

## **Sistema Holônico de Manufatura: aspectos relevantes para o sistema inteligente de manufatura**

Gustavo Nucci Franco  
Nortegubisian Consultoria e Treinamento  
[nfranco@nortegubisian.com.br](mailto:nfranco@nortegubisian.com.br)

Antonio Batocchio  
DEF/FEM/Unicamp  
[batocchi@fem.unicamp.br](mailto:batocchi@fem.unicamp.br)

**Resumo.** *O IMS é provavelmente o maior programa de pesquisa em manufatura já lançado. Esse foi concebido como um programa pré competitivo de 10 anos, direcionando os trabalhos para tecnologias e arquiteturas de sistemas abertos, distribuídos, inteligentes, autônomos e cooperativos em uma base global. Um desses projetos é o Sistema Holônico de Manufatura (HMS), que tem como objetivo desenvolver sistemas de manufatura através da integração de unidades altamente flexíveis, ágeis, reusáveis e modulares. Esse sistema será construído por módulos autônomos, cooperativos e inteligentes, capazes de se reconfigurar automaticamente em resposta a novas demandas e/ou componentes. O objetivo deste trabalho é apresentar uma série de aspectos relevantes relacionados aos conceitos do HMS com a finalidade de contribuir para o projeto de sistema inteligente de manufatura.*

**Palavras-chave:** *sistema inteligente de manufatura, sistema holônico de manufatura, multiagentes.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Em vista do cenário de necessidade de novas tecnologias para que os desafios do século 21 sejam superados, foi formado um programa chamado de Sistema Inteligente de Manufatura (*IMS International*, 2004) programa de excelência industrial que visa beneficiar de forma própria e exclusiva seus colaboradores, buscando a hegemonia do próximo século. Em 1995, os governos da Austrália, Canada, Japão e Estados Unidos formaram o *IMS International* para mobilizar recursos da indústria, governo e centros de pesquisa para o desenvolvimento e compartilhamento do que virá a ser o sistema de manufatura do próximo século. Logo, outros países mostraram seu interesse em participar, sendo aceitos, então, países da União Européia (UE) e a Suíça. O IMS é provavelmente o maior programa de pesquisa em manufatura já lançado. Esse foi concebido como um programa pré competitivo de 10 anos, direcionando os trabalhos para tecnologias e arquiteturas de sistemas abertos, distribuídos, inteligentes, autônomos e cooperativos em uma base global. Um desses projetos é o Sistema Holônico de Manufatura (HMS), que tem como objetivo desenvolver sistemas de manufatura através da integração de unidades altamente flexíveis, ágeis, reusáveis e modulares. Esse sistema será construído por módulos autônomos, cooperativos e inteligentes, capazes de se reconfigurar automaticamente em resposta a novas demandas e/ou componentes.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma série de aspectos relevantes relacionados aos conceitos do HMS com a finalidade de contribuir para o projeto de sistema inteligente de manufatura.

## 2. MULTIAGENTES

### 2.1. Agentes inteligentes

Uma abordagem contemporânea para o desenvolvimento de sistemas baseados em Inteligência Artificial diz respeito a agentes inteligentes (figura 1). “Um agente é um sistema computacional [como um programa de computador ou um robô] situado em determinado ambiente, o qual é capaz de executar ações autônomas nesse ambiente para alcançar seus objetivos de projeto.”. Mas nem todo agente, seja esse um programa de computador ou um robô, pode ser dito inteligente. Para tanto, um agente precisa demonstrar as seguintes propriedades (Wooldridge & Jennings, 1995):

**Autonomia:** agentes executam a maior parte de suas ações sem interferência direta de agentes humanos ou de outros agentes computacionais, possuindo controle total sobre suas ações e estado interno.

**Capacidade de reação:** agentes são capazes de perceber e reagir a alterações em seu ambiente, dando as devidas respostas em tempo hábil para que seus objetivos sejam satisfeitos.

**Capacidade pró-ativa:** agentes são capazes de apresentar um comportamento orientado a objetivos, tomando iniciativas, quando julgarem apropriado, para satisfazerem seus objetivos.

