

# SOA – Arquitetura orientada a serviços para automação de sistemas de manufatura industrial

João Alvarez Peixoto\*

Carlos Eduardo Pereira – Orientador

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre-RS, Brasil

**Resumo** — Os requisitos de manufatura industrial apontam uma necessidade de reconfiguração e reprogramação do fluxo de processo, a fim de atender modificações no produto, face a mudanças dos requisitos de mercado. Estas mudanças implicam mudanças no processo de fabricação, o que em muitos casos significa mudar o lay-out, reprogramar controladores, modificar acoplamentos e interfaceamentos, etc. Orientação a serviços é um conceito que se propõe a descentralização do comando e a disposição de componentes de forma a se agruparem virtualmente e formar novos dispositivos com novas funcionalidades, otimizando investimento, recurso e tempo de produção. Um estudo de caso de um sistema SOA fornece subsídios para a análise de desempenho e potencialidades deste conceito.

**Palavras-chave** — Orientação a serviços, SOA, manufatura auto-organizada.

## I. INTRODUÇÃO

Requisitos de qualidade e funcionalidade deixaram de ser os únicos atributos em um produto. A eles agregaram-se diversidade, atualização, possibilidade de agregar funcionalidades, e outros. Requisitos que remete a um sistema de produção cada vez mais ágil, flexível e eficaz. Em [3] e [12] define dos requisitos da fábrica do futuro, que aponta para: capacidade de interação dinâmica; cooperação entre as empresas; hardware heterogêneo; escalabilidade; agilidade; e tolerância a falha e recuperação dela.

Ao longo dos anos os sistemas de manufatura buscaram a produção e agora se deparam com estes novos requisitos. E este talvez seja o ponto da mudança de paradigma, de um sistema onde o controlador do processo era projetado para maximizar produção, para um sistema focado a dispor serviços, eficazes, ágeis e flexíveis, maximizando a diversidade.

Este estudo avalia as potencialidades do uso de arquiteturas orientadas a serviço em aplicações de automação de processos de manufatura, onde se busca obter arquiteturas que sejam facilmente reconfiguráveis, permitindo uma rápida adaptação dos processos produtivos para atendimento de novos requisitos de mercado.

## II. TECNOLOGIAS DE AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

### A. Processo centrado no CLP

A concepção de um sistema de manufatura remete a um processo que necessita ser controlado. O controle de processo através de controladores lógicos programáveis (CLPs) consiste em sistemas em que os pontos de entradas e saídas de sinais se concentram no equipamento, que controla o fluxo do processo e gerencia a manufatura. A figura 1 apresenta uma estrutura de montagem gerenciada por um CLP.

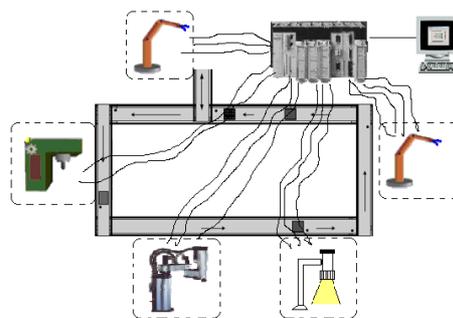


Fig. 1. Sistema de montagem gerenciado por CLP

Isto não significa que não haja formas de programação do controle em que o problema seja decomposto, como em [5], onde o processo é abordado através de orientação a objetos, utilizando diagramas SFC e UML. Mas significa que a falha em um componente significa a parada de todo o sistema.

### B. Processo através da manufatura Integrada - CIM

Como é descrito por [12], as atividades da empresa, integradas por meio de tecnologia da informação, compartilhando dados, formam a concepção CIM – *Computer Integrated Manufacturing* – onde os processos são distribuídos e integrados por hardware e software. Não se tem mais um único sistema a controlar o processo, mas vários controladores de subprocessos, interligados e gerenciados por um computador central. O processo torna-se mais integrado e de fácil supervisão. A tolerância a falha se torna maior face aos subprocessos serem autônomos, um subprocesso que falhe não implica que outros subprocessos não sejam executados, até mesmo por redundância. A figura

\* Correspondência com autor

Endereço de email: japeixoto@bol.com.br, Tel +55-51-34977642, Cel. +55-51-96753742.

