

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NOS SISTEMAS DISTRIBUÍDOS

CARDOSO TOMÁS CAPINGALA<sup>1</sup>

## RESUMO

O presente artigo tem como objectivo, analisar a Inteligência Artificial nos Sistemas Distribuídos a partir das linhas de interpretação universal, onde o aumento do volume de dados e a incerteza dos recursos de hardware e software, tem permitido a descentralização dos dados em sistemas para a diminuição da probabilidade de perda total desses dados. Por mais que evoluam, há sempre a possibilidade de acontecer algum problema, como por exemplo falhas nos discos rígidos, sobrecargas do servidor, interrupções da rede entre outros. As falhas até podem ocorrer, mas, na maioria dos casos, afectarão somente uma porção dos serviços e não todo o seu conjunto. Além disso, com o aumento do volume de dados há também a necessidade de um compartilhamento maior das informações armazenadas, o que resulta no uso da técnica de sistemas distribuídos. E a inteligência artificial é relacionada aqui, pela ousadia de poder desempenhar um papel vital, melhorando o desempenho, a confiabilidade e a eficiência dos sistemas e podendo também ajudar a resolver os diversos problemas, usando algoritmos de aprendizado de máquina para analisar o estado do sistema, prever a demanda futura e alocar os recursos de acordo. A pertinência do problema, levou-nos a recorrer a pesquisa bibliográfica, como meio para triangular as informações baseando-se em autores como TANENBAUM (2007); MONARD (2007); Russel (2000) entre outros que nos ajudaram a compreender as várias aplicações da Inteligência Artificial.

**Palavras-Chave:** Inteligência Artificial, Inteligência Artificial distribuída, Sistema Multiagente

---

<sup>1</sup> Cardoso Tomás Capingala, Mestrando em Engenharia Informática pela Universidade Metodista de Angola, Licenciado em engenharia Informática pelo Instituto Superior Técnico de Angola, pesquisador na área de Segurança de Informação, experiências em projectos aplicados usando Inteligência Artificial e em desenvolvimento de software para dispositivos móveis. Actualmente é professor em Laboratório de Programação pelo Instituto Superior Politécnico do Zango.

## 1. INTRODUÇÃO

Entende-se por sistemas distribuídos os vários nós independentes que se comunicam e coordenam para alcançar um objectivo comum. Eles são amplamente utilizados em vários domínios, como computação em nuvem, internet das coisas, big data e blockchain. No entanto, gerenciar e otimizar sistemas distribuídos é uma tarefa desafiadora, pois envolve lidar com questões como escalabilidade, tolerância a falhas, consistência, segurança e alocação de recursos. Os desafios em sistemas distribuídos é a inovação, adaptação das necessidades e oportunidades em mudança do sistema e do meio ambiente. Isso pode exigir criatividade, aprendizado e evolução, o que não é fácil de alcançar com os métodos convencionais. A IA pode ajudar a inovar e adaptar sistemas distribuídos, usando técnicas de aprendizado de transferência e neuroevolução, onde pode usar também modelos generativos para criar soluções novas e diversas para os problemas do sistema. A IA também pode usar o aprendizado de transferência para aplicar o conhecimento aprendido de um domínio para outro.

A inteligência artificial é uma das ciências mais recentes, teve início após a Segunda Guerra Mundial e, actualmente, abrange uma enorme variedade de subcampos, desde áreas de uso geral, como aprendizado e percepção, até tarefas específicas como jogos de xadrez, demonstração de teoremas matemáticos, criação de poesia e diagnóstico de doenças. A inteligência artificial sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da actividade intelectual humana. Nesse sentido, ela é um campo universal (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Os sistemas distribuídos podem ser encontrados em diferentes modos apoiados sobre as redes de computadores como a internet, intranet e rede móvel. A internet forma um grande sistema distribuído, em que usuários de qualquer lugar se conectam e usam serviços como transferência de arquivos, e-mail e World Wide Web (WWW), por exemplo. Por ser formado por um conjunto de protocolos abertos e as comunicações serem por troca de mensagens, novos computadores podem ser conectados e fornecerem novos serviços (COULOURIS; DOLLIMORE; KINDBERG, 2005).