**Habilidade social:** agentes inteligentes são capazes de interagir com outros agentes (humanos ou computacionais), para satisfazerem seus objetivos ou, ainda, para auxiliarem outros agentes.

O comportamento de um agente inteligente pode ser baseado tanto em sua experiência própria, quanto no conhecimento usado em sua construção para um ambiente em particular. No caso em que as ações de um agente se baseiam exclusivamente nesse conhecimento embutido através de seu projeto, ao ponto que esse sequer considere suas percepções, diz-se que o agente tem falta de autonomia e, portanto, não se torna inteligente. Um agente inteligente possui controle tanto sobre o ambiente onde se insere, quanto sobre seu próprio estado.

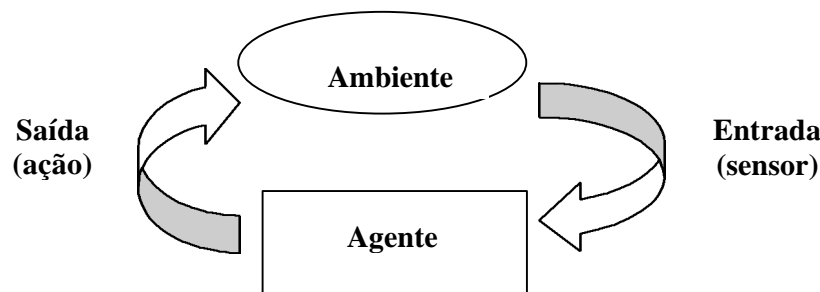


Figura 1: Visão sistêmica de agente

### 2.2. Sistemas Multiagentes

Por impossibilidade de resolução, ou por outro tipo de conveniência, um agente pode interagir com outros agentes na busca das melhores soluções para certos problemas. A Inteligência Artificial Distribuída (DAI) trata justamente da utilização de técnicas de Inteligência Artificial para a solução de problemas distribuídos, podendo ser assim definida: “Inteligência Artificial Distribuída é o estudo, construção e aplicação de Sistemas Multiagentes, i.e., sistemas nos quais agentes interativos e inteligentes perseguem algum conjunto de metas ou realizam algum conjunto de tarefas.” (Weiss, 1999)

Iniciativas de se construir soluções a partir da distribuição de problemas não são novas (Decker, 1987). Chandrasekaran (1981) apontava para metáforas de sistemas naturais e sociais para mostrar a importância estratégica dessa abordagem. Antes ainda, em Lesser & Erman (1977), um sistema computacional para esse fim, o Hearsay-II, era apresentado. Os conceitos evoluíram e Durfee

(1988) já apontavam para a cooperação como aspecto chave. Soluções de uma maneira distribuída muitas vezes são uma extensão natural do problema em si: algumas estruturas já sugerem, enquanto característica própria, uma divisão inicial. O processamento distribuído leva, então, ao problema de coordenação da rede de agentes, os quais, agindo em cooperação, podem chegar à solução almejada. Para isso, os agentes devem existir e operar em um determinado ambiente, o qual, tipicamente, é computacional e físico.

Em relação a suas aplicações industriais, agentes são melhor aplicados em sistemas que sejam (Parunak, 1998):

**Modulares:** agentes compartilham os benefícios de modularidade herdados dos objetos. Sistemas Multiagentes são, assim, uma abordagem singular para processos industriais que podem ser particionados em subconjuntos cujas variáveis de estado são distintas daquelas de seu ambiente e cujas interfaces com esse ambiente possam ser claramente identificadas.

**Descentralizados:** agentes são objetos pró-ativos, i.e., capazes de monitorarem autonomamente seu ambiente e executarem as ações necessárias. Assim, Sistemas Multiagentes se enquadram nas estratégias de modernos sistemas de manufatura, como Empresas Virtuais, onde níveis excessivos de gerência são eliminados e decisões autônomas são levadas até níveis mais baixos.