2 mostra uma sistema de manufatura integrada por computador.

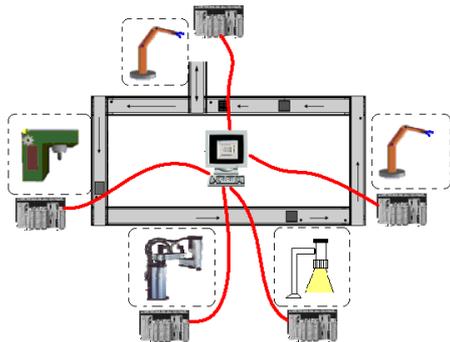


Fig. 2. Sistema de manufatura integrada por computador.

Mas a reconfiguração ainda continua sendo uma limitação, pois reconfigurar significa reprogramar o dispositivo de gerenciamento do processo.

### C. Sistemas de manufatura flexível - FMS

Flexibilidade e agilidade passou a ser requisito de sistemas de manufatura. Como descrito em [2], flexibilidade está vinculada à capacidade de trocar a manufatura, ao passo que agilidade está vinculada a fazer esta troca de forma rápida e com baixo custo. Neste contexto os sistemas flexíveis de manufatura se apresentaram como solução a modularidade e integrabilidade [21], e atendem bem aos requisitos de flexibilidade, uma vez que os recursos distintos são instalados junto ao módulo FMS, possibilitando a execução de tarefas distintas. Agora a reprogramação do fluxo de processo passa a ser aceita, desde que os subprocessos estejam dentro do escopo do FMS. Mas se tem neste sistema de manufatura o problema da ociosidade de recursos. A figura 3 mostra o princípio do FMS.

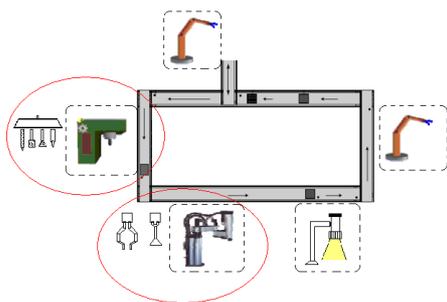


Fig. 3. Sistema de montagem com princípio de FMS.

### D. Sistema de Controle Distribuído - DCS

Outra concepção em termos de processos industriais é o controle distribuído. O controle passa a ser dividido em outros controles menores e interligados por um fluxo de processo Surge aqui a figura dos “Blocos Funcionais”, descrito pela IEC61499 em [17] e [18], onde estes modelam dispositivos físicos (controle e acionamento) e se dispõem como módulos a serem interligados. Em [15] aborda os blocos funcionais como componentes com abstrações de funcionalidades ao nível do objeto. Já em [21] eles são unidades básicas funcionais de software que tem sua própria

estrutura de dados e podem ser manipulados por um ou mais algoritmos. Na fig. 4 mostra o diagrama de um bloco funcional segundo IEC61499.

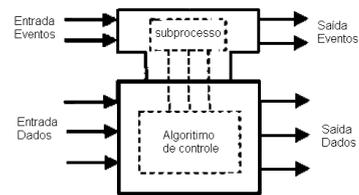


Fig. 4. Bloco funcional descrito pela IEC61499

Com intuito criar um conjunto de blocos funcionais disponível via WEB foi criado o projeto Torero [16] e [19], onde uma interface IDE é disponibilizada para programar blocos funcionais de forma gráfica.

### E. Sistema de manufatura reconfigurável - RMS

Como o próprio nome sugere, um RMS é um sistema integrado por equipamentos que permitem sistemas modulares, adaptativos e escalonáveis, como descritos em [14]. Os equipamentos são formados de módulos únicos ou conjunto de módulos que se agregam para formar novas ou maiores funcionalidades. Surge a figura do Holon [10], descrito em [4] como unidade de manufatura autônoma e autosuficiente, composta de processamento de informações e uma transformação física (opcional).

