana

Pesquisadores estão desenvolvendo uma nova tecnologia que poderá dar aos robôs a capacidade visual que permitirá que eles monitorem áreas pobremente iluminadas e pilotem veículos em condições ambientais extremas. Eles planejam construir um chip que elimine os efeitos de uma iluminação arbitrária, permitindo que a visão robótica saia de seus estreitos limites atuais, funcionando bem apenas nas condições controladas dos laboratórios e passe a funcionar perfeitamente nas condições de iluminação errática do mundo real.

Neste primeiro passo, os pesquisadores construíram um software que simula todo o circuito do chip. O programa sozinho é capaz de descobrir detalhes escondidos em imagens de áreas sombreadas ou com iluminação frontal. As fotos mostram as imagens originais (à esquerda) e as imagens resultantes do tratamento feito pelo programa (à direita). Da mesma forma que as células do olho humano processam informações antes de enviar os sinais para o cérebro, os pixels do novo chip "conversarão" entre si sobre o que eles estão vendo. Eles en-

tão utilizarão esta informação para modificar seu comportamento e se adaptar à iluminação, captando informações visuais mesmo em condições de luz muito adversas.

Batizado de "Shadow Illuminator" (Iluminador das Sombras), o programa foi utilizado para processar cerca de 80.000 imagens de lugares e objetos ao redor do mundo. Balaceando a exposição entre as imagens, retirando "ruídos" e melhorando o contraste, ele revelou texturas indecifráveis, expôs indivíduos escondidos e descobriu até características obscuras em chapas de raios-X. O novo enfoque resolve um problema persistente nas câmeras de visão computadorizada. Apesar de todo o cuidado com a velocidade de captura da imagem e outras configurações normais da fotografia, partes muito iluminadas da imagem não são captadas e partes com sombras aparecem completamente escuras. A câmera, ao invés de se tornar uma ferramenta, acaba se transformando em um problema. "A maioria dos problemas na visão robótica pode ser resumida em ter-se muita luz em algumas partes da imagem e muito pouca luz em outras," afirma Brajovic. "Mesmo assim nós precisamos da luz para mostrar os objetos em um campo de visão."

5.8 Menor submarino do mundo é um robô autônomo

Uma nova era de descobertas oceânicas, com aplicações potenciais indo da recuperação de navios naufragados e da exploração mineral, até missões de busca e salvamento, poderá ser agora possível graças ao desenvolvimento do menor submarino autônomo do mundo, construído por engenheiros da Universidade Nacional da Austrália. O submarino-robô, batizado de Serafina, tem 40 centímetros de comprimento, cinco propulsores e casco plástico que envolve seus circuitos eletrônicos e as baterias recarregáveis responsáveis por sua alimentação.

O mini-submarino é capaz de navegar em uma velocidade bastante alta - cerca de um metro por segundo - mas seu principal atributo é a grande mobilidade: ele pode flutuar, se inclinar ou girar caso atinja algum obstáculo. Também importante, a equipe de engenheiros preocupou-se em refinar o design para que o Serafina pudesse ser produzido ao menor custo possível - cerca de 1.000 dólares australianos. Isto permitirá missões feitas por diversas unidades, navegando em formação e atuando cooperativamente.

"O Serafina foi projetado para ser autônomo," afirma Uwe Zimmer, coordenador do projeto. Ele pode ser programado antes de ser colocado na água e é forte o suficiente para ser simplesmente arremessado do convés de um navio - eliminando a necessidade de equipamentos especiais de lançamento.

Os pesquisadores agora planejam melhorar a resistência do casco do Serafina, de forma que ele consiga atingir profundidades de até 5.000 metros, levando uma série de sensores úteis na exploração submarina e no monitoramento oceânico.

Mas, além das pesquisas, submarinos robôs baratos e versáteis são também de grande interesse para equipes de salvamento que estejam trabalhando na localização de navios ou aviões que caíam no oceano, companhias de seguros que desejam localizar cargas afundadas, busca de depósitos minerais e no monitoramento de cabos de comunicação submarinos.

5.9 Outros exemplos

Na computação a IBM lançou um chip capaz de se auto-consertar, uma tecnologia que consegue monitorar e ajustar suas funções para melhorar sua qualidade, desempenho e consumo de energia, sem a intervenção do ser humano. A nova tecnologia combina algoritmos especiais de software e microscópicos fusíveis elétricos para produzir um microprocessador que pode regular e adaptar suas próprias ações em resposta a alterações em suas condições operacionais e nas demandas do sistema. Se um problema é detectado, a tecnologia inicia ações corretivas atuando sobre fusíveis elétricos simples, construídos no chip sem custos adicionais significativos. Se o sistema de detecção de falhas verifica que um mal funcionamento está ocorrendo porque circuitos individuais estão rodando muito rapidamente ou muito lentamente, ele pode "breicar" ou "acelerar" esses circuitos controlando as voltagens locais, por meio dos micro-fusíveis.