**Dinâmicos:** a modularidade e a descentralização de Sistemas Multiagentes levam a vantagens sobretudo se o sistema sofre constantes mudanças. Enquanto a modularidade permite que o sistema possa ser parcialmente modificado, a descentralização minimiza o impacto de mudanças em parte isoladas no comportamento de outros módulos (figura 2). Para a indústria, essa capacidade de mudar freqüentemente, rapidamente e sem grandes efeitos colaterais leva a um considerável ganho de competitividade.

**Não estruturados:** agentes são projetados para interagir com o ambiente, e não com outros agentes em específico. Isso faz com que sua arquitetura não precise considerar todas as interações existentes entre cada tipo específico de agente. Isso faz com que os Sistemas Multiagentes se enquadrem em situações onde nem toda informação estrutural necessária está disponível quando um sistema é projetado, como acontece em muitas aplicações industriais.

**Complexos:** arquiteturas de agentes podem substituir a codificação explícita de um grande número de interações pela sua geração durante sua execução. Com isso, os efeitos da complexidade de sistemas, a qual pode crescer exponencialmente em relação a seu número de elementos, podem ser minimizados.

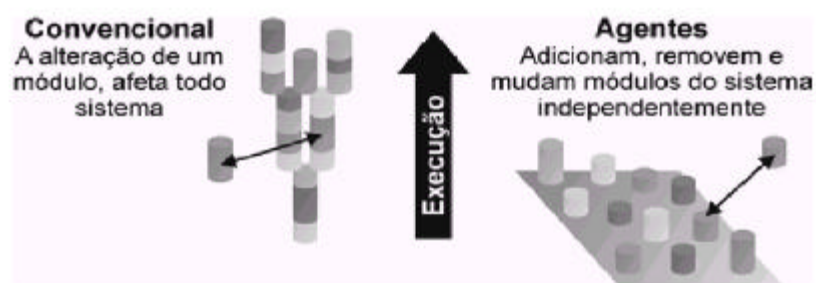


Figura 2: Modularidade e descentralização provendo mutabilidade [Parunak, 1998]

### 3. SISTEMAS HOLÔNICOS DE MANUFATURA

#### 3.1. Paradigma Holônico

O paradigma holônico é fruto do trabalho do jornalista húngaro e ativista político Arthur Koestler. Uma de suas contribuições mais importantes é a análise de sistemas mentais e sociais através do conceito de holons e holarquias. Koestler argumenta que uma organização, mental ou social, depende da existência de partes e todos para sobreviverem (Koestler, 1967). A primeira conclusão em seu trabalho é que sistemas complexos são alcançados mais facilmente se compostos por formas intermediárias. A segunda conclusão de Koestler (1967) é que, embora partes e todos

sejam facilmente identificados em qualquer sistema complexo, partes e todos não existem em seu senso absoluto em nenhum lugar. Assim, Koestler (1967) propõe a utilização da palavra “holon” (junção de *holos*, do grego todo, com o sufixo *on*, que, assim como em próton e nêutron, indica parte ou partícula) para descrever a natureza híbrida desses componentes. No holon, os todos são elementos holísticos autocontidos em relação a suas partes subordinadas e as partes atomistas são dependentes de níveis superiores. Ainda define holarquia como uma hierarquia de holons auto-regulados que funcionam como todos autônomos em supra-ordenação de suas partes e, ao mesmo tempo, como partes dependentes em subordinação de controles em níveis mais elevados e em coordenação com o ambiente local. Uma holarquia é uma estrutura auto-regulada, aberta tanto no topo quanto na base. O holon no nível superior, sendo um todo, pode ser parte de algum todo ainda maior. E o holon no nível inferior, sendo a parte mais elementar, pode conter componentes ainda menores.

Um exemplo de aplicação desses princípios em modernos sistemas de manufatura é a representação da Empresa Virtual mostrada na figura 3. Nesta, o holon de Empresa Virtual (HVE) é formado por vários holons de empresa (HE). Estes, por sua vez, possuem holons de recurso (HR). Ainda, imaginando que um holon de recurso possa ser um torno CNC, esse é, então, formado por holons de ferramentas e holons de dispositivos de fixação.

