

# MULTI-AGENTES NA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL<sup>1</sup>

## Uma abordagem inteligente na integração dos sistemas da cadeia produtiva

*Eduardo Souza Mendonça de Lima<sup>2</sup>*

### Resumo:

Os sistemas de gerenciamento utilizados hoje em dia não possuem as ferramentas de interoperabilidade necessárias a uma completa integração das informações de produção. Esse cenário dificulta a tarefa de tomada de decisões em tempo hábil. O objetivo é alcançar uma perspectiva holística do ponto de vista do processo produtivo como um todo, em que sub-sistemas possam ser integrados em uma comunidade coerente trabalhando juntos para alcançar uma meta única. Neste trabalho será apresentada uma alternativa viável para a integração de sistemas utilizando a tecnologia dos multi-agentes. A solução apresentada será baseada na implantação de agentes inteligentes nos diversos sub-sistemas com a função de estabelecer um “link” eficiente e inteligente entre as partes. A metodologia a ser implementada para alcançar a integração vai permitir a colaboração entre os agentes. A implantação de sistemas multi-agentes nas instalações industriais pode ocasionar diversos benefícios, dependendo da área de aplicação e dos recursos investidos em reestruturação dos sistemas e a abrangência na aplicação dos agentes. Dentre esses benefícios podem se destacar uma integração mais harmônica entre os dados provenientes das diversas unidades, recuperação mais fácil e eficiente dos dados, maior confiabilidade nas informações, entre outros.

### Palavras-chave:

Multi-agentes, Integração de sistemas, Agentes na automação, Agentes na indústria

---

<sup>1</sup> Trabalho destinado ao evento: VIII Seminário de Automação de Processos  
ABM - 6 a 8 de Outubro de 2004  
Belo Horizonte - MG

<sup>2</sup> Eduardo Souza Mendonça de Lima – Engenheiro de Sistemas da VAI-Ingdesi Automation  
Engenheiro de Controle e Automação pela Pontifícia Universidade Católica – PUC-MG  
Especialista em Engenharia de Software pelo Centro Universitário de Vila Velha – UVV-ES

## INTRODUÇÃO

A informática no controle da produção

O computador pessoal vem diminuindo seus custos e, com isso, facilitando a sua aquisição pelas indústrias. Os recursos computacionais oferecem hoje um grande aumento na produtividade e na eficiência das atividades industriais. Há um tempo atrás para realizar certas tarefas apresentadas na atualidade, seriam necessários vários funcionários e muito tempo de trabalho, além de uma grande possibilidade de apresentar equívocos durante a realização. Hoje, o computador realiza muitas atividades em pouco tempo. Porém, na área do planejamento e controle da produção existem muitos fatores que participam do processo. Quanto mais fatores existem, maior é a combinação entre eles. Isto vai requerendo mais e mais recursos computacionais, encarecendo a integração das atividades de manufatura. A integração de diferentes plataformas, técnicas e máquinas tem sido um grande impedimento para uma total automatização da indústria. Para reduzir estes problemas, muitos estudos têm sido realizados.

A Inteligência Artificial é uma grande fonte de soluções para as aplicações industriais. Recentemente o uso de técnicas de Inteligência Artificial Distribuída tem contribuído em pesquisas de soluções compatíveis com o processo de automatização de indústrias complexas.

O problema

A gestão da manufatura vem apresentando uma grande necessidade de integração. Neste trabalho será descrita a tecnologia de informações baseada em agentes como forma de possibilitar e viabilizar esta integração.

O que se pretende é mostrar a viabilidade da alocação remota de tarefas em máquinas (recursos) através de agentes inteligentes, como forma de integrar a programação da produção e auxiliar na melhor distribuição dos recursos.

Este trabalho não abrange toda a gestão da manufatura, mas apresenta a viabilidade da integração na programação da produção. Também não é fornecido nenhuma fórmula para melhorar o seqüenciamento da programação da produção, e sim uma primeira abordagem ao tema integração da gestão da manufatura utilizando a tecnologia de agentes.