A intranet representa a internet em um ambiente controlado, interligado por várias redes locais (Local Area Networks - LANs) e sendo administradas por uma empresa ou organização. A intranet pode oferecer recursos como servidores de arquivos, servidores de e-mail, servidor web e ainda estabelecer conexão com a internet (COULOURIS; DOLLIMORE; KINDBERG, 2005). A computação móvel permite que recursos da internet/intranet possam ser agregados a dispositivos móveis, possibilitando maior amplitude do uso dos serviços oferecidos sem a necessidade de permanecer no seu ambiente atual (Op. Cit.,)

Diante dessas teorizações introdutórias, objectiva-se neste texto uma reflexão que articula os fundamentos da aplicação da Inteligência no conjunto de componentes interligados e agindo como um todo trazendo vantagens em relação a um crescimento direccionado dos recursos, uso mais eficiente dos activos computacionais, disponibilidade mediante a replicação dos dados e componentes, e em alguns casos, maior mobilidade dos serviços para a construção de entidades inteligentes.

## 2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DISTRIBUÍDA

### 2.1. Aplicações da Inteligência Artificial

A inteligência artificial é um ramo da Ciência da Computação cujo interesse é fazer com que os computadores pensem ou se comportem de forma inteligente. Por ser um tópico muito amplo, IA também está relacionada com psicologia, biologia, lógica matemática, linguística, engenharia, filosofia, entre outras áreas científicas, conforme mostra a Figura 1.