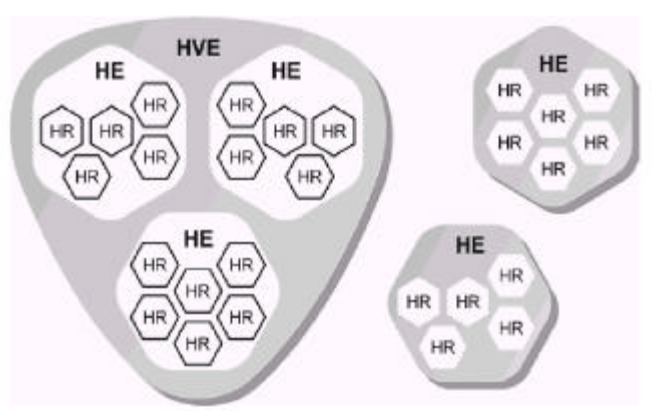


Figura 3: Exemplo de empresa virtual organizada holonicamente [adaptado de Koestler, 1967]

### 3.2. O efeito Janus

Tradicionalmente, um indivíduo é definido como uma unidade indivisível e auto-abrangente, com uma existência separada e independente. No entanto, esse sentido absoluto não é encontrado em nenhum lugar: há também que se considerar a cooperação e a interdependência. Koestler (1967) chamou essa propriedade de efeito Janus, deus que, segundo a mitologia romana, possuía duas faces olhando para direções opostas. A face voltada para os níveis subordinados representa o todo completo, enquanto que a face voltada para cima é a de uma parte dependente. O efeito Janus é parte fundamental da essência dos elementos de qualquer holarquia, dando aos holons duas características básicas:

**Autonomia:** natureza auto-assertiva que fornece ao holon a estabilidade necessária para atuar por si mesmo, principalmente no caso de circunstâncias não previsíveis.

**Cooperação:** natureza integrativa que faz com que os holons cooperarem entre si, transformando todo holon em componente de um todo maior.

### 3.3. Dissecabilidade

Cada estrutura complexa da vida social pode ser dissecada em sua variedade de arcabouços hierárquicos. Assim, sociedades podem ser estruturadas em vários tipos de hierarquias, entrelaçadas de acordo com as diversas coesões sociais existentes entre essas. Um holon pode participar de diferentes sociedades, pertencendo a várias hierarquias. Enquanto empregado de uma empresa, o

operador de uma máquina está subordinado a seu chefe. Mas esse mesmo operador pode presidir uma associação da qual seu chefe também faz parte. Indo ao supermercado, ele pode, ainda, interagir com empregados que fazem parte de outras hierarquias.

### **3.4. Regras fixas e estratégias flexíveis**

Qualquer que seja a natureza de uma organização hierárquica, a essência de seus componentes possui um aspecto fixo e outro variável. O primeiro é determinado por um conjunto de regras fixas, as quais lhe impõe um padrão característico; o segundo, associado à flexibilidade, ocorre através de escolhas entre alternativas permitidas. Holons são governados por um cânone de regras fixas e mostram mais ou menos estratégias flexíveis, de acordo com sua posição na hierarquia (Koestler, 1967).

### **3.5. Filtros e gatilhos**

Estruturas hierárquicas devem possuir sistemas de comunicação eficazes para que informações obtidas pelos níveis hierárquicos mais baixos sejam transmitidas para seus níveis hierarquicamente superiores, onde ocorre o processo de tomada de decisão. Uma vez processadas, e tendo sido selecionado um conjunto de ações cabíveis, essas informações voltam para os níveis mais baixos da estrutura hierárquica, onde as ações serão executadas (Koestler, 1967). Para lidar com uma grande quantidade de entradas e saídas, gerando ações em tempo hábil, hierarquias utilizam um mecanismo hierárquico de abstração. Hierarquias de saída trabalham em um princípio de gatilho: sinais (implícitos ou codificados) gerados em níveis mais elevados liberam mecanismos engatilhados nos níveis mais baixos. Já as hierarquias de entrada trabalham em um princípio inverso. Esse mecanismo se assemelha aos encontrados em alguns sistemas de suporte a decisão (DSS), os quais são responsáveis pelas decisões de controle adequadas para maximizar a eficiência do sistema e minimizar os impactos negativos resultados de falhas nesse processo (Ossowski et al., 2002 ).