A integração pode se dar de três formas: organizacional, informática ou ambas. A organizacional pode ser caracterizada pela reunião de uma ou mais atividades antes separadas. A informática pode ser caracterizada pela troca de informações via computador entre atividades antes isoladas. E, a integração de ambas se dá quando atividades isoladas são reunidas e suportadas por meios informatizados. A manufatura integrada por computador deve ser entendida enquanto uma integração organizacional suportada e alavancada pela informática.

Deve-se reconhecer que ainda existem grandes dificuldades a serem superadas no que concerne à integração da manufatura, ainda não sendo possível realizar uma

integração total envolvendo quaisquer equipamentos. Isso se deve principalmente à heterogeneidade dos sistemas computacionais, além da incompatibilidade de sistemas aplicativos.

### IAD - Inteligência Artificial Distribuída

Nas abordagens clássicas de Inteligência Artificial (IA), a ênfase da inteligência é baseada em um comportamento humano individual e o foco de atenção volta-se à representação de conhecimento e métodos de inferência. Já a Inteligência Artificial Distribuída (IAD), é baseada em comportamento social e sua ênfase é para cooperações, interações e para o fluxo de conhecimento entre unidades distintas.

A inteligência artificial distribuída pode ser dividida em duas áreas maiores: Resolução Distribuída de Problemas e Sistemas Multi-agentes.

### DPS - Resolução Distribuída de Problemas

Na resolução distribuída de problemas, os agentes cooperam uns com os outros, dividindo e compartilhando conhecimento sobre o problema e sobre o processo de obter uma solução. Nesta abordagem, os agentes são projetados especificamente para resolver aquele problema ou classe de problemas. Sob um ponto de vista externo, um sistema DPS é visto como uma unidade. O processo de coordenação das ações dos agentes é definido em tempo do projeto.

### MAS - Sistemas Multi-Agentes

Em Sistemas multi-agentes, o projetista não volta sua atenção para um problema específico, mas para um domínio específico. Nesta abordagem, a idéia consiste em coordenar o comportamento inteligente de um conjunto de agentes autônomos, cuja existência pode ser anterior ao surgimento de um problema em particular. Os agentes devem raciocinar a respeito das ações e sobre o processo de coordenação em si. As suas arquiteturas são mais flexíveis e a organização do sistema está sujeita à mudanças visando adaptar-se às variações no ambiente e/ou no problema a ser resolvido.

### Definição de Agentes

O advento dos agentes originou muita discussão sobre o que é exatamente um agente, e de como eles diferem de programas em geral. Pesquisadores têm proposto uma variedade de definições, cada qual tentando explicar o seu uso da palavra “agente”. Essas definições vão de um nível elementar até um nível mais elaborado.

Apesar de não existir ainda um consenso sobre uma definição formal do que seja o agente tal que englobe todo o espectro possível, algumas características esperadas foram estabelecidas a partir da analogia feita com agentes no mundo real, o que nos leva a conceituar um agente como uma entidade ativa, sempre ao lado do usuário e que possui conhecimento específico sobre um determinado domínio. Devem ser capazes de reconhecer situações em que devam se ativar de forma transparente ao

usuário, utilizando suas bases de conhecimento e de seus mecanismos de raciocínio.

De modo amplo e geral, um agente pode ser definido como uma entidade real ou virtual que emerge num ambiente onde pode tomar algumas ações, que é capaz de perceber e representar parcialmente esse ambiente, que é capaz de comunicar-se com outros agentes e que possui um comportamento autônomo que é uma consequência de sua observação, seu conhecimento e suas interações com outros agentes.

Um agente deve apresentar algumas propriedades. Elas definem qual é a classificação do agente, ou seja, um agente inteligente, reativo, capaz de aprender, etc. As principais propriedades que podem classificar um agente são:

- 1) Autonomia - capacidade de perseguir uma agenda independentemente de seu usuário
- 2) Mobilidade - capacidade de transportar-se de uma máquina para outra
- 3) Comunicabilidade - capacidade de trocar informações com outras entidades
- 4) Aprendizagem - capacidade de alterar seu comportamento baseado em suas experiências prévias
- 5) Reatividade – capacidade de perceber seus ambientes e responder numa maneira oportuna à mudanças que ocorrem nele
- 6) Pro-atividade, Iniciativa - habilidade de exibir comportamento direcionado ao objetivo
- 7) Sociabilidade - capacidade de interagir com outros agentes (possivelmente humanos) através de algum tipo de linguagem
- 8) Veracidade - suposição de que um agente não comunicará habilmente informações falsas
- 9) Benevolência - suposição de que um agente não terá objetivos conflitantes
- 10) Racionalidade - suposição de que um agente atuará para atingir seus objetivos
- 11) Percepção – capacidade de sentir o ambiente e gerar conhecimentos acessíveis para processar os sentimento
- 12) Cooperação – habilidade de possuir um "espírito" cooperativo para existir e ter sucesso em "sistemas orientados a agentes"
- 13) Antropomorfismo - capacidade de exibir características humanas