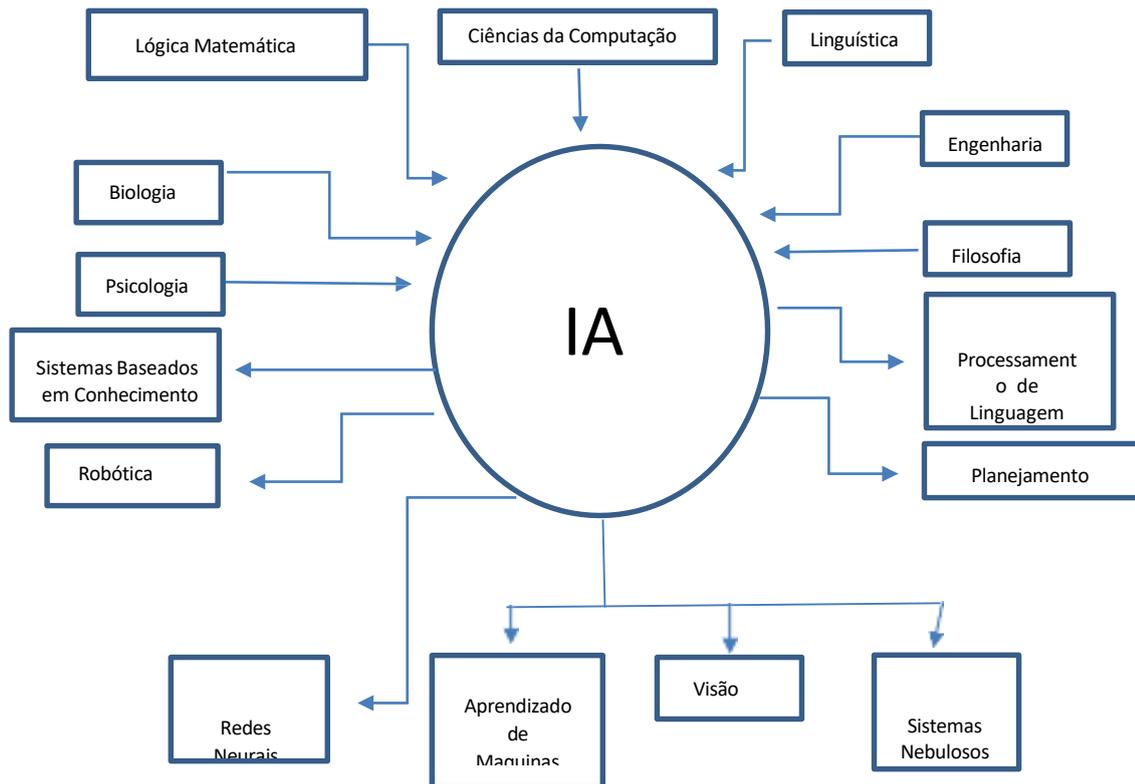


Figura 1 - Áreas Relacionadas com a Inteligência Artificial  
Fonte: (MONARD; BARANAUKAS, 2000, p. 2)

A IA e seus agentes inteligentes formam uma ciência relativamente nova, porém cada vez mais importante na área da computação. Para uma ciência tão promissora, é necessária uma excelente infraestrutura, para que as aplicações desta ciência sejam prova da sua importância. As aplicações são as mais diversas, pois existem inúmeras situações em que os agentes podem ser a solução. Entre as aplicações podem-se destacar as de ensino a distância, processamento distribuído, negociação (e-commerce, distribuição de tarefas), maximização de produtividade e as que envolvem tarefas burocráticas. Em muitas das aplicações, agentes são utilizados e seus usuários nem sequer percebem sua existência. Já em outras, a interação entre agente computacional e agente humano é fundamental, dando ao usuário uma sensação de interação com um elemento inteligente.

## **2.2 Inteligência e Aprendizado**

Existem várias definições de inteligência, entretanto, um factor necessário para decidir se um sistema é inteligente está relacionado com sua capacidade de aprender. Por outro lado, ao ensinarmos (programarmos) um único computador para resolver um determinado problema, todos os demais computadores podem “aprender” como resolver o mesmo problema bastando apenas copiar o programa para cada um deles. Afinal de contas, não se vê um grupo de computadores indo para a escola para aprender algo... entretanto ainda é necessário um ser humano que seja capaz de produzir um programa (ensinar) para os computadores. Ao que tudo indica, talvez o aprendizado humano, mesmo que extremamente lento, seja próximo do ideal.

Por outro lado, para se construir uma máquina pensante é necessário antes definir o que é inteligência, defini-lo é uma tarefa realmente difícil que tem consumido anos de pesquisa nas áreas de aprendizado, linguagem, percepção sensorial, além de outras. O conceito de “agente baseado em inteligência” está se tornando cada vez mais importante porque a sua representação permeia a pesquisa em IA desde seus primórdios pois que, não são apenas fundamentais no projecto de um artefacto (RUSSEL AND NORVIG 1995).

## **2.3 Evolução da Inteligência Artificial Distribuída**

Uma abordagem fundamental estudada há muito tempo por psicólogos e filósofos consiste na compreensão sobre como os seres humanos e os animais representam conhecimento. Entende-se que a evolução da linguagem natural constituiu um factor importante no desenvolvimento das habilidades humanas. Mas, por outro lado, sabe-se que os seres humanos parecem representar grande parte do seu conhecimento de forma não verbal.

Segundo Weiss (1999), a Inteligência Artificial Distribuída é estudo, construção e aplicação de sistemas multiagentes, ou seja, sistemas com graus de interação em que os agentes perseguem um conjunto de objectos ou fazem um conjunto de tarefas.

Para Demazeau e Muller (1990), a IAD é solução colaborativa de problemas globais por um grupo distribuído de entidades. Assim sendo, estas entidades, que podem estar geograficamente dispersas, devem compartilhar as informações a fim de atingir um objectivo global. A IAD é dividida em duas grandes áreas: Resolução Distribuída de Problemas (RDP) e Sistemas Multiagentes. Ambas com algumas semelhanças, porém com um grande diferencial no foco dos agentes nas aplicações.