### **3.6. Mecanização e liberdade**

Holons em níveis mais elevados de uma hierarquia apresentam padrões de atividades mais complexos e estocásticos, enquanto aqueles nos níveis mais baixos são mais mecanizados, estereotipados e previsíveis. Mas, sem considerar qual é o mais apto, o nível no qual a decisão sobre uma certa ação será tomada depende da natureza da situação (Koestler, 1967). Esses dois comportamentos, liberdades e mecanizações, são importantes (e vitais) em qualquer hierarquia.

Os reflexos locais são os últimos a fazerem seu aparecimento no desenvolvimento de um sistema nervoso. Isso ocorre porque esses são influenciados pelos níveis mais elevados da hierarquia: através da prática, as atividades tendem a se tornarem rotinas automatizadas. Esse processo pode ser descrito como a contínua transformação das atividades mentais em mecânicas. Quando as coisas são iguais, a monotonia do ambiente facilita a mecanização (figura 4). Aos níveis mais elevados da hierarquia cabem, então, as decisões sobre situações novas ou inesperadas. Numa organização, mecanizações e liberdades são equivalentes às decisões tomadas em sua hierarquia de planejamento. Nos níveis inferiores estão as operações, caracterizadas por dados determinísticos como tempo de ciclo, nível de inventário e custo operacional, sendo suas ações basicamente ditadas por orientações de trabalho. Já nos níveis superiores, decisões estratégicas devem ser tomadas considerando-se hipóteses de conjunturas políticas, crescimento econômico e previsões de mercado em longo prazo.



Figura 4: Níveis de liberdade e mecanização [adaptado de Franco & Batocchio, 2000]

### 3.7. Degeneração e regeneração

Um desafio pode exceder limites críticos, de modo que esse não possa ser mais executado pelas habilidades dessa organização. Diante dessa possibilidade, uma dessas situações pode ocorrer (Koestler, 1967):

**Degeneração:** pode haver a estagnação ou até mesmo a extinção da organização. No curso da evolução natural, isso tem ocorrido muitas e muitas vezes: para cada espécie sobrevivente, há outras cem que falharam no teste.

**Regeneração:** a re-organização da estrutura e de seu comportamento, levando um passo rumo ao progresso do sistema. O potencial regenerativo de um sistema se manifesta em flutuações de níveis mais elevados de integração para níveis mais primitivos, subindo novamente para um padrão novo e modificado.

## 4. APLICANDO O PARADIGMA HOLÔNICO

As seções seguintes procuram mostrar a funcionalidade da aplicação do paradigma holônico, adotando dois modelos aparentemente díspares como objetos de estudo: o mecanismo humano de consciência dividida e reflexo e as atividades de programação e controle da produção. No entanto, é justamente na busca de similaridades diante das diferenças entre os dois (e outros) modelos que se espera encontrar respostas para os problemas aqui propostos. Dada a complexidade de um Sistema Inteligente de Manufatura, essa abordagem se torna conveniente. É criando paralelos com relações de maior discernimento que se espera inferir novas soluções.

### a) Hierarquização de hábitos e improvisações

Há uma série ascendente de níveis, partindo das relações automáticas (mecanizações) e semi-automáticas, e não havendo um teto (Farthing, 1992). Todas as tarefas instintivas consistem de hierarquias de subabilidades, as quais são controladas por regras fixas e guiadas por estratégias flexíveis, sendo estas últimas adaptáveis a condições inesperadas. Os hábitos são holons cujo comportamento é governado por regras que, em sua maior parte, opera-se de forma inconsciente. Além disso, cada holon possui uma certa margem de opções estratégicas, marcados pela consciência, as quais levam uma elevada capacidade de improvisação. Uma mesma e única atividade pode, de acordo com as circunstâncias, ser efetuada automaticamente, sem ciência consciente de nossas próprias ações, ou ser acompanhada por graus variáveis de consciência. “A direção de um carro é uma rotina que inclui, entre suas ‘regras do jogo’, o pisar no pedal do freio quando há um obstáculo à frente. Entretanto, numa estrada gelada, frear pode ser um negócio arriscado, pois o volante não obedece do mesmo modo, e toda a estratégia da direção tem de ser alterada, transposta para um tom diferente, por assim dizer. Após certo tempo, isso também pode tornar-se uma rotina