Dentro das propriedades, tem-se observado que os agentes as possuem em níveis diferentes de um agente para o outro. Da mesma forma que as definições de agente ainda não estão estabelecidas pelo meio científico de forma homogênea, as propriedades também apresentam esta característica. As definições das propriedades parecem ser mais convergentes, porém oferecem margem à várias interpretações.

## MATERIAL E MÉTODOS

Todas as propriedades que um agente apresenta devem estar implícitas em sua arquitetura. A arquitetura de um agente pode ser definida como uma metodologia particular para definir agentes. Ela especifica como o agente pode ser decomposto na construção de um conjunto de módulos componentes e como estes módulos podem interagir. O conjunto dos módulos e suas interações devem prover uma resposta para a questão de como os sensores de dados e o estado interno corrente do agente determinam suas ações e futuros estados internos. Uma arquitetura abrange técnicas e algoritmos para suportar esta metodologia.

### Arquitetura Quadro Negro

A metodologia utilizada no estudo foi a arquitetura quadro negro (*Blackboard Architecture*). No quadro negro há um modelo de fontes de conhecimentos independentes, assíncronas e anônimas, que se comunicam por uma base de dados em vários níveis, chamada quadro negro. Um aspecto importante desta arquitetura é o uso do quadro negro como um meio de comunicação entre vários agentes. No modelo quadro negro, as fontes de conhecimento e o espaço da solução são estruturadas de forma hierárquica.

## RESULTADOS

Através do estudo alguns aspectos se tornaram relevantes e que podem ser citados como grandes benefícios e resultados esperados no que diz respeito à utilização dos agentes na indústria.

- Adaptabilidade - os agentes são mais apropriados para lidar com problemas distribuídos, pelo fato de possuírem características de adaptabilidade.
- Custos – os custos de integração podem ser minimizados quando os custos em infra-estrutura de comunicação não são relevantes
- Simplificação de desenvolvimento e gerenciamento – podem ser desenvolvidos módulos em separado
- Eficiência e velocidade – devido à execução paralela das atividades pelos processos agentes
- Isolamento e autonomia – com isso se obtém um aumento na segurança global do sistema

Um aspecto interessante a ser levado em consideração é o fato de que à medida que ocorram evoluções das redes de computadores em termos de confiabilidade, robustez e usabilidade, a demanda por soluções distribuídas como a de multi-agentes aumentará cada vez mais.

## DISCUSSÃO

O sistema é composto basicamente de agentes usuários, um agente gerente e vários agentes localizados nas diversas áreas produtivas. O agente gerente é o responsável por receber as requisições dos agentes usuários e coordenar a ação para os outros agentes.

O processo de tomada de decisão é descrito resumidamente como o seguinte: quando o agente gerente percebe a necessidade do agente usuário, ele se comunica, através do protocolo de comunicação, com os demais agentes enviando as informações percebidas para cada um dos agentes que compõem a sociedade. Estes agentes, então, com base no pedido que receberam, avaliam o estado interno do seu centro de produção e informam ao gerente quanto tempo levaria para concluir o pedido, considerando seu estado atual. E, assim, em posse de todas as informações recebidas dos agentes que compõem a sociedade, o agente gerente decide qual agente deverá desempenhar a execução do pedido, de acordo como o menor tempo apresentado. Finalmente, o agente usuário é comunicado sobre o tempo previsto para a conclusão do pedido e em que centro de produção está alocado o pedido.