## **2.4 Sistemas Multiagentes**

Os Sistemas Multiagentes têm um foco na estruturação do agente e não na estruturação do problema, o que permite uma flexibilidade para os agentes que são capazes de resolver mais de um problema. Isto é uma característica de “buttonup” (ascendente) no desenvolvimento do sistema, pois o projectista se preocupa em desenvolver arquitecturas de agentes que interajam de forma autônoma e

social. É notável que, em relação à RDP, haja um aumento significativo da complexidade no desenvolvimento de sistemas multiagentes que necessitam disponibilizar suporte às modificações ambientais. Para isso, precisam ter agentes autônomos que detenham mecanismos de comunicação bem organizados para que haja a interação.

## **2.5 RDP**

Nesta grande área, os agentes são direcionados para resolver um problema em particular, dentro de uma concepção fechada do domínio a que se refere o problema. Ou seja, os agentes são projetados apenas para resolver um tipo específico de problema e, mesmo que haja similaridade com outros problemas, não podem ser utilizados para resolver estes outros. O projectista define o número de agentes, que não varia, e dá a cada agente uma visão específica e incompleta do problema. Desta forma, para a resolução de um problema, os agentes devem cooperar entre si, compartilhando conhecimento sobre o problema e o processo de obter uma solução.

A abordagem utilizada pela Resolução Distribuída de Problemas é a top-down, ou seja, o projectista primeiramente realiza uma análise do problema a ser resolvido e, então, identifica os agentes necessários para atuarem conforme o esquema estruturado para a solução desse problema. Desta forma, a tarefa de resolução será decomposta entre os vários agentes, que buscam melhorar o processamento do sistema através da execução paralela. Grande parte do raciocínio sobre a solução é inserida no sistema pelo projetista, o que normalmente leva ao desenvolvimento de controles geralmente hierárquicos e centralizados.

## **2.6 Características dos IAD**

Para o desenvolvimento de sistemas distribuídos, alguns tópicos importantes devem ser observados. Um sistema distribuído é caracterizado por fornecer fácil acesso aos seus recursos sem revelar que os seus componentes são distribuídos pela rede, permitindo que o conjunto possa ser expandido (TANENBAUM; STEEN, 2007).

Uma das principais características dos sistemas distribuídos é promover facilidade no acesso aos recursos distribuídos para os usuários, e às aplicações, de maneira controlada e inteligente. Os recursos distribuídos podem ser de hardware como por exemplo uma impressora ou array de discos, de software por meio do compartilhamento dos módulos de uma aplicação, ou de informação através do compartilhando dos dados. Os principais atributos dos sistemas distribuídos são destacados pela transparência de acesso e localização, desempenho, escalabilidade, controle de concorrência, tolerância a falhas e segurança.

### **2.6.1 Transparência**

A transparência consiste em promover acesso a recursos distribuídos aparentando se como um único sistema para usuário ou aplicação. Considerando os Sistemas distribuídos, ela pode ser dividida entre alguns aspectos conforme Coulouris, Dollimore e Kindberg (2005) e Tanenbaum e Steen (2007):