Na robótica foi desenvolvido um sistema que permitiu que uma equipe de robôs aprendesse a participar de um jogo e evoluísse durante a realização da partida, cooperando entre si à medida em que o jogo se desenrolava. Dois times de pequenos robôs dotados de câmeras receberam um programa baseado em redes neurais e foram postos em uma disputa de um jogo em que cada time deve tentar capturar a bandeira do outro time, ao mesmo tempo em que defende sua própria bandeira. Os cientistas conseguiram fazer com que os robôs apren-

dessem a jogar sem a inclusão de nenhum passo intermediário no programa. Apenas as metas foram programadas e os robôs conseguiram aprender todo o restante sozinho como, por exemplo, desviar dos adversários e percorrer o labirinto do jogo. Os robôs basearam todo o seu comportamento unicamente nas imagens obtidas por suas câmeras de vídeo, sem nenhum outro sensor. Os controladores neurais foram inicialmente selecionados em um torneio simulado em computador. Baseando-se na informação de quem ganhava e quem perdia o jogo, os comportamentos mais eficientes foram selecionados e implantados em robôs reais. Os robôs então continuaram os processos de aprendizado, propagando comportamentos mais eficientes para os demais robôs utilizando uma estratégia de mutação e substituição de atitudes.

Para controle dos trabalhadores em uma empresa, foi lançado um cubículo totalmente fechado, capaz de bloquear o ruído e distrações visuais quando alguém está tentando trabalhar, e abrir canais de comunicação quando esse alguém necessita liberar seu lado social é a última invenção de cientistas da Universidade de Queens, Canadá. As paredes do cubículo de atenção são construídas de um material translúcido chamado "vidro da privacidade", que consiste em uma placa de vidro com uma camada interna de cristal líquido. Câmeras instaladas no teto monitoram a "geometria social" entre os colegas de trabalho. Quando alguém com "potencial de comunicação" é detectado, as paredes do cubículo passam automaticamente de opacas para transparentes, permitindo a interação visual. Tudo analisado pelo computador tendo em vista, as funções que o trabalhador tem que desempenhar e suas tarefas agendadas.

O programa de computador também não irá considerar se o trabalhador, quer ou não falar com aquele alguém com "potencial de comunicação". Será exposição automática instantânea. Os trabalhadores utilizarão fones de ouvido especiais que cancelam os ruídos ambientais. O cubículo essencialmente cria uma realidade mediada pelo computador. Ele amplia os sentidos do usuário removendo objetos que possam distraí-lo. Em última instância, o computador controla os mecanismos de atenção dos trabalhadores, permitindo que o cérebro concentre energia onde ele será mais efetivo.

CAPÍTULO 6 – O FUTURO E A I.A.

Assim como os computadores e o celular mudaram radicalmente o estilo de vida dos seres humanos nos últimos 20 anos, no próximo século serão os robôs e os agentes das principais transformações comportamentais no planeta. A previsão, apesar de ainda distante da realidade vivida pela maioria das pessoas, deve ser levada em conta quando se toma o Japão como paradigma.

De acordo com autoridades do país asiático, em 2015 todos os domicílios japoneses terão ao menos um robô. Robôs recepcionistas capazes de formular respostas verbais e até faciais através de um avançado sistema de reconhecimento de voz, humanóides que dançam e tocam instrumentos musicais e uma cadeira de rodas futurista que transforma o passageiro numa espécie de cyborgue com “super-poderes” de locomoção.

6.1 O que vem por aí

As autoridades japonesas batizaram extra-oficialmente 2005 como o 'ano do robô' - e seres humanos interagiram com eles na World Expo 2005, realizada em Nagoya. No local, de 175 hectares, cerca 15 milhões de visitantes conheceram alguns dos exemplos futurísticos mais altamente desenvolvidos da inteligência artificial japonesa. No evento, um robô miniatura amarelo Wakamaru, da Mitsubishi Heavy Industries, deu boas-vindas e informações aos visitantes em quatro línguas.

Um trio de robôs humanóides de Sony, Toyota e Honda dançaram e tocaram instrumentos musicais na cerimônia de abertura. Crianças ficaram aos cuidados de uma babá-robô - a PaPeRo da NEC - que reconhece o rosto de cada criança e telefona de um celular para os pais, em caso de emergência.

Os analistas dizem que o Japão lidera o mundo no lançamento de uma geração de robôs para consumidores, que vai mudar o estilo de vida dos seres humanos mais radicalmente do que o computador ou o telefone celular.