O quadro negro está dividido em espaços onde os produtos finais são apresentados. Primeiramente o agente gerente envia para os demais agentes um pedido composto de  $x$  unidades ou toneladas do produto “produto1”. Os agentes CP1, CP2 e CPn recebem o pedido e avaliam o estado do centro de produção que controlam, representado pelo seu estado interno, enviando para o agente gerente os tempos necessários. Com base nestes dados, o agente gerente escolhe o que apresentou menor tempo e aloca o pedido. Todos os demais agentes ficam cientes do Centro de Produção que alocou o pedido.

Esta é uma atividade que integra a programação da produção, com o mínimo de atuação de uma agente usuário (ser humano). Esta integração pode ser ampliada ainda mais, cobrindo a gestão da manufatura.

O modelo aplicado à programação da produção é estruturado de forma hierárquica em construção da solução, conforme previsto pela arquitetura quadro-negro.

## **CONCLUSÃO**

A utilização da tecnologia de agentes proposta no modelo se demonstrou viável para a integração da programação da produção. Apesar da implementação não contemplar toda a gestão da manufatura, há a viabilidade de utilizar este modelo, ampliando-o para as demais áreas.

Esta integração se demonstrará, futuramente, como um marco para as indústrias manufatureiras, quando conseguir integrar toda a gestão da manufatura com as demais áreas da empresa, tais como, área de vendas e previsões de vendas, administração de materiais, recursos humanos, financeiros, entre outros, com a tecnologia de agentes. Estes agentes deverão apresentar muitos recursos para poder oferecer tamanha integração.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que contribuíram com esse trabalho, em especial à toda equipe da VAI-Ingdesi Automation por permitir a elaboração do estudo juntamente com as atividades do dia-a-dia do trabalho e espero que este estudo possa ser de grande valia para iniciar o debate sobre a utilização dos agentes na indústria e, particularmente para auxiliar na integração dos diversos sistemas existentes no processo produtivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALASUBRAMANIAN, Sivaram and NORRIE, Douglas H. A Multi-Agent Intelligent Design Systems Integrating Manufacturing and Shop-Floor Control. abr. 1995. Disponível em: <<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/DME/AnAgent.html>> Acesso em: 01 jun. 2004.

CAULLIRAUX et al. Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados, Estratégia, Organização, Tecnologia e Recursos. Rio de Janeiro, Campus, SENAI, Coppe/RJ, 1995. 420 pp.

FLEISCHHAUER, Luciana Irene Amaral. O uso da tecnologia de agentes na integração da Programação da Produção, Florianópolis, SC, p 5-35, dez. 1996

OLIVEIRA, Flávio Moreira de. Inteligência Artificial Distribuída. IV Escola Regional de Informática, p 54-73, abr. 1996.

ROCHA, Heloisa V. Agentes Inteligentes, mar. 1999. Disponível em: <<http://www.dcc.unicamp.br/~heloisa/MO642/agente/>> Acesso em: 26 mai. 2004.

SANTOS, Nilson Moutinho dos. Agentes Autônomos Inteligentes - Um Tutorial, mar. 2000. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/vida/agentes/>> Acesso em: 20 mai. 2004.



## **ABSTRACT**

### Objectives:

Nowadays management system do not have the necessary interoperability tools to complete the information integration process needed. This cenario makes the decision taking process very difficult to obtain. The main objective is to get an holistic perspective at the productive prcess point of view as a whole, where sub-systems have the hability to integrate to each other in a coherent comunity, working together to reach an unique goal.

### Methodology:

In this work the technology of the multi-agents will be presented as a viable alternative for the systems integration. The presented solution will be based on the implantation of intelligent agents in the diverse subsystems with the function to establish an efficient and intelligent "link" between the parts.

The methodology to be implemented to reach the integration goes to allow the contribution between the agents. The communication rules between the agents of the distinct systems are defined as well as the common language for the perfect understanding of the messages and delegated tasks.

### Expected results:

The implantation of multi-agents systems in the industrial installations can produce a variety of benefits, depending on the application area and the resources invested in reorganization of the systems and the depth of the use of agents technology. Amongst these benefits can be distinguished a more harmonic integration enters the data proceeding from the diverse units, more easy and efficient recovery of the data, greater trustworthiness in the information, among others. Basically the benefits reflect in a more efficient exploration of market chances at the point of view of the decision taking.

## **KEY-WORDS**

Multi-agents  
Systems integration  
Agents in the automation  
Agents in the industry