automática, mas deixe-se um cãozinho atravessar trotando a estrada congelada, na frente do motorista, e este terá de tomar uma ‘decisão de alto nível’: meter o pé no freio, arriscando a segurança de seus passageiros, ou atropelar o cão. E se, em vez de um cão, o transeunte imprudente for uma criança, ele provavelmente apelará para o freio, seja qual for o resultado. É nesse nível, quando os prós e os contras se acham igualmente balanceados, que a experiência subjetiva da liberdade e da responsabilidade moral surge.” (Koestler, 1967). É nos níveis mais baixos que estão os hábitos sensorio-motores, como os utilizados ao se dirigir um veículo, mas, se um objeto atravessa a estrada, um nível hierárquico superior é acionado. Sendo esse objeto um cachorro, e estando a estrada escorregadia, a complexidade da decisão aumenta, levando-a para um ponto ainda mais elevado na hierarquia. Percebendo que se trata de uma criança, e não um cachorro, o nível da responsabilidade moral, o super ego, intervém, acionando o freio independentemente da reação do automóvel.

## **b) Programação de atividades da produção**

A programação da produção está relacionada à hierarquia estratégica, devendo seguir as definições dos objetivos da empresa. Suas decisões de entrega de produtos e formação de estoques devem considerar os padrões que a empresa segue para flexibilidade, custos e confiabilidade de entrega. Elemento mais baixo nessa hierarquia, o sequenciamento das atividades de produção (*scheduling*) é um problema de planejamento operacional. Um problema pode ser imaginado: várias tarefas alimentam um sistema produtivo de acordo com uma dada frequência, sendo que, para essas tarefas, recursos devem ser alocados. A questão é examinar como o sistema se comporta diante desses diferentes cenários, sobretudo se perturbações forem impostas. Para isso, define-se um tipo especial de tarefa, possuindo certa urgência, para a qual é atribuída uma maior prioridade. O problema se torna, assim, a capacidade de re-configuração do sistema e sua habilidade em lidar com diferentes situações.

Em uma estrutura hierárquica típica, existe a figura de um programador centralizado, nas mãos do qual fica a responsabilidade de ordenar as tarefas de forma a maximizar o desempenho do sistema como um todo. Essas tarefas, conforme as definições do programador, são, então, seguidas sequencialmente pelos recursos. Essa figura do programador leva a idéia de sistemas onde a capacidade de processamento é um atributo crítico, uma vez que lidam com uma grande quantidade de informações. O número de possíveis soluções é função do número de tarefas e número de recursos, devendo ser utilizados algoritmos sofisticados para a seleção da mais adequada. E é justamente o fato da capacidade de processamento ser proporcional a complexidade na centralização do controle, que faz com que sua agilidade seja comprometida. O tratamento das tarefas especiais, com aquela exigência de prioridade, leva a necessidade de se recalcular todo o plano, o que pode não ocorrer em tempo hábil.

Já em uma estrutura heterárquica, esse mesmo sistema deve seguir apenas as ordens de produção, ignorando qualquer outro programa como o sequenciamento indicado pelo programador. Cada recurso controla suas próprias atividades de produção de forma independente de modo a aumentar sua eficiência isoladamente. É um sistema extremamente simples; autônomo mas não cooperativo. Esse é um sistema ágil, o qual trata ocorrências imprevisíveis, como aquelas tarefas prioritárias, de maneira rápida, já que apenas planos locais, relacionados com suas próprias atividades, devem ser refeitos (e não os planos de todo o sistema). Apoiando-se no modelo apresentado para o mecanismo humano de consciência dividida e reflexo, pode-se criar uma nova visão para a solução desse problema: a programação holônica das atividades de produção. É o ponto de vista de uma estrutura de planejamento baseada numa holarquia. Nessa estrutura holárquica, o sistema coopera com o programador centralizado. Cada recurso considera a programação definida por este como uma sugestão, a qual deverá ser seguida em situações normais. No entanto, quando a programação sugerida se torna inviável, como no caso de paradas das máquinas ou com o surgimento daquela tarefa prioritária, cada recurso, como que assumindo uma postura mais consciente, autonomamente adapta sua programação à situação encontrada. A programação