Deficientes físicos terão um robô-cadeira de rodas, em uso na cidade de Kitakyushu, onde trafegam por cruzamentos de trânsito e calçadas usando um sistema de posicionamento global e chip de circuito integrado. Em junho, os visitantes da Expo entrarão numa sala robotizada - uma visão de um futuro mais distante, 2020, quando bastará falar uma única palavra para a porta da geladeira se abrir, permitindo que um robô assistente sirva a pessoa da bebida de sua preferência. 'No Japão, atingimos um ponto de grande revolução no uso da tecnologia robótica. Como resultado, nossa sociedade muda. Tudo isso tem a ver com a inteligência artificial. Com a criação de alguma coisa que não é humana, mas que pode ser de ajuda aos seres humanos. Esse futuro está ocorrendo aqui e agora.'⁴

Embora empreguem nova tecnologia, muitos robôs ainda são vistos como meras novas interfaces - meios mais amigáveis para o usuário combinar as formas existentes de acessar a internet ou contatar entes queridos por meio de redes de telefonia celular.

Na busca por inteligência artificial, os Estados Unidos talvez estejam tão adiantados quanto o Japão. Mas, lembram os analistas, o enfoque americano é em aplicações militares. Em contraposição, no Japão, investem-se bilhões de dólares em robôs para o dia-a-dia das pessoas, na direção de uma chamada 'Era do robô'.

Este mundo visto no mundo da TV e há muito esperado - pense nos *Jetsons* ou em *Blade Runner* – poderá existir, com robôs recepcionistas, porteiros, trabalhadores de hospitais, guias, animais de estimação, etc.

⁴ Kazuya Abe, alto funcionário do Nedo, instituto nacional encarregado de coordenar a pesquisa e o desenvolvimento da ciência.

CONCLUSÃO

A Inteligência Artificial, que para a maioria das pessoas é um assunto futurista e longe da sua realidade, vista apenas em filmes de ficção científica, está cada vez mais presente no nosso dia a dia. A IA já está dentro das nossas vidas e faz parte do cotidiano de muitas pessoas, desde simples jogos que nós entretém até complexos sistemas de defesa militar que protegem os países mais ricos do mundo.

Além disso, hoje em dia há um número muito grande de projetos em andamento nessa área nos mais diversos setores, como: robótica, jogos, agentes inteligentes, visão artificial, sistemas tutores inteligentes, processamento de linguagens naturais, redes neurais artificiais, etc. Temos alguns exemplos disso no Brasil como a Unicamp com um projeto de robôs de resgate e o ITA que desenvolve um projeto com robôs móveis para vigilância de ambientes.

Porém, a IA de hoje ainda se depara com muitos problemas aparentemente impossíveis de serem resolvidos. Seria possível descrever com base de dados as emoções humanas? Como sentir medo, raiva, amor, ódio? Como a máquina pode aprender? Perguntas como estas nos mostram que obter inteligência em máquinas é realmente complexo. Para que seja possível reproduzir emoções humanas é necessário entendê-las e descrevê-las com clareza. Para que as máquinas aprendam é necessário saber como o ser humano aprende.

Onde a IA vai chegar só saberemos com o tempo, o que podemos dizer hoje é que a IA está em pleno crescimento, com projetos no Brasil e no mundo, e que a cada ano muitas descobertas importantes são feitas e ainda serão feitas muitas outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RICH, Elaine. **Inteligência artificial**. Newton Vasconcelos. São Paulo: McGraw-Hill, 1993. 540 p.

RUSSEL, Stuart. NORVING Norving. - **Artificial Intelligence, a Modern Approach**. Prentice Hall, 1995.

LÉVY, P. In **Do Caos à Inteligência Artificial**. São Paulo: Editora Unesp, 1993.

NERO, Henrique Schutzer Del. **Ciências Cognitivas**. Disponível em <http://www.lsi.usp.br/~hdelnero/JORN2.html>.

Inteligência Artificial. Bio Computer. Disponível em <http://www.biocomputer.vilabol.uol.com.br/inteligenciartificial.htm>

International Journal of Advanced Robotic Systems. Disponível em <http://www.ars-journal.com>. Acesso em Março 2005.

BRAZIL, Carlos. *Máquinas Inteligentes*. Universia Brasil. Disponível em http://www.universia.com.br/pesquisa_bibliotecas/materia.jsp?id=4700. Acesso em Março 2005.

PEREIRA, Luís Moniz. *Conversando sobre Inteligência Artificial*. Revista Intelecto Nº 5. Disponível em <http://www.geocities.com/revistaintelecto/iae.html>. Acesso em Março de 2005.

NASCIMENTO, Paulo C.. *Inteligência Artificial*. Jornal da Unicamp. Disponível em http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/fev2002/unihoje_ju170pag04.html. Acesso em Março de 2005.

MACEDO, Mônica. *A automatização do campo de batalha*. Com Ciência. Disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/guerra/guerra06.htm>. Acesso em Abril de 2005.

SCHWAGER , Russell. *The Enigma Machine*. Disponível em <http://www.ugrad.cs.jhu.edu/%7Erussell/classes/enigma/>. Acesso em Abril de 2005.

SETZER, Waldemar W. Depto. de Ciência da Computação da USP. Disponível em <http://www.ime.usp.br/~vwsetzer/Turing-teatro.html>. Acesso em Abril de 2005.