- 2.6.1.1 Transparência de acesso: não necessita fornecer a localização dos recursos, ou seja, os programas devem executar os processos de leitura e escrita de arquivos remotos da mesma maneira que operam sobre os arquivos locais, sem qualquer modificação no programa. O usuário não deve perceber se o recurso acessado é local ou remoto.
- 2.6.1.2 Transparência de mobilidade: independente dos arquivos se moverem entre servidores, os programas clientes não precisam ser alterados para a nova localidade do grupo de arquivos. Essa característica permite flexibilidade em mover arquivos sem comprometer toda a estrutura, ou ter que refazer links entre programas clientes e o local do arquivo.
- 2.6.1.3 Transparência de escalabilidade: os recursos computacionais podem sofrer alterações para abrigar maior poder computacional ou o ingresso de novos servidores sem prejudicar o serviço.
- 2.6.1.4 Transparência a falhas: garantir a disponibilidade dos arquivos ininterruptamente e se ocorrerem falhas o programa cliente não deverá saber como elas serão tratadas.
- 2.6.1.5 Transparência de replicação: várias cópias dos mesmos arquivos armazenados em locais diferentes para garantir a disponibilidade. A aplicação cliente deverá visualizar apenas uma cópia do mesmo, não necessitando saber a quantidade replicada e o local.
- 2.6.1.6 Transparência de desempenho: o desempenho da aplicação cliente não poderá ser comprometido enquanto ocorre uma variação dos processos sobre os recursos disponíveis pelo sistema, isto é, mesmo que haja concorrência no acesso pelos arquivos isso não deve afetar os usuários.

A transparência é altamente desejável em sistemas distribuídos, mas nem sempre é possível alcançá-la ou, em determinadas situações, não convém ocultá-la. Pode-se destacar uma situação que seja mais conveniente o usuário tomar uma decisão sobre alguma falha do que o sistema distribuído tentar resolver por si só. Isso pode ser observado quando um serviço, por repetidas vezes tenta estabelecer uma comunicação com o servidor na internet, neste caso o melhor é informar ao usuário sobre a falha e que ele tente mais tarde, afirmam Tanenbaum e Steen (2007).

## **2.6.2 Desempenho**

Nos Sistemas distribuídos, os principais factores observados que podem influenciar o nível de desempenho são comumente representados pela latência da rede e/ou latência dos servidores. Uma forma de aliviar a latência é através do uso de técnicas de cache. Com o uso da cache é possível armazenar informações que são acessadas frequentemente, minimizando o custo de obtê-las novamente do local de origem. Esse processo evita que toda solicitação de arquivos viaje através da rede até o servidor onde o arquivo está armazenado.

A memória cache pode ser adotada em duas situações: a primeira ao lado do servidor, o que elimina o processo de buscas em discos rígidos; e a segunda ao lado do cliente, que supre as falhas/lentidão provocadas pela rede. Geralmente, devido as limitações da quantidade de memória principal dos computadores, a cache pode ser estendida para um espaço reservado em disco.

Entretanto, se por um lado a cache melhora a latência, por outro ela causa problemas de sincronização. Por exemplo, se os dados presentes na cache do cliente são alterados é necessário sincronizar com o servidor, que, por conseguinte, deve avisar a todos os seus clientes que estão com uma versão mais antiga dos dados. Além disso, é importante a presença de um mecanismo que gerencie os níveis de uso da cache, eliminando dados não utilizados e mantendo os mais actuais ou que poderão ser utilizados futuramente. Uma técnica que atende essa finalidade é o algoritmo Least Recently Used (LRU) (TANENBAUM; STEEN, 2007)

### **2.6.3 Escalabilidade**

A escalabilidade define a eficiência do sistema, conforme se elevam o número de recursos e o número de usuários. Alguns desafios sobre a escalabilidade em sistemas distribuídos são postulados por (COULOURIS; DOLLIMORE; KINDBERG, 2005; TANENBAUM; STEEN, 2007), os quais são descritos por fornecerem condições em agregar mais componentes conforme a demanda aumenta, por maximizar a eficiência das interações entre os recursos a fim de evitar perda no desempenho, por evitar projetos de sistemas com um número limitado de usuários ou recursos agregados e pela descentralização com o intuito de evitar gargalos.