adaptada é executada e o estado do sistema retornado ao programador para que esse, no processamento de novas tarefas, possa partir da situação real. Esse é um sistema autônomo e cooperativo. É uma solução que explora os principais benefícios de otimização das arquiteturas hierárquicas (integrativas) e a agilidade das arquiteturas heterárquicas (auto-assertivas).

### c) Outras aplicações

Os conceitos dos sistemas holônicos podem ser utilizados no desenvolvimento de um sistema de informação na busca de vantagens competitiva para pequenas ou médias empresas (PME), como pode ser encontrado em Toh et al. (1997). Franco (2003) apresenta o projeto de uma infraestrutura para um sistema holônico. A concepção desse sistema é detalhada através da utilização de rede de agentes (Gudwin, 1996) em conjunto com um ambiente de agentes móveis (Lange & Oshima, 1998), formando, assim, um Sistema Multiagentes bastante flexível. A título de exemplo, Franco (2003) mostra a integração com sistemas legados ao Sistema Inteligente de Manufatura (figura 5). A formação de uma organização virtual envolve a integração de empresas já estabelecidas, cada qual com seus sistemas próprios. Muitas das informações a serem compartilhadas estão em Sistemas de Informação como o Planejamento de Recursos da Empresa (ERP), Gerenciamento da Cadeia Logística (SCM) e o Gerenciamento das Relações com Clientes (CRM) (O'Brien, 2003).

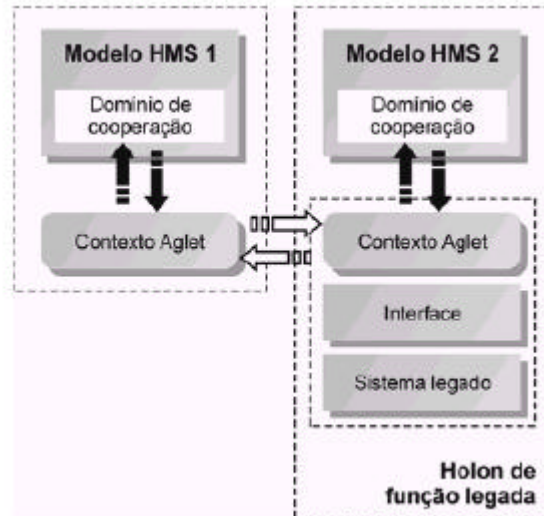


Figura 5: Integração com sistemas legados (Franco, 2003)

## 5. CONCLUSÕES

Os conceitos de Sistemas Holônicos de Manufatura e sua interação com a teoria dos multiagentes foram apresentados neste trabalho. Exemplos de aplicação ilustram o potencial desse sistema, o qual ainda está em nível conceitual de desenvolvimento, tanto no grupo de pesquisa do LMA/DEF/FEM/UNICAMP como nos grupos internacionais ligados ao IMS (ISC1, 1995; ISC3, 1996; ISC16, 2003). O projeto de um Sistema Inteligente de Manufatura, uma vez habilitado através de um Sistema Multiagentes, é uma tarefa complexa e que requer alguns cuidados. Os modos de interação propostos por Werner (1991) ajudam não apenas a entender essa complexidade, mas também mostram caminhos para sua correta execução. Definindo seus agentes internos e externos e sabendo compor o sistema objeto, interações compatíveis com a teoria adotada para o sistema em questão podem ser mais facilmente definidas, especificadas e, principalmente, obtidas.

Os autores agradecem as agências de fomento FAPESP pela bolsa de doutorado, ao CNPq pela bolsa de produtividade e pesquisa e a MANET/RECOPE/FINEP/BID pelos recursos computacionais do LMA/DEF/FEM/UNICAMP.