A comunicação entre os elementos do RMS é proposta de forma especificada pela FIPA [22], através da formatação das mensagens de envio, retorno e parâmetros [20].

### F. Sistema de Montagem Expansível - EAS

A concepção de controle centrado num gerenciador de processo migra para concepção do processo centrado no *palet* [2], onde os dispositivos passam a se chamar “agentes”, que interagem por hardware e software. Segundo [2] os agentes podem ser: mecatrônicos, de recursos, de produto e de transporte. O tempo de reconfiguração é reduzido para próximo de zero e aumenta a capacidade de produzir uma variedade maior de produtos.

### G. Sistema de manufatura Multi-Agente - MAS

MAS é a tecnologia capaz de modelar comportamentos individuais e sociais, segundo [7]. O foco do processo está no agente, que dispõe de autonomia, sociabilidade, racionalidade, reatividade, proatividade e adaptabilidade. Cada componente é visto como um agente, com habilidade de auto-organizar-se [4]. Um agente recebe a tarefa, executa e têm a responsabilidade de contatar o próximo agente e lhe repassar a tarefa pertinente ao produto que está sendo produzido. A fig. 5 ilustra a concepção do MAS.



Fig. 5. Concepção do MAS.

Os agentes são conectados em rede, que pode ser uma rede LAN ou utilizar ferramentas da WEB, como TCP/IP. Há propostas de plataformas para propiciar este serviço, de forma que a comunicação torne-se transparente ao programador, como é o caso do projeto SIRENA [3] e [23], cuja proposta é formar um ecossistema de agentes orientados a serviços. A plataforma JADE [22] fornece conexão entre os agentes e cumpre as especificações FIPA-ACL [11] e [20].

### H. Sistema de manufatura Orientada a Serviços - SOA

O SOA apresenta os agentes como fornecedores de serviços, sendo o produto o responsável pelo escalonamento das tarefas. O agente é requisitado, executa a tarefa e devolve o processo ao produto, que irá procurar o próximo serviço que ele necessita. Segundo [1], um serviço é um módulo de software que encapsula a funcionalidade de um recurso. Também conectado por rede, normalmente utiliza serviços WEB [22], e mensagens especificadas FIPA-ACL [20]. O SOA apresenta características de autonomia, independência de plataforma, capacidade de encapsulamento e disponibilidade de serviços, segundo [7].

Como estudos práticos em [9] apresenta uma aplicação onde os agentes de serviços são intitulados *Universal Plug-and-Play (UPnP)*. Em [8] apresenta um sistema virtual de fabricação integrada. Em [13] uma interação com Redes de Petri de Alto Nível. Em [6] apresenta a proposta do agente de diagnóstico, com inteligência suficiente para avaliar o componente e sua tendência à falha. E em [25] propõe-se o sistema de manufatura inteligente – IMS, onde o agente, através de medições pode obter informações do processo de degradação de um componente e antecipar-se a falha. A figura 6 apresenta o sistema de montagem com o conceito de agentes de manufatura.

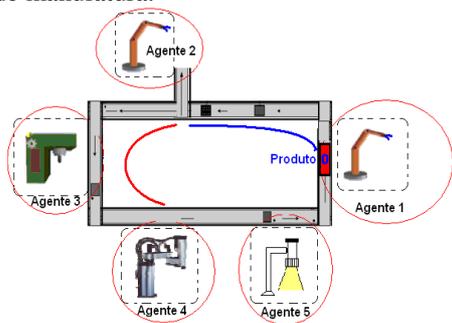


Fig. 6. Agentes de manufatura.

### III. PROPOSTA DE TRABALHO

Não há um modelo único para auxílio à manufatura. Há sim conceitos com suas funcionalidades, adequadas a algumas necessidades, inadequadas a outras.