### **2.6.4 Tolerância a falhas**

Um dos objetivos dos sistemas distribuídos, que por consequência estende-se é garantir a recuperação automática de falhas parciais, sem que isso interfira de forma significativa no desempenho do conjunto. Considerando que as falhas são inevitáveis, a maior preocupação concentra-se em detectá-las e como tratá-las. Entretanto, a detecção não é um processo exacto, pois em um cenário não supervisionado, um problema consiste em como distinguir falhas reais de problemas de latência da rede. Nesse sentido, o tratamento das falhas é apoiada em suposições de que algo pode estar errado e, através disso, ocultá-las do usuário e tratá-las. Ciente disso, algumas atitudes podem ser aplicadas como mascaramento de falhas, recuperação após falhas e redundância (COULOURIS; DOLLIMORE; KINDBERG, 2005).

### **2.6.5 Segurança**

Algumas medidas devem ser adotadas em favor da privacidade e da integridade dos arquivos. Nesse aspecto, os Sistemas utilizam recursos de criptografia, canais seguros e controle de acesso para evitar que dados sejam acessados por usuários sem permissões. Esses factores levantam três aspectos

de grande importância: confiabilidade (impedir acesso não autorizado), integridade (garantir a qualidade do arquivo mediante modificações não autorizadas ou falhas no sistema) e disponibilidade (garantir o estado de acesso aos recursos contra problemas provenientes do meio) (KSHEMKALYANI; SINGHAL, 2008).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo foi sistematizado com objectivo de compreender que a Inteligência Artificial (IA) é uma área de pesquisa da ciência da computação que busca métodos ou dispositivos computacionais que simulam a capacidade humana de resolver problemas. Desde da sua criação, as pesquisas em Inteligência Artificial tentam implementar computacionalmente sistemas que pensam e agem de forma racional e semelhante aos seres humanos.

Foi possível perceber que a inteligência artificial é um campo que está sendo pesquisado e aprimorado em grande escala nos últimos anos, além das citadas, a IA faz parte de muitas outras áreas. Hoje têm-se as Redes Neurais e os conceitos de aprendizagem, além das grandes inovações no mundo tecnológico aplicados em áreas que não se achava possível a sua utilização.

Conclui-se que a IA ainda é tabu dependendo do assunto abordado, ainda não se sabe se o homem vai ser capaz de criar a real inteligência artificial, ou ao menos desvendar os princípios do cérebro humano que é a base sua criação. Hoje, o que se sabe é que seus conceitos desenvolvidos ao longo de anos têm trazido grandes benefícios para humanidade e que de um modo geral ela sempre vai inovar e evoluir gradualmente.

Assim sendo, os contínuos avanços na velocidade de processamento e tamanho de memória dos computadores vêm facilitando o desenvolvimento de sistemas de IA, permitindo uma linha activa de pesquisa que tenta explorar como incrementar a inteligência de sistemas de IA através da incorporação de processamento paralelo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004.

MONARD, Maria Carolina; BARANAUKAS, José Augusto. **Aplicações de Inteligência Artificial: Uma Visão Geral**. São Carlos: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação de São Carlos, 2000.

STAIR, Ralph M.; REYNOLDS, George W. **Princípios de Sistemas de Informação**. São Paulo: Thomson, 2006.

TANENBAUM, Andrew S.; STEEN, Maarten Van. **Distributed systems: principles and paradigms**. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2007.

KON, Fábio. **Sistemas de arquivos distribuídos. Dissertação de Mestrado** — Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

COULOURIS, G., DOLLIMORE, J., KINDBERG, T. **Sistemas distribuídos conceitos e projetos**.

Bookman. Quarta edição. 2005.

GROOVER, M.P.; WEISS, M.; NAGEL, R. N.; ODREY, N. G. **Robótica: Tecnologia e Programação** 1989 MacGraw-Hill.

RUSSEL, Stuart; Norvig, Peter: **Inteligência Artificial**. Campus, São Paulo, 2004. 1040p.

BAZZAN, A. L. C. (2009). **Opportunities for multiagent systems and multiagent reinforcement learning in traffic control**. *Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 18(3):342– 375.

SICHMAN, J. S.; DEMAZEAU, Y.; BOISSIER, O. **How can knowledge-based systems be called agents?** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 9, Rio de Janeiro, 1992.