## REFERÊNCIAS

- Chandrasekaran, B. Natural and Social System Metaphors for Distributed Problem Solving: Introduction to the Issue. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. v.SMC-11, n.1, p.1-5, Jan., 1981.
- Decker, K.S. Distributed Problem-Solving Techniques: A survey. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. v.SMC-17, n.5, p.729-740, Sep./Oct., 1987
- Durfee, E.H. *Coordination of Distributed Problem Solvers*. Boston (MA): Kluwer Academic Press, 1988.
- Farthing, G.W. *The Psychology of Consciousness*. Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall, 1992.
- Franco, G.N. Aplicação de Sistemas Holônicos à Manufatura Inteligente. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas, 2003, 177p.
- Franco, G.N., Batocchio, A. Sistemas Holônicos de Manufatura como Diferencial Competitivo. *Actas del IV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica –CIDIM 99*. Santiago (Chile), 1999.
- Gudwin, R.R. *Contribuições ao Estudo Matemático de Sistemas Inteligentes*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial. Campinas (SP), Maio, 1996.
- IMS – International Manufacturing System, [www.ims.org/index\\_projects.html](http://www.ims.org/index_projects.html), março 2004.
- ISC1. Chairman Report. *First International IMS Steering Committee Meeting*. Toronto (Canadá), 27-28 Abr., 1995.
- ISC3. Chairman Report. *Third International IMS Steering committee Meeting*. Toronto (Canadá), 16-17 Mai., 1996.
- ISC16. Chairman Report. *Sixteenth International IMS Steering Committee Meeting*. Monterrey (CA), 14-16 Mai., 2003.
- Koestler, A. *The Ghost in the Machine*. London (UK): Arkana Books, 1967.
- Lesser, V.R., Erman, L.D. A Retrospective View of the Hearsay-II Architecture. *Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Cambridge (MA), August, 1977.
- O'Brien, J.A. *Management Information Systems: Managing Information Technology in the E-Business Enterprise*. McGraw-Hill, 2003
- Ossowski, S., Hernández, J.Z., Iglesias, C.A., Fernández, A. Engineering Agent Systems for Decision Support. In: *Engineering Societies in the Agents World III*. Eds. P. Petta, R. Tolksdorf, F. Zambonelli. Berlin (Alemanha): Springer-Verlag, 2002.
- Parunak, H.V.D. *Practical and Industrial Applications of Agent-Based Systems*. 41pp., Industrial Technology Institute, 1998
- Simon, H.A. The Architecture of Complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society*, v.106, n.6, 1962.
- Wiener, N. *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge (MA): MIT Press, 1965.
- Weiss, G. Prologue. In: *Multiagent Systems: a Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Ed. Gerhard Weiss, p.1-23. Cambridge (MA): The MIT Press, 1999.
- Wooldridge, M., Jennings, N.R. Intelligent agents: Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*. v.10, n.2, p.115-152, 1995.

## **Holonic Manufacturing System: relevant aspects to the intelligent manufacturing systems**

Gustavo Nucci Franco  
Nortegubisian Consultoria e Treinamento  
[nfranco@nortegubisian.com.br](mailto:nfranco@nortegubisian.com.br)

Antonio Batocchio  
DEF/FEM/Unicamp  
[batocchi@fem.unicamp.br](mailto:batocchi@fem.unicamp.br)

**Abstract.** *Then IMS is probably the biggest research program in manufacturing ever created. It was conceived as 10 years old pre competitive program, leading works through out technologies and architecture of open systems, that are also intelligents, distributed, autonomous and cooperative in global bases. One oh these projects is the Holonic Manufacturing System (HMS), which has as a goal develop manufacturing systems through the integration of unities highly flexible, agile, reused and module. This system will be made by autonomous, cooperative and intelligent modules, that are capable to reconfigure automatically bin response to new demand and/or components. The objective of this work is to present a series of relevant features related to the concepts of the HMS contributing to the project of intelligent manufacturing system.*

**Keywords.** *intelligent manufacturing system, holonic manufacturing system, multiagents.*