A proposta de um estudo de caso sobre o sistema de manufatura orientado a serviços (SOA) por este apresentar mais versatilidade durante o estudo. O estudo investiga as funcionalidades e propostas de solução aos problemas de automação, a partir de uma planta definida, que se destina a montagem de estrutura de peças. Com esta planta montagens

distintas são propostas ao sistema para que execute com a maior agilidade possível.

Como ferramenta de validação é montado um sistema de manufatura didático, com conexão entre os agentes através de ethernet TCP/IP utilizando a plataforma JADE. Assim como o modelo de troca de mensagens seguindo padrão FIPA-ACL. Cada agente possuirá um modelo físico, controlado por um dispositivo controlador local (microcontrolador) e este conectado a computador, que propicia a conexão em rede, onde estará a plataforma JADE. A fig. 7 ilustra a planta que é proposta.

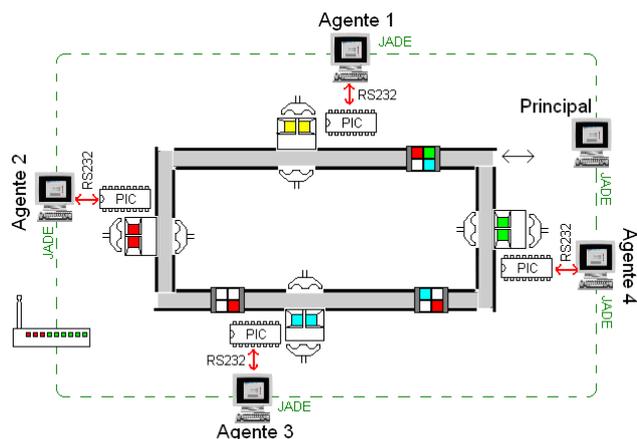


Fig. 7. Proposta de planta para validação

Nesta planta é simulado um processo de manufatura. Um palet com capacidade de receber 4 peças no formato de cubo será o produto a ser manufaturado, onde a colocação de cada cubo no palet representa uma manufatura específica (serviço) de cada agente. Os agentes 1 e 2 colocam peças nas posições superiores e os agentes 3 e 4 colocam peças nas posições inferiores. A fig. 8 demonstra a estrutura do palet e as combinações de produtos que podem ser montados.

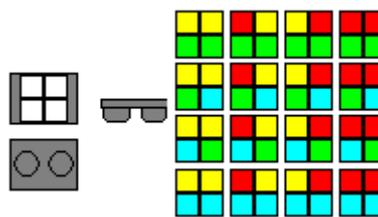


Fig. 8. Estrutura do palet e combinações possíveis no produto.

Para um estudo comparativo, esta estrutura é gerenciada por dois conceitos de sistemas de manufatura: Processo centrado no CLP e Sistema de manufatura Orientada a Serviços – SOA. Um grupo de produtos a serem montados é proposto ao sistema montado e gerenciado por CLP, avaliando sua performance e produção. Este mesmo grupo de produtos é proposto ao sistema montado e programado através do conceito de manufatura orientada a serviços, utilizando agentes, comparando os resultados de performance e produção.

Além destas métricas, também é proposto aos dois sistemas distúrbios, como a ausência um elemento do sistema, a inserção de mais elementos no sistema e a necessidade de reprogramação da montagem do produto,

sendo avaliados aspectos como necessidade de paradas de produção, necessidades de intervenção em software, compatibilização de hardware, tempo de processo, e outros.

#### IV. TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho está em fase de implantação do sistema de montagem, que será a ferramenta de análise e validação. Pretende-se ao final dos ensaios ter dados suficientes para emitir conclusão sobre os ganhos e perdas que uma manufatura programada no conceito orientado a serviços, de forma a subsidiar, numa conotação prática, a tomada de decisão quanto de sua implantação.

#### Referências

- [1] A.W. Colombo; J.M. Mendes; P. Leitão; F. Restivo. (2008). "Service-Oriented Control Architecture for Reconfigurable Production Systems". In: The IEEE International conference on Industrial Informatics. p.13-16.
- [2] A. Cavalcante; C.E. Pereira; J. Barata. (2010). "Component-Based Approach to the Development of Self-X Automation Systems". In: 10th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, 2010, Lisboa. Proceedings of the 10th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems. p. 239-244
- [3] F. James; H. Smit. (2005). "Service-oriented paradigms in industrial automation". In: IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol.1, p. 62-70.
- [4] S. Bussmann. (1998). "An Agent-Oriented Architecture for Holonic Manufacturing Control". In: First Open Workshop IMS Europe. Lausanne, Switzerland.
- [5] L. Ferrarini; C. Veber; K. Lorentz. (2003). "A case study for modeling and design of distributed automation systems". In: IEEE - International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. p1043-1048.
- [6] J. Barata; A. Colombo; Ribeiro, L. (2007). "Diagnosis using Service Oriented Architectures (SOA)". <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=04384902>
- [7] J. Barata; P. Mendes; L. Ribeiro. "MAS And SOA: Complementary Automation Paradigms". <http://www.springerlink.com/content/g75735487077g73x/fulltext.pdf>
- [8] L. Ren; F. Tao; L. Zhang. "A Virtual SOA Model for Network Manufacturing Integration". <http://www.docstoc.com/docs/64300177/Research-on-Soft-Start-Up-of-Vsc-Hvdc>
- [9] K. Nilsson ; J.N. Pires; G. Veiga. "On The Use Of Service Oriented Software Platforms For Industrial Robotic Cells". [http://www.smerobot.org/08\\_scientific\\_papers/papers/Pires\\_IMS2007\\_UPnP4\\_gv\\_jnp\\_kn\\_v5\\_ADDF.pdf](http://www.smerobot.org/08_scientific_papers/papers/Pires_IMS2007_UPnP4_gv_jnp_kn_v5_ADDF.pdf)
- [10] P. Leitão; F. Restivo. "An agile and cooperative architecture for distributed manufacturing systems". <http://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/1467/1/2001-RM.pdf>
- [11] J. Barata; R. Boissier; L.M. Camarinha-Matos; M. Raddadi; F. Restivo. "Integrated And Distributed Manufacturing, A Multi-Agent Perspective". <http://www.ipb.pt/~pleitao/papers/wesic2001.pdf>
- [12] J. Barata; R. Boissier; L.M. Camarinha-Matos; P. Leitão. "Trends In Agile And Co-Operative Manufacturing". <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.21.5263&rep=rep1&type=pdf>
- [13] A.W. Colombo; P. Leitão; J.M. Mendes ; F. Restivo.(2008). "Service-oriented Process Control using High-Level Petri Nets". In: IEEE International Conference On Industrial Informatics – INDIN 2008. p 750-755.
- [14] V.V. Herrera; A. Lobov; A. Bepperling; H. Smit; A.W. Colombo; J.L.M. Lastra. (2008). "Integration of Multi-Agent Systems and Service-Oriented Architecture for Industrial Automation". In: IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2008), p.768-773.
- [15] The IEC61499 standard - TORERO consortium. <http://www.holobloc.com>
- [16] T. Bauten; L. Ferfwrin; G. Fogliazza; A.P. Kalogeras; K. Lorentz; C. Schwab; J. Thieme; A. Vontas. "Next Generation Integrated Development of Automation Control Code in TORERO". <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1267933>
- [17] C. Schwab; ; L. Ferrarini; A. Kalogeras; A. Liider; M. Tangermdn. "Mapping of IEC 61499 Function Blocks to Automation Protocols within the TORERO Approach". <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1417319>
- [18] L. Ferrarini; C. Veber; C. Schwab; M. Tangermann; A. Prayati. "Control Functions Development For Distributed Automation Systems Using The Torero Approach". <http://www.nt.ntnu.no/users/skoge/prost/proceedings/ifac2005/Fullpapers/04250.pdf>
- [19] Torero Consortium WEB side. <http://www.uni-magdeburg.de/iaf/cvs/torero/>
- [20] The Foundation for Intelligent Physical Agents. <http://www.fipa.org>
- [21] J.L.M. Lastra; O.J. Orozco. "Adding Function Blocks of IEC 61499 Semantic Description to Automation Objects". <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4178288>
- [22] Java Agent Development Framework. <http://jade.tilab.com>
- [23] Service Oriented Device & Delivery Architecture - SODA. <http://www.soda-itea.org/>
- [24] J.L. Casagrande; A.C. Collaço; G.H. Collaço; D.B.R. Juliano. (2006). "Metodologia da pesquisa para prática pedagógica". Livro didático complementar. Palhoça: Unisul Virtual, 128p.
- [25] L. Carro; C.E. Pereira. (2007). "Distributed real-time embedded systems: Recent advances, future trends and their impact on manufacturing plant control". In: Annual Reviews in Control 31. p81–92.

**João Alvarez Peixoto** é mestrando na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS em automação industrial. Graduado em engenharia elétrica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS com trabalho de conclusão "sistemas integrados de manufatura". Graduado no Programa de Formação de Formadores em Educação Profissional pela Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL com o trabalho de conclusão "Aprender porque é importante ou porque o professor diz que é importante". Professor em escola técnica na área de mecatrônica, e desde 2007 é Supervisor de Educação e Tecnologia no SENAI, unidade de Gravataí-RS.

**Carlos Eduardo Pereira** recebeu o grau de Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de Stuttgart, Alemanha em 1995, e o grau de Mestre em Ciências da Computação em 1990 e o grau de Bacharel em Engenharia Elétrica em 1987, ambos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) no Brasil. Ele é professor membro do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul no Brasil, onde foi Diretor do Departamento de Engenharia Elétrica de 1996 a 1998 e coordenador do programa de pesquisas da graduação de 2002 a 2006. De 2000 a 2001 ele foi pesquisador visitante no Centro de Pesquisas de Unidades Tecnológicas (UTRC) em Hartford, CT, USA, onde atuou como líder do grupo de Informações de Componentes Embarcados e coordenava um grupo de 15 engenheiros pesquisadores com projetos de pesquisa para empresas de tecnologia, como Carrier, Otis, Pratt and Whitney, Sikorsky e UT Células de Combustível. Desde 2005 é Diretor técnico do CETA – um centro de pesquisa aplicada, cuja meta é promover pesquisas conjuntas entre escola e indústria, focando áreas de automação industrial, informações e tecnologias da comunicação e otimização de processos de produção. Prof. Pereira é pesquisador focado em metodologias e ferramentas de suporte para o desenvolvimento de sistemas embarcados distribuídos em tempo-real, com especial ênfase em aplicações em automação industrial e uso de objetos distribuídos sobre protocolos de comunicação industrial. Ele tem trabalhado em vários projetos de pesquisa em conjunto com a indústria, maioria com o desenvolvimento de sistemas computacionais em tempo-real. É membro do IFAC – Comitê Técnico de Controle de Plantas de Manufatura (TC 5.1). Também é editor associado do Jornal "Control Engineering Practice" – Elsevier e ATP International, Oldenbourg. Possui mais de 150 publicações técnicas em conferências e jornais e tem atuado como membro do Comitê de Programas Internacionais para várias conferências no campo de automação industrial, manufatura, protocolos industriais e programação de objetos distribuídos em tempo real. Tem sido membro geral do 21º IFAC Workshop em Programação em Tempo Real, WRTIP'96, o 5º IFAC Workshop em Sistemas de Manufatura Inteligente, IMS'96, o 2º IFAC Workshop em Montagem e Desmontagem Inteligente, IAD'01 e o 11º IFAC simpósio sobre Problemas de Controle de Informação em Manufatura, INCOM'04.